

# Politische Entscheidungen und die Multidimensionalität von TA- ein unaufhebbares Dilemma?\*

Ortwin Renn

## 1. Möglichkeiten und Grenzen der Entscheidungsanalyse

In vielen Wissenschaften, in denen menschliche Entscheidungen thematisiert und normative Vorschläge zur Verbesserung der Rationalität von Entscheidungen entwickelt werden, bedient man sich mit Erfolg des Instrumentariums der formalen Entscheidungsanalyse (Entscheidungslogik): insbesondere in Ökonomie, Soziologie und philosophischer Ethik ist dieses Instrumentarium in den letzten Jahren erweitert und verfeinert worden (Edwards 1954; 1977; Gäfgen 1963; Raiffa 1973; Behn und Vaupel 1982; Weber 1983; von Winterfeldt und Edwards 1986). In diesem Abschnitt sollen diese Verfahren auf ihre Anwendbarkeit für die Entscheidungsprobleme im Rahmen der Raumfahrt untersucht werden.

Entscheidungsanalytische Verfahren beruhen im Grundsatz auf der getrennten Messung von Optionen auf verschiedenen Bewertungsdimensionen und deren Gewichtung durch Entscheidungsträger. Sie erheben den Anspruch, eine optimale Auswahl unter gegebenen Optionen herbeizuführen, vorausgesetzt daß eine transitive und homogene Präferenzstruktur der Entscheidungsträger vorliegt. Entscheidungsanalytische Verfahren sind durch eine Mischung von "objektiven" Tatbeständen (etwa wissenschaftliche Ergebnisse) und von subjektiven Präferenzen und Erwartungen bestimmt. Ohne Vorgaben der Entscheidungsträger lassen sich Optionen weder bewerten noch auswählen. Aus diesem Grunde ist es nicht möglich, aus unterschiedlichen Optionen (etwa bemannte versus unbemannte Raumfahrt) die jeweils optimale Variante zu "errechnen", ohne daß gleichzeitig der subjektive Nutzen, der mit diesen Optionen angestrebte Zielerreichungsgrad, vorgegeben wird.

Die Verfahren der formalen Entscheidungsanalyse ergeben eine Reihe von *Möglichkeiten* zur Verbesserung der Präzision und Transparenz des Entscheidungsverfahrens. Sie weisen jedoch aufgrund des methodisch-analytischen Ansatz

---

\* Die folgenden Ausführungen sind zum Teil aus dem Buch "Umweltstandards" (de Gruyter 1992) entnommen. Diese Stellen werden nicht gesondert im Text als Zitate ausgewiesen.

zes eine Reihe von *Begrenzungen* auf, deren Beachtung vor einer Überschätzung dieses Verfahrens bewahrt (Hansmeyer und Rürup 1975, S. 93ff; Fritzsche 1986, S. 506; von Winterfeldt und Edwards 1986, S. 18ff). Die Möglichkeiten liegen insbesondere darin:

- bei gegebenen Zielen und Wissen eine gemäß subjektiven Präferenzen optimale Auswahl zu verschiedenen Handlungsoptionen zu treffen (*Nutzenoptimierung*);
- durch die Offenlegung von Zieldimensionen, Zielbewertungen und Gewichtungen die *Transparenz* des Entscheidungsprozesses vor der Öffentlichkeit zu gewährleisten und damit einen wichtigen Beitrag zur *Rechtfertigung* von Entscheidungen zu leisten (*Legitimation*);
- durch die Zerlegung des komplexen Entscheidungsgegenstandes wie des Entscheidungsprozesses in bearbeitbare Einzelschritte gegebene Problemlagen besser beurteilen zu können und sie von intuitiven Fehlinterpretationen freizuhalten (*Präzisierung*).

Demgegenüber ergeben sich die immanenten Begrenzungen:

- durch die Notwendigkeit der Einbringung *subjektiver Präferenzen* die Wahl der Gewichtungen der jeweiligen Dimensionen plausibel zu begründen und politisch zu legitimieren (*Dezisionismus*);
- durch die Aufteilung komplexer Sachverhalte in bearbeitbare Einzelprobleme bestimmte interaktive Einflüsse zu vernachlässigen oder holistische Eindrücke auszuschließen (*Atomismus*);
- für politische Entscheidungen formal-strenge Anforderungen an die Konsistenz und Transitivität aller zu berücksichtigenden Urteile sowie an die Offenlegung der "wahren" Präferenzen zu stellen, die in der Realität des politischen Handelns für den Entscheider kontraproduktiv oder strategisch ungünstig ausfallen können (*Idealismus*).

Es wäre insbesondere ein Mißverständnis, wenn man erwarten würde, daß die Entscheidungsanalyse ein "mechanisches" oder "algorithmisches" Verfahren liefert, dessen "Input" mit den erforderlichen Informationen gespeist wird, diese Daten verarbeitet und dessen "Output" die "richtige" Entscheidung liefert. Die Entscheidungsanalyse kann nur kohärente Schlüsse aus den Informationen anbieten, die der Entscheidungsträger durch ihre Präferenzen und ihren Wissensstand vorgibt. Sie bietet demgemäß lediglich einen *formalen Rahmen*, um neue Informationen, Zielkorrekturen und insbesondere im Gruppenentscheidungsprozeß *Verhandlungen und Beratungen* in diese Analyse miteinbeziehen zu können

(Raiffa 1973, S. 265ff; Edwards 1977). Die Möglichkeit zur Korrektur z.B. von Zielvorstellungen oder Bewertungsmaßstäben, d.h. die Möglichkeit des Einspruchs der Entscheidungsträger oder der von der Entscheidung Betroffenen, wird gerade durch die transparente Darstellung des Entscheidungsprozesses erleichtert und begründet damit die Überlegenheit solcher Verfahren gegenüber holistischen Urteilen und bloßen Additionen von Einzelentscheidungen.

Entscheidungsanalytische Verfahren benötigen Daten für die folgenden Input-Variablen:

- Wahl der Dimensionen, auf denen die Optionen abgebildet und bewertet werden sollen;
- Auswahl der Optionen, die zur Bewertung anstehen;
- Wahrscheinlichkeit und Stärke der Konsequenzen, die getrennt für jede Dimension bei den einzelnen Optionen zu erwarten sind;
- Nutzenmehrung bzw. Nutzenentzug als Folge dieser Konsequenzen;
- Gewichtungen für die ausgewählten Dimensionen;
- Aggregation der jeweiligen Nutzenwerte für jede Dimension.

Die unterschiedlichen Verfahren der Entscheidungsanalyse (etwa Multi-Kriterien Analyse; SEU-Verfahren, Multiattributive Entscheidungsanalyse u.a.) beziehen sich auf unterschiedliche Methoden, um diese Daten zu erfassen und weiter zu verarbeiten. Die Auswahl eines der entscheidungsanalytischen Verfahren richtet sich einerseits nach dem Entscheidungsproblem (ob beispielsweise mehrere Dimensionen relevant sind oder nicht), andererseits nach persönlichen Präferenzen (etwa die Bevorzugung der Bayesschen oder der Klassischen Statistik). Die folgende Darstellung ist von dem Leitgedanken der multiattributiven Entscheidungsanalyse getragen.

## 2. Vorgehensweise der Entscheidungsanalyse

Ein Entscheidungsproblem besteht dann, wenn eine Person oder eine Gruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt zwischen mehreren (mindestens zwei) Handlungsalternativen mit unterschiedlichen Folgen zu wählen hat. Die Wünschbarkeit der Konsequenzen beurteilt der Entscheidungsträger danach, inwiefern sie seinen Zielen entsprechen. Ziele sind Meßblatten, mit deren Hilfe man die Wünschbarkeit von Optionen beurteilen kann. Entscheidungssituationen, in denen zur Debatte stehende Alternativen in ihren Konsequenzen mehrere Zieldimensionen (oft gegensätzliche) berühren, heißen "*multiattributiv*", d.h. die Konsequenzen der Handlungsalternativen sind nicht nur mit einem Merkmal zu beschreiben, sondern

nur gleichzeitig mit mehreren (Edwards 1977; Watson 1982). Für Entscheidungsprobleme im Zusammenhang mit der Raumfahrt kann durchweg Multiattributivität unterstellt werden.

Das zur Entscheidung anstehende Problem muß zunächst so formuliert werden, daß es einer entscheidungsanalytischen Bearbeitung zugänglich wird. Das bedeutet insbesondere, daß der mögliche Verlauf der Entscheidung schrittweise und lückenlos dargestellt wird. Die Gesamtstrategie kann in sieben Schritten beschrieben werden (vgl. Weber 1983, S. 7; Keeney und Raiffa 1976, S. 5; Phillips 1979, S. 3; Weber 1983, S. 7; Renn 1986, S. 168). Diese sind:

1. *Zielbestimmung*: Der Entscheider muß sich über seine Ziele vor Auswahl der Optionen klarwerden, weil ansonsten die intuitiven Präferenzen für bestimmte Optionen (etwa als erste Nation den Mars mit einer bemannten Raumfahrzeug zu erreichen) indirekt die Zielauswahl beeinflussen würden.

2. *Optionenbestimmung*: Optionen sind Möglichkeiten, vorgegebene Ziele oder Zielerreichungsgrade zu verwirklichen. Da es oft hunderte von Möglichkeiten gibt, muß der Entscheider eine Vorauswahl treffen. Er kann zum Beispiel Minimalbedingungen festlegen, die jede Option erfüllen muß, um überhaupt in die nähere Auswahl zu kommen.

3. *Prognosen über Konsequenzen*: Jede Option muß nun auf jedem Kriterium abgeschätzt werden. Dazu müssen Informationen über das Abschneiden jeder Option vorliegen oder durch entsprechende Verfahren eingeholt werden. Einige Attribute, wie etwa Kosten, stehen von vornherein fest und können für alle Optionen einigermaßen eindeutig bestimmt werden. Bei anderen Attributen sind nur Schätzungen möglich, bei wieder anderen sind subjektive Zuordnungen notwendig. Zum Beispiel ist das Ziel "nationales Prestige durch Raumfahrt" keine feste Größe und muß deshalb subjektiv geschätzt oder durch Expertenbefragung erschlossen werden. In diesem Fall spielen subjektive Einschätzungen der befragten Experten eine wichtige Rolle. Oft lassen sich Prognosen über Konsequenzen nicht direkt auf der jedem Ziel zugeordneten Skala messen. In diesem Falle müssen die Konsequenzen auf der Skala *geschätzt* werden. Dies ist dann besonders schwierig, wenn die Konsequenzen mit subjektiven Wahrscheinlichkeiten (siehe nächster Punkt) gewichtet werden müssen.

4. *Errechnung von Wahrscheinlichkeiten*: Die meisten Konsequenzen einer jeden Option werden sich erst in Zukunft herausstellen, so daß Unsicherheit besteht. In diesem Falle muß entweder auf relative Häufigkeiten (falls vorhanden) oder auf subjektive Urteile zurückgegriffen werden. Sind mehrere Ausprägungen einer Konsequenz (etwa Sicherheitsrisiken) gegeben, so kann man aufgrund der Häufigkeitsverteilung von Konsequenzen Erwartungswerte berechnen. Je nach Risikoaversion des Entscheiders kann man stattdessen auch den unteren Wert des Konfidenzintervalls oder den Zweidrittelwert eintragen, um unangenehme Über-

raschungen zu reduzieren. Es ist aber zur Gewährleistung von Chancengleichheit unbedingt notwendig, diese Regel für alle Optionen anzuwenden.

5. *Überführung in Nutzenwerte:* Während viele der subjektiven Skalen, etwa der Beurteilung von nationalem Prestige oder die Wahrscheinlichkeit von Spillover Effekten, bereits in subjektiven Nutzenwerten vorliegen, müssen die objektiven Skalen in Nutzenwerte transformiert werden. Eine solche Transformation ist notwendig, weil gleiche Intervalle an unterschiedlicher Stelle mit verschiedenen Nutzenwerten verbunden sein können. Denkt man beispielsweise an das Ziel "Materialfestigkeit", dann macht es für einen Entscheider, der ein Raumfahrzeug nur einmal nutzen will, keinen Unterschied, ob eine Korrosion nach vier oder fünf Jahren erfolgt, aber einen großen Unterschied, ob eine solche im ersten oder zweiten Jahr zu erwarten ist. Aus diesem Grunde können die natürlichen Maßeinheiten nicht mit den Nutzeinheiten gleichgesetzt werden. Der Entscheider muß entweder für die Zielgröße Materialfestigkeit eine kontinuierliche Nutzenkurve erstellen und dann anhand dieser Funktion die jeweiligen Nutzwerte ablesen oder aber den Nutzen der verschiedenen Optionen auf einer Skala von null bis hundert relativ zueinander abschätzen. Am Ende dieses Schrittes müssen alle Optionen auf allen Attributen in Nutzenwerte transformiert sein.

6. *Gewichtungen der Zieldimensionen:* Für die Entscheidung müssen alle Dimensionen miteinander kommensurabel gemacht werden. Dies kann am besten dadurch erfolgen, daß jedes Attribut ein relatives Gewicht erhält. Dabei ist es zweckmäßig, zunächst die Attribute innerhalb eines Zieles zu gewichten und dann die Ziele selbst mit Gewichten (von null bis eins) zu versehen. Obwohl Nutzenmessung und Gewichtung voneinander unabhängige Operationen sind, ist es sinnvoll, bei der Gewichtung die Streubreite der Optionen auf jedem Attribut zu berücksichtigen. Wenn sich Optionen auf einem Attribut nur geringfügig voneinander unterscheiden, ist es sinnvoll, das Gewicht dieses Attributs niedrig zu halten, selbst wenn das dem Attribut zugehörige Ziel als wichtig eingestuft wird. Am Ende dieses Schrittes verfügt der Entscheider über eine Optionenmatrix, in der jedes Attribut ein numerisches Gewicht erhält und jede Option auf jedem Attribut einen Nutzenwert aufweist.

7. *Aggregation der Nutzenwerte:* Die Zusammenfassung der Nutzwerte erfolgt nach der einfachen Formel:

$$EU(A) = \sum_{i=1}^n p_i \times u_i$$

wobei  $u_j$  den mit der Wahrscheinlichkeit gewichteten Nutzwert und  $w_j$  das relative Gewicht des Attributs widerspiegelt. Durch eine Sensitivitätsanalyse kann dann das Ergebnis auf seine Robustheit gegenüber geringen Veränderungen der Eingabedaten überprüft werden. Im folgenden werden diese Schritte ausführlicher dargestellt.

## 2.1 Bestimmung der Ziele

Zu Beginn der Entscheidungsanalyse wird ein Zielsystem erstellt, das meist auf einer Hierarchisierung von Zielen aufbaut. So werden "Oberziele", wie z.B. im Kontext der Raumfahrt "Erkundung neuer Bodenschätze" oder "Verbesserung des nationalen Prestiges", aufgespalten in Unterziele, wie z.B. "Prospektion von Edelmetallen" und "Positive Auswirkungen auf den High-Tech-Standort Deutschland". Diese können zum Teil wiederum aufgespalten werden, z.B. in die Einzelziele, die sich auf bestimmte Rohstoffe auf festgelegten Planeten beziehen. In diesem Fall ist man bei einem Zielniveau angelangt, das es erlaubt, diesen Zielen Attribute mit einer Skala zuzuordnen, die den Grad der Erreichung eines solchen Zieles anzeigen (Keeney und Raiffa 1976, S. 39). Im günstigen Fall sind schon objektive Skalen vorhanden, z.B. hier "Menge der vermuteten oder gemessenen Rohstoffe pro Jahr in Tonnen", oder aber es müssen solche Skalen konstruiert werden, wie im Fall des nationalen Prestiges. Die Zuordnung eines Attributs mit einer Skala ist erforderlich, da aufgrund dieser, den Zielerreichungsgrad angeben den Skalen und Skalenwerte die "Übersetzung" in Nutzeinheiten erfolgt.

Damit ist die Grundlage für eine *Bewertung* von Handlungsoptionen gegeben, die dann durch die Abbildung der Attributskalen auf ein Nutzenintervall von null bis eins oder null bis hundert erfolgt. Die klassische Entscheidungsanalyse beruht auf der eindimensionalen Abbildung von Konsequenzen und deren Nutzenbewertung. Die Wahrscheinlichkeit einer jeden Konsequenz wird mit Hilfe eines Entscheidungsbaums dargestellt und dann mit dem subjektiven Nutzenwert der jeweiligen Konsequenz multipliziert. Der subjektive Nutzenwert kann für gesellschaftliche Entscheidungen durch den Äquivalenzwert in Geldeinheiten ersetzt werden. Die Option, deren Konsequenzen insgesamt den höchsten Nutzensgewinn verspricht, ist nach dieser Methode jeder anderen Option vorzuziehen.

Die multidimensionalen Verfahren setzen dagegen eine Ex ante-Setzung von Bewertungskriterien voraus, welche aus gesetzlichen Bestimmungen, politischen Setzungen, Verhandlungen mit Interessengruppen, demoskopischen Untersuchungen, "philosophischen" Betrachtungen etc. abgeleitet werden können. Als Grundlage solcher Ableitungen kommen folgende Quellen infrage:

- Gesetzliche Grundlage oder Auftrag (etwa Projekte zum Schutz der menschlichen Gesundheit);
- Politischer Auftrag oder Programm (etwa Weltraumforschung als Mittel der internationalen Verständigung);
- Revealed Preferences (Weiterführung von Projekten, die auch in der Vergangenheit von den Entscheidungsträgern oder der Bevölkerung bevorzugt wurden);

- Expressed Preferences (Befragungen von Gruppen oder der allgemeinen Bevölkerung nach den dort vorhandenen Präferenzen);
- Verhandlungen (Mediation mit unterschiedlichen Interessengruppen über die gemeinsamen Ziele).

Die Ziele selbst können nicht durch wissenschaftliche Vorgaben formuliert oder bewertet werden. Sie müssen vielmehr in einem gesellschaftlichen Diskurs mit den Entscheidungsträgern oder einer breiteren Öffentlichkeit entwickelt und legitimiert werden. Allerdings können formale wissenschaftliche Verfahren zur Strukturierung und Hierarchisierung der Zwecke beitragen. Vorteile einer Formalisierung bei der Zielaufstellung sind:

- Kohärenzüberprüfung zwischen Zielen und den Grundlagen politischer Institutionen (etwa Forschungsministerium oder Raumfahrtunternehmen);
- Kohärenzüberprüfungen zwischen den allgemeinen Staatszielen und den zugeordneten Zwecken und Kriterien;
- Vergleichbarkeit von Zielvorstellungen zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen und Analyse ihrer Begründungen.

## 2.2 Bestimmung der Optionen

Sind die Kriterien der Bewertung von Optionen einmal festgelegt, dann besteht die zweite Aufgabe darin, die Optionen zu finden, die bestimmte Ziele erreichen oder aufgetretene Probleme lösen helfen. Dabei wird es häufig der Fall sein, daß sich anfänglich als reale Handlungsmöglichkeiten eingeschätzte Optionen als nicht realisierbar erweisen oder aufgrund einer vereinfachten Auswahlstrategie suboptimale Optionen frühzeitig identifiziert werden und aus der Menge der zu analysierenden Optionen ausgeschlossen werden können.

Optionen sind wissenschaftlich oder auch politisch meist nicht oder nur im eingeschränkten Umfang vorgegeben. Häufig ist es sinnvoll, systematisch nach Optionen zu suchen, um die Auswahl zu vergrößern. Bei dieser Suche ist zu beachten:

- Einbezug der Nulloption (nichts tun);
- Rückführung der Optionen auf Grundbedürfnisse (Welche Bedürfnisse sollen mit der Raumfahrt gedeckt werden? Gibt es dazu funktionsäquivalente Alternativen?);
- Befragung von Interessengruppen (Welche Optionen sind von Interessengruppen in die Diskussion eingebracht worden? Wie unterscheiden sie sich von den bekannten Optionen?);

- unter Umständen Verhandlungen (Lassen sich neue Optionen in Verhandlungen oder Brain-Storming-Sitzungen mit Fachleuten und Vertretern einschlägiger Gruppen entwickeln?)

Bei der Suche nach Optionen kann aber auch die Fülle der alternativen Möglichkeiten erdrückend wirken. Es ist oft aus technischen oder finanziellen Gründen nicht möglich, alle Optionen einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Deshalb ist es sinnvoll, eine vereinfachte Vorauswahl aus den Optionen zu treffen. Eine solche *systematische Reduzierung* der denkbaren Optionen kann nach zwei Verfahren erfolgen:

- '*Satisfying Strategy*': Danach haken die Individuen bei jeder Konsequenz ab, inwieweit ein für notwendig gehaltener Schwellenwert überschritten wird (Simon 1976). Sind einmal Minimal Kriterien für jede Zieldimension festgelegt, dann werden die Optionen ausgewählt, die auf allen relevanten Zielen die Minimalanforderungen übertreffen.
- '*Elimination by Aspect*': Alle Optionen werden daraufhin überprüft, inwieweit sie eine hierarchisch aufgebaute Liste von Zielanforderungen sukzessiv erfüllen (Tversky 1972). Auf diese Weise können relativ zuverlässig subdominante Lösungen identifiziert und aus der Optionenliste gestrichen werden.

Viele Entscheidungsanalytiker haben auf die besondere Relevanz der Optionensuche hingewiesen (von Winterfeldt und Edwards 1986, S. 26ff; Keeney u.a. 1984, S. 21). Häufig werden die Alternativen, die zur Zielerreichung dienen können, zu eng gesehen. Zum Beispiel wird bei der Frage nach der Wahl eines Personenkraftwagens die Option "Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel" oder "Fahrten mit dem Taxis" oft überhaupt nicht in Betracht gezogen, weil man das Problem nur im Sinne des privaten Verkehrs strukturiert hat. Gerade im Bereich "Raumfahrt" ist es sinnvoll, funktionsäquivalente Alternativen zu kostspieligen Raumfahrtprogrammen mit in die Analyse einzubeziehen, weil diese häufig ähnliche Nutzenvorteile bei geringeren Kosten bieten (etwa die Option, das High-Tech-Prestige Deutschlands durch neue Umweltmeßverfahren zu verbessern).

### 2.3 *Prognose von Auswirkungen auf jedem Kriterium*

Die klassische Entscheidungstheorie geht davon aus, daß der Entscheidungsträger unter Zuhilfenahme aller verfügbaren Informationen die Konsequenzen und deren Wahrscheinlichkeit subjektiv bestimmt. Für gesellschaftliche Entscheidungen ist ein solches Modell wegen der Komplexität der Konsequenzen wenig sinnvoll. Stattdessen erscheint es angebracht, an dieser Stelle durch wissenschaftliche Ana-



lyse und Forschung die zu erwarteten Konsequenzen zu bestimmen und dann ihre Wahrscheinlichkeit abzuschätzen. Am Ende dieses Schrittes verfügt man für jede Option über ein mehrdimensionales Profil von wissenschaftlich gemessenen Konsequenzen auf jeder Dimension. Eine wissenschaftlich gemessene Größe bedeutet eine Meßeinheit, in der der jeweilige Tatbestand nach wissenschaftlichen Kriterien am besten ausgedrückt werden kann (etwa die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, daß eine Region auf einem Planeten x-Mengen eines Rohstoffes besitzt).

Konsequenzanalysen sind also Beschreibungen der Ausprägungen der Optionen auf jedem Kriterium. Bei der multiattributiven Entscheidungsanalyse müssen diese Ausprägungen kardinal (also mit Zahlenwerten) gemessen werden, weil ansonsten die Kriterien untereinander nicht sinnvoll gewichtet werden können. Diese Überführung in Zahlenwerte kann durch physische Messung, Expertenschätzungen aufgrund subjektiver Erfahrungswerte oder durch Äquivalenzrelationen zwischen Zahlen und Empfindungen erfolgen.

Bei hoher Unsicherheit über Natur und Ausmaß möglicher Konsequenzen und bei hohem Vernetzungsgrad der Konsequenzen untereinander ist häufig eine Messung der Konsequenzen durch intersubjektiv festgelegte Meßverfahren nicht möglich. In diesen Fällen muß häufig auf die kollektive Erfahrung von Experten zurückgegriffen werden. Dazu sind in der Literatur eine Reihe von Verfahren vorgeschlagen worden (Winkler 1968; Raiffa 1973, S. 274ff; Keeney und Raiffa 1976, S. 599ff; Bacon und Wheeler 1984, S. 76ff).

Unter diesem Verfahren hat sich die *DELPHI-Befragung*, die auf einem mehrstufigen Iterationsverfahren der Befragung von Experten beruht, besonders bewährt und wird vor allem als Prognoseinstrument im Rahmen von Technik-Folgen-Abschätzungen<sup>1</sup> verwandt (Mintroff und Turoff 1975; Benarie 1988). Im Idealfall sortiert das Delphi-Verfahren die Bewertungen aus, die innerhalb der Expertengruppe nicht konsensfähig sind. Durch die Anonymisierung der Teilnehmer und den iterativen Prozeß der Befragung kann der jeweilige Kenntnisstand ohne Rücksicht auf den Prestigewert eines jeden Teilnehmers am Delphi-Prozeß repräsentiert werden.

Eines der gravierenden *Nachteile* des Delphi Verfahrens ist das Fehlen von Begründungen für Urteile, die von dem Median aller Teilnehmer abweichen (Hill und Fowles 1975). Extreme Meinungen oder besonders hohe Urteilssicherheit können entweder auf begründbaren Einsichten eines Teilnehmers beruhen, die den anderen Teilnehmern nicht zugänglich sind, oder aber ein Produkt persönlicher Überschätzung bzw. der Versuch einer strategischen Vorgehensweise zur Beeinflussung des Ergebnisses sein.

---

1 Zum Prognose-Problem im Rahmen der TA vgl. auch die Beiträge von A. Grunwald und G. Bechmann in diesem Band (Anm. d. Hrsg.)

Deshalb haben Renn u.a. eine Modifikation des Verfahrens vorgeschlagen und in verschiedenen Bereichen getestet (Renn und Kotte 1984, S. 190ff; Webler u.a. 1991). Danach werden nach der ersten Befragung die Experten zu einer gemeinsamen Diskussionsrunde versammelt. In dieser Diskussion müssen alle Teilnehmer, deren Bewertungen von Mittelwert aller anderer Teilnehmer signifikant abweichen, ihren Standpunkt begründen und im Streitgespräch verteidigen. Diese Streitgespräche werden auf Videofilm festgehalten und bei Bedarf den Experten bei der erneuten Befragung zur Verfügung gestellt.

Auf diese Weise lassen sich nicht nur unbegründbare Extrempositionen ausschalten, das Ergebnis eines solchen Delphis liefert auch die Argumentationsbasis für die Mehrheits- bzw. Minderheitspositionen. Der Nachteil dieser Modifikation liegt in der Aufgabe der Anonymität der Teilnehmer. Da aber Experten in der Regel anerkannte Fachleute auf ihrem Gebiet sind, ist der Einfluß des Prestigewertes einzelner Teilnehmer als Störfaktor wenig relevant, zumal Experten mit hohem Prestigewert häufig das Mittelfeld der Meinungen beherrschen und deshalb innerhalb der Diskussion nur als Kritiker der Extremmeinungen in Erscheinung treten. Das Verfahren geht allerdings von der Annahme aus, daß Extremmeinungen eher begründungswürdig sind als die jeweils herrschende Lehrmeinung.

Die durch das Delphi-Verfahren gefundenen Abschätzungen können als beste Approximierung des zu einem gegebenen Zeitpunkt vorhandenen Expertenwissens angesehen werden (sofern die relevanten Experten befragt und die Verfahrensregeln des Delphi richtig angewandt wurde). Obwohl auch dieses Wissen objektiv falsch sein kann (und sich dies auch häufig im nachhinein hat feststellen lassen), so ist es doch in der Regel allen intuitiven Verfahren oder Abschätzung aufgrund subjektiver Präferenzen vorzuziehen.

#### *2.4 Abschätzung der Wahrscheinlichkeit von Auswirkungen*

Die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Konsequenzen ist eng mit der Prognose verbunden. Eine solche Abschätzung ist dann einfach, wenn genügend Datenmaterial aus der Vergangenheit vorliegt und gleichzeitig sich die äußeren Bedingungen, unter denen die im Datenmaterial festgelegten Ursache/Wirkungs-Beziehungen gelten, weitgehend konstant bleiben. Beispielsweise läßt sich aus der Zahl der Verkehrstoten der Vorjahrs relativ zuverlässig die Zahl der Toten für das kommende Jahr ableiten. In komplexen technischen Systemen werden auch häufig bekannte Ausfallwahrscheinlichkeiten von Teilsystemen oder Komponenten zu einer Systemwahrscheinlichkeit synthetisiert (Häfele u.a. 1990, S. 378). In allen diesen Fällen liegt der errechneten Wahrscheinlichkeit die relative Häufigkeit eines Ereignisses pro Zeiteinheit zugrunde.

Im Zusammenhang mit der Anwendung neuer Techniken fehlen oft historische Daten. Sie sind häufig von nicht akzeptabler Qualität oder nicht repräsentativ für zukünftige Ereignisse. In diesen Fällen muß auf *subjektive Schätzungen* zurückgegriffen werden (von Winterfeldt und Edwards 1986, S.93). Gleiches gilt im Prinzip, wenn für die zu behandelnden Handlungsoptionen zu wenig Erfahrungswerte vorliegen oder diese so weit streuen, daß statistische Konfidenzintervalle keine sinnvolle Aussage erlauben (Häfele u.a. 402ff). Subjektive Schätzungen sind nicht als reine Spekulationen zu betrachten, sondern als Formalisierung von Erfahrungswerten. Dabei sollen diejenigen Personen befragt werden, die aufgrund ihrer Erfahrung mit ähnlichen Systemen oder ihrer Vertrautheit mit den Systemen solche Schätzungen besser als andere vornehmen können (Winkler 1968). Im vorliegenden Kontext sind diese Urteile insbesondere auf der Grundlage von *Expertenbefragungen* zu bilden (Raiffa 1973, S. 274ff).

## 2.5 Überführung in Nutzeneinheiten

Die in natürlichen Maßeinheiten vorliegenden Auswirkungsmessungen oder -schätzungen müssen darüber hinaus in Nutzeneinheiten transformiert werden. Bei dieser Transformation geht es lediglich um die relative Nutzenveränderung innerhalb einer jeden Dimension, also um die Kalibrierung der Nutzenwerte in Abhängigkeit von dem Skalenwert auf der physischen Meßskala. Die in physischen Einheiten gemessenen Auswirkungen der Optionen sind nicht unbedingt proportional zum Nutzen, den sie stiften. Je mehr man von einer Sache hat, desto geringer ist der Nutzen einer zusätzlichen Einheit. Ob beispielsweise eine Halbierung des Unfallrisikos einer Raumfähre eine Verdopplung des Nutzeffektes bedeutet, ist etwa von der Höhe des Ausgangsrisikos abhängig. Durch Nutzen-Transformation kann man beispielsweise risikoaversives Verhalten in die Entscheidungsfindung einbinden. Folgende Verfahren der Transformation von Meßwerten in Nutzengrößen haben sich in der Praxis bewährt:

- Gibt es viele Ausprägungen auf einer Dimension, so empfiehlt sich die Bildung einer Nutzenfunktion über alle Ausprägungen innerhalb der jeweiligen Dimension.
- Gibt es nur wenige Optionen oder liegen die Ausprägungen der Optionen eng beieinander, dann ist die Bildung von zwei imaginären Grenzwerten (best- und schlechtestmögliche Konsequenz) sinnvoll, wobei alle Optionen relativ zu den beiden hypothetischen Grenzwerten beurteilt werden.
- Sind viele Optionen gleichzeitig zu bewerten, dann sollte man das beste Meßergebnis als oberen Grenzwert (100 Punkte), den jeweils schlechtesten

als unteren Grenzwert (null) wählen und alle übrigen Optionen relativ zu den beiden Extremen einordnen.

- Subjektive Skalen sind bereits Nutzenskalen, sie brauchen nicht transformiert zu werden.

Theoretisch muß diese Transformation vom Entscheidungsträger durchgeführt werden. Bei Kollektiventscheiden ist dies in der Regel nicht möglich: entweder versucht der Analytiker, alle objektiven Meßwerte proportional in Nutzenwerte zu überführen (und das Gesetz des abnehmenden Grenznutzens zu ignorieren) oder mit Hilfe einer Expertengruppe eine kollektiv sinnvolle Transformation herbeizuführen (beispielsweise durch ein erneutes Delphi-Verfahren). Möglich ist auch eine einfache Skalen-Standardisierung für jede Dimension, ohne daß eine explizite Umrechnung in Nutzenwerte erfolgt.

## 2.6 Bestimmung von Gewichtungen

Bis zu diesem Punkt einer Analyse sind die Konsequenzen in Attribute aufgespalten. Um nun jeder Konsequenz einen Gesamtnutzen zuordnen zu können, muß festgestellt werden, in welchem Verhältnis zueinander die Ziele der Entscheidungsträger gemäß ihrer Präferenzen stehen. Sind die Ziele gleichgewichtig oder haben einige mehr Gewicht als andere? Wenn ja, welche sind das und wie kann die Gewichtung ausgedrückt werden? Es geht also darum, die *Präferenzstruktur* des Entscheiders zu berücksichtigen, um dann eine Aggregationsfunktion aufstellen zu können, die die Einzelnutzenwerte zu einem Gesamtnutzenwert zusammenfügt. Anhand dieses Wertes erfolgt dann die Gesamtbewertung der Handlungsoptionen, damit also die Entscheidung für die rationale Handlungsoption; dabei folgt man dem Rationalitätspostulat: "Wähle *die* Option, die bei gegebenen Präferenzen und Wissensstruktur den größten Nutzen erwarten läßt" (vgl. Keeney und Raiffa 1976, S. 6).

Gewichtungen sind auf die Existenz einer vorgegebenen Präferenzstruktur angewiesen. Die Gewichtungen legen fest, wieviel eine Einheit auf einer Dimension wert ist im Vergleich zu einer Einheit auf einer anderen Dimension. Dazu muß ein gemeinsamer Vergleichsmaßstab geschaffen werden. Dies kann entweder in Geldeinheiten geschehen oder in abstrakten Nutzeinheiten (Utils). Gewichtungen für die einzelnen Dimensionen können durch folgende Verfahren festgelegt werden:

- a) *benevolent dictator*: Gewichtung durch den Analytiker unter der Vorgabe der kollektiven Nutzenmaximierung.

- b) *utility maximation*: Messung aller relevanten subjektiven Gewichtungen und Auswahl der Option, bei der die meisten Nutzengewinne nach dem Additionsverfahren anfallen.
- c) *utility optimization*: Messung aller relevanten subjektiven Gewichtungen und Elimination derjenigen Optionen, für die eine Minderheit starke Nutzenverluste erleiden würde. Von den verbleibenden Optionen wird diejenige ausgewählt, die die meisten Nutzengewinne verspricht.
- d) *utility compensation*: Messung aller relevanten subjektiven Gewichtungen und Auswahl derjenigen Option, bei der nach der Kompensation aller Gruppen mit Nutzenverlusten der höchste Nettogewinn an Nutzen verbleibt.
- e) *value negotiation*: Festlegung der Gewichtungen durch Verhandlungen der an der Entscheidung beteiligten Gruppen; Einigung kann konsensual oder nach dem Mehrheitsprinzip erfolgen.
- e) *value arbitration*: Anhörung aller Parteien und Festlegung der Gewichtung durch ein Schiedsgericht.
- f) *revealed value preferences*: Extrapolation der Gewichtungen von früheren gesellschaftlichen Entscheidungen auf die zur Gewichtung anliegenden Dimensionen.
- g) *expressed value preferences*: Ermittlung der Gewichtungen durch Plebiszite, Befragungen oder partizipative Formen der Einbindung von Betroffenen in Entscheidungen.

Alle diese Verfahren haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile. Sie können zum Teil miteinander kombiniert werden. Bei der Raumfahrttechnik ist eine Gewichtung der Kriterien durch politische Mandatsträger unter Zuhilfenahme von Fachwissen - um die Konsequenzen der Gewichtungen für zukünftige Entscheidungen ausloten zu können - angemessen. Ein solche Festlegung wird aber bei der hohen Kostenintensität niemals unumstritten sein. Aus diesem Grunde mag es angebracht sein, zusätzlich plebiszitäre Elemente einzufügen (Renn 1992).

Bei der Gewichtung können eine Reihe von Problemen auftreten:

- Signaleffekt von Dimensionen (bestimmte Kriterien strahlen einen besonderen Halo-Effekt aus und überschatten die relative Bedeutung der anderen Kriterien);
- Soziale Wünschbarkeit (einige Kriterien haben eine starke moralische Konnotation, daß man ihnen ein hohes Gewicht beimessen muß, obwohl sie möglicherweise nur in sehr indirektem Zusammenhang mit den zu bewertenden Optionen stehen);

- Strategische Nachteile bei Transparenz der Präferenzen (in kollektiven Entscheidungen kann es für Entscheider von strategischem Nachteil sein, ihre eigenen Präferenzen für Kriterien und damit ihre Ziele offenzulegen);
- Keine Schlichtungsinstanz bei Wertkonflikten (bei kollektiven Entscheidungen zwingt die explizite Gewichtung dazu, sich über Werte und deren relative Priorität auszutauschen. Es fehlt aber bis heute an überzeugenden diskursiven Methoden, Wertkonflikte im Rahmen kollektiver Entscheidungen rational auszutragen: oft verbleibt nur die Abstimmung).

Diese Probleme sind aber nicht unüberbrückbar. Häufig hilft eine Neu- oder Umformulierung der Kriterien bez. eine explizite Sensitivitätsanalyse, die dem Entscheider die Möglichkeit gibt, mit unterschiedlichen Gewichtungen zu arbeiten.

## 2.7 Zusammenfassung der Urteile

Sofern alle Dimensionen funktional voneinander unabhängig und nicht redundant sind, ergibt sich die beste Option aus der Aufsummierung aller Nutzwerte multipliziert mit der Gewichtung für die jeweilige Dimension. Die Zusammenfassung der Nutzwerte erfolgt nach der einfachen Formel:

$$EU(A) = \sum_{i=1}^n p_i \times u_i$$

wobei  $u_j$  den mit der Wahrscheinlichkeit gewichteten Nutzwert und  $w_j$  das relative Gewicht des Attributs widerspiegelt. Die Anwendung der Summenformel ist allerdings davon abhängig, daß alle Attribute unabhängig voneinander und Interaktionseffekte zwischen den Attributen zu vernachlässigen sind. Dieses Postulat läßt sich oft nur dadurch erreichen, daß Hilfsattribute eingeführt werden, die speziell auf Kombinationseffekte ausgerichtet sind. So mag zum Beispiel die Interaktion von technischer Fehlerfreundlichkeit und Motivation der Beteiligten eine eigene Größe darstellen, die neben den beiden Einzelkomponenten "technische Sicherheit" und "Sicherheitsverhalten" bei der Bewertung der Sicherheit eine Rolle spielt. Durch geschickte Wahl von Hilfsattributen und Neuformulierung von Attributen (zum Zwecke der Vermeidung von Redundanzen) kann das Postulat der Unabhängigkeit in der Regel erreicht werden. Am Ende dieses Schrittes läßt sich für jede Option ein Gesamtnutzenwert angeben, der die kumulierten Nutzenwerte auf jedem Attribut widerspiegelt.

In den 50iger und 60iger Jahren sind eine Reihe alternativer Aggregationsverfahren getestet worden, bei denen die Bedingungen für die einzelnen Dimensionen weniger restriktiv sind. Inzwischen ist aber die überwiegende Mehrheit der

Entscheidungsanalytiker zum einfachen Summenmodell zurückgekehrt. Experimente haben erstens nachgewiesen, daß die Aufsummierung von Nutzwerten am ehesten der intuitiven Urteilsbildung entspricht. Zweitens haben viele Entscheidungsträger Bedenken gegen ein rechnerisches Verfahren, das sie nicht "mental" nachvollziehen können. Drittens ist es im Entscheidungsprozeß hilfreich, wenn bei der Festlegung der Dimensionen bereits auf Additivität geachtet wird, weil ansonsten die Transformation in Nutzwerte und die Gewichtung der Dimensionen verzerrt werden.

Durch Sensitivitätsanalysen kann der Einfluß der jeweiligen Nutzentransformationen und der Zielgewichtungen erneut überprüft werden. In einem linearen System sind bei solchen Input-Veränderungen nur proportionale Output-Veränderungen zu erwarten. Nichtsdestotrotz hat sich in der Praxis eine Sensitivitätsanalyse bewährt, weil diese den Entscheidungsträger zwingt, seine Eingaben zu überprüfen und die Robustheit der Ergebnisse zu testen (von Winterfeldt und Edwards 1986, S. 399ff).

### **3. Einbindung der Politik in multidimensionale Entscheidungen**

Faßt man Entscheidungen über Raumfahrtprogramme und Raumfahrttechnik als eine Mischung von technischem Sachwissen und politischen Präferenzen auf, dann kann man bei Rückgriff auf die multiattributive Entscheidungsanalyse die gegenseitige funktionale Durchdringung von Politik und Expertise verdeutlichen. Dabei lassen sich auch die Probleme einer demokratisch nicht legitimierbaren Technokratie (Präferenzentscheidungen durch technische Elite) oder einer sachlich ungerechtfertigten oder ökonomisch ineffizienten Dominanz der Politik identifizieren. Tab. 1 (folgende Seite) zeigt den entscheidungsanalytisch festgelegten Rahmen der Zusammenarbeit zwischen technischen Experten und Politik.

Schritte des Entscheidungsverfahrens	Rolle der Politik	Rolle der Experten
a) Problemstellung - Probleme erkennen - Probleme auswählen - Probleme analysieren	x x	x  x
b) Identifikation der Ziele - Ziele vorschlagen - Ziele auswählen - Ziele auf Kohärenz prüfen - Operationalisierung der Ziele	x x	x  x x
c) Identifikation der Optionen - Optionen vorschlagen - Optionen auswählen - Verfahren einer Vorauswahl vorschlagen - Vorauswahlverfahren durchführen	x x  x	x  x
d) Messung der Auswirk. und Wahrscheinlichk. - Auswahl der Gutachter - Auswahl der Methoden zur Messung - Bestimmung subjektiver Skalen - Ausfüllen subjektiver Skalen	x  x x	x x x
e) Überführung in Nutzeinheiten - Auswahl der Verfahren - Nutzentransformation durch	  x	 x
f) Gewichtung der Dimensionen - Auswahl des Verfahrens - Gewichtung durch	  x	 x
g) Sensitivitätsanalyse - Testverfahren - Veränderung der Eingangsdaten	  x	 x

**Tab. 1 Arbeitsteilung zwischen Expertentum und Politik in der multiattributiven Entscheidungsanalyse**



#### 4. Zusammenfassung

1. Alle Entscheidungen über Technikeinsatz und -entwicklung sind Koppelprodukte aus Sachwissen und subjektiven Präferenzen. Diese Präferenzen bedürfen in einem demokratischem Rechtsstaat der politischen Begründung. Das Dilemma besteht darin, daß zur politischen Bewertung von technischen Alternativen Sachkenntnis über die zu erwartenden Folgen und Risiken verschiedener Lösungsmöglichkeiten vorliegen muß, aber Sachkenntnis alleine nicht ausreicht, um eine demokratisch und ethisch legitimierbare Lösung zu finden. Die Entscheidung den Experten zu überlassen, verletzt die normative Grundlage demokratischer Ordnungen; die Entscheidung dem Markt der politischen Kräfte anheimzugeben, führt in der Regel zur Verkennung physikalisch und ökonomisch gegebener Gesetzmäßigkeiten und verfahrenstechnischer Erfordernisse, letztlich damit zu hohen Folgekosten durch inkonsistente Entscheidungen bzw. ineffiziente Lösungen. Gefragt ist also eine Strategie, die kompetente Problemlösung und faire Beschlußfassung miteinander verbindet.
2. Die multidimensionale Entscheidungsanalyse bietet einen logisch konsistenten Rahmen, um sachliche Kompetenz und demokratische Legitimierung in ein rationales Verfahren der Optionenabwägung einzubinden. Dies gelingt aber nur dann, wenn Politiker und Experten eng zusammenarbeiten und in das Modell nur die Eingaben liefern, die ihnen auch jeweils zustehen. Eine multidimensionale Entscheidungsanalyse über Technikeinsatz hilft auch, die Transparenz der Entscheidungsprozesses zu erhöhen und die subjektiven Eingaben gegenüber Dritten zu verdeutlichen. Allerdings geht das Modell der Entscheidungsanalyse von homogenen Wertstrukturen und konsensuellem (wenn auch mit Unsicherheiten behafteten) Sachwissen aus. Beides ist in vielen Technikbereichen, vor allem in der Raumfahrt, nicht gegeben. Aus diesem Grunde sind zusätzliche Verfahren der Konfliktlösung für Sachwissen und für Präferenzen notwendig.
3. Für Konflikte über Sachzusammenhänge erscheint ein Delphi-Verfahren sinnvoll zu sein, für Konflikte über Präferenzen und Ziele sind neue diskursive Verfahren notwendig.<sup>2</sup> Erforderlich sind *kooperative Diskurse*, mit deren Hilfe Kompromisse zwischen Interessengegensätzen und Wertkonflikten unterschiedlicher Parteien erzielt werden können, ohne daß eine Partei ausgeschlossen oder ihre Interessen oder Werte unberücksichtigt bleiben. Wie solche Diskurse zu gestalten sind, würde den Rahmen dieses

---

2 Vgl. zur normativen Rechtfertigung von Zielen und Zwecken auch den Beitrag von C. F. Gethmann in diesem Band (Anm. d. Hrsg.).

- Aufsatzes sprengen. Vorschläge dazu habe ich an anderer Stelle veröffentlicht (vgl. etwa Renn 1992).
4. Die Benutzung von multiattributiven Entscheidungsverfahren hilft, dem Rationalitätsgebot politischer Entscheidungen näher zu kommen. Aber dies ist bestenfalls eine notwendige, keinesfalls aber eine hinreichende Bedingung für Rationalität. Insbesondere sagt das Verfahren nichts darüber aus, ob die einfließenden Werte und Gewichte rationalen Zielen folgen oder ob diese einen gesellschaftlichen Konsens widerspiegeln.
  5. Eine politische Folgenbewertung von Technikeinsatz in der Raumfahrt ist sicherlich mit der multidimensionalen Analyse zu bewerkstelligen. Die dazu notwendigen Vorgaben an Werten und Kriterien sollten aber in politischen Konsensverfahren erstellt werden.

## Literatur

- Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1992) (Hg.): Umweltstandards. De Gruyter: Berlin.
- Arrow, K.J. (1951): Social Choice and Individual Values. Basic: New York.
- Bacow, L.S., Wheeler, M. (1984): Environmental Dispute Resolution. Plenum: New York.
- Behn, R.D., Vaupel, J.V. (1982): Quick Analysis for Busy Decision Makers. Basic: New York.
- Benarie, M. (1988): Delphi and Delphilike Approaches with Special Regard to Environmental Standard Setting. In: Technological Forecasting and Social Change, 33 (1988), S.149-158.
- Dalkey, N., Helmer, O. (1963): An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. In: Management Science, 9, Nr. 3 (1963).
- Derby, S.L., Keeney, R.L. (1981): Risk Analysis: Understanding "How Safe Is Safe Enough". In: Risk Analysis, 1, Nr. 3 (1981), S. 217-224.
- Edwards, W. (1954): The Theory of Decision Making. In: Psychological Bulletin, 51 (1954), S. 380-417.
- Edwards, W. (1977): How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decision Making. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-7 (1977), S. 326-340.
- Eisenführ, F., Weber, M. (1986): Zielstrukturierung: ein kritischer Schritt im Entscheidungsprozeß. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 38 (1986), S. 907-929.
- Farquhar, P.H. (1984): Utility Assessment Methods. In: Management Science, 2 (1984), S. 1283-1300.
- Fritzsche, A.F. (1986): Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft. Verlag TÜV Rheinland: Köln.
- Gäpfen, G. (1963): Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung. Tübingen.

- Graham, J., Vaupel, J. (1980): The Value of Life: What Difference Does It Make? In: Risk Analysis, 1 (1980), S. 89-95.
- Häfele, W., Renn, O., Erdmann, G. (1990): Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. In: W. Häfele (Hg.): Energiesysteme im Übergang - Unter den Bedingungen der Zukunft. Poller: Landsberg, S. 373-423.
- Hansmeyer, K.-H., Rürup, B. (1975): Staatswirtschaftliche Planungsinstrumente. Mohr: Tübingen.
- Hill, K. Q., Fowles, J. (1975): The Methodological Worth of the Delphi Forecasting Technique. In: Technological Forecasting and Social Change, 7 (1975), 179-192.
- Humphreys, P. (1977): Application of Multi-Attribute Utility Theory. In: H. Jungermann und D. de Zeeuw (Hg.): Decision Making and Change in Human Affairs. Reidel: Dordrecht, S. 165-205.
- Keeney, R.L. (1981): Measurement Scales for Quantifying Attributes. In: Behavioral Science, 26 (1981), S. 29-36.
- Keeney, R.L. (1988): Structuring Objectives for Problems of Public Interest. In: Operations Research, 36 (1988), S. 396-405.
- Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976): Decision with Multiple Objectives. Preferences and Value Tradeoffs. Wiley: New York.
- Keeney, R.L., Renn, O., von Winterfeldt, D., Kotte, U. (1984): Die Wertbaumanalyse. Entscheidungshilfe für die Politik. HTV Edition "Technik und Sozialer Wandel": München.
- Keeney, R.L., Renn, O., von Winterfeldt, D. (1987): Structuring West Germany's Energy Objectives. In: Energy Policy, 15, Nr. 4 (August 1987), S. 352-362.
- Merkhofer, L.W. (1984): Comparative Analysis of Formal Decision-Making Approaches. In V.T. Covello, J. Menkes. und J. Mumpower (Hg.): Risk Evaluation and Management. Plenum: New York, S. 183-220.
- Mintroff, I.I., Turoff, M. (1975): Philosophical and Methodological Foundations of Delphi. In: H.A. Linstone and M. Turoff (Hg.): The Delphi Method. Addison-Wesley: Reading, MA, S. 17-36.
- Phillips, L.D. (1979): Introduction to Decision Analysis, Tutorial Paper 79-1. London School of Economics and Political Science: London.
- Raiffa, H. (1973): Einführung in die Entscheidungstheorie. München.
- Raiffa, H. (1982): The Art and Science of Negotiation. Harvard University Press: Cambridge.
- Rawls, J. (1971): A Theory of Justice. Harvard University Press: Cambridge.
- Renn, O. (1986): Decision Analytic Tools for Resolving Uncertainty in the Energy Debate. In: Nuclear Engineering and Design, 93, Nr. 2&3 (1986), S. 167-180.
- Renn, O. (1992): Die Bedeutung der Kommunikation und Mediation bei der Entscheidung über Risiken. In: Umweltrecht in der Praxis, Heft 6, Nr. 4 (August 1992), S. 275-308.
- Renn, O., Kotte, U. (1984): Umfassende Bewertung der vier Pfade der Enquete - Kommission auf der Basis eines Indikatorkatalogs. In: G. Albrecht und H. U. Stegelmann (Hg.): Energie im Brennpunkt. HTV Edition "Technik und Sozialer Wandel", München, S. 190-232.
- Slovic, P. (1987): Perceptions of Risk. In: Science, 236 (April 1987), 280-285.
- Simon, H. (1976): Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations, 3. Aufl., Basic: New York.

- Tversky, A. (1972): Elimination by Aspects: A Theory of Choice. In: *Psychological Review*, 79 (1972), S. 281-299.
- Weber, M. (1983): *Entscheidungen bei Mehrfachzielen*. Wiesbaden.
- Weber, M., Eisenführ, F., von Winterfeldt, D. (1988): The Effects of Splitting Attributes on Weights in Multi-Attribute Utility Measurement. In: *Management Science*, 34 (1988), S. 431-445.
- Winterfeldt, D. von (1980): Structuring Decision Problems for Decision Analysis. In: *Acta Psychologica*, 45 (1980), S. 71-93.
- Winterfeldt, D. von, Edwards, W. (1984): Patterns of Conflict about Risk Debates. In: *Risk Analysis*, 4 (März 1984), S. 55-68.
- Winterfeldt, D. von, Edwards, W. (1986): *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Watson, S.R. (1982): Multi-attribute Utility Theory for Measuring Safety. In: *European Journal of Operational Research*, 10 (1982), S. 77-81.
- Webler, T., Levine, D., Rakel, H., Renn, O. (1991): TA Novel Approach to Reducing Uncertainty: The Group Delphi. In: *Technological Forecasting and Social Change* . Heft 39, Nr. 3 (1991), 253-263.
- Winkler, R.L. (1968): The Consensus of Subjective Probability Distributions. In: *Management Science*, 15 (1968), S. B61-B75.