

6.2 Typen der Technikbewertung

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, technische Entwicklungen zu bewerten. Eine Bewertung kann sich beispielsweise auf eine bereits vorhandene, auf dem Markt befindliche technologische Entwicklung richten. Hierbei handelt es sich um eine nachträgliche Bewertung der Technik.

Eine Bewertung von Technik kann sich aber auch auf eine vorgegebene Aufgabe beziehen, die mittels geeigneter technischer Lösungen zu bewältigen ist. Bei dieser Art der Bewertung werden verschiedene technische Alternativen bezüglich ihrer Vor- und Nachteile bewertet.

Grundsätzlich lassen sich in der Literatur zur Technikbewertung zwei Stränge von Bewertungstypen (*siehe Abb. 10*) herauskristallisieren.

Der erste Strang beinhaltet die *zeitliche Ausrichtung*¹, d.h. es wird unterschieden nach dem Zeitpunkt, an dem eine Studie zur Technikbewertung (bezüglich der Technikenstehung bzw. Technikanwendung) durchgeführt wird. Dieser Strang läßt sich typologisch in die *innovative* und *projektive* Technikbewertung sowie die *reaktive* und *retrospektive* Technikbewertung gliedern.

Der zweite Strang beinhaltet den *Anlaß* einer Studie zur Technikbewertung, d.h. es wird nach dem *Problem*, der *Technik* und dem *Projekt* differenziert. Dementsprechend gibt es eine *probleminduzierte* Technikbewertung, eine *technikinduzierte* Technikbewertung und eine *projektinduzierte* Technikbewertung.²

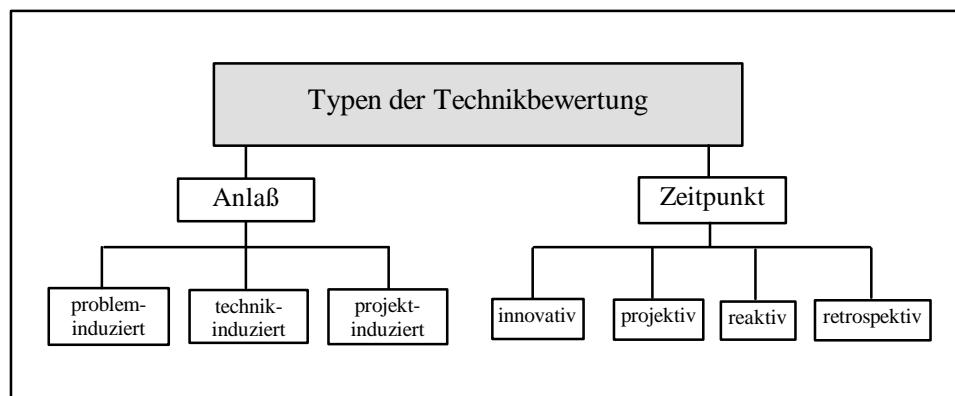


Abb.10 Einteilung der Typen der Technikbewertung nach Zeitpunkt und Anlaß

Die Abb. 10 zeigt die beiden Stränge, die in der Praxis auch verschmolzen sein können (z.B. innovative-probleminduzierte Technikbewertung, reaktive-

¹ Die Einteilung nach dem zeitlichen Bezug erfolgt erstmals bei MAYO, L. H. (1972, S. 4). Danach kann eine Technikbewertung reaktiv, projective, reactiv-projectiv angelegt sein. (Vgl. HEPPNER, A. 1989, S. 18)

² Während in der VDI Richtlinie 3780 (VDI 1991, S. 14f.) von probleminduzierter und technikinduzierter *Technikbewertung* gesprochen wird, verwendet der BMFT (1989, S. 11) die Bezeichnung probleminduzierte und technikinduzierte *Technikfolgenabschätzung*. Es handelt sich dabei nur um Unterschiede im Sprachgebrauch, von der Sache gibt es zwischen den beiden Bezeichnungen keine Unterschiede.

technikinduzierte Technikbewertung)¹. In den folgenden Beschreibungen wird jedoch wegen des besseren Verständnisses nur auf die jeweils „reine Form“ der Typen eingegangen.

Die *Abb. 11* verdeutlicht mögliche idealtypische Phasen einer Technologie von der *Kognition* bis hin zur *Diffusion* und *Außerbetriebnahme*. Sie soll veranschaulichen, zu welchem Zeitpunkt eines *Technologielebenszyklus* eine Technikbewertung stattfinden kann, dient aber auch dem besseren Verständnis bei der Beschreibung der Typen der Technikbewertung. Aus diesem Grund sind die Typen der Technikbewertung der zeitlichen Ausrichtung nach den Technologiestufen zugeordnet, an denen die entsprechende Art der Technikbewertung erfolgen kann.²

Die Phase der *Kognition* beinhaltet Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung (z.B. Ideen, Entdeckung eines Effektes oder Gesetzes), die ein Potential für mögliche Erfindungen eröffnen können. Bei der Kognitionsphase handelt es sich nicht um eine Voraussetzung der Inventionsphase, vielmehr ist sie ein möglicher, aber nicht zwingend notwendiger Beginn für den Lebenszyklus einer Technologie.³ So kann beispielsweise ein Erfinder eine Erfindung tätigen, ohne daß er über die theoretischen Erkenntnisse naturgesetzlicher Bedingungen verfügt, die der Erfindung zugrunde liegen. Oftmals wurden und werden technische Gegenstände und Verfahren realisiert, ohne die Kenntnis der naturwissenschaftlichen Grundlagen.

Die zweite Lebenszyklusphase einer Technologie stellt die *Invention* dar, in der enaktiv (konkret handelnd), ikonisch (z.B. mittels Zeichnung, Diagramm, Graphik, Modell) und / oder symbolisch (z.B. durch verbale Mitteilung, mathematische Zeichensysteme, logische Verknüpfungen) die Funktionen oder Strukturen einer Erfindung bzw. technischen Neuerung dargestellt und überprüft werden, bevor sie zum realen Einsatz kommt. Die sich anschließende Phase der *Innovation* beinhaltet die technisch-wirtschaftlich erfolgreiche Realisierung der Erfindung, in der auch noch Verbesserungen am Objekt vorgenommen werden. Die Phase der *Diffusion* stellt schließlich die Ausbreitung bzw. allgemeine Nutzenanwendung und eventuelle Imitation der Neuerung nach der Markteinführung dar. Bei der Imitation handelt es sich um später nachfolgende Varianten der Ursprungsinnovation.⁴ Abschließend ist die Phase der *Außerbetriebnahme* zu nennen, die in der Literatur oftmals vergessen wird. In dieser Phase werden z.B. aufgrund der Alterung, Abnutzung, neuer Modetrends u.a. die Errungenschaften vom Markt genommen und dann z.B. nach vorherigem Demontieren, Zerkleinern der Stoffe dem Recyclingprozeß zugeführt oder als Sondermüll gelagert.

¹ Siehe hierzu: KÖNIG, W.; RAPP, F. 1994, S. 21f.

² Das Adjektiv „*innovativ*“ der *Abb. 11* bezieht sich auf die zeitliche Ausrichtung einer Technikbewertung, das Nomen „*Innovation*“ hingegen auf den Lebenszyklus einer Technologie; die Begriffe werden also in diesem Zusammenhang nicht gleichbedeutend verwendet.

³ Aus diesem Grund ist die Phase der *Kognition* in der *Abb. 11* mit einem gestrichelten Rahmen versehen.

⁴ Vgl. ROPOHL, G. 1979, S. 272ff.; 1996, 229f.; RAMMERT, W. 1992; S. 180

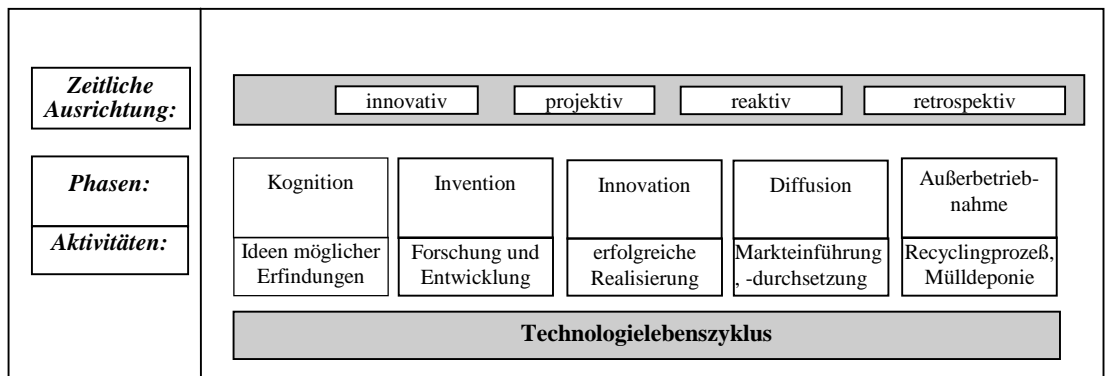


Abb.11 Zeitpunktbezogene Einteilung der Typen der Technikbewertung in Verbindung des Technologielebenszyklus

Wird im Rahmen einer Technikbewertung der Lebenszyklus einer technologischen Entwicklung bestimmt, dann können mögliche Handlungsoptionen¹ aufgezeigt werden, um gezielten Einfluß auf die weitere Technikentwicklung bzw. Technikgestaltung zu nehmen. Hat beispielsweise bereits eine Marktdurchdringung stattgefunden, dann kann aus dem bisherigen Verlauf der technologischen Durchdringung und der Fülle der Anwendungen in einem gewissen Maße abgeleitet werden, wie die weitere Entwicklung sein wird. Da aber oftmals zu viele unbekannte Faktoren auf die technologische Entwicklung und wirtschaftliche Situation (z.B. Konsumentenverhalten, Steuersenkung oder -erhöhung) Einfluß nehmen, sind zuverlässige Aussagen oftmals nur über einen kurzen Zeitraum möglich. In der Regel ist die Phase *Kognition* und die Phase der *Diffusion* nicht eindeutig im voraus planbar. Zu planen sind lediglich die Zwischenphasen des Technologielebenszyklusses.

6.2.1 Zeitpunktbezogene Technikbewertung

6.2.1.1 Innovative Technikbewertung

Die innovative Technikbewertung erfolgt zu einem relativ frühen Zeitpunkt, nämlich dann, wenn technische Lösungen für gegebene Probleme gesucht werden bzw. erste Lösungskonzepte entwickelt werden; also zu einem Zeitpunkt, an dem die Forschung und eine weitere Entwicklung noch wesentlich durch die gewonnenen Ergebnisse verändert werden können.² Bereits im Stadium der Forschung und Entwicklung einer Technologie wird durch Rückkopplung der Ergebnisse in den Prozeß der Forschung und Entwicklung eine lenkende Wirkung angestrebt.

Diese Art der Technikbewertung wurde in erster Linie konzipiert, um grundsätzlich vorhersehbare negative Folgen zu minimieren. Dazu werden die Ergebnisse der Technikfolgenforschung (siehe dazu Kapitel 6.3.2.1) von der ersten Erfindungsidee bis zur Vorbereitung einer technischen Neuerung in den Entwicklungsprozeß eingespeist. Somit können möglichst frühzeitig negative Folgen als Vermeidungsziele in das Pflichtenheft eines Projektes aufgenommen werden. Die innovative Technikbewertung ist also als ein konstruktiver

¹ Zu den Handlungsoptionen siehe Kapitel „Phasen der Technikbewertung“

² VDI 1991; S. 14; BRENNECKE, V. M. 1999, S. 56

Bestandteil der technischen Entwicklung zu betrachten. Anstatt die technologische Entwicklung nur zu beobachten und später zu beklagen, was kaum mehr zu ändern ist, nimmt sie Einfluß auf den gesamten Entwicklungsprozeß.¹

Darüber hinaus hat sie einen ökonomischen Nutzen, denn es ist sinnvoll, Technologien soweit wie möglich vor ihrer Anwendung auf potentielle negative Folgewirkungen zu untersuchen, damit es nicht zu unnötigen Investitionen kommt, die durch eine erforderliche nachträgliche Modifikation oder Stilllegung verloren gehen. Ferner kann ein Unternehmen, das auf der Basis einer Technikbewertung die Folgen seiner Produkte im Blick hat, langfristig einen Imagegewinn verbuchen, welcher sich wiederum gut vermarkten läßt.²

Dies ist beispielsweise ein Grund dafür, daß sich die innovative Technikbewertung nicht nur an die staatliche Technologiepolitik, sondern vor allem auch an die Industrie wendet, wo technische Neuerungen entstehen. Die Forderung nach der innovativen Technikbewertung als eine integrale Aufgabe eines Unternehmens liegt aber auch darin begründet, daß der Einfluß der Politik auf die technologische Entwicklung nur in einem bestimmten begrenzten Umfang möglich ist. Oftmals greift der Staat erst zu einem späten Zeitpunkt mit entsprechenden Vorschriften korrigierend auf die weitere technische Entwicklung ein, meist dann, wenn wissenschaftliche Untersuchungen bzw. neuere Erkenntnisse vorliegen und auf die Schädlichkeit hinweisen. Für ein Unternehmen ergibt sich aus dieser Tatsache ein Dilemma.³

- (1) Berücksichtigt ein Unternehmen die Auswirkungen seiner Produkte nicht, weil noch keine gesetzlichen Vorschriften vorliegen, so kann es in die Lage kommen, durch nachträgliche erforderliche Veränderungen am Produkt finanzielle Einbußen hinnehmen zu müssen oder gar das Produkt vom Markt zu entfernen.
- (2) Berücksichtigt ein Unternehmen die frühen Erkenntnisse einer Technikbewertung, so läuft das Unternehmen Gefahr, nicht mehr wettbewerbsfähig zu bleiben. Da also in der freien Wirtschaft der Wettbewerb bestimmend ist, dürften selbstaufgelegte Restriktionen seitens eines Unternehmens seltener der Fall sein. Oftmals scheinen sogar unerwünschte Folgen aufgrund des zu erwartenden Nutzens (wenn auch nur kurzfristig) in Kauf genommen zu werden.

Trotz der oben aufgeführten Problematik muß es eine Grundforderung sein, die innovative Technikbewertung als einen integralen Bestandteil der technischen Entwicklung zu verstehen, die sich sowohl in Industrie, Politik, Gesellschaft und Wissenschaft zu vollziehen hat. Diese Forderung macht jedoch einen Lernprozeß in den einzelnen Bereichen erforderlich. Die Technikbewertung sollte sich nicht nur auf den Bereich der Nachbesserung von unerwünschten Technikfolgen

¹ ROPOHL, G. 1992, S. 32; ROPOHL, G. 1996, S. 261

² PASCHEN, H.; GRESSER K.; CONRAD, F. 1978, S. 18; MAI, M. 2001, S. 121f.

³ Vgl. ROPOHL, G. 1992, S. 32; ROPOHL, G. 1994b, S. 328f; FLEISCHMANN, G. 1987, S. 74

beschränken, sondern bereits zu einem frühen Zeitpunkt stattfinden, wenn auf die weitere Entwicklung gestaltend eingewirkt werden kann.

Ferner ist die Technikbewertung im industriellen Bereich, wenn sie nicht zu Wettbewerbsnachteilen führen soll, letzten Endes auch auf die Unterstützung des Staates angewiesen.¹

Ein Problem ist, daß bei einer Technikbewertung, die zu einem sehr frühen Zeitpunkt einsetzt, Nebenfolgen aufgrund des mangelnden Genauigkeitsgrades an Basisinformationen schwer vorhersagbar sind. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, Untersuchungen zur Technikbewertung in bestimmten Zeitabständen wieder aufzugreifen, um sowohl unbemerkte Auswirkungen einer Technologieanwendung aufzuspüren als auch Veränderungen im gesellschaftlichen Problembewußtsein und somit des Wertesystems aufzudecken. Die Ergebnisse sind dann im weiteren Verlauf der Entwicklung zu berücksichtigen.²

Um die Lücke zwischen dem zu frühen oder zu späten Beginn einer Technikbewertung zu schließen, was einige Autoren³ als den „archimedischen Punkt“ der Technikbewertung bezeichnen, richtet sich seit den letzten Jahren die Aufmerksamkeit der Forschung nicht nur auf die *Technikfolgenforschung*, sondern zusätzlich auch auf die *Technikgeneseforschung*.

Ziel der Technikgeneseforschung ist es, die Entstehungs- und Durchsetzungsbedingungen neuer Techniken zu analysieren, um konkrete Ansatzpunkte der Technikgestaltung zu erhalten. Es geht dabei nicht um das Analysieren möglicher Folgen (z.B. soziale Auswirkungen, mögliche monetäre Gewinne, Verluste) einer Technik, sondern es werden die sozialen Bedingungen der Erfindung, Konstruktion und Entwicklung von Techniken (Technikgenese) untersucht.⁴ Mit anderen Worten: sowohl „jene Faktoren, die den Prozeß der Technikentwicklung bestimmen als auch die Bedingungen, die zu der konkreten Gestalt einer bestimmten Technik führen“,⁵ werden mit dem Ziel betrachtet, Einfluß auf die weitere Technikgestaltung zu nehmen.

Im Gegensatz zur reaktiven oder retrospektiven Technikbewertung, bei denen eine technische Entwicklung bereits abgeschlossen ist, sind bei der innovativen Technikbewertung Korrekturen der weiteren Entwicklung möglich. Eine Voraussetzung dafür ist, daß Analysen über Technikfolgen durchgeführt werden.

¹ RAMMERT, W. (1992, S. 177) merkt dazu an: „Die staatliche Technologiepolitik sieht sich zunehmend im Dilemma gefangen, neue Technologien zu fördern, damit die nationale Industrie im internationalen Wettbewerb bestehen kann, und gleichzeitig Folgen für Umwelt und Gesellschaft frühzeitig zu erkennen, um Risiken einzudämmen und die Akzeptanz der neuen Technik zu gewährleisten. Dafür bedarf sie einer Bewertung und Abschätzung von Technikfolgen zu einem Zeitpunkt, an dem die Technik noch in der Entwicklungsphase [der. Verf. (Phase der Invention)] steckt, also keine Erfahrungen über den täglichen Umgang mit ihr vorliegen.“ Vgl. auch ROPOHL, G 1994 b, S. 337f.

² PASCHEN, H. u.a. 1978, S. 20

³ DIERKES, M.; HOFFMANN, U.; MARZ, L. 1992, S. 9

⁴ RAMMERT, W. 1993, S. 9, vgl. auch BULLINGER, H. J. 1994, S. 23f.; DIERKES, M.; HÄHNER, K. 1999, S. 105

⁵ DIERKES, M.; HOFFMANN, U.; MARZ, L. 1992, S. 9

Dementsprechend behandeln Arbeiten zur Technikgenese „den Entstehungsprozeß von Technik, in dem sie entweder ein Erklärungsmuster für die gesamte technische Entwicklung anbieten oder sich speziell auf die Phasen der Technikgestaltung, der Innovation und der Forschung beziehen oder exemplarisch einzelne Fälle von Technikentwicklung rekonstruieren.“¹

Im Rahmen der Technikgeneseforschung werden sog. *Leitbilder* analysiert, um Einfluß auf die Gestaltung der Technik zu nehmen. Bei den Leitbildern² handelt es sich um handlungsleitende Motive, Wahrnehmungen, Wertmaßstäbe, Verhaltensweisen, Sichtweisen (beispielsweise eines Entwicklungsteams über die Folgewirkungen einer Technologie), die einen wesentlichen Einfluß auf die Forschungs- und Entwicklungsentscheidungen ausüben. Besonders in den Phasen, in denen über weitere Entwicklungswege entschieden werden muß, ob ein bestimmter Weg beschritten werden soll oder nicht, kommen den oben genannten Faktoren eine wesentliche Rolle zu.³

Inwieweit mittels der Technikgeneseforschung bzw. mit Hilfe der Leitbilder dem verfrühten oder verspäteten Beginn einer Studie zur Technikbewertung begegnet werden kann, wie DIRKES, HOFFMANN, MARZ anführen, ist fragwürdig. Dennoch kann den Leitbildern eine wesentliche Rolle im Prozeß der Technikbewertung zugeschrieben werden, da Leitbilder auf die zu treffenden potentiellen Entscheidungen des einzelnen in der Entwicklung und Forschung wesentlichen Einfluß nehmen. D.h. die Sicht bzw. Vorstellung, die jemand (z.B. Ingenieur, Politiker) über die zu gestaltende Zukunft hat, ist maßgebend dafür, inwieweit eine Entwicklungsrichtung eingeschlagen wird oder nicht.

6.2.1.2 Projektive Technikbewertung

Die *projektive* Technikbewertung beschäftigt sich, ebenso wie die innovative Technikbewertung, mit den möglichen Folgen einer technischen Neuerung vor deren Markteinführung bzw. -durchsetzung. Sie setzt jedoch nicht so früh ein wie die innovative Technikbewertung, so daß die Phase der Invention nicht mehr so wesentlich verändert werden kann wie bei der innovativen Technikbewertung.

6.2.1.3 Reaktive Technikbewertung

Bei der *reaktiven* Technikbewertung setzt der Bewertungsprozeß zu einem sehr späten Zeitpunkt ein, nämlich dann, wenn die Forschung und Entwicklung einer Technik bereits weitgehend abgeschlossen ist oder sich schon durchgesetzt hat. Sie setzt in der Regel am Ende der Innovationsphase ein, der Phase, in der eine Erfindung technisch und wirtschaftlich verwirklicht werden soll. Diese Art der Technikbewertung ist also insofern reaktiv, als daß sich Entscheidungsträger in der Gesellschaft oder in der Politik zu einem relativ späten Zeitpunkt die Frage

¹ Rammert, W. 1993, S. 19

² Eine ausführliche und detaillierte Einführung über den Begriff des Leitbildes und seiner Geschichte geben: Dierkes, M.; Hoffmann, U.; Marz, L. 1992; zu Leitbildern in der Technikbewertung siehe Mai, M. 2001, S. 106ff.

³ Dierkes, M. 1991, S. 1505; vgl. auch Dierkes, M. 1992, S. 69f.

stellen, ob eine neue Technik problematische oder gar gefährliche Folgen für die Umwelt, Gesellschaft u.a. beinhaltet.¹

Trotz des späten Zeitpunktes ist diese Art der Technikbewertung dennoch sinnvoll. Sie ist unerlässlich, wenn man bedenkt, daß oftmals unerwünschte Nebenfolgen mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung auftreten oder erkennbar werden. Ein Beispiel sind chemische Stoffe, die sich erst aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse im nachhinein als mutagen oder kanzerogen herausstellen. Ein Beispiel ist auch der Einsatz der FCKW mit seinen möglichen Auswirkungen auf das Klima.

Es ist zu bedenken, daß bei einer Umsetzung der Ergebnisse der reaktiven Technikbewertung in die Praxis mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen ist, da nachträgliche Verbesserungen oder das Rückgängigmachen bereits gefällter Entscheidungen oftmals mit erheblichen finanziellen Verlusten verbunden sind. Es scheint aus diesem Grund realistisch, die Hauptlast der Durchführung der reaktiven Technikbewertung dem staatlichen Handeln zuzuschreiben und nicht dem der Industrie. Der Staat ist dann im weiteren gefordert, entsprechende Rahmenbedingungen (Vorschriften, Gesetze, Verbote u.a.) zu setzen, so daß die Entwicklung der Technik in entsprechende Bahnen gelenkt wird.

6.2.1.4 Retrospektive Technikbewertung

Die *retrospektive Technikbewertung*, die auch als historische Technikbewertung bezeichnet wird, beschäftigt sich mit der Entwicklung ehemaliger Technologieanwendungen. Ziel dieser Art der Technikbewertung ist es, Informationsdefizite aufzuzeigen, bei deren vorherigen Kenntnissen eingetretene negativen Folgen einer Technik hätten vermieden werden können.

Der Ursprung dieser Art der Technikbewertung wird in Großbritannien gesehen. Dort war man Ende der 60er Jahre bemüht, nach sich ereigneten Unfällen Informationen zu sammeln, die bei der technischen Planung vernachlässigt worden waren. Die Untersuchungen der damaligen Zeit beschränkten sich jedoch nur auf technische Unfälle, die aufgrund vorhersehbarer Mängel eintraten.

Während einige Autoren² den Stellenwert der retrospektiven Technikbewertung für sehr gering einschätzen, da sich diese Art der Technikbewertung mit Ereignissen der Geschichte beschäftigt, die sich nicht wiederholen, betonen beispielsweise TARR und COATES³ die Notwendigkeit dieser Art der Technikgeschichtsforschung für die Gegenwart. Sie weisen zwar auch auf die Einzigartigkeit einzelner historischer Ereignisse hin, argumentieren jedoch, daß sich einzelne Teilprozesse im Laufe der Geschichte durchaus wiederholen können. Wenn die retrospektive Technikbewertung die Beziehungen zwischen der Technik und der Gesellschaft aufzeigt, dann kann sie mithelfen, technologiepolitische

¹ VDI 1991a, S. 14; ROPHOL, G. 1996, S. 229f.

² Exemplarisch hierfür ist WHITE, L. 1986, S. 51

³ Nach ANDERSEN, A. 1996, S. 33

Entscheidungen auf der Grundlage einer breiten verfügbaren Informationsbasis zu treffen.¹

6.2.2 Anlaßbezogene Technikbewertung

6.2.2.1 Probleminduzierte Technikbewertung

Die *probleminduzierte* Technikbewertung sucht nach Möglichkeiten zur Lösung bereits bestehender technischer Probleme. Ausgehend von gesellschaftlich vorgegebenen Aufgaben bzw. Problemlagen, sollen geeignete technische Lösungen ermittelt und bezüglich ihrer Vor- und Nachteile abgewogen und bewertet werden.²

Studien zur probleminduzierten Technikbewertung können sich beispielsweise mit der Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, hervorgerufen durch Fluor-Chlor- Kohlenwasserstoffe³ (FCKW), oder mit der CO₂-Problematik in der Atmosphäre beschäftigen. Sie können sich aber auch mit der Fragestellung auseinandersetzen, inwieweit eine ausreichende Energieversorgung oder Fernverkehrsverbindung sichergestellt ist.

Um die mittels einer Studie zur Technikbewertung aufgezeigten akuten oder auch vorhersehbaren Probleme der Gesellschaft zu lösen, sollen alternative *technische* oder auch *nicht-technische* Wege zur Lösung der Probleme geprüft werden.⁴ Es ist die ganze Palette alternativer Lösungstechnologien für ein akutes oder vorhersehbares gesellschaftliches Problem zu betrachten.

Wenn es beispielsweise um die Sicherstellung des Transportbedarfes geht, bietet sich sowohl der Ausbau einer Autobahn als auch der des Schienenverkehrs (Eisenbahn, Straßenbahn, Magnetschwebebahn u.a.m.) oder des Luftverkehrs an. Es besteht aber ebenfalls die Option, das Verkehrsaufkommen zu reduzieren.

Besteht die gesellschaftliche Problemlage darin, eine Wohnraumtemperatur über längere Zeit gegen Witterungsschwankungen konstant zu halten, so sind nicht nur unterschiedliche Heizsysteme zu berücksichtigen, sondern auch bautechnische Möglichkeiten der Wärmedämmung und Aspekte der Verhaltensänderung.⁵

¹ ANDERSEN, A. 1996, S. 33

² VDI 1991, S. 14

³ Im Jahre 1928 gelang es erstmals Chemikern des Automobilkonzerns General Motors FCKW synthetisch zu gewinnen. Zu diesem Zeitpunkt waren sich die Forscher sicher, daß es sich bei diesem künstlich hergestellten chemischen Stoff nicht nur um ein hervorragendes Kühlmittel handelt, sondern aufgrund seiner chemisch „inerten“ Eigenschaft (Stabilität der Moleküle, d.h. reaktionsträge Eigenschaft) ein ideales Industriegas darstellte. Die Eigenschaften der FCKW's (ungiftig, unbrennbar, nicht korrosiv und leicht zu komprimieren) führte dazu, das dieser Stoff als Treibgas in Spraydosen, Aufschäummittel für Kunststoffe, Reinigungsmittel für elektronische Platinen u.a. im großen Mengen Verwendung fand. Nahezu fünf Jahrzehnte später kamen Wissenschaftler zum Ergebnis, daß diese FCKW's und die ihnen verwandten bromhaltigen Verbindungen die Ozonschicht zerstören. (MÜLLER, W. 1993, S. 4) Näheres zu den Ursachen und Auswirkungen von Ozon siehe BALLSCHMITER, K. 2001, S. 12f. im Jahrbuch der Akademie für Technikfolgenabschätzung.

⁴ Vgl. PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. 1978, S. 17.; PASCHEN, H.; BECHMANN, G; WINGERT, B. 1990, S. 51

⁵ ROPOHL, G. 1996, S. 185

Als Resultat kann der probleminduzierte Ansatz zu einer neuen oder veränderten Bewertung vorhandener Techniken führen. Dieser Ansatz kann auch zur Identifizierung von Technikdefiziten dienlich sein. Aus diesen Technikdefiziten können dann Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen abgeleitet werden, um zu Problemlösungen mit möglichst wenig negativen Neben- und Folgewirkungen zu gelangen.¹

Um sich wissenschaftlich fundiert mit den Möglichkeiten zur Lösung existierender gesellschaftlicher Probleme auseinanderzusetzen, wird dem BMFT vom beratenden Sachverständigenausschuß empfohlen, *Technikfolgenforschung* als Voraussetzung der probleminduzierten Technikbewertung zu fördern. Die Technikfolgenforschung soll wissenschaftliche Informationen liefern, um möglichst rationale Beurteilungen und Entscheidungen zu treffen.

Die Technikfolgenforschung wird definiert als „wissenschaftliche, d.h. theoretisch orientierte und methodisch kontrollierte Gewinnung notwendiger Informationen.“² Sie ist „in der Regel Grundlage und/oder Komponente eines Bewertungsprozesses, bei dem es um das Abwägen darüber geht, welcher Nutzen und Schaden entsteht, wenn eine Technik eingeführt oder nicht eingeführt wird, wenn sie verändert oder nicht verändert wird, wenn sie beibehalten oder nicht beibehalten wird, wenn sie zur Lösung bestimmter Probleme herangezogen oder nicht herangezogen wird.“³

6.2.2.2 Technikinduzierte Technikbewertung

Die *technikinduzierte*⁴ Technikbewertung, beschäftigt sich mit Studien zu bereits vorhandenen oder produktionsreifen Technologien bzw. technischen Anwendungen. Die potentiellen Folgen eines möglichen Technikeinsatzes sollen ermittelt und bewertet werden.

So kann beispielsweise der Prototyp einer bereits vorhandenen Magnetschwebbahn hinsichtlich seines Gesamtfolgenspektrums im Vergleich zu anderen Verkehrssystemen untersucht werden.⁵ Ein anderes Beispiel ist die Betrachtung einer Energieversorgung, basierend auf regenerativen Energieträgern, die zu anderen Energieversorgungssystemen (z.B. Atomkraftwerk, Kohlekraftwerk) konkurriert. Weitere Beispiele, die sich mit der Problematik bereits vorhandener oder potentieller Technologieanwendungen und deren möglichen Folgen für die Gesellschaft beschäftigen, sind das Kabelfernsehen, die Verwendung von Erkundungssatelliten, Multimedia sowie Teleshopping. Daraus wird ersichtlich, daß der Prozeß der technikinduzierten Technikbewertung bzw. eine Studie zur Technikbewertung von einer bereits verfügbaren Technik angestoßen wird.

¹ BMFT 1989, S. 11

² BMFT 1989, S. 10

³ BMFT 1989, S. 15

⁴ Die technikinduzierte Technikbewertung wird von einigen Autoren auch als *technologieinduzierte* Technikbewertung bezeichnet.

⁵ VDI 1991, S. 14

Als Resultat der technikinduzierten Technikbewertung wird eine bereits vorhandene Technologie neu bewertet, um damit die Chance zu bieten, bessere technische Lösungen zu realisieren und den technischen Wandel in den Grenzen des Machbaren zu gestalten.¹

6.2.2.3 Probleminduzierte Technikbewertung versus technikinduzierte Technikbewertung²?

Dem Bundesminister für Forschung und Technologie wird vom beratenden Sachverständigenausschuß empfohlen, beide Ansätze für künftige Förderungsprogramme zu berücksichtigen, wobei jedoch dem probleminduzierten Ansatz der Vorrang zu geben sei. Dieses wird damit begründet, daß:

- Technik als Mittel zum Zweck zu konzipieren, zu nutzen und zu bewerten ist.
- bei einer frühzeitigen Problemwahrnehmung am ehesten die Chance besteht, Fehlentwicklungen zu korrigieren und geeignete Problemlösungen zu entwickeln.³

Es läßt sich sicherlich nicht von der Hand weisen, daß bei einer probleminduzierten Technikbewertung sehr viel umfassendere Gestaltungspotentiale gegenüber der Technik möglich sind, schließlich soll für ein bestimmtes gesellschaftliches Problem die „beste“ technische Lösung gefunden werden. Es können gegebenenfalls verschiedene alternative Lösungswege für ein Problem in Betracht gezogen werden.

Bei dem technikinduzierten Ansatz wird eine vorhandene oder produktionsreife Technik oftmals zu einem relativ späten Zeitpunkt bewertet. Die Gesellschaft wird mit den Folgen einer Technik konfrontiert und kann erst dann entscheiden, inwieweit sie bereit ist, dies zu tolerieren. Beim Abwägen welcher Technikbewertung der Vorzug zu geben ist, sollte berücksichtigt werden, daß es sich beim technikinduzierten Ansatz auch um eine bereits in Gebrauch genommene Technik handeln kann, die modifiziert wird bzw. wurde. Die Veränderung einer bestehenden Technik wird in der Regel aufgrund neuer Anforderungen, Bedürfnisse, Wünsche u.a. der Techniknutzer vorgenommen. In diesem Fall sollte die modifizierte Technik bereits im Stadium ihrer Weiterentwicklung verschiedenen Bewertungsgesichtspunkten unterzogen werden.

¹ BMFT 1989, S. 11

² Die probleminduzierte und technikinduzierte Technikbewertung kann nach SCHADE im Bereich des Unternehmens auch als probleminduzierte und technikinduzierte Produktfolgenabschätzung bezeichnet werden. Sie ist also, überspitzt formuliert, die unternehmensbezogene Folgenabschätzung der staatlichen Technikfolgenabschätzung, wobei letztere sich in erster Linie auf die staatliche Verantwortung zur Begrenzung und Abwendung möglicher negativer Folgen für Gesellschaft und Umwelt bezieht. (Vgl. SCHADE, D. 1987, 1991, 1992; vgl. auch MINX, E.; WASCHKE, TH. 1994, S. 400)

³ BMFT 1989, S. 11

6.2.2.4 Projektinduzierte Technikbewertung

Die *projektinduzierte* Technikbewertung beschäftigt sich mit Studien für ganz spezifische Fälle einer Technologieanwendung, wie z.B. der Standortfrage eines Flughafens, Bau eines Kraftwerkes an einem bestimmten Standort, Ansiedlung einer chemischen Fabrik in einer bestimmten Stadt.¹ Die projektinduzierte Technikbewertung wird gelegentlich als eine Sonderform der technikinduzierten Technikbewertung charakterisiert.

6.3 Phasen der Technikbewertung

6.3.1 Vorbemerkung

Bereits im *Kapitel 5.3* wurden vier grobe Arbeitsphasen für die Durchführung von Studien zur Technikbewertung aufgezeigt. Dabei handelte es sich um die in der VDI-Richtlinie 3780 dargestellten Arbeitsphasen.

Neben diesen typischen Arbeitsschritten sind in der Literatur diverse Ablaufpläne² zu finden, die sich nicht in ihrer Grundstruktur jedoch im Detaillierungsgrad unterscheiden.³

Exemplarisch soll das MITRE-Schema vorgestellt werden, das bereits im Jahre 1971 von der Mitre-Corporation, einer privaten Forschungseinrichtung in den USA, erstellt wurde (*siehe Abb.12*).

Zu berücksichtigen ist, daß eine einheitliche, verbindliche und feste Vorgehensweise, nach der eine Studie zur Technikbewertung zu erstellen ist, nicht existiert und nicht existieren kann. Deshalb kann auch die Erwartung all jener, die sich ein fertiges Rezept zum Verlauf einer Studie erhoffen, nicht erfüllt werden.

Je nach Untersuchungsgegenstand bzw. Problembereich ist für den konkreten Fall eine detaillierte Vorgehensweise erforderlich und zu entwickeln, so daß dem vorgestellten MITRE-Schema oder anderen Schemata lediglich eine allgemein strukturierende und anleitende Funktion für künftige Studien zukommt.⁴

¹ PASCHEN, H.; BECHMANN, G.; WINGERT, B. 1990, S. 51; DIERKES, M. 1991, S. 1499

² Zum Beispiel von der MITRE-CORPORATION 1971; OECD 1975; BATELLE-INSTITUT 1976; JOCHEM, E. 1990

³ Bereits PORTER, A. L.; ROSSINI, F. A.; CARPENTER, S. R.; ROPER, A.T. u.a. haben diese diversen Arbeitsablaufpläne gegenübergestellt und keine nennenswerten Unterschiede feststellen können. Die Autoren haben aus diesen unterschiedlichen Schemata ein eigenes entwickelt, das bei ROPOHL, G. 1996, S. 183ff. vorgestellt wird.

⁴ Die im *Kapitel 3.3* beschriebenen Postulate und die im *Kapitel 3.4* aufgezeigten Probleme der Technikbewertung sind in den einzelnen Phasen einer Technikbewertung zu berücksichtigen. Zu den Mißbrauchsmöglichkeiten in den Phasen der Technikbewertung sowie zu Möglichkeiten der Abhilfe siehe RAPP, F. 1999, S. 61ff.

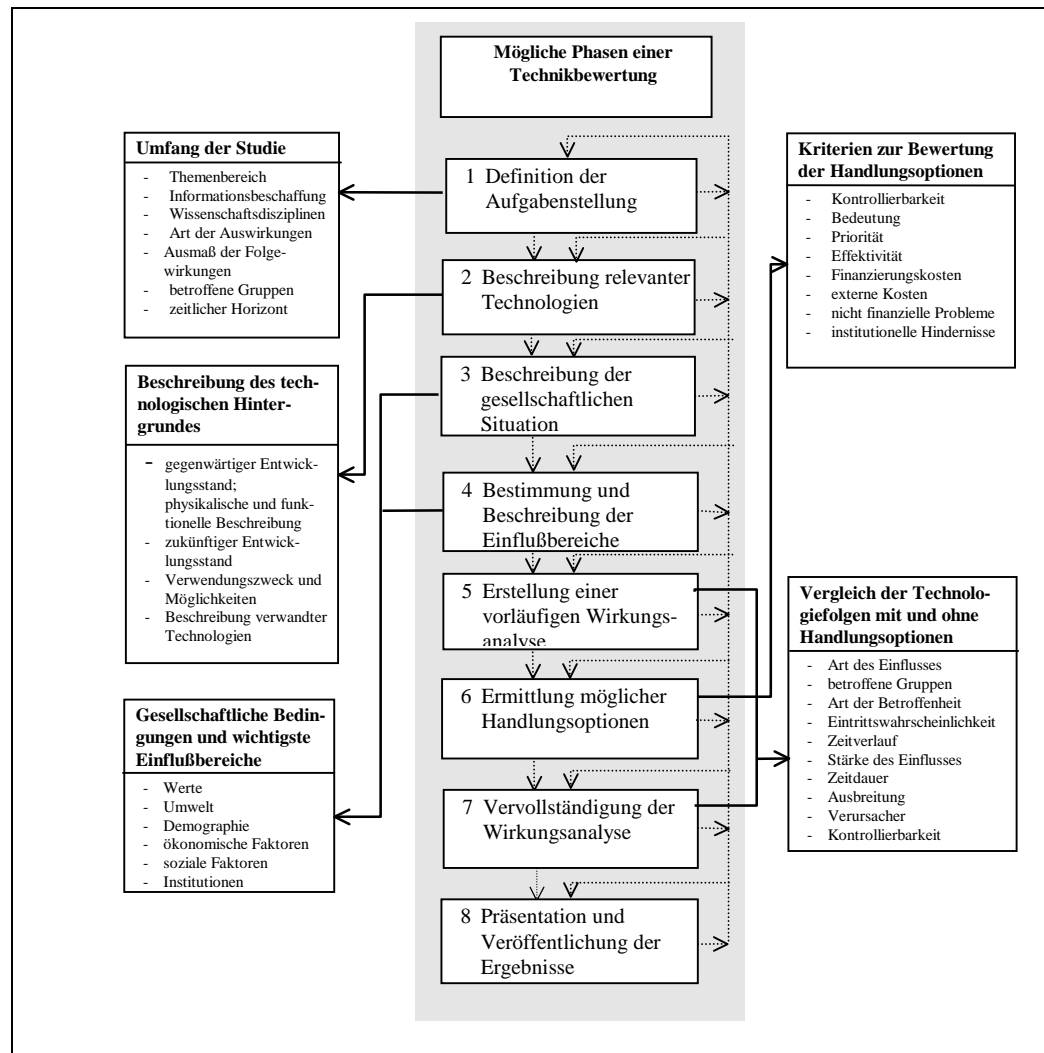


Abb.12 Das Verfahrensschema der MITRE-Corporation (Quelle: ECHTER, R.: Management technologischer Innovationen durch Technology Assessment, in ZPF 1/1981, S. 36. Verändert aus: BÖHRET, F.; FRANZ, P. 1990, S. 112)

In der Praxis werden oftmals einzelne Arbeitsschritte, z.B. aufgrund neuer technologischer Entwicklungen, Veränderungen gesellschaftlicher Werte oder nicht befriedigender Ergebnisse, wiederholt. Es treten Rückkopplungen hinsichtlich der vorherigen Phasen auf. Aus diesem Grund kann das Ablaufschema nicht als eine zeitlich festgelegte lineare Vorgehensweise betrachtet werden, an dem eine Studie zur Technikbewertung starr zu erfolgen hat, sondern es ist als ein *iterativer* Prozeß zu sehen. Da im ursprünglichen MITRE-Verfahrensschema dieser iterative Prozeß nicht beschrieben wurde, wird er durch gestrichelte Linien dargestellt. Ferner können die einzelnen Phasen nicht immer nacheinander abgehandelt werden, sondern müssen nebeneinander bearbeitet werden. Am Ende des Prozesses der Technikbewertung sind die Arbeitsergebnisse in einem Abschlußbericht zusammenzufassen und zu präsentieren. Dieser letzte Schritt wurde ebenfalls im MITRE-Verfahrensschema nicht dargestellt, da man ihn offensichtlich für selbstverständlich hielt. Vollständigkeitshalber wird dieser

Schritt in der *Abb. 12*, durch eine achte Phase ergänzt. Diese acht Phasen werden im folgenden näher beschrieben.¹

6.3.2 Beschreibung der Phasen des MITRE-Schemas

1. Phase - Definition der Aufgabenstellung

Der erste Schritt im Rahmen einer Studie zur Technikbewertung stellt die *Themenfindung* dar. Anstöße zu Studien zur Technikbewertung können von gesellschaftlichen Gruppen sowie den unterschiedlichsten Akteuren aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Öffentlichkeit, Industrie u.a. erfolgen²

Nachdem die Themenbestimmung erfolgt ist, wird im Rahmen einer präzisen *Definition der Aufgabenstellung* eine genaue Abgrenzung vorgenommen, bezüglich dessen, was in der Studie einbezogen werden soll bzw. unberücksichtigt bleiben muß. Da in dieser Phase oftmals die unterschiedlichsten Interessen aufeinandertreffen, stellt diese Phase die erste Schnittstelle³ zwischen Wissenschaft, Öffentlichkeit, Politik und Industrie dar und beinhaltet ein nicht zu unterschätzendes Konfliktpotential.

Bereits in der ersten Phase werden Fragen der *Informationsbeschaffung* aufgeworfen, die sich durch den gesamten Verlauf einer Studie zur Technikbewertung ziehen. Es ist unbedingt offenzulegen, von wem die verwendeten Daten und Informationen stammen. Je nach Herkunft der Informationen und Daten kann möglicherweise ein und derselbe Bewertungsgegenstand eine unterschiedliche Bewertung erfahren.

Die Beschaffung von Daten und Informationen bereitet häufig erhebliche Schwierigkeiten. Oftmals stehen Daten aus dem Bereich der Industrie aus Wettbewerbs- oder anderen Gründen nicht zur Verfügung. Ein solches „Zurückhalten“ kann dazu führen, daß eine Studie nicht in vollem Umfang durchgeführt werden kann oder gar unmöglich wird.⁴

Je nach Auftraggeber können innerhalb einer Studie unterschiedliche Fragestellungen aufgrund des zum Teil gegensätzlichen Interesses (Machbarkeit,

¹ Folgende Beschreibungen teilweise angelehnt an: BECHMANN, G. 1987; S. 32ff; KORNWACHS, K., MEYER, R. 1994; S. 11ff.; ROPOHL, G. 1996; S. 183ff.; ZWECK, A. 1993; S. 124ff.

² Als beispielsweise die Tierarzneimittelindustrie einen Zulassungsantrag bezüglich des in den USA gentechnisch erzeugten Rinderwachstumshormon (rBST) stellte, das dazu gedacht war, die Leistung von Milchkühen zu steigern, traten sowohl in der EU-Kommission, bei einigen Tierärzten als auch besorgten Teilen der Landwirtschaft bedenkliche Stimmen auf. Dies führte dazu, daß vom Bundestag im Jahre 1987 eine detaillierte Studie zu den möglichen Folgen des Einsatzes von rBST in Auftrag gegeben wurde. Die Themenstellung wurde in diesem Fall von unterschiedlicher Seite generiert. Nachdem unterschiedliche Parallelgutachten erstellt, Anhörungen von Tier- und Ernährungswissenschaftlern, Milchverarbeitern, Gesundheitsämtern stattfanden, votierten alle Fraktionen des Bundestages dafür, daß die Bundesregierung darauf hinwirken möge, in der EU das rBST nicht zuzulassen. (vgl. ALBRECHT, S. 1996, S. 24ff.)

³ Nach ZWECK, A. 1993, S. 127

⁴ Vgl. PASCHEN, H; GRESSER, K.; CONRAD, F. 1978, S. 75f.

Verhinderung, vertretbare Entscheidung)¹ in den Vordergrund treten (siehe Abb. 13). Bereits bei der Abgrenzung der Themenstellung gehen die Interessen der Auftraggeber ein. Um eine möglichst „objektive“ Studie zu erhalten, ist ein ausgewogenes Verhältnis der einzelnen Fragestellungen und Methoden anzustreben.

<i>Auftraggeber</i>	<i>zentrale Fragestellungen</i>	<i>Interesse</i>	<i>präferierte Methoden</i>
Befürworter	Welcher zukünftige Nutzen ist zu erwarten? (z.B. ökonomischer, außenpolitischer, technologiepolitischer Nutzen)	Machbarkeit	Abschätzung von Technologiepotentialen, Marktpotentialen; Untersuchung von Spin-off-Effekten, Bewertung des Nutzens
Kritiker, Gegner	Welcher zukünftige Schaden ist zu erwarten? (z.B. ökologisch, sozial, friedenspolitisch)	Verhinderung	Abschätzung von technischen Risiken; Verträglichkeit mit der Umwelt
Technologiepolitiker	Was und wie soll gefördert werden?	vertretbare Entscheidungen	Analyse konkurrierender Technikkonzepte, Folgenanalyse mit unterschiedlichen Ansätzen der Bewertung, Entwicklung von alternativen (politischen) Handlungsoptionen

Abb.13 Schematische Darstellung der interessenabhängigen Fragestellungen und Methoden (verändert aus: KORNWACHS, K.; MEYER, R. 1994, S. 9)

Der Prozeß der Technikbewertung sollte sowohl als ein arbeitsteiliger als auch kooperativer Vorgang der unterschiedlichsten Fachgebiete verstanden werden. Es muß festgelegt werden, welche *Wissenschaftsdisziplinen* in die Untersuchung einzubeziehen sind, um die Vielfalt der Faktoren berücksichtigen zu können, die durch die Themenstellung berührt sein werden. Sollte sich im weiteren Verlauf der Arbeit herausstellen, daß noch nicht benannte Disziplinen berührt werden, sind diese nachträglich einzubeziehen.

¹ Die *Befürworter* eines Projektes werden in erster Linie an der Machbarkeit interessiert sein. Sie werden deshalb hauptsächlich das Potential einer technischen Entwicklung untersuchen; d.h. die voraussichtlich zukünftigen Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten sowie den ökonomischen Nutzen herausstellen. Sie werden desweiteren versuchen nachzuweisen, daß die untersuchte Technologie (bzw. Teile dieser Technologie) auch für andere Bereiche einsetzbar ist bzw. sich Spin-Off-Effekte aus dem Projekt entwickeln werden.

Die *Kritiker* hingegen werden bemüht sein, den angeblichen zukünftigen Schaden (beispielsweise die ökologische und soziale Verträglichkeit) herauszustellen.

Der *Politiker*, der die Entscheidung zu treffen hat, ob eine Technologie gefördert werden soll oder nicht, wird mit dem Interesse der Befürworter und der Gegner konfrontiert, und er muß bei technologiepolitischen Entscheidungen die gegensätzlichen Argumente und Aspekte abwägen.

Eine nähere Ausdifferenzierung des Untersuchungsgegenstandes liefert Hinweise darauf, welche einzelnen Disziplinen und Wissensgebiete voraussichtlich tangiert werden. In diesem Sinne kann bereits eine *Mini-Studie* zur Technikbewertung erstellt werden, in der sowohl ein grober Überblick über die Art und das Ausmaß der zu erwartenden *Auswirkungsbereiche* bzw. Folgewirkungen erfolgt als auch, um spätere Vertiefungen in der Hauptstudie begründeter auswählen zu können.

Nachdem eine grobe Klärung der Auswirkungsbereiche des Untersuchungsfeldes stattgefunden hat und im Anschluß daran die entsprechenden Vertreter der Wissenschaftsdisziplinen zu einem Arbeitsteam benannt worden sind, ist im Hinblick auf die Forderung der Partizipation zu klären, welche einzelnen potentiell und wirklich *betroffenen Gruppen* am Prozeß der Technikbewertung zu beteiligen sind. Eine Beteiligung ist deshalb erforderlich, da ein Projekt nicht nur technische Probleme aufwirft, sondern möglicherweise weitreichende kulturelle oder soziale Folgen implizieren kann. Je nach Problemlage können Anwohner, Verbände, Tarifpartner, Umweltschützer u.a. von einer Technologie als potentiell betroffen gelten. Eine Teilnahme ist deshalb bereits in das Design eines Projektes von vornherein einzubauen.

Häufig ist es schwierig zu entscheiden, wer als betroffen gilt und wie eine Beteiligung erfolgen soll. Denkbar sind Workshops, persönliche Gespräche, Interviews, so daß ein breites Spektrum von Interessen und Problemsichten in den Prozeß der Technikbewertung einmünden.

Oftmals werden bei umfangreicheren Studien Projektbeiräte, die aus unterschiedlichen Wissenschaftlern zusammengesetzt sein können, benannt. Von diesen Projektbeiräten werden die späteren Einzel-, Zwischen- und Endergebnisse, die im Verlauf einer Studie gewonnen wurden, begutachtet, und die Beiräte können bei wichtigen Entscheidungen beratend mitwirken. Darüber hinaus sind bei sehr komplexen Themen externe Gutachter hinzuzuziehen. Bei der Suche nach Institutionen, Informationen und Daten kann die Datenbank zur Technikfolgenabschätzung behilflich sein. Ferner ist in der 1. Phase der *zeitliche Horizont* der Studie abzustecken, in der sie sinnvoll zu realisieren ist.

2. Phase - Beschreibung relevanter Technologien

In dieser Arbeitsphase ist eine noch präzisere Beschreibung des zu beurteilenden Untersuchungsfeldes vorzunehmen und unterschiedliche relevante Technologien, die einander ersetzen oder ergänzen können, sind zu beschreiben. Es wird danach gefragt, ob es sich beim Untersuchungsgegenstand um eine Einzeltechnologie oder eine technische Entwicklungslinie handelt.

- (a) Eine Studie zu den *Einzeltechnologien* beschäftigt sich mit einer einzelnen Technologie bzw. einem Techniksystem. Dementsprechend bewegt sich eine Studie zu den Einzeltechnologien in einem sehr stark eingegrenzten Untersuchungsfeld. Mögliche Handlungsoptionen¹ bestehen in der

¹ Ein wesentlicher Bestandteil von Studien zur Technikbewertung besteht in der Entwicklung von Handlungsoptionen, die darauf abzielen, die untersuchte Technologie so zu verändern, um insgesamt

Ausgestaltung oder den Varianten¹ der zu untersuchenden Technik. Nur wenn unterschiedliche Alternativen vorliegen, ist eine sinnvolle Technikbewertung gewährleistet. Eine Alternative kann auch darin bestehen, daß der momentane Zustand nicht verändert wird.

- (b) Bei einer Studie zu den *technischen Entwicklungslinien* werden verwandte Techniken betrachtet, die auf einer gemeinsamen, grundlegenden Technologie beruhen oder durch gleiche Merkmale und Zielsetzungen charakterisiert sind. Handlungsoptionen können auf die Auswahl besonders förderungswürdiger Einzeltechniken oder Rahmensetzungen (z.B. gesetzlichen Regelungen) abzielen. Ein systematisches Vergleichen unterschiedlicher Heizsysteme (z.B. Öl-, Gas-, Kohleheizungen, Nachtstrom-Speicherheizungen, Wärmepumpen) würde eine Technikbewertung unter dem Aspekt technischer Entwicklungslinien darstellen; sie weisen gleiche Zielsetzungen auf. Diese Art der Studie ist durch eine größere Komplexität gekennzeichnet als eine Einzeltechnologie, und somit weist sie ein weites Untersuchungsgebiet auf. Technische Entwicklungslinien stellen beispielsweise auch sog. Entwicklungsalternativen dar, wie z.B. im Bereich der Weltraumfahrt die bemannte und die unbemannte Raumfahrt.² Bei den Entwicklungsalternativen wird nach den denkbaren Entwicklungschancen einer Technologie gefragt.

Es müssen systematisch Informationen gesammelt werden, um den Ist-Zustand bestimmen zu können. Aus diesem Grund wird zunächst eine Beschreibung des Untersuchungsobjektes vorgenommen, um den derzeitigen Entwicklungsstand und Verwendungszweck einer Technik zu betrachten. Im weiteren Schritt werden dann Annahmen über die *zukünftige Entwicklung des Untersuchungsgegenstandes* getroffen. Dazu zählen beispielsweise Aussagen über die weitere technische Gestaltungs- bzw. Verwendungsmöglichkeit und auch Annahmen über den zu erwartenden Umfang bei einer Anwendung. Entwicklungspotentiale werden aufgezeigt, die ursprünglich nicht mit der Technologie angestrebt wurden.

In der Regel ist es um so schwieriger, Annahmen über die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten einer Technik anzustellen, je weiter der Betrachtungsraum entfernt ist, so daß die technischen Entwicklungsmöglichkeiten nur in Umrissen beschrieben werden können.³ Unsicherheiten der Prognosen sollten durch gezielte Befragung unterschiedlicher Experten, durch

geringere negative Effekte entstehen zu lassen bzw. starke positive Effekte zu fördern. Vgl. PASCHEN, H.; BECHMANN, G.; WINGERT, B. 1990, S. 53

¹ Im Bereich der Kernkraftwerkstechnologie stellen beispielsweise Leichtwasserreaktoren, schnelle Brutreaktoren oder Hochtemperaturreaktoren technische Varianten dar. Das Folgenspektrum dieser Varianten kann unterschiedlich groß sein und die Bestimmung der Folgen unterschiedliche Schwierigkeiten bereiten.

² Zur Aktualität der bemannten und unbemannten Raumfahrt siehe JANICH, P. 2000, S. 147ff.; GETHMANN, C.F. 2000, S. 163ff.

³ Vgl. ALBRECHT, S. 1996, S. 16

Literatúrauswertungen sowie Beschaffung von Informationen aus diversen Betrieben und Forschungseinrichtungen zu mildern versucht werden.

In der 2. Phase scheint es besonders wichtig zu sein, zu präzisieren, um welchen Typ der Technikbewertung es sich handelt. Ausdifferenzierungen der Studie nach dem Anlaß und dem Zeitpunkt sind erforderlich, um Methoden der Technikbewertung begründet auswählen zu können. So werden beispielsweise bei der probleminduzierten und der innovativen Technikbewertung eher qualitative Methoden (z.B. Szenarien, Delphi-Methode) und bei der technikinduzierten und reaktiven Technikbewertung stärker quantitative Methoden (z.B. Trendextrapolation, Kosten-Nutzen-Analyse) herangezogen.

Je nach dem zu welchem Zeitpunkt und zu welchem Anlaß (*siehe Kapitel 6.2*) eine Studie zur Technikbewertung einsetzt, müssen gegebenenfalls Werkstoffe, Produktionsverfahren u.ä. (Schlüsseltechnologien) geschaffen werden, die zur Erreichung des gewünschten Ziels erforderlich sind. Diese sind auf ihre Folgen hin zu untersuchen. Es bedarf gegebenenfalls weiterer Forschung und vieler Problemlösungen im Detail.

3. Phase - Beschreibung der gesellschaftlichen Situation

In der 3. Phase erfolgt eine „präzise“ Beschreibung des Bereiches, in der die Technik Einsatz findet bzw. finden soll. Wesentlicher Punkt in dieser Phase ist die Frage, ob sich eine Technologie in der Bevölkerung durchsetzen kann oder scheitern wird.¹ Aus diesem Grund werden neben der Identifizierung der gesellschaftlichen Situation auch die gesellschaftlichen Entwicklungstendenzen beschrieben. Ferner fließen in dieser Phase Fragen bezüglich der Norm- und Wertvorstellungen in die Untersuchung ein.

4. Phase - Bestimmung und Beschreibung der Einflußbereiche

In dieser Phase sind die unterschiedlichsten Einflußfaktoren zu ermitteln, die auf den Untersuchungsgegenstand einwirken und die Gestaltung der weiteren technologischen Entwicklung maßgeblich beeinflussen können. Außerdem erfolgt eine Bestimmung und Beschreibung der Bereiche, in denen voraussichtlich durch eine Anwendung der Technik Veränderungen eintreten werden.

Bei der Bestimmung und Beschreibung der Einflußbereiche setzt verstärkt die analytisch-prognostische Arbeit ein. Zu analysieren sind u.a. die technischen, rechtlichen, gesellschaftlichen, politischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, die sich beispielsweise in Faktoren konkretisieren lassen wie: Energiepreise, Konsumentenpräferenzen, Arbeitsmarktentwicklungen, Nachfrageentwicklungen, technologische Trends sowie derzeitige Gesetze.

Es erscheint ratsam, im Prozeß der Technikbewertung unterschiedliche Gutachten zur Ermittlung der Wirkungsdimensionen heranzuziehen, damit nicht bewußt oder

¹ Im Bereich der Verkehrstechnik kann beispielsweise die Altersstruktur der Bevölkerung ein wesentliches Kriterium sein. Im Rahmen von Verkehrssystemen ist zu klären, welche Technik auch bei zunehmender Überalterung der Bevölkerung altersgerecht ist, d.h. von älteren Personen zufriedenstellend genutzt werden kann. Es ist zu ermitteln, ob diese Technik den Wünschen, Erwartungen und Bedürfnissen der Menschen entspricht.

auch unbeabsichtigt einzelne Wirkungsdimensionen bzw. Wirkungszusammenhänge vernachlässigt werden. Die Gefahr der Vernachlässigung ist bei nur einem Gutachter sehr hoch. Oftmals bestimmen nicht nur Daten und Erkenntnisse eines Untersuchungsobjekts die Berücksichtigung oder Vernachlässigung von Wirkungsdimensionen, sondern Faktoren wie z.B.:

- wissenschaftliche Unerfahrenheit,
- fachliche Kompetenz,
- persönliche Vorliebe,
- persönliche Einstellung des Menschen zur Technik und den Auswirkungen,
- institutionelle Einbindung,
- Karriereüberlegungen,
- Reputation in der Wissenschaftswelt,
- Zugehörigkeit zu wissenschaftlichen Schulen sowie
- das eigene Weltverständnis des Gutachters.¹

Das Erkennen bzw. Berücksichtigen von Wirkungsdimensionen und von Folgen innerhalb dieser Wirkungsdimensionen kann einem *persönlichen Wandel* unterliegen. Eine Dimension, die möglicherweise heute als nicht beachtenswert angesehen wird, kann beispielsweise in einigen Jahren von ein und demselben Gutachter völlig anders beurteilt werden. Besonders auf Personen, die ihre eigene Leistung bzw. die möglichen Folgen ihrer „eigenen“ technischen Neuerung analysieren sollen, kann dieser Sachverhalt zutreffen. Denn in der eigenen geleisteten Arbeit ist ein Teil der eigenen Persönlichkeit enthalten sowie ein Stück angestrebte Karriere. Je nachdem, inwieweit sich beispielsweise Karriere, persönliche Einstellung oder äußere Umstände verändert haben, kann später eine andere Beurteilung positiver oder negativer erfolgen.

5. Phase - Erstellung einer vorläufigen Wirkungsanalyse

Nachdem in den bereits beschriebenen Phasen eine fundierte Wissensbasis geschaffen wurde und mögliche Wirkungsdimensionen der Technik erkannt wurden, ist das Fundament zum Abschätzen der Folgen gelegt. Es kann somit in dieser Phase das Abschätzen des Ausmaßes der mit Wahrscheinlichkeit eintretenden Effekte im Sinne einer vorläufigen Wirkungsanalyse erfolgen.

Im Rahmen einer Wirkungsanalyse wird angestrebt, sämtliche potentiellen Folgewirkungen abzuschätzen, solche wie:²

- die nicht beabsichtigten (Neben-) Wirkungen der Techniknutzung,
- die indirekten, oft mit großer Verzögerung eintretenden Effekte,
- die Folgen der Folgen (Sekundär- und Tertiäreffekte),

¹ Einige der aufgelisteten Einflußfaktoren, werden eindrucksvoll von JOCHEM, E. 1990, S. 73ff.; 1988, S. 42ff. beschrieben.

² PASCHEN, H.; PETERMANN, TH. 1992; S. 27

- die kumulativen und synergetischen Effekte,
- die institutionellen und sozialen Folgen, beispielsweise die Auswirkungen auf Sozialstrukturen, sozio-kulturelle Werte, sozio-politische Systeme usw.,
- die (Rück-) Wirkungen der gesellschaftlichen Entwicklung auf die Technologieentwicklung,
- die nicht (oder nicht sinnvoll) quantifizierbaren Auswirkungskategorien.

Trotz der vorhandenen qualitativen und quantitativen Methoden (*vgl. Kapitel 6.4*), die mögliche Aussagen über die aufgelisteten Folgen einer Technik ermitteln sollen, darf man sich nicht der Illusion hingeben, man hätte ein Instrumentarium geschaffen, das eine umfassende Betrachtung und Ermittlung der Technikfolgen und der Wirkungszusammenhänge ermöglicht. Oftmals sind Folgen nur schwer oder gar nicht im voraus erkennbar. Falsche Annahmen über Details, das Vernachlässigen oder nicht Vorhandensein von Daten und Fakten können dazu führen, daß Auswirkungen nicht in ihrer ganzen Palette und ihrem Ausmaß zu eruieren sind. Oftmals müssen einzelne Defizite durch persönliche Erfahrungen, Intuition und subjektive Einschätzungen ausgeglichen werden.

Schwierigkeiten bezüglich des frühzeitigen Ermitteln der Folgen ergeben sich ferner aufgrund der Komplexität und Vernetzungen der Auswirkungen, was die folgende Parabel veranschaulichen soll.

„Vor Jahren litt ein bestimmter Stamm auf Borneo an Malaria. Die Weltgesundheitsorganisation wußte die richtige Antwort, nämlich literweise DDT zu versprühen, um damit die Mosquitos zu töten. Sie sprühten, die Mosquitos starben, und die Malaria ging zurück. Soweit so gut. Doch dann begann den Leuten die Hausdächer auf die Köpfe zu fallen, weil, wie es den Anschein hatte, das DDT auch eine parasitäre Wespenart getötet hatte, die normalerweise Raupen, deren Nahrungsmittel wiederum aus Dachstroh besteht, verzehrt. Was aber noch schlimmer war: Das DDT vergiftete Käfer, die dann von einigen Eidechsen oder Schlangen gefressen wurden, die wiederum von Katzen aufgeessen wurden. Die Katzen starben dann, dafür gediehen die Ratten, und die Weltgesundheitsorganisation, die auf diese Weise den Ausbruch einer solchen Plage im Dschungel erzeugt hatte, war dadurch gezwungen, per Fallschirm lebende Katzen über Borneo abzuwerfen.“¹

An dem angeführten Beispiele wird deutlich, daß *monokausale Ursache-Wirkungs-Beziehungen* zur Erklärung von Folgeerscheinungen oftmals zu kurz greifen. Wirkungen, die an einer bestimmten Stelle entstehen, können wiederum an anderer Stelle unerwartete Folgen nach sich ziehen. Daraus ergibt sich heutzutage die Notwendigkeit, technische Zusammenhänge in einem komplex

¹ GIBBONS, J. 1991, S. 25

vernetzten System zu betrachten. Im Rahmen des Prozesses der Technikbewertung gilt es insbesondere, „tatsächliche und mögliche Folgewirkungen auf Mensch, Gesellschaft und Umwelt zu analysieren und von da aus weiterzudenken in alternativer Sekundärform und in unterschiedlicher Entwicklungsrichtung.“¹ Desweiteren sind die Folgen nicht nur ihrer Art nach, sondern auch quantitativ zu ermitteln. Oftmals gibt es kritische Grenzwerte, die erst, wenn sie tatsächlich erreicht werden, eine Folge problematisch machen.²

Auch sind manche Folgen nicht angemessen zu beurteilen, so lange man sie unabhängig von den Folgen einer anderen Technik betrachtet. Werden beispielsweise lediglich die durch Autos hervorgerufenen Schadstoffbelastungen betrachtet, so können diese Folgewirkungen ökologisch gerade noch vertretbar sein. Sieht man diese Belastungen jedoch im Zusammenhang mit den Schadstoffen, z.B. durch Kraftwerke, Ölheizungen und Industrie, so ergibt sich ein vollkommen anderes Bild.³

Da der Prozeß der Technikbewertung nicht in erster Linie korrigierend sondern präventiv ist, sind genaue Aussagen über die Auswirkungen zu einem frühen Zeitpunkt oftmals noch nicht möglich. Es müssen einzelne Schritte zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt werden.

Nachdem am Anfang der 5. Phase die Bestimmung der Auswirkungen erfolgte, sind weiterhin die vorliegenden Ergebnisse auf ihre Schlüssigkeit und Nachvollziehbarkeit zu überprüfen. Diese Aufgabe der kritischen Betrachtung der Ergebnisse kann von unterschiedlichen Fachleuten, den sogenannten Kommentargutachtern sowie den in der 1. Phase angesprochenen Projektbeiräten, wahrgenommen werden. Insbesondere ist auf Widersprüche in den Argumentationen, dem logischen Aufbau der Arbeit, aber auch auf eine ausreichende Erläuterung der Ergebnisse zu achten. Die Forderung nach der Widerspruchsfreiheit impliziert jedoch nicht, daß die unterschiedlichen Einschätzungen der Beteiligten über die Folgewirkungen nicht dargestellt werden. Die unterschiedlichen Einschätzungen sind vielmehr kenntlich zu machen.⁴ Die Berücksichtigung und Einhaltung der im *Kapitel 3.3* aufgeführten Postulate nach Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Nachprüfbarkeit ist in diesem Zusammenhang unerlässlich. Durch die Transparenz soll beispielsweise Einhalt geboten werden, daß je nach Auftraggeber und bearbeitendem Institut eine Studie allzu einseitige Ergebnisse zeigt.

6. Phase - Ermittlung möglicher Handlungsoptionen

Die sich der Phase der Abschätzung der Technikfolgen anschließende Bewertung hat die Aufgabe, mittels eines Wertekataloges festzustellen, welche der aufgezeigten Folgen aber auch technischen Alternativen man als wünschenswert,

¹ Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) 1989, S. 5

² ROPOHL, G. 1996, S. 187

³ ROPOHL, G. 1990, S. 198

⁴ KORNWACHS, K., MEYER, R. 1994; S. 29

tolerierbar oder als nicht akzeptierbar einstuft. Ziel dieser vorläufigen Bewertung ist in erster Linie festzustellen, welche positiven oder negativen Auswirkungen von besonderer Bedeutung sind, um mögliche Handlungsoptionen zu ermitteln. Die unterschiedlichen Handlungsoptionen (z.B. gesetzliche Regelungen, Veränderung der Sicherheitsanforderungen, steuerliche Anreize, Verteuerung fossiler Energien) sollen dann auf die vorher aufgezeigten Folgen einen gewünschten mildernden oder verstärkenden Effekt erzielen. Es geht also um das Heranziehen möglicher Handlungsoptionen mit dem Ziel der Maximierung des gesellschaftlichen Nutzens. Kriterien zur Bewertung von Handlungsoptionen können solche sein wie: Kontrollierbarkeit, Machbarkeit und Effektivität einer Technik, Finanzierung und externe Kosten der Technik, Kompatibilität mit anderen Technologien, Ressourcenschonung, Artenschutz, Landschaftsschutz, Sicherheit.¹

Da die Bewertung der Technikfolgen nicht von persönlichen Vorlieben oder Abneigungen bestimmt werden darf, sondern sowohl gesellschaftlich als auch politisch zu legitimieren ist, ist es erforderlich, daß die einzelnen Werte und Wertpositionen explizit aufgezeigt bzw. der Bewertungsprozeß offengelegt werden, um so mögliche Handlungsoptionen begründet auswählen zu können. Die verschiedenen Beurteilungskriterien dürfen nicht eine bestimmte Art von Technik, Alternative oder Folge begünstigen.² Nur unter dieser Voraussetzung sind die einzelnen Bewertungen diskutierbar bzw. kritisierbar.

Um die nicht objektiven Gegebenheiten, die bei einer Gesamtbewertung (Zusammenführen der Einzelbewertungen) einfließen und somit das Gesamtergebnis (je nach Anteil der Gewichtung) beeinträchtigen, von den objektiven Größen zu entwirren, werden seit einiger Zeit Klassifizierungen in *politikferne* und *politiknahe Bewertungen*³ vorgeschlagen. Ebenfalls ist es möglich, einzelne Größen mit den Attributen *nichttechnisch*⁴ bzw. *nichtnaturwissenschaftlich* der *technisch* bzw. *naturwissenschaftlich* zu belegen. Diese letztgenannten Bezeichnungen sollen im folgenden verwendet werden.

Die *technische* bzw. *naturwissenschaftliche* Klassifizierung beinhaltet stoffspezifische Größen und Kriterien (u.a: Wärmeleitfähigkeit, Viskosität, Dichte, Wirkungsgrad, technische Effizienz, technische Brauchbarkeit, Wartungsfreundlichkeit), die in den Naturwissenschaften bzw. den Ingenieurwissenschaften anzutreffen und meßtechnisch nachzuweisen sind. So läßt sich beispielsweise im begrenzten Maß vom naturwissenschaftlichen Standpunkt ermitteln, „ob eine Technik die physische Gesundheit des einzelnen fördert, hemmt oder unbeeinflußt läßt.“⁵ Das gleiche gilt natürlich auch im

¹ Weitere Bewertungskriterien sind den einzelnen Wirkungsdimensionen der Technik (*siehe Kapitel 6.1.10*) zugeordnet.

² Selbst ein im Ergebnis richtiges Gutachten kann falsch sein, wenn bestimmte Kriterien nicht in die Berechnung eingeflossen sind.

³ Vgl. ZWECK, A. 1993, S. 129

⁴ LUDWIG, B. 1995, S. 56 bezeichnet die nichttechnischen Größen als Entitäten.

⁵ ZWECK, A. 1993, S. 128

bestimmten Umfang für die Umwelt, unter der jegliches Leben sowie Materie, Klima, Wasser verstanden wird.

Bewertungen, die auf der Basis technischer oder naturwissenschaftlicher Größen bzw. meßbarer Indikatoren vorgenommen werden, sind von den subjektiven und normativen Elementen weitgehend frei. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu berücksichtigen: „Von den sieben Grundgrößen der Physik sind lediglich die Menge, nämlich diskrete Anzahlen und die kinematische Grundgröße Länge, nämlich Weg und Abstände, direkt meßbar. Alle anderen Grundgrößen sowie die daraus abgeleiteten Größen werden meßtechnisch nur erfassbar, wenn es gelingt, entsprechende Indikatoren zu finden, die durch mechanische und/oder elektrische Meßwertaufnehmer und -umformer auf eine Längenmessung oder Zählung zurückgeführt werden.“¹

Die *nichttechnische* oder *nichtnaturwissenschaftliche* Werte-Klassifizierung beinhaltet schwer zu quantifizierende Größen. Oftmals handelt es sich um kontrovers eingestufte Aspekte, die je nach Gewichtung eine Gesamtbewertung verändern können. Diese Aspekte scheinen im Gegensatz zu den meßbaren Größen eine geringere Begründungstiefe zu haben, wenn es darum geht, bei einem Technikbewertungsprozeß Entscheidungen zu treffen. Es sollte jedoch nicht der Schluß gezogen werden, die nichttechnischen bzw. oftmals nicht eindeutig bzw. nichtmeßbaren Faktoren aus dem Bewertungsprozeß herauszunehmen, zumal weitgehend Konsens über die Berücksichtigung besteht. Nur welche Gewichtung die einzelnen Werte erfahren sollen, wird kontrovers diskutiert.

Ein Beispiel einer nichttechnischen Größe stellt das Bruttosozialprodukt dar. Das ist der in Geld ausgedrückte Wert aller in einem bestimmten Zeitraum in einer Volkswirtschaft hergestellten Güter und Dienstleistungen, abzüglich des Wertes der Güter, der bei der Produktion verbraucht wurde oder in die Produkte eingeflossen ist. Das Bruttosozialprodukt soll Aussagen über die wirtschaftliche Entwicklung und den Wohlstand einer Nation treffen. Das Bruttosozialprodukt stellt jedoch seit geraumer Zeit einen viel umstrittenen Wohlstandsindikator dar; seine Entwicklung hängt von unterschiedlichen Einflüssen ab, die schwer vorhersagbar sind.

Insbesondere enthält das Bruttosozialprodukt eine Vielzahl defensiver (kompensatorischer) Kosten, die einen wohlstandssteigenden Charakter haben. Zu nennen sind beispielsweise die Sanierung von Gebäudefassaden, wobei die Schäden durch Belastungen der Industrie verursacht wurden, die Wiederherstellung der angegriffenen Natur durch die Beanspruchung des Tourismus und die Beseitigung von Altlasten. Das bedeutet, es entstehen Kosten, die z.B. für die Beseitigung, Reparatur der Technikfolgen aufgewendet werden müssen. Steigen die defensiven Kosten immer weiter an, so kann es passieren, daß das wirtschaftliche Wachstum vom Anstieg der Folgekosten aufgezehrt wird. Es ist also festzustellen, daß das Bruttosozialprodukt keineswegs ein Indikator für Wohlstand, Lebensqualität u.a. darstellt.

¹ LUDWIG, B. 1995, S. 55f.

Eine Klassifizierung dient der Klärung von Meinungsverschiedenheiten. Es kann aufgezeigt werden, ob Meinungsverschiedenheiten auf *technischen* bzw. *naturwissenschaftlichen oder nichttechnischen bzw. nichtnaturwissenschaftlichen* Sachverhalten beruhen. Gegebenenfalls können weitere Untersuchungen oder Diskussionen helfen, verhärtete Fronten zu beseitigen.

7. Phase - Vervollständigung der Wirkungsanalyse

In der 7. Phase erfolgt eine Vervollständigung der Wirkungsanalyse und eine Bilanzierung der durchgeführten Bewertungsschritte. Im Rahmen der Vervollständigung der Wirkungsanalyse werden die Technikfolgen verglichen und bewertet, die sich mit und ohne etwaige Handlungsoptionen ergeben. Die anschließende Bewertung hat somit die Aufgabe, zu zeigen, welche der Handlungsoptionen einen mildernden bzw. verstärkenden Effekt der Technikfolgen am besten gewährleisten, ohne dabei negative Effekte auf andere Bereiche auszulösen. Weiter sind die unterschiedlichen differierenden Bewertungen darzustellen, die sich aufgrund verschiedener Ziele, Werte, Interessen der einzelnen gesellschaftlichen Gruppen ergeben. Als Resultat erhofft man sich eine Gesamtbilanz, aus der Schlußfolgerungen und Empfehlungen zu ziehen sind. Den Entscheidungsträgern soll die Frage erleichtert werden, ob z.B. eine Technologie gefördert oder gar blockiert werden sollte.

8. Phase - Präsentation und Veröffentlichung der Ergebnisse

Am Ende des Prozesses der Technikbewertung sind die Endresultate des Projektes in Form eines Berichtes zu dokumentieren, zu präsentieren und zu veröffentlichen. Die Präsentation kann vor einem Beirat, dem Auftraggeber und der interessierten Fachöffentlichkeit erfolgen. Die Abschlußberichte können in Fachzeitschriften, Fachbüchern oder auch über die Presse publiziert sein.

Es erscheint sinnvoll, nicht nur die Endergebnisse, sondern bereits vorher Zwischenergebnisse zu veröffentlichen. Die damit ausgelöste positive und auch negative Kritik kann sich dann möglicherweise auf den weiteren Verlauf der Arbeit konstruktiv auswirken. So kann ggf. verhindert werden, daß bei einer Veröffentlichung der Endergebnisse einer Studie aufgrund der möglicherweise zu erwartenden Einwände unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen, diese Studie wegen nicht berücksichtigter Aspekte neu aufgegriffen werden muß. Diese Aspekte hätten bei der Veröffentlichung von Zwischenberichten Berücksichtigung finden können, was einer erheblichen Zeit- und Kostenersparnis gleichkäme.

6.4 Methodenrepertoire der Technikbewertung

Es sollen verschiedene Methoden aufgezeigt werden, mit deren Hilfe versucht wird, in den Phasen der Technikbewertung

- systematisch Daten zu ermitteln,
- Folgen zu analysieren (Trendextrapolation, Szenario-Methode, Analogiebildung),

- verschiedene Alternativen vergleichbar zu machen, um auf dieser Grundlage eine Bewertung zu ermöglichen,
- verschiedene qualitative und quantitative Größen in einen einheitlichen Maßstab zu transformieren, um somit eine Vergleichsmöglichkeit zu erhalten (z.B. Geldwert in der Kosten-Nutzen-Analyse) und
- Folgen und Auswirkungen zu bewerten.

Wie bei den Phasen der Technikbewertung, bei denen keine allgemein gültige Vorgehensweise existiert, kann auch bei den Methoden festgestellt werden, daß zahlreiche unterschiedliche Methoden je nach Problemstellung in der Praxis angewendet werden.

In den verschiedenen Phasen gelangen die unterschiedlichsten Methoden demnach nicht nur im Sinne einer algorithmischen Verarbeitungskonzeption zum Einsatz; sondern je nach Problemstellung werden die verschiedenartigsten Methodenkombinationen gebildet. Nicht selten werden von den am Prozeß der Technikbewertung beteiligten Wissenschaftsdisziplinen zusätzliche Methoden entwickelt.¹ Auch wenn die Entwicklung eigener Methoden oftmals notwendig ist, so darf nicht vernachlässigt werden, daß die Präferenzen der Forscher in die von ihnen entwickelten Methoden einfließen. Diese Tatsache der subjektiven Einschätzungen sollte immer wieder in den Endberichten einer Studie deutlich gemacht werden.

6.4.1 Klassische Methoden

Bei den klassischen Methoden handelt sich um solche Methoden, die ursprünglich nicht für die Technikbewertung entwickelt wurden. Seit Beginn der Durchführung von Studien zur Technikbewertung finden diese Anwendung.

Die klassischen Methoden, die teilweise in der VDI-Richtlinie 3780 aufgeführt sind, finden sich auch in der *Abb. 14* wieder. Auch wenn zum Teil kein Konsenz über die Herkunft einzelner Methoden besteht, so können sie doch den einzelnen Fachrichtungen Informationen hinsichtlich einer Methodenauswahl liefern.² In der Fachliteratur wird oft beklagt, daß die einzelnen Methoden keine interdisziplinäre Anwendung finden, dennoch ist durchaus positiv zu werten, daß z.B. ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche, geisteswissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Methoden mit ihren Aspekten in den Prozeß der Technikbewertung einfließen.

In der *Abb. 14* erfolgt eine *qualitative* und *quantitative* Unterscheidung der Methoden. Bei den Methodenaufstellungen ist festzustellen, daß hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Merkmalseinteilung geringfügige Abweichungen zu den von den VDI angeführten Methoden auftreten. Wenn auch BONNET³ in diesem

¹ Vgl. BONNET, P. 1994; S. 47; LUDWIG, B. S. 56

² Während das Interview bei einigen Verfassern als klassische Methode der Geistes- und Sozialwissenschaften betrachtet wird, ordnen andere Verfasser die Herkunft dieser Methode der Ökonomie zu (vgl. BONNET, P. 1994, S. 46).

³ BONNET, P. 1994, S. 46f.

Zusammenhang von erheblichen Abweichungen spricht, so ist das auf eine offensichtliche Vertauschung der Rubriken qualitativ und quantitativ zurückzuführen. Beim Vergleich der vom VDI aufgelisteten Methoden (Abb. 15) mit den zusammengestellten Methoden von LUDWIG und PAUL (siehe Abb. 14) sind allerdings in der Rubrik Bewertung nicht unwesentliche Unterschiede festzustellen.

<i> Methode </i>	<i> Herkunft </i>			<i> Anwendung </i>				<i> Art </i>	
	<i> Ökonomie </i>	<i> Technik </i>	<i> Militär </i>	<i> Analyse </i>	<i> Prognose </i>	<i> Bewertung </i>	<i> Entscheidung </i>	<i> Qualitativ </i>	<i> Quantitativ </i>
Szenariotechnik	•		•	•	•	•	•	•	
Brainstorming	•			•	•	•	•	•	
Delphi-Methode	•			•	•	•	•	•	•
Morphologie	•	•		•	•	•		•	
Relevanzbaum-Analyse	•		•	•	•	•			•
Entscheidungsbaum	•		•		•	•		•	•
Nutzwertanalyse	•	•			•	•	•	•	•
Kosten-Nutzen-Analyse	•			•	•	•	•		•
Lineare Optimierung	•		•		•				•
Dynamische Optimierung	•		•		•				•
Entscheidungstheorie	•		•		•		•	•	•
Simulation	•	•	•		•		•	•	•
Wertanalyse	•	•	•		•			•	
Trendextrapolation	•			•	•		•		•
Verflechtungsmatrix	•				•	•	•	•	•
Synektik					•	•		•	
Regression/Korrelation	•			•	•				•
Interview	•				•			•	
Historische Analogiebildung				•	•			•	
Ökonomische Modellbildung	•			•	•				•
Checklisten	•		•	•	•	•	•		•
Risikoanalyse		•	•		•		•		•
Netzplantechnik	•	•	•			•	•		•
Input-Output-Analyse	•				•	•			•
Planungszelle				•	•	•	•	•	
Petri-Netze		•		•	•			•	•

Abb. 14 Methoden der Technikkbewertung, in Anlehnung an: LUDWIG, B. 1995, S. 57; PAUL, I. 1987, S. 56

<i>Methode</i>	<i>Art</i>		<i>Phase</i>		
	<i>Qualitativ</i>	<i>Quantitativ</i>	<i>Definition Strukturierung</i>	<i>Folgen- abschätzung</i>	<i>Bewertung</i>
Trendextrapolation		•		•	
Historische Analogiebildung	•	•		•	
Brainstorming	•		•	•	
Delphi-Expertenbefragung	•	•	•	•	•
Morphologische Klassifikation	•		•	•	
Relevanzbaum-Analyse	•	•	•	•	•
Risiko-Analyse		•		•	•
Verflechtungsmatrix-Analyse	•	•		•	•
Modell-Simulation		•	•	•	•
Szenario-Gestaltung	•		•	•	•
Kosten-Nutzen-Analyse		•			•
Nutzwert-Analyse	•	•			•

Abb.15 Methodenauflistung in der VDI-Richtlinie 3780

Im folgenden werden die geläufigsten klassischen Methoden zur Technikbewertung vorgestellt.¹ Dazu werden jeweils die wesentlichen Merkmale und Kritikpunkte der Methoden kurz herausgehoben. Die konkreten Vorgehensweisen der einzelnen Methoden sollen hier nicht näher thematisiert werden.²

Brainstorming, Synektik, Delphi-Methode, Planungszelle

Diese Gruppe beschäftigt sich mit dem systematischen Einsatz des Geistes. Als planmäßige Organisation von Phantasie sollen mit dem *Brainstorming* (intuitiv-heuristische Methode) Einfälle gewonnen und gesammelt werden. Die Teilnehmer werden mit einer Frage konfrontiert und aufgefordert, spontan in freier Assoziation alles zu äußern, was ihnen dazu in den Sinn kommt. Bei der *Synektik* der Gruppendiskussionsmethode wird eine höheres Fachwissen eingespeist und die Assoziationsfähigkeit der Teilnehmer durch systematische Analogiebildung

¹ Die folgenden Erläuterungen sind angelehnt an: LUDWIG, B. 1995; GRUPP, H. 1994 b; KADOR, F.J. 1984; VDI-Richtlinie 3780. Die Methoden wurden bei der Beschreibung in Anlehnung an LUDWIG, B. (1995) in sinnverwandte Gruppen eingeteilt.

Die in der VDI-Richtlinie 3780 aufgeführten Methoden haben sich nach ROPOHL bis auf die Modell-Simulation in den letzten Jahren nicht wesentlich weiterentwickelt. Dies begründet es damit, daß in der Praxis das Methodenbewußtsein nicht sonderlich ausgeprägt ist (ROPOHL, G. 1999, S. 40).

² Siehe hierzu z.B.: GRUPP; H. 1994 b; HUISINGA, R. 1985; KUHLMANN, A. 1995. VDI-Richtlinie 3780; ROPOHL, G. 1997, S. 184ff.; BRÖCHLER, S. u.a. 1999, Bd. 2, 3. Teil., Batelle Institut 1988

gefördert. Diese beiden Methoden eignen sich besonders, um neuartige Technikkonzeptionen zu skizzieren und bislang nicht bedachte Folgebereiche zu erschließen. Die Schwierigkeit bei der nachfolgenden Auswertung besteht darin, aus der Fülle der unfertigen Ideen die relevanten und erfolversprechenden Ansätze herauszufiltern.

Die *Delphi-Methode* ist eine strukturierte Befragung einer Gruppe von Experten. Umfrageergebnisse werden den beteiligten Experten mehrmals zur erneuten Urteilsbildung vorgelegt, damit sie ihre Auffassung im Licht der anderen Expertenmeinungen überprüfen und stark abweichende Positionen gegebenenfalls korrigieren können. Der Erfolg der Methode hängt entscheidend von der Auswahl der befragten Fachleute ab. Sie favorisiert die Mehrheitsmeinung.

Die *Planungszelle* gehört zu den Beteiligungs- und Partizipationsmethoden. Eine Laiengruppe soll nach einer kurzen Phase der Information und Einarbeitung durch Fachleute Lösungen zu Bewertungs-, Kontroll- und Planungsproblemen erarbeiten.

Regressionsanalyse, Korrelationsanalyse, Zeitreihenanalyse, Trendextrapolation, Historische Analogiebildung¹

Bei dieser Gruppe handelt es sich um statistische Methoden, die bei kurzfristig prognostischen Aussagen sowie zu Analyse Zwecken Einsatz finden. Die *Regressionsanalyse* soll funktionale Zusammenhänge bei statistischen Daten aufspüren und die *Korrelationsanalyse* ermittelt, wie stark diese sind. Die *Zeitreihenanalyse* macht Trends sichtbar, die dann bei der *Trendextrapolation* und der *historischen Analogiebildung* der Prognose dienen. Es ist immer problematisch von einer vergleichbaren zeitlich früher gelegenen Entwicklung auf den zu erwartenden Verlauf einer gegenwärtigen Entwicklung zu schließen, da nie konstante Bedingungen herrschen.

Baummethoden, Risiko-Analyse

Diese Methoden haben ihren Ursprung in der Graphentheorie. Im Rahmen der *Baummethoden* sollen mittels einer Baumstruktur (Relevanzbaum, Entscheidungsbaum) komplexe mehrstufige Bedingungsgefüge oder Folgenbündel eines angestrebten oder unerwarteten Ereignisses transparent gemacht werden. Die Baummethoden gestatten es, begriffliche Hierarchiebeziehungen zwischen Unterzielen, Zielen, Oberzielen und Werten zu erstellen (vgl. Kapitel 5.3.2.4). Diese Methoden dienen der Strukturierung und Darstellung bekannter Zusammenhänge und können als Suchschema zum Auffinden von Abhängigkeiten eingesetzt werden.

Bei der *Risiko-Analyse* ist zwischen der Bedingungs- und Folgen-Analyse zu unterscheiden. In der Bedingungs-Analyse wird die Gesamtwahrscheinlichkeit eines Versagens (eines Systems, Projektes) aus den Teilwahrscheinlichkeiten einzelner Komponentenausfälle gebildet. Es kommen dabei sowohl die

¹ Näheres siehe: VDI-Richtlinie 3780

Fehlerbaumanalyse als auch die *Störfallablaufanalyse* zum Einsatz.¹ Die Fehlerbaumanalyse wird herangezogen, damit die einzelnen Ursachekombinationen, die zu einem Störfall führen können, berücksichtigt werden. Die Störfallablaufanalyse findet Einsatz, damit alle Folgeereigniskombinationen eines Störfalls innerhalb eines Systems Berücksichtigung erfahren.

Die Folgen-Analyse untersucht die von einem Versagen ausgelösten divergenten Ketten von Schadwirkungen und beziffert diese nach Schadenshöhe und Folgewahrscheinlichkeit. Aus diesen Teilanalysen wird schließlich das Gesamtrisiko errechnet. Neben der Datenproblematik ergibt sich das Problem des menschlichen Versagens, das nicht mittels einer Wahrscheinlichkeit angegeben werden kann. Das Ermitteln der Schadensereignisse aus einem unüberschaubaren Bereich möglicher Zusammenhänge stellt somit ein schwieriges Unterfangen dar.

Verflechtungsmatrix, Input-Output-Analyse

Bei der *Verflechtungsmatrix* werden die Wechselwirkungen zwischen mehreren möglichen Ereignissen untersucht. Dazu wird eine Liste mit unterschiedlichen Ereignissen gleichermaßen den Zeilen und Spalten einer Matrix zugeordnet. Die Stärke des Einflusses kann mit Rangziffern gekennzeichnet werden. Die Methode eignet sich besonders dazu, Interdependenzen gleichzeitiger Entwicklungen überschaubar zu machen.

Input-Output-Analysen dienen dazu, Energie- oder Stoffströme monetär zu quantifizieren bzw. für eine Wirtschaftsregion sektoral aufzuschlüsseln. Dazu werden statistische Daten den in Form einer Matrix angeordneten Produktionssektoren hinsichtlich ihrer Inputs zugeordnet. Auf diese Weise lassen sich die jährlichen Güterströme zwischen unterschiedlichen Sektoren rechnerisch aufzeigen. Die Interdependenzen eines Produktionsbereiches werden verdeutlicht. Es können die Wirkungen (in aggregierter Form) durch eine Änderung ökonomischer Größen sowie durch eine Änderung von Sekundär- und Tertiäreffekten monetär quantifiziert werden. Allerdings ist die Erstellung einer ausreichenden Datenbasis, welche von Wirtschaftsforschungsinstitutionen vorgenommen wird, problematisch. Oftmals können nur Trends (z.B. Beschäftigungseffekt) beschrieben werden, so daß Aussagen hinsichtlich Änderungen und Störungen nur vage sind.

Modell-Simulation, Szenariotechnik²

Bei den hier angesprochenen *Modellsimulationen* werden mit mathematischen Modellen Berechnungsexperimente durchgeführt. Es werden Optimierungsrechnungen und Systemanalysen angestellt, die aufgrund ihrer Komplexität nur noch mit dem Computer zu bewältigen sind. Im Grundsatz ist die Modellsimulation ein Berechnungsexperiment, das mögliche Entwicklungen in der Erfahrungswelt zu antizipieren versucht, indem es den entsprechenden

¹ Die Fehlerbaum- und Störfallablaufanalyse sind ausführlich dargestellt in: KUHLMANN, A. 1995, S. 82-94

² Zu den Szenarien siehe *Kapitel 3.4.2*

Realitätsbereich mit einem mathematischen Modell abbildet und durch die planmäßige Variation von Variablen und Parametern unterschiedliche Bedingungskonstellationen fingiert, deren Resultate sich dann aus der Modellberechnung ergeben und als mögliche Ereignisse der Realität interpretiert werden. Häufig wird nicht berücksichtigt, daß jede einzelne mathematische Funktion im Modell eine erfahrungswissenschaftliche Hypothese ausdrückt, die aber oft als solche weder präzisiert noch geprüft ist.

Kosten-Nutzen-Analyse, Nutzwertanalyse

Die *Kosten-Nutzen-Analyse* ist eine Bewertungsmethode, mit der alle Aufwendungen und Erträge eines Projektes über die gesamte Nutzungsdauer erfaßt und verglichen werden sollen. Es werden neben den traditionellen Wirtschaftlichkeitsrechnungen auch sekundäre Effekte und qualitative Auswirkungen berücksichtigt (z.B. Imagegewinn eines Unternehmens), die mit Hilfe bestimmter Berechnungsfaktoren (oftmals Umrechnung in Geldeinheiten) ausgedrückt werden. Umstritten ist in diesem Zusammenhang die monetäre Quantifizierung der qualitativen Effekte (z.B. die Bewertung eines bedrohten Menschenlebens in Geldwerten).

Bei der *Nutzwertanalyse* werden in einer Matrix die Handlungsalternativen den Bewertungskriterien zugeordnet und mit einem Nutzwert versehen. Die Methode hat den Vorteil, komplexe Bewertungsprobleme übersichtlich zu strukturieren, intuitive Präferenzen offenzulegen und dadurch eine rationale Bewertungsdiskussion zu erleichtern.

Bei der *Nutzwertanalyse* werden alle Handlungsalternativen bezüglich mehrerer Bewertungskriterien durch die Zuweisung von Nutzwerten ordinal geordnet; d.h. in einer Matrix werden die Handlungsalternativen den Bewertungskriterien zugeordnet und mit einem Nutzwert versehen. Dabei muß jede Alternative (jeweils mit ihren Teilnutzwerten) zu einem Gesamtnutzwert aggregiert werden, um einen abschließenden Wertvergleich der Alternativen zu ermöglichen. Problematisch ist die Umwandlung der qualitativen Effekte in Zahlenwerte und die Gewichtung der Bewertungskriterien. Die Methode hat den Vorteil, komplexe Bewertungsprobleme übersichtlich zu strukturieren, intuitive Präferenzen offenzulegen und dadurch eine rationale Bewertungsdiskussion zu erleichtern.

6.4.2 Neue Methodenansätze

Neben den klassischen Methoden gibt es weitere Verfahren, mit denen versucht wird, Technikfolgen bzw. Schäden zu bewerten. Zum Teil wurden diese neueren Methodenansätze speziell für die Technikbewertung entwickelt.

Monetarisierungsmethoden

Beim *Schadensvermeidungskostenansatz* werden die Kosten berücksichtigt, die nötig sind, um Schäden zu vermeiden oder zu beseitigen. So wird beispielsweise

mit dieser Methode versucht, die Kosten zu ermitteln, die durch Lärm¹ verursacht werden. Dazu zählen beispielsweise solche Aufwendungen, die für den aktiven oder passiven Lärmschutz erforderlich sind. Die aktive Lärmabwehr geschieht durch Maßnahmen an der Lärmquelle (z.B. schallschluckende Trennwände und Deckenverkleidungen, Schallschutzfenster, Isolierungen durch schwingungsdämmende Kunststoffe, Austausch eines Verbrennungsmotors durch einen Elektromotor). Die passive Lärmabwehr wird beispielsweise durch das Tragen von Hörschutzmitteln (z.B. Gehörschutzwatte, Gehörschutzstöpsel) vorgenommen. Zu der passiven Lärmabwehr zählen aber auch Maßnahmen der Arbeitsgestaltung (z.B. Pausen außerhalb des Lärmbereichs).²

Bei der *Marktdatendivergenzanalyse* wird beispielsweise der unterschiedliche Wert von Wohnungen und Grundstücken ermittelt. Es werden belastungsbedingte Preisunterschiede im lokalen oder regionalen Vergleich ermittelt und bewertet, die z.B. durch viel befahrene Straßen oder Einflugschneisen eines Flughafens entstehen.

Bei den *Zahlungsbereitschaftsbefragungen* werden Personen befragt, wieviel sie für jeweilige Maßnahmen bereit wären zu zahlen, um die Umwelt zu verbessern oder Beeinträchtigungen der Umwelt zu reduzieren bzw. zu vermeiden. Bei dieser Methode ist zu berücksichtigen, daß die Zahlungsbereitschaft individuell (z.B. von persönlichen Einschätzungen des Wertes bzw. Nutzens der Umwelt, unterschiedliche Einkommensverteilung) abhängig ist.

Ökobilanz³, Produktlinienanalyse

Im Rahmen der *Ökobilanz* wird der gesamte Lebensweg eines Produktes von der Rohstoffgewinnung, Vorproduktion, Produktion, Gebrauch bis hin zur Entsorgung verfolgt. Es werden bei dieser Art der Bilanzierung sowohl stoffliche In- und Outputs (z.B. Wasser- und Energieaufwendungen) erfaßt als auch Umweltbelastungen ermittelt. Eine Bilanzierung erfolgt quantitativ in Geldgrößen und physikalischen Einheiten und auch qualitativ durch Beschreiben oder Schätzen von Umweltbelastungen. In erster Linie sollen durch die Ökobilanz ökologische Schwachstellen ermittelt werden. Das Beheben der Schwachstellen kann gegebenenfalls zu Kosteneinsparungen (z.B. durch Optimierung der Materialwirtschaft) führen.

Ein umfassenderer Ansatz zur Bewertung von Produkten stellt die *Produktlinienanalyse* dar. Bei diesem Ansatz werden nicht nur die Stoff- und Energieströme sowie die ökologischen Auswirkungen der gesamten Lebensdauer eines Produktes betrachtet, sondern auch die ökonomischen (z.B. betriebliche

¹ Im Jahre 1991 legte der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen eines Forschungsprogramms einen Bericht „Kosten der Umweltverschmutzung / Nutzen des Umweltschutzes“ vor, in dem u.a. versucht wurde, die Lärmkosten in den alten Bundesländern aufzuzeigen.

² Näheres zu den Maßnahmen der Lärmabwehr in: HETTINGER, T; KAMINSKY, G.; SCHMALE, H. 1980, S. 194f.; REFA 1985, S. 251f.; REFA 1991, S. 1941f.

³ Die Ökobilanz wird ausführlich dargestellt in: FLEISCHER, G. 1994; vgl. auch ROPOHL, G. 1999, S. 42f.

Kosten, Verbraucherpreise, externe Kosten) und sozialen Aspekte (z.B. Arbeitsbedingungen, geschlechtsspezifische Auswirkungen).¹

Kumulativer Energieverbrauch (KEV), kumulativer Materialverbrauch (KMV), GEMIS (Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme)²

Seit einiger Zeit werden Methoden verwendet, die ein auf Masse und Energie basierendes Bewertungsmaß darstellen. Ähnlich wie beim monetären Bewertungsmaßstab, mit dem eine Gesamtkostenrechnung angestellt wird, werden mit KEV und KMV kumulative Effekte auf den einzelnen Stufen (z.B. der Herstellung eines Produktes oder seiner Komponenten) aufsummiert.

Bei *KEV* handelt es sich um den kumulativen Energieverbrauch, der bei der Herstellung eines Produktes anfällt. Bei dieser Methode werden die physikalischen Inputs der Energieträger erfaßt, ohne daß ein Umweg über die Preise erfolgt (wie z.B. bei der Input-Output-Methode). Um eine Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs jedes Prozesses zu erhalten, wird der Verbrauch auf Primärenergieeinheiten zurückgeführt. Am Ende umfaßt der KEV den Verbrauch von der Stoffgewinnung, Werkstoff- und Halbzeugherstellung bis hin zum Verbrauch von der Produktion, Rückführung, Wiederverwertung bzw. Entsorgung des Produktes oder seiner Komponenten.

Bei dem *KMV* handelt es sich um ein Bewertungsmaß, welches auf einer Menge beruht, d.h. den aufsummierten Materialverbrauch von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung beinhaltet.

GEMIS stellt ein Computerprogramm dar, das zur Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen herangezogen wird, d.h. es werden stoffliche und energetische Bilanzen von unterschiedlichen Energiesystemen durchgeführt, so daß auf dieser Grundlage eine Bewertung ermöglicht wird. Verglichen werden sowohl der Primärenergieverbrauch als auch die Schadstoffemissionen auf jeder Stufe der Gewinnung, Wandlung und Nutzung von Energie unterschiedlicher Energiesysteme.

6.4.3 Zusammenfassung und Bemerkungen zu den Methoden

Es ist bei den angesprochenen Monetarisierungsmethoden zu bedenken, daß die Bewertung von Schäden in Geldeinheiten Probleme aufwirft. Veränderungen und Beeinträchtigungen im sozialen und gesundheitlichen Bereich oder Schäden im ökologischen Bereich lassen sich nur schwer in Geldwerten erfassen und sind von subjektiven Einschätzungen abhängig. Es besteht immer eine Schwierigkeit, unterschiedliche Größen bezüglich eines Bewertungsmaßstabes einzustufen, so daß man beim monetären Bewertungsmaßstab von einer scheinbaren Vergleichbarkeit sprechen sollte. Im Gegensatz zur naturwissenschaftlichen Messung und Bewertung von Schäden, die relativ exakt sind, handelt es sich bei

¹ Vgl. MESCHENMOSER, H. 1995, S. 6f. in „arbeiten und lernen“, Heft 17; LUDWIG, B. 1995, S. 35ff.

² Folgende Beschreibungen sind angelehnt an: LUDWIG, B. 1995 S. 63f.. Auf eine weitere Beschreibung neuerer Bewertungsmaßstäbe (z.B. MIPS, FIPS, LCP) und Methoden unter Hinweis auf die Literaturangabe verzichtet werden.

den Monetarisierungsmethoden um grobe Quantifizierungen, wobei die ermittelten Zahlen immer angreifbar bleiben. Die Erfassung monetärer Größen kann jedoch dazu beitragen, Dimensionen von Umweltbeeinträchtigungen (Lärmbelästigung, Gebäudeschäden, Artensterben, Erholungswertverlust u.a.) durch den Einsatz bestimmter Technologien zu veranschaulichen. Die auf Masse und Energie beruhenden Bewertungsmaße (KEV und KMV) stellen im Gegensatz zu dem monetären Bewertungsmaß eine vom Geldwert unabhängige Größe dar, erfassen aber beispielsweise nicht die Beeinträchtigungen im sozialen Bereich. Sie sind neben den klassischen Methoden eine unverzichtbare Ergänzung und Grundlage im Prozeß der Technikbewertung. Dennoch ist darauf hinzuweisen, daß im Bereich der Technikbewertung keineswegs ein ausreichendes Methodenrepertoire zur Verfügung steht. Es bestehen große Defizite, unterschiedliche Größen vergleichbar zu modellieren.¹

6.5 Zwischenbetrachtung

In den ersten Kapiteln dieser Arbeit wurde die zeitliche Abfolge zur Institutionalisierung der Technikbewertung nachgezeichnet. Nach langjährigen Auseinandersetzungen wurde schließlich am 4. März 1993 das *Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag* (TAB) auf Dauer institutionalisiert. Neben diesem Büro gibt es diverse Akademien, Parlamente einzelner Bundesländer und Vereine, die sich mit der Bewertung von Technikfolgen befassen. Auch andere Industrienationen haben ähnliche Institutionen und Einrichtungen geschaffen und somit die Notwendigkeit erkannt, sich mit den unterschiedlichsten Folgen verschiedener Technologien und den Verkettungen der Folgen dieser Technologien zu beschäftigen. Die Einsicht ist gewachsen, unerwünschte Folgewirkungen zu ermitteln und innerhalb vorhandener Möglichkeiten solche Maßnahmen zu ergreifen, um unerwünschte Folgewirkungen abzuschwächen bzw. erwünschte Wirkungen zu verstärken.

Die Technikbewertung stellt einen Prozeß dar, in dem technologische Auswirkungen erfaßt und bewertet werden sollen, um letztendlich technologiepolitische oder unternehmerische Entscheidungen zu ermöglichen. Im Prozeß der Technikbewertungen wird zunächst keine Aussage vorgenommen, ob eine Technologie sinnvoll ist oder nicht. Es soll vielmehr aufgezeigt werden, welche Resultate zu erwarten sind, wenn eine bestimmte technologische Richtung eingeschlagen wird.

Kritischen Stimmen, die einwenden, die Technikbewertung sei eine hochbezahlte Folgenlosigkeit, mit der nichts bewegt werde, kann man entgegengehalten, daß Studien zur Technikbewertung durchaus etwas bewirkt haben. So führte beispielsweise die Studie zum Raumtransportsystem SÄNGER zu einem parlamentarischen Beschluß. Das Hyperschallprogramm wurde erweitert und die spezifischen Arbeiten zum Raumkonzept SÄNGER reduziert. Dieses war eine mögliche Handlungsoption, die im Bericht aufgezeigt wurde. Auch die Studie zum genmanipulierten Rinderwachstumshormon führte zu einem Beschluß. Nach

¹ Ansätze, diese Methodendefizite zu beheben, liefert LUDWIG, B. 1995 mit der Fuzzy Logic; ABC-XYZ-Analyse.

Vorlage des Berichtes an den Bundestag votierten alle Fraktionen des Bundestages einstimmig dafür, daß die Bundesregierung darauf hinwirken solle, das Rinderwachstumshormon in der EU nicht zuzulassen. Trotz des massiven Drucks der interessierten Herstellerfirmen ist dies nicht erfolgt.

Die Technikbewertung stellt kein Instrumentarium dar, mit dem sämtliche Leiden unserer hochtechnisierten Gesellschaft zu lösen sind. Es wurden und werden sicherlich durch den Prozeß der Technikbewertung auf zahlreichen Gebieten zufriedenstellende Ergebnisse erzielt, technologische Implikationen zu minimieren. Bereits bei der Themenauswahl muß eine Entscheidung getroffen werden, welche Technologie aus den zahlreichen Technologien besonders untersuchungsbedürftig erscheinen. Die Auswahl nach der Wichtigkeit bringt es mit sich, daß nicht sämtliche technische Entwicklungen Beachtung finden können.

Probleme ergeben sich dadurch, daß die präzise Abgrenzung der Aufgabenstellung von den subjektiven Einschätzungen eines kleinen Wissenschaftskreises abhängig ist, was für den gesamten Verlauf der Technikbewertung zutrifft. In den Entscheidungen spiegeln sich möglicherweise nur die Interessen der Auftraggeber wider, was oftmals von der Gesellschaft kritisiert wird. Aufgrund dieser Problematik könnte die Technikbewertung als gesellschaftliches Vermittlungsinstrument in Zukunft an Bedeutung verlieren. Dieser Schwachpunkt im Prozeß der Technikbewertung kann gegebenenfalls dadurch aufgehoben werden, indem die Themenfindung stärker auf breiter Basis gesellschaftlicher Gruppen erfolgt. Jedoch nicht nur in der ersten Phase einer Studie sollten partizipative Elemente einfließen; sie sollten den gesamten Verlauf durchziehen. Die damit einhergehenden „objektivierten“ Ergebnisse gewährleisten gegebenenfalls, daß die Ergebnisse einer Untersuchung in der Bevölkerung Anerkennung finden.

Die Technikbewertung beinhaltet komplexe Vorgänge, die ein „Laie“ auf Anhieb nicht zu durchschauen vermag. Daraus sollte jedoch nicht der Schluß gezogen werden, daß eine Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen nicht sinnvoll sei. Vielmehr ist es erforderlich, daß der einzelne entsprechende Kompetenzen erwirbt, so daß der Prozeß der Technikbewertung als gesellschaftliches Vermittlungsinstrumentarium fungieren kann. Desweiteren können eventuell Parallel-Analysen und der dadurch initiierte „Konkurrenzkampf“ (zwischen den verschiedenen Forschungsgruppen) möglicherweise dazu führen, daß gleiche objektivierte Ergebnisse im Prozeß der Technikbewertung erzielt werden, so daß auf dieser Basis eine annähernd gesellschaftlich „konsensfähige“ Entscheidungsgrundlage gegeben ist.

Neben den aufgezeigten Schwachpunkten können unzureichende finanzielle Mittel¹, eine nicht ausreichende personelle Besetzung und / oder organisatorische

¹ Um einen groben Überblick über die Finanzmittel zu erhalten, die im Rahmen einer Studie zur Technikfolgenabschätzung oftmals aufgewendet werden müssen, soll das Projekt zum Raumtransportsystem SÄNGER angeführt werden. Beim Raumtransportsystem SÄNGER handelt es sich um ein zweistufiges, horizontal startendes und landendes wiederverwendbares Raumtransportsystem. Auftraggeber dieser Studie war der Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages, der im Mai 1990 beschloß, eine Studie vom Büro für Technikfolgenabschätzung durchführen zu lassen.

Defizite dazu führen, daß nicht sämtliche Handlungsalternativen, Auswirkungsbereiche und Wirkungszusammenhänge in einer Studie zur Technikbewertung erkannt und betrachtet werden.¹ Diese Schwachpunkte im Rahmen einer Technikbewertung sind in der Regel behebbar. Sehr schwer zu behebbende Mängel sind hingegen aufgrund der oftmals fehlenden Daten bzw. der Prognosenproblematik festzustellen. Auch wenn es außerordentlich schwierig ist, zuverlässige Prognosen über den zukünftigen Verlauf, die Wirkungen technologischer Entwicklungen und damit einhergehenden Veränderungen zu geben, so ist es doch möglich, Entwicklungstendenzen zu beschreiben und somit eine „sinnvolle“ Gestaltung auf die weitere technologische Entwicklung zu nehmen. Die Tücken der Prognostik, die durch keine Forschung völlig beseitigt werden können, machen es erforderlich, daß die Technikbewertung als ein fortlaufender Lernprozeß anzulegen ist, „in dem irrtümliche Annahmen, unbefriedigende Teillösungen und unerwartete Nebenfolgen ohne größeren Schaden revidiert und korrigiert werden können.“²

Trotz aller Schwächen, die im Rahmen der Technikbewertung aufgezeigt werden können, ist die Bedeutung dennoch nicht gering. Es wurde dargestellt, daß im Prozeß der Technikbewertung Vertreter der Politik, Industrie und Wirtschaft beteiligt sind und daß eine aktive Beteiligung der Bürger, die mit der Technologie umgehen bzw. mit ihr leben und von den möglichen Folgen einer Technik betroffen sind, unabdingbar ist. Insofern ist mit der Technikbewertung ein Impuls bzw. gesellschaftlicher Lernprozeß in Richtung „Demokratisierung des Fortschritts“ bzw. „demokratische Steuerung der technologischen Entwicklung“ verbunden.³

Dies bedeutet: Auch wenn unterschiedliche kontroverse Haltungen gegenüber der weiteren technologischen Entwicklung festzustellen sind und ein allgemeiner Entscheidungskonsens wegen der Vielzahl von Kontrahenten nicht erzielt werden kann, so ist es doch in einem demokratischen Staat unerlässlich, daß man sich über einen allgemeinen normativen Bezugsrahmen einigt, in dem strittige Fragen geklärt werden. So bedarf es beispielsweise einer Einigung über Verfahren,

Mit dieser Studie sollten die Informationsbasis und die technologiepolitische Entscheidungsbasis des Parlamentes verbessert werden. Im Rahmen der Studie des SÄNGER-Projektes wurden über 1 Millionen DM aufgewendet. Davon wurden ca. 870 000 DM für Unteraufträge benötigt und der Rest für Aufwendungen der internen Bearbeitung. Dieser Anteil ist in Relation zu den gesamten Entwicklungskosten zu betrachten, die sich auf ca. 45 Milliarden DM bei einer Fortführung des Projektes belaufen würden (Vgl. Deutscher Bundestag, Bundestagsdrucksache 12/4193, 12/4277; TAB-Arbeitsbericht Nr.14, OTT, K. 1994b)

¹ Von Unternehmen könnte eingewendet werden, Studien zur Technikbewertung seien zu kostenintensiv, so daß diese Kosten in den Produktionspreis einzukalkulieren seien und daß dadurch Wettbewerbsnachteile zu befürchten seien. Wettbewerb muß jedoch keineswegs bedeuten, daß man all jenes macht, was andere Unternehmen auch machen. Wettbewerbsfähigkeit kann auch dadurch gegeben sein, neue Qualitäten zu entwickeln. Dazu zählen beispielsweise solche Entwicklungen, die sich durch bessere ökologische und gesellschaftliche Gesichtspunkte auszeichnen. (Siehe in diesem Zusammenhang die Beschreibung der innovativen Technikbewertung (*Kapitel 6.2*), bei der auf den ökonomischen Nutzen einer Studie zur Technikbewertung hingewiesen wird)

² ROPOHL, G. 1985, S. 238; 1990, S. 201

³ Vgl. EVERS / NOWOTNY 1987; UEBERHORST, R. 1990

Methoden und Werte, die bei einer Technikbewertung zum Einsatz gebracht werden. Es muß in diesem Zusammenhang aber auch die Diskussion geführt werden, wie wir in Zukunft leben wollen. Dazu ist die Beteiligung der unterschiedlichsten gesellschaftlichen Gruppen notwendig. Derzeit wird jedoch eine aktive Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen an einzelnen Studien zur Technikbewertung gar nicht bzw. nur marginal praktiziert, so daß die geforderte Partizipation noch in den Anfängen steckt. Diese erheblichen Defizite sind auszugleichen, um ein Stück mehr Demokratisierung im Bereich der Technikbewertung zu erzielen. Es ist deshalb erforderlich, daß der Einzelne das entsprechende „Rüstzeug“ erhält, um konstruktiv am Prozeß der Technikbewertung teilnehmen zu können. Eine Grundlage dafür sind u.a. fundierte Kenntnisse über Technik, Werte sowie Beziehungen der Werte untereinander.

Zusammenfassend können mit dem Instrumentarium bzw. Prozeß der Technikbewertung u.a. folgende Ziele aufgezeigt werden:

- Antizipation negativer Folgen und somit bessere Kenntnisse über Auswirkungsbereiche und Folgen, die ohne eine Technikbewertung unberücksichtigt blieben,
- Abschwächen negativer Technikfolgen und Verstärken positiver Wirkungen durch Handlungsoptionen; somit bessere Steuerungsmöglichkeit der technologischen Entwicklung,
- Verbesserung der Entscheidungsfähigkeit, das heißt: Das Für und Wider von Entscheidungen wird besser überdacht, so daß leichtfertige Entscheidungen erschwert werden,
- Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und somit Förderung der Demokratisierung des technologischen Fortschrittes,
- Transparenz technologiepolitischer Entscheidungen durch Offenlegung der Bewertungskriterien und Verfahren (Methoden). Durch die Offenlegung von Kriterien und Verfahren können Meinungsverschiedenheiten in der Sache geklärt und Entscheidungen in eine abstimmungsfähige Form gebracht werden.