

Methoden und Verfahren der Technikfolgenabschätzung und der Technologiebewertung

Ortwin Renn

Einleitung

In zunehmendem Maße wird heute über die Folgen und Auswirkungen neuer Technologien diskutiert. Der marktwirtschaftlich orientierte Ökonom schreibt den Orientierungskräften des Marktes die Selektion von produktionsfähigen Technologien und die Regelung ihrer Diffusionsgeschwindigkeit zu. Dagegen wird von nichtökonomischer Seite oder von Kritikern der Marktwirtschaft eine politische Bewertung von Innovationen gefordert. Die traditionelle Kosten-Nutzen-Analyse, ursprünglich gedacht als Ersatz für eine Marktausscheidung bei öffentlichen Gütern, gewinnt damit einen neuen Stellenwert: Sie soll nicht mehr die wirtschaftliche Rentabilität einer Neuerung unter die Lupe nehmen, sondern auch die negativen Begleiterscheinungen für Umwelt, Volkswirtschaft und Gesellschaft mit in das Kalkül aufnehmen. Gefordert wird eine umfassende Analyse von Vor- und Nachteilen einer Innovation, die mehrere Dimensionen gleichzeitig umfassen soll. Als Idealbild einer solchen Kosten-Nutzen-Analyse wird ein Verfahren angesehen, bei dem der Entscheidungsträger die künftig zu erwartenden Nutzenzuwächse und die dafür in Kauf zu nehmenden Risiken in quantifizierter Form vorgelegt bekommt und er (bzw. die dazu demokratisch legitimierten Instanzen) aufgrund seiner Wertesysteme diese positiven und negativen Folgen einer Innovation gewichtet. Im Endeffekt wird sich nur die Technologie durchsetzen können, die den höchsten Nettonutzen verspricht. Ohne die Ergebnisse der weiteren Erörterung über einzelne Verfahren der Technologiebewertung vorwegzunehmen, sei schon hier deutlich gesagt, daß es eine objektive Meßlatte für künftige Folgen einer Technologie nicht geben kann. Die hier beschriebene Idealvorstellung läßt sich prinzipiell selbst bei verfeinerten und verbesserten Modellen in folgenden zwei Problembereichen niemals verwirklichen:

- Unsicherheiten und Ermessensspielräume werden bei jeder Berechnung von Zukunftsfolgen auftreten, gleichgültig, wie komplex und umfassend man eine Berechnung ausführen mag.

- Bewertungen und Identifizierungen sind zwar theoretisch trennbar, aber in der Praxis miteinander verwobene Bereiche der Folgenanalyse, wodurch die Trennung in „objektive wissenschaftliche Folgenanalyse“ und „subjektive, politische Bewertung“ zwar prinzipiell durchführbar, aber nur in einem ständigen Dialog-Prozeß zwischen diesen beiden Trägern der Entscheidungsfindung verwirklicht ist.

Neben diesen beiden prinzipiellen Einwänden werden in der Literatur noch folgende Probleme als ungelöst betrachtet:

- die Erfassung von Folgen aus der unendlichen Vielfalt der Möglichkeiten,
- die mangelnde Kenntnis von Interdependenzen im Verlauf der Folgeauswirkungen,
- die Aggregation unterschiedlicher Folgetypen,
- das Fehlen eines objektiven Maßstabes, um Kriterien zur Systematisierung der Folgen (und möglicherweise Bewertung) zu gewinnen und verschiedene Dimensionen zu gewichten,
- die Zuordnung von Wahrscheinlichkeiten für die Folgekette.

Die besondere Problematik bei allen Verfahren besteht in der Frage, wie unterschiedliche Földimensionen erfaßt und verarbeitet werden sollen. Dabei versucht man, entweder eine Dimension als repräsentatives Kriterium auszuwählen (etwa Tote pro Jahr als Indikator für Risiko) oder mehrere Dimensionen in einem Index zusammenzufassen, oder aber bei prozeßbezogenen Auswahlverfahren die Aggregation den am Entscheidungsprozeß beteiligten Gruppen zu überlassen. Die folgende Erörterung dient folglich dem Ziel, die Vorgehensweise und die Aussagekraft der verschiedenen Verfahren und Methoden in bezug auf ihren Lösungsansatz der hier skizzierten generellen Probleme zu erläutern und ihre Möglichkeiten und Grenzen darzulegen. Im Rahmen eines solchen Beitrages können natürlich nicht alle Methoden behandelt werden, allerdings wurde auf ein repräsentatives Abbild der Verfahrensvielfalt Wert gelegt.

Technologisch orientierte Verfahren

1. *Risikoabschätzung mit Schwellenwert-Setzung (Targets)*: Dieses Verfahren zielt darauf ab, die Risiken aus einer Anlage oder einem Projekt möglichst genau mit Hilfe probabilistischer oder deterministischer Analysen abzuschätzen und bestimmte Grenzwerte einer nicht zu überschreitenden Schadensfolge festzusetzen. Die einzelnen Schadensmöglichkeiten und ihre Wirkungen auf Gesundheit und Leben werden mit Hilfe von theoretischen Emissions-Ausbreitungsmodellen, von Methoden der durchschnittlich zu erwartenden Schadensfolgen oder von Schadensindizes auf der Basis von kollektiven Folgeexpositionen erfaßt und mehrdimensionale Aggregationsverfahren zur Ermittlung der Gesamtbelastung kalkuliert. Parallel dazu werden unter Berücksichtigung der Schadstoffverteilung und der – in der Regel experimentell untersuchten – Dosis-Wirkungsbeziehung Grenzwerte der Emission festgelegt [27] Diese werden entweder immanent aus den Möglichkeiten für die jeweilige Anlage (Kriterium der bestmöglichen oder der noch gerade finanzierbaren Technologie) oder aber in Referenz zu anderen technischen, zivilisatorischen oder natürlichen Risikoquellen bestimmt. In der Regel wird die Grenzziehung so vollzogen, daß der

negative Erwartungswert einer Risikoquelle nicht höher liegen darf als der entsprechende Referenzfall (z. B. natürliches Strahlenrisiko, Risiko durch andere zivilisatorische Belastungen usw.). Kompliziertere probabilistische Modelle nehmen die Streuung der Referenzfälle zum Maßstab, um die Spannweite innerhalb der Wahrscheinlichkeitsverteilung für alle negativen Folgen abzuschätzen und Standards (etwa 1–2 Standardabweichungen) vorzuschreiben. Der Vorzug der Schwellenwertsetzung liegt in der relativ einfachen Handhabbarkeit, in der guten institutionellen Kontrollmöglichkeit und in dem intuitiv möglichen Nachvollzug der Grenzwerte [28]. Von der methodischen Stringenz ist diese Art der Akzeptanz-Vorgaben jedoch problematisch, und zwar aus folgenden Gründen:

- Die Ermittlung von Schadensfolgen ist strategieanfällig, weil die unterschiedlichen Verfahren zu verschiedenen Ergebnissen führen.
- Die Aggregation verschiedenartiger Schadstoffwirkungen bleibt immer eine Frage subjektiver Gewichtung.
- Die Theorie von Risikoschwellenwerten setzt voraus, daß der Nutzen der jeweiligen Anlage für die Akzeptanz des Risikos keine Rolle spielt. Diese Voraussetzung ist sowohl empirisch als auch normativ nicht aufrecht zu erhalten. (Dieser Kritikpunkt gilt nicht, wenn es sich bei einem Vergleich um nutzenäquivalente Alternativen handelt).
- Selbst geringe Schwellenwerte sind dann untragbar, wenn mit wenig Aufwand diese Werte durch entsprechende Sicherheitsauflagen unterschritten werden können.
- Schwellenwertschätzungen aufgrund von negativen Erwartungswerten gehen implizit von der Annahme aus, daß alle Risikoquellen gleich zu beurteilen seien. Intuitiv wird eine solche Gleichbehandlung in der Öffentlichkeit abgelehnt.
- Das Zusammenspiel verschiedener Risikoquellen und ihrer schädlichen Nebenwirkungen werden bei der Vorgabe einheitlicher Schwellenwerte oft zu wenig beachtet und dadurch synergistische Wirkungen unterschätzt.
- Schwellenwerte aufgrund von Vergleichen mit anderen zivilisatorischen oder technischen Referenzfällen können bestenfalls dem Ziel dienen, die Spannweite von akzeptablen und nichtakzeptablen Risiken zu verdeutlichen. Ohne Einbeziehung des Nutzens sind solche Vergleiche jedoch ohne Belang.
- Schwellenwerte, die aufgrund von Vergleichen auf natürlichen Risiken beruhen, sind erst recht nicht als normative Größe für die Beurteilung von Risiken geeignet. Es ist gerade der Sinn vieler technischer Einrichtungen, die Risiken der Natur für den Menschen abzumildern. Es hieße, den Gärtner zum Bock zu machen, wenn man die Gefahren, denen die Menschheit durch die Natur ausgesetzt sind, zum Maßstab für die Akzeptanz von nichtnatürlichen Risikoquellen machen würde.

Diese Aussagen verdeutlichen, daß die Festlegung von Schwellenwerten nicht aus inhärenten Bewertungsmustern, seien sie aus der Natur oder aus dem technischen Fortschritt bestimmt, abgeleitet werden können. Das Aufstellen von Schwellenwerten ist natürlich institutionell notwendig, nur ihre Begründung läßt sich nicht aus der Art der Risikoquelle oder dem Vergleich von Erwartungswerten ableiten.

Die Akzeptanz von Risiken ist auch in der Realität nicht aus der Höhe des Erwartungswertes für Verluste zu erklären. Bild 8 gibt einen Überblick über die Erwartungswerte verschiedener Risikoquellen. Dabei läßt sich deutlich ablesen, daß eine Reihe von –

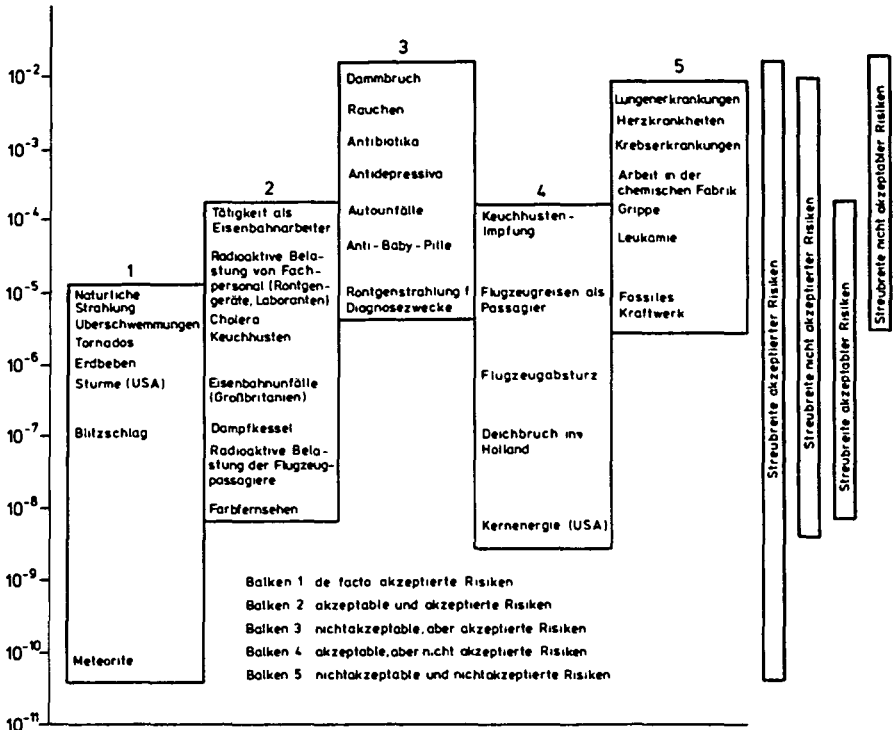


Bild 8 Die Streubreiten von akzeptierten (nicht akzeptierten) und akzeptablen (nicht akzeptablen) Risiken

Histogramm der individuellen Todesrisiken für verschiedene Risikoquellen (aus Nuclear News, Sept. 1980)

gemessen am Erwartungswert – akzeptablen Risikoquellen nicht akzeptiert werden und umgekehrt eine Reihe von – wiederum gemessen am Erwartungswert – nichtakzeptablen Risikoquellen ohne weiteres von der Bevölkerung akzeptiert werden. Der Erwartungswert möglicher Schäden kann weder normativ noch empirisch als ein Schwellenwert zur Bewertung von Technologie angesehen werden. Natürlich muß der zu erwartende Schaden als ein Kriterium jeder Technikfolgenabschätzung eingehen, aber die Errechnung des numerischen Risikos reicht weder zur alleinigen Bewertung aus, noch läßt sich aus seiner Höhe ein Schwellenwert der Akzeptanz ableiten.

2. Revealed-Preference-Ansatz: Bei diesem Verfahren wird die Akzeptanz der Risiken danach beurteilt, inwieweit der Erwartungswert eines Risikos die Größenordnung bisher akzeptierter Risiken nicht überschreitet. Neben dem Erwartungswert wird von dem Begründer dieses Ansatzes (Ch. Starr) auch die Freiwilligkeit der Risikoübernahme als Determinante der historischen Akzeptanz einbezogen (Bild 9). Starr kommt aufgrund seiner Analyse zu folgenden quantitativen Aussagen:

- historisch gesehen wird eine Risikoquelle dann akzeptiert, wenn der Nutzen mindestens mit der dritten Potenz des Risikos anwächst,
- freiwillig aufgenommene Risiken werden um drei Größenordnungen eher akzeptiert als aufgezwungene Risiken [29].

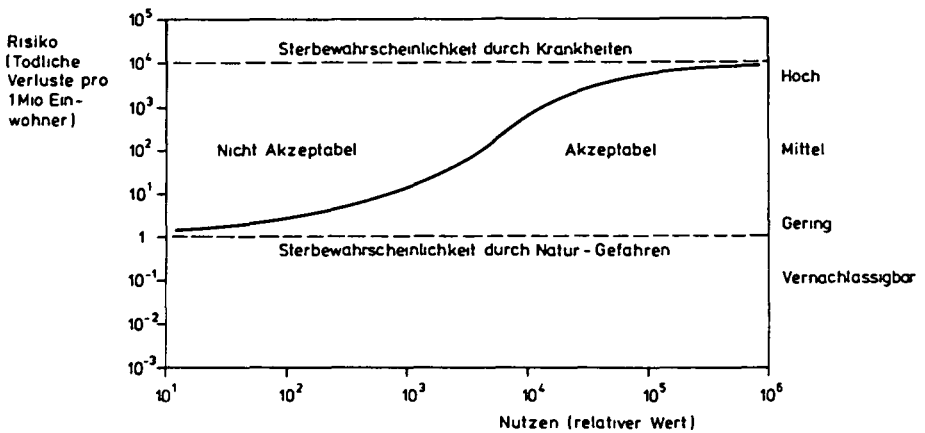


Bild 9 Revealed Preference Ansatz bei Technologien

aus: Ch. Starr, *Social Benefit versus Technological Risk*. In: *Science*, Vol. 165, Nr. 169, 1969)

Gegen den Revealed-Präferenz-Ansatz sind in der Literatur eine Reihe von Einwänden erhoben worden, die einerseits das Rechenverfahren für die Quantifizierung von Nutzen und Risiko in Frage stellen und andererseits die Aussagekraft des gesamten Verfahrens bezweifeln. Der Vergleich neuer Risiken mit geschichtlich akzeptierten Risiken kann sicherlich die Situation einer Gesellschaft in bezug auf Risikoakzeptanz illustrieren, sie ist aber ungeeignet, Gütekriterien für die Beurteilung von Risiken aufzuzeigen. Sie ist nämlich nicht nur unrealistisch, weil vorausgesetzt wird, daß vor einer Entscheidung über Risikoquellen vollständige Transparenz über die Folgen herrsche und daß in Kenntnis dieser Folgen eine rationale Entscheidung getroffen wurde; sie geht auch, wie wir bereits beim letzten Punkt gezeigt haben, an der realen Risikobetrachtung vorbei, weil Risiken mit gleichen Erwartungswerten durchaus unterschiedlich bewertet werden können.

3. Expressed-preference-Ansatz: Mit Hilfe dieses Verfahrens werden Bewertungskriterien für Risiken aufgrund von Befragungsergebnissen in der Bevölkerung ermittelt. Durch geeignete Fragebögen und Experimente werden die intuitiven Dimensionen der Bewertung von Risikoquellen bestimmt und diese inhärenten Bewertungsmuster konsequent und systematisch auf die Beurteilung von neuen Risikoquellen angewandt [30]. Diese Methode setzt ein hohes Maß an Transparenz der Risikofolgen in der Bevölkerung voraus und ist im Grunde genommen nur durchführbar, wenn bereits festgefügte Standpunkte und Beurteilungskriterien vorliegen. Ebenfalls muß eine Übertragbarkeit dieser Dimensionen auf alle möglichen Risikoquellen vorausgesetzt werden. Diese Voraussetzungen sind zur Zeit umstritten.

Ökonomisch orientierte Verfahren

1. Wohlfahrtstheorien: Die optimale Güterkombination einer Volkswirtschaft wird so bestimmt, daß ausgehend von einer Nutzenmöglichkeitskurve, die als geometrischer Ort aller paretooptimaler Lösungen definiert ist, ein Tangentialpunkt P ausgewählt

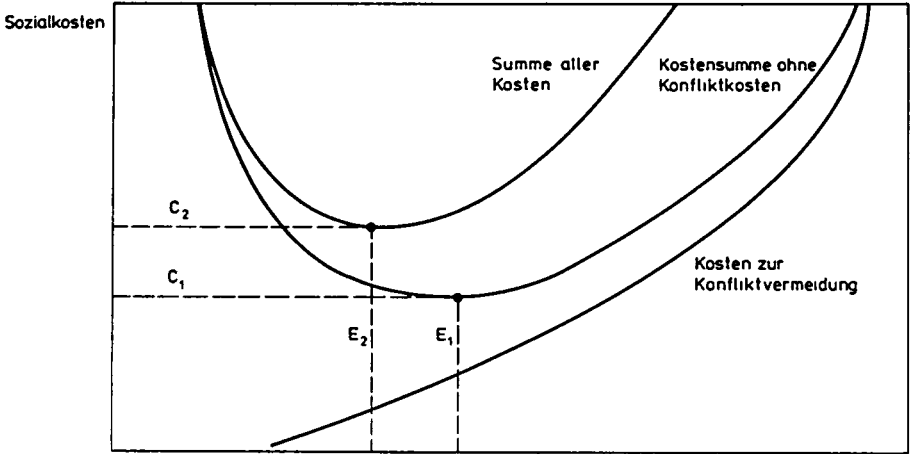
wird, bei dem die gesellschaftliche Wohlfahrtsfunktion (aggregierte Nutzenfunktion für die Gesellschaft) die Nutzenmöglichkeitskurve berührt. Die marginale Wohlfahrts-
theorie stellt zwar eine, vom theoretischen Standpunkt gesehen, elegante und denk-
bar optimale Lösung dar, sie ist jedoch für die praktische Wirtschaftspolitik unprakti-
kabel, und zwar:

- weil kardinale Nutzenfunktionen, selbst bei Individuen, kaum feststellbar sind,
- weil ordinale Nutzenfunktionen bei Aggregation logische Widersprüche enthalten können,
- weil eine Aggregation von individuellen Nutzenfunktionen keine adäquate Wieder-
gabe kollektiver Präferenzen darstellt,
- weil öffentliche Güter damit kaum erfaßt werden können (Probleme des „Free
Riders“),
- weil bei diesem Modell bei mehr als 2 Gütern Inkonsistenzen und Paradoxien
auftreten können,
- und weil Güter nicht beliebig teilbar und substituierbar sind.

In der Regel werden Wohlfahrts-Effekte mit Hilfe des Anteils am Bruttosozialprodukt
oder mit Hilfe von Sozialindikatoren gemessen. So konnten etwa Projekte danach
beurteilt werden, wie weit sie das Pro-Kopf-Einkommen erhöhen bzw. andere Größen
des Bruttosozialprodukts positiv beeinflussen. Unberücksichtigt bleiben bei diesem
Evaluierungsverfahren jedoch die Auswirkungen von Projekten auf nichtmonetäre
externe Größen (wie z. B. Umwelt, soziale Sicherheit) sowie die Frage nach der
kostenminimalen Effizienz von Maßnahmen.

Außerdem ist diese Methode sehr strategieanfällig, weil man aus der Zusammen-
setzung der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung verschiedene Evaluierungskriterien
(Einkommenssteigerungen, Sozialprodukt pro Arbeitsstunde, Nettoproduktions-
werte usw.) auswählen kann. In der Regel treten auch langfristige Folgen auf, bei
denen Schätzwerte für die realen Kosten und Gewinne für die kommenden Jahre
abgegeben werden müssen (Problem der Kapitalverzinsung und der Diskontierung).
Im Endeffekt ist die Messung von ökonomischen Projekten anhand der Kenngrößen
der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung identisch mit den monetären Methoden
der Kosten-Nutzen-Analyse.

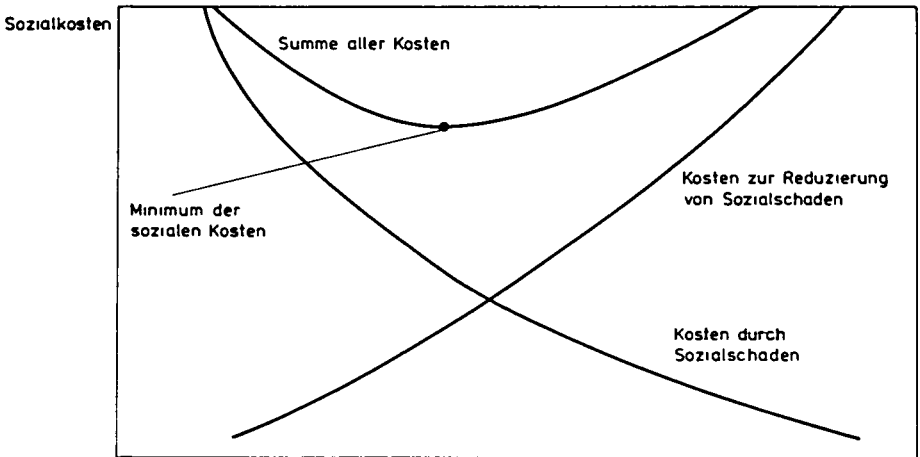
2. Marginale Kostenanalyse: Der Ausgangspunkt der Kosten-Effizienzanalyse ist
nicht die Frage nach der Bewertung einer Technologie, sondern nach der sicherheits-
technischen Optimierung. Wann ist der Punkt erreicht, an dem die Kosten für die
Minimierung von externen Effekten (Risiko, Umweltbelastung) sich nicht mehr loh-
nen? Geht man von einer Quantifizierbarkeit der Kostendimensionen aus, so ist
ökonomisch gesehen die Ausgabe von Finanzmitteln für Sicherheitsmaßnahmen
solange lohnenswert, bis die letzte eingesetzte Mark genau einer Mark an gewonne-
ner Sicherheit entspricht [31]. Bild 10a zeigt diesen Optimierungsprozeß in grafisch
anschaulicher Form. Über die beiden Kostentypen, Schadenserwartungen versus
Sicherheitskosten hinaus hat Starr vorgeschlagen, auch die Konfliktlösungskosten
mit in die Rechnung aufzunehmen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, daß
die subjektive Nutzenzuweisung für 1 DM des erlittenen Schadens und für 1 DM des
Sicherheitszugewinns unterschiedlich sein kann. Nach Starr verhalten sich diese
nichtmonetären Nutzenerwägungen proportional zu den auftretenden Konfliktaus-
tragungskosten, d. h., je mehr Personen den Sicherheitsgewinn höher schätzen als die



Externe Effekte (Risiko, Umweltbelastung usw)

Bild 10a Kosteneffizienz nach Starr für typische Technologien unter Einbeziehung der Sozialkosten

(aus: Risk-Benefit-Analysis and Its Relation to the Energy-Environment Debate. In: Directions in Energy Policy: A Comprehensive Approach to Energy Resource Decision Making, hrg. von B. Kursunoglu und A. Permuter. Cambridge (Mass.) 1979.



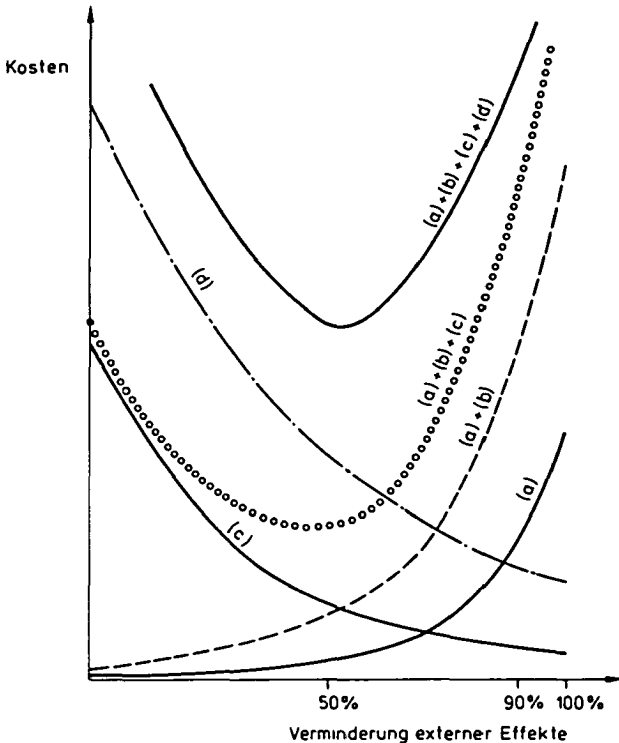
Externe Effekte (Risiko, Umweltbelastung usw)

Bild 10b Kosteneffizienz nach Starr unter Einbeziehung der Kosten zur Konfliktvermeidung

(aus: Risk-Benefit-Analysis and Its Relation to the Energy-Environment Debate. In: Directions in Energy Policy: A Comprehensive Approach to Energy Resource Decision Making, hrg. von B. Kursunoglu und A. Permuter. Cambridge (Mass.) 1979.

dazu aufzubringenden Mittel, desto mehr Konflikte werden auftreten, wenn der Entscheidungsträger seine Sicherheitsmaßnahmen an dem Marginalpunkt ausrichtet. Auch die Einbeziehung gesellschaftlicher Reaktionen ist in die Grafik übertragbar. Bild 10b gibt diesen Optimierungsprozeß wieder, wobei das neue Gleichgewicht immer eine höhere Risikominimierung beinhaltet als der Optimalpunkt der reinen Kosten-Effizienz-Methode.

Ein abgewandeltes Verfahren der marginalen Kostenanalyse stammt von Steiger [32]. Er unterscheidet bei den externen Effekten der Kostenverläufe für die Behebung und Vermeidung von Risiken sowie für nicht mehr behebbare Schäden. Außerdem versucht er noch eine synthetische Quantifizierung nichtmaterieller Kosten (etwa Ästhetik) mit in die Analyse einzubringen. Bei einer Addition dieser Kostenfunktionen läßt sich ein Minimalpunkt angeben, bei dem die geringsten Gesamtkosten anfallen. Der zugehörige Wert auf der Abszisse gibt den Prozentsatz an, wieviel Prozent der denkbaren risikominimierenden Maßnahmen kostenmäßig sinnvoll sind (Bild 11).



Die Sozialen Gesamtkosten der Sozialen Kosten ergeben sich aus der Addition der zu den einzelnen Sozialkostenkomponenten gehörenden Kurven. Dabei stellt (a) den Verlauf der Vermeidungs- und (b) den Verlauf der Behebungskosten sowohl von materiellen als auch immateriellen Schäden dar. (c) zeigt die Kosten der eingetretenen, nicht behobenen materiellen Schäden. Diese nehmen mit zunehmenden Maßnahmen zur Schadensvermeidung bzw. -beseitigung ab. Die Addition dieser drei Kurven (a) + (b) + (c) bringt die gesamten materiellen Sozialkosten zum Ausdruck. (d) zeigt den Kostenverlauf für die eingetretenen und nicht behobenen immateriellen Schäden. Für diese ist es typisch, daß sie noch bei einem sehr hohen Vermeidungs- bzw. Beseitigungsgrad eine beachtliche Höhe aufweisen. Ein Beseitigungsgrad von 100% ist bei dieser Sozialkostenkomponente des weiteren deswegen nicht erreichbar, weil derjenige Teil der immateriellen Schäden, der im Verlust von unersetzbaren Werten besteht, mit keinen Maßnahmen behoben werden kann.

Bild 11 Kosteneffizienz nach Steiger
Kostenverläufe der einzelnen Sozialkostenkomponenten sowie der Sozialen Gesamtkosten
 aus: Sozialprodukt oder Wohlfahrt, Diss., St. Gallen 1978

Die Kosten-Effizienz-Verfahren kranken alle an der Schwierigkeit der Umsetzung verschiedener Skalendimensionen in Kosteneinheiten. Allein die Frage, wie ein verlorenes Menschenleben in Kostengrößen zu übertragen ist, hat zu tausend verschiedenen Lösungsversuchen geführt, die alle nicht befriedigen können. Zudem sieht sich der Ökonom – übrigens zu Unrecht – immer wieder dem Vorwurf ausgesetzt, er wolle Menschenleben mit Geldeinheiten aufwiegen. Eine originelle Lösungsmöglichkeit, um eine Vergleichbarkeit herzustellen, stammt von Black u. a. [33]. Die Autoren rechnen die Schadensverluste nicht in monetäre Einheiten um, sondern arbeiten mit aktuellen Verlusteinheiten. Sie vergleichen die zu erwartenden Schadensfälle durch eine Risikoquelle mit den Schäden, die bei dem Einbau von risikominimierenden Maßnahmen zu erwarten wären. Wenn etwa bei einer Großtechnologie die Verwirklichung risikominimierender Maßnahmen mehr Arbeitsunfälle erwarten ließe, als an aktiver Sicherheit für die Bevölkerung dabei herauspringen würde, dann ist der Grenzpunkt einer rationellen Sicherheitsverbesserung bereits überschritten. Auch dieses Verfahren läßt sich grafisch anschaulich darlegen (Bild 12).

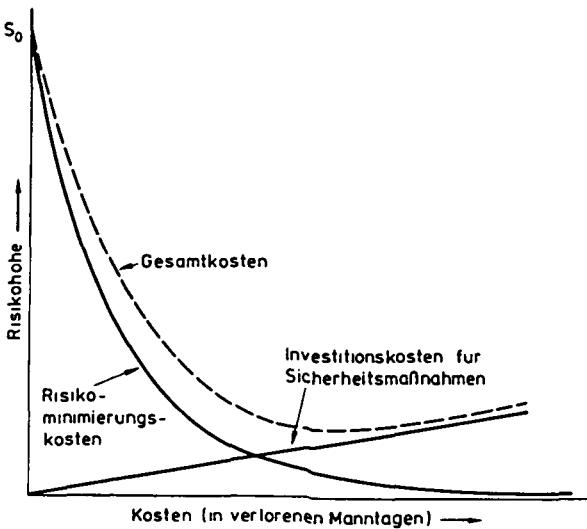


Bild 12 Das marginale Kostenmodell von Black, Niehaus und Simpson
(How safe ist „too“ safe. WP-79-68. IASA Laxenburg 1979)

Kosten-Effizienz-Analysen sind im Grundsatz geeignete Instrumente, um Schwellenwerte des Kosteneinsatzes für Sicherheits- und Umweltmaßnahmen festzulegen. Sie geben jedoch keine Anhaltspunkte dafür, ob eine Technologie als solche akzeptabel ist oder wie man aus einer Reihe von alternativen Technologien die beste auswählen kann.

3. Sozialindikatorlösung: Bei den Sozialindikatoren werden bestimmte Gütekriterien aufgestellt, die als mehrdimensionale Meßplatte für die Bewertung von Projekten dienen. Die Sozialindikatoren sind in erster Linie entwickelt worden, um Vergleiche der Wohlfahrt zwischen verschiedenen Ländern zu ermöglichen (OECD). Ihr Anwen-

dungsspektrum ist jedoch breiter: Sie ermöglichen es unter anderem, bestimmte Projekte innerhalb einer Volkswirtschaft mit Hilfe eines operationalisierten Satzes von Gütekriterien auf ihren Nutzen hin zu untersuchen [34].

Gegen das Sozialindikator-konzept läßt sich folgendes einwenden:

- die Auswahl der Indikatoren läßt sich nur schwer intersubjektiv rechtfertigen (strategieanfällig),
- die Operationalisierung von Indikatoren ist oft willkürlich und nicht eindeutig,
- Vergleichsmaßstäbe zwischen mehreren Dimensionen eines Projektes sind nicht objektiv ableitbar,
- die Verknüpfung der Indikatoren zu einem Index führt zu erheblichen Gewichtsproblemen.

Politisch orientierte Auswahlverfahren (Wahltheorien)

1. *Abstimmungsverfahren*: Abstimmungsverfahren sind prozeßbezogene Evaluierungsprogramme, bei denen weniger die Frage der ökonomischen Rationalität als die Frage nach der Legitimation von Entscheidungen im Vordergrund steht. Dahinter steht die Vorstellung, daß die Kosten-Nutzen-Balance am besten dadurch wiederzugeben sei, daß möglichst viele Betroffene einen subjektiven Nutzen-Gewinn wahrnehmen. Verschiedene Verfahren stehen dabei zur Auswahl: Die Einstimmigkeitsregel (Wickel), Mehrheitswahl, Pluralitätswahl, Punktwahl. Alle diese Verfahren haben ihre spezifischen Probleme [35]. Sie sind häufig strategieanfällig und führen zu paradoxen Resultaten (Condorcet). Das größte Problem besteht aber darin, daß für die Personen, die abstimmen, die Transparenz des Nutzen-Gewinns bei der Abstimmung keine Rolle spielt (allenfalls bei der Punktwahl). Dies bedeutet z. B., daß Projekte, bei denen eine große Mehrheit nur geringfügige Nutzen-Gewinne erzielen würde, aber eine geringe Minderheit erhebliche Verluste hätte, akzeptiert würde, während andere Projekte mit erheblichen Nutzengewinnen einer kleinen Minderheit, aber unerheblichen Verlusten für die Mehrheit, kaum durchsetzungsfähig wären (Probleme der relativen Distribution).

2. *Partizipationsverfahren*: Bei diesem Verfahren werden nicht nur institutionell berufene Gremien, sondern auch ad hoc-Gruppen aus der Öffentlichkeit an den Entscheidungen über anstehende Projekte beteiligt. Dazu können Bürgerforen, Planungszellen, Bürgerräte, Bürgerinitiativen u. a. herangezogen werden. Gegenüber den einfachen Wahlverfahren bieten die Partizipationsmodelle den Vorteil, daß die Mitwirkungsgruppen sich vorab weitgehend informieren und in Diskussionen und Anhörungen ein abgewogenes Urteil treffen können. Allerdings führt dieses Verfahren zu einem Doppelkonflikt: Einerseits muß sich das Partizipationsgremium vor dem institutionellen Entscheidungsträger und gleichzeitig vor der nichtpartizipativen Öffentlichkeit legitimieren. So sinnvoll und empfehlenswert Partizipation der Öffentlichkeit an Entscheidungen auch sein mögen, so wenig darf übersehen werden, daß partizipative Gremien keine „Black Box“ darstellen, sondern intern wiederum nach irgendwelchen Kriterien ihre Beurteilung vornehmen müssen. An einem Verfahren zur Messung von Projekten kommt auch die Methode der Partizipation nicht vorbei. Erst nach Vorlage einer transparenten Kosten-Nutzen-Struktur sind partizipative Formen der Entscheidung anwendbar.

3. Muddling Through: Bei diesem Verfahren wird nicht von besonderen Schwellenwerten ausgegangen, sondern der Prozeß der Durchsetzbarkeit von Innovationen als ein Maßstab zur Auswahl von neuen Projekten gewertet. Technologien werden von den Gruppen in einer Gesellschaft nach der Maxime der eigenen Interessendurchsetzung bewertet, und es bildet sich im Zusammenspiel der Kräfte ein Kompromiß aus, der für alle Beteiligten ein Höchstmaß an Nutzen bietet [36]. Dieses Modell geht auf die ökonomische Theorie der Politik zurück, die die politische Willensbildung in Analogie zum Marktprozeß ansieht. Jede Gruppe maximiert ihren Nutzen und minimiert das Risiko. Beim Zusammenprall dieser Interessen in der politischen Auseinandersetzung wird eine Kompromißlösung gefunden, die für jede Gruppe noch gerade akzeptabel ist.

Gegen dieses Modell läßt sich folgendes einwenden:

- Der Einfluß organisierter gesellschaftlicher Gruppen ist nicht proportional zu ihrer Mitgliederzahl, noch hängt sie von dem Grad der Übereinstimmung mit der gesellschaftlichen Wohlfahrt ab. Im Gegenteil: Je exklusiver der Nutzen auf eine Gruppe beschränkt bleiben kann, desto größer ist die Chance, daß sie eine schlagkräftige Interessenvertretung ausbildet (Olson-Kriterium).
- Das Modell der wohlfahrtsoptimalen Interessenrepräsentanz läßt außer acht, daß sich die öffentliche Meinung selektiv bestimmte Bereiche ihres Interesses aussucht und andere vernachlässigt. Dies ergibt sich zwangsläufig aus der notwendigen Reduktion der Informationsflut über Aspekte unserer Umwelt. Dadurch ist nicht ausgeschlossen, daß wenig publikumswirksame Technologien mit sehr hohen negativen Schadenswirkungen übersehen werden, weil gerade eine andere Risikoquelle die öffentliche Diskussion beherrscht.
- Viele Projekte und Technologien sind so komplex, daß das Ausmaß von Nutzen und Risiko für die einzelnen gesellschaftlichen Gruppen nicht überschaubar ist. Dadurch ergibt sich eine verzerrte Risikowahrnehmung, die nicht auf der Unfähigkeit der Menschen beruht, Risiken zu bewerten, sondern deren Ursache darin liegt, daß man zur Bewertung Grundinformationen braucht, die erstmals gesammelt übermittelt und verarbeitet werden müssen.

Eine Variante des Muddling Through ist das von E. Etzioni vorgeschlagene Mixed Scanning [37]. Danach sollen neue Projekte zunächst einmal von den entsprechenden Institutionen bewertet und beurteilt werden und erst nach diesem internen Konsolidierungsprozeß soll die Öffentlichkeit in die Diskussion einbezogen werden. Dieser Vorschlag entspricht in etwa den heutigen Genehmigungsverfahren bei groß-technischen Anlagen. Von der ökonomischen Theorie her liegt diesem Vorschlag der Gedanke zugrunde, daß zunächst durch Marktprozeß oder Wohlfahrtsstrategien eine Reihe von pareto-optimalen Lösungen als Alternativen vorgeschlagen werden, wobei die konkrete Auswahl aus der Menge der Optimalpunkte dem politischen Kräftespiel überlassen wird.

Systematische Abwägungsverfahren

1. Kosten-Nutzenanalyse: Die Kosten-Nutzenanalyse ist das geläufigste Verfahren, um bei Projekten mit externen Effekten Kosten und Nutzen miteinander zu vergleichen. Bei aller Kritik an der Umrechnung von verschiedenen Kosten-Nutzen-Dimen-

sionen in monetäre Einheiten darf nicht übersehen werden, daß nur ein mehrdimensionales Aggregationsverfahren einen sinnvollen Vergleich von Vor- und Nachteilen eines Projektes ermöglicht. Streng genommen beruht die Kosten- und Nutzenanalyse auch nicht auf der Annahme, daß die Kosten eines Projektes (insbesondere die indirekten Auswirkungen wie Gesundheitsschäden oder Umweltbelastung) durch die Vorteile des Projektes überdeckt werden können, sondern auf der Voraussetzung, daß entweder ein neues Projekt einige Menschen besser stellt, ohne andere zu benachteiligen (Pareto-Optimalität) oder aber – was realistischer ist – neue Objekte nur dann einzuführen sind, wenn die Geschädigten durch die Nutznießer so kompensiert werden können, daß für die Nutznießer immer noch ein Nettoüberschuß vorliegt (Kaldor-Hicks-Kriterium). Die Intention der Kostenanalyse besteht also nicht darin, Gesundheitsschäden oder sogar Tote in Geld aufzurechnen, sondern alle Geschädigten gemäß ihren subjektiven Nutzenverlusten so zu entschädigen, als ob der Schaden erst gar nicht eingetreten sei [38]. So ökonomisch elegant das Verfahren der Kosten-Nutzenanalyse auch ist, so offenkundig sind die Probleme bei der praktischen Anwendung.

Dabei sind besonders folgende Probleme zu nennen:

- Eine Reihe von Schadenswirkungen (wie z. B. Tod) sind unter keinen Umständen kompensabel;
- eine Reihe von Nutzen- und Schadensdimensionen sind nicht miteinander kompensierbar;
- eine Reihe von Dimensionen von Nutzen und Schaden sind nicht quantifizierbar;
- das Problem der relativen Einkommensverteilung bleibt weitgehend ausgeschlossen;
- ein Vergleichsmaßstab zwischen verschiedenen Dimensionen kann nicht objektiv abgeleitet werden;
- die Verteilungseffekte von Nutzen und Schaden bleiben unberücksichtigt;
- die einzelnen Schadens- oder Nutzendimensionen sind nicht unabhängig voneinander, sondern stehen meist in einem substitutiven Verhältnis zueinander.

Gerade der letzte Punkt ist besonders wichtig. In der Praxis hat man bei Kosten-Nutzenanalysen die Dimensionen ausgeschlossen, bei denen eine Quantifizierung oder ein gemeinsamer Vergleichsmaßstab mit anderen Dimensionen kaum möglich sind. Diese Reduktion wird als sinnvoll erachtet, um die exakt bestimmbaren Daten nicht durch Werturteile über qualitative Merkmale zu verwässern. Man geht davon aus, daß der Entscheidungsträger die monetäre Kosten-Nutzenanalyse nur als einen Teil seiner Entscheidungsgrundlage ansieht und die übrigen Bewertungsdimensionen qualitativ mit einbezieht. Aufgrund des substitutiven Effektes dieser Dimensionen ist auch dieses an sich vernünftige Verfahren problematisch, denn es ist ohne weiteres möglich, die Kosten für ein Projekt herunterzuschrauben, indem man die nicht einbezogenen Dimensionen von Schadenswirkungen beliebig erhöht.

2. Nutzen-Risikoanalyse (*Risk Benefit Balancing*): Dies ist eine neue Form der Kosten-Nutzenanalyse, wobei statt der Kosten die Risiken betrachtet und im Verhältnis zum Nutzen beurteilt werden. Auch hier treten die gleichen Probleme auf wie bei der Kosten-Nutzenanalyse. Es gibt keine Regel dafür, wie man Nutzen in Geldeinheiten umsetzen kann und mit welcher Vergleichseinheit das Risiko in Relation zum Nutzen gebracht wird. Alle diese Vergleiche setzen irgendeine Form eines universellen Maß-

stabes zur Bewertung von Nutzen und Risiko voraus, der nicht aus der wissenschaftlich-objektiven Datenlage gewonnen werden kann. Ein Beispiel ist die Bewertung des menschlichen Lebens. Dabei sind nicht nur die Verfahren zur Gewinnung eines solchen Marktwertes des Menschenlebens problematisch, sondern auch die Vorgabe eines konstanten Wertes für verschiedene Situationen und Risiken (z. B. freiwillige versus unfreiwillige Risikoübernahme).

3. Multiattributive Entscheidungsverfahren: Multiattributive Entscheidungsverfahren stellen den Versuch dar, die einzelnen Nutzen- und Risikodimensionen zunächst quantitativ als probabilistische Funktionen von Schadensmöglichkeiten darzustellen und anschließend anhand der Wertvorstellung der Entscheidungsträger Präferenzfunktionen für die verschiedenen Varianten aufzustellen. Die Kombination von quantifizierten Folgen und Wertpräferenzen erfolgt durch eine Zuweisung von Nutzenwerten zu jeder Dimension und von Gewichtungsfaktoren für Risikobereitschaft (etwa risikofreudig, risikoängstlich usw.). Als ideal wird ein Entscheidungsprozeß angesehen, bei dem die Entscheidungsträger die wertenden Informationen eingeben, während die Entscheidungstheoretiker diese Werte adäquat und logisch in die Variantenauswahl übersetzen [39]. Dieser Prozeß wird als ein ständiger Dialog begriffen.

Gegen diese Entscheidungsverfahren läßt sich folgendes einwenden:

- die Trennung in Wert- und Sachaussagen (Abschätzung und ihre Gewichtung) ist häufig schwierig zu ziehen.
- Präferenzfunktionen setzen bestimmte mathematisch vorgegebene Eigenschaften der Präferenzstruktur von Entscheidungsträgern voraus (etwa Transitivität). Dies dürfte in vielen Fällen unrealistisch sein.
- Die Aggregation von mehrdimensionalen Folgen zu einem Index wird auch bei Einbeziehung von Präferenz- und Nutzenfunktionen immer von mathematisch-formalen Modellen mitbestimmt (etwa Frage der additiven, multiplikativen und logarithmischen Verknüpfung).
- Multiattributive Entscheidungsmodelle setzen einen widerspruchsfreien einzelnen Entscheidungsträger voraus. Bei Wertkonflikten unter den Entscheidungsträgern ist eine Präferenzfunktion kaum aufzustellen.
- Das Ausrichten der Präferenzfunktion nach einem Entscheidungsträger wird häufig als undemokratisch und autoritär angesehen; allerdings ist nicht ausgeschlossen, daß Präferenzen erst nach einem demokratischen oder partizipativen Dialog festgehalten werden (quasi als Kompromiß).

Trotz der bestehenden Kritikpunkte haben multiattributive Entscheidungsverfahren den Vorteil, daß die Folgenabschätzung als eine kontinuierliche Begleitung des Entscheidungsprozesses angesehen wird und daß die außerwissenschaftliche Eingabe der Präferenzen und der Risikobereitschaft von den legitimierten Entscheidungsträgern stammt.

4. Planungsmodelle: Neben den bisher beschriebenen Einzelverfahren sind in der Literatur eine Reihe von multiplen, prozessualen Entscheidungsmodellen vorgeschlagen worden, die meist unter dem Oberbegriff Planungsverfahren subsumiert werden. Besonders bekannt geworden ist in den 60iger Jahren das PPBS-Verfahren (Planning-, Programming-, Budgeting-System). Das Verfahren läuft nach folgenden Funktionsschritten ab [40]:

- Planung (Zielbestimmung des Projektes, Operationalisierung von Teilschritten);

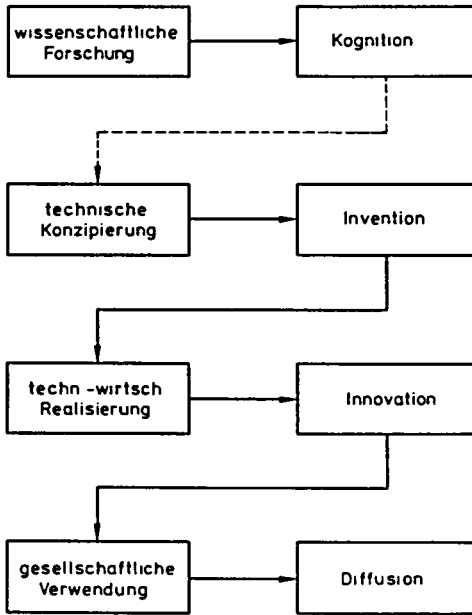
- Programmentwicklung (Ausarbeitung von realisierbaren Alternativ-Programmen);
- Budget-Ausarbeitung (Kostenschätzung, Finanzierung usw.);
- Erfolgskontrolle (Vergleich der Ist-Werte mit Soll-Werten).

Das PPBS-Verfahren hat sich grundsätzlich als eine systematische Methode der Zielverwirklichung bewährt, ihre numerische Anwendung stieß jedoch bald auf große Schwierigkeiten. So tauchen bei der Programmbewertung die gleichen Probleme wie bei der Kosten-Nutzen-Analyse auf. Sie verstärken sich noch dadurch, daß politische Programme keinen Marktwert besitzen und somit die Umrechnung in Geldeinheiten noch willkürlicher vorgenommen werden mußte. Ebenso bleibt die Frage nach der Aggregation von Dimensionen und die Gewichtung von Schadensfolgen oder Nutzenaspekten unbeantwortet. In der Praxis hat dieses Defizit zu einer Machtkonzentration auf Seiten der Planungsbehörden geführt, die unter dem Mantel der ökonomischen Rationalität eigene Werturteile in die Analysen eingebracht haben. Ähnliche Kritikpunkte gelten auch für die meisten übrigen Planungsverfahren, die mehr oder weniger eine Kombination bereits beschriebener Einzelverfahren darstellen. Als Ausnahmen seien noch die Relevanzbaumanalyse und die Nutzwertmethode genannt, die in Anlehnung an multiattributive Modelle wenigstens die Präferenzen der Entscheidungsträger mit berücksichtigen. Anders als jene sind sie jedoch nicht als dialogfähige Systeme definiert.

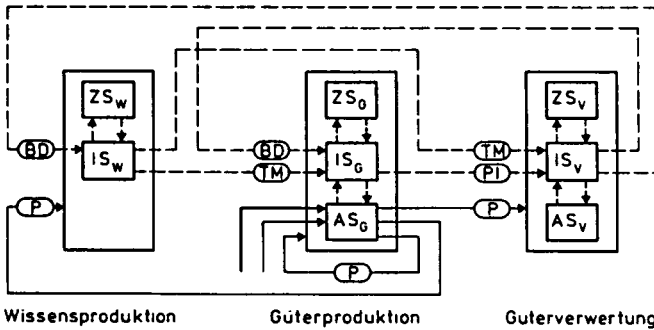
Systemtheoretische Ansätze

1. *Die Szenario-Technik*: Systemtheoretische Ansätze sind als ein Gegenpol zu dem mehr statischen Methoden der Kosten-Nutzen-Analyse und andere verwandten Verfahren gedacht. Die Absicht besteht darin, die Innovationen im Rahmen der sie umgebenden sozialen und wirtschaftlichen Systemzusammenhänge zu analysieren und die Rückkoppelung der Neuerung auf die Elemente begrenzender Systeme zu untersuchen. Wesentliches Kennzeichen systemanalytischer Arbeiten ist die zeitliche Verfolgung von Projekten über einen längeren Zeitraum im Rahmen eines Modelles von Systemzusammenhängen, so daß bei prognostizierten Veränderungen in einem System die damit verbundenen Konsequenzen für die übrigen betroffenen Bereiche mit erfaßt sind. Ein sehr einfaches Beispiel einer systemanalytischen Überlegung ist in Bild 13 wiedergegeben. Der Autor G. Ropohl verfolgt hier die Diffusion einer Technologie von der Entdeckung bis zur Durchsetzung im Rahmen eines 2-Felder-Systems: der wirtschaftlich/technischen Durchsetzbarkeit und der gesellschaftlichen Perzeption [41].

Offenkundig ist die Realität viel zu komplex, um alle Abhängigkeiten von Systemen in ein theoretisches Modell einzufassen. Außerdem bleiben immer Ereignisse außerhalb des Modellrahmens, deren Entwicklungen nicht durch andere Systemvorgaben determinierbar sind. Aus diesem Grund muß eine Auswahl getroffen werden, wobei die wichtigsten Parameter sowie ihr Einflußrahmen vorab festgelegt werden müssen. Eine der wichtigsten Methoden im Rahmen der Systemanalyse ist die Szenariotechnik. Ein Szenario beschreibt ein Modell, in dem unter festgelegten Bedingungen und eine Änderung der „Wenn – dann – Beziehungen“ Variablen durchgespielt wird. Solche freien Variablen sind etwa relative Preise, politische Maßnahmen oder auch die Einführung neuer Technologien. Dabei wird im einzelnen untersucht, welche



Phasen der technischen Ontogenese



Soziotechnische Systeme und ihr Einfluß auf den technischen Fortschritt (B D = Bedürfnisse, T M = Technische Möglichkeiten; P I = Produktinformation, P = Produkte, Z S = Zielsetzungssystem, I S = Informationssystem, A S = Ausführungssystem)

Bild 13 Einfaches Schaubild eines systemtheoretischen Modells der Technologiebewertung
 aus G. Ropohl: Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlage der Allgemeinen Technologie. Wien 1979

Auswirkungen die Neuerung für andere Systeme innerhalb von Gesellschaft und Volkswirtschaft voraussichtlich hervorbringt. Das Ergebnis solcher Analysen ist eine Informationssammlung von wahrscheinlichen Reaktionen der Systeme im zeitlichen Ablauf, beispielsweise über die nichtvorhersehbaren Seiteneffekte einer neuen Technologie. Um solche Systemzusammenhänge aufzudecken, wird überwiegend mit den sogenannten Input-Output-Tabellen gearbeitet, in denen die veränderlichen Variablen als Input eingegeben und die daraus gewonnenen Output-Daten als neuer Input für die abhängigen Systeme eingespeist werden. Falls die Verarbeitung der Input-Variable für jedes System richtig wiedergegeben werden, erhält man dadurch zuverlässige Prognosen über die Auswirkungen von Veränderungen im einen System auf nicht direkte tangierte Nachbarsysteme. Beispielsweise läßt sich ein Szenario durchspielen, bei dem eine neue Technologie einen neuen Service im Investitionsbereich zum halben Preis anbietet. Infolgedessen werden Produkte, zu deren Herstellung dieser Service benötigt wird, je nach Input-Verarbeitungsmodell (etwa Wettbewerbssituation) sich im Verkaufspreis anpassen. Dies hat wiederum einen Einfluß auf die Preise und Menge der möglichen Substitutionsgüter. Schließlich kann man, wenn die entsprechende Innovation weitreichende Folgen hat, mögliche Beschäftigungseffekte und andere volkswirtschaftlich relevante Aspekte in die Wirkungskette mit einschließen.

So elegant und wirkungsvoll Szenarien zur Technologieabschätzung sein mögen, auch sie sind mit vielen Problemen behaftet und extrem strategieanfällig, denn

- die Interdependenz der behandelten Systeme ist nur schwer aus der Empirie erschließbar und muß häufig durch grobe Schätzwerte ersetzt werden,
- die Freiheit der Annahmewahl birgt die Gefahr in sich, Modelle so zu bauen, daß erwünschte Ergebnisse angeblich wissenschaftlich bestätigt werden,
- subjektive Größen wie Konsumentenverhalten oder politische Reaktionen können im Rahmen solcher Modelle kaum adäquat berücksichtigt werden,
- Wirkungszusammenhänge und Beziehungen in Systemen, die einem schnellen Wandel unterliegen, sind kaum erfaßbar,
- die Auswahl der betrachteten Systeme und der relevanten Parameter läßt sich nur schwer mit objektiven Kriterien, sondern meist nur nach subjektiven Präferenzen durchführen, wobei die Möglichkeit von bewußten oder unbewußten Manipulationen groß ist.

Insgesamt gesehen erscheint also die Szenario-Technik als ein sinnvolles Instrument, Auswirkungen von neuen Technologien auf wirtschaftliche und soziale Bereiche zu untersuchen, allerdings mit der Einschränkung, daß die verwandten Modelle häufig sehr weit die realen Verhältnisse abstrahieren und sich somit zur politischen Rationalisierung von vorgefaßten Meinungen eignen.

2. Interdependenz-Analyse: Die Interdependenz-Analyse kann man als Ausschnitt aus der Szenario-Technik betrachten. Im Vordergrund dieser Methode steht die Frage, wie Veränderungen in einem System auf Elemente eines anderen Systems einwirken. Das Verfahren wird gerne auf die Analyse der Auswirkungen einer Technologie auf die natürliche Umwelt bezogen. Ein Beispiel dafür ist das „Strategic Environmental Assessment System“, das in den USA für die gesetzlich vorgeschriebenen Folgenanalysen für Umwelt und Natur verwandt wird. Bild 14 zeigt dieses Verfahren im Überblick. Im Gegensatz zur Kosten-Nutzen-Analyse oder zu Risikoabschätzungen werden die einzelnen Dimensionen nicht aggregiert, sondern als Einzelsysteme getrennt

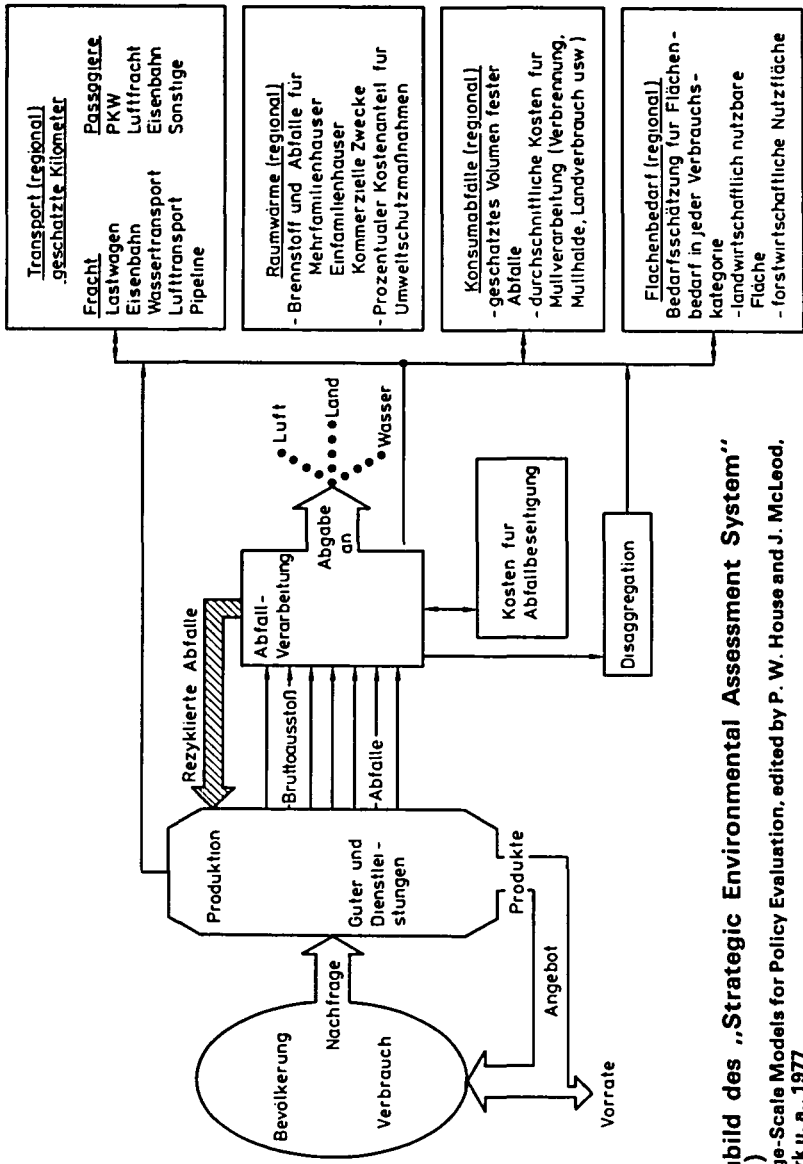


Bild 14 Schaubild des „Strategic Environmental Assessment System“ (SEAS)
 aus: Large-Scale Models for Policy Evaluation, edited by P. W. House and J. McLeod, New York u. a., 1977

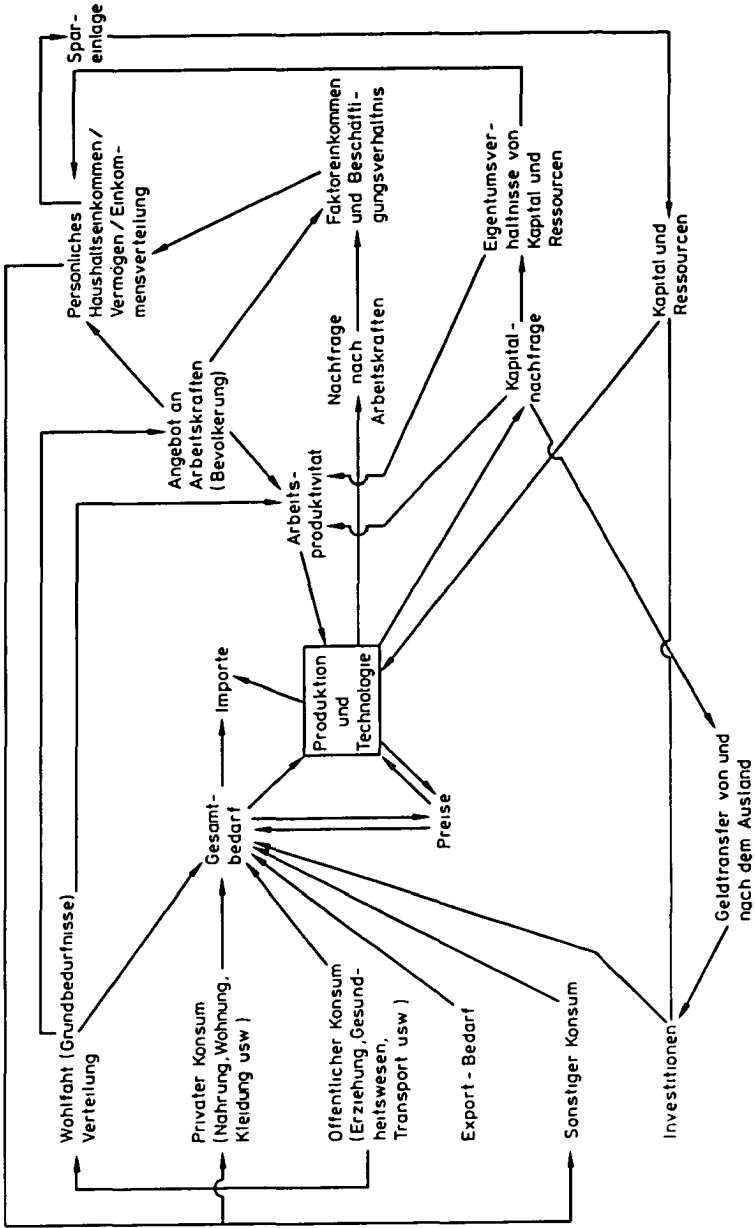


Bild 15 Grundelemente des „Basic Need“ Konzeptes
aus: Models, Planning and Basic Needs, hrg. von S. Cole und H. Lucas, Oxford 1979

behandelt. Alle Einwirkungen, die mit der Einführung der Technologie verbunden sind, werden als Input-Größen mit in das Modell eingepreist, um Rückkopplungen der Produktion auf die Nachfrage und andere relevante Größen berücksichtigen zu können. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, daß die Dynamik des Konse- quenzablaufes, d. h. das Spiel von Aktion und Reaktion, adäquat erfaßt wird [42]. Die Interdependenz-Analyse ist direkter als die Szenario-Technik am Objekt angesiedelt und setzt damit keinen – die gesamte Volkswirtschaft einbindenden – Datenkranz voraus. Allerdings ist damit auch die Geltungskraft solcher Analysen begrenzt und alle nicht berücksichtigten Systeme werden als Konstante behandelt. Ansonsten gelten die gleichen Kritikpunkte wie bei der Szenariotechnik.

3. Basic need Concept: In jüngster Zeit wurden von Cole u. a. ein neues Konzept vorgestellt, das die Bedürfnisse des Menschen zum Zentralwort der Überlegungen macht. Nimmt man das Bedürfnis zum Ausgangspunkt, so entfällt die Notwendigkeit, den Nutzen zu quantifizieren [43]. Die Analyse nach diesem Modell gliedert sich in zwei verschiedene Verfahrensschritte:

- in einem Vergleich nutzenäquivalenter Bedarfsdeckungs-Varianten im Hinblick auf mögliche externe Effekte (Risiken, ökonomische Vorteile, soziale Folgen) und ihren Verteilungswirkungen,
- in einem Vergleich der besten Alternative mit den Opportunitätskosten, wenn das Bedürfnis ungestillt oder nur zum Teil gestillt bliebe.

Das basic need-Konzept geht also nicht von einer Technologie aus und versucht, die Folgen dieser Neuerung systematisch zu erfassen. Vielmehr setzt es die Bedürfnislage des Individuums oder des Kollektivs an den Ausgangspunkt der Überlegungen und versucht, alternative Technologien danach zu ermesen, wie gut die Bedürfnisse zu stillen und welche Nebenwirkungen zu erwarten sind. Eine Übersicht über diese Modellvariante zeigt Bild 15. Positiv an dieser Methode ist die Kopplung zwischen Bedürfnisbefriedigung und Technologie, d. h. auch der Zweck der Technikeinführung geht mit in die Analyse ein. Problematisch sind dagegen die Fragen, wie Bedürfnisse gemessen werden und wie der Grad der Bedarfsdeckung bestimmt wird. Eine ähnliche Stoßrichtung verfolgte auch die von Meyer-Abich u. a. vorgeschlagene Sozial- verträglichkeitsanalyse. Auch hier wird bezogen auf die Energieversorgung nicht mit dem Bedarf an Energieträger, sondern mit Energiedienstleistungen gerechnet. Darunter sind die Bedürfnisse des Menschen nach Wärme, Licht und Kraft zu verstehen. Die Nebenwirkungen der einzelnen Strategien zur Bedürfnisbefriedigung werden anhand ausgewählter Kriterien im systemanalytischen Rahmen erfaßt und miteinander verglichen. Häufig schließt sich dann eine Bewertung der Alternativen an, zum Teil wird aber gerade diese Bewertung den Entscheidungsträgern oder partizipativen Gremien überlassen.

Zusammenfassende Kritik an den Techniken und Methoden der Technologiebewertung

Welche generellen Schlüsse lassen sich aus der Darstellung und Beurteilung der bisherigen Entscheidungsverfahren ableiten und für eine sinnvolle Krieriensamm- lung umsetzen? (Vgl. auch [44])

- Risikotheoretische Ansätze sind ungeeignet, Schwellenwerte der Akzeptanz objektiv festzustellen oder alleinige Kriterien zur Bewertung von Technologien und Projekten aufzustellen.
- Die ökonomischen Verfahren der Marktausscheidung, der Wohlfahrtstheorien und der marginalen Nutzentheorien gehen entweder von einem zu engen Anwendungsrahmen aus (Wirtschaftlichkeit) oder sind nur für bestimmte Zwecke (Risikominimierung) bzw. unter sehr praxisfernen Bedingungen (etwa Erstellung von Wohlfahrtsfunktionen) einsatzfähig.
- Politische Verfahren legen den Schwerpunkt auf den Prozeß der Entscheidungsfindung und die Auswahl der Entscheidungsgremien. Die Art und Weise, wie Entscheidungen vorbereitet und inhaltlich abgewogen werden, wird entweder überhaupt nicht in Betracht gezogen (black box) oder aber als eine Resultante im Zusammenspiel von interessenmaximierenden Individuen und Institutionen begriffen (politökonomischer Ansatz). Als normative Grundlage für eine rationale Folgenabschätzung können diese Verfahren nicht angesehen werden.
- Kosten-Nutzen-Analysen oder andere Bilanzen der Vor- und Nachteile stellen zwar umfassendere Möglichkeiten dar, Nutzen und Risiko miteinander zu vergleichen; sie führen aber zum Problem der universellen Vergleichbarkeit, der Inkommensurabilität der verschiedenen Dimensionen und zur Fragwürdigkeit der Objektivierung von Vergleichsmaßstäben. Auch die funktionelle Abhängigkeit der unterschiedlichen Folgendimensionen führt zu schwerwiegenden methodischen Schwierigkeiten.
- Multiattributive Entscheidungsverfahren lösen zwar das Problem von Wertzuweisungen und Nutzenwahrnehmung unterschiedlicher Folgen, in dem sie dialogfähige Modelle zwischen Entscheidungsträgern und Wissenschaftler entwickelt haben, setzen aber konsistente und einmütige Zielvorgaben voraus und sind je nach Aggregationsmodell strategieanfällig.
- Systemanalytische Verfahren bringen die Interdependenzen zwischen Technologien und den sie berührenden Feldern in Wirtschaft und Gesellschaft zum Ausdruck und können dementsprechend auch dynamische Prozesse der Innovationsreaktionen mitverfolgen. Systemanalytische Arbeiten geben in der Regel nur Folgekataloge an, die Bewertung muß von den Entscheidungsträgern selbst vorgenommen werden. Die Auswahl der einzelnen Systeme unterliegt einer gewissen fiktiven Willkür und die Verknüpfungsregeln für die Elemente eines jeden Systems lassen sich nur schwierig aus der Realität ableiten. Infolgedessen sind systemanalytische Arbeiten meist sehr strategieanfällig.

Welcher generelle Schluß läßt sich aus der Darstellung der Methoden und Verfahren zur Technologiebewertung ableiten? Viele Methoden, wie z. B. die Kosten-Effizienz-Analyse, sind innerhalb ihres engen Geltungsrahmens wichtige und sinnvolle Entscheidungskriterien, sofern die Ergebnisse auch nur auf diesen Anwendungsbereich bezogen werden. Weitreichende Verfahren, wie Kosten-Nutzen-Analyse oder systemanalytische Studien, umfassen zwar eine Vielzahl von Dimensionen, müssen aber wegen der Notwendigkeit von subjektiven Eingaben und Konventionen der Modellbildung mit besonderer Vorsicht interpretiert werden. Als optimal erscheint ein Technologiebewertungsprozeß, bei dem ausgehend von dem basic need-Konzept zunächst einmal Strategien der Bedarfsdeckung entwickelt, die einzelnen Varianten mit Hilfe von Sozialindikatoren auf ihre sozialen und wirtschaftlichen Folgen und Wir-

kungen untersucht, mit Interdependenzmodellen Rückkopplungen und unerwartete Auswirkungen auf Nachbarsysteme aufgespürt und schließlich in einem Partizipationsverfahren die so ermittelten Daten bewertet werden müssen. Jede Variante kann dann im Anschluß noch einmal aufgrund einer Kosteneffizienzanalyse sicherheitstechnisch optimiert werden. Wie genau eine solche kombinierte Technologiebewertung aussehen könnte, ist an anderer Stelle ausführlich beschrieben [45]. Als Fazit der bisherigen Überlegungen muß herausgestellt werden, daß es *das* Verfahren zur Technologiebewertung nicht gibt. Jedes Verfahren besitzt Stärken und Schwächen, die einen universellen Einsatz nicht ratsam erscheinen lassen. Ebenso sollte man sich vor der Illusion hüten, eine völlig neutrale Folgenabschätzung ohne subjektive Vorgaben verwirklichen zu wollen. So wichtig Technologiefolgenabschätzung und Technologiebewertung heute auch sein mögen, so wenig kann die Wissenschaft den an sie gestellten Anspruch auf eine objektive Datenerhebung einlösen.

Literatur Teil II

- [1] Habermas, J.: Technik und Wissenschaft als Ideologie. Frankfurt/Main 1980.
- [2] US CONGRESS, House of Representatives: Inquiries, Legislation, Policy Studies: Science and Technology: Review and Forecast, Second Progress Report of the Subcommittee on Science, Research, and Development to the Committee on Science and Astronautics, 89th Congress, 2nd session, US Government Printin Office, Washington 1966.
- [3] Zum Beispiel: MITRE Corporation: Technology Assessment Methodology, Project Summary; 6 Volumes. Washington, D.C., 1971.
- [4] Joseph F. Coates: Technology Assessment: The Benefits . . . the Costs . . . the Consequences, in: The Futurist, Vol. V, No. 6, Dec. 1971.
- [5] Joseph F. Coates: Technology Assessment, in: McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology, New York, St. Louis, San Francisco 1973.
- [6] H. Paschen, K. Gresser, F. Conrad: Technology Assessment – Technologiefolgenabschätzung, Kap. 4, Frankfurt, New York 1978.
- [7] UNITED NATIONS: Technology Assessment for Development, Report of the United Nations Seminar on Technology Assessment for Development, Bangalore 30. 10.–10. 11. 1978, New York 1979.
Mark A. Boroush, Kan Chen, Alexander N. Christakis (Hrsg.): Technology Assessment: Creative Futures, Perspectives from and beyond the Second International Congress, Kap. 5.3, New York, Oxford 1980.
- [8] OECD: Social Assessment of Technology, A Review of Selected Studies, Paris 1978.
- [9] OECD: Methodological Guidelines for Social Assessment of Technology, Paris 1975.
- [10] Alan L. Porter, Frederick A. Rossini, Stanley R. Carpenter, A. T. Roper: A Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis, Kap. 3, New York, Oxford 1980.
- [11] MITRE Corporation: A Comparative, State-of-the-Art Review of Selected US Technology Assessment Studies, Washington, D.C., 1973.

- [12] Porter et al., a.a.O., Kap. 19.4.
Congress and Technology: Facing up to the Realities of Finiteness, in: Government Executive, Sept. 1980.
- [13] Office of Technology Assessment: Annual Report to the Congress for 1980, Washington, D.C., 1981.
- [14] National Science Foundation: Exploratory Research and Systems Analysis, Program Reports Vol. 1, No. 2, Washington, D.C., April 1977.
- [15] National Science Foundation:
– Status of Technology Assessment, FY 1978–1980
– Risk Analysis Program (Stand: März 1981)
formlose Manuskripte.
- [16] Studiengruppe für Systemforschung: Gutachten zum Problemkreis Technologiefolgenabschätzung (Technology Assessment), erstattet im Auftrag der Verwaltung des Deutschen Bundestages, Heidelberg, 1974.
- [17] Deutscher Bundestag, 9. Wahlperiode: Drucksache 9/701 vom 29. 7. 1981, Antrag betr. Verbesserung der Beratungskapazität des Deutschen Bundestages zur Bewertung technologischer Forschungsprogramme und Vorbereitung der Entscheidung über technologiepolitische Probleme.
- [18] C. O. Bauer: Technik-Folgenabschätzung – Jetzt amtlich? In: Wirtschaft und Wissenschaft, 1980/3–4.
Joseph F. Coates: Technology and Public Wisdom, in: J. Wash. Acad.Sci., Vol. 65, No. 1, 1975.
- [19] H. Paschen et al., a.a.O., Kap. 3.
- [20] Gerhard Biedenkopf: Technikbewertung in der Sicht des VDI, Vortrag im Rahmen des Deutschen Ingénieurtages (Manuskript), Berlin, Juni 1981.
- [21] Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung der Fraunhofer Gesellschaft: Konzeptionsstudie zur inhaltlichen Abgrenzung und zur Organisation eines Schwerpunktprogramms „Technikfolgen-Abschätzung“ der DFG, Karlsruhe, Januar 1978.
- [22] Gerhard Pahl: Technikfolgenabschätzung – Eine Herausforderung für die Wissenschaft, in: Mitteilungen der DFG 3/1980.
- [23] Boroush et al., a.a.O., Kap. 3.2.
- [24] Ibid.
- [25] Zum Beispiel: Porter et al., a.a.O.
OECD 1975, a.a.O.
OECD 1978, a.a.O.
Paschen et al., a.a.O.
K. Kawamura, M. Boroush, K. Chen, A. Christakis, Design for a Technology Assessment of Coal, in: Futures, Aug. 1979.
- [26] Zum Beispiel: Technology: Process of Assessment and Choice, Washington D.C., 1969, S. 139 ff.
- [27] W. D. Rowe: An Anatomy of Risk. New York, London 1977.
- [28] William W. Lowrance: Of Acceptable Risk-Science and the Determination of Safety. Los Altos (Cal.) 1976.
- [29] Ch. Starr: Social Benefit Versus Technological Risk. Science, Vol. 165, Nr. 169, Sept. 1969. S. 1232–1238.

- [30] B. Fischhoff u. a.: How Safe is Safe Enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Sciences*, Nr. 9, 1978, S. 127–152.
- [31] Ch. Starr: Benefit-Cost-Relationship to Socio-Technical-Systems. In: *Environmental Aspects of Nuclear Power Stations*, hrg. von der IAEA Wien. Wien 1971.
- [32] A. Steiger: Sozialprodukt oder Wohlfahrt. St. Gallen, 1979 (Diss.).
- [33] S. Black, F. Niehaus, D. Simpson: How Safe is „Too“ Safe. Report WP-79-68, IASA, Laxenburg (Österreich) 1975.
- [34] W. Zapf: Lebensbedingungen in der Bundesrepublik. Frankfurt 1977.
- [35] K. Mackscheid, J. Steinhausen: Finanzpolitik II. Grundfragen versorgungspolitischer Eingriffe. Tübingen 1977.
- [36] C. E. Lindbloom: The Science of Muddling Through. In: *Public Administration Review*, 19, 1959.
- [37] A. Etzioni: Mixed Scanning. A Third Approach to Decision Making. In: *Public Administration Review* 27, 1967.
- [38] Benefit-Cost and Policy Analysis, hrg. von W. Niskanen u. a., Chicago 1973.
E. Mishan, Cost-Benefit-Analysis. London 1975.
P. Engelmann, O. Renn: On the Methodology of Cost-Benefit-Analysis and Risk Perception. In: *Directions in Energy Policy*, hrg. von B. Kursunoglu and A. Perlmutter. Cambridge (USA) 1980.
- [39] R. Keeny, H. Raiffa: Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. New York 1976.
- [40] K. H. Hansmeyer, R. Rürüp: Staatswirtschaftliche Planungsinstrumente. *Wiss. Studienbücher*, 2. Auflage, Tübingen 1975.
- [41] G. Ropohl: Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlage der Allgemeinen Technologie. Wien 1979.
- [42] Large-Scale Models for Policy Evaluation, hrg. von P. W. House und J. McLean. New York 1976.
- [43] Models, Planning and Basic Needs, hrg. von S. Cole und H. Lucas, Pergamon Press. Oxford u.a. 1979.
K. M. Meyer-Abich: Energiebedarf und Energienachfolge – Kriterien der Sozialkosten-Nutzen-Analyse Alternativer Energieversorgungssysteme. In: *Energiepolitik ohne Basis*, hrg. von C. Amery, P. C. Meyer-Tasch, K. M. Meyer-Abich. Frankfurt/Main 1978.
- [44] F. Conrad, H. Paschen: Technology Assessment – Entscheidungshilfe der Technologiepolitik. In: *Technische Mitteilungen*. Organ des Hauses der Technik, Essen, Heft 1/1980.
- [45] O. Renn: Methodological Approaches to the Assessment of Social and Societal Risks. In: *Beyond the Energy Crises. Opportunity and Challenge*, hrg. von R. A. Fazzolare und C. B. Smith, Oxford 1981.