

Energiepfade – Vorausschau bestimmt die Wirklichkeit mit

Hariolf Grupp

Grupp, Hariolf:
Energiepfade - Vorausschau bestimmt die Wirklichkeit mit.
In: Witt, Siegfried de (Hrsg.):
Ein Grenzgänger der Wissenschaft: Aktiv für Natur und Mensch. Festschrift
für Günter Altner zum 65. Geburtstag
Berlin/West; Berling/West: Edition Sigma, 2001, S. 147-163
(ISI-P-50-01)

1. Wissen um Nachhaltigkeit

Das Konzept der *dauerhaft umweltgerechten Entwicklung* (Sachverständigenrat 1994) hat Karriere gemacht, den politischen Raum erreicht und – vermittelt durch eine breite Öffentlichkeit – den „Charakter von politischen Glaubensbekenntnissen und integrativen Beschwörungsformeln“ gewonnen (Fürst 1998). So wird erkannt, dass moderne Umweltpolitik Innovationsschübe und neue Märkte hervorbringen kann – mit segensreichen Wirkungen auf dem Arbeitsmarkt (Pearce et al. 1994). Dabei wird der deutschen Volkswirtschaft in der Umwelt- und Einsparteknik eine exzeptionelle Wettbewerbsposition zugeschrieben, die wiederum auf eine frühe und entschlossene Umweltpolitik zurückgeführt werden kann (Gehrke et al. 1994).

Aus theoretischer Sicht könnte es sich bei der „dauerhaft umweltgerechten Entwicklung“ um drei Dinge handeln – einzeln oder zusammen: eine gerechte Verteilung der Ressourcen zwischen den Generationen, einen niedrigeren Individual- und Kollektivverbrauch der erschöpflichen Ressourcen durch uns, die wir jetzt leben, und um eine Effizienzerhöhung bei der Nutzung dieser Ressourcen. Kontrovers wird bei uns der Konsumverzicht diskutiert, während sich alle Meinungsführer in der Frage der Effizienzerhöhung einig sind – solange diese wirtschaftlich bleibt.

Dieser Beitrag will sich dem nicht strittigen Teil der Fragestellung annähern. Es geht darum, ob eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung vor allem im Energiebereich durch Substitution zwischen verschiedenen Formen von *Kapital* herstellbar ist, und zwar über *technischen Wandel*.¹ Nach der so genannten „Hartwick-Regel“ (ursprünglich Solow 1974, aber vor allem Hartwick 1977) sollte es möglich sein, einen Teil der durch die Förderung und Ausbeutung erschöpfbarer Ressourcen (natürlichen Kapitals) gewonnenen Erlöse in Sach- und Wissenskapital zu investieren, also in bessere Maschinen und gebildete Köpfe. Durch *effizientere Maschinen* könnte auch im Hinblick auf die nachfolgenden

Ich bevorzuge den Begriff des „technischen Wandels“ anstelle der traditionellen Bezeichnung „technischer Fortschritt“, weil nicht jede technologische Neuerung ein Fortschritt sein muss, sondern auch einen Rückschritt bedeuten kann.

Generationen eine Verringerung der verbleibenden natürlichen Ressourcen ausgeglichen werden. Damit könnten mit technischem Wandel bzw. mit einer bestimmten Art von „einsparfreundlicher Innovation“ Energieknappheiten überwunden werden. In einer positiven Rückkopplung würde nicht nur das Wirtschafts-, sondern auch das Nachhaltigkeitswachstum vorankommen, also ein sozialer Wandel ausgelöst (Faber/Proops 1990).

Beim *Wissensfaktor* geht es zunächst einmal um das wissenschaftlich-technische Wissen, das sich durch Forschungs- und Entwicklungstätigkeit vermehren lässt.² Sofern die Forschungsausgaben von Wirtschaftsunternehmen und Forschungsorganisationen nicht selbst aufgebracht, sondern von Staatsorganen durch Umverteilung von Steuermitteln zur Verfügung gestellt werden, treten unausweichlich Fragen ihrer gesellschaftlichen und politischen Steuerung auf. Zum anderen geht es aber auch um das strategische Meta-Wissen über unseren Wissensfundus, also um Orientierungswissen aus Technikbewertung und Technikvorausschau. Beim strategischen Wissen ist mit Informationsasymmetrien bei den gesellschaftlichen Akteuren zu rechnen, weil es bei Innovationsentscheidungen ja um Zukunftsinvestitionen geht. Über zukünftige Entwicklungen gibt es aber keine objektiv richtigen Daten, über die jeder im Prinzip verfügen könnte, sondern hier treten an ihre Stelle rationale Erwartungen der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Akteure, die im Rahmen des wettbewerblichen „Spiels“ noch veränderbar sind.

Das Erkennen und Bewerten der zukünftigen technischen Entwicklungslinien überschreitet also prinzipiell die Erkenntnisgrenzen traditioneller Wissenschaft. Empirisch abgesicherte, widerspruchsfreie Daten und Fakten über Gegenstände und Zustände, die jetzt erst gestaltet werden, sind im Vorhinein nicht zu erwarten. Auch genügt die technologische Vorausschau den Anforderungen wissenschaftlicher Prognosen nicht, denn sie beruht nicht auf einer bewährten Theorie (Grupp 1994, 1996).

Vor allem politische Entscheidungsträger und das unternehmerische Management benötigen in zunehmendem Maße Analysen zur Steuerung der Technikentwicklung (Abschnitt 2). Der hohe finanzielle Aufwand, mit dem weitere Forschung und Entwicklung heute durchweg verbunden sind, machen die Vorausschau auf Zukunftstechnik immer wichtiger. In Ergänzung zu den vorherrschenden Verfahren der Beurteilung durch anerkannte Fachwissenschaftler setzt man zunehmend auch quantitative Verfahren ein. Diese „aufdeckenden Analysen“ sollen das Nachdenken über sich abzeichnende Entwicklungen und deren Ursachen unterstützen, also Orientierungswissen schaffen.

2 Zu den verwendeten Begriffen und Zusammenhängen vergleiche allgemein Grupp (1997).

Dieser Aufsatz befasst sich mit drei Möglichkeiten zur *Veränderung von Zukunftserwartungen*, jeweils allgemein gemeint, aber konkret auf Energieressourcen und Energiepfade bezogen. Die intellektuelle, quantitative Auseinandersetzung mit alternativen Zukunftsentwürfen wird meist mit Hilfe der *Szenariotechnik* strukturiert. Günter Altner hat sich im Rahmen seiner maßgeblichen Mitwirkung in der Enquête-Kommission „Zukünftige Kernenergiepolitik“ des Deutschen Bundestages mit dieser Form der sozialen Interaktion auseinandergesetzt, die auf relativ kleine und oft elitäre Expertenzirkel begrenzt bleibt (Abschnitt 3).

Die anonymen „Markteilnehmer“ reagieren in kapitalistischen Wirtschaften statt auf ausgefeilte, intellektuelle Vorschläge meist eher auf *Marktanreize*, die sie als harte Fakten empfinden. Auch diese, z.B. Preissignale, lassen sich staatlich in Richtung Nachhaltigkeit beeinflussen, um Nachhaltigkeitsziele auf der Breite der heutigen Märkte voranzutreiben (Abschnitt 4).

Sollen die gebildeten Teile der Gesellschaft in eine halbwegs rationale Erwartungsbildung einbezogen werden, auch wenn sie Marktsignale wenig beachten noch auf sie reagieren, sind kollektivere Prozesse der Vorausschau zu organisieren, z.B. nach der *Delphi-Methode* (Abschnitt 5).

2. Technikbewertung und -steuerung

Nicht jede frühe *Erkenntnis* führt automatisch zur *Anerkennung* einer Handlungsnotwendigkeit durch die politischen oder wirtschaftlichen Akteure. Das ist auch gar nicht zu erwarten und nicht zu fordern: Alles, was über die Konstatierung der Zusammenhänge hinausgeht, wie Wertungen und Empfehlungen, sind nicht mehr von der Informationsbasis allein gedeckt (gesetzt den Fall, sie existiert und ist zuverlässig), sondern bedürfen einer Begründung von anderswo her. Orientierungswissen lässt möglicherweise informiertere Urteile zu, es kann aber politische oder wirtschaftliche Entscheidungen und Handlungen nicht ersetzen und auch nicht legitimieren.

In modernen Demokratien sind gesellschaftliche Steuerungen nicht einfach. Verschiedene Beobachtungen unterstreichen, dass die Bedingungen der Möglichkeit zur politischen Staatsführung (*governance*) von einer säkularen Tendenz zu wachsender Differenzierung und Komplexität überformt wird, der mit Steuerungsinputs von oben nach unten nicht beizukommen ist. Dies gilt in besonderem Maße für die Politikfelder Forschung, Bildung und Innovation (Kuhlmann 1998). In diesem Politikfeld zeichnen sich gleich mehrere Problemkonstellationen ab, die zur Verhandlung in der politischen Arena anstehen, denn Forschungsinstitutionen tendieren – unter dem Schirm der grundgesetzlich garantierten Forschungsfreiheit – zur Selbstorganisation. Dieses Arrangement von Akteuren ver-

folgt zwar diverse, häufig konkurrierende Interessen, nimmt aber im Verhältnis zueinander eher feste Rollen ein und organisiert dieses Rollenspiel professionell.

Die Regierungsgewalt kann in dieser Situation im Innovationssystem eigentlich „nur“ noch versuchen, die einzelnen Akteure so zu koordinieren, dass sowohl diese selbst als auch der Staat einen Nutzen erkennen. *Moderation* tritt an die Stelle direkter Forschungssteuerung. Man muss diese Tendenz nicht negativ sehen, denn die wissenschaftliche Intelligenz und das Orientierungswissen sind tatsächlich verteilt. Unterschiedliche Akteure in den Netzwerken von Forschung und Bildung verfügen über mehr oder weniger intelligente Instrumente und Informationen zur strategischen Planung mit höchst verschiedenen Wertorientierungen und Vorstellungen von der Zukunft. Die breite Öffentlichkeit und auch die Politik verstehen das Fachvokabular der Wissenschaft oftmals nicht; sogar Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen haben Verständnisprobleme. In der Technikbewertung und -steuerung gilt es somit, die verteilte Intelligenz in eine gleichförmige Struktur zu bringen. Die drei in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten Ansätze versuchen sehr verschiedene Strukturen zu aktivieren. Damit soll auch die *Unterschiedlichkeit* demonstriert werden, mit der man eine Moderation der Forschungs- und Innovationspolitik (in diesem Falle der zukünftigen Energiepolitik) bewerkstelligen kann.

Ein Teil des strategischen Wissens läuft weiterhin über den Markt (Patente und Lizenzen, Datenbanken, Informationsrecherchen, externe Vertragsforschung, Gutachten durch Thinktanks etc.), während ein anderer Teil im Rahmen von „communities“ ausgetauscht wird. Angesichts der oben dargestellten Netzwerkstruktur in der innovationspolitischen Arena ist es kein Wunder, dass der *Informationsaustausch* in informellen Kreisen von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Geschäftsleuten immer stärker neben den „Wissensmarkt“ tritt, denn er geht unentgeltlich vonstatten. Es treten folglich positive Multiplikatorwirkungen innerhalb des Innovationssystems ein, welche die Politik absichtlich herbeiführen kann. Die gezielte Förderung des Austauschs von Wissenselementen über die Zukunft kann somit als ein wichtiger Input in das Innovationsgeschehen aufgefasst werden.

Unterschiede zwischen Volkswirtschaften treten insofern auf, als die entsprechenden informellen Kreise meist noch national organisiert sind und die einzelnen Staaten ihrer Aufgabe in unterschiedlichem Umfang nachkommen, die darin besteht, die wachstums- oder nachhaltigkeitsträchtigen Technologiebereiche der Zukunft (oder beides) zu identifizieren und im Rahmen von strategischen Dialogen die entsprechenden informellen Kreise zu einem Austausch zu bewegen (Grupp 1997, S. 154f.).

3. Energieszenarien retrospektiv

Günter Altner hat sich um vieles verdient gemacht, auch um die Energieszenarien des Öko-Instituts und später der Enquête-Kommission „Kernenergiepolitik“ des Deutschen Bundestages. Bei diesen Arbeiten wurde die Szenariotechnik eingesetzt. Die Kommission hat eine Reihe von gemeinsamen Annahmen für vier alternative *Energiepfade* (Szenarien) und eine Reihe von unterschiedlichen Annahmen für diese gesetzt. Zu den wesentlichen Unterschieden gehörte, dass die Nutzung der Atomenergie in den Pfaden 3 und 4 ausläuft, während sie in den Pfaden 1 (stark) und 2 (wenig) ausgebaut wird. Ebenso unterschiedlich waren die Annahmen über das Ausmaß der Einsparung von Energie.

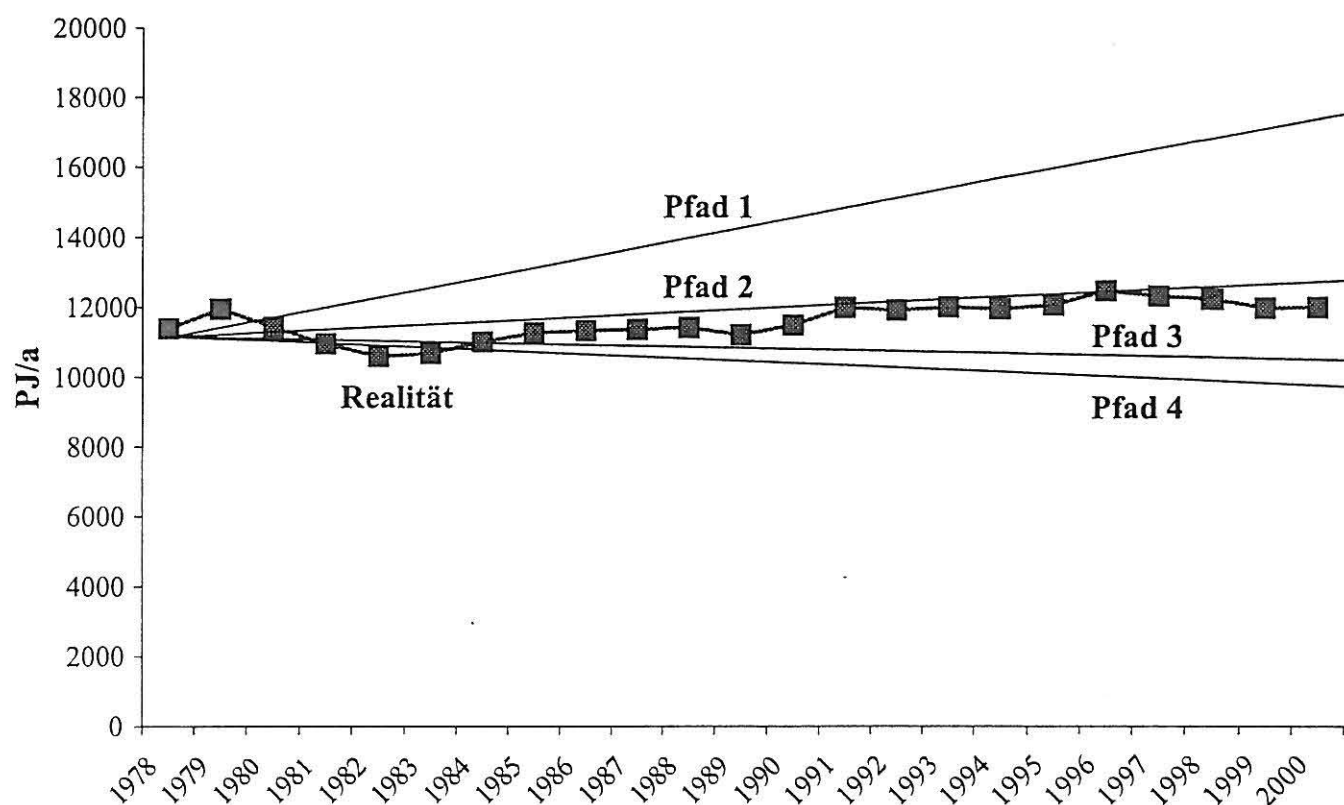
Diese Einteilung wurde von allen Kommissionsmitgliedern einvernehmlich vorgenommen, trotz unterschiedlicher Präferenzen für einzelne Szenarien, um eine gemeinsame Diskussion der politischen Möglichkeiten zu eröffnen (vgl. z.B. Wagner 1984). Die damalige Einschätzung der Möglichkeiten ist in *Abbildung 1* verdeutlicht worden. Angegeben ist der errechnete bzw. angenommene Primärenergieverbrauch für West-Deutschland. Dem gegenübergestellt ist der tatsächliche Verlauf bis zum Jahr 2000.³ Man erkennt, dass die Bemühungen um Energieeinsparung aufgrund der zweiten Ölpreiskrise von 1979 zunächst dazu führten, dass einige Jahre lang auch die unterste Variante noch unterschritten wurde. Seit die Leitwährung im Energiebereich, der Mineralölpreis, sinkt, hat sich der jährliche Energieverbrauch wieder auf einem höheren Niveau eingependelt; er ist aber nicht wesentlich angestiegen. Der tatsächliche Verlauf liegt ziemlich genau in der Mitte des durch die Szenarien aufgespannten Spektrums und hat sich letztlich in gut zwei Jahrzehnten kaum verändert. Dies stellt eine starke Entkopplung von der jeweiligen Wirtschaftsleistung dar.

Was kann man aus der retrospektiven Betrachtung lernen? Ein möglicher Effekt könnte sein, die Szenarien als außerordentlich gelungen anzusehen, da sie den Korridor der tatsächlichen Entwicklung quasi symmetrisch umschließen. Andererseits sind die damaligen politischen Berater von einer viel zu großen Steuerungsfähigkeit der Energiewirtschaft ausgegangen, denn die Realkurve hat sich kaum vom Mittelwert entfernt, allenfalls nach dem Schock der zweiten Ölpreiskrise in nennenswertem Ausmaß.

Zu einem anderen Urteil kommt man, wenn man die antizipierte Struktur der Primärenergieträger vergleicht. In *Abbildung 2* ist die reale Struktur gemäß der Höhe des Energieträgereinsatzes in die mittlere Position gerückt worden. Der Ausstieg aus der Atomenergie ist nicht erreicht worden, auch nicht zur Hälfte.

3 Seit 1995 werden nur noch gesamtdeutsche Energiebilanzen erstellt; die Werte für West-Deutschland ab 1995 sind daher geschätzt worden.

Abb. 1: Primärenergieeinsatz gemäß Energiemodell der Enquête-Kommission in PJ/a und tatsächlicher Verlauf für West-Deutschland*



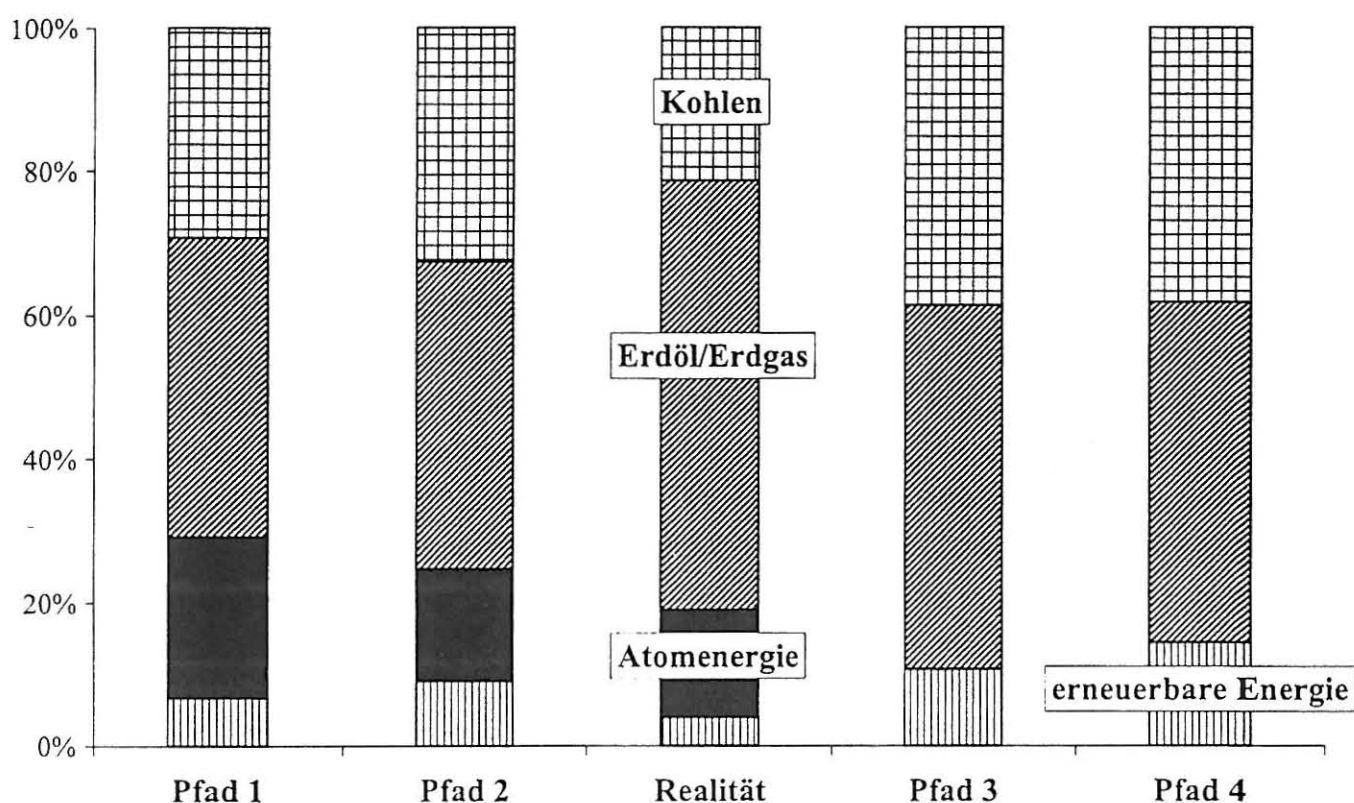
* Tatsächliche Zahlen nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge.

Die erneuerbaren Energien wurden von allen Szenarien überschätzt, auch von Anhängern des Pfades 1. Denn im Pfad 1 ist der Energieverbrauch so hoch angenommen worden, dass der relativ bescheidene Anteil der erneuerbaren Energie in absoluten Energieeinheiten immer noch weit über dem Erreichten liegt. Der am Ende der 70er Jahre stark verspürte Wunsch, vom (teuren) Mineralöl unabhängig zu werden, hat sich ebenfalls in Nichts aufgelöst, was wegen der Niedrigbewertung der Mineralölpreise betriebswirtschaftlich allerdings gut begründet werden kann. Hingegen ist die Kohlenutzung viel stärker zurückgegangen, als dies selbst im kohleunfreundlichsten Szenario angenommen worden war.

Bewertet man die Antizipation des Energieträgereinsatzes in den vier Szenarien, die ja ein breites politisches Spektrum und den Glauben an eine sehr starke Steuerungsfähigkeit der Energiewirtschaft repräsentierten, wird klar, dass die Szenarienbetrachtung sich in dieser Hinsicht als unrealistisch erwiesen hat. Nicht nur wird eine mittlere Schätzung verfehlt, vielmehr übertrifft die Realität noch die extremsten Schätzungen nach beiden Seiten.

Auf die Schwierigkeiten von Prognosemodellen im Energiebereich wird in der Literatur seit langem hingewiesen (z.B. Smil 2000). Wenn man allerdings die Szenarien nicht als Prognosen versteht, sondern als Ausloten der politischen

Abb. 2: Primärenergieeinsatz im Energiemodell der Enquête-Kommission und in der Realität nach Energieträgern für West-Deutschland im Jahr 2000⁴



Quelle: Gesamtdeutsche Daten 2000 nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge

Arena, sind die Arbeiten der Enquête-Kommission nicht so negativ einzuschätzen. Natürlich kann man die komplexe Energiewirtschaft nicht in einem Rechenmodell mit maximal 100 Gleichungen lösen wollen. Auch gibt es sicherlich voneinander abhängende Parameter (wie z.B. den Mineralölpreis und den Konsum), die die Mitglieder der Enquête-Kommission für politisch setzbar hielten. Dennoch hat die Reflexion des Wünschbaren zu *neuen politischen Institutionen* geführt (wie – neben anderen Gründen – der Partei der Grünen, die damals noch nicht existierte, zu lokalen und regionalen Energieagenturen und vieles andere mehr), die erst durch die Perspektive auf solche politischen Steuerungsziele formierbar waren. Mit den Szenarien wurden „handelbare“ Objekte erzeugt, die gleichsam als „Währung“ für einen politischen bzw. gesellschaftlichen Wettstreit verwendet werden konnten.

⁴ Die Energiebilanz für West-Deutschland wird seit 1995 nicht mehr erstellt; es handelt sich um eine Schätzung auf Grund der damals verwendeten alten Wirkungsgradprinzipien, die auch im Enquête-Modell zur Anwendung kamen, aber inzwischen durch einen neuen internationalen Standard abgelöst wurden.

4. Energiesparende Innovation durch Preissignale

Der starke Einfluss der Mineralölpreise auf den nationalen Primärenergieverbrauch wurde bereits erwähnt. Viele Wirtschaftswissenschaftler sind überzeugt, dass mangels Steuerungsfähigkeit des Staates und auch aus ordnungspolitischen Gründen die Steuerung der Wirtschaft, und damit auch der Energiewirtschaft, über Marktsignale geschehen solle. Dem Staat kommt dann die Aufgabe zu, neben den Herstellungskosten der Güter, durch Steuer- oder Abgabenabschöpfung, politische Bewertungen für die Erwünschtheit oder Unerwünschtheit eines Produkts vorzunehmen und auf diese Weise den Endpreis mitzubestimmen.

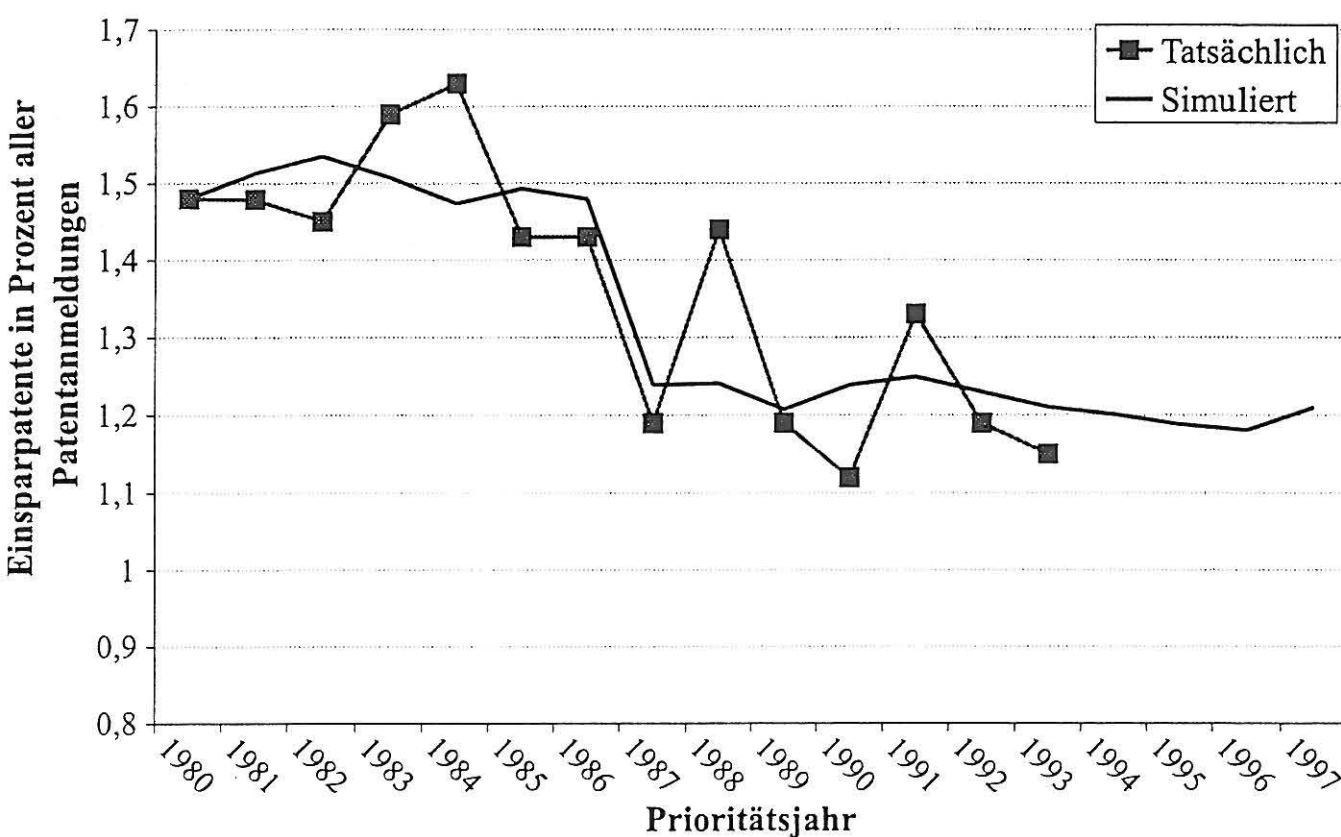
Die interessante Frage dabei ist, ob die Koordinationskräfte der Märkte für die Rückkoppelung zwischen dem Verbrauch an natürlichem Kapital und der Innovation im Sinne eines Wissensguts allein hinreichen. Der Zweifel, ob Preissignale die Knappheitsrelationen erschöpfbarer Vorräte adäquat widerspiegeln und damit zur Markteffizienz unter Beachtung nachfolgender Generationen führen können, liegt ja auf der Hand (Faber et al. 1987). Bekanntlich ist die *Selbstkoordination* der Märkte durch negative externe Effekte begrenzt, so dass diese Marktversagen auslösen (vgl. Hohmeyer 1989; Fritsch et al. 1999). Verschärft wird dieses „Kardinalproblem“ dadurch, dass die ökologisch relevanten Kosten den Charakter eines öffentlichen Guts haben.

Es ist möglich, den Zusammenhang zwischen Ressourcenpreisen und Innovationsanreizen, also der technologischen Umsteuerung, zu prüfen. Diejenigen Patentschriften (Erfindungen), die Energieeinsparung zum Gegenstand haben, lassen sich in Patentdatenbanken herausfiltern. Man kann dann untersuchen, inwieweit ein statistisch belegbarer Zusammenhang zur Leitwährung im Energiebereich, dem Mineralölpreis, besteht. Da zunächst offen ist, wie schnell Innovationsentscheidungen durch Anreizsignale verändert werden bzw. wie schnell Entscheidungen der Unternehmen für Innovationsanstrengungen in ersten Patentanmeldungen aufscheinen, lässt man zweckmäßigerweise ein Nachlaufen des Patentgeschehens zu den Preisänderungen zu.

In einer entsprechenden Schätzung für West-Deutschland hat sich ergeben, dass zwischen den Einsparpatenten und dem um ein Jahr zeitverzögernden Ölpreis eine kausale Beziehung besteht (Grupp 1999a).⁵ Es sind *maßgeblich* die Ressourcenpreise, die den technischen Wandel in Richtung Ressourcenschonung lenken. Dabei reagieren die Unternehmen auf Änderungen in den Ressourcenpreisen unmittelbar; denn es dürfte mindestens ein Jahr dauern, bis nach einer Innovationsentscheidung patentfähige Ergebnisse anfallen.

5 Dabei wurde die ökonometrische Methode der Kointegration angewendet; es haben sich hochsignifikante Werte ergeben.

Abb. 3: Prognose des technischen Wandels zur Energieeinsparung in der westdeutschen Wirtschaft: Simulation und Realität*



* Das (patentrechtliche) Prioritätsjahr stellt das Jahr der Erfindung dar.

Quelle: Grupp 1999, S. 623

Auf Grund des Erhebungsdatums der Patentvariablen in der angegebenen Quelle reicht die entsprechende empirische Prüfung nur bis zum Jahr 1993 zurück. Die Mineralölpreise können aber auch für spätere Jahre weiterverfolgt werden. Deshalb ist es möglich, die Entwicklung der Energiespartechnik zu *simulieren*, wenn man den gefundenen quantitativen und kausalen Zusammenhang weiterhin unterstellt. *Abbildung 3* zeigt die tatsächliche Zahl der Energieeinsparpatente in Prozent aller Patente in Deutschland. Die Simulation ist in sehr guter Übereinstimmung damit.

Als Prognose ergibt sich, dass der Anteil der jährlich hervorgebrachten Erfindungen, die der Energieeinsparung dienen, zur Mitte der 90er Jahre hin weiter abnimmt (weil der Ölpreis weiter nachgab), allerdings nicht mit dem Tempo, das Ende der 80er Jahre vorgelegt wurde. Zum Ende der 90er Jahre hin könnte sich die Erfindungstätigkeit der Unternehmen wieder erhöht haben, weil die Mineralölpreise seit 1996 wieder leichte Anstiege zeigen.

Die in *Abbildung 3* dargestellten Zeitreihen entsprechen ziemlich genau dem Szenariohorizont der Energiepfade der Enquête-Kommission und zeigen einen inversen Verlauf: Einen starken Anstieg der Erfindungstätigkeit nach der zwei-

ten Ölpreiskrise bis zum Jahr 1984 und danach ein Abflauen der Erfindungstätigkeit. Bezüglich des Energieverbrauchs (*Abbildung 1*) hatte sich das Umgekehrte ergeben, nämlich ein starker Rückgang im jährlichen Energieverbrauch bis etwa 1984 und danach wieder ein Anstieg. Beide Effekte dürften die gleiche Ursache haben, nämlich die Veränderungen im Mineralölpreis.

Man muss zu der Bewertung kommen, dass *Marktsignale* ein sehr starkes Steuerungsinstrument sind. Nicht nur hängt der Energieverbrauch selbst gegenständig davon ab (wenn die Preise fallen, steigt der Verbrauch an), sondern es besteht ein unmittelbarer Einfluss auf den technischen Wandel zur Energieeinsparotechnik (wenn die Preise fallen, lassen die technischen Bemühungen der Unternehmen zur Energieeinsparung nach). Durch diesen Trend dürfte auch der mittelmäßige Einsatz regenerativer Energie erklärt werden, obwohl entsprechende Patentzahlen hierzu nicht vorliegen.

Wirtschaftspolitisch ist nicht von der Hand zu weisen, dass eine bewusste, etwa steuerliche Verteuerung von Rohstoffen und Energie, wie sie mit der Ökosteuer eingeführt wurde, nicht nur den viel diskutierten Rückgang des Verbrauchs auslöst, sondern auch unmittelbar einen Einfluss auf die Innovationsrate hat – und sich insofern mittelfristig durch den Einsatz verbesserter Technik bezahlt macht, wenn niedrigerer Energieverbrauch bei gleicher Energiedienstleistung technisch möglich wird. Dieser letzte Effekt wird allerdings kaum diskutiert oder gar gegengerechnet. Die zeitliche Koppelung ist mit einer Jahresperiode sehr eng, das politische Steuerungsinstrument also außerordentlich schnell wirksam. Für manchen politischen Beobachter wird die Rückbesinnung auf die Marktkräfte unerwünscht daher kommen; dennoch sollte man für neue Erkenntnisse auf diesem Gebiet aufgeschlossen sein.

5. Zukunftsorientierung in größeren Kollektiven

Wie eingangs ausgeführt wurde, gibt es verschiedene, miteinander konkurrierende Methoden für die Technikbewertung im allgemeinen und für die Technikvorausschau im besonderen. Dabei gibt es keine beste Methode, sondern je nach Anwendungszweck sind grundsätzlich alle wissenschaftlichen und heuristischen Methoden des wissenschaftlichen Problemlösens, die vor allem in der Systemanalyse und der Systemdynamik beschrieben und angewendet werden, auch für die Technikvorausschau geeignet. In letzter Zeit hat das „Delphi“-Verfahren verstärkt Aufmerksamkeit erhalten.

Eine *Delphi-Experten-Umfrage* ist eine Ideenfindungs- und Vorausschaumethode, welche die Einsichten und Zukunftseinschätzungen einer (großen) Zahl ausgewählter Fachleute systematisch erhebt und ausmittelt. Dabei werden die

Umfrageergebnisse den beteiligten Experten ein- oder mehrmals zur erneuten Urteilsbildung vorgelegt, damit sie ihre Auffassungen im Lichte der anderen Expertenmeinungen überprüfen und (stark) abweichende Positionen gegebenenfalls korrigieren können.

Der Erfolg der Methode hängt entscheidend von der Auswahl der befragten Fachleute ab, bei größeren Kollektiven wird das Auswahlproblem entschärft. Dabei neigen Fachleute, die an einer bestimmten technischen Entwicklung beteiligt sind, die „Insider“, häufig zu besonders optimistischen Einschätzungen. Da die Methode konvergenzbildend ist, favorisiert sie Mehrheitsmeinungen und bewegt abweichende Auffassungen zur Anpassung. Das Delphi-Verfahren ist in den 1950er Jahren in den USA entwickelt worden, hat aber in flächendeckender Anwendung vor allem in Japan Resonanz gefunden (Cuhls 1998). In Deutschland wird seit rund zehn Jahren mit dieser Methode gearbeitet.

Wir möchten an dieser Stelle die Ergebnisse der letzten deutschen Umfrage zum Energiebereich nicht wiedergeben (vgl. Cuhls et al. 1998; speziell zum Energiebereich auch Grupp/Eichhammer 1995). Vielmehr soll der Frage nachgegangen werden, ob und wie allgemeine *Grundanschauungen* auf das Fachurteil Einfluss nehmen.

Während die traditionellen Werkzeuge der Technikprospektion – wie z.B. die Szenariotechnik – für stabile Phasen des Untersuchungsgegenstands ein angemessenes Instrument darstellen können, aber inhärent versagen, wenn es zu chaotischen Übergängen kommt, gewinnen kommunikationsorientierte Verfahren genau in solchen Situationen mehr Aussagekraft. Generell ist die Anwendung multipler Perspektiven hilfreich; die Delphi-Verfahren, die zu den historisch ersten Prospektionsverfahren überhaupt gehören, sind angesichts der heutigen Situation der politischen Techniksteuerung und der Notwendigkeit zur Kommunikationsfähigkeit wieder im Vormarsch.

Um abweichende Expertenurteile einordnen zu können, ist zunächst festzustellen, dass die Wissenschaftsorganisationen sich mit der Prospektion schwer getan und sich zum Teil für nicht betroffen erklärt haben. Unternehmensvertreter sind diesen Methoden gegenüber aufgeschlossener. So hat z.B. der Wissenschaftsrat (1994) Empfehlungen zu einer Prospektion der Forschung verabschiedet, wohlwissend, damit in ein Wespennest zu stechen; es wurden Konflikte um die Selbstbestimmung der Forschung und die Unabhängigkeit des fachbezogenen Gutachtersystems befürchtet. Das Missverständnis von Prospektion als einer Art zukünftiger Ergebnisbilanzierung wurde herbeigeredet. Auch hier scheint jedoch wissenschaftspolitisch langsam ein Wechsel einzutreten, denn inzwischen hat eine Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrats eine erste Pilotstudie zur Prospektion vorgelegt (Wissenschaftsrat 1998).

Woher kennt man die Lebensentwürfe bzw. gesellschaftlichen Grundeinstellungen von Fachleuten im Energiegebiet? In der hier gebotenen Kürze können Details zum Vorgehen nicht erörtert werden (vgl. Grupp 1999c, S. 160ff.). Die zweimal antwortenden 187 Energiefachleute⁶ der Delphi-Befragung wurden gebeten, nicht nur ihre Fachurteile zu einem langen Fragenkatalog möglicher energietechnischer und -wirtschaftlicher Entwicklungen zu geben, sondern auch ihre Einschätzungen zu so genannten *Megatrends*, die den gesellschaftlich-politischen Bereich grob skizzieren. Diese Fragen berührten Geburtenziffern, die Weltbevölkerung, Frauen in Führungspositionen, eine Europaregierung, das Schließen der Kirchen aus mangelndem Bedarf, das Aufgeben der Familie, die Klimaentwicklung, die Zukunft Chinas, die weltpolitische Rolle des Islam etc., also ein sehr breites Spektrum politischer Grundüberzeugungen. Es wurde um Zustimmung oder Nichtzustimmung, also um eine Einstellungs- und nicht eine Sachantwort gebeten.

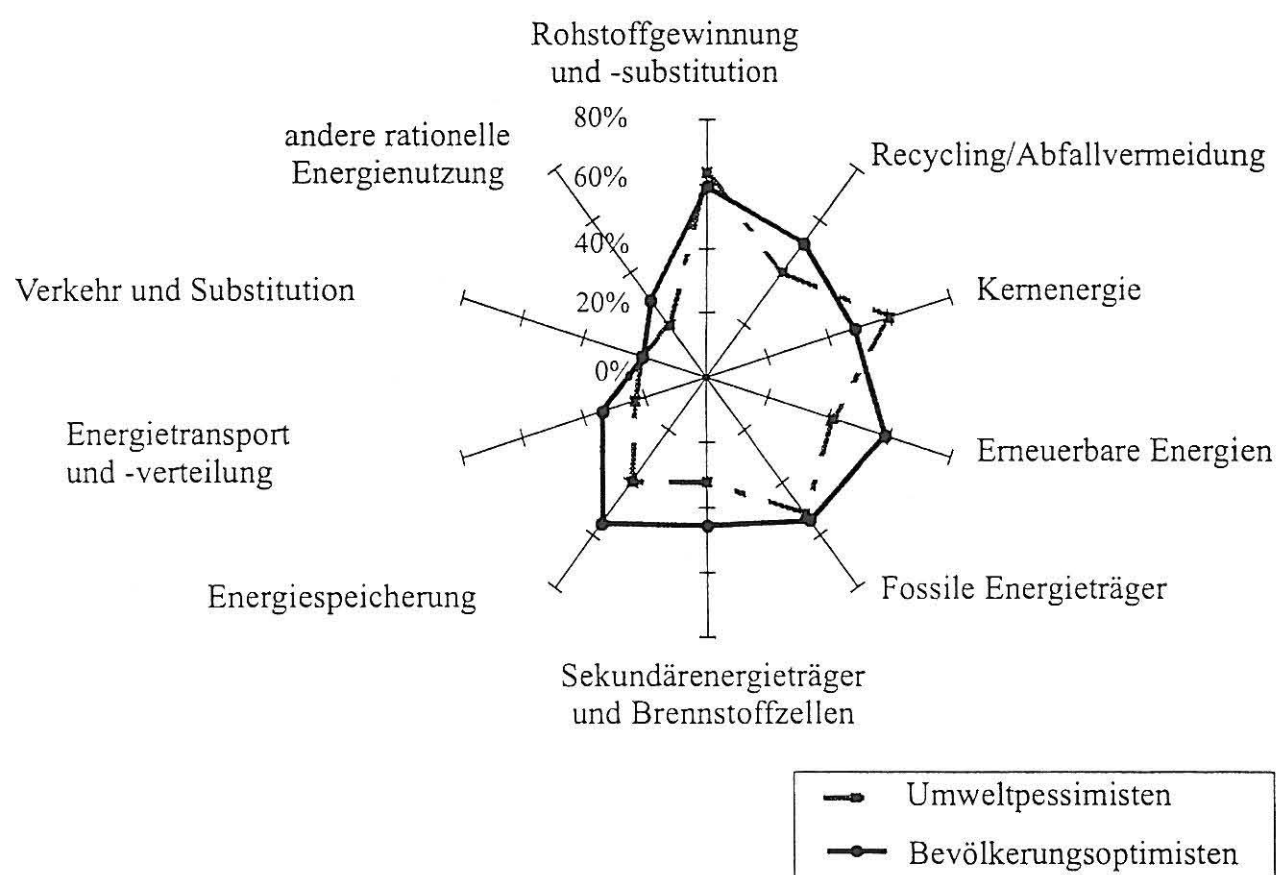
Das Antwortverhalten kann mittels einer Faktorenanalyse (wie in der Psychologie) nach „Typen“ gruppiert werden. Wenn jedes Individuum individuell antworten würde, müssten sich 187 Typen ergeben. In Wirklichkeit ließen sich jedoch fünf wiederkehrende Typen identifizieren, die man wie folgt beschreiben kann:

- Zuerst sind die *Standortoptimisten* zu nennen, die durch alle unterschiedlichen Megatrends hindurch den Standort Deutschland in naher Zukunft als attraktiven Investitionsplatz sehen.
- Konträr zu dieser Einstellung positionieren sich die *Umweltpessimisten*, welche die Menschheit in naher Zukunft mit weiteren gravierenden Umweltproblemen konfrontiert sehen.
- Demgegenüber glauben die *Bevölkerungsoptimisten*, dass sich die Vergreisung in den Industrieländern und das starke Bevölkerungswachstum in den Entwicklungsländern in absehbarer Zeit stoppen lassen.
- Die *Fortschrittsskeptiker* sind gegenüber technischen und sozialen Innovationen kritisch eingestellt und sehen auch die Attraktivität des Standorts Deutschland in Gefahr.
- Als *Restgruppe* verbleiben die Personen (ca. 20 Prozent) mit uneinheitlicher Bewertung der Megatrends, die also ein gemischtes Antwortverhalten zeigen, d.h. im Hinblick auf die genannten vier Faktoren „unauffällig“ antworten.

6 Angeschrieben wurden wesentlich mehr Personen. In der ersten Runde erhielten wir 246 Antworten (etwa 30 Prozent), in der zweiten Überprüfungsrunde fehlten davon 24 Prozent.

In *Abbildung 4* ist der Fragebogen zur Energiethematik der Delphi-Umfrage (114 Zukunftsthemen) zugunsten besserer Übersichtlichkeit in zehn Themenblöcke gebündelt worden. Die Experten konnten zu jeder Einzelfrage ihr Urteil abgeben, ob die entsprechenden technischen Visionen Umweltprobleme lösen helfen oder neue schaffen. In *Abbildung 4* ist auch der Prozentsatz der Fachleute abgetragen, der auf verstärkte Umweltprobleme hinweist. Angegeben sind die entsprechenden Anteile unter allen Umweltpessimisten und unter allen Bevölkerungsoptimisten gemäß der Faktorenanalyse. Die Bewertungen divergieren auf dieser Betrachtungsebene statistisch signifikant.⁷

*Abb. 4: Einschätzung der ökologischen Folgen im Energiebereich durch „Umweltpessimisten“ und „Bevölkerungsoptimisten“**



Quelle: Cuhls et al. 1998, Band II, S. 82

Man hätte erwarten dürfen, dass die Umweltpessimisten generell stärker auf ökologische Folgen neuer Energietechnik hinweisen, was jedoch nicht der Fall ist. Offenbar differieren die Bewertungsmuster bezüglich der einzelnen Themenbündel, und die Umweltpessimisten stellen sich in Wirklichkeit als Einspar- und Solarfreunde heraus. Es geht also nicht darum, dass sie grundsätzlich größere

⁷ Die Irrtumswahrscheinlichkeit des χ^2 -Tests liegt unterhalb von 0,1 Prozent.

Umweltprobleme der Energietechnik sehen, sondern sie betrachten die Umweltschäden gewisser, in der Vergangenheit politisch dominant geförderter Technik (z.B. die Atomtechnik) mit Sorge und präferieren stattdessen eine andere Art von Technik (z.B. die erneuerbaren Energien). Die Urteile zur Atomenergie weichen statistisch signifikant voneinander ab, nicht aber beispielsweise die bei der Beurteilung der fossilen Energieträger.

Es zeigt sich, dass die Grundeinstellungen, die aus der Beurteilung der Megatrends abgeleitet werden können, nicht pauschal Fortschrittsskeptiker und Fortschrittsbefürworter oder Umweltpessimisten von Umweltoptimisten trennen, und keinesfalls technikfeindliche von technikfreundlichen Experten. Nein, es geht nicht um generell ablehnende oder befürwortende Denkkulturen, sondern um unterschiedliche *Präferenzmuster* für die zukünftige Technikentwicklung im Detail.

Die so genannten Skeptiker bewerten in ihren sachlichen Einschätzungen der Folgeproblematik gewisse Technologieentwicklungen unproblematischer als dies herkömmlich geschieht. In diesem Sinne bietet die Faktorenanalyse einen sehr interessanten Einblick in die hohe Differenziertheit der Bewertungsmuster. Der Vorwurf der Technikfeindlichkeit am Standort Deutschland gerinnt zu einem Kommunikationsproblem über die technologischen und wohl auch technologiepolitischen Präferenzen in gesamtwirtschaftlicher Hinsicht, denn ökologische oder soziale Folgeprobleme werden vermutlich eher zu sozialen als zu betrieblichen Kosten führen.

Auch diese langfristige Expertenschau auf die Zukunft ist keinesfalls als reine Vorhersage zu verstehen. Delphi-Studien finden heraus, was Experten von der Zukunft erwarten und können somit auch zu einer rationalen Erwartungsbildung bei Investitionsentscheidungen der Wirtschaft und des Staates beitragen.⁸ Welche technologiepolitischen Schritte daraufhin ergriffen werden sollten, bleibt eine gesellschaftlich zu lösende Frage. Entsprechende Diskursveranstaltungen sind in diesem Sinne Schritte auf dem Weg von der objektivierten Analyse der Zukunftstrends zum bewussten Gestalten der Zukunft. Zukunftsstudien liefern die Elemente, die man in ein strategisches, unternehmerisches oder gesellschaftliches Bewertungssystem einfügen kann – nicht mehr, aber auch nicht weniger.

8 Zum Stellenwert rationale Erwartungen im Innovationsgeschehen siehe Grupp (1997, S. 155f.).

6. Herrlich, wenn es daneben war!

Ich habe versucht zu zeigen, dass die prospektive Technikbewertung nicht immer richtig liegt, dies auch gar nicht kann und soll, aber die gesellschaftlichen Verhandlungen um eine wünschbare technologische Zukunft bereichern kann.

Szenarien (Abschnitt 3) haben den Sinn, sich mit alternativen Denkmodellen zu beschäftigen, auch wenn die tatsächliche Entwicklung dann eher träge und unauffällig verläuft. Hinter diesen Denkmustern können sich politische Akteure und Gruppierungen bilden und die (meist viel zu einfach modellierten) Szenarien haben wegen ihrer Geschlossenheit doch mindestens Fetischcharakter, können also zur Beflagung von politischen Zielen dienen. Da unser politisch-gesellschaftliches Entscheidungssystem offenbar verschiedene gesellschaftliche Interessen aushandelt bzw. ausspielt, benötigt man Mannschaften in einheitlichem Dress. Diese wiederum brauchen Spielgeräte (Bälle). Die technologische Zukunft im Energiebereich kann nicht mit Dollar oder Euro verhandelt werden, sondern mit Leitvisionen, Szenarien oder anderen Währungen.

Während solcher *Aushandlungsprozesse* um die Energiezukunft scheinen die rationalen Entscheider eher von betriebswirtschaftlich Banalem auszugehen, nämlich den Energiepreisen. Dies sollte man nicht in moralischen Kategorien (schlecht oder gut), sondern als Fakt beurteilen, denn unser System der sozialen Marktwirtschaft verlangt gewinnorientierte Unternehmungen, jedenfalls haben dies politische Mehrheiten bisher so gewollt. Die gesellschaftliche Aushandlung muss deshalb in Rechnung stellen, dass sich so genannte Marktsignale aus Herstellungskosten, Gewinnspannen und staatlichen Abschöpfungen zusammensetzen, wobei die letzteren wiederum ausgehandelt werden können. Das Instrument ist effizient und kurzfristig wirksam.

Stützt man seine Zukunftsbilder auf Befragungen von Experten wie bei der Delphi-Methode, treten erhebliche Disparitäten zwischen verschiedenen „Kulturen“ auf. Solche Bewertungsunterschiede sind aber nicht unerwünscht und sollten möglichst nicht kontrolliert bzw. ausgeschlossen werden, um zu einer im naiven Verständnis objektivierten Datenbasis zu kommen. Im Gegenteil: Unter allen möglichen Verfahren der Technikbewertung sollten solche präferiert werden, welche diese Bewertungsunterschiede transparent und zugänglich machen. Das Delphi-Verfahren scheint hierfür hervorragend geeignet zu sein, jedenfalls geeigneter als die verborgenen Interessen der Szenariohersteller. Interkulturelle Disparitäten z.B. bei den jeweiligen Technikinsidern sollten nicht als Störgröße für die Technikbewertung verstanden werden; sie haben ein fundamentaleres Wesen (Grupp 1999b).

Viele Menschen, vor allem solche, die an den Verhandlungssystemen über die Technik der Zukunft nicht beteiligt sind, setzen den *Globalisierungstenden-*

zen ihren Wunsch nach Aufrechterhaltung eines klaren Bezugsrahmens entgegen und leiden unter Spannungszuständen, wenn sich „die Dinge“ zu schnell verändern. Eine kulturwissenschaftliche Erklärung der Notwendigkeit der prospektiven Technikbewertung legt Wert darauf, Transparenz zu schaffen und zu vergleichbaren Aussagen zu kommen, die solche Spannungszustände abmildern können. Szenarien, Zukunftsvisionen und Vorstellungen zur künftigen Entwicklung sind Bilder, denen man Abneigung, Misstrauen oder Hoffnung entgegenbringen kann. Deshalb sollten Disparitäten ausdrücklich als Bestandteil der Technikbewertung vor allem auch im umstrittenen Energiegebiet angesehen werden.

Die Technologievorausschau im Energiebereich hat eine potenziell wichtige Rolle zu spielen, weil sie die Fähigkeit zum Lernen und Innovieren einübt. Wenn diese wichtige Funktion tatsächlich in der Breite wirksam wird, kann die Technikvorausschau im Energiebereich (und auch anderswo) unsere Gesellschaft in andere Richtungen hin transformieren als diejenigen, die prognostiziert werden. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass die Szenarien, Zukunftsbilder und Vorausschätzungen nicht wahr werden. Das ist die Chance und der Zweck moderner Technikvorausschau.

Herrlich, wenn es daneben war, vor allem aber ist wichtig, dass sich die Verhältnisse geändert haben – *wrong is beautiful!*

Literatur

- Altner, G. (1995): Energiekonsens – aber wie? In: Jahrbuch Ökologie 1996. München: C. H. Beck, S. 27-34
- Cuhls, K. (1998): Technikvorausschau in Japan. Heidelberg: Physica
- Cuhls, K.; Blind, K.; Grupp, H. (1998): Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Zwei Bände mit Datendiskette. Karlsruhe: FhG-ISI
- Faber, M.; Proops, J. (1990): Evolution, Time, Production and the Environment. Heidelberg: Springer
- Fritsch, M.; Wein, Th.; Ewers, H.-J. (1999): Marktversagen und Wirtschaftspolitik (3. Aufl.). München: Vahlen
- Fürst, D. (1998): Nachhaltige Regionalentwicklung. Ist die Region eine leistungsfähige Handlungsebene? In: IAW-Mitteilungen 1/98, S. 15-25
- Gehrke, B.; Grupp, H.; Legler, H.; Münt, G.; Schasse, U.; Schmoch, U. (1994): Innovationspotential und Hochtechnologie (2. Aufl.). Heidelberg: Physica

- Grupp, H. (1994): Einordnung der Methoden der Technikfolgenabschätzung in das Gefüge der Wissenschaften. In: Bullinger, H.-J. (Hg.): Technikfolgenabschätzung. Stuttgart: Teubner, S. 55-86
- Grupp, H. (1996): Vorausschau und Bewertung der technischen Entwicklung. In: Pleschak, F.; Sabisch, H. (Hg.): Innovationsmanagement. Stuttgart: Teubner, S. 94-104
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels: Grundzüge einer Innovationsökonomik. Heidelberg: Springer
- Grupp, H. (1999a): Umweltfreundliche Innovation durch Preissignale oder Regulation? In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Band 219, 5+6, S. 611-631
- Grupp, H. (1999b): Wrong Is Beautiful! In: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 62, S. 121-123
- Grupp, H. (1999c): Interkulturelle Unterschiede der Technikbewertung: Analyse von Disparitäten mit der Delphi-Methode. In: Rapp, F. (Hg.): Normative Technikbewertung. Berlin: edition sigma, S. 153-182
- Grupp, H.; Wagner, H.-J. (1984): Die vier Energiepfade der Enquête-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik". In: Energie im Brennpunkt. München: High Tech Verlag, S. 181-189
- Grupp, H.; Eichhammer, W. (1995): Die Energiewelt im Jahr 2020. In: Elektrizitätswirtschaft, 94. Jg./Heft 15, S. 878-885
- Hartwick, J. M. (1977): Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. In: American Economic Review, Vol. 67, S. 972-974
- Heijden, K. van der (2000): Scenarios and Forecasting: Two Perspectives. In: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 65, 1, S. 31-36
- Hohmeyer, O. (1989): Soziale Kosten des Energieverbrauchs (2. Aufl.). Heidelberg: Springer
- Kuhlmann, S. (1998): Politikmoderation. Evaluationsverfahren in der Forschungs- und Technologiepolitik. Baden-Baden: Nomos
- Pearce, D. W.; Atkinson, G. D.; Dubourg, W. R. (1994): The economics of sustainable development. In: Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 19, S. 457-474
- Sachverständigenrat für Umweltfragen – SRU (1994): Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Umweltgutachten 1994. Stuttgart: Metzler+Poeschel
- Smil, V. (2000): Perils of Long-Range Energy Forecasting: Reflections on Looking Far Ahead. In: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 65, S. 251-264
- Solow, R. M. (1974): Intergenerational equity and exhaustible resources. In: Review of Economic Studies (Symposiumband), S. 169-183
- Wissenschaftsrat (1995): Empfehlungen zu einer Prospektion für die Forschung. Empfehlungen und Stellungnahmen 1994. Köln
- Wissenschaftsrat (1998): Pilotstudie zu einer Prospektion der Forschung anhand ausgewählter Gebiete. Köln

