

*Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung -
ein Beitrag zur Entwicklung des Technikunterrichts an
allgemeinbildenden Schulen*

Von der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Fachbereich 3 Sozialwissenschaften -
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschafts- und
Sozialwissenschaften Dr. rer. pol.
genehmigte Dissertation

von Walter Scheffczik

geb. am 03.01.1968 in Westrhauderfehn

Referent:
Korreferent:
Tag der Disputation:

Prof. Dr. Kurt Henseler
Prof. Dr. Gerd Vonderach
26.05.2003

Inhaltsverzeichnis

0. Problemstellung und Vorgehensweise	1
1. Beispiele historischer Technikbewertungen und Folgen technischen Wandels	7
1.1 Technikbewertung im Mittelalter	7
1.2 Die vorindustrielle Periode	8
1.3 Die industrialisierte Gesellschaft	9
1.3.1 Die sozialen Implikationen durch Industrialisierung und Technikeinsatz	10
1.3.2 Bewertung von Technik in der industriellen Periode	10
2. Bedeutungswandel von Technikbewertungen	13
2.1 Vorläufer der institutionalisierten Technikbewertung	13
2.2 Eine sich verändernde Gesellschaft - Von der Industriegesellschaft zur Risikogesellschaft?	14
2.3 Einflüsse auf die staatlich institutionalisierte Technikbewertung	17
2.3.1 Die sozialen Bewegungen	18
2.3.1.1 Motivgruppen für das Engagement in Bürgerinitiativen	19
2.3.1.2 Zieltransformation innerhalb einer sozialen Bewegung	20
2.3.1.3 Erforderliche Kompetenzen bei Diskussionen und Entscheidungen zur Technik	21
2.3.2 Die Gewerkschaften - eine weiterer historischer Beitrag zur Institutionalisierung der Technikbewertung	21
2.3.3 Die wissenschaftlich - technische Intelligenz	22
2.4 Das Super-Sonic-Transportation-Projekt (SST) als ein Auslöser der Entstehung des <i>Office of Technology Assessment</i> (OTA) in den USA und belebendes Moment der geführten Diskussion zur Technikbewertung in der BRD	26
2.5 Auslöser der Diskussionen zur Institutionalisierungsdebatte in der BRD	28
3. Zum Konzept der Technikbewertung	30
3.1 Begriff und Zielsetzung von Technology Assessment (Technikfolgenabschätzung / Technikbewertung)	30
3.2 Partizipationsgedanke und Bedenken vor einer institutionalisierten Technikbewertung	32
3.3 Das „Idealkonzept“ der Technikbewertung mit seinen Postulaten	34
3.4 Problematik hinsichtlich der Realisierung des „Idealkonzeptes“	36
3.4.1 Das Problem der Frühwarnung	37
3.4.2 Prognoseproblem	37
3.4.3 Das Problem der umfassenden Technikbewertung	39
4. Die Entwicklung der Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung in der Bundesrepublik Deutschland	41
4.1 Institutionalisierung der Technikbewertung in der BRD und auf europäischer Ebene	41
4.2 Einfluß politischer Systeme auf die Institutionalisierung der Technikbewertung	43
4.3 Diskussionen zur Technikbewertung in der BRD	45
4.3.1 Diskussionen zur Technikbewertung von der 7. bis zur 10. Legislaturperiode (1972-1986)	45
4.3.2 Die Enquete-Kommissionen (Ende 9. bis 11. Legislaturperiode)	49
4.4. Das Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB)	55
4.4.1 Organisation des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag	57
4.4.2 Ziele und Aufgabenbereiche des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag	59
4.4.3 Informationsangebote des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)	62

5. Die Technikbewertung auf gesellschaftlicher Ebene	65
5.1 Bereiche in denen sich Technikbewertungen vollziehen	65
5.2 Die vom Verein Deutscher Ingenieure aufgestellte Richtlinie zur Technikbewertung	67
5.2.1 Zielgruppe und Zweck der Richtlinie zur Technikbewertung	67
5.2.2 Die drei Handlungsfelder des VDI	68
5.3 Technikbewertung im Verständnis des VDI	69
5.3.1 Der Wertebegriff	71
5.3.2 Das Werteoktagon	74
5.3.2.1 Instrumental-, Konkurrenzbeziehungen zwischen den Grundwerten	75
5.3.2.2 Instrumental-, Konkurrenzbeziehungen innerhalb der jeweiligen Grundwerte	76
5.3.2.3 Ergänzende Aspekte zum Werteoktagon	77
5.3.2.4 Werte und Ziele am Beispiel eines PKW-Ottomotors	78
5.4 Moralische Regeln / Normen	82
6. Aspekte der Technikbewertung	86
6.1 Das Komponentenmodell der Technikbewertung	86
6.1.1 Anthropogene Dimension	87
6.1.2 Die ökologische Dimension	89
6.1.3 Die soziale Dimension	93
6.1.4 Die technische Dimension	95
6.1.5 Die naturwissenschaftliche / mathematische / logische Dimension	96
6.1.6 Die ökonomische Dimension	96
6.1.7 Die gesellschaftlich-kulturelle Dimension	97
6.1.8 Die ethische Dimension	100
6.1.9 Die politische / rechtliche Dimension	101
6.1.10 Wirkungsdimensionen der Technik und Beispiele von Kriterien zur Bewertung von Technik	102
6.2 Typen der Technikbewertung	105
6.2.1 Zeitpunktbezogene Technikbewertung	107
6.2.1.1 Innovative Technikbewertung	107
6.2.1.2 Projektive Technikbewertung	110
6.2.1.3 Reaktive Technikbewertung	110
6.2.1.4 Retrospektive Technikbewertung	111
6.2.2 Anlaßbezogene Technikbewertung	112
6.2.2.1 Probleminduzierte Technikbewertung	112
6.2.2.2 Technikinduzierte Technikbewertung	113
6.2.2.3 Probleminduzierte Technikbewertung versus technikinduzierte Technikbewertung ?	114
6.2.2.4 Projektinduzierte Technikbewertung	115
6.3 Phasen der Technikbewertung	115
6.3.1 Vorbemerkungen	115
6.3.2 Beschreibung der Phasen	117
6.4 Methodenrepertoire der Technikbewertung	127
6.4.1 Klassische Methoden	128
6.4.2 Neue Methodenansätze	133
6.4.3 Zusammenfassung und Bemerkungen zu den Methoden	135
6.5 Zwischenbetrachtung	136

7. Lernpsychologische Überlegungen als Grundlage eines zeitgemäßen Technikunterrichts	140
7.1 PIAGETS Entwicklungspsychologie	140
7.1.1 Die Äquilibrationstheorie	140
7.1.2 Die Stadientheorie PIAGETS	143
7.1.3 Einschätzung PIAGETS Stadientheorie	147
7.2 AEBLIS operative Didaktik -eine Erweiterung der Theorie PIAGETS	148
7.2.1 Aufbau einer Operation	149
7.2.2 Verinnerlichungsprozeß einer Operation	149
7.2.3 Begründung einer operativen Methode im Technikunterricht	153
8. Die Technikbewertung als Gegenstand des Technikunterrichts.....	156
8.1 Technikdidaktische Relevanz der Technikbewertung	156
8.2 Thematische Erweiterung technischer Bildung	157
8.3 Ansätze einer Zuordnung der Technikbewertung zur inhaltlichen Dimension der technischen Bildung	160
8.4 Lernzieleinteilungen	163
8.4.1 Lernzieleinteilung nach WILKENING	164
8.4.2 Einteilung nach HENSELER und HÖPKEN	165
8.4.3 Taxonomie der Lernziele nach BLOOM und der Versuch einer Zuordnung technischer Ziele	167
9. Kompetenzen zur Bewältigung technikspezifischer Lebenssituationen	171
9.1 Handlungskompetenz	171
9.2 Sachkompetenz	172
9.2.1 Umsetzungsbezogene Betrachtung	173
9.2.2 Hierarchische (sachsystembezogene) Betrachtung	176
9.2.3 Weitere Aspekte der Sachkompetenz	178
9.3 Bewertungs- und Entscheidungskompetenz	182
9.4 Methodenkompetenz	185
10. Unterrichtsmethoden des Technikunterrichts	188
10.1 Zum Methodenbegriff	188
10.2 Einordnung der Unterrichtsmethoden	188
10.3 Ergänzende Methoden aus den Disziplinen der Technikbewertung	192
10.3.1 Methoden der Ideenfindung	192
10.3.2 Strukturierungsmethode	196
10.4 Typen der Technikbewertung	205
10.4.1 Anlaßbezogene Technikbewertung	205
10.4.2 Zeitpunktbezogene Technikbewertung	210
11. Voraussetzungen zur Umsetzung einer angemessenen Technischen Bildung	219
12. Die Berücksichtigung unterschiedlicher Wirkungsdimensionen der Technik in didaktischen Veröffentlichungen.....	221
12.1 Vorgehensweise der Untersuchung	221
12.2 Untersuchungsergebnisse	222
12.3 Weiterführende Gedanken zum Themenbereich Energie und Aspekte für die Technikbewertung	229

13. Überlegungen zu einem fachdidaktischen Konzept zum Themenkreis Energie	233
13.1 Die Thematik Energie und ihre Bedeutung für die allgemeinbildende Schule	233
13.1.1 Fachbegriffe und Diskussionen zum Themenkreis Energie	233
13.1.2 Verfügbarkeit, Entwertung fossiler Energieträger und Umweltproblematik	233
13.1.3 Bevölkerungswachstum und steigender Verbrauch von Energieträgern	236
13.1.4 Verknappung fossiler Energieträger und Preisentwicklung	238
13.1.5 Beschreiten verschiedener Entwicklungspfade	238
13.1.6 Reduzierung von Energieaufwendungen / Energiesparen	239
13.2 Struktur des Energieverbrauchs in der BRD	240
13.2.1 Anteile der Energieaufwendungen unterschiedlicher Sektoren	241
13.2.2 Der Sektor Haushalt und die Struktur der Energieaufwendungen	242
13.3 Zum Stellenwert der Behandlung der Sektoren im Unterricht und mögliche Bereiche der Energieeinsparung	243
13.3.1 Der Sektor Industrie und Kleinverbraucher	243
13.3.2 Der Sektor Haushalt	244
13.4 Faktoren individuellen Verhaltens	246
13.4.1 Faktoren individuellen Verhaltens und ihre Bedeutung für die Behandlung des Themenkreises Energie im Unterricht	247
13.4.2 Handlungsebenen zur Reduzierung von Energieaufwendungen	248
13.4.2.1 Änderung des Konsumentenverhaltens bzw. der -gewohnheiten	248
13.4.2.2 Einsatz effizienterer Geräte und Systeme	249
13.4.2.3 Sinnvolle Auswahl des Energieträgers	250
13.5 Inhaltliche Vorschläge zum Themenbereich Energie im Fach Technik	251
13.6 Fächerübergreifende Struktur der Thematik und Versuch einer inhaltlichen Zuordnung zu verschiedenen Unterrichtsfächern	252
14. Beispiel einer Bewertungsaufgabe - Kaffeewass Zubereitung	257
14.1 Allgemeine Überlegungen	257
14.2 Lernziele, technische Handlungen und techniktypische Vorgehensweisen bezüglich der Bewertungsaufgabe	259
14.2.1 Lernziele	259
14.2.2 Technische Handlungen und techniktypische Vorgehensweisen	263
14.3 Unterrichtsverlauf Bewertungsaufgabe „Kaffeewass zubereitung“	264
14.3.1 Gliederung und grobe Beschreibung der Unterrichtsphasen.....	264
14.3.2 Überlegungen zu nötigen Vorkenntnissen und möglichen Unterrichtseinstiegen	266
14.3.3 Durchführungsphase - Versuch zur Kaffeewass zubereitung.....	269
14.3.4 Auswertungs- und Bewertungsphase	276
15. Schluß	283

Anhang:

Auswertungstabellen	289
Abbildungsverzeichnis.....	327
Literaturverzeichnis	329
Lebenslauf	
Eidesstattliche Erklärung	

0. Problemstellung und Vorgehensweise

Nahezu alle Bereiche unserer Lebenswelt sind von Technik durchdrungen. Neben den Vorteilen, die die technologischen Entwicklungen mit sich bringen, entstehen aber auch gravierende ökologische und gesellschaftliche Probleme, denen sich die derzeitige Generation und die zukünftigen Generationen zu stellen haben.

Um die negativen Folgen des Technikeinsatzes zu minimieren, scheint es sinnvoll, die Folgen des Technikeinsatzes im voraus abzuschätzen, zu beurteilen und kritisch zu bewerten.

Ein Instrumentarium zur Steuerung der technologischen Entwicklung stellt die Technikbewertung dar, die auf parlamentarischer Ebene vorrangig im Dienste staatlicher Politikberatung steht. Auch auf außerparlamentarischer Ebene gibt es einzelne Institutionen und Vereine, die sich mit der Bewertung von Technik auseinandersetzen.

In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, die Technikbewertung für den Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen aufzuarbeiten. Im Kern handelt es sich um einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Technikdidaktik, und somit soll diese Arbeit einen Schritt zur Curriculumentwicklung des Faches Technik darstellen.

In den Kapiteln 1 bis 6 dieser Arbeit wird aufgezeigt, was mit dem Instrumentarium der Technikbewertung erreicht werden soll. Sie beinhalten Grundlagen zur Thematik der Technikbewertung. Explizit werden Probleme und Aspekte der Technikbewertung dargelegt. Innerhalb der ersten sechs Kapitel dieser Arbeit geht es nicht um eine Weiterentwicklung der Theorien der Technikbewertung einzelner Wissenschaftsdisziplinen, sondern um eine Untersuchung des Sachstandes der Technikbewertung. Näheres zur Intention dieser Kapitel ist den Ausführungen zur Vorgehensweise dieser Arbeit zu entnehmen.

Die Bewertung von Technik ist nicht nur eine wichtige Voraussetzung zur Steuerung der technologischen Entwicklung, sei es als Aufgabe staatlicher Politik oder außerparlamentarischer Einrichtungen, sondern angesichts der durch Technik geprägten Lebenswelt ist die Technikbewertung für alle Bürger bedeutungsvoll. Gesamtgesellschaftlich bedeutet dies, daß nicht nur Ingenieure und Politiker, sondern jeder Einzelne über Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen muß, die es ihm ermöglichen, eine sachgerechte Bewertung von technischen Gegenständen und Verfahren vorzunehmen. Die Fähigkeit, sich kritisch ein Urteil von Technikgestaltung und -nutzung zu bilden, sollte jeder erlangen.

Die Bewertung von Technik ist seit längerem Gegenstand kontroverser politischer, öffentlicher und gesamtgesellschaftlicher Diskussionen. Probleme und Konflikte, gerade im Umgang mit Technik, müssen als Bestandteil des Zusammenlebens von Menschen verstanden und im Technikunterricht aufgearbeitet werden, um sich so mit Widersprüchen konstruktiv auseinandersetzen zu können. Es ist erforderlich, grundlegende Interdependenzen zwischen Technik, Gesellschaft und Umwelt herauszustellen und bestehende Zielkonflikte zwischen diesen Bereichen zu

analysieren. Dies macht zunächst die Sensibilisierung der Schüler hinsichtlich technologischer Fragestellungen notwendig.

Die zunehmende Komplexität und der rasche Wandel der Technik erschweren einen verantwortungsbewußten Umgang mit der Technik sowie das Erkennen technischer Zusammenhänge. Da alle Heranwachsenden gleichermaßen von der Technisierung im beruflichen, öffentlichen und privaten Bereich betroffen sind, muß es Aufgabe der allgemeinbildenden Schule sein, Orientierung zu vermitteln und Handlungsmöglichkeiten zur Bewältigung der komplexen Lebenswelt zu entwickeln, die es dem Lernenden ermöglichen, in kompetenter Form zu handeln. Ist der Heranwachsende bei der Auseinandersetzung mit technischen Sachverhalten und Problemen sich selbst überlassen, so besteht die Gefahr, daß „blinde Technikakzeptanz“ oder eine „Verteufelung der Technik“ aufgrund von Unsicherheiten die Folge sein können.

Gerade das Unterrichtsfach Technik kann fundierte Kenntnisse vermitteln, grundlegende Interdependenzen zwischen Technik, Gesellschaft und Umwelt aufzeigen sowie bestehende Zielkonflikte analysieren. Somit soll dem Einzelnen ermöglicht werden, einen sachbezogenen Dialog zu führen und sich mit Widersprüchen konstruktiv auseinanderzusetzen, um so in angemessener Weise eigene Bewertungen von Technik vorzunehmen.

Die Kapitel 7-14 der vorliegenden Arbeit beschäftigen sich speziell mit dem Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen. Es wird der Versuch unternommen, die Technikbewertung konkret für den Technikunterricht aufzuarbeiten, und dies stellt einen Beitrag zur Curriculumentwicklung dar. Näheres zum Inhalt dieser Kapitel ist den Ausführungen zur Vorgehensweise dieser Arbeit zu entnehmen.

Bevor auf die Thematik der Technikbewertung näher einzugehen ist, scheint es sinnvoll, das der Arbeit zugrunde liegende Technikverständnis voranzustellen. Dabei kann es nicht darum gehen, eine Definition zu liefern, die einen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erhebt.

Betrachtet man die traditionelle Vorstellung der Menschen über Technik, wird deutlich, wie problematisch das Aufstellen einer Definition ist. Frühere Betrachtungen über Technik beziehen sich in erster Linie auf die Menge der künstlich hervorgebrachten Gegenstände (Artefakte). Eine spezifiziertere Betrachtungsweise scheint unerlässlich:

- Technik wird durch den Menschen gestaltet. Sie durchläuft keine eigendeterminierte Entwicklung, was bedeutet, daß Technik bzw. die Bewertung von Technik durch Leitbilder und somit von gesellschaftlichen, politischen und anderen Einflußfaktoren bestimmt wird.
- Technik ist kein abgeschlossenes bzw. fertiges Erzeugnis. Es gilt, sie weiter zu entwickeln.

- Technik besteht nicht nur aus einzelnen Artefakten; sondern auch aus großtechnischen Systemen, die miteinander verzahnt sind und sich gegenseitig bedingen.

Um den Bereich der Technik faßbar zu halten, kann die in der VDI-Richtlinie 3780 gegebene Auffassung über Technik zugrunde gelegt werden. Danach umfaßt Technik drei Teilbereiche:

- „- die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme);
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen;
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“¹

Das der VDI-Richtlinie 3780 und dieser Arbeit zugrunde liegende Technikverständnis umfaßt demnach nicht nur die Menge der künstlich hervorgebrachten Artefakte, sondern auch die Entstehung, Verwendung und Außerbetriebnahme von Technik sowie die Folgen, die von Technik ausgehen.

Vorgehensweise

Um einen besseren Zugang zur Thematik zu ermöglichen, wird zunächst die geschichtliche Entwicklung dargestellt, die dem heutigen Stand der Technikbewertung vorausgegangen ist und diese wesentlich prägt.

Nachdem im *1. Kapitel* einige Beispiele historischer Technikbewertungen und Folgen des technischen Wandels angeführt werden, stellt das *2. Kapitel* einige Vorläufer zur Institutionalisierung der Technikbewertung dar. Dieses Kapitel zeigt Aspekte des technischen Fortschritts auf, die seit einigen Jahren in der Öffentlichkeit kritisch wahrgenommen und kontrovers diskutiert wurden. In diesem Zusammenhang führt das Kapitel Impulse an, die zur staatlichen Institutionalisierung der Technikbewertung in der BRD beitragen.

Das *3. Kapitel* geht auf das Konzept der Technikbewertung ein, wobei der Begriffsinhalt von Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung vorgestellt wird. Ferner untersucht es, welche Anforderungen an die Technikbewertung im Sinne eines „Idealkonzeptes“ zu stellen sind.

Im *4. Kapitel* erfolgt zunächst ein kurzer Abriß über staatliche Institutionen zur Technikbewertung. Dies scheint sinnvoll, um zu eruieren, inwieweit der Wunsch besteht, technologische Entwicklungen besser zu steuern und zu kontrollieren; also negative Auswirkungen von Technik im voraus zu vermeiden bzw. so gering wie möglich zu halten.

¹ VDI 2000a, S.2

Es gilt aufzuzeigen, inwieweit das Abschätzen und Bewerten von Technikfolgen als Grundlage für politisches Handeln in verschiedenen Ländern institutionalisiert ist und eine Partizipation und somit ein Beitrag zur „Demokratisierung des Individuums“ stattfindet.

Im Rahmen der Entwicklung der Institutionalisierung der Technikbewertung wird die langjährige Institutionalisierungsdebatte bis hin zur Einrichtung des „*Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag*“ untersucht und in zeitlicher Abfolge dargestellt. Weiterhin ist es ein Ziel dieser Arbeit, die Organisation, Ziele und Aufgabenbereiche des *Büros für Technikfolgenabschätzung* näher zu skizzieren.

Das 5. *Kapitel* untersucht, welche außerparlamentarischen Institutionen sich mit Technikbewertungen beschäftigen, wobei insbesondere der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) zu betrachten ist. Gerade Ingenieure entscheiden über technische Entwicklungen, gestalten und bewerten diese. In diesem Zusammenhang ist die Auffassung des VDI hinsichtlich der Bewertung von Technik näher herauszuarbeiten. Betrachtet wird, was unter dem Begriff *Wert* zu verstehen ist, welche *Werte* es gibt, welche Funktionen sie haben und welche Beziehungen zwischen den einzelnen *Werten* bestehen.

Das 6. *Kapitel* betrachtet näher weitere Aspekte der Technikbewertung und versucht mit Hilfe eines Komponentenmodells unterschiedliche Wirkungsdimensionen der Technik aufzuzeigen, die bei der Bewertung Berücksichtigung finden sollten. In diesem Zusammenhang werden Beispiele von Bewertungskriterien, die der Fachliteratur zu entnehmen sind, den einzelnen Wirkungsdimensionen zugeordnet. Die weitere Untersuchung analysiert, ob bzw. inwieweit Technikbewertungen nach bestimmten Merkmalen zu gliedern sind und inwiefern verschiedene Arten der Bewertung von Technik dem Lebenszyklus einer Technologie zugeordnet werden können. Dies erscheint sinnvoll, berücksichtigt man, daß Technikbewertung den gesamten Verlauf einer Technikentwicklung begleiten sollte. Im Verlauf des 6. Kapitels zeigen schematische Darstellungen weitere Arbeitsschritte (Phasen), die im Rahmen einer Technikbewertung zu durchlaufen sind. Die damit zusammenhängenden Probleme werden spezifiziert. Schließlich wird auf das Methodenrepertoire eingegangen, das bei Erstellung von Studien zur Technikbewertung Anwendung findet.

Die Kapitel 7-14 beschäftigen sich mit der didaktischen Umsetzung der Technikbewertung an allgemeinbildenden Schulen. Im 7. *Kapitel* werden lernpsychologische Überlegungen vorangestellt, wobei die entwicklungspsychologischen Erkenntnisse von PIAGET und AEBLI besondere Berücksichtigung finden.

Im 8. *Kapitel* wird darauf eingegangen, weshalb die Bewertung von Technik auch eine Aufgabe der allgemeinbildenden Schule darstellen muß. In diesem Zusammenhang geht es um das Aufstellen und Ergänzen von Aufgaben und Zielen eines unserer Zeit entsprechenden Technikunterrichts. Dazu werden den technischen Problem- und Handlungsfeldern *Arbeit und Produktion, Bauen und Wohnen, Versorgen und Entsorgen, Transport und Verkehr, Information und*

Kommunikation unter Berücksichtigung der Bewertung von Technik, Beispiele für Unterrichtsinhalte zugeordnet. Dem schließt sich eine kurze Darstellung unterschiedlicher Lernzieleinteilungen an, die für die Aufarbeitung von Lernzielen im Technikunterricht hilfreich sein können.

Das 9. *Kapitel* zeigt mögliche Kompetenzen auf, die zur Bewältigung technikspezifischer Lebenssituationen dienlich erscheinen. Dabei wird auf die komplexe Handlungskompetenz eingegangen, wobei die in Wechselbeziehung zueinander stehenden Ebenen (Sach-, Methoden-, Wertungsebene) der Technik zur Sachkompetenz, Methodenkompetenz und Bewertungskompetenz führen. Ferner wird versucht, Möglichkeiten zum Erwerb dieser Kompetenzen aufzuzeigen.

Das 10. *Kapitel* beschäftigt sich mit den unterschiedlichen Methoden des Technikunterrichts, die dazu beitragen sollen, den Schüler zu befähigen, technikspezifische Situationen in angemessener Weise zu bewältigen. Ferner werden ergänzende Methoden aus den Wissenschaftsdisziplinen der Technikbewertung vorgestellt, die im Rahmen einer Bewertung von Technik im Unterricht von Bedeutung sind. Am Schluß des Kapitels werden unter Rückgriff auf die im 6. Kapitel vorgestellten Typen der Technikbewertung die Bedeutung dieser Typen für den Technikunterricht dargelegt und Unterrichtsbeispiele vorgestellt.

In dem sich daran anschließenden 11. *Kapitel* erfolgen Ausführungen zu den Voraussetzungen der Umsetzung einer angemessenen technischen Bildung, die im Zusammenhang mit der Technikbewertung stehen.

Im 12. *Kapitel* werden am Beispiel der Thematik Energie die bisher veröffentlichten Beiträge (der Technikdidaktik, Naturwissenschaftsdidaktik) zum Themenkreis Energie unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wirkungsdimensionen der Technik analysiert. Ziel dieses Kapitels ist es, aufzuzeigen, welche Wirkungsdimensionen der Technik bisher noch nicht oder nur unzureichend in den Veröffentlichungen Berücksichtigung finden. Neben den anderen existentiell wichtigen Problemfeldern, wie beispielsweise der Gentechnologie, den Kommunikationstechnologien u.a.m., scheint insbesondere die Energiethematik geeignet zu sein, technische, ökologische, wirtschaftliche, gesellschaftspolitische u.a. Fragestellungen anzusprechen.

Im 13. *Kapitel* erfolgen Überlegungen zu einem fachdidaktischen Konzept des Themenkreises *Energie*. Dazu ist zunächst auf die Bedeutung der Thematik für die allgemeinbildende Schule einzugehen. In einem weiteren Schritt wird die Struktur des Energieverbrauchs der BRD untersucht, um daraus abzuleiten, für welche Bereiche sich die Notwendigkeit einer schulischen Behandlung ergibt. Anschließend werden verschiedene Faktoren individuellen Verhaltens (basierend auf psychologischen Erkenntnissen) aufgezeigt, um sich diese im praktischen Unterricht zunutze zu machen.

Das Kapitel schließt mit der Auflistung inhaltlicher Vorschläge zum Themenkreis *Energie* im Fach Technik und einer thematischen Zuordnung verschiedener Unterrichtsfächer ab. Dies erscheint sinnvoll, da Technik immer in ein vielfältiges

Bedingungs- und Auswirkungsgefüge eingebunden ist (z.B. ökologische, politische, ökonomische Bezüge), welches es zu erfassen und zu verstehen gilt. Die den einzelnen Fächern zugeordneten Unterrichtsinhalte stellen deshalb einen Beitrag zu einer curricularen Abstimmung des Themenkreises Energie dar.

Im letzten *14. Kapitel* wird exemplarisch aus dem Bereich Energie anhand eines Unterrichtsbeispiels der Versuch unternommen, aufzuzeigen, wie eine Bewertung von Technik im Unterricht vorgenommen werden kann. Nach allgemeinen didaktischen Überlegungen sowie Vorschlägen zum Unterrichtseinstieg werden unterschiedliche Verfahren der Kaffeewasserbereitung analysiert, die einer Bewertung unterzogen werden.

1. Beispiele historischer Technikbewertungen und Folgen technischen Wandels

1.1 Technikbewertung im Mittelalter

Diskussionen über Technikfolgen werden nicht erst seit jüngster Zeit geführt; sie reichen zum Teil bis in die Antike zurück. Ein Beispiel aus dem späten Mittelalter,¹ ist die aus der Mitte des 16. Jahrhunderts geführte Diskussion über die Rechtfertigung des Bergbaus und des Hüttenwesens.

GEORGIUS AGRICOLA, ein Befürworter des Berg- und Hüttenwesens, gibt in seinem 1556 erschienenen Buch „De re Metallica“ die Stimmen seiner Gegner wieder, die auf die möglichen Folgen des Berg- und Hüttenwesens aufmerksam machen.

„Durch das Schürfen nach Erz werden die Felder verwüstet. Wälder und Haine werden umgehauen, denn man bedarf zahlloser Hölzer für die Gebäude und das Gezeug. Durch das Niederlegen der Wälder werden die Vögel und andere Tiere ausgerottet [...]. Die Erze werden gewaschen. Durch dieses Waschen aber werden, weil es die Bäche und Flüsse vergiftet, die Fische aus ihnen vertrieben oder getötet. Da also die Einwohner der betreffenden Landschaften infolge der Verwüstung der Felder, Wälder, Haine, Bäche und Flüsse in große Verlegenheit kommen, wie sie sich die Dinge, die sie zum Leben brauchen, verschaffen sollen, ist es vor aller Augen klar, daß beim Schürfen mehr Schaden entsteht, als in den Erzen, die durch den Bergbau gewonnen werden, Nutzen liegt.“²

Trotz der oben angeführten Bedenken seiner Gegner setzt sich AGRICOLA für den Abbau von Erzen ein, da seiner Meinung nach der Nutzen der Metalle größer sei als der Schaden, der dadurch entstehe.

Ein weiteres Beispiel, in dem es um Technikbewertung geht, läßt sich bei KORNWACHS finden. Danach soll der chinesische Kaiser, als die Chinesen zum ersten Mal portugiesische Hochseeschiffe sahen, eine Kommission beauftragt haben, herauszufinden, ob China die Technik der Hochseeschiffe übernehmen solle oder nicht. Da die Militärfachleute und Techniker eine Unterjochung durch das damalige fremde Europa befürchteten, sprachen sie sich für eine solche Übernahme der Technik aus. Der chinesische Kaiser entschied sich aufgrund der Vorschläge anderer Berater gegen die Übernahme einer solchen Technik. Diese Entscheidung des Kaisers soll von der Überlegung ausgegangen sein, daß China als Land der Mitte ohnehin alles wußte und all das, was von außen in das Land

¹ Weitere Beispiele historischer Technikfolgenabschätzung lassen sich bei WHITE, L. (1986, S. 47-71) finden.

² Tonbandmitschnitt eines freien Vortrages des Bibliotheksdirektors KLEMM, F. (1979, S. 39) über die Sammlung früher originaler Druckwerke des 15. bis 17. Jahrhunderts aus der Abteilung LIBRI RARI der Bibliothek des Deutschen Museums in München. Anlässlich der Vollendung des 75. Lebensjahres von Herrn Prof. KLEMM als Broschüre im Januar 1979 veröffentlicht.

hereingetragen wurde, nicht als wichtig, sondern eher als schädlich einschätzte. Diese kaiserliche Entscheidung hatte zur Folge, daß China eine Landmacht blieb und darüber hinaus lange Zeit von den politischen und geistigen Strömungen des Westens isoliert wurde.¹

1.2 Die vorindustrielle Periode

Die vorindustrielle Periode ist dadurch gekennzeichnet, daß die Güter noch ausschließlich mittels bäuerlicher und handwerklicher Arbeit hergestellt wurden. Der Mensch in jener Zeit hatte in der Regel einen festen Bezug zum fertigen Erzeugnis, da er im gesamten handwerklichen Herstellungsprozeß bis zum Endprodukt integriert war. Eine Arbeitsteilung im Handwerk hatte sich in der vorindustriellen Zeit nur insofern entwickelt, als daß „verschiedene Menschen je verschiedenartige Produkte herstellten: der Schuhmacher Schuhe, der Schneider Kleider usw. Aber ein Mensch stellte das fertige Produkt alleine her [...] Dadurch konnte er auch voll und ganz den Sinn und Zweck seiner Arbeit überblicken.“²

Jeder Mensch hatte durch die Geburt seinen festen Platz in der Gesellschaft und wurde durch die in der Schicht geltenden Rechtssatzung darin festgehalten. Es bedeutete immer ein Risiko, den "angestammten" sozialen Bereich zu verlassen und an einen "fremden" Ort zu wandern oder auch nur einen Berufswechsel anzustreben. Für den größten Teil der Menschen war das Verharren am Ort die beste Gewähr für die soziale Sicherheit in den sonst vielfach erbarmungswürdigen Verhältnissen.³

Die Gesellschaft, die einen Anspruch an den einzelnen besaß, forderte die Erfüllung bestimmter Verpflichtungen, welche weitgehend durch religiöse, sittliche Werte bestimmt waren. Indem der einzelne diesen Verpflichtungen (zum Wohle der Gesellschaft) nachkam, sicherte er sich einen festen Platz in der Gesellschaft. Die Menschen verstanden ihren Beruf und ihre soziale Stellung als Gottesurteil, was in der Regel eine Reform- und Fortschrittsfeindlichkeit beinhaltete bzw. technische Neuerungen oftmals eine negative Bewertung erfuhren.⁴

Die Industrialisierung brach die soziale Ordnung auf, das bis dahin vorhandene Wertesystem löste sich auf. Dynamische Arbeitshaltung und Leistungsstreben der Unternehmer fanden ihre gesellschaftliche Legitimation. Die Rechtfertigung des wirtschaftlichen und technischen Fortschritts, aber auch das Streben nach persönlicher Leistung wurden aus der Freiheitsidee abgeleitet. Die Faktoren, die diesen Wandel vorantrieben hatten, sind u.a. die Geistesbewegungen der Aufklärung, des Liberalismus, die beginnende Aufgabe der Leibeigenschaft, die

¹ KORNWACHS, K. 1991, S. 3

² GASSER, C. 1958, S. 12

³ Vgl. BOLTE, K.M.; ASCHENBRENNER, K. 1970, S. 16f.; Bundeszentrale für politische Bildung 1988, S. 2; BROSE, H.G. 1997, S. 82

⁴ Die Armut wurde als ein von Gott gegebenes Schicksal gesehen, das im Diesseits demütig ertragen wurde, um im Jenseits eine gerechte Belohnung zu erfahren. (Vgl. MOMMERTZ, K. 1978, S. 42; ECKARDSTEIN, D; SCHNELLINGER, F. 1978, S. 33f.)

Auswirkungen der französischen Revolution sowie der wachsende Einfluß des Protestantismus auf Europa.¹ Aber auch das „Anwachsen der Bevölkerungszahl, die Zusammenballung von Menschen in den sich bildenden Industriegebieten [...], brachten die Voraussetzungen und zum Teil die Notwendigkeiten für die Auflösung der alten und die Entstehung neuer Ordnungen mit sich.“²

Es bilden sich Manufakturen und „viele selbständige Handwerker geben ihren eigenen Betrieb auf, weil sie nicht mehr konkurrenzfähig sind. Sie werden lohnabhängig und damit unfrei.“³ Es erfolgte eine enorme Abwanderung aus den ländlichen Gegenden, was zu familiären und gesellschaftlichen Entwurzelungen führte. Die Haus- und vor allem die Arbeitsgemeinschaft wurde zerstört, bzw. der Arbeitsplatz wurde aus der Hausgemeinschaft herausgelöst.

1.3 Die industrialisierte Gesellschaft

Mit der rasanten technologischen Entwicklung in nahezu allen Produktionsbereichen des 18. und 19. Jahrhunderts gingen humane, soziale, wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen einher.

In den in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts geführten Diskussionen über die Auswirkungen von Technik standen zunächst die Folgen von Dampfkesselexplosionen im Vordergrund. Die Betrachtung von schleichenden Gefahren (z.B. durch Gase, Stäube) nahmen zu dieser Zeit eine untergeordnete Rolle ein. Vielmehr wurden solche technischen Auswirkungen als gefährdend eingeschätzt, bei denen es zu einer hohen Zahl an Unfall- und Todesopfern (wie beispielsweise bei den Dampfkesselexplosionen) kam. In diesem Zusammenhang wurden zunehmend Forderungen an das staatliche Handeln hinsichtlich der Einflußnahme auf technische Entwicklungen gestellt. In der preußischen Dampfkesselgesetzgebung von 1831 wurde diesem Anspruch Rechnung getragen.⁴

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts rückte im Bereich Bewertung von Technik deren Doppelcharakter in den Vordergrund. Den Menschen wurde im zunehmenden Maße bewußt, daß die Technik als ein Mittel zur Ausbeutung der „Ware Arbeitskraft“ eingesetzt, aber auch zur Humanisierung der Produktion herangezogen werden kann.⁵

Die Technik ermöglicht die Deckung vorhandener Bedarfe und weckt darüber hinaus auch neue Bedürfnisse. So schuf beispielsweise die serienmäßige Massenerzeugung zu günstigen Preisen die Voraussetzung, daß neue Käufergruppen am Konsum teilhaben konnten.⁶ Mit den technischen Innovationen

¹ Vgl. DAHRENDORF, R. 1957, S. 3; ECKARDSTEIN, D.; SCHNELLINGER, F. 1978, S. 33f.

² BOLTE, K.M.; ASCHENBRENNER, K. 1970, S. 8

³ AMMEN, A. 1992, S. 152

⁴ Vgl. ANDERSEN, A. 1996, S. 35; KUHLMANN, A. 1995, S. 378f.

⁵ DUISMANN, H.G; SELLIN, H. 1991, S. 5

⁶ Vgl. SERAPHIM, P.H.; 1966, S. 123

ist nicht nur ein „Konsumzuwachs“ bzw. „Komfortzuwachs“ verbunden, sondern auch gravierende Folgen wie z.B. Veränderungen der sozialen Beziehungen.

1.3.1 Die sozialen Implikationen durch Industrialisierung und Technikeinsatz

Es ist festzustellen, daß zur Zeit der Industrialisierung die Bedingungen der Arbeitsumwelt, die Lohnhöhe und die Arbeitszeit von den Arbeitgebern bestimmt wurden, sofern ein starkes Angebot an Arbeitswilligen vorlag. Die Arbeiter lebten ausschließlich vom Verkauf ihrer Arbeitskraft und waren gezwungen, diese auch zu niedrigen Preisen anzubieten.

Während es noch in der „Manufakturperiode“ hauptsächlich darum ging, Produktionssteigerungen durch Teilarbeit im Fertigungsprozeß zu bewirken, ist die Arbeitsteilung in den Industriebetrieben zusätzlich dadurch gekennzeichnet, die Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen.

Der Arbeiter, der nicht mehr frei in der Gestaltung seiner Arbeit ist, muß sich den Anforderungen und Anordnungen des Unternehmers fügen, um seine Existenz zu sichern.¹ Das heißt, die persönlichen Beziehungen zwischen den Menschen, insbesondere zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer, die vorher durch das Meister-Gesellen-Verhältnis charakterisiert waren, kamen kaum noch zur Entfaltung. Der Vorgesetzte ist nun nicht mehr Arbeitskamerad, der die Nöte, Sorgen und Anstrengungen des "Untergebenen" teilt, sondern der dafür sorgte, daß Arbeitsschritte ausgeführt wurden.²

1.3.2 Bewertung von Technik in der industriellen Periode

In den Diskussionen zur Technikbewertung in der sich industrialisierenden Gesellschaft ist eine ambivalente Haltung gegenüber technischen Neuerungen festzustellen.

„Maschinen wurden nicht abgelehnt, wenn sie die herkömmliche Lebensweise nicht bedrohten“³, sondern „man wandte sich dagegen, die alten Bräuche und Gewohnheiten der Gewerbe zu zerstören, indem sie Maschinen einfügten, zum Fabrikssystem übergingen, herkömmliche Qualitätsstandards mißachteten, Löhne drückten, vertraute Statusgrenzen aufhoben und durch die Praxis der freien Konkurrenz kleinere Betriebe zugrunde richteten.“⁴

Ein Beispiel einer ablehnenden Haltung hinsichtlich der Einführung technischer Neuerungen ist das Verbot der oberösterreichischen Regierung, das bereits 1794

¹ AMMEN, A.; 1992, S. 153

² Lehrlinge und Gesellen, die in der vorindustriellen Zeit außerhalb der eigenen Familie arbeiteten, waren voll in die Meisterfamilie einbezogen, d.h. das Arbeitsverhältnis umfaßte nicht nur die Arbeitskraft, sondern die ganze Person. (Vgl. BOLTE, K.M.; ASCHENBRENNER, K.; 1970, S. 7, ECKARDSTEIN, D.; SCHNELLINGER, F. 1978, S. 35)

³ OBERLIESEN, R. 1996, S. 4

⁴ SIEFERLE R.-P. 1983, S. 215; hier zitiert nach OBERLIESEN, R. 1996, S. 4

erlassen wurde.¹ Es untersagte den beiden Konstrukteuren Hahn und Gattinger die Verwendung einer mechanischen Spinnmaschine. Die Regierung berief sich bei ihrem Urteil auf ein älteres Maschinenverbot aus England sowie eine allgemeine österreichische Verordnung aus dem Jahre 1786, wonach kein Privileg auf Spinn- oder andere Maschinen erteilt werden dürfe, weil die Existenz von tausenden Arbeitnehmer gefährdet sein würde.²

Die rasche Bevölkerungsentwicklung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, hervorgerufen durch eine bessere medizinische Versorgung, führte zu einem Überangebot von Arbeitskräften. Im Zuge fortschreitender Industrialisierung nahmen die Betriebsgrößen zu.

"Vor allem in England, Frankreich, Deutschland und den USA war Kapital vorhanden und Bedarf an industriellen Gütern. Konnte diese flutartige Vermehrung der Betriebe (Unternehmen) und damit der Bedarf an Arbeitskräften noch durch die zur gleichen Zeit stattfindende Bevölkerungsvermehrung aufgefangen werden, wurden gegen Ende des 19. Jh. die Arbeitskräfte wieder knapp. In dieser Phase entwickelte sich die Erwerbsarbeit für den Menschen in eine neue, negative Richtung."³

Es mußten aufgrund der zunehmenden Konkurrenz, Produktionsverfahren herangezogen werden, welche es ermöglichten, dem Menschen immer höhere Leistungen abzuverlangen. Ausgehend von der Erkenntnis Adam SMITHs⁴, die Arbeitsvorgänge in kleine und kleinste, in gleicher Weise wiederholende Tätigkeiten zu zerlegen, führte diese Form zu einer beachtlichen Erhöhung der Geschicklichkeit der Arbeiter für diesen Arbeitsschritt und somit zu einer enormen Leistungssteigerung.⁵

Innerhalb der Massenproduktion hat die Spezialisierung einen so hohen Grad erreicht, daß der einzelne kaum mehr weiß, welche Verrichtung sein Arbeitskamerad ausübt. Das Verständnis für das Endprodukt bzw. seiner Tätigkeit fehlt nahezu vollkommen.⁶ Die Folge ist, daß sich die Arbeit des einzelnen sinnentleert, sie scheint zu einer sinnlosen äußeren Betätigung, zum reinen Gelderwerb zu werden.

Das Verantwortungsgefühl des Arbeitnehmers für seine Arbeit schwindet zunehmend, da der Arbeiter die Qualität seiner eigenen Leistung nicht mehr am Funktionieren des fertigen Produktes überprüfen kann. „Der einzelne wird zum

¹ Vgl. MOMMERTZ, K. 1978, S. 26

² Siehe: BRAUN, R. 1968. S. 260

³ AMMEN, A. 1992, S. 153

⁴ Vgl. SMITH, A. 1974; S. 10ff.

⁵ Vgl. ECKARDSTEIN, D.; SCHNELLINGER, F. 1978, S. 36

⁶ Vgl. AMMEN, A. 1992, S. 154; DRUCKER, P.F.; 1950, S. 44

kleinen Rädchen einer großen Maschinerie, von deren Funktionieren er nichts mehr versteht.“¹

Nicht mehr die fachliche Qualifikation eines Arbeiters scheint für die Beschäftigung im Betrieb vordergründig, sondern seine Anpassungsfähigkeit. Für den Betrieb stellte der Arbeiter einen reinen Kosten- und Leistungsfaktor dar, der leicht zu ersetzen war. Soziale und ethische Verhaltensweisen waren dem Arbeitgeber fremd.²

Ein wesentlicher Einfluß des Staates auf die durch den Technikeinsatz hervorgerufenen Folgen kann in der Einführung der Sozialgesetzgebung gegen Ende des 19. Jahrhunderts gesehen werden. Ferner trugen die sich bildenden Gewerkschaften dazu bei, daß sich die soziale Lage der Arbeiter verbesserte.³

¹ GASSER, Chr. 1958, S. 14

² Vgl. BRIEFS, G. 1943, S. 40; ECKARDSTEIN, D.; SCHNELLINGER, F. 1978, S. 35

³ Siehe hierzu die Ausführungen über die Arbeitsschutzpolitik von BRINKMANN, H. 1997, S. 627 ff.

2. Bedeutungswandel von Technikbewertungen

2.1 Vorläufer der institutionalisierten Technikbewertung

Als Vorläufer der heutigen Debatte zur Technikfolgen-Abschätzung kann der im April 1926 vom Reichstag eingesetzte Enquete-Ausschuß „*Kommission zur Untersuchung der Erzeugungs- und Absatzbedingungen der deutschen Wirtschaft*“ mit seinen fünf Unterausschüssen angesehen werden. Aufgabe dieses Ausschusses war es u.a., die Frage zu beantworten: „warum die deutsche Wirtschaft hinter ihren eigentlichen Möglichkeiten zurückgeblieben war“.¹ Speziell zu den Technikfolgen beschäftigte sich der IV. Unterausschuß „*Arbeitsleistung*“. Er sollte die Wirkungen bezüglich technischer Veränderungen auf die Arbeitsleistung mit der Intention klären, Folgerungen für Arbeitszeit und -lohn zu ziehen, um letztendlich Konflikte zwischen den Arbeitgebern und Arbeitnehmern zu mildern. Im Jahre 1931 wurde die Arbeit des Enquete-Ausschusses wegen mangelnder Finanzmittel eingestellt, so daß in diesem Rahmen eine Institutionalisierung von Technikfolgenabschätzung scheiterte.²

DIERKES bilanziert in diesem Zusammenhang: „Die programmatische Forderung nach einer umfassenden, methodisch entwickelten Technikfolgenforschung konnte weder durch den Ausschuß noch durch sozialwissenschaftliche Forschungsinstitute eingelöst werden; die Ansätze zu einer breiteren politischen Diskussion über zentrale Aspekte technischen Wandels wurden in den folgenden Jahrzehnten nicht fortgeführt.“³

Es ist festzustellen, daß das Hauptaugenmerk traditioneller Diskussionen und Studien zur Technikfolgenabschätzung dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit galt:

- wirtschaftliche Rentabilität
- Wirtschaftswachstum
- Erhalt und Steigerung der Produktivität
- Wettbewerbsfähigkeit

In neueren Diskussionen zur Technikbewertung tritt verstärkt die Forderung auf, Technik anhand weiterer Kriterien wie beispielsweise ökologische, soziale und medizinische zu bewerten.⁴ Eine Bewertung unter Berücksichtigung dieser Aspekte stellt jedoch ein schwieriges Unterfangen dar, da sie nur schwer in Geldwerten zu erfassen sind.

¹ DIERKES, M. 1986, S. 130

² Vgl. Dierkes, M. 1986, S. 129ff; 1991, S. 1496ff.

³ Dierkes, M. 1986, S. 132

⁴ Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) hat beispielsweise eine Studie zur „Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts“ in Auftrag gegeben, in der nicht nur die traditionellen Aspekte (z.B. die Wettbewerbsfähigkeit) eine Berücksichtigung finden sollten, sondern es sollten auch ausdrücklich ökologische und gesellschaftliche Gesichtspunkte hinsichtlich der Zukunftstechnologien behandelt werden. (Der Endbericht dieser Studie wurde veröffentlicht in: GRUPP, HARIOLF (Hrsg.): *Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts*, Heidelberg 1993.)

2.2 Eine sich verändernde Gesellschaft - Von der Industriegesellschaft zur Risikogesellschaft?

Bereits seit dem Ende des 2. Weltkrieges und verstärkt im zweiten Jahrzehnt nach dem 2. Weltkrieg veränderten die zum großen Teil aus der militärischen Forschung hervorgegangenen Technologien¹ den Lebensstil des einzelnen in erheblichem Maße. Schon vor dem Kriegsende entstand aus der kernphysikalischen Grundlagenforschung nicht nur der erste Kernreaktor, sondern auch die erste Atombombe. Die Kernreakorttechnologie ermöglichte eine ausreichende Energieversorgung in vielen Industrienationen. An die im Krieg entwickelten Technologien knüpfte sich der Straßen-, der Automobilbau sowie die Luftfahrtindustrie an, was zu einer erweiterten Mobilität führte. Im Rahmen weiterer militärischer Forschung entstand die elektronische Steuer- und Regelungstechnik, die nicht nur bei der Fernlenkung und Selbststeuerung von Torpedos, atomaren Sprengköpfen, Kampfflugzeugen, Panzern u.a., sondern auch bei der Automatisierung von Fertigungsanlagen ihren Einsatz fanden. Ähnlich verhält es sich im Bereich der Halbleitertechnik, der hochbeständigen Spezialkunststoffe, den aufwendigen Metallegierungen, der Lasertechnik, den Gläsern usw.. Die intensiv nach dem Krieg einsetzende Werkstoffforschung entsprang sowohl der militärischen Forschung als auch den am Anfang des 20. Jahrhunderts gewonnenen Erkenntnissen der Makromolekularchemie sowie der Atomphysik. Die großindustriellen chemischen Verfahren, d.h. die Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Polymerisation, Polyaddition sowie Polykondensation führten zu einem explosiven Anwachsen der Produktpalette. Aus den Forschungen auf dem Gebiet der Elektronik, speziell der Halbleitertechnik, entsprangen nicht nur Massenmedien und -kommunikationsmittel (Telefonnetze, Computer, Fernsehen, Laserdruck u.a.), sondern auch moderne Sicherheitstechnologien (z.B. PKW-Elektronik, Flugsicherheit), moderne Haushaltsgeräte und für den gewerblichen Bereich genutzte Produkte (Waschautomaten, Mikrowellenherde, Personal Computer usw.).²

Während in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts der technische Fortschritt in der Öffentlichkeit bis auf wenige Ausnahmen eine positive Zustimmung erfuhr, sind vor allem die späteren 70er Jahre dadurch gekennzeichnet, daß negative Folgen und Risiken der Technik und Technologien ins Blickfeld der Bevölkerung gelangen und Technikdebatten zunehmend in der Öffentlichkeit geführt werden.³

¹ Die aus der Raumfahrt bekannten Informationen, Verfahren und Produkte, die für andere kommerzielle Zwecke verwendet werden können, werden als *Spin-offs* bezeichnet. Anfang der 60er Jahre begannen erstmals NASA-Vertreter aus einer Notlage heraus mit Spin-offs als „wirtschaftlichen Schatz“ zu werben. Die Bevölkerung sollte damit über den Nutzen des Apollo-Programms überzeugt werden. (KRÜCK, C. 1993, S. 34) Näheres zu den oftmals wissenschaftlich schlecht untermauerten Spinn-off Argumenten siehe KRÜCK.

² PATURI, F. 1989, S. 448-483

³ Vgl. DIERKES. M. 1991, S. 1497

Ein wesentlicher Impuls zur Technikdiskussion ging von dem im Jahre 1972 erschienenen Bericht des *Club of Rome* „Die Grenzen des Wachstums“ aus, in dem Prognosen über Folgen des Technikeinsatzes angestellt wurden. MEADOWS, ZAHN und MILLING, die Verfasser des Berichtes wiesen, eindringlich auf die Skepsis eines unkritischen technischen Fortschrittes hin. Die Autoren forderten aufgrund der Begrenztheit der Ressourcen eine neue Art des Wirtschaftens.

Die spürbaren Veränderungen im Bereich der natürlichen Umwelt, hervorgerufen durch die technologische Entwicklung, ziehen in den 70er Jahren veränderte gesellschaftliche Bewertungen der Mensch-Natur-Beziehung aber auch der Mensch-Technik-Beziehung nach sich. Die Befürchtungen vor technisch bedingten Unfällen im Bereich der Chemieindustrie, vor dem Bau von großtechnischen Anlagen wie z.B. Großflughäfen sowie die Sorge um die Sicherheit der Atomtechnologie sorgten in der BRD dafür, daß neue soziale Bewegungen aktiv wurden. Zu nennen sind insbesondere die Alternativ-, Ökologie- und Anti-Atomkraft-Bewegung.

Mit der Protestbewegung gegen die Atomenergie, insbesondere mit der Bauplatzbesetzung bei Wyl Anfang 1975, begann sich erstmals in Deutschland eine „materielle Gewalt“ gegen die technologische Entwicklung herauszukristallisieren.¹

Die Ambivalenz des technischen Fortschritts drang verstärkt in die Vorstellung großer Bevölkerungskreise. Gerade die Kernenergie mit ihrem hohen Nutzen für die Menschen einerseits und der potentiellen Gefahr (ungeachtet der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit) Großkatastrophen auszulösen, andererseits, verkörpert die Ambivalenz der Technik recht deutlich. Die geplante Errichtung des Kernkraftwerks bei Wyl gab bereits 1976 Anlaß zu einer Studie zur Technikfolgenabschätzung, in der alternative Energieversorgungssysteme untersucht wurden.²

Mit den Diskussionen über die Sicherheit der Kernenergie wurde in verstärktem Maße deutlich, daß der Einsatz und der Gebrauch von Technologien ein politisches Thema ist (politische Dimension der Technik) und diesbezüglich Entscheidungen einer politischen Legitimation bedürfen. Daß politische Institutionen reagieren müssen, um einen Interessenausgleich durchzuführen, ergibt sich auch aus dem Postulat der Sozialstaatlichkeit³. Dieses fordert dazu auf, negative gesellschaftliche Auswirkungen zu mildern bzw. nicht eintreten zu lassen.⁴

¹ ANDERSEN, A. 1996, S. 29

² LUDWIG, B., 1995, S. 16

³ Im Grundgesetz (GG Art. 20 (1) heißt es: „Die Bundesrepublik Deutschland ist ein demokratischer und sozialer Bundesstaat.“ HESSELBERGER (1990, S. 163) führt in seinem Kommentar zum GG dazu aus: Das Postulat zur Sozialstaatlichkeit erstrebt die annähernd gleichmäßige Förderung des Wohles aller Bürger und die annähernd gleichmäßige Verteilung der Lasten. Vgl. auch SOMMER, G.; WESTPHALEN, R. von 1997, S 60 ff.

⁴ ZIMMERMANN, K. 1986, S. 287f.

Die Brisanz¹ der frühindustriellen Risiken und den heutigen Technologien besteht darin, daß die davon ausgehenden Gefahren überwiegend unsichtbarer Art sind, sich der menschlichen Wahrnehmung gänzlich entziehen. Für Lebewesen beinhaltet dies irreversible Schäden. Es handelt sich um *atomare, chemische, ökologische* und *gentechnische Gefahren*. Ferner scheint der Unterschied zu den älteren Technikdiskussionen darin zu liegen, daß der technologische Fortschritt nicht mehr nur als eine Bedrohung der sozialen Gerechtigkeit (Konflikt zwischen Kapital und Arbeit) aufgefaßt wird, sondern als eine Gefahr des Überlebens schlechthin.

BECK spricht in diesem Zusammenhang von Risiken, die zu *blinden Passagieren des Normalkonsums* werden, da sie u.a. in Wind und Wasser, in der Nahrung, der Kleidung, der Wohnung und allen sonst so streng kontrollierten Schutzzonen der Moderne stecken. Bei diesen Gefahren handelt es sich teilweise um solche, die globaler Art sind. Es sind z.B. auch Länder, die nur über gering schadstoffintensive Industrien verfügen, von sterbenden Wäldern, Pflanzen- und Tierarten betroffen.²

Während frühere Dampfkesselexplosionen lokal innerbetrieblich eingrenzbar waren, sind die heutigen Folgen eines Unfalls (z.B. Reaktorunfall, Giftgasexplosion) oftmals weder lokal noch regional einzugrenzen; sie haben überregionale und kontinentübergreifende Auswirkungen.

Ferner weisen die Modernisierungsrisiken in ihrer Verbreitung einen sozialen *Bumerang-Effekt* auf. Es sind früher oder später auch diejenigen betroffen, die die Folgen produzieren oder von der Modernisierung profitieren, da die gesamte Gesellschaft betroffen ist und die Folgen keinen Unterschied zwischen Verursachern und Betroffenen machen. Mit den einzelnen Risiken gehen „ökologische Entwertungen und Enteignungen“ einher, die im Widerspruch „zu den Gewinn- und Besitzinteressen“ stehen. Betrachtet man beispielsweise das Waldsterben, so ist festzustellen, daß neben dem Verschwinden ganzer Vogelarten auch der ökologische Wert von Land und Wald schrumpft. Es fallen beispielsweise die Grundstückspreise in Gebieten geplanter Atom- oder Kohlekraftwerke, aber auch in der näheren Umgebung von Hauptverkehrsadern sowie Stadt- und Industriegebieten.³

Bei den neueren Diskussionen zu den Folgen des Technikeinsatzes handelt es sich nicht nur um eine Betrachtung von gesundheitlichen Folgeproblemen für den Menschen und die Natur, sondern auch um die sozialen, wirtschaftlichen und politischen Auswirkungen. BECK spricht in diesem Zusammenhang von einer „*Risikogesellschaft*“. Danach dominieren nicht mehr der Konfliktbereich zwischen *Kapital und Arbeit* (bzw. den Klassenauseinandersetzungen), sondern die sog. *Gefährdungsgrundlagen*. Die Industriegesellschaft hat sich zu einer

¹ Zur Unterscheidung traditioneller Risiken der Technik und den modernen Großrisiken siehe auch: MAI, M. 1993, S. 45f.

² BECK, U. 1986, S. 10, S. 28

³ BECK, U. 1986, S. 48-50

„katastrophalen Gesellschaft“ entwickelt, in der der ökologische Ausnahmezustand zum Normalzustand zu werden droht.¹

Dies ist insofern richtig, als daß wir mit der Technik in Bereiche vorstoßen, die unser Leben in erheblichem Maße gefährden können. Diese Risiken machen nicht vor nationalen Grenzen halt, haben Auswirkungen auf die nachfolgenden Generationen (z.B. Contergan, Radioaktivität) und treffen alle Menschen unabhängig ihres Einkommens bzw. sozialer Stellung gleichermaßen.

Neben den globalen Folgen wie dem Treibhauseffekt durch Kohlendioxid, den Störungen der Ozonschicht und den singulären Ereignissen, wie beispielsweise Verseuchung durch Betrieb von Chemieanlagen, Chemieunfälle von Bhopal (1984), Sandoz (1986), Hoechst (1993) und Tankerunfälle vor der Küste von Alaska (1988) und Großbritannien sowie die Störfälle der Atomkraftwerke in Harrisburg (1979) und Tschernobyl (1986), darf der Blick nicht von Einflüssen und Veränderungen des individuellen und gesellschaftlichen Lebens abgewendet werden, welche durch technische Innovationen im alltäglichen Leben mehr oder weniger schleichend verursacht werden und oftmals unbeachtet bleiben. In nahezu allen öffentlichen und privaten Bereichen ist ein unaufhaltsamer, expansiver Trend zur intensiven und extensiven Nutzung der neuen Informations- und Kommunikationstechniken zu verzeichnen.²

Aufgrund der oben genannten neuen Qualitäten und Dimensionen technologischer Risiken wurden zunehmend Stimmen laut, die eine verstärkte Einflußnahme des Staates auf die technologische Entwicklung forderten. Im Gegensatz zu dem seit Beginn der Industrialisierung vorhandenen Vorläufern³ technischer Überwachungsvereine, die sich mit der Bewertung von Technik beschäftigten, ergab sich der Anspruch an eine neue Qualität der Technikbewertung. Diese neue Qualität stellt aus heutiger Sicht die Verknüpfung der Komponenten Prognose, Wirkungsforschung, Bewertung und Entscheidung (einschließlich ihrer Durchsetzung) mit einem gesellschaftlichen oder politischen Steuerungsanspruch dar.⁴

2.3 Einflüsse auf die staatlich institutionalisierte Technikbewertung

Die institutionalisierte Technikbewertung, die als wissenschaftliche Politikberatung ins Leben gerufen wurde, soll bei technologiepolitischen Entscheidungen dabei helfen, Rahmenbedingungen für technologische Entwicklungen zu setzen.

Im folgenden soll aufgezeigt werden, aus welchen gesellschaftlichen Bereichen die wesentlichen Anstöße zur staatlich institutionalisierten Technikfolgenabschätzung erfolgten.

¹ BECK, U. 1986, S. 26; 31

² BULLINGER, H.J. 1994, S. 5; vgl. auch MAI, M. 1997

³ Vorläufer sind beispielsweise die Dampfkesselüberwachungsvereine, die die Sicherheit der Bevölkerung gewährleisten sollten (vgl. BRENNECKE, V. M. 1999, S. 55).

⁴ Vgl. MAI, M. 2001, S. 12f.

2.3.1 Die sozialen Bewegungen

In seinem 1961 erschienenen Buch „Student und Politik“ sieht HABERMAS

„eine selbstbewußte politische Entscheidung der wahlberechtigten Bevölkerung in ihrer Gesamtheit und [...] eine effektive Handhabung der parlamentarischen Institutionen durch das mündige Volk [als (der Verf.)] problematisch. Näher liegt der Gedanke an die Beteiligung von Gruppen, die außerhalb des Parlaments über ein Feld politischer Wirksamkeit verfügen. Das sind auf der einen Seite Mitglieder von Massenorganisationen, die sich zu außerparlamentarischen Aktionen zusammenfinden und die Staatsorgane unter den „Druck der Straße“ setzen können; auf der anderen die „funktionalen Eliten“, die über die Apparate der staatlichen und privaten Bürokratie verfügen.“¹

Für HABERMAS existieren zwar eine Reihe von Verbänden und Gruppen, die für die demokratische Entwicklung des Staatswesens wichtig sind, jedoch betrachtet er die Gewerkschaften als die „wichtigste der Massenorganisationen“, um politischen Handlungsdruck auszuüben.²

Diese Betrachtungsweise scheint aus heutiger Sicht nicht mehr ausreichend, denn gerade die sich aus den einzelnen Bürgerinitiativen entwickelte soziale Bewegung hat einen erheblichen Einfluß auf das politische Meinungsbild in der Bevölkerung ausgeübt³ und einen wesentlichen Anstoß zur Entwicklung offiziell institutionalisierter Technikfolgenabschätzung geleistet. RAMMSTEDT definiert eine soziale Bewegung „als einen Prozeß des Protestes gegen bestehende soziale Verhältnisse, der bewußt getragen wird von einer an Mitgliedern wachsenden Gruppierung, die (zumeist) nicht formal organisiert ist“.⁴

Das von den sozialen Bewegungen ausgehende Infragestellen der Paradigmen⁵ der Wissenschaften und der Versuch des Aufdeckens von Gefährdungsrisiken moderner Großtechnologien führte zu einem politischen Handlungsdruck mit der Konsequenz der Debatte zu Institutionalisierung von Technikdebatten auf politischer Ebene. Auch die aus den sozialen Bewegungen hervorgegangene

¹ HABERMAS, J. 1961, S. 51

² HABERMAS, J. 1961, S. 51f.

³ Siehe in diesem Zusammenhang BEER, E. (1982) Kapitel „Ökologiebewegung und politische Sozialisation“

⁴ RAMMSTEDT, O. 1981, S. 122

Jede einzelne soziale Bewegung ist nach RAMMSTEDT (1981, S. 122f.) immer nur verständlich im Zusammenhang mit „(1) der Geschichte der sozialen Bewegung, (2) der systemabhängigen Krise, (3) den zentralen konfligierenden sozialen Kräften und (4) den in der Gesellschaft als selbstverständlich geltenden Normen.“

⁵ Bei dem Begriff des Paradigma handelt es sich um eine oder mehrere wissenschaftliche Leistungen, die von einer bestimmten wissenschaftlichen Gemeinschaft für eine gewisse Zeit als Grundlage für weitere wissenschaftliche Arbeit anerkannt wurden. (MÜLLER-GODEFFROY, H. 1981, S. 24)

Partei Gründung der GRÜNEN „verunsicherten die Mächtigen der Großindustrie und deren konservative und wirtschaftsliberale Politiker zunehmend.“¹

2.3.1.1 Motivgruppen für das Engagement in Bürgerinitiativen

Immer dann, wenn der technologische Fortschritt erhebliche Veränderungen, Risiken bzw. unerwünschte Nebenfolgen nach sich zieht, ist mit Gegenreaktionen einzelner Bewegungen zu rechnen. Das bedeutet, einzelne soziale Bewegungen agieren „korrigierend und kompensierend auf Formen und Folgen des technischen Fortschritts.“² So kann bei der Gründung oder dem Beitritt in eine Bürgerinitiative von einem Akt politischer Sozialisation gesprochen werden. Mit dem Engagement geht oftmals eine erhebliche Veränderung des politischen Verhaltens einher, da differenzierte Erfahrungen gesammelt und neue politische Verhaltensweisen in Gang gesetzt werden.³

Für den Eintritt und das Engagement in einer Bürgerinitiative können nach BEER fünf unterschiedliche Motivgruppen angeführt werden :⁴

1. „*Eine Bedrohung der wirtschaftlichen Existenz*“: Dazu zählen z.B. Befürchtungen, daß aufgrund in der Umgebung geplanter Kernkraftwerke, Müllverbrennungsanlagen, Großflughäfen und Chemiekonzernen sich Produkte qualitativ verschlechtern könnten oder der Absatz eigener landwirtschaftlicher Produkte schwieriger wird. Es können aber auch dahingehend Befürchtungen der Bevölkerung auftreten, daß Touristen aufgrund der geplanten technischen Projekte fernbleiben könnten.
2. „*Die Gefährdung von Leben und Gesundheit der Menschen*“: Dazu gehören beispielsweise Befürchtungen vor Katastrophen wie in Harrisburg, Seveso, Bhopal oder der Ölkatastrophe von Exxon in Alaska, vor dem Treibhauseffekt, vor der Ozonproblematik, vor Erbgutveränderungen und vor Krebserkrankungen.
3. „*Die moralische Verantwortung für die Zukunft der Menschheit*“ fragt z.B., ob es denn verantwortbar ist, wichtige Ressourcen zu verbrauchen oder ob es vertretbar ist, der folgenden Generation giftigen Atommüll mit einer Halbwertszeit bis zu 24.000 Jahren zu hinterlassen oder ob es zu rechtfertigen ist, die Entsorgung von Altlasten, Giftmüll, u.a. den folgenden Generationen aufzubürden.
4. „*Ein allgemeines Umweltbewußtsein*“: Dazu zählen u.a. Befürchtungen, die Tier- und Pflanzenwelt zu zerstören.
5. „*Demokratisierung des politischen Systems*“: Der Entscheidungs- und Willensbildungsprozeß soll eher basisdemokratisch ausgerichtet werden.

¹ DUISMANN, G.H.; SELLIN, H. 1991, S. 9

² RAMMERT, W. 1989, S. 14f.

³ BEER, W. 1982, S. 67f.

⁴ BEER, W. 1982, S. 67f.

2.3.1.2 Zieltransformation innerhalb einer sozialen Bewegung

Im Verlauf des Bestehens einer sozialen Bewegung, wie z.B. einer Bürgerinitiative, können sich Zielsetzungen ändern. So wurde zum Beispiel in der Antiatomkraftbewegung der 70er Jahre zunächst eine *technikzentrierte* Diskussion von Energieversorgungssystemen geführt, die sich dann auf andere Bereiche ausweitete. D.h. es wurden beispielsweise zunächst die negativen Folgen von Atomkraftwerken thematisiert, dann wurden die Technikdebatten auf generelle Fragen der Energieversorgung mit zum Teil gleichen Technikbewertungen ausgeweitet.¹

In diesem Zusammenhang spricht RAMMSTEDT² von einer *Zieltransformation*. Folgendes Beispiel soll eine solche Zieltransformation näher verdeutlichen:

Die Badisch-elsässische Bürgerinitiative hatte sich zunächst zusammengeschlossen, um das geplante Atomkraftwerk in Wyhl zu verhindern. Ihre Motive waren am Anfang der Initiative überwiegend standortbezogen (Erhaltung des Rheinauwaldes, Sorge um die Qualität des Kaiserstühler Weines). Im Verlauf ihrer Initiative beschäftigte sich die Gruppe näher mit den Fragen der radioaktiven Strahlung, der Halbwertszeit, der Atommüllagerung, der Sicherheitsbestimmungen, der alternativen Energiequellen u.a., was eine Zieltransformation zur Folge hatte. Sie waren nun nicht mehr nur gegen das KKW-Wyhl, sondern gegen Kernkraft generell. Ihr Slogan lautete fortan: „Kein Atomkraft in Wyhl und auch nicht anderswo“.³

Auch durch „Personalverflechtungen“ kann es zur Zieltransformation kommen und somit zu einer Erweiterung der inhaltlichen Arbeit der Gruppen. So hat beispielsweise der Einzug von Atomwaffengegnern in die Ökologiebewegung dazu geführt, daß der Diskussionsgegenstand der „atomaren Verteidigung“ in die Politik der Bürgerinitiativen integriert wurde.⁴

Zieltransformationen werden vornehmlich dann vorgenommen, wenn:

- „(a) der Stand der Informiertheit durch Beschäftigung mit dem Thema und/oder durch Kommunikation mit zuständigen Stellen gesteigert wird;
- (b) sich die Konfliktkonstellation verschiebt, sei es, daß Aktionsgruppen sich mit anderen Aktionsgruppen für den Konflikt zusammenschließen, sei es, daß seitens des politisch-administrativen Apparats der Konflikt vertikal verlagert wird;

¹ Vgl. auch OBERLIESEN, R. 1996, S. 4

² RAMMSTEDT, O. 1981, S. 136f.

³ Vgl. BEER, W. 1982, S. 79

⁴ In den 50er und 60er Jahren wurde von den Atomwaffengegnern die „friedliche“ Nutzung der Atomenergie zur Erzeugung des elektrischen Stroms begrüßt bzw. nicht problematisiert. Das geschah erst am Anfang der 70er Jahre als Reaktion auf die sich entwickelnde Bürgerinitiative. (siehe BEER, W. 1982, S. 32f.)

- (c) sich der sozialen Bewegung neue Gruppierungen anschließen, denen es gelingt, ihre Interessen - gerechtfertigt durch Bezug auf soziale Betroffenheit - (teilweise) durchzusetzen.“¹

2.3.1.3 Erforderliche Kompetenzen bei Diskussionen und Entscheidungen zur Technik

Die Ausführungen über die sozialen Bewegungen haben verdeutlicht, daß viele Menschen sich aus den unterschiedlichsten Motiven mit technischen Fragestellungen auseinandersetzen und direkt oder indirekt Entscheidungsprozesse beeinflussen. Nicht immer verfügen die Beteiligten dabei über fundierte Sachkenntnisse. Oftmals werden wichtige Aspekte und Zusammenhänge ausgeblendet, deren genaue Kenntnis einen intensiven, lang andauernden Lernprozeß voraussetzen. Daraus ergibt sich die Forderung, den Einzelnen möglichst früh und fundiert im Rahmen der schulischen Allgemeinbildung mit dem notwendigen Rüstzeug auszustatten.

Will der einzelne an technischen Entscheidungen konstruktiv mitwirken, d.h. seine Ablehnung oder Befürwortung gegenüber bestimmten Vorhaben, Großprojekten oder Technologien in Diskussionen einbringen, so muß er auch die Folgen (soziale, ökologische, ökonomische u.a.) bei einer Ablehnung oder Befürwortung berücksichtigen können. Darüber hinaus muß er in der Lage sein, alternative Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen und die Folgen der Alternativen in einer Bewertung miteinander vergleichen und gegeneinander abwägen können.

2.3.2 Die Gewerkschaften -ein weiterer historischer Beitrag zur Institutionalisierung der Technikbewertung

Während die sozialen Bewegungen eher die ökologischen Auswirkungen von Technik thematisieren, ist bei den Gewerkschaften festzustellen, daß bei Diskussionen zu technischen Fragestellungen ökologische Aspekte eher in den Hintergrund treten. Die Gewerkschaften wurden deshalb nicht selten als ein „Gegenpol“ der Ökologiebewegung betrachtet, da sie in der Be- oder Verhinderung von großtechnischen Anlagen eine Gefährdung von Arbeitsplätzen befürchten.

Folgende Auszüge aus einem Kommentar von FROMME, K. in der FAZ vom 7. September 1976 veranschaulichen die geschichtliche Situation recht deutlich:

„Sie [die Anhänger der Ökologiebewegung (d. Verf.)] kämpfen gegen Atomkraftwerke und neue Müllverbrennungsanlagen, gegen den Kohlebau unter der Haardt und gegen den jeweils neuesten Standort für eine Aluminiumschmelze. [...] Das ganze ist, um es gerade heraus zu sagen, zu einer Landplage geworden. [...] Jetzt aber meldet sich ein Gegner aus anderem Holze zu Wort, dem das Treiben offenkundig allmählich über die Hutschnur geht: die

¹ RAMMSTEDT, O. 1981, S. 137

Gewerkschaften. Die Sorge über die Arbeitsplätze läßt grüßen, spät zwar aber dafür auch gleich umgesetzt in eine Gegenreaktion.“¹

Dies bedeutet jedoch keineswegs, daß es innerhalb der Gewerkschaften keine Vertreter mit ökologischer Ausrichtung gab. Da der technische Fortschritt lange Zeit als ein Garant für Arbeitsplätze sowie Lohnerhöhung galt, wurde von einigen Arbeitnehmervertretungen die ökologische Kritik an der Industriegesellschaft gern ignoriert.²

Im Vordergrund gewerkschaftlichen Denkens der 70er Jahre stand vielmehr der Aspekt der „Humanisierung der Arbeitswelt“, d.h. Fragen über die Auswirkungen und Folgen der Technik auf den sich in dem Arbeitsprozeß befindenden Menschen bzw. über die „menschengerechte Gestaltung“ (anthropometrische, physiologische und sicherheitstechnische Gestaltung) der Arbeit.

2.3.3 Die wissenschaftlich-technische-Intelligenz

In der Zeit zwischen 1880 und 1900 ging von der „technischen Intelligenz“³ kein wesentlicher Einfluß hinsichtlich der Problematisierung der negativen Auswirkungen des Technikeinsatzes aus. Überwiegend wurde die technische Intelligenz zu „abhängigen Angestellten“, zu technischen Experten ohne einen Sinn für die Folgen ihres Tuns. Während dieser Zeit schuf sich der technische Experte innerhalb der Gesellschaft einen Freiraum, der ihn jeder sozialer Verantwortung enthob. Nahezu jede Erfindung und technische Neuerung wurde sanktioniert, sofern man sich einen wirtschaftlichen oder militärischen Nutzen davon erhoffte. Die Kommerzialisierung und Militarisierung war das hervorstechendste Merkmal der moderneren Technik. Die Naturwissenschaftler und Ingenieure erfüllten gegenüber diesen Werten die Funktion von Hilfsarbeitern.⁴

Nachdem die Technik zunehmend in die Berufswelt des einzelnen eindrang, der Fabrikarbeiter zum „Sklaven der Maschine“ wurde und die Folgen des Wachstums der Großstädte sowie die des 1. Weltkrieges offenkundig wurden, flammte die sog. *antitechnische Kulturkritik* auf, die in den 20er Jahren letzten Jahrhundert ihren Höhepunkt erreichte. Die „Dämonie der Technik“ schien sich in den Augen ihrer Kritiker bestätigt zu haben.⁵

Die von den Kulturpessimisten geprägte Technikkritik⁶ flammte nach dem 2. Weltkrieg erneut auf, jedoch „war die Wirkung dieser zweiten Welle

¹ ROTH, R.1980, S. 88 zitiert nach: BEER, W. 1982, S. 46

² Vgl. hierzu auch: MAI, M. 2001, S. 45

³ Zur technischen Intelligenz werden in der Regel Ingenieure, Techniker, Beschäftigte verwandter Berufe sowie technische Sonderfachkräfte gezählt (BAHRDT, H. P., 1964 nach: HORTLEDER, G., 1979, S. 13f.), die HABERMAS als „funktionelle Elite“ bezeichnet.

⁴ HORTLEDER, G. 1973, S. 18f.

⁵ HORTLEDER, G. 1970, S. 85

⁶ Die kulturpessimistisch orientierte Technikkritik vertritt den Standpunkt, „daß die technische Entwicklung ein Eigenleben gewonnen habe, das den Menschen in immer größere Abhängigkeit von Technik bringt und das den Anpassungsprozeß so weit vorangetrieben hat, daß sich selbst unser Denken in technischen

antitechnischer Kulturkritik ungleich schwächer als die Resonanz der ersten in den zwanziger Jahren. Durch die Bewunderung technischer Leistungen, selbst auf dem Kriegsschauplatz, wurde sie von Anfang an neutralisiert, durch den wirtschaftlichen Aufstieg schließlich ganz überspielt. Dieser Prozeß ist im Begriff des „Wirtschaftswunders“ für immer festgehalten.“¹

Die Diskussionen zu den Folgen des technischen Fortschritts in der Bundesrepublik Deutschland wurden auch durch die in den USA geführten Diskussionen geprägt, bei denen das Mensch-Natur-Verhältnis verstärkt problematisiert wurde. Dort traten seit den 60er Jahren unseres Jahrhunderts massive Proteste seitens einiger Wissenschaftler - in erster Linie Biologen - auf, die die Folgen des technischen Fortschritts thematisierten. In ihrem Buch „Stummer Frühling“, das heute als Klassiker der Ökologie-Debatte gilt, wird von CARSON und SPRING² auf die Auswirkungen des Umgangs mit dem Insektenvertilgungsmittel DDT aufmerksam gemacht, was auch Präsident Kennedy veranlaßte, einen Unterausschuß zu diesem Thema einzusetzen. NADER³ übt im gleichen Zeitraum Kritik an der mangelnden Sicherheit der amerikanischen Automobile. Die Automobilindustrie geriet auch in der amerikanischen Öffentlichkeit zunehmend in die Kritik. Die Kritik zur technologischen Entwicklung bezog sich zunächst auf Teilbereiche der Technik bzw. auf das Mensch-Natur-Verhältnis, weitete sich jedoch rasch auf die Bewertung der Gesamtentwicklung des Industriesystems aus. Der technische Fortschritt als Grundlage des gesellschaftlichen Wohlstandes wurde in zunehmendem Maße in der 2. Hälfte der 60er Jahre in Frage gestellt. Als Reaktion auf diese Diskussionen negativer Begleiterscheinungen technologischer Entwicklungen verabschiedete beispielsweise der amerikanische Kongreß das National Environmental Policy Act⁴ (NEPA). Die Bundesbehörden wurden mit diesem Beschluß verpflichtet, bei Maßnahmen jeglicher Art die Verträglichkeit für die Umwelt mit zu prüfen.⁵

Auch die von den Wissenschaftlern in der BRD geführten Diskussionen zu den Technikfolgen hatten Einfluß darauf, daß die Technikentwicklung verstärkt Gegenstand der Politik wurde und schließlich Instrumentarien zur staatlichen Entscheidungsfindung (z.B. Sicherheitsbestimmungen, Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung, seit 1990 die Umweltverträglichkeitsprüfung)

Kategorien abspielt. Diese Position wurde innerhalb der sogenannten Technokratiedebatte sogar noch weiter zugespitzt. In ihr wurde unterstellt, der Spielraum für politische Entscheidungen werde durch die Technik zunehmend eingeengt. [...] Die Verfechter dieser Position übersehen allerdings, daß die Interessenlage der Gesellschaft äußerst vielgestaltig und in sich widersprüchlich ist. Aus diesem Grund existieren innerhalb der Gesellschaft auch die unterschiedlichsten Anforderungen an die Technik.“ Und gerade wegen der sich ständig veränderten Interessenlagen ist durch den politischen Entscheidungsprozeß die technologische Entwicklung umzugestalten bzw. zu beeinflussen. (HUBIG, Ch.; JELDEN, E. 1994, S. 31)

¹ HORTLEDER, G. 1970, S. 142

² Nach ANDERSEN, A. 1996, S. 3

³ Nach ANDERSEN, A. 1996, S. 3

⁴ Bei dem National Environmental Policy Act handelt es sich um eine Umweltverträglichkeitsprüfung. Das Gesetz ist am 01.01.1970 in den USA in Kraft getreten.

⁵ ANDERSEN, A. 1996, S. 3ff.

geschaffen wurden. Seit den 70er Jahren wurden verstärkt in der BRD aus den Reihen der Wissenschaftler Stimmen laut, die vor Folgen technologischer Entwicklungen warnen. In dem 1972 erschienen Buch „Technik und Verantwortung“ wird aber auch zugleich die Kritik SACHSES am technologischen Determinismus¹ deutlich:

„Die Technik ist das Werk von Menschen und nicht von anonymen gut- oder böartigen Dämonen. Wir können dieses äußerst machtvolle Instrument, diesen Fortschrittsprozeß nicht steuerlos sich selbst überlassen, wir müssen ihn in Kontrolle bekommen, denn jeder ist für sein Handeln verantwortlich. Hinter der Idee von der notwendigen Automatik der technischen Entwicklung wirkt der menschliche Wunsch, sich von der Verantwortung zu entlasten, aber ob diese Entwicklung zum Guten oder Bösen führen wird, hängt allein von menschlichen Entscheidungen ab.“²

SACHSE macht eindringlich darauf aufmerksam, daß das Neue einer technologischen Entwicklung nicht zwangsläufig gut sein muß, denn was zunächst als Fortschritt erscheinen mag, kann langfristige Schäden zur Folge haben. Dabei kann es sich um Schäden handeln, die über den technischen Bereich hinausgehen. Der Techniker, der zahlreiche Entscheidungen zu treffen hat, muß deshalb außertechnische Gesichtspunkte berücksichtigen, sich mögliche Folgen einer Technik vergegenwärtigen, sie gegeneinander abwägen sowie ethische Entscheidungen treffen³.

Die Abkehr vom Technikdeterminismus, die zunehmend in den achtziger Jahren erfolgte, hatte zur Konsequenz, daß die Technikfolgenforschung zunehmend im Mittelpunkt wissenschaftlicher Untersuchungen stand. Dabei analysierten sie die sozialen, ökonomischen, ökologischen, politischen und psychischen Auswirkungen. Anhand international vergleichender Studien wurde herausgearbeitet, daß gleiche Techniken unterschiedliche Auswirkungen hatten. Ferner verwiesen die Studien auf den Einfluß und die Bedeutung von institutionellen Regelungen auf technologische Entwicklungen. Aus dieser Erkenntnis erfolgte die Forderung, die Entstehung, Einführung und Verbreitung von Technik zu erklären und nicht als gegeben hinzunehmen. Im Rahmen der Technologiepolitik wurde herausgestellt, daß die Folgen von Technik sozialverträglich zu gestalten sind, was z.B. im Rationalisierungsabkommen zum Ausdruck gebracht wurde.⁴

¹ Der technologische Determinismus unterstellt, daß Folgen „in einem fest fixierten, möglichst kausalen Verhältnis zur Technik stehen.“ Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die technologische Entwicklung weder geradlinig erfolgt noch ein außersozialer Prozeß ist. (RAMMERT, W. 1994, S. 83f.)

² Das Zitat stammt aus dem Buch „Technik und Verantwortung“ und ist ein Beitrag von HANS SACHSSE zum Thema „Ethische Probleme des technischen Fortschritts“. Der Beitrag wurde nachgedruckt in: LENK, H. ROPOHL, G. 1993, S. 49-80, zit. S. 50

³ SACHSSE, H. 1972, als Nachdruck in: LENK, H. ROPOHL, G. 1993, S. 51f.

⁴ SCHMID, A. 1997, S. 495; zum Technikdeterminismus siehe: DIERKES, M.; HÄHNER, K. 1999, S. 105f.; GRUNWALD, A. 2000, S.130ff.

Während bei der traditionellen Technikkritik die Technik in ihrer Gesamtheit allgemein und pauschal betrachtet wurde, versucht die „moderne Technikkritik“¹ der technischen Intelligenz „über eine isolierte Kritik der Technik hinauszukommen.“ D.h. ins Blickfeld treten u.a. bestimmte Technologien (z.B. Kommunikations-, Gen-, Kerntechnologien), und die Zusammenhänge zwischen der Technik und der Gesellschaft werden herausgestellt.

In den „neueren“ Diskussionen wird auf die Ambivalenz von Technik verwiesen, d.h. es wird sowohl auf den Nutzen als auch auf den Schaden, der durch die Technik verursacht werden kann, verwiesen. Die Vertreter dieser Meinung haben erkannt,

„daß die Qualität unseres Lebens erheblich durch den technischen Fortschritt verbessert wurde und daß ein Stagnieren dieses Fortschrittes ein sofortiges drastisches Absinken dieser Qualität zur Folge haben würde; sie haben erkannt, daß es von beiseitsloser Verantwortungslosigkeit zeugen würde, den anderen zwei Dritteln der Erdbevölkerung diesen technischen Fortschritt vorzuenthalten, daß eine solche Aussperrung in unsagbarem Siechtum, Elend, Hunger und Tod von mehreren hundert Millionen Menschen resultieren würde. Von dieser Perspektive her gesehen, liegt die Wahl also nicht zwischen vollkommener Ablehnung der Technik oder einem wilden, unkontrollierten Anwachsen des technische Fortschrittes, sondern vielmehr zwischen einem technischen Fortschritt, der ohne ausreichende Überlegungen um etwaige Konsequenzen vor sich geht, und einem technischen Fortschritt, der von einem starken Verantwortungsgefühl für die Wechselwirkung zwischen dem Menschen, seinen Werkzeugen und der Umgebung, in der er seine Arbeit verrichtet, getragen wird.“²

Eine Lösung der durch die Technik verursachten Probleme wird in heutigen Diskussionen nicht in einer Ablehnung der technologischen Entwicklung gesehen, sondern in Richtung effizienter Technologien. Anstelle veralteter abfallträchtiger Verfahren muß der Trend in Richtung „sauberer“ Technologien mit beispielsweise verbessertem Wirkungsgrad (Einsparung von Energie) gehen, auch Recycling von Stoffen und der Verzicht auf unnötige Verpackungen müssen eine zentrale Rolle einnehmen, um nur einige Beispiele zu nennen.

Die Einsicht über die prinzipiell mögliche Steuerbarkeit der Technik und die Erkenntnis, daß z.B. technische Verfahren und technische Gegenstände nach gesellschaftlichen und politischen Zielvorstellungen gestaltbar sind, führten zur Frage der Institutionalisierung der Technikfolgenbewertung.

¹ Diese moderne Technikkritik ging, wenn auch nur von wenigen naturwissenschaftlich bzw. technisch qualifizierten Wissenschaftlern, den sog. „Technik-Dissidenten“ aus, die in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen unmittelbar Erfahrungen haben sammeln können. (SENS, E. 1982, S. 473)

² BARTOCHA, B. 1990, S. 40f.

2.4 Das Super-Sonic-Transportation-Projekt (SST) als ein Auslöser der Entstehung des *Office of Technology Assessment* (OTA) in den USA und belebendes Moment der geführten Diskussion zur Technikbewertung in der BRD

Bereits im Jahre 1963 bildete das *Committee on Science and Astronautics* des Repräsentantenhauses beim amerikanischen Kongreß ein *Subcommittee on Science and Development*, in dem Untersuchungen insbesondere über negative Folgewirkungen technischer Anwendungen durchgeführt wurden.¹ Das Komitee kann als ein erster Wegbereiter für die Entstehung des *Office of Technology Assessment* (OTA) betrachtet werden.

Jedoch erst die öffentliche Debatte zum Super-Sonic-Transportation-Projekt (SST), das mit erheblichen öffentlichen Mitteln gefördert werden sollte,² wird als der entscheidende Grund für die Einrichtung des bedeutsamen *Office of Technology Assessment* in den Vereinigten Staaten gesehen. Die Debatte in den USA trug mit dazu bei, die Diskussionen in der BRD zu beleben. Bei dem SST-Projekt handelt es sich um die Entwicklung eines überschallschnellen Verkehrsflugzeuges. „Ziele dieses Projektes waren zum einen die Erringung oder Festigung der technischen Überlegenheit im Luftfahrtbereich, zum anderen die ökonomische Realisierbarkeit eines solchen Fluggerätes [...]. Die SST sollte ein Flugzeug mit moderner Technik und größerer ökonomischer Wirtschaftlichkeit werden als die in Europa in Entwicklung befindliche Concord und die sowjetische Tupolev TU 144.“³

Die Debatte über das SST-Projekt bzw. die teilweise widersprüchlichen Auskünfte hinsichtlich der SST-Technik machten deutlich, daß selbst technikbezogene Informationen für Politiker als auch für Wissenschaftler „diffus, vorurteilsbeladen, unsicher und somit verwirrend sein können.“⁴

Folgende Argumente wurden gegen das Projekt geäußert, die zum damaligen Zeitpunkt durchaus ihre Berechtigung hatten:⁵

- Der durch SST-Flugzeuge bei Start und Landung hervorgerufene Lärm wirkt störend.
- Es entstehen mögliche Gefahren für die obere Atmosphäre⁶, sobald es zu einer Flotte mit weltweit Hunderten von eingesetzten SST-Flugzeugen kommen würde. Anfang der 70er Jahre war durch die auch in der

¹ KUHLMANN, A. 1995, S. 417f.

² GIBBONS, J. 1991, S. 26

³ Zweck, A. 1993, S. 43

⁴ GIBBONS, J.; GWIN, H. 1986, S. 243

⁵ ZWECK, A. 1993, S. 45

⁶ Ähnliche Bedenken traten in den 70er Jahren bei dem Großprojekt der Concorde auf. Man befürchtete eine Reduzierung des Ozons durch den von den Triebwerken produzierten Wasserdampf. Zum Concord-Projekt siehe: GANZER, U. 1978, S. 65-99

Öffentlichkeit bekannt gewordene Arbeit von JOHNSTON¹ die Meinung aufgekommen, daß aufgrund katalytischer Prozesse erhebliche Mengen an Stickoxiden aus den Triebwerken hochfliegender Flugzeuge emittiert werden würden. Es wurde angenommen, daß eine für die 80er Jahre projektierten Flotte von über 500 SST-Flugzeugen mit großer Wahrscheinlichkeit die atmosphärische Ozonschicht drastisch reduzieren und erhebliche Klimaveränderungen zur Folge haben würde.

- Durch häufige Flüge in großen Höhen entstehen für die Passagiere und insbesondere die Crew Gesundheitsrisiken, da sie einer hohen kosmischen Strahlung ausgesetzt sind.

Die oben aufgeführten Befürchtungen über den Einfluß von Überschallflugzeugen auf die Umwelt und die Gesundheit des Menschen lösten eine weltweite Intensivierung von Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Atmosphäre aus.

Es kann als gesichert gelten, daß gerade die Luftfahrt-Emissionen eine große Gefahr für das Klima darstellen.² So haben neben den Emissionen wie Kohlenmonoxid, -dioxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe, die von den Flugzeugen erzeugten Wasserdampfemissionen (sichtbar als Kondensstreifen) Einfluß auf die Zusammensetzung der Luft. Möglicherweise erhöhen sie die Bildung von Eiswolken, so daß die von der Erde abgestrahlte Wärmeenergie zurückgehalten und der Treibhauseffekt verstärkt wird.³

Aufgrund widersprüchlicher Auskünfte hinsichtlich technikbezogener Informationen kam einzelnen wichtigen politischen Akteuren im Kongreß der USA der Gedanke: „daß das Problem einseitiger und selektiver Darstellung von Informationen nur vermindert oder sogar gänzlich behoben werden könne, wenn der Kongreß sich selbst in die Lage versetzte, sorgfältig und unabhängig Analysen zu den Auswirkungen des technischen Fortschritts wie zur möglichen Verminderung unerwünschter Technikfolgen durchzuführen.“⁴

Nachdem das SST-Projekt bereits 11 Mrd. US-Dollar verschlungen hatte, wurde es im März 1971 eingestellt. Das *Office of Technology Assessment* kam im Jahre 1980 in einer historischen Aufbereitung unterschiedlicher Überschallprojekte zu dem Ergebnis, daß man die Mittel besser für ein ökonomisch und ökologisch optimales Flugzeug hätte verwenden sollen. Dennoch konnten technische Grundlagenkenntnisse erheblich erweitert und zahlreiche wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Beispielsweise wurden erhebliche Fortschritte auf dem Gebiet

¹ Nach ZWECK, A. 1993, S. 45

² Was die Schadstoffmengen anbelangt, spielt der Flugverkehr im Vergleich zum Automobilverkehr sowie den anderen Verbrennungsprozessen bisher noch eine untergeordnete Rolle. Es wird jedoch von einigen Experten mit einer Verdoppelung des Flugverkehrs in den nächsten 15 Jahren gerechnet.

³ Aufgrund der zu erwarteten Zunahme des Flugverkehrs und somit des Schadstoffaufkommens in der Atmosphäre, bemühen sich Flugzeughersteller und -gesellschaften bereits um eine Verminderung der Emissionen. Um den Treibstoffverbrauch zu senken, sollen immer größere Flughöhen erreicht werden. Diese Bemühungen bewirken jedoch paradoxerweise, daß Emissionen in empfindlicheren Atmosphärenschichten freigesetzt werden. (RIESE, B.; in: VDI-Nachrichten, 26. April 1996, S. 24)

⁴ GIBBONS, J.; GWIN, H. 1986, S. 244

der Aerodynamik sowie der statischen Stabilität variabler Flügelgeometrien vollzogen. Auch die Boing 747 profitierte von dem SST-Projekt, und es entstanden weiterentwickelte verbesserte Navigationssysteme. Als wichtigste Erkenntnis wird hervorgehoben, daß vor Beginn eines solchen Großprojektes die nationalen Interessen klar definiert sein müssen. Nur in diesem Falle kann eine derartige Unternehmung die notwendige Unterstützung der Regierung erwarten.¹

Neben dem SST-Projekt, das in den USA als entscheidender Anstoß für die Entstehung des Office of Technology Assessment gesehen wird, könnten noch weitere Beispiele² angeführt werden, die den Bedarf an Informationen des Kongresses hinsichtlich der Folgen bestimmter Vorhaben, Projekte etc. aufzeigen. Neben diesen Aspekten trug auch die „Überabhängigkeit“ der Legislativen von den Informationsvorgaben der Exekutiven dazu bei, daß es zur Einrichtung Office of Technology Assessment kam. Denn: „Der mangelnde Informationsstand des Kongresses drohte die Unabhängigkeit der Legislative (Kongreß) von der Exekutive (Regierung) zu gefährden und so das Gleichgewicht des konstituellen Systems der USA in diesem Bereich aufzuheben [...]. Das Informationsdefizit und die durch Eigeninteresse der Regierung (oder davon abhängigen Experten) gefilterten Darstellungen des aktuellen Wissenstandes ergaben zunehmend Forderungen nach vertieften und eigenständigen Einblicken in wissenschaftliche wie technische Zusammenhänge für Kongreßmitglieder.“³

2.5 Auslöser der Diskussionen zur Institutionalisierungsdebatte in der BRD

Die Diskussion zur Technikfolgenabschätzung in der Bundesrepublik Deutschland sowie in Europa wurde durch die Gründung des *Office of Technology Assessment* (OTA) in den Vereinigten Staaten von Amerika stark beeinflusst. Die Idee des *Technology Assessment* bzw. der *Technikfolgenabschätzung* entspringt einer dreifachen Problemlage staatlicher Technologiepolitik.

1. Ähnlich wie in den Vereinigen Staaten von Amerika, bekräftigt durch die sogenannte Konsumenten- und Ökologiebewegung, wird in der BRD die Debatte zur Technikfolgenabschätzung durch eine Legitimationskrise ausgelöst. Um die Bewältigung einer *Legitimationskrise* handelt es sich insofern, als daß die Technologiepolitik in der Öffentlichkeit kritisch thematisiert wird. Die wahrgenommenen negativen Effekte der wissenschaftlich-technischen Entwicklung werden diskutiert und neue Forderungen an das staatliche Handeln gestellt.⁴ Nach intensiven

¹ ZWECK, A. 1993, S. 46

² In diesem Zusammenhang wird auf das eindrucksvolle „DDT-Beispiel“ GIBBONS (1990, S. 25) sowie auf das Beispiel „durch Farben verursachte Bleivergiftung bei Kindern“ von ZWECK (1993, S. 42) verwiesen. Beim letzteren Beispiel geht es um die Frage, ob der Kongreß das Problem tausender vergifteter Kinder voraussehen hätte können bzw. durch gesetzgeberische Maßnahmen hätte verhindern können. (Vgl. auch GIBBONS, J.; GWIN, H. 1986, S. 243)

³ ZWECK, A. 1993, S. 47; vgl. auch GIBBONS, J.; GWIN, H. 1986, S. 242f.

⁴ In diesem Zusammenhang ist im TAB- Diskussionspapier Nr.6 (1994, S. 2) die Rede von den „neuen sozialen Bewegungen“, die den Institutionen die Kompetenz und demokratische Legitimation absprechen. LOMPE (1987, S. 12f.) weist darauf hin, daß technologiepolitische Entscheidungen spätestens seit der

öffentlichen Diskussionen in der zweiten Hälfte der 60er und in den 70er Jahren wird in den Vereinigten Staaten schließlich am 13.10.1972 vom Kongreß ein wegweisendes Gesetz verabschiedet, das die Einrichtung des Office of Technology Assessment (OTA) zur Folge hat.¹ Mit diesem Office sollen technologiepolitische Entscheidungen so vorbereitet und begründet werden, daß eine annähernde Konsensbildung innerhalb der Öffentlichkeit stattfinden kann.

2. Auf der anderen Seite handelt es sich um das Ziel der Behebung der politischen *Steuerungskrise*, denn die Möglichkeiten der Politik Einfluß auf die technische Entwicklung zu nehmen, erschien als äußerst begrenzt. Weitgehend sämtliche Bereiche des staatlichen Handelns werden durch technologische Entwicklungen tangiert, und darüber hinaus wird der Staat für die Folgen dieser Entwicklung zunehmend in die Verantwortung genommen.²
3. Ferner erschien es notwendig, durch eine Institution technikbezogene Informationen wissenschaftlich fundiert aufzuarbeiten, um die parlamentarische Arbeit zu verbessern. Somit wird die *parlamentarische Kontrollfunktion* hinsichtlich technologiepolitischer Entscheidungen gestärkt bzw. eine Verbesserung der Oppositionsarbeit gewährleistet.³

Debatte um die Sicherheit der Kernenergie, des Flughafenausbaus Frankfurt West usw. in der BRD im wachsenden Maße einer demokratischen Legitimation bedürfen.

¹ BARON, W. 1995, S. 20f; vgl. auch GRUNWALD, A.; GETHMANN, C.F. 1999, S. 12f.

² TAB-Diskussionspapier Nr.6, 1994, S. 2

³ WELZ 1988, S. 406ff.

3. Zum Konzept der Technikbewertung

3.1 Begriff und Zielsetzung von Technology Assessment (Technikbewertung / Technikfolgenabschätzung)

Der Begriff „Technology Assessment“ (in der BRD Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung) wurde erstmals in den 60er Jahren von EMILIO DADDARIO, dem damaligen Vorsitzenden des Wirtschafts- und Forschungsausschusses des US-Repräsentantenhauses geprägt, der im Jahre 1966 eine Gesetzesinitiative zur Einrichtung eines *Office of Technology Assessment* (OTA) im amerikanischen Kongreß einbrachte.¹

Jedoch erst am 13.10.1972 wird dieses Office of Technology Assessment in der „Hoffnung auf eine methodisch geleitete und wissenschaftlich orientierte Aufbereitung von Wissen über technische Entwicklungen und deren Auswirkungen zum Zwecke der Politikberatung“ eingerichtet.²

Die Zielsetzung des Technology Assessment wird wie folgt festgelegt:

„Technology Assessment wird gebraucht, um einen Prozeß zu beschreiben, in dem sorgfältige (richtige, genaue), umfassende und objektive Informationen hinsichtlich einer Technik ermittelt werden sollen, mit dem Ziel, den politischen Entscheidungsfindern die Arbeit zu erleichtern (d.h., um der Verantwortung gerecht zu werden, auf politischer Ebene sinnvoll zu entscheiden). Bei Technology Assessment handelt es sich um eine vollständige Analyse sämtlicher primärer, sekundärer, indirekter und verzögerter Folgen bzw. Einwirkungen gegenwärtiger und künftiger technologischer Innovationen auf die Gesellschaft, Umwelt oder die Wirtschaft.“³

In der Bundesrepublik Deutschland wird *Technology Assessment* oftmals mit *Technikfolgen-Abschätzung* übersetzt. Einige Autoren verwenden im selben

¹ Vgl. BUGL, J.; MAI, M. 1994, S. 10

² BARON, W. 1995, S. 39

Am 29. September 1995 schloß das OTA nach 23 Jahren erfolgreicher Arbeit. Gegenwärtig (Stand Mai 2002) engagieren sich eine Reihe von Abgeordneten und Senatoren sowie führende Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft für die Wiedergeburt des OTA. So setzen sich beispielsweise 42 Demokraten und 8 Republikaner für die Wiedereinrichtung des OTA ein. Eine breite Unterstützung aus den Reihen der Republikaner fehlt allerdings.

Zu den Gründen der Schließung des OTA siehe den Artikel von COATS, J. in der Zeitschrift „*TA-Datenbank-Nachrichten*“ Nr.4 Dezember 1995. Siehe auch COATS, J. 1999, S. 53f.

Näheres zur Rückkehr des OTA im Beitrag von SOCHER, M. in der Zeitschrift „*Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*“ März 2002, S. 73-76

³ Vom Verfasser aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt; *Original Quelle*: US-Senate „Report of Committee on Rules and Administration“.Technology Assessment Act of 1972. Washington 1972

Zusammenhang den Begriff *Technikbewertung* und versuchen, Unterschiede zwischen diesen Termini herauszuarbeiten.¹

Es besteht der Verdacht, daß die Übersetzung des Begriffes *Technology Assessment* in *Technikfolgen-Abschätzung* daher rührt, daß bei Übersetzungen die Abkürzung TA als invariante Form beibehalten werden konnte. Zwischen den beiden Begriffen (Technikfolgenabschätzung; Technikbewertung), die als ein Oberbegriff eines Prozesses bezeichnet werden können, scheinen keine nennenswerten Differenzen zu bestehen. Da eine trennscharfe Unterscheidung zwischen diesen Begriffen der Sache nach nicht dienlich ist, werden diese Termini in der vorliegenden Arbeit synonym verwendet.

Der Prozeß der Technikbewertung soll im folgenden als ein interdependentes Bedingungsgefüge von *Abschätzen*, *Beurteilen* und *Bewerten* aufgefaßt werden.

Beim *Abschätzen* einer Technik geht es um das Diagnostizieren der Folgen von bestehenden oder geplanten Technikanwendungen, d.h. inwieweit der Einsatz einer Technik einen möglichen Schaden und/oder einen möglichen Nutzen beinhaltet.

Die *Beurteilung* einer Technik ist sowohl für das Abschätzen einer Technik als auch für die Bewertung maßgebend. Technik erfährt aufgrund unterschiedlicher Kriterien (gesetzliche Vorschriften, Kostenaufwand zur Realisierung, Wirkungsgrad, Entsorgung möglicher gefährlicher Nebenprodukte, Beseitigung der negativen Effekte der Technik u.a.) eine Beurteilung. Es geht beim Beurteilen darum, wie ein gewisser Sachverhalt unter ein bestimmtes Kriterium bzw. mehrere Kriterien einzustufen ist. Diese Beurteilungen nehmen wiederum Einfluß darauf, inwieweit wir eine Technik abschätzen, aber auch wie wir eine Technik bewerten.

Bei einer *Bewertung* wird in Anlehnung an die Abschätzung der Technikfolgen eine „Wünschbarkeitsbetrachtung“² angestellt. Es werden die Vorteile und Nachteile einer Technik gegenüber gestellt und abgewogen, um dann im weiteren Schritt über die Einführung oder Anwendung einer Technik zu entscheiden. Es ist anzumerken, daß wertende Entscheidungen³ im gesamten Prozeß der Technikbewertung vorgenommen werden und daß aufgrund unterschiedlicher Werte, Ziele, Einstellungen u.a. der einzelnen Individuen, Gruppen sich verschiedene Bewertungen ergeben können. Erschwert werden Bewertungen durch Größen, die nicht eindeutig erfaßbar sind; dazu zählen insbesondere gesellschaftliche Werte, Ziele und Ängste (z.B. Lebensqualität, Sicherheit, Risikowahrnehmung und -akzeptanz).

¹ Siehe hierzu: BARON, W. 1995, S. 50; Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) 1989, S. 5; TAB-Diskussionspapier Nr.6 1994, S. 15f.; BUNDESTAGSDRUCKSACHE 10/5844, 1986, S. 4; BULLINGER, H.J. 1994, S. 15

² LUDWIG, B. 1995, S. 31

³ Bewertungsfragen treten beispielsweise schon während der „Prioritätensetzung und der Auswahl der zu untersuchenden Technologie“ auf. „Die Ergebnisse der Untersuchungen können aber, indem sie intersubjektiv verständlich und nachvollziehbar sind, als objektiviert bezeichnet werden.“ (DIERKES, M. 1991, S. 1501)

3.2 Partizipationsgedanke und Bedenken vor einer institutionalisierten Technikbewertung

In Diskussionen wird die Technikbewertung nicht nur als politikberatendes Konzept gesehen, sondern es wird immer nachdrücklicher die Forderung nach Partizipation gestellt. Es sollen nicht nur gesellschaftliche Konfliktfelder, die durch den Einsatz neuer Techniken entstehen können, beschrieben werden, sondern alle Betroffenen wie z.B. Bürger, Wirtschaftsvertreter und Gewerkschaften sollen im Entscheidungsprozeß einbezogen werden. Dadurch können möglicherweise öffentliche Proteste, jahrelange juristische Auseinandersetzungen sowie die damit entstehenden immensen Kosten im Vorfeld vermieden und verträgliche Lösungen gefunden werden.

Die Beteiligung von Betroffenen und interessierten Gruppen am technologiepolitischen Entscheidungsprozeß stellt für PASCHEN und PETERMANN ein wesentliches Kriterium im Rahmen der Technikbewertung dar.¹ Dieser Partizipationsgedanke geht davon aus, daß das Abschätzen von Technikfolgen oder eine Bewertung von Technologien ohne eine Berücksichtigung betroffener und interessierter gesellschaftlicher Gruppen nicht effektiv möglich ist. Denn:

- Auf der einen Seite benötigt die Technikbewertung das Wissen von den betroffenen und interessierten Gruppen, um somit möglichst viele Aspekte eines Problems bei der Legitimation politischer Entscheidungen zu berücksichtigen.²
- Andererseits ist es erforderlich, die Interessen und Werte der „Betroffenen“ zu berücksichtigen, um die Bereitschaft zur gesellschaftlichen Akzeptanz und Hinnahme technologiepolitischer Entscheidungen zu erhöhen.³

PASCHEN weist darauf hin, daß oftmals eingewendet wird, die Technikbewertung sei nichts anderes als eine subtile Durchsetzungsstrategie, um politische Entscheidungen für technologische Entwicklungen und Projekte verwirklichen zu können. Der Vorwurf der Gefahr des politischen Mißbrauchs, der generell nicht von der Hand zu weisen ist, untermauert die Forderung: Die „aktive Partizipation seitens der durch die Technikanwendung am stärksten betroffenen Gruppen [ist (der Verf.)] sicherzustellen, weil das Fehlen echter Beteiligungsmöglichkeiten für solche Gruppen das Risiko der Manipulation, der einseitigen Bevorzugung bestimmter Interessen verstärkt.“⁴

In jüngerer Fachliteratur wird im Zusammenhang der Partizipation auch der Vermittlungsaspekt angeführt und das pädagogische Moment herausgestellt.

¹ PASCHEN, H.; PETERMANN, TH. 1992, S. 21; vgl. auch GOTTSCHALK, N.; ELSTNER, M. 1997, S. 143-180; BARON, W. 1997, S. 137f.

² TAB-Diskussionspapier Nr.6, 1994, S. 2f.

³ WELZ, W. 1988, S. 411

⁴ PASCHEN, H. 1986, S. 27

Dabei wird u.a. der Vorteil in der Vermittlung von Wissen gesehen, da dadurch Aufklärungsarbeit geleistet werden kann.¹

In den Vereinigten Staaten von Amerika nimmt die partizipative Technikgestaltung seit Beginn der Diskussionen zur Technikbewertung einen zentralen Stellenwert ein, wobei jedoch in der Umsetzung erhebliche Defizite festzustellen sind. Nicht nur in den USA, sondern auch in der BRD befürchteten Vertreter der Industrie sowie einiger staatlicher Stellen, daß sich die Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen als schädlich erweisen könnte. Diese Befürchtung gilt und galt jedoch nicht nur gegenüber dem Partizipationsgedanken, sondern auch gegenüber einer Institutionalisierung von Technikfolgenabschätzung in Form eines *Office of Technology Assessment* bzw. *Büro für Technikfolgenabschätzung* allgemein, was in der Literatur schließlich zu einer Wortspielerei führte.²

Weiter wurden als Gegenargumente angeführt:³

- Die Technikbewertung könnte auf Innovatoren abschreckend wirken.
- Die technologische Entwicklung als auch die Anwendungen technischer Neuerungen könnten behindert und blockiert werden.
- Durch die detaillierte Darstellung langfristiger, meist ganz unwahrscheinlicher Folgen werde ein Klima der Angst erzeugt, so daß große Teile der Bevölkerung zur Akzeptanzverweigerung veranlaßt würden.

Diese Befürchtungen werden durch die bisherige Praxis der Technikbewertung insofern nicht gestützt, als daß Analysen⁴ zur Technikfolgenabschätzung nur in Ausnahmefällen zu einer vollständigen Blockierung eines Technikprojektes geführt haben. Vielmehr spricht einiges dafür, daß Analysen zur Technikfolgenabschätzung den Prozeß des technischen Fortschritts eher fördern, indem beispielsweise die Entwicklungen und der Einsatz verbesserter technischer Varianten und Alternativen angeregt werden. Außerdem sollen im Rahmen einer Analyse auch solche Konsequenzen eruiert werden, die bei einer möglichen Blockierung einer Technologieanwendung auftreten könnten. Die Hauptaufgabe einer Technikbewertung stellt nicht die Behinderung einer Technologie dar, sondern das Augenmerk soll auf solche potentiellen Gefahren gelenkt werden, die bei den herkömmlichen Planungs- und Bewertungsverfahren (z.B. Investitionsrechnungen oder Marktanalysen) oftmals kaum eine Berücksichtigung finden. Dahinter verbirgt sich der Grundgedanke, daß das Ignorieren oder Verschweigen möglicher negativer Folgen einer Technik sich letztlich weit

¹ Vgl. GRUNWALD, A.; GETHMANN, C.F. 1999, S. 24f.

² Technology Assessment wurde als *Technology Arrestment* (Technologiehemmung) und *Technology Harassment* (Technologiezerstörung) bezeichnet. (Vgl. BUGL, J.; MAI, M. 1994, S. 23, GIBBONS, J. 1991, S. 28)

³ PASCHEN, H., PETERMANN, T. 1992, S. 22f.

⁴ Als Analysen zur Technikfolgenabschätzung bezeichnen PASCHEN; BECHMANN; WINGERT (1981, S. 60f.) Untersuchungen, die darauf ausgerichtet sind, Auswirkungen (potentielle) neuer oder in der Entwicklung befindlicher Technologien systematisch zu erforschen und zu bewerten.

negativer auf die Akzeptanz in der Bevölkerung auswirken kann als das rechtzeitige Offenlegen potentieller Bedrohungen, die ohnehin früher oder später aufgedeckt werden.¹

Es ist außerdem sinnvoll, Technologien möglichst frühzeitig vor ihrer Anwendung auf unerwünschte Nebenfolgen zu untersuchen, da eine Nachbesserung (z.B. aufgrund ergänzender Umweltvorschriften, Sicherheitsvorschriften seitens des Staates) oder Stilllegung einer Technologie sich z.B. kostenintensiv für ein Unternehmen auswirken kann.

Im Zusammenhang der Technikbewertung als unternehmerische Aufgabe formuliert MAI in jüngster Literatur, daß vereinzelt und in der letzten Zeit zunehmend mehr Stimmen aus der Industrie die Idee der Technikbewertung aufgreifen und darin positive Aspekte für das unternehmerische Handeln erkennen.²

BUGL und MAI beschreiben einen weiteren Aspekt der ablehnenden Haltung gegenüber einer Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung, wonach die in Bonn ansässigen Lobbyisten der deutschen Industrie befürchten, ihren Einfluß auf die Abgeordneten zu verlieren; denn die Erfahrung hatte gezeigt, „daß es um so leichter ist, einen Abgeordneten zu beeinflussen, je weniger Fachwissen er besitzt.“³

3.3 Das „Idealkonzept“ der Technikbewertung mit seinen Postulaten

Die Technikbewertung stellt von der Idee her ein Beratungsinstrument für den technologiepolitischen Entscheidungsprozeß dar. Die Hauptargumente, die angeführt wurden, um eine institutionalisierte Technikbewertung zu begründen, machen deutlich, daß die Technikbewertung in enger Verbindung mit der gesamtgesellschaftlichen Verantwortung des Staates bezüglich einer Technikregulierung sowie einer Risikobegrenzung zu sehen ist.

Diese Argumente betonen:

- „die zunehmenden Umweltprobleme, insbesondere in Form von erst sehr langfristig sich manifestierenden negativen Nebenwirkungen ursprünglich ausschließlich positiv eingeschätzter Techniken und Produkte (Beispiel FCKW),
- die sich verschärfende Ressourcensituation,
- die oft tiefgreifenden Auswirkungen des Technikeinsatzes auf Sozialstrukturen und sozio-kulturelle Werte,
- die wachsende Diffusionsgeschwindigkeit von Techniken und die steigende Irreversibilität von Auswirkungsketten,

¹ PASCHEN, H., PETERMANN, T. 1992, S. 22f.

² MAI, M. 2001, S. 116

³ BUGL, J.; MAI, M. 1994, S. 23

- die zunehmende Sorge um die Lebensbedingungen zukünftiger Generationen und insbesondere auch
- die fehlende Fähigkeit und Bereitschaft zu einer 'Gesamtabwägung' von Chancen und Risiken des Technikeinsatzes unter Berücksichtigung konfligierender Interessen.“¹

In Anlehnung an diese Argumente lassen sich hinsichtlich eines „Idealkonzeptes“ der Technikbewertung folgende Postulate formulieren.

Danach soll die Technikbewertung:²

1. *Bedingungen und (potentielle) Auswirkungen des Einsatzes von Technik systematisch analysieren und bewerten.* Dabei kann es sich um eine seit längerem vorhandene, neue oder noch in der Entwicklung befindliche Technik handeln. Wichtig scheint m.E., daß die zu beurteilende Technik nicht isoliert betrachtet wird und daß Alternativen geprüft und in die Untersuchungen einbezogen werden.
2. *Gesellschaftliche Konfliktfelder*, die durch den Technikeinsatz entstehen können, *identifizieren* und *analysieren*.
3. *Handlungsmöglichkeiten* (z.B. zur Verbesserung der betrachteten Technik) *aufzeigen* und *überprüfen*. D.h. es sollen Handlungsoptionen im Sinne alternativer Möglichkeiten formuliert werden; sowohl bezogen auf die Technik als auch auf die umgebenden sozialen Strukturen. Handlungsmöglichkeiten können z.B. in Form von gesetzlichen Maßnahmen zur Förderung, Regulierung, Verhinderung bzw. im Extremfall in dem Verbot bestimmter Technikanwendungen bestehen.
4. *möglichst rechtzeitig ansetzen*, so daß negative Folgen von vornherein vermieden bzw. rechtzeitig eingeschränkt werden können (*Prinzip der Frühwarnung*).
5. möglichst die ganze Palette von Folgen *umfassend analysieren*. Das Postulat nach einer „umfassenden Analyse“ der Technikfolgenabschätzung hebt sich deutlich von Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Kosten-Nutzen-Kalkülen herkömmlicher Art u.ä. sowie den Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP)³ ab.

¹ PASCHEN, H. 1992, S. 96f.

² Zusammengestellt aus: PASCHEN, H. ; BECHMANN, G. ; WINGERT, B. 1981, S. 65ff; PASCHEN, H. 1986, S. 22ff.; PASCHEN, H. 1992, S. 96ff.; PASCHEN H.; PETERMANN, T. 1992, S. 26ff.; siehe auch PASCHEN, H. 1999, S. 79ff.

³ Die UVP ist wie die Technikfolgenabschätzung in der 2. Hälfte der 60er Jahre in den USA entstanden und dort erstmals am 01.01.1970 mit dem National Environmental Policy Act (NEPA) institutionalisiert worden. Bei der UVP handelt es sich um ein weiteres Instrumentarium staatlicher Entscheidungsgrundlagen. Auch im deutschen Planungsrecht besitzt die UVP seit 1990 Gesetzescharakter. (Vgl. BARON, W. 1995, S. 55)

Eine umfassende Technikbewertung, in der die potentiellen Folgewirkungen eines Technikeinsatzes abgeschätzt werden sollen, beinhaltet folgende Aspekte:

- die nicht beabsichtigten (Neben-) Wirkungen der Techniknutzung,
- die beabsichtigten (geplanten) in der Regel positiven Wirkungen,
- die indirekten, oft mit großer Verzögerung eintretenden Effekte (Wirkungen zweiter und höherer Ordnung),
- die kumulativen und synergetischen Effekte,
- die institutionellen und sozialen Folgen (Auswirkungen auf Sozialstrukturen, sozio-kulturelle Werte, sozio-politische Systeme usw.),
- die (Rück-) Wirkungen der gesellschaftlichen Entwicklung auf die Technologieentwicklung (Berücksichtigung des gesellschaftlichen Umfeldes des Technikeinsatzes),
- die nicht (oder jedenfalls nicht sinnvoll) quantifizierbaren Auswirkungskategorien.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die geplanten, primären, ökonomisch-technischen, direkt quantifizierbaren Auswirkungen nicht vernachlässigt werden.

6. unter der breiten Beteiligung betroffener gesellschaftlicher Gruppen (Prinzip der *Partizipation*) erfolgen.
7. *transparent, nachvollziehbar* und *nachprüfbar* sein, d.h. Annahmen und Begründungen sollen offengelegt, die Arbeitsschritte genau dokumentiert und die einzelnen vorgenommenen Bewertungen gekennzeichnet werden. Diese Forderung gründet auf der Tatsache, daß die Ergebnisse von Analysen zur Technikfolgenabschätzung in einem nicht geringen Maße von subjektiven Einschätzungen der Untersucher, Analytiker bzw. der Auftraggeber abhängen. Werturteile werden nahezu auf jeder Stufe der Durchführung von Analysen zur Technikfolgenabschätzung gefällt.
8. nach Bedarf alle erdenklichen Methoden *unterschiedlicher Disziplinen heranziehen* wie z.B. die Methoden der empirischen Sozialforschung, Input-Output-Analysen und meteorologische Ausbreitungsmodelle der Klimaforschung u.a.m.. Diese Vorgehensweise scheint erforderlich, da es kein Standardinstrumentarium der Technikbewertung gibt.

3.4 Problematik hinsichtlich der Realisierung des „Idealkonzeptes“

In der konkreten Praxis mußte man und muß man immer wieder von dem oben geschilderten Idealkonzept der Technikfolgenabschätzung abweichen. DIERKES¹ führt dafür wissenschaftlich-methodische, zeitliche, personelle und finanzielle Gründe an.

¹ DIERKES, M. 1991, S. 1504

Eine Überforderung des Idealkonzeptes in der Praxis der Technikbewertung ist besonders bei weitreichenden Techniken (z.B. Energietechnik, Verkehrstechnik, Informationstechnik, neue Biotechnik) festzustellen. Diese Techniken sind mit anderen technischen und sozialen Systemen vernetzt und diffundieren in einer solchen Art, daß eine antizipative Analyse äußerst erschwert wird.¹

3.4.1 Das Problem der Frühwarnung

Mit dem Postulat der „Frühwarnung“ hat sich die Technikbewertung enorme Methoden-, Daten- und Theorieprobleme aufgebürdet.

Die einzelnen Untersuchungen bzw. Ergebnisse einer Technikbewertung können niemals besser sein als die vorhandenen und verfügbaren Daten-, Theoriebestände und Methoden.

Zur Zeit noch nicht gelöste und aller Voraussicht nach auch in Zukunft schwer zu lösende Methoden- und Datenprobleme beruhen auf der Aggregation verschiedener Auswirkungen und den zum Teil qualitativ recht schwierig zu erfassenden Folgen des Technikeinsatzes, was im besonderen Maße für die sozialen Auswirkungen zutrifft. Wesentliche Schwierigkeiten sind im Bereich der Vorhersagbarkeit von Langzeitwirkungen der sozialen Folgen eines Technikeinsatzes, von Entwicklungen im gesellschaftlichen Umfeld einer Technologie sowie von gesellschaftlichen Wertmaßstäben und deren Wandlungen auszumachen.²

3.4.2 Prognoseproblem³

Im allgemeinen versteht man unter einer Prognose den Versuch, „unter Verwertung möglichst vieler verfügbarer Informationen festzustellen, welche künftigen Entwicklungen in einem definierten Bereich unter bestimmten Voraussetzungen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintreten können.“⁴ Prognosen versuchen Tendenzen, Tempi sowie Richtungen von Änderungen und Neuerungen aber auch die Grundstruktur eines Wandels aufzuzeigen. Sie zeichnen sich durch zwei Merkmale aus: Zum einen sind ihre Aussagen Erwartungsaussagen; zum anderen müssen die in den Prognosen zum Ausdruck gebrachten Erwartungspräferenzen begründet sein.

Da Prognosen immer auf bestimmten Annahmen bzw. Vorstellungen beruhen, sind sie mit einer gewissen Unsicherheit und Ungenauigkeit behaftet, so daß

¹ PASCHEN, H.; PETERMANN, Th. 1992, S. 30

² DIERKES, M. 1992, S. 1501; PASCHEN, H. 1992, S. 101f.

³ Ein Beispiel des Prognoseproblems ist die Fehleinschätzung in den Energiebedarfstudien der 70er Jahre. In den Studien hatte man den Energiebedarf der letzten 20 Jahren zugrunde gelegt und für den künftigen Bedarf hochgerechnet. Dabei wurden die jährlichen Wachstumsraten der Wirtschaft überschätzt und die effizientere Nutzung technischer Anlagen und Geräte unterschätzt. Die Fehlprognosen sind sicherlich darauf zurückzuführen, daß die Zusammenhänge, die für die Vergangenheit Gültigkeit besaßen (z.B. ein hohes Wirtschaftswachstum, sinkende Energiepreise, intensive Bautätigkeiten u.a.m.) für die 70er Jahre fortgeschrieben wurden.

⁴ BECHMANN, G. 1987, S. 41

niemals exakte Vorhersagen zu treffen sind.¹ Bestimmte Auswirkungen einer Technologie sind teilweise erst in ihrer längeren Anwendung erkennbar. Mit steigendem Problembewußtsein können ferner bestimmte Auswirkungen eine negative Bewertung erfahren. Aufgrund des Wandels gesellschaftlicher Ereignisse ist es nahezu unmöglich, zuverlässige Prognosen zu erstellen. Einzelne Prämissen liegen nicht fest vor, sondern unterliegen einem gesellschaftlichen Wandel, der selbst prognostiziert werden muß. Ferner liegt oftmals nur unzureichendes Datenmaterial über den Gegenstand einer Untersuchung vor, so daß es zu menschlichen Fehleinschätzungen kommen kann. So ist es nicht verwunderlich, daß die Technikbewertung im Sinne eines "Frühwarnsystems" von einigen Stimmen als gescheitert eingestuft wird.²

Auch wenn aufgrund der Komplexität technisch-gesellschaftlicher Entwicklungen sowie der Offenheit und Unbestimmbarkeit der Zukunft keine absolut sicheren Vorhersagen möglich sind, so stellt die Prognose doch trotz ihrer Schwächen im Rahmen der Technikbewertung eine gute Entscheidungsvorbereitung dar. Mittels einer zuverlässigen empirischen Datengewinnung ist es möglich, Entwicklungstendenzen zu beschreiben und plausible Projektionen vorherzusagen, so daß wissenschaftlich konsensfähige Problematisierungen ermöglicht werden.³

Da man bei den Prognosen unvermeidbar auf Schätzungen bzw. auf Wahrscheinlichkeitsaussagen angewiesen ist, ist es ein Gebot der Redlichkeit, die Herkunft der jeweiligen Daten einer Diskussion und Kritik zugänglich zu machen. Die Technikbewertung hat in diesem Zusammenhang eine wichtige Aufklärungsfunktion; sie sollte

- die Art der Datenermittlung,
- die Unsicherheit, die diesen Daten in jedem Fall unvermeidbar anhaftet und
- die Voraussetzungen der künftigen Entwicklung (die anders als stillschweigend hingenommen werden)

offenlegen und begründen, so daß eine Überprüfung und kritische Diskussion möglich ist.⁴

Der Unsicherheit der Technikfolgenprognosen kann dadurch begegnet werden, daß die Technikbewertung „als ein normatives Instrument“ begriffen wird, mit dem ermöglicht werden kann, plausible - oder auch wünschbare - alternative

¹ Um zu verdeutlichen, daß es sich bei Prognosen um Wahrscheinlichkeitsaussagen handelt, die in einem gewissen Umfang mit Fehlern belastet sind, schlagen KÖNIG und RAPP (1994, S. 22) vor, von der „Abschätzung der zu erwartenden Folgen“ zu sprechen, so daß der „falsche Eindruck einer unbezweifelbaren Exaktheit“ vermieden wird.

² Vgl. PASCHEN, H. ; PETERMANN, Th. 1992, S. 31; PASCHEN, H.; GRESSER, K. CONRAD, F. 1978, S. 59ff.

³ Vgl. BUGL, J.; MAI, M. 1994, S. 23; zur Prognose von Technikfolgen siehe GRUNWALD, S.; LANGENBACH, CHR. 1999, S. 93ff.

⁴ KÖNIG; W.; RAPP, F. 1994, S. 23

Szenarien zu entwerfen, Wege zu skizzieren und die Bedingungen und Folgen zu ergründen, mit denen diese Zukünfte realisiert werden können.¹

Bei den angesprochenen Szenarien handelt es sich um wissenschaftlich-antizipative Beschreibungen möglicher bzw. wahrscheinlicher zukünftiger Situationen, in denen auch die Entwicklungen, die zu diesen Situationen führen können, aufgezeigt werden sollen. Ein Szenario beansprucht nicht, eine Prognose im herkömmlichen Sinn zu sein, denn es gibt immer mehr als nur eine Möglichkeit dafür, wie sich eine derzeitige Situation aus der Gegenwart entwickeln wird. Durch die Offenlegung von Entwicklungsdeterminanten und Handlungsspielräumen dienen Szenarien also dazu, in anschaulicher Weise eine mögliche Entwicklung zu verdeutlichen und nicht um Vorhersagen zu treffen.²

Weiterhin kann die Unsicherheit der Prognose entlastet werden, indem die Technikbewertung nicht nur als eine einmalige Angelegenheit, sondern als eine Folge wiederholter Analysen und Bewertungen konzipiert wird. In diesem Sinne wären Analysen im Verlauf einer Entwicklung als auch während der späteren Anwendung einer Technik anzufertigen, so daß möglicherweise eine ursprünglich positive Bewertung aufgrund nicht erkannter oder falsch eingeschätzter Folgewirkungen nicht mehr zu rechtfertigen ist.³

3.4.3 Das Problem der umfassenden Technikbewertung

Das beschriebene „Idealkonzept“ fordert u.a., daß im Rahmen einer Technikbewertung *sämtliche* indirekten, kumulativen, synergetischen Wirkungen bzw. Folgen, Neben-, Rück- und Spätwirkungen zu analysieren sind. Insbesondere seien die sozialen Auswirkungen von Technologien sowie die (Rück-) Wirkungen gesellschaftlicher Entwicklungen auf die technische Entwicklung im Rahmen eines „Idealkonzeptes“ einzubeziehen. Angesichts praktischer Gründe, wie z.B. Zeit- und Mittelaufwand, sowie aufgrund der Prognoseproblematik kann es sich bei einer solchen umfassenden Technikfolgenabschätzung jedoch nur um ein annäherungsweise zu erreichendes „Idealkonzept“ handeln. Bei einer realistischen Technikbewertung kann es nur darum gehen, „die Menge der unerwarteten und überraschenden Technikfolgen zu minimieren.“⁴

Im Sinne eines Idealkonzeptes wird weiterhin gefordert, daß die zu beurteilende Technik nicht isoliert betrachtet wird und daß Alternativen geprüft werden und in die Untersuchungen einzubinden sind. Mögliche „Zukünfte“ sollen beschrieben und bewertet werden, so daß rechtzeitig auf die unerwünschten Folgen reagiert werden kann bzw. um erwünschte Folgen herbeiführen zu können.⁵

¹ Vgl. PASCHEN, H. 1986, S. 35 f.; RAPP, F. 1988, S. 98ff.; zu den Szenarien siehe: GAUSEMEIER; J. u.a. 1997, S. 203ff.; STEINMÜLLER, K. 1999, S. 669ff.

² Vgl. SCHUCHARDT, W.; WOLF, R. 1990, S. 22

³ PASCHEN, H.; PETERMANN, Th. 1992, S. 32; vgl. DIERKES, M. 1992, S. 1504; PASCHEN, H. 1999, S. 81ff.

⁴ OTT, K. 1994, S. 32; vgl. PASCHEN, H.; PETERMANN, Th. 1992, S. 33

⁵ Vgl. PETERMANN Th. 1992, S. 273

Es sind neben den geforderten alternativen, ergänzenden und gleichwertigen technischen (Ersatz-)Lösungen auch solche in die Untersuchungen zur Technikfolgenabschätzung einzubeziehen, die „utopisch“ anmuten, wobei als radikalste Alternative der Abbruch eines Projektes oder der Verzicht einer Technik zu sehen ist.¹

Exkurs: Synergetische Effekte

Bei den synergetischen Effekten handelt es sich um über die Summe der Einzelabsichten hinausgehende, verstärkende oder verändernde Beeinflussung von Folgen mehrerer Handlungen untereinander.² An den Gestaltungs- und Nutzungsprozessen von Technik nehmen in der Regel eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure, z.B. soziale Gruppen, Institutionen, Organisationen teil, die oftmals in einem hohen Grad arbeitsteilig zusammenwirken, deren Interessen sich teilweise widersprechen und durchkreuzen. Dieses arbeitsteilige Zusammenwirken der einzelnen Akteure kann u.U. zu ganz anderen Ergebnissen führen, als es in der Absicht aller Beteiligten lag. Theoretisch denkbar wäre es, daß solche Synergieeffekte ein Gefahrenpotential darstellen. Möchte man mit anderen Personen in einer Weise zusammenwirken, so daß auf gesamtgesellschaftliche Prozesse eine große Einflußnahme möglich wird, ist es erforderlich, zufällige *Synergieeffekte* in einen bewußt gestalteten Vorgang gemeinsamer Einflußnahme umzuwandeln.³

¹ OTT, K. 1994, S. 32

² HUBIG, Ch.; JELDEN, E. 1994, S. 32

³ HUBIG, Ch.; JELDEN, E. 1994, S. 24

4. Die Entwicklung der Institutionalisierung der Technikbewertung in der Bundesrepublik Deutschland

4.1 Institutionalisierung der Technikbewertung in der BRD und auf europäischer Ebene

Bereits seit 1973 wurden Diskussionen im Deutschen Bundestag hinsichtlich möglicher Formen zur Institutionalisierung der Technikbewertung geführt, bis letztendlich nach langwierigen Debatten im März 1990 vorläufig ein *Büro für Technikfolgen-Abschätzung* (TAB) für die Laufzeit von drei Jahren eingerichtet und dann am 4. März 1993 auf vorherigem Antrag der CDU/CSU-, SPD- und FDP-Fraktion beim Deutschen Bundestag auf Dauer institutionalisiert wurde.

Neben der Institutionalisierung der Technikbewertung auf der Bundesebene gab es ähnliche Bemühungen der Regierungen einzelner Bundesländer (z.B. Baden-Württemberg, Bremen, Hamburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen). Als Beispiel seien hier stellvertretend die Bemühungen der Bundesländer *Baden-Württemberg* und *Nordrhein-Westfalen* kurz skizziert.

In *Baden-Württemberg* gibt es seit Juni 1991 die „*Akademie für Technikfolgenabschätzung*“ mit Sitz in Stuttgart, eine Stiftung des öffentlichen Rechts, in der Land (Exekutive und Legislative), Wissenschaft (Natur-, Technik-, Human- und Gesellschaftswissenschaften), Wirtschaft und gesellschaftliche Gruppen zusammenarbeiten. Nach ihrer Satzung hat die Akademie für Technikfolgenabschätzung drei Hauptaufgaben: (1) Technikfolgen zu erforschen, (2) diese Technikfolgen zu bewerten und (3) den gesellschaftlichen Diskurs über Technikfolgenabschätzung zu initiieren und zu koordinieren. Mit der letzten Aufgabe übernimmt die Akademie ausdrücklich den Auftrag, gesellschaftliche Aspekte im Rahmen der Technikfolgenabschätzung bzw. Technikbewertung zu berücksichtigen. Dieses ist für eine Institution zur Technikfolgenabschätzung in dieser expliziten Form neuartig und das besondere dieser Akademie.¹

In *Nordrhein-Westfalen* (NRW) wurde 1985 das Landesprogramm „*Mensch und Technik - Sozialverträgliche Technikgestaltung*“ (SoTech-Programm) gestartet.² In diesem Programm sollten vor allem die von den neuen Technologien betroffenen Arbeitnehmer an der Technikgestaltung teilnehmen, so daß partizipative Elemente der Technikbewertung erkennbar sind. Als Folge dieses SoTech-Programms wurde im März 1987 vom NRW-Landtag eine Kommission „*Mensch und Technik*“ eingesetzt. Diese Landtagskommission hat vom Parlament folgende drei Aufgaben zugewiesen bekommen. „1. Die Erörterung möglicher Linien der technischen Entwicklung und ihre sozialen Gestaltung sowie die Analyse und Bewertung möglicher positiver wie negativer Folgen von Techniken; 2. Das Aufzeigen möglicher Handlungsalternativen; 3. Vorbereitung parlamentarischer Entscheidungen.[...] Aufgrund der begrenzten zeitlichen und sachlichen Ressourcen hat sich die Kommission auf folgende Technikfelder

¹ SCHADE, D. 1994, S. 116; vgl. BARON, W. 1995, S. 178ff.

² Zum SoTech-Programm siehe MAI, M. 2001, S. 50f.

konzentriert: neue Informations- und Kommunikationstechniken, Bio- und Gentechnik, neue Fertigungstechniken -ökonomische und strukturelle Auswirkungen und ihre soziale Gestaltung, neue Werkstoffe und Produkte.“¹

Neben den bundesparlamentarischen Initiativen gab es auch auf europäischer Ebene Bemühungen zur Institutionalisierung der Technikbewertung.²

Beim *französischen Parlament* besteht seit 1983 das *Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques* (OPECST) als institutionelle abgesicherte Beratungseinheit. Das OPECST, das selbst keine Studien zur Technikfolgenabschätzung durchführt, vergibt Studien an externe arbeitende Experten sowie an den ihm zur Seite stehenden Beirat (bestehend aus 15 Wissenschaftlern). Studien zur Technikfolgenabschätzung werden nur vom französischen Parlament in Auftrag gegeben, über die Veröffentlichung der Studien entscheiden die parlamentarischen Mitglieder des OPECST. Da die Ergebnisse der Studien nicht unmittelbar, wenn überhaupt veröffentlicht werden, hat es schon oftmals negative Kritik gegeben.

Seit 1985 ist in *Dänemark* das *Dänish Board of Technology* per Gesetz beschlossen. Das Parlament als auch das *Dänish Board of Technology* entscheiden über Studien zur Technikfolgenabschätzung. Das Board führt selbst Studien zur Technikfolgenabschätzung durch und vergibt Aufträge an extern arbeitende Experten und Einrichtungen. Das Anregen und Organisieren von öffentlichen Diskussionen zu technologiepolitischen Fragen nehmen beim Board einen zentralen Stellenwert ein. Eine Öffentlichkeitsarbeit wird durch die vierteljährige Herausgabe einer Zeitschrift als auch durch Broschüren, Videos u.a. unterstützt.

In den *Niederlanden* wurde im Jahre 1986 das *Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspectenonderzoek* (NOTA) ins Leben gerufen und 1994 in das *Rathenau instituut* umbenannt. Das Institut wurde durch ein Dekret des Ministers für Bildung und Wissenschaft unter der Schirmherrschaft der Königlich-Niederländischen Akademie für Kunst und Wissenschaft und des Wissenschaftlichen Rates für Regierungspolitik gegründet. Über die Themenschwerpunkte zur Technikfolgenabschätzung entscheidet u.a. das Parlament als auch das *Rathenau instituut*. Eine Beteiligung gesellschaftlicher Interessengruppen nimmt beim *Rathenau instituut* seit Beginn der Arbeit eine zentrale Stellung ein, so daß unter gesellschaftlicher Beteiligung eine Themenfindung zu Vorhaben ermöglicht wird. Die Arbeitsergebnisse der einzelnen Studien werden als vorläufige Berichte und Arbeitspapiere veröffentlicht. Die Studien werden von Universitäten und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen durchgeführt.

In *Großbritannien* besteht seit 1989 das *Parliamentary Office of Science and Technology* (POST). Da die britische Regierung einer Institutionalisierung mit Skepsis gegenüberstand, lehnte sie eine Finanzierung aus öffentlichen Mitteln

¹ SCHUCHARD, W; WOLF, R. 1991; S. 31; vgl. auch BUGL, J; MAI, M 1994, S. 26- 34

² Folgende Angaben wurden zusammengestellt aus: BARON, W 1995; S. 83-106; WESTPHALEN, R. von 1997, Kap. 14 - 22; vgl. auch BRÖCHLER, S.; SIMONIS, G.; SUNDERMANN, K. 1999, Bd. 2, S. 387-537.

vehement ab. Daraufhin beschloß 1987 ein inoffizieller Parlamentsausschuß die Gründung einer Stiftung *Parliamentary Science and Technology Foundation*. Im Juni 1992 wird durch das House of Commons eine Finanzierung der Stiftung stattgegeben. Die Stiftung erhält den Status eines Office und erhält die Bezeichnung *Parliamentary Office of Science and Technology* (POST). Aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel (ca. 170.000 englische Pfund jährlich durch das Parlament) sind jedoch umfangreicherer Studien zur Technikfolgenabschätzung nicht möglich.

Beim *Europäischen Parlament* wurde im Jahre 1986 zunächst für eine 18-monatige Probezeit das *Scientific and Technological Options Assessment* (STOA) eingerichtet und danach auf Dauer institutionalisiert.

4.2 Einfluß politischer Systeme auf die Institutionalisierung der Technikbewertung

Aufgrund der langjährigen Auseinandersetzungen im Bundestag wird die nahezu zwanzig Jahre geführte Institutionalisierungsdebatte der Technikfolgenabschätzung in der BRD häufig als *Leidensweg*¹ charakterisiert.

Daß die Bemühungen zur Institutionalisierung von Technikfolgenabschätzung in der BRD im Vergleich zu den USA - wo die Gründung des *Office of Technology Assessment* in einer relativ kurzen Zeit erfolgte - sich über einen so langen Zeitraum erstreckte und häufig von geringer Effektivität war, ist sicherlich auf die unterschiedlichen Strukturen der politischen Systeme zurückzuführen.

In der Präsidentschaftsdemokratie der USA sind alle Abgeordneten gegenüber der Exekutiven benachteiligt. Der gesamte amerikanische Kongreß hatte aufgrund der strikten funktionalen Trennung der Legislative (Kongreß) und der Exekutive (Regierung) ein großes Interesse daran, ein erweitertes Kontrollinstrument zur kritischen Prüfung von Regierungsentscheidungen zu erlangen. Beide im Kongreß vertretenen Parteien stimmten daher der Bildung des *Office of Technology Assessment* zu. In der BRD geht demgegenüber die Regierung aus den Mehrheitsfraktionen, d.h. der Mehrheit des Parlamentes, hervor. Es sind nur die Oppositionsparteien gegenüber der Exekutiven benachteiligt. Insofern befürchteten die jeweiligen Regierungsparteien durch die Einrichtung einer Institution zur Technikfolgenabschätzung eine Stärkung der parlamentarischen Informations- und Kontrollmöglichkeiten, d.h. implizit eine technologiepolitische Stärkung der Oppositionsparteien.² Entsprechend scheinen Institutionalisierungsvorschläge zur Technikfolgenabschätzung, die in erster Linie auf eine Stärkung der parlamentarischen Kontrollfunktion ausgerichtet sind, a priori zum Scheitern verurteilt.

Im folgenden sollen die langjährigen Auseinandersetzungen bis hin zur Gründung des *Büro für Technikfolgenabschätzung* näher beschrieben werden. Durch die tabellarische Übersicht wird zunächst ein grober Überblick über die von den einzelnen politischen Parteien im Laufe der Jahre eingebrachten Anträge geben.

¹ BÖHRET, C.; FRANZ, P. 1985

² Vgl. ZWECK, A. 1993, S. 28; BUGL, 1994, S. 254

Legislaturperiode	Antrag	Inhalte / Ziele der Anträge
7.	April 1973	<u>CDU/CSU Bundestagsfraktion</u> : Antrag auf Bildung eines „ Amtes zur Bewertung technologischer Entwicklungen “ Ziel: Entscheidungsgrundlage in wichtigen technologiepolitischen Fragen verbessern (von der Regierungskoalition abgelehnt)
	März 1975	<u>CDU/CSU-Fraktion</u> : Antrag auf Bildung einer „ <i>Kommission für Technologiefolgen-abschätzung</i> “ (im Ausschuß für Forschung und Technologie an den Stimmen der Regierungskoalition gescheitert)
	Mai 1975	<u>FDP-Opposition</u> : Antrag eine Institution zur Technikfolgenabschätzung beim deutschen Bundestag einzurichten. (ebenfalls abgelehnt)
8.	November 1977	<u>CDU/CSU -Fraktion</u> : Antrag auf Bildung von „ <i>Prognose und Bewertungskapazitäten zur Begutachtung technologischer und forschungspolitischer Entwicklungen beim Deutschen Bundestag</i> “ Ziel: Vergabe von Gutachten, Betreiben von Projektmanagement (im Ausschuß für Forschung und Technologie abgelehnt)
	Juni 1978	Einbringen eines auf Konsens beruhenden Beschlusses (der SPD,FDP, CDU/CSU-Fraktion) des Ausschusses für Forschung und Technologie. (an den Stimmen der Regierungskoalition des Haushaltsausschusses gescheitert)
9.	Juli 1981	<u>CDU/CSU-Fraktion</u> : Antrag auf „ <i>Verbesserung der technikbezogenen Beratungskapazität des Deutschen Bundestages zur Bewertung technologischer Forschungsprogramme und Vorbereitung der Entscheidung über technologische Probleme</i> “ Ziel: Politikberatung, technische Trends beobachten, Material aufarbeiten, Problemlösungsalternativen entwickeln (im Haushaltsausschuß abgelehnt)
	Oktober 1982	<u>SPD</u> : Stellt im Laufe des Wechsels in die Opposition den Antrag, den vorherigen Vorschlag von der CDU/CSU anzunehmen. (Dazu war allerdings die CDU/CSU nicht mehr bereit.)
	Dezember 1982	Vorschläge zur Verbesserung der Beratungsmöglichkeit entwerfen zu lassen (von allen Fraktionen beschlossen)
10.	Dezember 1983	<u>SPD-Fraktion</u> : Antrag auf Bildung eines Unterausschusses „ <i>Technikanalyse und -bewertung</i> “ Ziel: Organisation und Koordination von Technikanalyse und -bewertung; Dialog mit Betroffenen herstellen
	Juni 1984	<u>Die GRÜNEN</u> : Antrag auf bundestagsexterne Einrichtung; „ <i>Stiftung Technikfolgen-abschätzung</i> “ Ferner soll ein Kuratorium der Stiftung übergestellt werden. Ziel: ähnlich wie der Antrag der SPD, im Bereich der Partizipation die Vorschläge der SPD erweitert
	Oktober 1984	<u>Alle Fraktionen</u> stellen Antrag auf Einrichtung einer „ <i>Enquete-Kommission und -bewertung</i> “. Der Bedarf an einer Institutionalisierung ist unstrittig, jedoch die Art der Umsetzung ist strittig.
	Januar 1985	<u>SPD</u> stellt im Alleingang einen zusätzlichen Antrag mit Forderung: Auswirkungen von Technologien auf Arbeitswelt zu berücksichtigen.
	Februar 1985	Ausschuß für Forschung und Technologie stellt beim Bundestag Antrag auf Einrichtung einer Enquete-Kommission „ <i>Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung</i> “.

	März 1985	Der Bundestag folgt der Empfehlung vom Ausschuß für Forschung und Technologie eine Enquete-Kommission einzurichten.
	Mai 1985	Die 1. Enquete-Kommission konstituiert sich mit der Bezeichnung; Enquete-Kommission: „ <i>Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung</i> “. Aufgabe: Sich mit Auswirkungen der technischen Entwicklung auf verschiedene Bereiche beschäftigen, Fragen zur Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung klären, u.a.
11.	Juli 1986	Die 1. Enquete-Kommission legt ihre Arbeitsergebnisse vor.
	November 1987	Die 2. Enquete-Kommission wird ins Leben gerufen. Aufgabe: Vorschläge zu einer möglichen Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung erarbeiten Ergebnis: Mitglieder der 2. Enquete-Kommission erzielen keinen Konsens; es werden dem Deutschen Bundestag Vorschläge der einzelnen Fraktionen unterbreitet.
	November 1988	Der Deutsche Bundestag entscheidet sich für den von der CDU/CSU, FDP eingebrachten Vorschlag.
12.	März 1990	Aufbau des „ <i>Büros für Technikfolgenabschätzung</i> “; zunächst auf Probe für 3 Jahre
	März 1993	Im Bundestag wird die ständige Institutionalisierung einstimmig beschlossen. Das „ <i>Büro für Technikfolgenabschätzung</i> “ wird umbenannt in „ <i>Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag</i> “.

4.3 Diskussionen zur Technikbewertung in der BRD

4.3.1 Diskussionen zur Technikbewertung von der 7. bis zur 10. Legislaturperiode (1972-1986)

Die 7. Legislaturperiode (1972-1976):

Am 16. April 1973 stellte die CDU/CSU Bundestagsfraktion als Oppositionspartei erstmals einen Antrag, ähnlich wie in den Vereinigten Staaten, beim Parlament ein „*Amt zur Bewertung technologischer Entwicklungen*“¹ zu bilden.

Hauptziel der einzurichtenden Institution sollte es sein, durch intensive Beratung den fachlichen Vorsprung der Regierung bezüglich technologischer Fragestellungen gegenüber dem Parlament zu verringern. Das bedeutet, es sollte eine Stärkung der Kontrollfunktion der Legislativen (Parlament) gegenüber der Exekutiven (Regierung) erreicht werden, da eine Kontrolle aufgrund komplexer technologischer Entwicklungen zunehmend schwieriger wurde.² Partizipative Elemente stehen zu diesem Zeitpunkt eher im Hintergrund.

Dieser Antrag auf ein „*Amt zur Bewertung technologischer Entwicklungen*“ sowie ähnliche nachfolgende Anträge der CDU/CSU-Fraktion wurden von der Regierungskoalition abgelehnt. Ein wichtiger Anstoß des ersten Antrages kann darin gesehen werden, daß sowohl parlamentarische als auch öffentliche

¹ Bundestagsdrucksache 7/468

² Vgl. BARON, W. 1995, S. 107; vgl. auch ZWECK, A. 1993, S. 29

Diskussionen über das Thema Politikberatung hinsichtlich wissenschaftlich technischer Themenbereiche initiiert wurden.¹

Ein weiterer Vorschlag zur Einrichtung einer TA-Institution beim deutschen Bundestag wurde von der FDP-Fraktion im Mai 1975 vorgelegt, den man ebenfalls ablehnte.

Im März 1975 legte die CDU/CSU-Fraktion (nachdem sie den Antrag vom 16. April 1973 überarbeitet hatte) dem Ausschuß für Forschung und Technologie erneut einen Vorschlag zur Errichtung einer „*Kommission für Technologiefolgenabschätzung*“ vor, welcher im Ausschuß für Forschung und Technologie (wie der vorherige am 16. April 1973) an den Stimmen der damaligen Abgeordneten der Regierungskoalition im April 1975 scheiterte.²

Die 8. Legislaturperiode (1976-1980):

Im November 1977 erfolgte ein weiterer Antrag der CDU/CSU-Fraktion mit dem Titel „*Prognose und Bewertungskapazitäten zur Begutachtung technologischer und forschungspolitischer Entwicklungen beim Deutschen Bundestag*“. Ein kleiner Stab von ständigen Mitarbeitern sollte die Aufgabe erhalten, externe Gutachten im Auftrage des Parlamentes zu vergeben sowie Projektmanagement zu betreiben. Die im Ausschuß für Forschung und Technologie eingebrachte modifizierte Fassung erwies sich jedoch als nicht mehrheitsfähig.³

Der erste auf Konsens beruhende Beschluß der SPD, FDP und CDU/CSU-Fraktion des Ausschusses für Forschung und Technologie im Juni 1978, der die Bildung einer Arbeitsgruppe „*Technologiefolgenabschätzung*“ beim Präsidenten des Deutschen Bundestages befürwortet, scheiterte am 18. Oktober 1978 an den Stimmen der Regierungskoalition des Haushaltsausschusses.⁴

Immerhin teilte der Präsident des Bundestages am 28. Juni 1979 dem Ausschuß für Forschung und Technologie mit, „daß das BT-Präsidium zwar die Notwendigkeit verbesserter Kontrollmöglichkeiten der Technikentwicklung anerkenne, eine Ansiedlung einer Arbeitsgruppe „*Technologiefolgenabschätzung*“ beim BT-Präsidium aber als nicht sinnvoll ansehe.“⁵

Die 9. Legislaturperiode (1980-1983):

Am 29. Juli 1981 unternahm die CDU/CSU-Fraktion einen erneuten Versuch und stellte einen Antrag zur „*Verbesserung der technikbezogenen Beratungskapazität des Deutschen Bundestages zur Bewertung technologischer Forschungsprogramme und Vorbereitung der Entscheidung über technologische*

¹ Vgl. ZWECK, A. 1993, S. 30

² Vgl. v. THIENEN, V. 1986, S. 302f.; vgl. BARON, W. 1995, S. 107f.

³ Vgl. ZWECK, A. 1993, S. 31

⁴ Vgl. von THIENEN, V., 1986, S. 303; vgl. BUGL, J; MAI, M. 1994, S. 18

⁵ von THIENEN, V. 1986, S. 303

Probleme“,¹ der ebenfalls vom Haushaltsausschuß abgelehnt wurde. Dieser Antrag beschränkte sich nicht ausschließlich auf die Politikberatung, sondern es sollte mittels dieses Vorschlages institutionell eine Lenkungsgruppe, bestehend aus Parlamentariern des Ausschusses für Forschung und Technologie sowie Mitgliedern des Haushaltsausschusses, eingerichtet werden, „die neben der Kontrolle der staatlichen Technikförderung u.a. Trends der technischen Entwicklung beobachten, wissenschaftliches Material für technologiepolitische Entscheidungen aufbereiten und Problemlösungsalternativen entwickeln sollte.“²

In den Monaten vor dem Regierungswechsel 1982³ begann sich allmählich die dezidierte ablehnende Haltung der regierenden SPD- und FDP-Koalition gegenüber einer Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung zu lockern.

Die SPD beantragte am 20. Oktober 1982 (aus der Opposition heraus) im Forschungs- und Technologieausschuß, den von der CDU / CSU am 29. Juli 1981 gestellten Antrag, den sie vorher im Haushaltsausschuß hatte scheitern lassen, anzunehmen. Dazu war allerdings die CDU / CSU nun nicht mehr bereit. Es wurde aber am 1. Dezember 1982 von allen Fraktionen gemeinsam der Beschluß gefaßt, vom wissenschaftlichen Dienst des Deutschen Bundestages Vorschläge für die Verbesserung der Beratungsmöglichkeiten des Parlaments hinsichtlich der Bewertung von Technik entwerfen zu lassen.⁴

Die 10. Legislaturperiode (1983-1986):

Am 8. Dezember 1983 stellte die sich in der Opposition befindende SPD-Fraktion beim Ausschuß für Forschung und Technologie einen Antrag auf die Bildung eines Unterausschusses „*Technikanalyse und -bewertung*“. In diesem Antrag wurden erstmals partizipative Elemente hinsichtlich einer TA-Institutionalisierung aufgegriffen. Demnach sollte die wichtigste „Funktion des Unterausschusses [...] die Organisation und Koordination von Information / Dokumentation über Technikanalyse und -bewertung [...], die Herstellung und Unterstützung des Dialogs mit Betroffenen und Interessengruppen, die Darstellung von technischem Entwicklungsstand und Alternativen sowie die Erarbeitung von Bewertungskriterien technischer Entwicklungen sein.“⁵

Einen ähnlichen Antrag stellte die Fraktion der GRÜNEN im Juni 1984 und forderte, daß dieser Unterausschuß mit Mitteln in einem Volumen von 5 % aller Entwicklungsförderungsprogramme der Bundesregierung gefördert werden sollte. Gleichzeitig stellten die GRÜNEN als erste Fraktion überhaupt die Forderung

¹ Bundestagsdrucksache 9/701

² von THIENEN, V. 1986, S. 304

³ Im Oktober 1982 schied die FDP aus der mit der SPD eingegangenen Regierungskoalition aus, und ein Mißtrauensvotum gegen den damaligen Bundeskanzler H. SCHMIDT hatte die Neubildung einer Regierung aus der CDU / CSU und FDP zur Folge.

⁴ Vgl. BUGL, J.; MAI, M. 1994, S. 18ff.; vgl. von THIENEN, V. 1986, S. 305

⁵ BÖHRET, C.; FRANZ, P. 1990, S. 128

nach einer bundestags-externen TA-Einrichtung, bzw. einer „*Stiftung Technikfolgenabschätzung*“.¹

Dieser Antrag enthält ebenfalls partizipative Vorschläge, denn ein „Kuratorium der Stiftung soll mehrheitlich mit Vertretern der Gewerkschaften, der Verbraucherschutzverbände, der Bürgerinitiativen, der Naturschutz- und Ökologiegruppen besetzt werden; die restliche Anzahl der Mitglieder soll sich aus Vertretern der Parlamente (Bund, Länder) und der Bundesregierung zusammensetzen“.²

Nach intensiven Beratungen über verschiedene Vorschläge wurde am 17. Oktober 1984 im Forschungs- und Technologie-Ausschuß von allen Fraktionen Konsens erzielt, eine Enquete-Kommission „*Technikfolgenabschätzung und -bewertung*“ einzurichten. Grundsätzliche Aufgabe dieser Kommission sollte es sein, den Informations- und Wissensstand (über Auswirkungen von Technologien) des Parlamentes über vorher ausgewählte technische Entwicklungen zu verbessern und darüber hinaus alternative Entwicklungslinien zu erarbeiten bzw. aufzuzeigen.

Als Begründung, eine Enquete-Kommission ins Leben zu rufen, wurde von der CDU/CSU, FDP und den GRÜNEN folgendes angeführt:

„Die zunehmenden Aufgaben und Aktivitäten der Bundesregierung im Bereich der Forschungs- und Technologiepolitik und eine der Bundesregierung nahezu unbegrenzt zur Verfügung stehende Zahl von Gutachten stellen an die parlamentarische Diskussion - aber auch Kontrolle - Anforderungen, die mit den dem Parlament zur Verfügung stehenden Verfahren und Einrichtungen nicht mehr hinreichend und angemessen erfüllt werden können.“³

Bevor jedoch eine solche Kommission einzurichten ist, sollte ein Anforderungskatalog mit den am dringlichsten zu analysierenden Technologien erstellt werden.⁴

In einem gesonderten Antrag⁵ wurde von der SPD-Fraktion die Einrichtung einer Enquete-Kommission „*Gestaltung der technischen Entwicklung; Technikfolgenabschätzung und -bewertung*“ gefordert, der sich zwar an den interfraktionellen Antrag anlehnte, jedoch die Auswirkungen neuer Technologien auf die Arbeitswelt explizit behandelt sehen wollte. In den anschließenden Ausschußberatungen wurde von allen beteiligten Fraktionen großes Interesse bekundet, zu einem konsensfähigen Antrag zu gelangen, der dann schließlich am 17. Januar 1985 nach interfraktionellen Gesprächen Zustimmung fand. Am 27. Februar 1985⁶ empfahl der Ausschuß für Forschung und Technologie die

¹ Vgl. BUGL, J.; MAL, M. 1994, S. 19; vgl. von THIENEN, V. 1986, S. 305; vgl. BARON, W. 1995, S. 109ff.

² BÖHRET, C.; FRANZ, P. 1990, S. 129

³ Deutscher Bundestag (Hrsg.), S. 3, zitiert nach: HEPPNER, A. 1989, S. 23

⁴ Vgl. von THIENEN, V. 1986, S. 305f; vgl. BARON, W. 1995, S. 110f; vgl. ZWECK, A. 1993, S. 32f.

⁵ Bundestagsdrucksache 10/2517

⁶ Bundestagsdrucksache 10/2937

Einrichtung einer Enquete-Kommission „*Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung*“. Dieser Empfehlung folgte der Bundestag am 14. März 1985 einstimmig, so daß sich die Enquete-Kommission am 13. Mai 1985 konstituieren konnte.¹

WELZ äußert sich zum Entschluß des Bundestages zur Einrichtung der Enquete-Kommission folgendermaßen:

„Mit der Einrichtung einer Enquete-Kommission hatte man also eine institutionelle „Lösung auf Zeit“ gewählt, mit der die Notwendigkeit von Technologiefolgen-Abschätzung im parlamentarischen Willensbildungs- und Entscheidungsprozeß anerkannt wurde, ohne sich zugleich langfristig festlegen zu müssen, ob und in welcher organisatorischen Form ihre Einbindung in die parlamentarischen Arbeitsstrukturen erfolgen solle. Denn Enquete-Kommissionen sind keine Dauereinrichtungen.“²

Mit der Einberufung einer Enquete-Kommission sollen zwar in der Regel gesetzgeberische Entscheidungen für den Bundestag vorbereitet bzw. Schwachstellen aufgedeckt und Reformvorschläge vorgelegt werden, aber eine solche Enquete-Kommission löst sich nach der Vorlage ihres Berichtes auf, bzw. ist maximal auf eine Legislaturperiode beschränkt. Über die Weiterführung der Arbeit der Enquete-Kommission muß dann der jeweilige neugewählte Bundestag entscheiden. „Ein weiterer Vorteil der „Kommissionlösung“ mag aus der Sicht der Abgeordneten auch darin bestanden haben, daß die von Enquete-Kommissionen vorgelegten Berichte keine Bindewirkung besitzen und nicht in politische Entscheidungen umgesetzt werden müssen. Dieser Aspekt dürfte vor allem für die damalige Regierungskoalition eine Rolle gespielt haben, als sie der Einsetzung der Enquete-Kommission „Technikfolgenabschätzung“ zustimmte.“³

4.3.2 Die Enquete-Kommissionen (Ende 9. bis 11. Legislaturperiode)

Die erste Enquete-Kommission

Als die erste eingesetzte Enquete-Kommission „*Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung*“ ihre Arbeit im Mai 1985 aufnahm, hatte sie gemäß des Beschlusses des Deutschen Bundestages vom 14. März 1985 folgende in der *Abb. 1* aufgeführten Aufgaben zu erfüllen.

¹ Vgl. von THIENEN, V. 1986, S. 306

² WELZ, W. 1988, S. 394

³ WELZ, W. 1988, S. 394

Enquete-Kommission
Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen
Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung
im 10. Deutschen Bundestag

Ziel:

Die Kommission sollte anhand von Fallbeispielen zeigen, wie im Deutschen Bundestag eine Verbesserung des Informations- und Wissensstandes über wesentliche technische Entwicklungslinien, für die Zukunft ein politischer Beratungs- und Entscheidungsbedarf besteht, herbeigeführt werden kann.

In diesem Zusammenhang sollte sich die Kommission gemäß ihres Auftrages (Bundestagsdrucksache 10/5844) insbesondere mit den Auswirkungen der technischen Entwicklungen auf

- die Struktur und Weiterentwicklung der deutschen Wirtschaft unter Berücksichtigung ihrer Folgen auf die natürliche Umwelt,
- die quantitative und qualitative Veränderung der Beschäftigungsstruktur sowie der Arbeitsplätze,
- die demokratischen und sozialen Strukturen innerhalb und außerhalb der Arbeitswelt sowie der Lebens- und Arbeitsbedingungen insgesamt

auseinandersetzen und dem Deutschen Bundestag über das Ergebnis ihrer Beratungen berichten.

Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob und gegebenenfalls in welcher Form Technikfolgenabschätzung im Deutschen Bundestag institutionalisiert werden kann.

Die Institution sollte folgende Aufgaben erfüllen:

- wissenschaftlich-technische Erkenntnisse dem Parlament zugänglich machen
- Vorbereitung von parlamentarischen Entscheidungen
- Förderung der Kontrollfunktion des Parlaments
- Anregung eines öffentlichen Dialogs über wissenschaftlich-technische Entwicklungen

Fallbeispiele:

Gemäß ihres Auftrages (Auswirkungen des technisch-wissenschaftlichen Fortschrittes anhand von Einzeltechnologien zu untersuchen) beschloß die Kommission, sich folgenden Themen auf der Grundlage von Technikfolgenabschätzung zu widmen:

1. Chancen und Risiken von Expertensystemen in Produktion, Verwaltung, Handwerk und Medizin¹
2. Möglichkeiten und Grenzen beim Aufbau nachwachsender Rohstoffe für Energieerzeugung und chemische Industrie²
3. Alternativen landwirtschaftlicher Produktionsweisen und deren Einfluß auf den Naturhaushalt³

Abb.1 Enquete- Kommission Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen im 10. Deutschen Bundestag (verändert aus: BUGL, J. 1994, S.257)

¹ Die Kommission vergab hierzu eine Studie an das Batelle-Institut e.V. in Frankfurt am Main. Es liegt ein Abschlußbericht der Kommission in Form einer Bundestagsdrucksache (11/7990) vor.

² Hierzu wurde ein Auftrag zu einer Studie an die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig vergeben. Der Bericht darüber liegt als Bundestagsdrucksache (11/7992) vor.

³ Auch hier liegt eine Bericht der Kommission als Bundestagsdrucksache (11/7991) vor, der sich auf eine Studie des Instituts für Systemforschung e.V. in Hannover stützt.

Institutionalisierungsvorschlag der 1. Enquete-Kommission

Nach intensiven Diskussionen entschied sich die Enquete-Kommission, dem Bundestag eine *bundestagsinterne Einrichtung* für die Technikfolgenabschätzung und -bewertung vorzuschlagen. Diesem Modell stand eine *bundestagsexterne Lösung* gegenüber, bei der die Institution außerhalb der Bundesverwaltungsstruktur angesiedelt werden sollte.

Die Enquete-Kommission begründete ihre Wahl für die bundestagsinterne Einrichtung folgendermaßen: „Deren Nähe zum Parlament und die damit verbundenen Vorteile bei der Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse in den parlamentarischen Raum lassen die Lösung geeigneter erscheinen, den Anforderungen des Deutschen Bundestages gerecht zu werden. Da es keine außerhalb des Geschäftsbereichs des Deutschen Bundestages stehende, selbständige und rechtsfähige Einrichtung gibt, die eine ähnliche intensive Anbindung an parlamentarische Verfahren erreichen kann, hat sich die Enquete-Kommission entschieden, eine bundestagsinterne Einrichtung für die Technikfolgen-Abschätzung und Bewertung vorzuschlagen. Sie ist aber der Meinung, daß die Argumente für eine externe Lösung so gewichtig sind, daß die Diskussion um eine solche zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgegriffen werden sollte.“¹

Am 14. Juli 1986 legte die Enquete-Kommission gemäß ihres Arbeitsauftrages dem Deutschen Bundestag einen Vorschlag unter dem Titel „*Institutionalisierung einer Beratungskapazität für Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung beim Deutschen Bundestag*“² zur Einrichtung einer ständigen Institution (Beratungskapazität) zur Technikfolgenabschätzung vor.

Die Kommission begründete eine parlamentarische TA-Einrichtung mit einem gesamtparlamentarischen Bedarf an technikbezogenen Beratungs- und Informationskapazitäten. Der bereits an anderer Stelle beschriebene „Kontrollgedanke“, der in anfänglichen TA-Diskussionen eine wesentliche Rolle spielte, trat eher in den Hintergrund. WELZ weist darauf hin, daß „der gesamtparlamentarische Beratungsbedarf - unter Ausklammerung des Kontrollgedankens - deshalb so stark hervorgehoben wurde, um mögliche Widerstände der Regierungsfraktion von vornherein zu vermeiden.“³

Die für das Parlament vorgesehene *permanente Beratungskapazität* sollte sich in Form einer *Kommission zur Abschätzung und Bewertung von Technikfolgen* sowie einer *ständigen wissenschaftlichen Einheit* als Organisationseinheit der Verwaltung des Deutschen Bundestages zusammensetzen.⁴

Nach der Vorstellung der ersten Enquete-Kommission sollte die aus Parlamentariern und Sachverständigen zusammengesetzte *Kommission zur*

¹ Bundestagsdrucksache 10/5844

² Bundestagsdrucksache 10/5844

³ WELZ; W. 1988; S. 397

⁴ Vgl. BUGL, J. 1994, S. 258f.; vgl. auch VON WESTPHALEN, R. 1990, S. 112

Abschätzung und Bewertung von Technikfolgen zu Beginn jeder Legislaturperiode berufen werden und eine begrenzte Anzahl von Studien zur Technikfolgenabschätzung benennen. Die der Kommission zugeordneten ständigen, d.h. legislaturperiodenübergreifende „wissenschaftliche Einheit“ sollte Untersuchungen zur Technikfolgenabschätzung an Forschungsinstitutionen vergeben und diese in ihrer Durchführung begleiten. „Ihre eigentliche Leistung wird darin gesehen, die Ergebnisse der TA-Prozesse parlamentsbezogen aufzubereiten und den Transfer technikbezogener Erkenntnisse innerhalb der ausgewählten Problembereiche in das Parlament sicherzustellen.“¹ Projektspezifische Beiräte, die sowohl aus Parlamentariern als auch aus Vertretern relevanter und betroffener gesellschaftlicher Gruppen bestehen, sollten zur Stärkung der Transparenz eingesetzt werden.²

Im Gegensatz zu den traditionellen Ansätzen der Technikfolgenabschätzung, die zumeist die wissenschaftliche Analyse in den Mittelpunkt stellen, sah die erste Enquete-Kommission in ihrem Vorschlag auf der einen Seite ein Zusammenkommen von wissenschaftlich-analytischen Verfahren und auf der anderen Seite eine kontinuierliche Kommunikation, in der Wissenschaftler, Experten und Politiker auf der Basis möglichst umfassender Informationen gemeinsam versuchen, die Voraussetzungen, die Folgen, die Chancen und die Risiken einer Technik zu analysieren und zu bewerten und Handlungsoptionen abzuleiten. Insofern ist die „Technikfolgenabschätzung auch als *Frühwarnsystem* zu begreifen, welches den in der Verantwortung stehenden Entscheidungsträgern rechtzeitig die politischen und gesellschaftlichen Problemdimensionen technikbezogener Entwicklungstrends anzeigen soll.“³

Bei dem Organisationsvorschlag der ersten Enquete-Kommission handelt es sich um ein Modell *pragmatischer Politikberatung* mit enger Kooperation von Wissenschaft und Politik. Die Mitglieder der Kommission sollten nicht nur *für* das Parlament, sondern auch, verbunden mit moderaten, aber deutlich partizipatorischen Elementen, *beim* Parlament arbeiten.⁴

Zur Problematik des Organisationsvorschlages der ersten Enquete-Kommission

Während zunächst eine ablehnende Haltung gegenüber des Organisationsvorschlages aus den Reihen des Parlaments nicht erkennbar war, kristallisierte sich im Verlauf der Plenardebatte, als es um die konkrete Zukunft der Arbeit des „neuen Organs“ ging, eine eher reservierte Haltung bei den Parlamentarier heraus. Denn: Mit der institutionalisierten Technikfolgenabschätzung sollte ein in Zukunft permanent arbeitendes Organ *innerhalb* des Deutschen Bundestages mit spezifischen Rechten geschaffen werden. Zur Einlösung dieses Vorschlages wäre eine Änderung der

¹ BUGL, J. 1994, S. 259

² Vgl. BUGL, J. 1994, S. 258f; vgl. auch von WESTPHALEN, R. 1990, S. 113; PETERMANN, T. 1992, S. 217

³ BUGL, J. 1994, S. 259; vgl. auch BUGL, J. 1989, S. 93; BUGL, J.; MAI, M. 1994 S. 21

⁴ PETERMANN, TH. 1994, S. 100

Geschäftsordnung¹ des Deutschen Bundestages erforderlich gewesen. Dieser Aspekt förderte nicht gerade die Akzeptanz des Enquete-Vorschlages im Parlament.

Aber auch „die Integration von Nicht-Parlamentariern in ein neues Organ des Deutschen Bundestages und die gleichzeitige Ausstattung dieses Organs mit bestimmten Kompetenzen widerstrebte dem politischen Anspruchsdenken von Fraktionen und Ausschüssen.“²

Da nach Ablauf der Aufbauphase des Organs jährlich ca. 10 Mio. DM Haushaltsmittel für die Durchführung veranschlagt wurden, traten neben verfassungsrechtlichen und verfassungspolitischen auch finanzielle Bedenken auf.

Darüber hinaus kamen neben den innerparlamentarischen Widerständen außerparlamentarische Einwände von Seiten der deutschen Wirtschaft auf. Die Sorge³ der Deutschen Industrie bzw. des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) hinsichtlich der partizipativen Bestrebungen ist dem Brief des Präsidenten des BDI an den Bundestagspräsidenten zu entnehmen:

„Die jetzt von der Kommission unterbreiteten Vorschläge werden nach unserer Auffassung den Erfordernissen einer besseren Information und Beratung der Legislative über die Folgen neuer Techniken nicht gerecht. Insbesondere das vorgesehene Lenkungsgremium aus Parlamentariern und Vertretern der gesellschaftlich relevanter Gruppen droht, die Grenzen zwischen wissenschaftlicher Politikberatung, Interessenartikulation gesellschaftlicher Gruppen sowie politischer Bewertungs- und Entscheidungsverantwortung zu verwischen. Das Modell einer „partizipativen“ Technikfolgenabschätzung erhöht die Gefahr, daß sich über den Weg der Technikfolgenabschätzung ein System gesamtgesellschaftlicher Mitbestimmung entwickelt.“⁴

Am Ende der 10. Legislaturperiode löste sich die einberufene Enquete-Kommission auf; der von dieser Kommission vorgelegte Vorschlag zur Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung wurde in derselben Legislaturperiode vom Deutschen Bundestag abgelehnt.

¹ Die Geschäftsordnung unterliegt der „Diskontinuität“ und verliert mit dem Ablauf der jeweiligen Legislaturperiode ihre Geltung, so daß über die Weiterführung der Arbeit einer eingerichteten Organisationseinheit der jeweilig gewählte Bundestag erneut zu entscheiden hat. Nähere Ausführungen zur Geschäftsordnung siehe: WELZ;W. 1988; S. 397ff.

² PETERMANN, T. 1994, S. 104

³ Es wurden neben den folgenden beschriebenen Befürchtungen ordnungspolitische Bedenken („bürokratischer Überwachungsstaat“) kundgetan, desweiteren die Sorge, Technikfolgenabschätzung könnte zur Technikhemmung werden.

⁴ Abgedruckt in: NASCHOLD, F. 1990, S. 177

Die zweite Enquete-Kommission

In der 11. Legislaturperiode wurde nach einigen Diskussionen am 5. November 1987 eine zweite Enquete-Kommission ins Leben gerufen, die sich erneut mit Fragen zur Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung beschäftigte.

Die partizipativen Vorschläge der ersten Enquete-Kommission wurden zwar von der zweiten Enquete-Kommission aufgegriffen, jedoch eher marginalisiert bzw. teilweise wieder zurückgenommen.¹

Da die Mitglieder der zweiten Enquete-Kommission keinen Konsens bezüglich eines Institutionalisierungsvorschlages fanden, legte die Kommission dem Deutschen Bundestag lediglich die von den einzelnen Fraktionen ausgearbeiteten Empfehlungen vor.²

- (1) Der Vorschlag der CDU/CSU und FDP beinhaltete die Übergabe des Aufgabenfeldes der Technikfolgenabschätzung (Initiierung und politische Steuerung von Technikfolgenabschätzung) an den *Bundestagsausschuß für Forschung und Technologie*. Der *Bundestagsausschuß für Forschung und Technologie* sollte entsprechend umbenannt werden in *Ausschuß für Forschung und Technologie und Technikfolgenabschätzung* (FTTA). Mit der wissenschaftlichen Durchführung von Studien zur Technikfolgenabschätzung sollte eine wissenschaftliche Institution *außerhalb* des Parlaments beauftragt werden, die diese Aufgabe in eigener Verantwortung und Selbständigkeit durchführen sollte.
- (2) Die SPD favorisierte die Einsetzung eines „*Ausschusses für parlamentarische Technikberatung*“ sowie eine innerhalb des Deutschen Bundestages angegliederte Institution (wissenschaftliche Einrichtung bzw. Einheit bestehend aus ca. 15 Mitarbeitern). Der Ausschuß als auch die wissenschaftliche Einrichtung sollte durch ein Kuratorium, welches vom Bundestag einzuberufen ist, beratend unterstützt werden.
- (3) Der Vorschlag der GRÜNEN sah vor, beim Präsidium des Deutschen Bundestages eine permanente Beratungsinstitution anzugliedern, die sich u.a. mit der Vergabe von „TA-Studien“ an eine noch einzurichtende „TA-Stiftung“ beschäftigen sollte. Die Leitung dieser Stiftung sollte sich aus Abgeordneten, Experten und gesellschaftlichen Gruppen zusammensetzen. Diese Stiftung wirkt wiederum mit einer wissenschaftlichen Einrichtung zusammen, wobei die Einrichtung „TA-Studien“ begleitet und parlamentsorientiert aufbereitet.

¹ Vgl. PETERMANN, T. 1994, S. 102

² Bundestagsdrucksache 11/4606; zu den Vorschlägen der Parteien siehe: *Bundestagsdrucksache* 11/4794; 11/5489 (CDU / CSU und FDP); *Bundestagsdrucksache* 11/4377 (SPD); *Bundestagsdrucksache* 11/4832 (Die GRÜNEN)

Am 16. November 1989 wurde im Deutschen Bundestages zugunsten des von der CDU/CSU, FDP eingebrachten Vorschlages entschieden. Eingereichte Änderungsanträge von Seiten der SPD und der GRÜNEN wurden abgelehnt.¹

4.4 Das Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB)²

Als der neu benannte *Ausschuß für Forschung und Technologie und Technikfolgenabschätzung (FTTA)*³ seine Arbeit aufnahm, galt es zunächst, eine externe wissenschaftliche Einrichtung zu finden, die im Dienste des Deutschen Bundestages in eigener Verantwortung und Selbständigkeit Technikfolgenabschätzung durchzuführen hat. Nach einem öffentlichen Ausschreibungsverfahren traf die Wahl auf die *Abteilung für angewandte Systemanalyse (AFAS)* des Kernforschungszentrums in Karlsruhe (KfK) (jetzt: Forschungszentrum Karlsruhe), die ferner am 14. März 1990 mit dem Aufbau eines *Büros für Technikfolgenabschätzung (TAB)* beauftragt wurde.⁴

Als eine besondere organisatorische Einheit der *Abteilung für angewandte Systemanalyse* [jetzt: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)] wurde das *Büro für Technikfolgenabschätzung* für eine dreijährige Probephase eingerichtet. Nach vorherigen Anhörungen der einzelnen Fraktionen, die gegenüber der bisherigen Arbeit des *Büros für Technikfolgenabschätzung* positiv eingestellt waren, wurde am 4. März 1993 die ständige Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung einstimmig im Bundestag beschlossen.

In dem Bericht des Ausschusses für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung vom 22.01.1993 heißt es zur Begründung der Einrichtung eines Büros für Technikfolgenabschätzung: „Der Deutsche Bundestag benötigt geeignete Beratungskapazitäten, um seiner Verantwortung und Aufgabe als Gesetzgeber und Kontrollorgan gegenüber der Bundesregierung gerecht zu werden. Selbständig muß er die Folgen seiner Beschlüsse und die Folgen der Regierungsentscheidungen vor dem Hintergrund des wissenschaftlich-technischen Fortschritts durch sorgfältige Untersuchungen abschätzen können. Die vielfältigen Auswirkungen technischer Entwicklungen und Neuerungen beeinflussen ihrerseits in zunehmendem und entscheidendem Maße den Spielraum der gesellschaftlichen Entwicklung und die Gestaltungsmöglichkeiten in allen Politikbereichen. Politische Entscheidungsnotwendigkeiten muß der deutsche Bundestag frühzeitig erkennen können.“⁵

¹ Zu den Änderungsanträgen der SPD siehe Bundestagsdrucksache 11/5595, zum Änderungsantrag der GRÜNEN siehe Bundestagsdrucksache 11/5608

² Ein Organigramm (Abb. 2) soll die in diesem und im folgenden Kapitel dargestellte Aufbau- und Ablauforganisation der institutionalisierten Technikfolgenabschätzung veranschaulichen.

³ Der *Ausschuß für Forschung und Technologie und Technikfolgenabschätzung (FTTA)* wurde später umbenannt in *Ausschuß für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung* und trägt heute die Bezeichnung *Ausschuß für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (BFTA)*.

⁴ Vgl. PETERMANN, Th. 1994, S. 102

⁵ Bundestagsdrucksache 12/4193, S. 3

Das *Büro für Technikfolgenabschätzung* wird am 14. März 1993 umbenannt in *Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag* (TAB). Die *Abteilung für angewandte Systemanalyse* des Forschungszentrums in Karlsruhe, die das *Büro für Technikfolgenabschätzung* bereits in der Pilotphase betrieben hatte, wird für weitere fünf Jahre (1993-1998) mit der Durchführung von Technikfolgenabschätzungen betraut.¹ Im Juli 1998 wurden Verträge geschlossen, die die Weiterführung der Arbeit bis zum 31.08.2003 sicherstellen. Diese Verträge wurden bis zum Jahre 2008 verlängert.

Am 30. Juni 1995 erhält die *Abteilung für angewandte Systemanalyse* die Bezeichnung *Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse* (ITAS), so daß das *Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag* nun als eine besondere organisatorische Einheit (in Berlin) des ITAS betrieben wird. Das *Büro für Technikfolgenabschätzung* ist zwar beim Deutschen Bundestag angesiedelt, ist jedoch kein Bestandteil der Verwaltung des Bundestages. D.h. das Büro bewahrt seine Unabhängigkeit als besondere organisatorische Einheit des *Institutes für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse*. Die Festlegung der zu bearbeitenden Aufgabenstellung des TAB obliegt dem BFTA, ihm allein ist das TAB für die Ergebnisse seiner Arbeit verantwortlich. Ferner entscheidet der BFTA über die Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse. Leiter und Mitarbeiter des TAB unterliegen keinerlei fachlichen Weisungen des Forschungszentrums Karlsruhe.

Daß beim Deutschen Bundestag keine eigene Einrichtung zur Technikfolgenabschätzung eingerichtet wurde, wird damit begründet, keine neue Bürokratie aufzubauen. Mittels der externen renommierten Einrichtungen (ITAS und TAB) soll einer Politisierung entgegengewirkt werden. Auch soll mit diesen externen Einrichtungen sichergestellt werden, daß die Studien zur Technikfolgenabschätzung den wissenschaftlichen Ansprüchen genügen, um letztendlich der Kritik aus Wissenschaft und Interessenverbänden standzuhalten.²

Das *Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse* (ITAS) beschäftigt sich mit Untersuchungen im Hinblick auf die Einführungsbedingungen, den Nutzungs- und Folgedimensionen von Technik, wobei die Adressaten dieser Arbeit unter anderem das *Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie* (BMBF) sowie andere Ministerien, die EU-Kommission, das Statistische Bundesamt, das Umweltbundesamt und Projektorganisationen des Forschungszentrums Karlsruhe sind. Die dem ITAS angegliederte *Informationsstelle Umweltforschung* unterstützt das BMBF im Bereich der Forschungsplanung und -koordinierung, so daß das ITAS gleichzeitig einen Überblick im Umweltbereich als auch umweltpolitische Informationen erhält.³

¹ TAB-Brief 9, 1995, S. 4

² CATENHUSEN, W.-M. 1994, S. 285

³ TAB, Februar 1996, S. 3.f.

4.4.1 Organisation des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestages (TAB)¹

Das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), das in strikter Orientierung für den (Informations-) Bedarf des Deutschen Bundestages arbeitet, erhält seine Arbeitsaufträge vom „Ausschuß für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung“ (BFTA; *siehe Abb.2*). Das BFTA entscheidet über die Arbeitsschwerpunkte des TAB, wobei von einer bzw. von mehreren Fraktionen Anträge zur Durchführung von TA-Prozessen beim BFTA-Ausschuß oder eines anderen Fachausschusses des Deutschen Bundestages gestellt werden können.

Das TAB berichtet dem BFTA-Ausschuß nicht nur über die eigenen Ergebnisse² bereits durchgeführter TA-Prozesse bzw. denen aus dem Inland, sondern sowohl über solche, die von Einrichtungen ausländischer Parlamente durchgeführt wurden, als auch über potentielle parlamentsrelevante Themen zur Technikfolgenabschätzung. Die Zusammenarbeit zwischen dem BFTA-Ausschuß, TAB, der Verwaltung des Deutschen Bundestages sowie den Abgeordneten wird durch das Sekretariat des BFTA organisiert und unterstützt.³

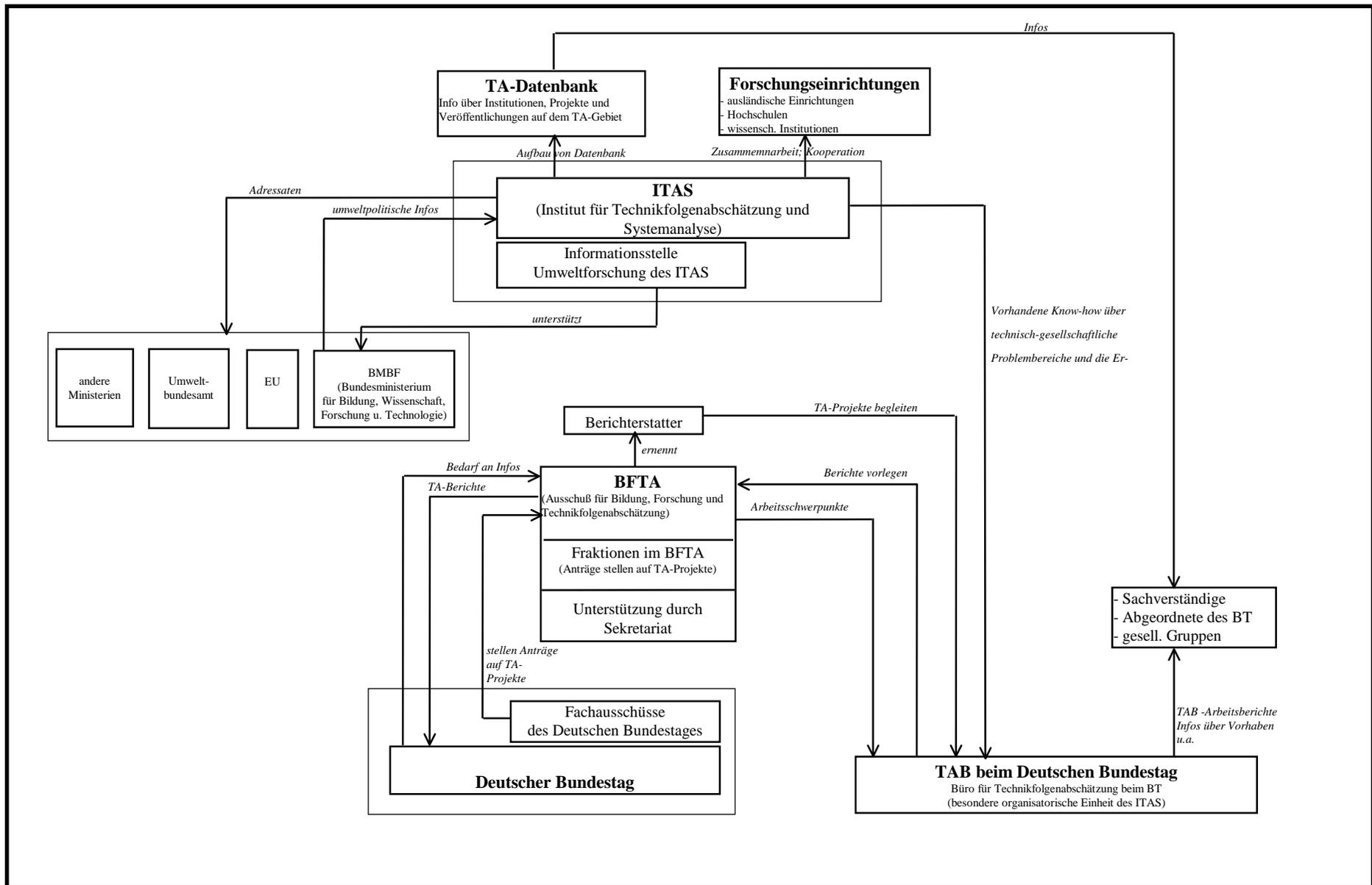
Berichterstatter, die von den Fraktionen im BFTA-Ausschuß benannt wurden, begleiten, koordinieren und lenken einzelne Projekte zur Technikfolgenabschätzung und helfen bei der Integration der Ergebnisse in die Arbeit der Ausschüsse. Desweiteren tragen die Berichterstatter dafür Sorge, „daß das Konzept und die zu bearbeiteten Fragen stets am Bedarf des Auftraggebers orientiert bleiben.“⁴

¹ Vgl. hierzu: TAB, September 2001

² Alle Arbeitsergebnisse stehen in der Regel der Öffentlichkeit zur Verfügung und sind auf Anfrage beim TAB erhältlich.

³ TAB, September 2001, S. 15

⁴ TAB-Brief 9, Februar 1995, S. 3; vgl. auch den TAB-Arbeitsbericht Nr. 72 vom Oktober 2001, S.11



4.4.2 Ziele und Aufgabenbereiche des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag

Das TAB hat die Aufgabe, die Arbeitsergebnisse einer Technikfolgenabschätzung für das Parlament aufzubereiten, und es ist verantwortlich für die „Organisation und Durchführung von Kommunikationsprozessen (z.B. Workshops) zwischen Abgeordneten des Bundestages, externen Gutachtern und sonstigen Sachverständigen sowie gesellschaftlichen Gruppen.“¹

Das Arbeitsgebiet des *Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag* umfaßt Untersuchungen über:²

- die **Potentiale** neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen und die damit verbundenen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen **Chancen**,
- die rechtlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen **Rahmenbedingungen** der Realisierung und Umsetzung wissenschaftlich-technischer Entwicklungen sowie
- die potentiellen **Auswirkungen** der zukünftigen Nutzung neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen. Dabei werden Möglichkeiten für eine strategische Nutzung der Chancen des Technikeinsatzes und die Vermeidung oder Abmilderung seiner Risiken aufgezeigt. Auf dieser Grundlage sind dann alternative Handlungs- und Gestaltungsoptionen für politische Entscheidungen zu entwickeln.

Zu den Aufgabenbereichen des TAB zählen die Arbeitsbereiche *TA-Projekte, Monitoring, Methoden und Konzepte*.

TA-Projekte:

In dem Zeitraum von 1991 bis zum Mai 2002 wurden beispielsweise folgende Vorhaben³ vom „Ausschuß für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung“ (BFTA) beschlossen und durch ein interdisziplinäres Team bestehend aus Natur-, Sozial-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaftlern (innen) vom TAB für den Deutschen Bundestag durchgeführt, abgeschlossen und die Ergebnisse der Projekte parlamentsorientiert aufbereitet.⁴

- *Grundwasserschutz und Wasserversorgung*
- *Hausmüllentsorgung und Müllvermeidung*
- *Brennstoffzellentechnologie*
- *Klonen von Tieren*

¹ TAB, September 2001, S. 7

² Vgl. TAB, September 2001, S. 5f.

³ Als TAB-Arbeitberichte beim Büro für Technikfolgen-Abschätzung erhältlich.

⁴ Die Analysen sollen die Implikationen des Technikeinsatzes unter technischen, ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekten herausstellen.

- *Europäische Normung*
- *Neue Medien und Kultur*
- *Risiken bei einem verstärkten Wasserstoffeinsatz*
- *Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes*
- *Biologische Sicherheit bei der Nutzung der Gentechnik*
- *Biotechnologie und Entwicklungsländer*
- *Raumtransportsystem „SÄNGER“¹*
- *Gentechnik, Züchtung und Biodiversität*
- *Neue Werkstoffe*
- *Neue Materialien zur Energieeinsparung und Energiewandlung*
- *Entwicklung und Folgen des Tourismus*
- *Multimedia*
- *Umwelt und Gesundheit*
- *Kontrollkriterien für Bewertungen und Entscheidungen bezüglich neuer Technologien im Rüstungsbereich*
- *Forschungs - und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung*

Die beiden Studien „Raumtransportsystem SÄNGER“ und „Risiken bei einem verstärkten Wasserstoffeinsatz“, die in der dreijährigen Probephase des Büro für Technikfolgenabschätzung fertiggestellt wurden, waren u.a. Grund dafür, daß der Bundestag sich für eine ständige Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung aussprach. Die Studien überzeugten fachlich, gingen in die parlamentarischen Beratungen ein und führten sogar im Fall SÄNGER zu einem Beschluß des Bundestages. Das SÄNGER-Projekt wurde aufgegeben², Projekte zur Hyperschalltechnologie sollen jedoch in internationaler Kooperation erweitert werden.³

Seit 1999 (Stand April 2002) hat das Büro für Technikfolgenabschätzung dem Deutschen Bundestag mehr als 70 Berichte zu durchgeführten Projekten und anderen Aktivitäten vorgelegt. Ferner wird die Arbeit des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag von allen im Bundestag

¹ Das Projekt SÄNGER wurde benannt nach dem 1964 verstorbenen deutschen Flug- und Raumfahrtgenieur Eugen Sänger. Bei dem Konzept SÄNGER (Hyperschalltechnologie-Programm) handelt es sich um ein bemanntes, zweistufiges, horizontal startendes und landendes, wiederverwendbares Raumtransportsystem. Es soll in der Lage sein von Europa in den Weltraum zu starten und von dort wieder nach Europa zurückzukehren. Herkömmliche Raumtransportsysteme starten und landen senkrecht und zeichnen sich durch Wegwerfraketen aus, die meist mehrstufig sind. Mit dem SÄNGER-Projekt sollen u.a. die Kosten des Raumtransportes gesenkt, die Sicherheit der Besatzung erhöht und der Weltraummüll vermieden werden. (SCHEFFRAN, J. 1993, S. 26; OTT, K. 1994 b, S. 479f.)

² Zur Bewertung des SÄNGER-Projektes siehe: SCHEFFRAN, J. 1993; OTT, K. 1994 b; KORNWACHS, K.; MEYER, R. 1994

³ CATENHUSEN, W.-M. 1994, S. 291

vertretenen Parteien einhellig gelobt, was anlässlich des 10-jährigen Bestehens des TAB zum Ausdruck gebracht wurde.¹

Für das Jahr 2000/2002 (Stand: Mai 2002) beauftragte der BFTA-Ausschuß das Büro für Technikfolgenabschätzung u.a. mit folgenden Projekten zur Technikfolgenabschätzung:²

- *Nanotechnologie*
- *E-Commerce*
- *Entwicklungstendenzen bei Nahrungsmittelangebot und -nachfrage und ihre Folgen*

Monitoring:

Neben den TA-Projekten gehört es zu den Aufgaben³ des Büros für Technikfolgenabschätzung, den wissenschaftlich-technischen Fortschritt zu beobachten (daneben auch gesellschaftliche Entwicklungen), um den Ausschuß über potentiell bedeutsame Themen zur Technikfolgenabschätzung zu unterrichten, die parlamentarisch von Bedeutung sein könnten und somit zu einem späteren Zeitpunkt in einer TA-Studie einmünden. Solche Themen sind zum Beispiel:⁴

- *Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik*
- *Geothermische Stromerzeugung in Deutschland*
- *Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen*

Methoden und Konzepte

In dem Arbeitsbereich Konzepte und Methoden erfolgt eine Beobachtung und Teilnahme an der laufenden Diskussion (des In- und Auslandes) über „Konzepte und Methoden“ der Technikfolgenabschätzung und verwandter Aktivitäten. Die Ergebnisse dieser laufenden Diskussionen finden bei den TA-Projekten Berücksichtigung, um eine zügige Weiterentwicklung der eigenen Arbeiten zu gewährleisten.⁵

¹ Siehe PETERMANN, T. 2000, S. 96f; GRUNWALD, A. 2002, S. 165

² Näheres zu diesen TA-Projekten in: TAB, Kurzbeschreibungen der Projekte des TAB

³ Ferner werden im Bereich Monitoring TA-Projekte innerhalb und außerhalb der BRD verfolgt und ausgewertet.

⁴ Näheres zu den Monitoring-Arbeiten in: TAB, Kurzbeschreibungen der Projekte des TAB

⁵ TAB, September 2001, S. 7

4.4.3 Informationsangebote des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

Seit Oktober 1995 sind das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) zusammen im World Wide Web-Server vertreten. Informationen können sowohl in englischer Sprache als auch in deutscher Sprache abgerufen werden (*siehe Abb. 3*).

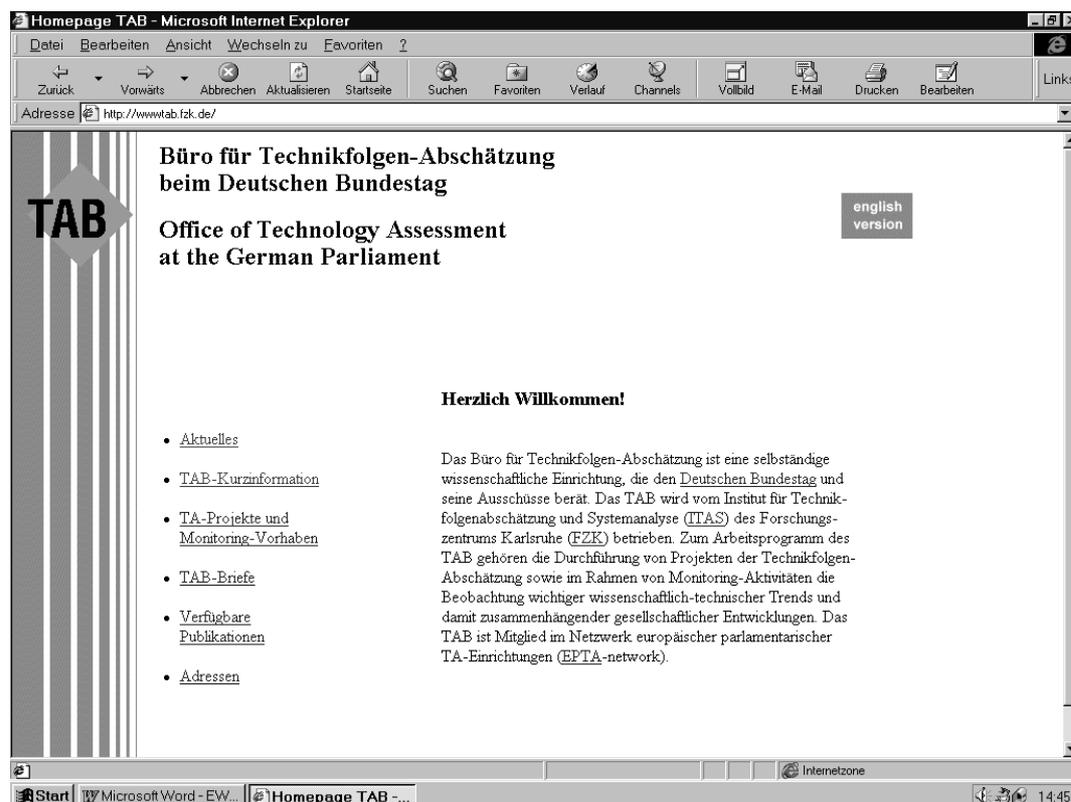


Abb.3 Graphik der „homepage“ des TAB

Zu erreichen ist die gemeinsame „Web Home Page“ unter der Adresse:

<http://www.tab.fzk.de>

Die Ergebnisse der Arbeiten des TAB werden vor allem in Form von *TAB-Arbeitsberichten* kostenlos der Öffentlichkeit zugänglich gemacht und auch als *Bundesdrucksache* veröffentlicht. Ferner erscheinen seit 1996 ausgewählte Endberichte zu durchgeführten Projekten in der Buchreihe „Studien des Büros für Technikfolgen - Abschätzung beim Deutschen Bundestag“ bei der Edition Sigma, Berlin.

Die TA-Datenbank

In gemeinsamer Initiative errichtete das *Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse* (ITAS), zusammen mit dem *Fachinformationszentrum* (FIZ) Karlsruhe bereits Mitte der 80er Jahre eine Datenbank zur Technikfolgenabschätzung ein. Der Aufbau der TA-Datenbank wurde vom *Bundesminister für Forschung und Technologie* (BMFT) finanziell unterstützt. Mittels einer solchen Datenbank sollen TA-Aktivitäten, Ergebnisse¹ einzelner Institutionen, die sich sowohl im In- als auch im Ausland mit der Technikfolgenabschätzung beschäftigen, aufgezeigt werden, um somit „die Informationsbasis für die Vorbereitung, Durchführung und Nutzung von Technikfolgenabschätzungen zu verbessern.“²

Die TA-Datenbank ist seit 1993 auf CD-ROM einzelnen interessierten Personen aus Wissenschaft, Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit zugänglich, die Informationen über Forschungsleistungen auf dem Gebiet der Technikfolgenabschätzung erwünschen.

Die TA-Datenbank, die seit Oktober 1995 auch auf der Home Page des ITAS verfügbar war, ist seit dem 31. Dezember 2000 nicht mehr online abrufbar. Ein wesentlicher Grund diese Datenbank nicht mehr online weiter zu führen, lag in dem erheblichen Aufwand für die Erfassung der umfangreichen Informationen für die drei Segmente der TA-Datenbank (*Institutionen*, *Projekte* und *Literatur*). Die erhobenen Informationen werden jedoch als CD-ROM angeboten, so daß diese jetzt sozusagen die Funktion eines „Archivs“ der TA-Aktivitäten in Europa darstellt.³ Alle Interessierten erhalten somit weiterhin einen groben Überblick über:

- Beschreibungen zu den Institutionen⁴, die sich mit der Technikfolgenabschätzung beschäftigen,
- Kurzfassungen über bereits durchgeführte Projekte zur Technikfolgenabschätzung,
- kurze Beschreibungen zu den derzeit laufenden und geplanten Projekten,
- Literaturhinweise zur Methodik und Konzeption von TA.

¹ Die TA-Datenbank umfaßt nicht nur spezielle TA-Aktivitäten, sondern auch verwandte Gebiete der Technikfolgenabschätzung wie z.B. Monitoring und sozialwissenschaftliche Technologiebegleitforschung.

² BULLINGER, H.J. 1994, S. 24

³ Näheres zu den Gründen siehe: Zeitschrift „*TA-Datenbank-Nachrichten*“ vom März 2001, S. 160f.

⁴ Eine Dokumentation über deutsche Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Technikbewertung liefert COENEN, R. u.a. 2001. In dieser Dokumentation sind 122 universitäre und 123 außeruniversitäre Einrichtungen aus den 15 Bundesländern erfaßt. Zu jeder Einrichtung werden Anschrift sowie Kontaktnummer (Telefon, E-Mail) aufgeführt. Die Aktivitätsbeschreibung der jeweiligen Einrichtung wird untergliedert in „Thematische Schwerpunkte bisheriger und geplanter Aktivitäten der Technikfolgenabschätzung“.

Die TA-Datenbank-Nachrichten -Newsletter der Technikfolgenabschätzung

Das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) ist seit März 1992 auch Herausgeber der Zeitschrift TA-Datenbank-Nachrichten. Seit dem Jahrgang 2002 wird die Zeitschrift unter dem neuen Namen „Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis“ geführt. Die Zeitschrift, die vierteljährig erscheint, informiert über Forschungsschwerpunkte, Veröffentlichungen zur Technikfolgenabschätzung, Einrichtungen, die Technikfolgenabschätzung durchführen, und berichtet über Tagungen zur Technikfolgenabschätzung. Die oben genannte Zeitschrift kann auch auf der Home Page des ITAS (<http://www.itas.fzk.de>) abgerufen werden. Informationen über deutsche TA-Einrichtungen mit Internetadressen sind ebenfalls auf der Homepage zu finden.

Informationen zur globale Umweltveränderung und Klimaveränderung

Auf der Home Page des WWW-Server ITAS sind unter der Rubrik „*Global Change und Klimapolitik*“ eine Auswahl von Dokumenten, Servern und Home Pages, die sich mit dem Thema der globalen Umweltveränderung bzw. der Klimaveränderung beschäftigen, zu finden.

Um eine Struktur über das Angebot der Informationen zu erhalten, wurde z.B. sowohl eine *thematische Gliederung* mit den Unterpunkten

- Klimarahmenkonvention,
- Klimafolgenforschung,
- Sustainability¹
- UN-Konferenzen

als auch eine *institutionelle Gliederung* (national, international), geordnet nach

- Institutionen und Organisationen
- Forschungsprogrammen und Projekten

eingeführt.

¹ Hinter dem englischen Begriff *sustainability* verbirgt sich die Forderung nach einer dauerhaft tragbaren Entwicklung für die Weltgesellschaft. In diesem Zusammenhang wurde 1987 die Bezeichnung *Sustainable Development* zum Schlagwort der „Weltkommission für Umwelt und Entwicklung“. Die UN-Kommission, auch als Brundtland Kommission bekannt, definiert Sustainable Development als eine Entwicklung, die die heutigen Bedürfnisse aller Menschen erfüllt, ohne daß die Bedürfnisse der zukünftigen Generationen vernachlässigt werden. Diese Maxime wurde im Brundtland-Bericht begründet und von der Konferenz über Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro im Jahre 1992 deklariert. (siehe: ROPOHL, G. 1996a, S. 302, 354f.; KLÜTING, R. 1995, S. 10; RENN, O. 2001, S. 80f.)

5. Die Technikbewertung auf gesellschaftlicher Ebene

5.1 Bereiche in denen sich Technikbewertungen vollziehen

Eine Bewertung von Technik vollzieht sich nicht nur in einer staatlichen Institution, wie zum Beispiel dem Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. Sie findet auch in Institutionen statt, die auf der Grundlage von Polizei- oder Ordnungsbehördengesetzen der Gefahrenabwehr dienen. Da Gefahren als unerwünschte Folgen von technischen Anlagen, Verhaltens- oder Handlungsweisen gesehen werden können, haben z.B. Gewerbeaufsichts-, Berg-, Bau- und Wasserwirtschaftsämter im Rahmen der Gefahrenabwehr die Aufgabe, bei Neueinrichtung bzw. Veränderungen technischer Einrichtungen und Gegenstände die potentiellen Folgen zu prüfen und ihre Entscheidungen an den Prüfungsergebnissen zu orientieren.¹

Ferner erfolgen Technikbewertungen an Hochschulen, außeruniversitären Forschungsinstituten sowie betrieblichen Unternehmen in denen technische Produkt, technische Verfahren u.a. erstellt bzw. einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Mittlerweile scheint die Auffassung, daß die Technikfolgenabschätzung, die historisch gesehen zunächst als Politikberatung konzipiert war, vor allem in die Industrie gehört.²

Die Bewertung von Technik erfolgt auch über organisierte Interessen und Institutionen bzw. über technisch-wissenschaftliche Vereinigungen, die nicht der staatlichen Verwaltung unterliegen. Aufgeführt werden können beispielsweise der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), der Deutsche Industrienormen-Ausschuß (DIN), der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) und der Technische Überwachungsverein (TÜV). Diese Organisationen arbeiten z.B. Sicherheitsbestimmungen für technische Geräte und Anlagen aus, nehmen Umweltschutzaspekte als Ziele in die technischen Regeln auf und stellen Normen zur menschengerechten Gestaltung von Technik auf.

Ebenso erfahren alltägliche technische Produkte und Verbrauchsgüter durch die Verbraucherverbände (z.B. Stiftung Warentest) eine Bewertung.³ Im Gegensatz zu den Technikbewertungsdiskussionen auf parlamentarischer Ebene stehen hier nicht großtechnische Systeme, sondern Gegenstände des alltäglichen Bedarfs im Blickpunkt.

Ferner nehmen Privatpersonen eine Bewertung von Technik vor, z.B. dann, wenn sie vor einer Kaufentscheidung stehen und ein technisches Gerät positiv oder negativ bewerten. Während in staatlichen, technischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Institutionen die Technikbewertung eher planmäßig, systematisch

¹ Vgl. KREMEIER, A. 1989, S. 191

² Siehe hierzu „TA-Datenbank-Nachrichten“, Nr.2, 10. Jahrgang, Juni 2001, mit dem Schwerpunktthema „Technikfolgenabschätzung und Industrie“; Ludwig, B. 2002, S. 92ff.

³ Eine Übersicht über Verbraucherorganisationen ist bei KROL, G. 1997, S. 763f. zu finden.

und organisiert erfolgt, ist anzunehmen, daß sie bei Einzelpersonen oft unsystematisch und intuitiv stattfindet.

Ist die Technikbewertung eine neue Spezialdisziplin einzelner Organisationen ?

Hinsichtlich der Einführung und Verwendung technischer Neuerungen wurde nie zufällig oder gar blind entschieden, sondern man wählte neue Techniken nur deshalb, weil man sie für effizienter, besser, also für wertvoller hielt.¹ Insofern ist die Technikbewertung keine neue Spezialdisziplin. Das eigentlich „Revolutionäre“ der neueren Technikbewertung ist darin zu sehen, daß heute versucht wird, Aussagen über Neben- und Folgewirkungen geplanter technischer Verfahren und Systeme zu erstellen, und zwar a priori und nicht a posteriori, und daß die traditionellen Bewertungskriterien eine Ergänzung erfahren (sollen).

Während eine Technikbewertung von einzelnen Personen bzw. Organisationen schon zu jeder Zeit stattgefunden hat, erfolgt die heutige Technikbewertung nicht nur nach den traditionellen Wertgesichtspunkten wie *Wirtschaftlichkeit* und *Funktionfähigkeit*, sondern sie erfährt z.B. eine Ergänzung durch Fragen nach der *Umweltqualität* und der *Lebensqualität*.²

Die traditionellen *ökonomischen* und *funktionalen Bewertungskriterien* werden nicht nur um die beiden oben genannten Kriterien erweitert, weil sich die neueren technologischen Auswirkungen nicht mehr nur auf einen engen räumlichen und zeitlichen Bereich beschränken, sondern sich global auswirken und darüber hinaus die künftigen Generationen betreffen können.³

Ein erweitertes Konzept der Technikbewertung

Ökonomische und funktionale Bewertungskriterien wurden und werden in der Regel im ingenieurtechnischen Arbeitsbereich im Rahmen der Entwicklung technischer Produkte und Verfahren aufgegriffen. Dies ist kaum verwunderlich, da technisches Handeln als Vorbild für immanent rationales, instrumentelles und zielgerichtetes Vorgehen gilt.⁴ Die ingenieurtechnische Betrachtungsweise zieht in erster Linie auf solche Fragestellungen ab, die die Funktion und Effizienz einer technischen Entwicklung betreffen. Welche sozialen Implikationen aufgrund der technischen Neuerung für die Gesellschaft sowie das kulturelle Leben resultieren, werden jedoch eher marginal betrachtet.

Aufgrund der komplexen Auswirkungen von Technik ergeben sich heute Bewertungsfragen, die in einem weitgesteckten Rahmen zu sehen sind. Der einzelne Ingenieur kann sich unmöglich in allen technischen Folgebereichen

¹ Vgl. RAPP, F. 1990, S. 245; RAPP, F. 2000, S. 76ff.

² ROPOHL, G. 1994a, S. 18

³ „Umweltbelastungen und Ressourcenverbrauch müssen heute in globalem Maßstab gesehen werden; in vielen Fällen sind die weltweiten Folgen unmittelbar offenkundig, wie beim Abholzen tropischer Regenwälder, dem Verbrauch fossiler Energieträger oder der Vergrößerung des Ozonlochs. Hinzu kommt, daß die Auswirkungen unseres Tuns unmittelbar die Lebenschancen künftiger Generationen beeinflussen.“ RAPP, F. 1990, S. 245; siehe auch *Kapitel 2*.

⁴ Vgl. KÖNIG, W; RAPP, F. 1994, S. 20

auskennen und die Folgen allein beurteilen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß der Ingenieur am Bewertungsprozeß nicht teilnehmen soll oder gar aus seiner Verantwortung entlassen wird; vielmehr muß die Bewertung von Technik interdisziplinär organisiert sein, um sie sinnvoll und wirkungsvoll zu gestalten.

Die Ingenieure haben sich seit geraumer Zeit mit der Problematik der Technikbewertung auseinandergesetzt und verschiedene Bewertungskriterien aufgestellt, die im Prozeß der Technikbewertung Berücksichtigung finden sollten. Im folgenden soll das Verständnis des VDI näher herausgearbeitet werden.¹

5.2 Die vom Verein Deutscher Ingenieure aufgestellte Richtlinie zur Technikbewertung

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) beschäftigt sich mit der Bewertung von Technik seit Beginn der Debatte um die Thematik der Technikbewertung, verstärkt jedoch seit den 80er Jahren.² Im März 1991 wurde die Richtlinie 3780 „*Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen*“³ vom VDI verabschiedet, nachdem diese in zahlreichen Veranstaltungen diskutiert wurde und ein Entwurf dieser Richtlinie für sechs Monate zum Einspruch offen auslag.⁴ Die Richtlinie, die keine rechtsverbindliche Vorschrift darstellt, kann in der BRD im Bereich der Technikbewertung als eine allgemein anerkannte Regel der Technik betrachtet werden. Sie hat in der Diskussion zur Thematik der Technikbewertung wesentliche Impulse geliefert.

5.2.1 Zielgruppe und Zweck Richtlinie zur Technikbewertung

In der Vorbemerkung der Richtlinie 3780 des VDI wird die Zielgruppe sowie der Zweck der Richtlinie wie folgt beschrieben:

Die VDI-Richtlinie wendet sich in erster Linie an die Ingenieure, Wissenschaftler, Planer und Manager in der Industrie, die neue technische Entwicklungen bewertend gestalten. Sie richtet sich also verstärkt an jene, die vor der Herausforderung stehen, Technikbewertungen vorzunehmen, „damit nur solche Produkte und Verfahren entwickelt werden, die in der Gesellschaft anerkannt werden und die mit der technischen Funktionserfüllung dazu beitragen, eine lebenswerte Umwelt zu erhalten und zu gestalten.“⁵ Sie richtet sich aber auch an alle anderen Betroffenen und Verantwortlichen in Wissenschaft, Gesellschaft und Politik, die an der Technikentwicklung und der Technikdiskussion beteiligt sind

¹ Diese technisch-wissenschaftliche Vereinigung setzt sich in der Regel aus Mitgliedern zusammen, die einen technisch-wissenschaftlichen Beruf ausüben und oftmals über einen akademischen Abschluß verfügen.

² Wahrscheinlich wurde erstmals in der BRD auf einer VDI-Tagung über den amerikanischen Ansatz des „technology Assesment“ berichtet. ROPOHL, G.; LENK, H; RAPP, F. 1988, S. 56

³ Die Richtlinie 3780 wurde im September 2000 mit unverändertem Originaltext erneut aufgelegt.

⁴ Vgl. BRENNECKE, V. 1994, S. 12; RAPP, F. 1999, S. 7f.

⁵ VDI 1997, S. 9; siehe hierzu auch die Ausführungen zum Ingenieur-Codices von BECKMANN, J.P. 2000, S. 192ff.

und sich mit der Gestaltung der entsprechenden gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen befassen.

Darüber hinaus soll die Richtlinie allen Beteiligten Kenntnisse über grundlegende Werte und Wertzusammenhänge vermitteln und ein gemeinsames Verständnis für Begriffe und Methoden, die bei der Bewertung technischer Entwicklungen erforderlich sind, liefern. Durch systematisches Analysieren von Zielen, Werten und Handlungsalternativen sollen begründete Entscheidungen ermöglicht werden. Die Richtlinie erhebt nicht den Anspruch eines gebrauchsfertigen Rezeptes, die eine Anleitung parat hat, wie konkrete Technikbewertungen durchzuführen und zu lösen sind, sondern sie liefert die Voraussetzung (begriffliche Klärung und theoretische Grundlagen), die für die Diskussion und die Durchführung im Bereich der Technikbewertung erforderlich erscheint.

Der VDI möchte anhand der Richtlinie über die traditionellen Bewertungskriterien (ökonomische und funktionale) hinaus ergänzende Wertgesichtspunkte aufzeigen, die für das technische Handeln¹ von Bedeutung sind und bei der heutigen Technikbewertung zu berücksichtigen sind.

5.2.2 Die drei Handlungsfelder des VDI

Die Arbeit des VDI weist die drei Handlungsfelder Berufspolitik, technische Normung und wissenschaftlicher Diskurs auf :

- „Die *Berufspolitik* für die organisierten Mitglieder wird von der VDI-Hauptgruppe »der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft« in Düsseldorf formuliert. In ehrenamtlich arbeitenden Sachverständigungsgremien werden interdisziplinär und pluralistisch Aussagen erarbeitet.
- Die *technische Normung* durch Bereitstellung von Sachverstand wird im VDI von 19 VDI-Fachgesellschaften getragen. Eine besondere Stellung haben dabei die seit kurzem mit dem DIN fusionierten Kommissionen »Reinhaltung der Luft« und »Lärminderung«. Der VDI hat bisher über 1500 VDI-Richtlinien herausgegeben.
- Den *wissenschaftlichen Diskurs* insbesondere mit nicht-technischen Disziplinen führt die VDI-Hauptgruppe in ihren Bereichen »Mensch und Technik« und »Technikbewertung«. Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere Aktivitäten der traditionellen Öffentlichkeitsarbeit.“²

Das Handlungsfeld der *Berufspolitik* soll u.a. eine berufspolitische Orientierungshilfe für den Ingenieur darstellen, indem die VDI-Richtlinie auf die Problematik der Technikbewertung aufmerksam macht. So wird beispielsweise in den „Erläuterungen und Hinweisen zur VDI-Richtlinie“³ darauf hingewiesen, daß vor allem Ingenieure und Technikwissenschaftler dazu neigen, Technik als „wertneutral“ zu betrachten. Nach dieser Auffassung bringt die Technik bzw. das

¹ Zum Begriff des technischen Handelns siehe: ROPOHL, G. 1996, S. 84-89

² BRENNECKE, V. 1994; S. 12

³ VDI 1997, S. 15ff.

technische Handeln nur Mittel hervor, welche für sich genommen „wertfrei“ sind; erst über die Zwecke der Verwendung kommen dann Werte bzw. Wertgesichtspunkte ins Spiel. Die Richtlinie versucht deutlich zu machen, daß das technische Handeln und Gestalten ebenso von außertechnischen Faktoren abhängig ist und nicht einer „inneren Fortschrittslogik“ gehorcht, wonach das technische Handeln für eine bestimmte technische Aufgabe immer nur eine technische Optimallösung bietet. Das technische Handeln sollte nicht losgelöst von außertechnischen Kriterien betrachtet werden, denn Wertungen werden auf nahezu jeder Stufe einer technischen Entwicklung getroffen und sind darüber hinaus von subjektiven Einschätzungen abhängig. In den Erläuterungen zu der VDI-Richtlinie ergänzen die Verfasser: „Technisches Handeln muß ständig zwischen Mitteln und Zielen wählen und benötigt für diese fortgesetzten Auswahlprozesse Kriterien, die nur unter bezug auf Werte gewonnen werden können.“¹

Der Bereich der *technischen Normung* füllt den quantitativ größten Bereich des VDI aus, in denen sich Technikbewertungen widerspiegeln. Technikbewertungen finden insofern statt, als daß in den einzelnen Normen, technischen Verfahren und Handlungsempfehlungen nach technischen Kriterien (Abmessungen, Materialeigenschaften, technischen Abläufen, Wirkungsgraden, etc.) eine Bewertung erfolgt. Bei *behördlichen* Genehmigungsverfahren werden oftmals bei Entscheidungen die aktuelleren VDI-Richtlinien oder die DIN-Normen herangezogen, da das gesetzliche Regelwerk nicht immer den neuesten Stand der Technik erfaßt. Auf *juristischer* Ebene ist diese Vorgehensweise umstritten, es wird diskutiert, inwieweit man den Einfluß einzelner Vereinigungen auf staatliche Genehmigungsverfahren zulassen sollte.²

5.3 Technikbewertung im Verständnis des VDI

Der VDI versteht in der Richtlinie 3780 unter Technikbewertung, „das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das

- den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert,
- unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und mögliche Alternativen abschätzt,
- aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert,
- Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet, so daß begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.“³

¹ VDI 1997, S. 19

² BRENNECKE, V. 1994, S. 9f.; MAI, M. 1994

³ VDI, 1991, S. 2, S. 14

Aus der obigen Beschreibung lassen sich vier grobe Phasen des Prozesses der Technikbewertung herauskristallisieren:

- die Phase der Definition und Strukturierung des Problems
- die Phase der Abschätzung der Technikfolgen
- die Phase der Bewertung
- die Phase der Entscheidung

Diese Phasen stellen eine Grobstruktur bei der Durchführung einer Studie zur Technikfolgenabschätzung dar. Die Einteilung sollte jedoch nicht als eine Abfolge von Schritten betrachtet werden, nach der eine Studie durchzuführen ist. Vielmehr können die Phasen ineinander übergehen, aber auch durch Rückkopplungen miteinander verbunden sein.

Beschrieben werden sollen im folgenden die Phase des *Abschätzens* der Technikfolgen und die Phase der *Bewertung* im Prozeß der Technikbewertung.¹

Im Verständnis des VDI handelt es sich beim *Abschätzen* der Technikfolgen um eine vorausschauende Beschreibung bzw. um eine prognostische Funktion, bei der die zu erwartenden Folgen genannt werden sollen. Bei der Phase der Bewertung geht es darum, welche Folgen man erzielen, in Kauf nehmen oder verhindern möchte. „Die Bewertung besteht darin, daß man den verschiedenen Folgen bzw. Teilfolgen im Rahmen einer Güterabwägung jeweils ein bestimmtes relatives Gewicht beimißt und die Teilbewertungen zu einer Gesamtbewertung zusammenführt [...]. Hierbei muß transparent gemacht werden, wer mit welcher Begründung eine bestimmte Bewertung vornimmt.“² Wertende Entscheidungen werden im gesamten Prozeß der Technikbewertung vorgenommen.

In der Phase der Bewertung der Technik geht es nicht, wie es beim Abschätzen der Technikfolgen der Fall ist, um die hypothetische Aussage: „Wenn x vollzogen wird, ist mit y zu rechnen“, sondern es wird beispielsweise die Frage gestellt: „Sollte ein Produkt z überhaupt hergestellt werden?“

Die Bewertung der Technik stellt somit eine normative Komponente dar. Um zu einer Antwort auf die Frage: Was soll ich tun? oder in objektiver Form: Was ist von der Sache her wünschenswert? bzw. Was ist tolerierbar? zu gelangen, muß man auf die normative Dimension des Sollens eingehen. D.h. es geht um Wünsche und Wollen, Interessen und Bedürfnisse, Ethik und Moral, kurz: Werte und Wertentscheidungen.³

¹ Auf eine weitergehende detaillierte Darstellung der Phasen einer Studie Technikfolgenabschätzung wird im *Kapitel 6.3* eingegangen.

² VDI, 1991, S. 15

³ KÖNIG, W; RAPP, F. 1994, S. 23f.

Die Beschreibung des VDI gibt den komplexen Ansatz einer Technikbewertung wieder und zeigt zugleich auch die Schwierigkeiten einer umfassenden Technikbewertung. Es geht nicht nur um die Prognose und Bewertung möglicher Folgen geplanter technischer Systeme und Verfahren, beispielsweise bezogen auf die Lebensumwelt, sondern: „Möglichst alle Folgen einer Technik für Umwelt und Gesellschaft werden auch nach außertechnischen und außerwirtschaftlichen Werten beurteilt, und der Bewertungsprozeß bleibt nicht auf einen einzelnen Entscheidungsträger beschränkt, sondern wird von einem Netzwerk gesellschaftlicher Einrichtungen vorbereitet, unterstützt und begleitet.“¹

5.3.1 Der Wertebegriff

Da man bei Entscheidungen über Technik direkt oder indirekt auf Werte Bezug nimmt, ist es erforderlich, sich mit dem Wertebegriff auseinanderzusetzen. Möchte man ferner mit dem einzelnen über die Verantwortung der Folgen seines Handelns sprechen, so setzt das eine Klärung voraus, was unter einem Wert zu verstehen ist.

Beispiel: Inwieweit ein technisches Großprojekt oder ein Produkt zu verantworten ist, hängt u.a. davon ab, ob die zu erwartenden Folgen mit den geltenden Wertvorstellungen vereinbar sind. D.h. Werte können als Maßstab dafür dienen, ob wir etwas verantworten wollen und können oder nicht. Verantwortung erfordert Wertkompetenz.²

In der VDI-Richtlinie 3780 wird der Wertebegriff folgendermaßen definiert:

„Werte kommen in Wertungen zum Ausdruck und sind bestimmend dafür, daß etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt wird; sie dienen somit zur Orientierung, Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltensarten, die es anzustreben, zu befürworten oder vorzuziehen gilt.“³

Die oben aufgeführte Wertdefinition sagt nicht explizit aus, was denn überhaupt unter *Werte* zu verstehen ist, sondern sie geht darauf ein, wie einzelne Werte ermittelt werden und welche Aufgabe sie haben. Die Definition soll einen Kompromiß zwischen den verschiedenen Positionen der Einzelwissenschaften darstellen, da der Begriff des Wertes in verschiedenen Einzelwissenschaften unterschiedliche Auslegungen erfährt.

ROPOHL/LENK/RAPP geben zu bedenken, daß besonders die Frage umstritten ist, „wie man sich den Status eines Wertes vorzustellen hat: „Gibt“ es Werte? Wenn ja, wie und wo „existieren“ sie? Sind Werte objektive Wesenheiten oder Eigenschaften, die außerhalb des menschlichen Bewußtseins und unabhängig davon vorliegen (Wertobjektivismus)? Oder sind Werte nur Wunschvorstellungen

¹ VDI, 1991, S. 2

² DETZER, K.; RAPP, F.; ROPOHL, G. 1996, S. 4f.

³ VDI 1991, S. 4

im menschlichen Bewußtsein (Wertsubjektivismus)? Kann man schließlich zwischen verdinglichendem Wertobjektivismus und relativistischem Wertsubjektivismus dadurch vermitteln, daß man "Werte" als gesellschaftliche Konstrukte auffaßt, in denen Klassen von subjektiv erwünschten Sachverhalten überindividuell verallgemeinert werden?"¹

Trotz der genannten Schwierigkeit einer Definition von Werten scheint es sinnvoll, Werte als allgemeine *Orientierungen* zu verstehen, die die letzte Richtlinie und Begründung des menschlichen Handelns darstellen.²

Weiter können Werte beschrieben werden als „Ergebnisse individueller und sozialer Entwicklungsprozesse, die sich in der Auseinandersetzung mit natürlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Bedingungen vollziehen; daher unterliegen Wertsysteme dem historischen Wandel und können in den verschiedenen Kulturen und gesellschaftlichen Gruppen voneinander abweichen.“³

Beispiel: Hinsichtlich der Änderung von Wertvorstellungen kann das Automobil angeführt werden. Mit zunehmender Straßenverkehrsdichte werden die Nachteile des Individualverkehrs (CO₂-Problematik, Ressourcenverbrauch, Stau, Lärm, Verdichtung der Städte durch Parkhäuser bzw. Parkplätze, Zersiedlung der Landschaft u.a.) für den Einzelnen immer offenkundiger bzw. spürbarer. Die negativen Folgen des Individualverkehrs (u.a. Autowracks, Altöl, Okkupation der Umwelt) beginnen dessen Vorteile aufzuwiegen, so daß bei immer größeren Teilen der Bevölkerung eine skeptische bis ablehnende Haltung hinsichtlich der Massenmotorisierung festzustellen ist; das Auto erscheint vielen als „Umweltfeind Nr.1“. Auf der anderen Seite vermittelt das Auto vielen das Gefühl von Freizügigkeit bzw. Unabhängigkeit und erscheint als Fetisch unserer Konsumgesellschaft.

Daß mit Werten ein Anspruch auf Geltung und Zustimmung verbunden wird, soll durch das folgende Beispiel verdeutlicht werden.

Beispiel: „Wer zu begründen hat, warum er das Ziel verfolgt, den Kraftstoffverbrauch eines Automobils so weit wie möglich zu senken, wird sich, wenn er die Verringerung der Betriebskosten anführt, letzten Endes auf den allgemeinen Wert der Wirtschaftlichkeit im Sinne sparsamen Umganges mit Ressourcen beziehen [...]. Da im Beispiel der Wert Ressourcensparsamkeit heute mit allgemeiner Zustimmung rechnen kann, läßt er sich zur Legitimation des genannten technischen Zieles heranziehen.“⁴

¹ ROPOHL, G.; LENK, H; RAPP, F. 1988, S. 56

² Vgl. VDI 1997, S. 20

³ VDI 1991, S. 4

⁴ ROPOHL, G.; LENK, H; RAPP, F. 1988, S. 56

Werte im Bereich des menschlichen Handelns

Als zentrale Werte im Bereich der Bewertung von Technik werden von den Verfassern der VDI-Richtlinie (VDI 1991, S. 7ff):

- die Funktionsfähigkeit,
- die Wirtschaftlichkeit,
- der Wohlstand,
- die Sicherheit,
- die Gesundheit,
- die Umweltqualität,
- die Persönlichkeitsentfaltung und
- die Gesellschaftsqualität

aufgeführt, die durch weitere „Unterwerte“ konkretisiert werden.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß nicht alle Werte auf einem allgemeinen gesellschaftlichen Konsens beruhen und daß darüber hinaus einzelne Werte dem historisch-gesellschaftlichen Wandel unterliegen und sowohl in verschiedenen Kulturen als auch in einzelnen gesellschaftlichen Gruppen voneinander abweichen können. So gibt es beispielsweise neben den von dem VDI aufgestellten Werten bzw. Wertorientierungen für die Technikbewertung einen von den Kirchen aufgestellten Wertekatalog, der folgende Werte beinhaltet:¹

- Überschaubarkeit,
- Rückholbarkeit,
- Fehlertoleranzfreundlichkeit,
- Bedürfnisgerechtigkeit,
- Lebensdienlichkeit,
- Menschengerechtigkeit,
- Sozialverträglichkeit,
- Naturverträglichkeit und
- Friedensförderlichkeit von Technik.

Eine Dreiteilung in technische/ökonomische, ökologische und soziale Bewertungsaspekte ist in dem, jüngst von der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (AFTA) in Zusammenarbeit mit gesellschaftlichen Gruppen erstellten, „*Wertbaum zur Bewertung von Energiesystemen*“ zu finden. Die drei Bereiche, die gleichwertig nebeneinander stehen und somit keine Priorisierung erfahren, sind:

¹ Die Werte sind von ZWECK, A. (1993, S. 136) zusammengestellt, die der „Kriterienkataloge in der Stuttgarter Erklärung der christlichen Kirchen der BRD“ entnommen wurden.

- (1) Technische Effizienz und Wirtschaftlichkeit
- (2) Schutz von Umwelt und Gesundheit
- (3) Sozialverträglichkeit und politische Qualität

Diese Bereiche werden von der AFTA durch zahlreiche Kriterien näher bestimmt.¹ Mittels Indikatoren ist qualitativ bzw. quantitativ zu ermitteln, inwieweit ein Kriterium erfüllt ist. Als Indikatoren für Umweltqualität, die meßtechnisch zu erfassen sind, sind z.B. die Wassergüte und die vom Bundes-Immissionschutzgesetz geforderten Mindest- und Höchstwerte heranzuziehen.

Weitere Werte, die im Prozeß der Technikbewertung Berücksichtigung finden sollten, ließen sich wahrscheinlich in unterschiedlichen Variationen und Ausführlichkeiten finden. Es wird deutlich, daß eine Bewertung von Technik, aufgrund des unterschiedlichen gesellschaftlichen Konsenses bezüglich der zu beachtenden Werte, nur in Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen sinnvoll ist, d.h. in einem großen gesellschaftlichen Rahmen einzubetten ist. Diese Zusammenarbeit in einem Team ist aber nicht nur aufgrund der unterschiedlichen Präferenz von Werten erforderlich, sondern auch wegen der Komplexität bzw. des schwer überschaubaren Prozesses der Technikbewertung.

Die oben aufgelisteten Werte des VDI überschneiden sich zum Teil mit den von den Kirchen und der AFTA aufgestellten Werten. Es besteht oftmals Konsens bei der Berücksichtigung diese Werte im Bewertungsprozeß, während andere Werte wie beispielsweise die Überschaubarkeit und die Rückholbarkeit kontrovers einzustufen sind. Die Überschaubarkeit und Rückholbarkeit² technischer Innovationen (z.B. im Bereich der Gentechnologie, speziell gentechnisch veränderte Mikroorganismen) ist heute in ihrer Gesamtheit weder zu leisten noch in allen Fällen angestrebt.³

Im Zusammenhang bei der Berücksichtigung von Werten formulieren auch die am oben genannten Wertbaum beteiligten Gruppen der AFTA, daß im Rahmen einer Technikbewertung noch eine Prioritätensetzung bzgl. der Kriterien sowie der normativen Gewichtung anstehen, damit der Wertbaum für eine ethisch vertretbare Beurteilung von Energieszenarien fruchtbar wird.⁴ Wichtig erscheint es mir, eine solche Prioritätensetzung genau zu begründen.

5.3.2 Das Werteoktagon

Die oben aufgeführten acht Grundwerte des VDI sind von den Verfassern der VDI-Richtlinie in einem Werteoktagon (*siehe Abb. 4*) dargestellt worden. Dies erscheint sinnvoll, wenn man bedenkt, daß die einzelnen Grundwerte

¹ Der nahezu 20-seitige Wertbaum mit seinen Kriterien ist abgedruckt in: NENNEN, H.-U.; HÖRNING, G. (1999), S. 373-391.

² ROPOHL (1996, S. 328) spricht in diesem Zusammenhang von der Reversibilität. „Reversibilität bedeutet, eine bestimmte Technik, wenn sie denn doch unvorhersehbare Schäden verursacht, ohne langfristige Nachwirkungen zurückholen zu können.“

³ ZWECK, A.1993, S. 136

⁴ Siehe NENNEN, H.-U.; HÖRNING G. 1999, S. 370f.; vgl. auch Ott, K. 1999, S. 190f.

untereinander in Beziehung stehen. D.h. bei einer Bewertung von Technik ist es erforderlich, die einzelnen Beziehungen untereinander zu betrachten und nicht die Grundwerte für sich allein. Diese Beziehungen werden in den nächsten Kapiteln näher untersucht.

HARTMANN¹ stuft den vom VDI verwendeten Begriff der *Gesundheit* innerhalb des Werteoktogons als zu eng ein und hält diesen für nicht geeignet. Besser sei die Vokabel *Wohlbefinden*, da sie ein umfassenderes Verständnis impliziere. Die Verfasser des aufgestellten Begriffes definieren den Begriff der Gesundheit wie folgt: „Gesundheit bedeutet hier den Zustand des *psychischen und körperlichen Wohlbefindens* des Menschen. Sie kommt nicht nur in objektiv feststellbaren Faktoren zum Ausdruck, sondern auch in der Wahrnehmung, die jeder von sich selbst hat.“²

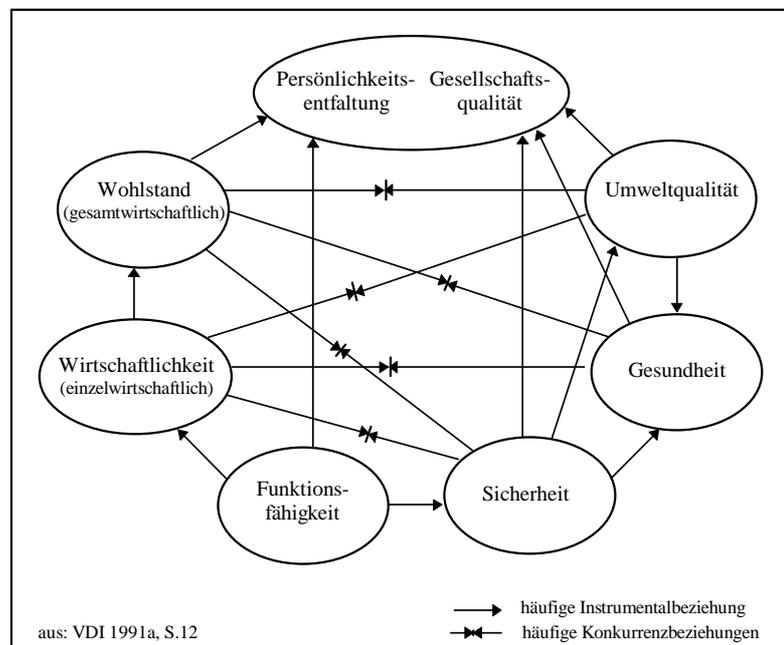


Abb. 4 Das Werteoktagon

5.3.2.1 Instrumental-, Konkurrenzbeziehungen zwischen den Grundwerten

Zwischen den oben aufgeführten Werten im Werteoktagon können *Instrumentalbeziehungen* oder auch *Konkurrenzbeziehungen* auftreten.

Um eine Instrumentalbeziehung handelt es sich dann, wenn die Erfüllung eines Wertes der Förderung, d.h. der Verwirklichung eines anderen Wertes dienlich ist. Beispielsweise fördern sowohl die Umweltqualität als auch die Sicherheit die Gesundheit des Einzelnen (*siehe Abb. 4*).

¹ HARTMANN, E. 1996, S. 96

² VDI 1991, S. 10

Bei einer Konkurrenzbeziehung liegen Konfliktpotentiale vor, d.h. die Erfüllung eines Wertes kann die Beeinträchtigung eines anderen Wertes nach sich ziehen. Diese Konkurrenzbeziehung soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Beispiel: Zwischen den Grundwerten der *Wirtschaftlichkeit* eines Einzelunternehmens und der *Umweltqualität* kann eine Konkurrenzbeziehung herrschen. Sie kommt dadurch zustande, daß Umweltgüter zum Teil öffentliche Güter sind, d.h. sie sind für jedermann zugänglich, und niemand kann von der Nutzung eines öffentlichen Gutes ausgeschlossen werden. Da es möglich ist, Abfallstoffe unentgeltlich in die Umweltmedien Wasser, Luft und Organismus abzugeben und dieses aus der Sicht eines Unternehmens billiger ist, als Maßnahmen zur Emissionsverminderung oder- Vermeidung zu ergreifen, kommt es zu einer zunehmenden Verschlechterung der Umweltbedingungen und des Wirtschaftswachstums, sofern der Staat nicht interveniert. Das Unternehmen erzeugt durch sein Verhalten sogenannte externe Effekte, indem es durch seine Handlung Einfluß auf das Wohlergehen Dritter nimmt, ohne das es finanzielle Einbußen befürchten muß. Anders ausgedrückt: Die internen Kosten des Verursachers bleiben gleich, während sich die gesamtwirtschaftlichen Kosten erhöhen, denn die Kosten zur Wiedergutmachung eines Schadens (z.B. Aufbereitung des Wassers, Sanierung von Baudenkmalern, Maßnahmen zur Rettung der Wälder) werden in der Regel von der Allgemeinheit getragen.¹ Die auf die Allgemeinheit abgewälzten Kosten führen dazu, daß die finanziellen Mittel nicht zur Förderung und Entwicklung alternativer Technologien eingesetzt werden können.

Als ein weiteres Beispiel kann die Konkurrenzbeziehung zwischen den Grundwerten *Funktionsfähigkeit* eines technischen Systems und der *Persönlichkeitsentfaltung*² angeführt werden. Das Recht auf die informationelle bzw. kommunikative Selbstbestimmung wird beispielsweise im Bereich der Telekommunikation durch die, von der Technik hervorgebrachte, Rufumleitung in den Telekommunikationsanlagen z.T. gestört.

5.3.2.2 Instrumental-, Konkurrenzbeziehungen innerhalb der jeweiligen Grundwerte

Instrumentalbeziehungen und Konkurrenzbeziehungen sind nicht nur zwischen den einzelnen Grundwerten anzutreffen, sondern auch innerhalb eines Grundwertes. So kann beispielsweise innerhalb des Grundwertes *Funktionsfähigkeit* eine Konkurrenzbeziehung zu den einzelnen Unterwerten bzw. Elementen dieses Grundwertes (z.B. zwischen den Unterwerten Brauchbarkeit, Machbarkeit, Wirksamkeit, Perfektion, technische Effizienz) herrschen.

¹ Zu einzelnen umweltpolitischen Lösungsansätzen dieser Problematik siehe: HÜBNER, M. 1994; KROL, G.J. 1997, S 769ff. Zu den Wertkonflikten siehe HUBIG, Chr. 1999, S. 29f.; HUBIG, Chr. 2000, S. 104ff.

² Unterwert des Grundwertes der Persönlichkeitsentfaltung ist die informationelle bzw. kommunikative Selbstbestimmung.

Es sei angemerkt, „daß das Bundesverfassungsgericht im Zusammenhang der Diskussion um das Volkszählungsgesetz vom 15.12.1983 den Begriff der informationellen Selbstbestimmung aus Bestimmungen des Grundgesetzes heraus einführt (BVerfGE, 1ff.).“ (SCHÄFERS, B. 1993, S. 182)

Innerhalb des Grundwertes der *Umweltqualität* können beispielsweise die Ressourcenschonung und die Minimierung von Emissionen mit dem Landschafts- und Artenschutz in Konkurrenzbeziehung treten. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein künstlicher See bzw. Staudamm für ein Wasserkraftwerk angelegt werden muß, dabei jedoch seltene Tier- und Pflanzenarten vernichtet werden. Ein eindrucksvolles Beispiel dafür ist der Bau des größten Staudamms der Welt am Jangtsekiang in der Volksrepublik China, der im Jahre 2009 fertiggestellt sein soll. So werden die 26 Generatoren in der Staumauer voraussichtlich 18000 Megawatt leisten, was der Leistung von 15 Kernkraftwerken des Typs Biblis entspricht. Es treten beim Wasserkraftwerk kaum schädliche Emissionen während des Energieumwandlungsprozesses auf, jedoch müssen dafür rund 60000 Hektar Land weichen. Die „Drei großen Schluchten“, ein Kulturgut von unschätzbarem Wert, das auch eine der größten Touristenattraktionen Chinas darstellt, müssen weichen. Ferner wird nicht nur die von Dichtern immer wieder gepriesene herrliche Landschaft mit Inschriften in den Felswänden und Tempeln an den Ufern, ein Nationalmonument Chinas, in den Fluten versinken, auch der Yangtse-Flußdelphin und der chinesische Alligator werden aller Voraussicht nach durch die Schlammmenge, die der Yangtse-Fluß dann alljährlich zu Tal führen wird, endgültig aussterben.¹

5.3.2.3 Ergänzende Aspekte zum Werteoktagon

Es ist anzumerken, daß je nach Kontext neben den im Werteoktagon dargestellten Konkurrenzbeziehungen auch Instrumentalbeziehungen (z.B. wenn ein Unternehmen Umwelttechnik herstellt) auftreten können.²

Die Realisierung der Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Produktes kann der Persönlichkeitsentfaltung des Mitarbeiters dienlich sein. Wenn jedoch aufgrund des Einsatzes dieses Produktes oder mangelnder Wirtschaftlichkeit einzelne Arbeitnehmer erwerbslos werden, konkurriert der Wert der Funktionsfähigkeit mit dem Wert der Persönlichkeitsentfaltung. Die Sicherung des Arbeitsplatzes ist eine Voraussetzung dafür, daß ein Arbeitnehmer im Unternehmen seine Persönlichkeit entfalten kann.

Die Ausführungen zu den Werten haben gezeigt, daß die vom VDI aufgestellten Werte nur eine grobe Orientierung bei der Bewertung einer Technik bzw. bei der Präferenz einer Technik sein können und je nach Anwendungsfall die konkreten Beziehungen sowohl zwischen als auch innerhalb der Werte näher zu betrachten sind.

Da es oftmals recht schwierig ist, aufgrund der Konkurrenzbeziehungen einen Wert zu präferieren, erscheint es zwingend notwendig, zwischen *variablen*

¹ Zu den ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen von Dammpjekten siehe BAUER, J. 2001, S. 23ff.

² VDI 1991, S. 13

Steigerungswerten und *fixen Minimalwerten* zu unterscheiden, was in der VDI-Richtlinie 3780 vernachlässigt wurde.¹

Bei den *Minimalwerten* handelt es sich um minimale Erfüllungsgrade, die auf jeden Fall erreicht werden müssen. Die Minimalwerte gelten universell und kommen in moralischen Regeln, in Gesetzen und in den Menschenrechten zum Ausdruck. Alles das, was über den Minimalwert an zusätzlicher Wunscherfüllung, Bedürfniserfüllung und Motivbefriedigung möglich ist, kann als *Steigerungswert* angesehen werden. Solche Steigerungswerte können wünschenswert sein, sind jedoch oftmals nicht erforderlich.

Die Begriffe des *Minimalwertes* und des *Steigerungswertes* sollen im folgenden mittels der Grundwerte, der Persönlichkeitsentfaltung und der Gesellschaftsqualität bzw. den dazugehörigen Unterwerten Handlungsfreiheit und Bewegungsfreiheit nähere Erklärung finden.

Beispiel: Mittels der Technik läßt sich die individuelle Bewegungsfreiheit des einzelnen steigern. Ein startbereiter Privathubschrauber im eigenen Hausgarten stellt aus heutiger Sicht einen maximalen Steigerungswert der Mobilität dar. Im Gegensatz zu diesem strittigen Maximalwert ist die individuelle Bewegungsfreiheit des Fußgängers ein Minimalwert, und jede Einengung dieses Minimalwertes kann als Freiheitsberaubung gesehen werden.

Mittels der Minimalwerte soll gewährleistet werden, daß der einzelne Mensch vor vermeidbarem Übel bewahrt wird. Im Rahmen der technischen Entwicklung bzw. der Bewertung von Technik sollte als Forderung gelten, daß nicht gegen einen Minimalwert verstoßen werden darf, um irgendwelche maximalen Steigerungswerte zu verfolgen.

Beispiel: Produkte, die Lebewesen ernsthaft gefährden, dürfen nicht auf den Markt gebracht werden, auch nicht dann, wenn mit einer maximalen Steigerung des Wertes wie z.B. der Wirtschaftlichkeit zu rechnen ist.

5.3.2.4 Werte und Ziele am Beispiel eines PKW-Ottomotors²

Um sich dem Wertbegriff weiter zu nähern, scheint es sinnvoll, diesen in den Zusammenhang mit anderen normativen Begriffen zu stellen; solche Begriffe, in denen Vorstellungen zum Ausdruck gebracht werden, was sein soll bzw. was wünschenswert ist. Die Verfasser der VDI Richtlinie 3780 ziehen hierzu normative Begriffe wie *Ziele*, *Kriterien* und *Normen* heran, da der Inhalt eines

¹ Folgende Ausführungen zu den variablen Steigerungswerten und den fixen Minimalwerten orientieren sich an den Diskussionsergebnissen (bzw. dem Beitrag von DETZER, K.; RAPP, F.; ROPOHL, G.: „Defizite der individuellen und institutionellen Verantwortung“) des Kolloquiums der VDI-Hauptgruppe am 13. Juni 1996 in Kassel. Eine journalistische Wiedergabe der Veranstaltung liegt als Sonderheft „VDI nachrichten fazit -Technik und Verantwortung“ vor. Das Sonderheft erschien als Beilage der Zeitschrift VDI nachrichten im September 1996.

² Die folgenden Ausführungen orientieren sich an der VDI-Richtlinie 3780 (1991) (neue Auflage 2000), den Erläuterungen und Hinweisen dieser Richtlinie (1997) und den Ausführungen von ROPOHL, G.; LENK, H.; RAPP, F. 1988.

Wertes aus Bedürfnissen hervorgehen kann und er sich in den oben genannten normativen Begriffen konkretisieren läßt.¹

Da bei technischen Entscheidungen zwischen Werten und Zielen entschieden werden muß, werden im folgenden beispielhaft die Beziehungen zwischen Werten und Zielen herausgestellt, die im Prozeß der konkreten Technikbewertung auftreten können. Dazu werden typische Zusammenhänge eines PKW-Ottomotors betrachtet. Bevor auf die Beziehungen zwischen den Werten und Zielen eingegangen wird, erfolgt eine begriffliche Abgrenzung des Zielbegriffes. Der VDI definiert den Begriff wie folgt:

„Ein Ziel ist ein als möglich vorgestellter Sachverhalt, dessen Verwirklichung erstrebt wird. Beliebige Erscheinungen der Wirklichkeit, so zum Beispiel Zustände, Gegenstände, Handlungen, Prozesse oder Beziehungen, kann man sich als möglich vorstellen und, sofern sie als realisierbar erscheinen, zum Ziel setzen. Je konkreter Ziele formuliert werden, desto exakter können sie auch quantitativ bestimmt werden.“²

Der Zielbegriff enthält normative Elemente, denn es kommen in einem Ziel Vorstellungen zum Ausdruck, was sein soll bzw. was erwünscht ist.

Beispiel: Bei der Entwicklung eines Verbrennungsmotors eines Automobils kann beispielsweise das erwünschte Ziel *hohe Motorleistung* lauten. Denkbar ist aber auch das Ziel einer mittleren oder niedrigen Motorleistung. Erfährt dieses erwünschte Ziel eine weitere Konkretisierung (z.B. in der Form: „Der Motor soll in einem definierten *Drehzahlbereich x pro Sekunde* ein bestimmtes *Drehmoment y Nm* aufweisen“), so wird dieses Ziel als ein Unterziel bezeichnet. Das heißt unter Zuhilfenahme von Unterzielen wird konkretisiert, was mit einem Ziel genau gemeint ist.

Wenn zu dem Ziel der *hohen Motorleistung* die Forderung auftritt: „*Der Motor soll von hoher Qualität*“ sein, so ist das Ziel der *hohen Motorqualität* ein mögliches Oberziel. Das Oberziel kann sich nicht nur in der *hohen Motorleistung*, sondern auch in den Zielen der *langen Lebensdauer* und der *Umweltfreundlichkeit* konkretisieren (siehe Abb. 5).

Erwünschte bzw. die zu erstrebenden Ziele müssen durch entsprechende Maßnahmen realisiert werden; d.h. es gilt geeignete *Mittel* einzusetzen, um das Ziel zu erreichen. Häufig wird auch von einem *Zweck*, dem das Mittel dient, gesprochen; insofern haben die beiden Ausdrücke *Ziel* und *Zweck* synonyme Bedeutung.

Beispiel: Möchte man das Ziel *Umweltfreundlichkeit* erreichen, so kann der niedrige Kraftstoffverbrauch als ein Mittel dazu gesehen werden, was auch als Mittelziel bezeichnet wird.

¹ VDI 1991, S. 4

² VDI 1997, S. 17

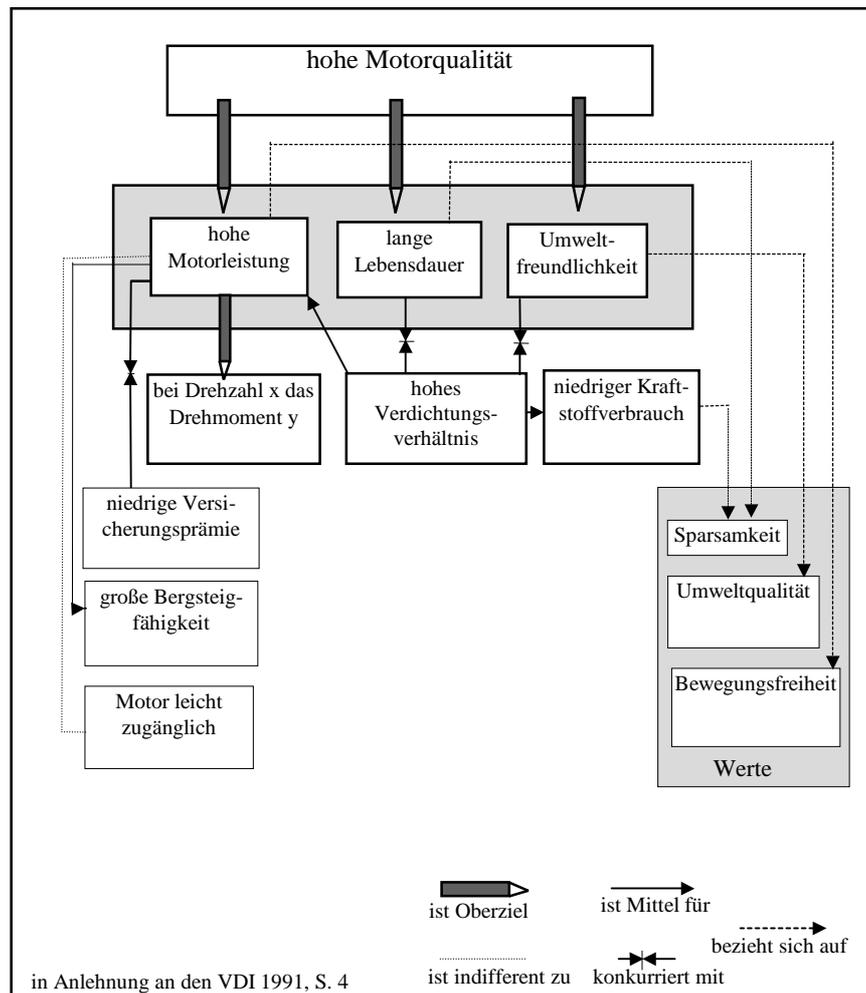


Abb. 5 Beziehungen zwischen Zielen und Werten (dargestellt am Beispiel typischer Zusammenhänge des PKW-Ottomotors)

Zwischen den Oberzielen, Mittelzielen und Unterzielen besteht oftmals ein Beziehungsgefüge hierarchischen Charakters derart, „daß konkretere Zielformulierungen den allgemeinen Zielvorstellungen untergeordnet werden. Zielhierarchien können durchaus mehr als drei Stufen aufweisen und in der höchsten Stufe sehr allgemeine Vorstellungen vom Gewollten oder Erwünschten zum Ausdruck bringen, die dann sprachlich kaum noch als Ziele bezeichnet werden, sondern dem, was der Wertbegriff bezeichnet, bereits sehr nahe kommen.“¹

Da das menschliche Handeln in der Regel auf die Erreichung mehrere Ziele gleichzeitig abzielt, bestehen zwischen den Zielen nicht nur Hierarchiebeziehungen, sondern auch Beziehungen anderer Art. Wenn z.B. zwei Ziele erreicht werden können, ohne daß eines der beiden Ziele durch das andere

¹ VDI 1997, S. 17f.

Ziel eine Beeinträchtigung erfährt, so liegt eine „*Indifferenzbeziehung*“ vor, andernfalls eine „*Konkurrenzbeziehung*“. Ersterer Fall scheint nicht erklärungsbedürftig zu sein, während der zweite Fall eher eine nähere Betrachtung erfordert.

Beispiel: Neben der Erreichung einer hohen *Motorleistung* kann es ein Ziel sein, die Versicherungsprämie für den Fahrzeughalter in bestimmten monetären Grenzen zu halten. Dieses wirtschaftliche Interesse steht mit dem Ziel der *hohen Motorleistung* in einer Konkurrenzbeziehung, sofern sich die Versicherungsprämie mit zunehmender Motorleistung erhöht (*siehe Abb. 5*).

Stehen die Mittel nicht zur Verfügung, die für ein bestimmtes Ziel erforderlich sind, so müssen sie zunächst geschaffen werden. Diese zu erschaffenden Mittel sind dann wiederum als Ziele zu betrachten. Auch eine Umkehrung ist möglich, nämlich dann, wenn ein Ziel als ein Mittel zur Erreichung eines anderen Zieles herangezogen werden muß.

Beispiel: Um eine *hohe Motorleistung* zu erzielen, wird das Mittel *hohes Verdichtungsverhältnis* (das bedeutet eine Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades) vorgesehen. Dieses Lösungsprinzip wird für die konstruktive Gestaltung des Ottomotors somit zum Ziel.

Umgekehrt erweist sich die „*hohe Motorleistung*“ als ein Mittel bezüglich des Zieles einer „*hohen Bergsteigfähigkeit*“ oder der Erreichung einer „*hohen Dauergeschwindigkeit*“ des Automobils.

Die beschriebenen Mittel-Ziel-Ketten sind von anderer Art als die vorher aufgezeigten begrifflichen Hierarchiebeziehungen, so daß hier nicht von einer Hierarchie gesprochen werden kann. Die Mittel-Ziel-Beziehung, auch als Instrumentalbeziehung bezeichnet, birgt insofern Schwierigkeiten in sich, als daß die Anwendung eines Mittels möglicherweise unerwünschte Folgen für das angesprochene Ziel beinhaltet.

Beispiel: Ein hohes Verdichtungsverhältnis ist beispielsweise nicht nur ein Mittel für eine „*hohe Motorleistung*“, sondern hat neben den möglichen wünschenswerten Folgen wie z.B.:

- raumsparende Bauweise des Motors bzw. leicht zugängliche Bauweise,
- niedriger relativer Kraftstoffverbrauch

auch unerwünschte Nebenfolgen wie z.B.:

- Ottomotor wird klopfempfindlich,
- hohe Beanspruchung des Materials und somit mögliche geringere Lebensdauer.

Da nahezu immer Konkurrenzbeziehungen zwischen den einzelnen Zielen auftreten, stellt sich die Frage, welches Ziel man dem anderen im Konkurrenzfall vorziehen soll, oder anders ausgedrückt, welchem Ziel man die Präferenz geben soll. Für die Bestimmung von Präferenzen (bei der Entscheidung über Ziele und Mittel) zieht man sogenannte Auswahlgesichtspunkte heran, die auch als Kriterien

bezeichnet werden und soweit wie möglich mit Hilfe von Maßstäben quantifiziert werden (z.B. Meßdaten von Emissionen). Ein Kriterium ist demnach im Rahmen einer Technikbewertung ein wichtiges Merkmal, mit dem entschieden werden kann, ob eine bestimmte Bedingung erfüllt ist.

Bei der konkreten Auswahl von Mitteln bezieht man sich u.a. auf das Kriterium der Tauglichkeit des Mittels zur Zielverwirklichung. Dabei ist immer das Ziel im Auge zu behalten, welches an erster Stelle steht. Ein Mittel sollte nicht nur aufgrund seines Mittelcharakters (in Bezug auf die erklärten Ziele) beurteilt werden, sondern auch hinsichtlich möglicher anderer Folgen.

Beispiel: Entscheidet man sich bei der Motorentwicklung für ein bestimmtes *Verdichtungsverhältnis*, so sollte diese Entscheidung nicht nur aufgrund des Kriteriums geschehen, wie das Ziel *hohe Motorleistung* erreicht werden kann, sondern es sollte festgestellt werden, inwieweit aufgrund von Folgen wie z.B.:

- geringerer relativer Kraftstoffverbrauch,
- erhöhte Materialbeanspruchung,
- Klopfempfindlichkeit des Motors,

andere Ziele verwirklicht werden bzw. nicht verwirklicht werden können.

So widerspricht die Folge der *erhöhten Materialbeanspruchung* dem Ziel *der Motor soll eine lange Lebensdauer haben*, obwohl das Ziel der *längeren Lebensdauer* ebenso wie das Ziel *der hohen Motorleistung* im Oberziel der *hohen Motorqualität* enthalten ist. Ebenso verhält es sich mit dem Ziel eines *umweltfreundlich arbeitenden Motors*, denn diesem Ziel widerspricht die Folge *Klopfempfindlichkeit des Motors*, sofern das Klopfen des Motors mit Betreiben eines bleihaltigen Kraftstoffes behoben werden soll.

Kriterien für die „Gewichtung und Auswahl von Zielen“ sowie für die „Beurteilung von Mitteln“ können nur unter Bezug der bereits an anderer Stelle angesprochenen Werte gewonnen werden.

Beispiel: Gibt man dem Ziel *hohe Motorleistung* den Vorzug, so kann es sein, daß dieses mittels der Bezugnahme des Wertes *Bewegungsfreiheit (Freiheit)* erfolgt. Präferiert man hingegen die *Umweltfreundlichkeit*, wozu auch ein *niedriger Kraftstoffverbrauch* ein Mittel sein kann, so greift man auf den allgemeinen Wert *Umweltqualität* zurück. Gibt man den Zielen *niedriger Kraftstoffverbrauch* oder der *langen Lebensdauer* den Vorzug, steht der Wert *Sparsamkeit* im Vordergrund.

5.4 Moralische Regeln / Normen ¹

In den Ausführungen „Ergänzende Aspekte zum Werteoktogen“ kamen Überlegungen zum tragen, daß nicht jedes menschliche Handeln zugelassen werden darf, was technisch machbar und ökonomisch wünschbar wäre. Angesprochen in diesem Zusammenhang ist die Moral, deren Aufgabe es ist,

¹ Ausführungen in Anlehnung an: ROPOHL, G. 1996, S. 308-329.

vermeidbares Übel, das auf menschliche Handeln zurückgeht, zu verhindern. Unter *Moral* wird in der Regel ein System von Überzeugungen bezüglich gebotener, erlaubter, unerlaubter bzw. guter, schlechter und böser, Handlungsweisen verstanden. Werden solche Überzeugungen artikuliert, dann lassen sich allgemeine Soll-Aussagen transformieren, die dann als *Normen* bezeichnet werden.¹ Anstatt der Begrifflichkeit *Normen* kann auch der gleichbedeutende Terminus *moralische Regeln* verwendet werden.

ROPOHL stellt sechs allgemeine moralische Regeln auf, die im Prozeß der Technikbewertung zu beachten sind und gesellschaftliche Vorkehrungen verlangen, so daß eine Durchsetzung gesichert wird. Als moralische Regeln sind zu nennen:

„(Regel 1: Leben) Niemand darf gegen seinen Willen getötet werden.

(Regel 2: Gesundheit) Niemand darf gegen seinen Willen verletzt, gequält oder anderweitig in seiner Gesundheit geschädigt werden.

(Regel 3: Gerechtigkeit) Niemand darf von den Grundbedingungen einer angemessenen Lebensführung ausgeschlossen werden.

(Regel 4: Freiheit) Niemand darf in der Selbstbestimmung der persönlichen Lebensführung und in der freien Wahl unter seinen wohlverstandenen Entfaltungsmöglichkeiten beschränkt werden.

(Regel 5: Wahrheit) Niemand darf in seinem Vertrauen zu anderen erschüttert werden.

(Regel 6: Solidarität) Niemand darf seine Befähigung den anderen vorenthalten.“²

Im Gegensatz zu den Werten, die durch stetige, manchmal nach oben offene Skalen charakterisiert sind und mehr oder weniger erfüllt werden können, nehmen moralische Regeln darauf Bezug, welche Handlungen zu unterlassen sind, um andere vor vermeidbarem Übel und Leid zu bewahren. Die moralischen Regeln sollen das unverzichtbare Minimum an Lebensqualität sicherstellen.³

Normen, so die VDI-Richtlinie 3780, „sind auf soziale Verbindlichkeit und Vereinheitlichung angelegte Verhaltensregeln, die unter Bezug auf Werte in einer gesellschaftlichen Gruppe oder in der Gesamtgesellschaft Verhaltenserwartungen und Handlungsanweisungen bestimmen; Verstöße gegen Normen ziehen Sanktionen nach sich, die von der Mißbilligung bis zur Bestrafung reichen können.“⁴

¹ OTT, K. 1994, S. 6.

² ROPOHL, G. 1996, S. 321

³ Das bedeutet, daß mit den moralischen Regeln und ihrer Entsprechung in den Menschenrechten eine normative Grundlage vorliegt, die als kleinster gemeinsamer Nenner eines ansonsten höchst inhomogenen Wertpluralismus gilt und somit den erforderlichen Minimalkonsens stiften kann. (ROPOHL, G. 1996, S. 323)

⁴ VDI 1991, S.,5

Eine darüber hinausgehende Unterscheidung der Begriffe Werte und Normen ist bei ROPOHL / LENK / RAPP zu finden, die die Definition der VDI-Richtlinie ergänzt.

„Während es bei Werten umstritten ist, ob sie grundsätzlich gesellschaftlichen Charakter haben oder ausnahmsweise auch nur für einzelne Menschen bestimmt sind [d.h. Werte können individuell unterschiedlich aufgefaßt werden (d.Verf.)], tragen Normen grundsätzlich überindividuellen Charakter. Während man sich Werte vorstellen kann, deren Vernachlässigung folgenlos bleibt, zieht der Verstoß gegen Normen in aller Regel gesellschaftliche Sanktionen nach sich [somit haben Normen personenübergreifenden gesellschaftlichen Charakter (d.Verf.)]. Und während Werte im Umfang und Inhalt nicht selten eine gewisse Unbestimmtheit aufweisen, zeigen sich Normen, schon um sanktionsfähig zu werden, eher als relativ präzise Regeln, die oft schriftlich oder gar gesetzlich festgelegt sind. Gleichwohl sind auch Normen finale Konzeptionen, in denen sich Werte konkretisieren.“¹

KORNWACHS nimmt eine Unterscheidung zwischen moralischen und juristischen Normen vor. Die juristischen Normen gelten aufgrund einer legitimierten Instanz, sie sind räumlich wie zeitlich von beschränkter Geltung und werden begründet, verkündet und instandgesetzt. Die Sanktionsmöglichkeiten sind institutionalisiert. Die moralischen Normen gelten hingegen überindividuell und sind über den Instanzen stehend.²

Das folgende Beispiel, das erneut die Thematik der Mobilität aufgreift, soll den Unterschied zwischen der moralischen Regel und der des Wertes verdeutlichen.

Beispiel: Die aufgestellte vierte moralische Regel besagt, daß kein Mensch *in der Selbstbestimmung der persönlichen Lebensführung* und in seiner *wohlverstandenen Entfaltungsmöglichkeit* eingeschränkt werden darf. *Wohlverstanden* bedeutet, daß die persönliche Entfaltungsmöglichkeit nicht die Entfaltungsmöglichkeit einer anderen Person einschränken darf. Diese Regel verbietet das Extrem der Mobilitätsverweigerung, d.h. das Unterbinden der allgemeinen Bewegungsfreiheit des einzelnen Menschen. Sie untersagt jedoch keineswegs, „jenes wochenendliche Nomadentum zu begrenzen, daß die Verkehrswege regelmäßig zur Materialschlacht vergeudeter Ressourcen, frustrierter Gemüter und zerstörter Leiber pervertiert.“³ Werte beinhalten denkbare Steigerungen der Lebensqualität. Im Bereich der Mobilität reicht die Werteskala vom Aktionsradius des Fußgängers bis hin zur derzeitigen Maximierung des Privathelikopters auf dem eigenen Grundstück. Da durch die vierte moralische Regel eine Freiheitsberaubung ausgeschlossen wird, ist alles das, was über die Wertausprägung der Fußgängerfreiheit hinausgeht, moralisch nicht geboten. Eine darüber hinausgehende Mobilität kann lediglich als wünschenswert bzw. empfehlenswert gelten, zumindest solange nicht andere moralische Regeln

¹ ROPOHL, G.; LENK, H; RAPP, F. 1988, S. 58

² KORNWACHS, K. 1999, S. 141

³ ROPOHL, G. 1996, S. 324

tangiert bzw. verletzt werden. Ein solcher Fall würde eintreten, wenn der durch den Start und Landung verursachte unvermeidliche Lärm des Privathubschraubers die Gesundheit der Anwohner beeinträchtigen würde.

6. Aspekte der Technikbewertung

In diesem Kapitel werden weitere Aspekte der Technikbewertung einer näheren Betrachtung unterzogen. Das im folgenden beschriebene Komponentenmodell zeigt die möglichen Dimensionen auf, die durch Technik berührt sein können. Im Anschluß daran werden die unterschiedlichen Typen der Technikbewertung anhand von zwei Strängen (Zeitpunkt, Anlaß) näher dargelegt. Darauf folgend werden die Arbeitsschritte beschrieben, die im Rahmen des Prozesses von Technikbewertung durchlaufen werden können. Es wird versucht, die Vorgehensweise einer Technikbewertung mit Hilfe eines Phasenmodells zu verdeutlichen. Schließlich wird auf das zur Verfügung stehende Methodenrepertoire eingegangen, das in der Praxis der Technikbewertung Anwendung findet.

6.1 Das Komponentenmodell der Technikbewertung

Das folgende Komponentenmodell zeigt die unterschiedlichen Wirkungsdimensionen der Technik auf. Es erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und kann gegebenenfalls ergänzt und modifiziert werden.

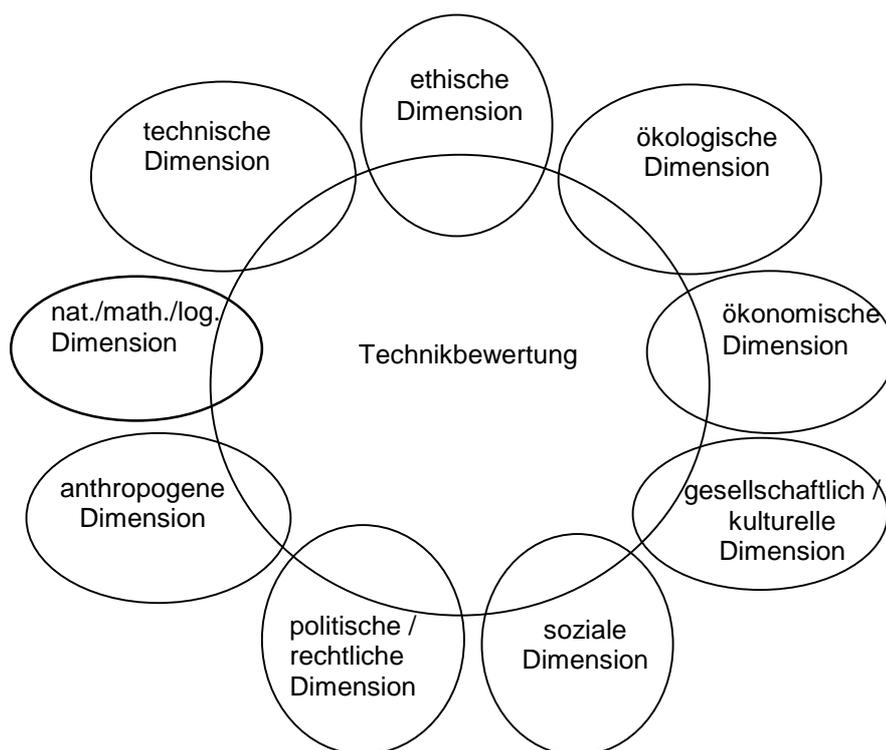


Abb. 6 Komponentenmodell der Technikbewertung

In dem Komponentenmodell befindet sich die Technikbewertung im Kernbereich, die sich daran angrenzenden Dimensionen sind bei einer Technikbewertung näher zu betrachten. Es scheint selbstverständlich, daß bei der Betrachtung der Folgen und Bewertung einer Technik nicht jede Dimension herangezogen werden muß, da die jeweilige Technik die Dimensionen unterschiedlich tangiert.

Im folgenden werden die einzelnen Wirkungsdimensionen der Technik näher beschrieben, wobei es sich nicht umgehen läßt, daß aufgrund der in der Realität vorhandenen Verzahnungen der einzelnen Dimensionen Überschneidungen in den Erklärungen auftreten.

6.1.1 Anthropogene Dimension

Die anthropogene Dimension bezieht sich auf die Ermittlung der Folgen einer Technik auf den Menschen. Insbesondere GEHLEN¹ hat versucht aufzuzeigen, daß Technik auf menschliche Bedürfnisse bezogen ist, da der Mensch von seiner natürlichen Ausstattung ein „Mängelwesen“ darstellt. Das bedeutet, ihm fehlen weitgehend natürliche Organe, die es ihm ermöglichen, in verschiedenen Umwelten zu überleben. Technik stellt somit „Daseinserleichterung“, „Organersatz“, „Organentlastung“ und „Organüberbietung“ dar.²

Da die Errungenschaften des technologischen Fortschritts jedoch nicht nur dem Menschen dienen, sondern durch den Einsatz die menschliche Gesundheit und Umwelt gefährden können, läßt sich aus dieser Ambivalenz heraus das Kriterium der Humanverträglichkeit bzw. der humanen Angemessenheit von Technik ableiten.

Die Humanverträglichkeit

Eine inhaltliche Präzisierung des Begriffs Humanverträglichkeit stellt ein schwieriges Unterfangen dar. Denn ein Zustand, der gestern noch als human eingestuft wurde, kann heute bereits schon als inhuman angesehen werden. Was z.B. während der Industrialisierung vielfach als menschengerecht hingenommen wurde, erfährt heute eine andere Beurteilung. Es wird also deutlich, daß eine inhaltliche Präzisierung des Begriffs Humanverträglichkeit bzw. humaner Angemessenheit zeitpunktgebunden ist und vom gesellschaftlichen Kontext her verstanden werden muß.

Dennoch läßt sich vom heutigen Standpunkt aus sagen, Technik sollte so gestaltet sein, daß sowohl im Arbeitsleben als auch in der alltäglichen Lebenswelt weitestgehend Schäden bzw. durch Technik hervorgerufene unerwünschte Folgewirkungen für den Menschen ausgeschlossen werden. Die Technik ist demnach dem Menschen anzupassen und nicht umgekehrt. So beinhaltet die Humanverträglichkeit die psychische und physische Unversehrtheit des Menschen in Freizeit, Betrieb, Schule und Haushalt durch weniger Schadstoffbelastung und Lärm, unbehagliches Raumklima, geringeres Unfallrisiko etc..

MAI betrachtet die betriebliche Arbeitsplatzgestaltung als eine Form der Technikbewertung, bei der die Vermeidung negativer Folgen (z.B. psychisch Überforderung, Monotonie) als ausdrückliches Gestaltungsziel bei der Konstruktion der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu beachten ist.³

¹ GEHLEN, A. 1957; 1961

² ROPOHL, G. 1979, S. 54f.; SANFLEBER, H.; TRAEBERT, W.E. 1978, S. 13

³ MAI, M. 2001, S. 117ff.; siehe auch die Ausführungen zum Aktionsprogramm „Humanisierung des Arbeitslebens“ der Bundesregierung Anfang der 70er Jahre von SCHREYÖGG, G. 1997, S. 320; BULLINGER, H.J.; BRAUN, M. 2001, S. 109ff.

Exemplarisch soll kurz auf die betriebliche Arbeitsplatzgestaltung eingegangen werden, mit der sich vor allem die Ergonomie beschäftigt. Unter den Oberbegriff Ergonomie fallen heute im engeren Sinne mehrere Wissenschaften: die Arbeitsphysiologie, die Arbeitspsychologie und die Arbeitswissenschaft. Das Anliegen der Ergonomie ist es, von außen einwirkende Bedingungen und Störgrößen zu erkennen und diese so zu gestalten bzw. zu beeinflussen, daß aus humanitärer Sicht, aber unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte, optimale Arbeitsverhältnisse entstehen. Die Maßnahmen der Ergonomie, die sich mit der Anpassung der Arbeit an den Menschen beschäftigen, werden also als ein Weg erkannt, der sowohl humanitären Ansprüchen gerecht werden soll, als auch gleichzeitig durch Leistungsverbesserung zu wirtschaftlichem Erfolg führen soll.

Nach REFA (seit 1924: Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung; seit 1936: Reichsausschuß für Arbeitszeitstudien; seit 1948: Verband für Arbeitsstudien, REFA e.V.) beschäftigt sich die Ergonomie im wesentlichen mit:¹

- der Analyse und Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsmittel (z.B. Arbeitsstuhl, Arbeitstisch u.a.),
- der Analyse und Gestaltung der Arbeitsumgebung (z.B. Schall, Klima u.a.) und
- der Analyse und Gestaltung der Arbeitsorganisation (z.B. Arbeitsinhalt, Arbeitszeit u.a.).

Folgende *Abb. 7* zeigt einzelne Bereiche der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung. Der linke Zweig verkörpert die *anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung*. Sie beschäftigt sich mit der optimalen Wahl der Körperstellung und -haltung, dem Greifraum, der Arbeitsplatzhöhe und den Gewichten, die am Arbeitsplatz dem Menschen angepaßt werden sollen.

Der rechte Zweig beinhaltet ebenfalls Umweltfaktoren, die die Leistungsfähigkeit des Menschen beeinflussen oder gar zu einer gesundheitsgefährdenden Belastung führen können. Die *physiologische Arbeitsplatzgestaltung* kann im allgemeinen in zwei Bereiche (physikalisch, psychologisch) unterteilt werden. Zu den *physikalischen Bereich* zählen Umwelteinflüsse wie:

- Lärm,
- Beleuchtung,
- Raumklima,
- Strahlungen und Schwingungen,
- chemische Arbeitsstoffe / Schadstoffkonzentrationen,
- krebserzeugende und mutagene Arbeitsstoffe.

Der zweite Bereich, die *psychologische Gestaltung*, beschäftigt sich mit der Verbesserung von Umweltbedingungen, die die Arbeitsfreude und die Arbeitszufriedenheit beeinflussen. Als Beispiel ist hier die Farbgestaltung von Arbeitsstätten zu nennen. Ebenso können darunter Belastungen durch

¹ Vgl. REFA 1985, S.161

Schichtarbeit bzw. organisationstechnische und informationstechnische Arbeitsplatzgestaltungsaspekte aufgeführt werden.

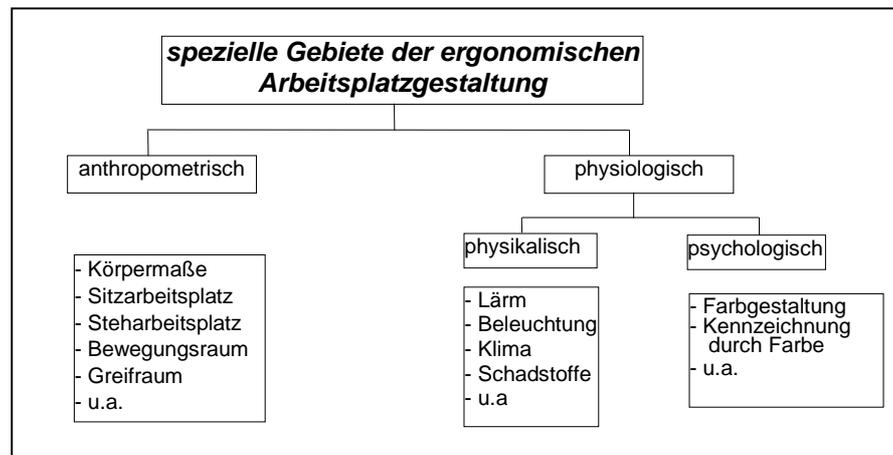


Abb. 7 Spezielle Gebiete der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung

6.1.2 Die ökologische Dimension

Die ökologische Dimension behandelt Folgefragen wie beispielsweise der Schadstoffausstoß auf die Umwelt, welcher durch den technischen Prozeß in der Produktion oder den Einsatz bestimmter Techniken und technischer Produkte entsteht. Diese Dimension geht über die humane Angemessenheit hinaus.

Denn: Unter *Umwelt* wird alles Leben und Materie (Menschen, Fauna, Flora, Luft, Klima, Wasser) verstanden, also das, was von einem technischen Objekt in einem festgelegten Betrachtungsraum umgeben wird. Je nach Verhältnissen kann die Umwelt um das technische Objekt nah oder fern abgegrenzt werden. Entscheidend ist, inwieweit Wirkungen vom technischen Objekt auf den Nahbereich (lokal; z.B. der Betrieb) oder Fernbereich (regional, überregional, global) ausgehen. Umgekehrt ist aber auch zu berücksichtigen, daß von der Umwelt schädliche Auswirkungen (z.B. durch natürliche Vorgänge wie Erdbeben, Unwetter, Brände, Korrosion) ausgehen können. Ein Unterschätzen der Bedeutung der Umwelt kann schwerwiegende Folgen für die Sicherheit technischer Systeme haben.¹

Im Zusammenhang mit der ökologische Dimension sind z.B. Fragen hinsichtlich

- des Rohstoffabbaus,
- der Klimaveränderungen,
- der Immissionsbelastungen des Bodens, des Wassers und der Luft,
- der Erhaltung und Schonung der Menschheit, der Tier- und Pflanzenwelt,
- der Entsorgungsmöglichkeiten technischer Objekte

aufzuwerfen.

¹ Vgl. KUHLMANN, A. 1995, S. 281

Um möglichst alle relevanten Umweltauswirkungen eines technischen Gegenstandes oder Verfahrens zu berücksichtigen, scheint es unerlässlich, den *gesamten Lebenszyklus* einer Technik zu betrachten. Der Gesamtlebenszyklus umfaßt alle Fertigungsstufen von der Rohstoffgewinnung über die Produktherstellung und Nutzung, bis zum Recycling bzw. der Entsorgung. Ein Instrument zur ökologischen Bewertung stellt die sog. *Ökobilanz* dar. Eine umfassende ökologische Bewertung kann im Idealfall nur in Kooperation aller an der Prozeßkette beteiligten Unternehmen erfolgen. Schwierigkeiten ergeben sich, die Angaben, die im Rahmen der Stoff- und Energiebilanzen ermittelt wurden, so zu verdichten, daß sie zur Entscheidungsfindung herangezogen werden können. Absolute Aussagen zur Berechtigung eines Produktes sind aufgrund einer Ökobilanz nicht möglich. Ökobilanzen sind keine feststehenden Größen oder Konstanten, da sie abhängig vom Stand der Wissenschaft und der technischen Entwicklung sind. Um dennoch Daten zur Entscheidungsfindung (Technikbewertung) heranziehen zu können, sind Umweltqualitätsziele zu definieren. In dem Bereich der Definition der Umweltqualitätsziele (z.B. Fragen bzgl. Toxizität eines Stoffes) besteht derzeit erheblicher Forschungsbedarf. Wissenschaft, Politik und Industrie auf nationaler und internationaler Ebene sind gefordert, diesbezüglich Entscheidungen zu treffen.¹

Problematisch im Rahmen der Diskussion zur ökologischen Verträglichkeit ist die Tatsache, daß das, was über keinen monetären Wert verfügt, häufig ignoriert wird oder eine mindere bzw. sekundäre Rolle zugewiesen bekommt. Diskussionen über die „Naturverträglichkeit“ laufen so Gefahr, hinter Aspekten der Wirtschaftlichkeit verdrängt zu werden, zumindest solange Pflanzen- oder Tierarten nicht gewerblich genutzt werden.

Hinsichtlich der ökologischen Verträglichkeit gibt es eine Reihe gesetzlich festgeschriebener Grenzwerte bzw. Richtwerte. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß diese Grenzwerte nahezu ausschließlich in experimentellen Verfahren eruiert werden und die kumulativen Wirkungen mehrerer, unterschiedlicher Faktoren nur in geringem Maß erforscht sind.

Problematik der Bewertung der ökologischen Verträglichkeit am Beispiel chemischer Stoffe

Während des technischen Prozesses entstehen zahlreiche chemische Stoffen wie z.B. Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten und Stäube, die beim Menschen Gesundheitsstörungen hervorrufen, aber auch eine Gefahr für die Tier- und Pflanzenwelt darstellen können. Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Diagnostik wurden zum Schutz der oben genannten Bereiche unterschiedliche Beurteilungskriterien (MAK-Werte, MIK-Werte, MEK-Werte, BAT-Werte, TRK) festgeschrieben.

MAK-Werte

Für die Bewertung von Luftverunreinigungen am Arbeitsplatz werden jährlich durch die "Senatskommission zur Überprüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft" sog. MAK-Werte

¹ Vgl. VDI-Jahrbuch 1995/1996, S. 44ff.

(Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) festgeschrieben. Die MAK-Werte¹ sind keine gesetzlichen Grenzwerte, sondern lediglich Richtwerte für den durchschnittlichen Gehalt an Luftverunreinigungen am Arbeitsplatz bei achtstündiger (bzw. wöchentlich 40 stündiger) Exposition.

Die Werte sind nur für den gesunden Arbeitnehmer gültig; bei einer Schwangerschaft gelten für einzelne Stoffe verschärfte Bedingungen.² Das Einhalten der MAK-Werte bedeutet keineswegs, daß keine Gesundheitsgefährdungen bestehen. Die Gründe lassen sich wie folgt zusammenfassen:³

- Die Werte gelten nur für den Luftpfad. Ist eine Einwirkung über die Haut oder Verschlucken gegeben, dann müßte diese berücksichtigt und entsprechend eine niedrigere Konzentration in der Luft eingehalten werden.
- Die MAK- Werte berücksichtigen im allgemeinen nicht, ob ein Stoff zu Allergien führen kann. Außerdem ist nicht für alle allergisierenden Stoffe ein Warnvermerk »S« in der Liste aufgeführt.
- Die Werte gelten nicht für empfindliche Personengruppen, sondern nur für den "gesunden Normalbürger". Arbeitnehmer, die möglicherweise eine verringerte Abwehrkraft besitzen, sind somit nicht im ausreichendem Maße geschützt.
- Eine erhöhte Gefährdung kann dann eintreten, wenn keine gesunde Ernährung vorliegt oder wenn Arbeitnehmer Alkohol, Zigaretten oder Medikamente einnehmen, so daß eine erhöhte Giftigkeit von Arbeitsplatzchemikalien nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Faktoren, aber auch Wohngifte (bspw. schädliche Gase aus Farben oder Spanplatten), allgemeine Umweltgifte (z.B. Benzol im Straßenverkehr, Pestizide in der Nahrung), denen der Mensch auch neben der Arbeit ausgesetzt ist, sind bei der Festlegung der MAK-Werte nicht berücksichtigt worden.
- Sogenannte gesicherte Erkenntnisse sind Grundlage der MAK-Werte. Bei der Grenzwertfestlegung sind keine Verdachtsmomente berücksichtigt, von denen in der Literatur häufig berichtet wird, weil der Beweis für einen Ursache-/Wirkungszusammenhang fehlt. Wenn z.B. eine Befragung einen statistischen Zusammenhang zwischen Blasenkrebs und Lösemittel

¹ Die MAK-Werte gelten nur für den reinen Schadstoff (Gas, Dampf, Schwebstoff), hängen vom jeweiligen Stand der Erkenntnis ab und erfahren unter Umständen nach oben oder unten Änderungen. Die Werte für Gase und Dämpfe werden in ppm (parts per million = cm^3 Gas / m^3 Luft) bei einer Temperatur von 20°C und einem Luftdruck von 760 Torr und bei Schwebstoffen in mg pro m^3 Luft angegeben. Die Werte sollen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigen bzw. nicht zur unangemessenen Belästigung führen. MAK-Wert-Tabellen mit Stoffbezeichnung und chemischer Formel sowie der MAK-Werte findet man bei der deutschen Forschungsgemeinschaft. (Vgl. DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (DFG) 1992, S. 17ff.)

² Vgl. SCHMIDTKE, H. 1993, S. 299f. ; vgl. auch HETTINGER, Th.; WOBBE, G.1993,S. 238f.

³ Vgl. ELSNER, G.1988, S. 93ff.

nahelegt, hat das nicht unmittelbar die Folge, daß Grenzwerte abgesenkt werden.

BAT-Werte

Da die MAK-Werte in Deutschland nicht gesetzliche Schwellenwerte darstellen, die Problematik von Schwellenwerten im Organismus jedoch bekannt ist, gibt es neben den MAK- Werten die BAT-Werte¹ (*früher*: MOK-Werte Maximale Organ-Konzentration).

Durch die BAT-Werte soll die unterschiedliche individuelle Aufnahmefähigkeit und Empfindlichkeit, die z.B. durch Geschlecht, Konstitution und Alter bedingt ist, berücksichtigt werden. Es handelt sich hier um ermittelte Organkonzentrationen, deren Überschreitung ein Gesundheitsrisiko darstellt oder deren Nachweis Hinweise auf eine zu starke Exposition gibt.

Die BAT-Werte werden von den Gewerkschaften als eine sinnvolle Ergänzung zu den MAK-Werten gesehen, jedoch nicht als Ersatz für andere arbeitsplatzbezogene Grenzwerte. Sie befürchten, daß unter den herrschenden Anwendungsbedingungen die BAT-Werte von einem Arbeitsschutz- zu einem Personalselektions-Instrument degeneriert wird. Es besteht die Gefahr, daß schwächere, nicht so gesunde Personen ausgesondert werden. Schlechte BAT-Werte bei einem Arbeitnehmer würden nach Meinung der Gewerkschaften nicht zur Emissionsbegrenzung führen, sondern zum Auswechseln der Arbeitsperson. Dennoch ist festzustellen, daß besondere Belastungswerte von Personen entdeckt werden können und diese möglicherweise vor Schaden bewahrt werden.²

MIK-Werte; MEK-Werte; TRK-Werte

Desweiteren sei auf die sog. MIK-Werte (Maximale Immissions-Konzentration für Umwelt-Luftverunreinigungen), MEK-Werte (Maximale Emission-Konzentration) und TRK (Technische Richt-Konzentration) hingewiesen.

Die MIK- und MEK-Werte sind für den Nachbarschaftsschutz von besonderer Bedeutung. Es handelt sich um Höchstkonzentrationen an bestimmten Gasen oder Schwebstoffen in der Atmosphäre (z.B. Schwefeldioxid), die auf 24 Stunden und die Umwelt bezogen sind. Die Konzentrationen sollen bei Dauerwirkung oder wiederholter Einzelwirkung weder zu Schäden (sowohl bei Menschen als auch bei Tieren, Pflanzen und Sachgütern) noch zu erheblichen Belästigungen der Anwohner führen. Die Immissionswerte werden durch die VDI-Kommission als Grenzwerte empfohlen und sind verbindliche Verwaltungsvorschriften.³

¹ "Der BAT-Wert (Biologischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert) ist die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Arbeitsstoffes bzw. Arbeitsstoffmetaboliten oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Kenntnis im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten auch dann nicht beeinträchtigt, wenn sie durch Einflüsse des Arbeitsplatzes regelhaft erzielt wird. Wie bei den MAK-Werten wird in der Regel eine Arbeitsstoffbelastung von maximal 8 Stunden täglich und 40 Stunden wöchentlich zugrunde gelegt. BAT-Werte sind als Höchstwerte für gesunde Personen konzipiert." (DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (DFG) 1992, S. 106)

² Vgl. ELSNER, G. 1988, S. 100

³ Vgl. SCHMIDTKE, H. 1989, S. 299f.

Die Technische Richtkonzentration (TRK-Werte) schließt bei einer Verwendung bestimmter Stoffe (anders als bei den MAK-Werten) eine Gesundheitsgefährdung nicht aus. Es gibt für diese Stoffe bestimmte Richtwerte, weil diese Stoffe technisch unvermeidbar sind oder zum Teil auch natürlich vorkommen, bzw. im Verlaufe der Fabrikation als unvermeidbare Nebenprodukte entstehen. Es werden nur für solche Stoffe TRK-Werte aufgestellt, für die zur Zeit keine toxikologisch-arbeitsmedizinisch begründete MAK-Werte aufgestellt werden kann. Die Gründe dafür sind, daß sich bspw. Krebs oder Erbgutveränderungen erst nach Jahren und Jahrzehnten, unter Umständen erst in künftigen Generationen manifestieren. Es kann nicht ermittelt werden, inwieweit sich nach Einwirkung bestimmter Stoffe Erbgutveränderungen bilden. Die technischen Richtkonzentrationen sind an technischen Gegebenheiten, möglicher technischer Prophylaxe und arbeitsmedizinischer Erfahrung orientiert. Der Arbeitgeber hat bei der Arbeitsplatzgestaltung dafür zu sorgen, daß die TRK-Werte unterschritten werden, bzw. er soll fortlaufende Verbesserungen der technischen Schutzmaßnahmen anstreben, so daß die Werte möglichst unterhalb der TRK liegen.¹

6.1.3 Die soziale Dimension

Im Gegensatz zur Humanverträglichkeit, wo es um die Verträglichkeit der Technik für den Menschen als biologisches Wesen geht, untersucht die soziale Dimension die Beziehung der Technik zum Menschen als soziales Wesen. Unter der sozialen Dimension verbirgt sich auch das Ziel der *Sozialverträglichkeit*² einer Technik. Dabei bezieht sich die Sozialverträglichkeit keineswegs nur auf Aspekte des Berufslebens, sondern auch auf die nicht im Erwerbsleben stehenden Menschen.

Seit geraumer Zeit gilt die sozialverträgliche Technikgestaltung als eine Herausforderung für Politik, Wissenschaft und andere Bereiche. Auf Bundesebene wurde die Forderung nach einer sozialverträglichen Technikgestaltung durch das Programm „Humanisierung der Arbeitswelt“ und durch das darauf folgende Programm „Arbeit und Technik“ mit ebenso hohem Stellenwert weiter gefördert. Auf Landesebene wurde der Aspekt der Sozialverträglichkeit durch das Nordrhein-Westfalen-Programm „Sozialverträgliche Technikgestaltung“ und im Bundesland Bremen durch das Programm „Arbeit und Technik“ aufgegriffen.³

Die Sozialverträglichkeit bzw. Verantwortlichkeit für die Folgen des technischen Handelns auf das soziale Gefüge einer Gesellschaft nimmt für RAUNER im Bereich der Technikgestaltung einen zentralen Stellenwert ein. Er begreift die Technikentwicklung als eine Dimension der Gestaltung sozialer Zukunft, so daß die Frage nach der gesellschaftlichen Verantwortung der Technikgestaltung, nicht erst während der Technikanwendung zu stellen ist. Die Gestaltung der sozialen

¹ Vgl. REFA 1991, 352

² Nach TRAEBERT (1991, S. 9) ist der „Begriff „Sozialverträglichkeit“ in starkem Maße diffus. Gerade das aber scheint umgekehrt einen Teil seines Wertes auszumachen, so widersinnig das klingen mag: gelingt es doch dadurch, eine Vielzahl bisher nicht und offenbar auch generell schwer konkretisierbar, gleichwohl zunehmend als wichtig empfundene Faktoren in die Diskussion über Technikbewertung einzubeziehen.“

³ Vgl. BARON, W.M 1995, S. 57

Zukunft ist sowohl eine Aufgabe der Wissenschaft, der Politik als auch eine Aufgabe vielfältig betroffener Arbeitnehmer und Konsumenten. Bereits im Bereich der Forschung und Technikentwicklung scheint es unerlässlich, „soziale Phantasie zu initiieren, damit bereits im Stadium naturwissenschaftlicher Grundlagenforschung mögliche -technologisch induzierte - Entwicklungen eher abgeschätzt werden können. Besonders in diesem Bereich steht die Praxis der „sozialverträglichen Technikgestaltung“ in der universitären und außeruniversitären Forschung noch ganz am Anfang.“¹

Im Rahmen der Arbeit der Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergie-Politik“ im Jahre 1986 wurde ein Kriterienkatalog entworfen, in dem u.a. die Bewertungskategorie „Sozialverträglichkeit“ aufgenommen wurde. Danach versteht man unter der Sozialverträglichkeit die Verträglichkeit einer Technologie mit der vorhandenen sozialen Ordnung.²

Für zukünftige technologische Entwicklungen lassen sich für den Bereich der Sozialverträglichkeit folgende Prinzipien aufstellen, die gegebenenfalls einer Ergänzung bedürfen:³

- Übereinstimmung mit der Verfassung, d.h. die verfassungsrechtlich gewährleisteten Grundrechte und Prinzipien (z.B. Rechtsstaatlichkeit, Revidierbarkeit politischer Entscheidungen im Mehrparteiensystem, Datenschutz, Information- und Meinungsfreiheit) dürfen nicht eingeschränkt oder gefährdet werden.
- Die persönlichen Freiheitsgrade in der Lebensführung des Einzelnen dürfen nicht eingeschränkt werden.
- Zukunftsoffenheit, d.h. Optionen offenhalten, sich einer Technik entziehen zu können. Dazu zählt auch, daß wirtschaftliche und technische Strukturen nicht so weit festgeschrieben werden, daß dadurch zukünftige Generationen in ihrer Flexibilität (z.B. Lebensführung, Lebensqualität) eingeschränkt werden.
- Technologische Entscheidungen müssen auf breitem politischen Konsens beruhen und eine Zustimmung betroffener gesellschaftlicher Gruppen erfahren.

Abschließend ist auf die *Sozialverträglichkeitsprüfung* hinzuweisen, mit deren Konzipierung die Erwartung verbunden wird, ein Verfahren der Technikbewertung zu gewinnen, „auf dessen Grundlage über die Entwicklung und Anwendung neuer Techniken(folgen) informierter entschieden werden kann als bislang.“⁴

¹ RAUNER; F. 1988, S. 10

² Vgl. von THIENEN, V. 1988, S. 169

³ In Anlehnung des aufgestellten Kriterienkataloges der Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergie-Politik“. Entnommen aus: von THIENEN, V. 1988, S. 169

⁴ von THIENEN, V. 1988, S. 165

6.1.4 Die technische Dimension¹

In erster Linie sollen mittels der Technik erwünschte Wirkungen erzielt werden; deshalb hängt es in der Regel von der Funktionsfähigkeit des technischen Objektes ab, inwieweit die jeweilige Technik in ihrer Anwendung Einsatz findet. Inwiefern eine bestimmte Funktionsfähigkeit erreicht ist, läßt sich anhand unterschiedlicher technischer Kriterien festmachen, die im Bereich der technischen Dimension angesiedelt sind.

Zu diesen Kriterien gehört die *technischen Brauchbarkeit*, unter der zu verstehen ist, inwieweit die Beschaffenheit einer Technik den menschlichen Nutzungsbedürfnissen entspricht und inwieweit eine Technik in ihrer Funktion überhaupt tauglich ist. Diese Anforderungen lassen sich z.B. mit den Eigenschaften wie Einfachheit, Robustheit, Reparaturfreundlichkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Wartungsfreundlichkeit, Lebensdauer, Funktionssicherheit, Recyclingfähigkeit beschreiben.

Die *technische Effizienz*, ein weiteres Kriterium, stellt eine gewisse Scheidelinie zur ökonomischen Dimension dar. Nicht selten werden technikspezifische Beurteilungsaspekte, wie z.B. der energetische Wirkungsgrad, aus ökonomischer Sicht abgeleitet. Die technische Effizienz kann dennoch der technischen Dimension subsumiert werden, da die Effizienz in technisch-naturwissenschaftlichen Größen gemessen wird.

TRAEBERT führt das Kriterium der ökonomischen Rationalität als Bedingung realer Technik auf. In Anlehnung an die Ökonomie beschreibt er die Komponente der ökonomischen Rationalität folgendermaßen: „In der allgemeinsten Form läßt sich die ökonomische Komponente der Technik als Beziehung des Ergebnisses (output) eines technischen Prozesses auf den dazu notwendigen Einsatz (input) fassen. Diese Größe wird vielfach auch als Produktivität, im engeren Sinne als Technizität bezeichnet und gilt gemeinhin als spezifischer Ausdruck des ökonomischen Prinzips. [...] Die enge Verbindung von Technik und Ökonomie zeigt sich auch darin, daß im engeren Bereich der Technik ein ähnlicher Begriff wie der der Produktivität existiert, der des Wirkungsgrades, worunter man normalerweise das Verhältnis von eingesetzten Faktoren (z.B. Leistung, Energie, Rohstoffe) zur Ausbringung (Energieabgabe, Erzeugnismenge) versteht. Im technischen Bereich ist dieses Verhältnis aus naturgesetzlichen Gründen immer kleiner als 1 bzw. 100%, im ökonomischen Bereich ist keine derartige Begrenzung existent. Wertmäßig verstanden, läßt sich lediglich daraus allgemein ableiten, daß bei Relationen kleiner als 1 offenbar mit Verlust gearbeitet wird und man deshalb im Normalfall zu möglichst großen Werten tendiert.“²

Im Rahmen der technischen Dimension sollten bereits auf der Stufe der Technikentwicklung neben der Funktionsfähigkeit Fragen hinsichtlich möglicher unerwünschter Folgen eines Einsatzes aufgegriffen werden. Die möglichen Schadwirkungen bei der Nutzung der Technik sind so klein wie möglich bzw. in vorgegebenen Grenzen zu halten. Als Schadwirkungen sind sowohl unfallartige

¹ In Anlehnung an den VDI 1991, S. 7ff.; VDI 1997, S. 27ff.

² TRAEBERT, W.E. 1991, S. 7

Schäden, die durch die Betriebsbelastung eines technischen Objektes (z.B. Temperatur, Schwingungen, Verschleiß, Explosion, statische und dynamische Belastungen, Alterung von Werkstoffen) ausgelöst werden, als auch solche, die infolge von Umweltbelastungen (z.B. Erdbeben, Korrosion, Sturm, Strahlungen, Brände) auftreten können, zu verstehen. Diese Schadwirkungen nehmen beispielsweise Einfluß auf das Betriebsverhalten einer technischen Anlage, auf das Leben und die Gesundheit von Mensch und Tier sowie auf die Umwelt. Ein wesentliches Instrumentarium, das sich mit der Reduzierung bzw. Vermeidung möglicher Gefahren bei der Nutzung von Technik beschäftigt, ist die Sicherheitstechnik bzw. Sicherheitswissenschaft. Zentrales Aufgabenfeld der Sicherheitswissenschaft besteht in der Forschung und Lehre über Sicherheit, in der auf besondere Zusammenhänge zwischen Unfällen, ihren Ursachen, ihren Folgen und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens eingegangen wird.¹

6.1.5 Die naturwissenschaftliche - mathematische - logische Dimension

So wie die anderen Dimensionen im engen Zusammenhang mit der technischen Dimension zu betrachten sind, trifft dies auch für die naturwissenschaftliche - mathematische - logische Dimension zu. Dieser funktionelle Zusammenhang bedeutet nicht, daß beispielsweise diese Dimension der technischen Dimension zugeordnet wird. Die naturwissenschaftliche - mathematische - logische Dimension stellt eine eigene Dimension dar und beinhaltet Ergebnisse aus naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten (z.B. mechanische Schwingungen und Wellen, Wirkungsgrad, Energieerhaltungssatz, Drehmoment, Magnetismus, Akustik). Für die Bewertung einer Technik ist die naturwissenschaftliche - mathematische - logische Dimension unerlässlich, da sie die Grenzen der Machbarkeit einer Technik aufzeigt. Diese Dimension ermöglicht es ferner aufgrund der naturgesetzlichen Bedingungen, aufzuzeigen, daß nicht alles, was wünschenswert auch technisch durchführbar ist. Anhand der naturwissenschaftlichen Größen, wie z.B. dem Drehmoment, Wirkungsgrad, verfügt die Technik über objektive Bewertungskriterien.

6.1.6 Die ökonomische Dimension

Die ökonomische Dimension umfaßt Fragestellungen hinsichtlich des wirtschaftlichen Charakters einer Technik und scheint im Hinblick auf das Für und Wider einer technologischen Errungenschaft oftmals das zentrale Argument zu sein. Kriterium der Wirtschaftlichkeit einer Technik ist aus *betriebswirtschaftlicher* Sicht, daß langfristig gesehen die erzielbaren Einkünfte durch eine Technik höher sind als die der Anschaffung und der fixen Kosten. Oftmals sind es diese Kriterien, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht ein technisches Gerät oder Verfahren zur Anwendung kommen lassen.

Die Wirtschaftlichkeit beschränkt sich jedoch nicht nur auf die betriebswirtschaftliche, sondern auch auf die *volkswirtschaftliche* Ebene. Die Betrachtung der Folgen einer Technik sowie deren Auswirkungen auf das Bruttosozialprodukt stellt beispielsweise eine typische volkswirtschaftliche Betrachtungsweise dar. Die volkswirtschaftliche Sicht sollte bei einer

¹ Weitere Ausführungen zu der Thematik der Sicherheitswissenschaft (z.B. Verfahren und Methoden der Sicherheitstechnik) in : KUHLMANN, A. 1995

Technikbewertung berücksichtigt werden und Argument sein, ob eine Technik realisiert wird. In der VDI-Richtlinie 3780 werden die gesamtwirtschaftlichen bzw. volkswirtschaftlichen Werte mit dem Begriff Wohlstand gekennzeichnet, hingegen die einzelwirtschaftlichen bzw. betriebswirtschaftlichen Werte mit dem Terminus Wirtschaftlichkeit.

6.1.7 Gesellschaftlich-kulturelle Dimension

Im Rahmen der *gesellschaftlich-kulturellen* Dimension werden Fragen hinsichtlich gesellschaftlicher Veränderungen durch bisherige technische Entwicklungen aufgeworfen, aber auch die Auswirkungen potentieller technologischer Entwicklungen auf den Menschen thematisiert. Letztere Betrachtungsweise befaßt sich mit der Sozialverträglichkeit, während erstere auf eine historische Betrachtung gesellschaftlichen Verhaltens auf technologische Entwicklungen eingeht. Die gesellschaftlich-kulturelle Betrachtung bisheriger technischer Entwicklungen und deren Folgen stellt in erster Linie eine Grundlage aktueller Diskussionen dar. Anhand früherer Entwicklungen sollen Entwicklungstendenzen (z.B bezüglich des Konsumverhaltens) erkannt werden, um dann im weiteren Schritt der Technikbewertung entsprechend Maßnahmen zu ergreifen, um auf die Entwicklung Einfluß zu nehmen. Diese Dimension stellt somit eine weitere wichtige Dimension im Rahmen einer Technikbewertung dar.

Inwieweit durch gesellschaftliches Verhalten oder gesellschaftliche Trends technische Verbesserungen neutralisiert werden, versuchen folgende Beispiele zu verdeutlichen:¹

Beispiel (Automobil): Die neueren Automobile kommen bei gleicher PS-Zahl mit ca. zwei Litern weniger Sprit auf 100 Kilometern aus als vor zehn Jahren. Dennoch ist der Spritverbrauch gestiegen, da die Motoren leistungsstärker geworden sind, zu schnellerem Fahren „verführen“ und die Nachfrage nach PS-starken Autos gestiegen ist. Desweiteren hat sich die Zahl der PKWs in den vergangenen zwanzig Jahren verdreifacht. Hinzu kommt, daß sich die im Durchschnitt pro Einwohner im motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Kilometer etwa verdreifacht haben und sich der Kraftstoffverbrauch entsprechend erhöht hat.

Rein rechnerisch verfügt jede zweite Person in der BRD über ein Automobil. Aufgrund des Trends zum Einpersonenhaushalt und wegen des Wunsches vieler Familien nach einem *Zweit-* oder gar *Drittwagen* ist in Zukunft mit einem weiteren Anstieg des PKW-Bestandes zu rechnen. Ebenso ist eine Zunahme des PKW-Bestandes in den wenig industrialisierten Ländern festzustellen.²

Durch die erhebliche Anzahl der Automobile mit einem Benzin- oder Dieselmotor ist mit einem weiteren Ansteigen des Ressourcenverbrauches und weiteren Umweltbelastungen zu rechnen. Umweltbelastungen ergeben sich auch aufgrund

¹ Angaben aus: KELLER, M. 1992, S.15ff.; aktualisierte Auflage (2001) des „Datenreport 1999“ des statistischen Bundesamtes; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit „Umwelt und Auto“ 1997.

² Zahlenmaterial zum Bestand der Kraftfahrzeuge in der BRD liefert die aktualisierte Auflage (2001) des „Datenreport 1999“ des statistischen Bundesamtes.

des Aufkommens von Altöl, dem Lärm, den auftretenden Verlusten von Schmierfetten, Getriebeölen, Bremsflüssigkeiten, Batteriesäuren, Kraftstoffen sowie durch den Abrieb der Kupplungs- und Bremsbeläge und der Reifen. In den Bevölkerungs-Ballungsräumen kumulieren die gesundheitsschädigenden Abgasemissionen der Benzin- und Dieselmotorfahrzeuge. Am Gesamtschadstoffaufkommen ist der Verkehr mit den unterschiedlichen Emmissionen wie folgt (*siehe Abb. 8*) beteiligt:¹

Kohlenmonoxid	(CO):	72 %
Stickstoffoxide	(NO _x):	73 %
Kohlenwasserstoffe	(CH):	48 %
Kohlendioxid	(CO ₂):	23 %
Schwefeldioxid	(SO ₂):	7,0 %

Abb.8 Anteil der emittierten Schadstoffmengen des Verkehrs am Gesamtschadstoffaufkommen

Wie aus der *Abb. 8* hervorgeht, entstammen rund 72% des Kohlenmonoxides und 73% des Stickstoffoxides dem motorisierten Verkehr. Als weiteres sind die Kohlenwasserstoffe zu nennen, die mit 48% aus den Verbrennungsprozessen des Verkehrs entstehen. Schon kleinen Mengen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe dieser Gruppe werden kanzerogene (krebserregende) und mutagene (erbgutverändernde) Wirkungen attestiert. Nur ein geringer Teil, nämlich 23% Kohlendioxid und 7% Schwefeldioxid, entstammen den Schadstoffemissionen des Verkehrs und sind daher der Industrie, den Haushalten sowie den natürlichen Verbrennungsprozessen anzulasten.²

Ein weiteres Beispiel für die Änderung gesellschaftlichen Verhaltes läßt sich anhand von mit Benzin und Diesel betriebenen PKWs aufzeigen. Aus dem älteren Datenreport (1992, S.377) des statistischen Bundesamtes wird ersichtlich, daß der prozentuale Anteil der Neuzulassungen der Dieselfahrzeuge in der BRD seit den 60er Jahren rapide gestiegen ist (1960 waren es knapp 3% und 1990 rund 11%); der Anteil der Neuzulassungen der Benzinfahrzeuge hingegen sank (von 97,1% auf 88,9%). Dieser Trend zum Fahrzeug mit einem Dieselmotor hing vermutlich mit den Vorteilen³, wie z.B. geringer Kraftstoffverbrauch, Kraftstoffkosten und Wartungsaufwand des Motors, zusammen. Infolge dieser Entwicklung ist aber auch ein Ansteigen von Partikelemissionen aus Dieselmotoren zu verzeichnen,

¹ In Anlehnung des Vortrages von Herrn Prof. Dr. Ing. Dr. h.c. ALBERT KUHLMANN zum Thema „Umwelt und Verkehr“ an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg am 24.10.1996. Herr KUHLMANN ist Präsident der Weltkonferenz für Sicherheitswissenschaft, Gründungsvorsitzender der Störfallkommission, Vorsitzender des Vorstandes TÜV Rheinland und aktives Mitglied im Rat von Sachverständigen für Umweltfragen.

² Näheres zu den Auswirkungen der Schadstoffe auf den Menschen und die Umwelt in: JÄNICKE, M.; SIMONIS, U. E.; WEIGMANN, G.: Wissen für die Umwelt -17 Wissenschaftler bilanzieren-, Berlin, New York 1985

³ Nachteile sind z.B. die lauten Verbrennungsgeräusche sowie die erhöhten Kosten in der Herstellung und eine niedrigere Hubraumleistung.

wobei die recht großen Oberflächen der emittierten Rußpartikel mit schädlichen und zum Teil kanzerogenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen versehen sind. Seit dem 01.10.1996 darf EU-weit der Schwefelgehalt im Dieselkraftstoff 0,05 Gewichtsprozent (im Gegensatz 0,2 Gewichtsprozent bis 1996) nicht überschritten werden, so daß durch gesetzgeberische Maßnahmen dem Anstieg der Partikelemissionen entgegengewirkt wird.

Beispiel (Haushaltsgeräte):¹ Als weiteres Beispiel soll die Waschmaschine als Haushaltsgerät betrachtet werden. Neuere Waschmaschinen benötigen in der Regel 40 Prozent weniger Strom als vor 30 Jahren. Auf der anderen Seite hat sich die Wäschemenge aufgrund des veränderten Konsumverhaltens (öfterer Wechsel der Kleidung) je Haushalt nahezu verdreifacht. Ein Mehrverbrauch an Wasser und Strom ist somit zu verzeichnen. Ein effizienteres Arbeiten von Elektrogeräten ist auch noch bei anderen Haushaltsgeräten auszumachen. Jedoch wird diese technische Leistung durch den Trend zum Zweitgerät (beispielsweise der Trend zum zweiten Kühlgerät, Mehrfachausstattungen an TV-Geräten) zunichte gemacht.

Beispiel (Wohnraum): Wohnungen sind heutzutage besser isoliert, die Heizungen arbeiten effizienter; dennoch ist ein Mehraufwand an Energie und somit an nicht regenerierbaren Ressourcen zu verzeichnen. Das mag damit zusammenhängen, daß sich möglicherweise die Heizsaison verlängert hat, aber auch, daß die zu beheizenden Flächen zugenommen haben. Während sich der durchschnittliche Bundesbürger im Jahre 1960 noch mit ca. 17 Quadratmetern Wohnfläche begnügte, sind es im Jahre 2001 bereits mehr als 40 Quadratmeter. Ferner ist ein Trend zum Single-Haushalt auszumachen, so daß die Zahl der energieintensiven Einpersonenhaushalte steigt.

Beispiel (kulturelle Tradition): Technische Verbesserungen werden oftmals jedoch nicht nur durch gesellschaftliche Trends konterkariert. Es kann auch sein, daß eine bestehende *kulturelle Tradition* stärker ist als eine „pragmatische Innovation“. Folgendes Beispiel² soll verdeutlichen, daß es oftmals recht schwierig ist, eine „Nicht-Akzeptanz“ hinsichtlich technischer Innovationen vorherzusagen.

Um zu vermeiden, daß sich die Kleidung beim Vorbeigehen an einer offenen Tür verfängt und zerreißt, ist in England der Türkнопf erfunden worden bzw. an Stelle einer Türklinke weit verbreitet. Obwohl jährlich viele Kleidungsstücke (beispielsweise Blusen) in Europa bzw. anderen Ländern zerreißen, findet dieser technische Gegenstand weniger Zuspruch. Der traditionellen Türklinke wird Vorrang gegeben.

¹ Zur Ausstattung privater Haushalte mit Elektrogeräten siehe GLATZER, W. 1997, S. 127.

² Dieses Beispiel wurde in einer Eröffnungsrede zur Technikfolgenabschätzung von SAM WESTGATE vorgetragen, auf das KORNWACHS, K. (1991, S. 5) hinweist.

6.1.8 Die ethische Dimension

„Die ethische Dimension nimmt eine herausragende Rolle ein, indem sie eindeutig die Sichtweise der übrigen Dimensionen beeinflusst. Unsere Vorstellung über den Menschen und sein Verhältnis zu seiner Umwelt prägen die Betrachtungsweise und damit die Schwerpunkte der technischen und wissenschaftlichen Forschung sowie die Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf die Gesellschaft, den Menschen, die Natur und die Welt der künstlich hergestellten Gegenstände.“¹

Das Bedenken von Technikfolgen sollte die moralische Pflicht jedes einzelnen Menschen sein. Im Rahmen einer Technikbewertung gilt es, solche Lösungen zu suchen, die sich an vorgegebenen Maßstäben orientieren und ethisch vertretbar sind. Die Gestaltung und Festlegung der unterschiedlichen Maßstäbe ist eine interdisziplinäre Aufgabenstellung der unterschiedlichsten Akteure.²

Eine zentrale Fragestellung im Rahmen der ethischen Dimension ist, ob das wissenschaftlich und technisch möglich ist auch gemacht werden sollte, bzw. ob man alles das tun muß, was man tun kann.

Auf die Frage, wann denn eine technologische Entwicklung ethisch fragwürdig wird, formuliert DAECKE:

„Ethisch fragwürdig wird der technische Fortschritt dort, wo durch ihn nur wirtschaftliche Vorteile und äußerliche Lebensqualität in materieller Hinsicht gewonnen werden, durch seine *Folgen* aber Leben und Gesundheit - auch nichtmenschliches Leben - bedroht und geschädigt werden [...]. Bei einer ethischen Güterabwägung zwischen der Bewahrung und der Förderung des Lebens von Mensch und Natur einerseits und dem wissenschaftlichen und technischen Fortschritt andererseits hat der Fortschritt um seiner selbst willen einen geringen Wert.“³

Letzten Endes gibt es kein „Rezept“ für Entscheidungen, die der Einzelne zu treffen hat. Konkret: Erhält ein Ingenieur die Anfrage, ob er Schnellfeuergewehre konstruieren möchte, so ist seine Verantwortung gefragt, ob er dieses tun möchte oder nicht. Er sollte es sich jedoch nicht zu einfach machen und sagen: „Ich bin ja nur der Ingenieur, der die Gewehre konstruiert oder liefert, ob ein anderer damit jemanden erschießt oder nicht, liegt nicht in meiner Verantwortung“. Der Ingenieur ist auch ein verantwortliches Mitglied der Gesellschaft, und als solches sollte er sich einbringen. Er muß seine Kompetenzen, aber auch seine Grenzen erkennen. Möglicherweise entscheidet sich der Ingenieur im Beispiel für die Konstruktion von Schnellfeuergewehre, da er bei einer Entscheidung den damit verbundenen Arbeitsplatzeffekt heranzieht. Die bereits angesprochenen Werte bzw. *Minimalwerte* und *maximalen Steigerungswerte* sowie die *moralischen*

¹ HENSELER; HÖPKEN, 1996, S. 42

² Vgl. BULLINGER, H.J. 1994; S. 8

³ DAECKE, S.M. 1993 S. 30f.

Regeln (siehe Kapitel 5.3.2.3.) können möglicherweise in diesem Zusammenhang behilflich sein, in Konfliktsituationen Entscheidungen zu treffen.

Die Verantwortung eines Individuums sollte sich ferner nicht nur auf die gegenwärtige Zeit beschränken. Im Rahmen der ethischen Dimension ist auch die *Zukunfts- und Globalverträglichkeit* technologischer Entwicklungen zu berücksichtigen.

Es gibt technische Neuerungen, die uns heute Lebenden zwar nützen, deren Folgen jedoch nicht nur uns, sondern auch unserer Nachwelt schaden können. Exemplarisch sind die Belastung und Verseuchung der Umwelt durch Schwermetalle oder die Freisetzung genmanipulierter Organismen zu nennen. Aber auch die hemmungslose Ausbeutung von Energieressourcen bis hin zur Abholzung ganzer Wälder stellen einen „Angriff der Gegenwart auf die übrige Zeit“¹ dar, da dieses Verhalten die zukünftigen Generationen in erheblichem Maße belastet und einzuschränken droht.

Die negativen Folgen der Nutzung von Kernenergie (wie z.B. radioaktive Belastungen durch radioaktive Emissionen aus kerntechnischen Anlagen sowie die Endlagerung nuklearer Abfälle) in der BRD werden nicht nur regional von der gegenwärtigen und zukünftigen Generation getragen. Die Nutzung der Kernenergie wird teilweise auch durch Formen der Unterdrückung bis hin zur Zerstörung der Lebensgrundlagen einzelner Volksstämme in Afrika, Australien, Nordamerika getragen, also von jenen, die nicht an der Nutzung der Kernenergie teilhaben.²

6.1.9 Die politische - rechtliche Dimension

Bei der Planung und Realisierung von Technik werden Interessen und Ziele von Herstellern, Anwendern und Folgebetroffenen berührt. Da es aber in einem Staat nicht immer übereinstimmende Interessen gibt, sind auch auf Technik bezogene Gegensätze und Konflikte unvermeidlich. Mit Hilfe von Gesetzen, Erlassen, Verboten und Geboten übt der Staat im Hinblick auf technologische Entwicklungen erheblichen Einfluß aus. Im Rahmen einer Technikbewertung sind diese vom Staat erlassenen Verordnungen, Gesetze usw. einzuhalten. Eine weitere vorrangige Aufgabe des Staates muß es sein, technologische Entwicklungen zu fördern, in der die Fragen der Stabilität, des Wirtschaftswachstums, der Umwelt, der Erwerbsarbeit und der Gerechtigkeit eine zentrale Rolle einnehmen.

Im Rahmen des Umweltaspektes ist die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im Bereich der *rechtlichen Dimension* für die Technikbewertung von besonderer Bedeutung. Der Kern des Anspruchs der UVP ist, daß sämtliche Auswirkungen eines technischen Vorhabens untersucht und bewertet werden. Bei der UVP handelt es sich um ein förmliches *Verwaltungsverfahren* mit dem Ziel der

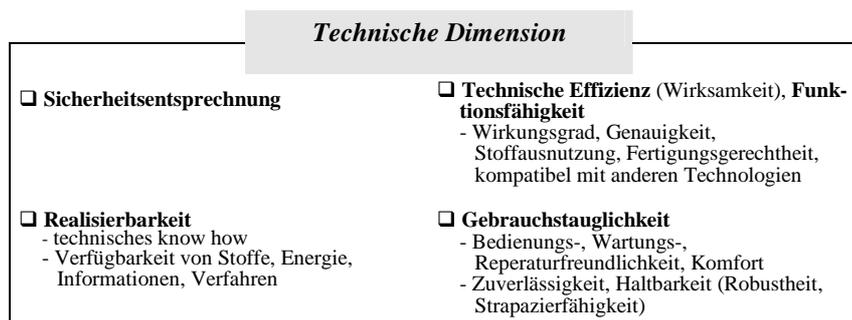
¹ SCHUCHARD, W.; WOLF, R. 1990, S. 16

² „Rund 70% der Uranerzstätten liegen in Gebieten indigener Völker. Bei den Gefährdungen durch den Uranbergbau geht es nicht nur um radioökologische Folgen und Eingriffe in die Landschaft. Die Lebensgrundlagen für alte Kulturen werden gefährdet, und erstaunlich häufig finden sich Uranminen unter Tabuzonen und Heiligtümern der UreinwohnerInnen, die durch den Abbau zerstört wurden und werden.“ (KALINOWSKI, M. 1993, S. 14; ; vgl. auch BEER, W. 1982, S. 80)

Umweltvorsorge, d.h. dem Schutz der Umwelt bei der Verwirklichung eines technischen Vorhabens, das an bestimmte verbindliche Fristen und auch festgelegte Schritte gebunden ist. Das Vorsorgeprinzip geht von der Grundüberzeugung aus, daß eine Verhinderung von Schäden effektiver ist als das nachträgliche Reparieren und Sanieren. „Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist also ein Instrument des präventiv orientierten Umweltschutzes zur Vorbereitung von Entscheidungen über umweltrelevante Vorhaben, d.h. die potentiellen Auswirkungen von Vorhaben auf die Umwelt sollen in umfassender, systematischer, medienübergreifender Weise erfaßt und bedacht werden, bevor über deren Zulassung entschieden wird.“¹

6.1.10 Wirkungsdimensionen der Technik und Beispiele von Kriterien zur Bewertung von Technik²

In einer Übersicht lassen sich die vorangestellten Dimensionen und mögliche Beispiele für Bewertungskriterien wie folgt anführen.³ Die einzelnen Dimensionen und Bewertungskriterien sind bei einer Technikbewertung nicht unabhängig voneinander zu betrachten. Die Erfüllung eines Kriteriums kann der Förderung bzw. Verwirklichung eines anderen Kriteriums dienlich sein (Instrumentalbeziehung). Es kann aber auch eine Konkurrenzbeziehung entstehen.⁴



¹ LUDWIG, B. 1995, S. 41
Näheres zur Umweltverträglichkeitsprüfung in: KÖTTER, L.; SCHULZ-ELLERMANN, A. 1989; PASCHEN H., PETERMANN, Th. 1992 S. 21f.; BARON, W. 1995, S. 56f.

² Die einzelnen Dimensionen und zugeordneten Kriterien wurden teilweise zusammengestellt aus: VDI-Richtlinie 3780; HENSELER / HÖPKEN 1996, S. 45; NENNEN, H.U. 1999, S.373ff.; SCHULTE, H. u.a. 1991; ROPOHL 1979a, TRAEBERT, W.E. 1991, S. 5-9.

³ In Anlehnung an diese aufgeführten Dimensionen und Bewertungskriterien erfolgt in Kap. 12 dieser Arbeit eine Analyse, inwieweit in den einzelnen Aufsatzveröffentlichungen der Fachzeitschriften der Naturwissenschafts- und Technikdidaktik eine Berücksichtigung einzelner Dimensionen und Bewertungskriterien bereits erfolgt ist.
Ferner können die hier aufgeführten Dimensionen und Bewertungskriterien dem Lehrenden Anregungen bei der Planung von Bewertungsaufgaben für den Technikunterricht liefern. Nicht immer eignet sich allerdings eine Bewertungsaufgabe, sämtliche Wirkungsdimensionen im gleichen Maße anzusprechen.

⁴ Nähere Ausführungen zu den Konkurrenz- und Instrumentalbeziehungen siehe *Kap.5.3.2.1.*

Ökologische Dimension

- Arten-, Wasser-, Klima-, Landschafts-**schutz
- Ressourcenschonung**
- Entsorgungs-, Recyclingfähigkeit**
- Richt-, Grenzwerte**
- Okkupation** (Abbau-, Bau-, Lagerplatz)
- Emissionen** (von einer Anlage oder Produkt freigesetzte feste, flüssige, gasförmige Stoffe bzw. abgegebene Strahlen, Wärme, Schall, Erschütterungen)
- Immissionen** (Einwirkungen der Emissionen auf die Umwelt)

Ökonomische Dimension

mikroökonomisch, makroökonomisch

- Kostenminimierung, Gewinn-**maximierung
- Unternehmenssicherung**
- Unternehmenswachstum**
- Bedarfsdeckung**
- Nationale / internationale Konkurrenz-**fähigkeit
- Wachstum** (qualitativ, quantitativ)

Naturwissenschaftliche/mathe- matische/logische Dimension

- Gesetzmäßigkeiten**
 - physikalisch
 - biologisch
 - chemisch
 - mathematisch-
logisch

Soziale Dimension

- Persönlichkeitsentfaltung**
 - Einschränkung bzw. Ausweitung der persönlichen Freiheitsgrade in der Lebensführung (Handlungsfreiheit, Bewegungsfreiheit, Privatsphäre)
 - Entsprechung/Anpassung sozialer Wünsche (individuell, gesellschaftlich) und Erfordernisse
 - Offenlegung von Forschungsergebnissen zur Meinungsbildung
 - körperliche Unversehrtheit
 - Informations- und Meinungsfreiheit
- Minimalkonsenz**
 - politischer Konsenz, Zustimmung gesellschaftlicher Gruppen
- Optionen offenhalten** sich einer Technik zu entziehen

Politische Dimension

administrativ-institutionell, rechtlich

- Technologieförderung, -steuerung, -**kontrolle
 - Schutz des Bürgers und der Umwelt vor Schädigungen des technischen Fortschritts
- Gesetze, Erlasse, Gebote, Verbote**
 - Verfassungsverträglichkeit der Technik
 - Sicherung menschlicher Grundrechte und Pflichten
 - Überprüfen der Technologieauswirkungen auf vorhandene Strukturen des politischen Systems
- Stabilität**
 - hoher stabiler Beschäftigungsstand
 - Preisniveaustabilität
- Wachstum**
 - Verbesserte Versorgung mit Gütern
 - Steigerung des Pro-Kopf-Einkommens
- Gerechtigkeit**
 - Gerechte Einkommens-, Vermögensverteilung (Leistungsgerechtigkeit, soziale Gerechtigkeit)

Gesellschaftliche /Kulturelle

Dimension

- historische Betrachtung technologischer Entwicklungen** (als Grundlage der aktuellen Diskussion)
- individuelles Verhalten, derzeitiger gesellschaftlicher Trend**
- kulturelle Tradition / Identität**
- Auswirkungen auf das gesellschaftliche, kulturelle Gefüge**

Ethische Dimension

- Normen, Werte, Verantwortung**
 - Motiv / Sinn des Handelns (was wird über die eigentliche Lebensnotwendigkeit hinaus bezweckt?)
 - Zumutbarkeit
 - Verantwortung hinsichtlich des Handlungsvorgangs, -folgen des Handelnden (Verantwortung vor sich selbst und anderen)
- Global-, Zukunftsverträglichkeit**

Anthropogene Dimension

- Humanverträglichkeit / Gesundheit / Sicherheit**
 - anthropometrische Anpassung (Ergonomie: Bewegungsraum, Greifraum, dynamische / statische Belastung)
 - physiologisches Wohlbefinden
 - physikalisch (Lärmexposition, Schadstoffkonzentration, Klima, Beleuchtung, Mehrfachbelastungen)
 - psychologisch (Kreativität, Ästhetik, psychisches Wohlbefinden)
 - Steigerung der Lebenserwartung
 - Lebenserhaltung der Menschen
 - Minimierung des Risikos (Schadensumfang und Eintrittswahrscheinlichkeit)

Abb.9 Wirkungsdimensionen der Technik und Beispiele von Kriterien zur Bewertung von Technik

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

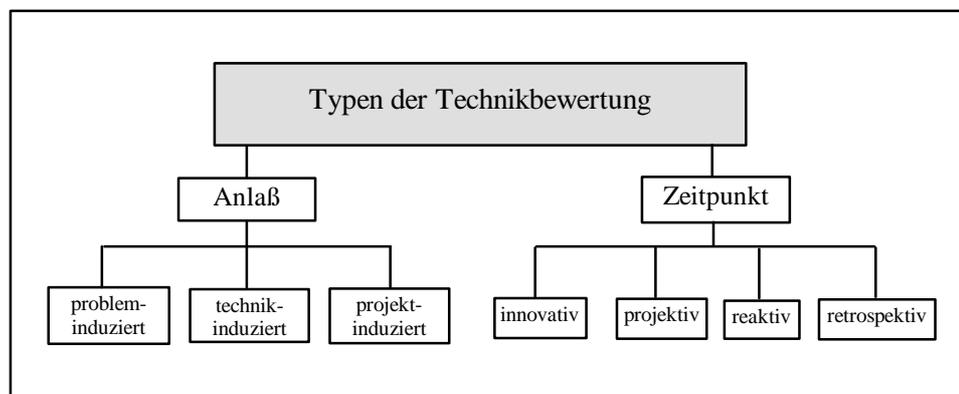


Abb.10 Einteilung der Typen der Technikbewertung nach Zeitpunkt und Anlaß

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

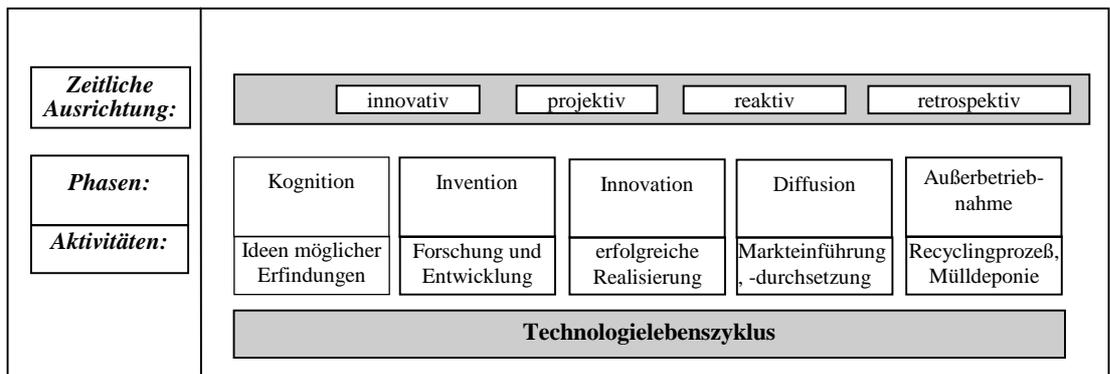


Abb.11 Zeitpunktbezogene Einteilung der Typen der Technikbewertung in Verbindung des Technologielebenszyklus

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, daß 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.

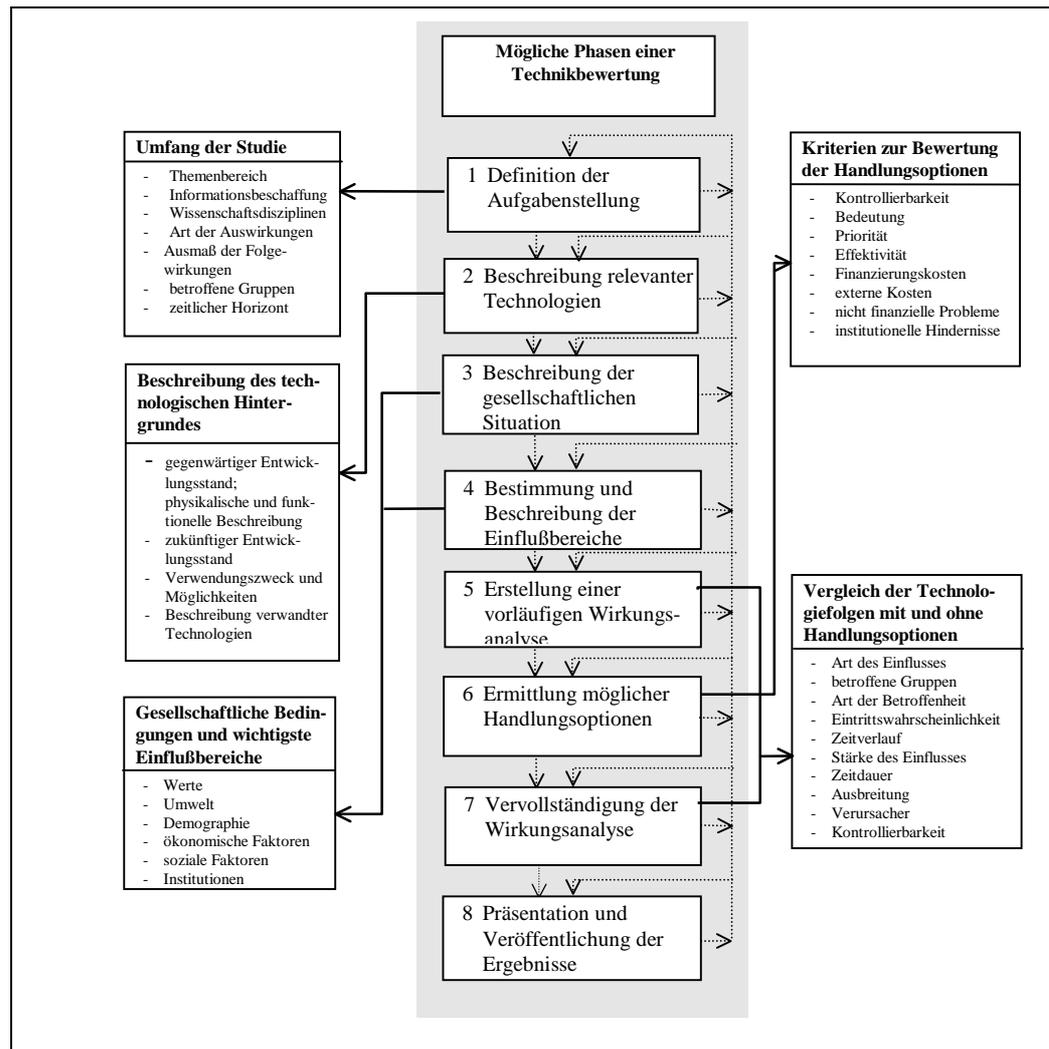


Abb.12 Das Verfahrensschema der MITRE-Corporation (Quelle: ECHTER, R.: Management technologischer Innovationen durch Technology Assessment, in ZPF 1/1981, S. 36. Verändert aus: BÖHRET, F.; FRANZ, P. 1990, S. 112)

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 Technikbewertung, 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.

7. Lernpsychologische Überlegungen als Grundlage eines zeitgemäßen Technikunterrichts

Für den angehenden Lehrer ist die Beschäftigung mit den Lerntheorien wünschenswert, um nicht Gefahr zu laufen, wichtige pädagogische und psychologische Einsichten bei der Planung von Technikunterricht unberücksichtigt zu lassen. Eine Nichtbeachtung lernpsychologischer Studien könnte zu unerwünschten Ergebnissen führen.

Ziel dieses Kapitels ist es daher, darzustellen, wie sich Denkprozesse bei Kindern und Jugendlichen entwickeln. Dazu werden einige wesentliche Elemente zur Denkentwicklung zusammengestellt, sofern sie für den Technikunterricht und implizit zur Bewertung von Technik eine besondere Bedeutung zu haben scheinen. Ferner ist das Wissen um die Entwicklung des Denkens in Abhängigkeit des Lebensalters für die Auswahl von Lehrinhalten bedeutsam, da die Auswahl der Lehrinhalte von der Lernfähigkeit der Schüler abhängig ist.

7.1 PIAGETS Entwicklungspsychologie

In seinem Werk „*Psychologie der Intelligenz*“, in dem PIAGET eine Zusammenfassung seiner entwicklungspsychologischen Forschung gibt, sieht er „in der Intelligenz kein selbständiges Vermögen des menschlichen Geistes“, sondern schreibt ihr eine kontinuierliche, funktionelle Entwicklung „von den niedrigsten Typen der erkenntnismäßigen und motorischen Anpassung bis zu den höchsten Denkformen“ zu.¹

Seine Theorie der kognitiven Entwicklung geht von dem Grundsatz aus, daß Lernen ein *aktiver* Prozeß ist. Das Kind bildet mit der tätigen Konfrontation mit seiner Umwelt schrittweise Strukturen der Intelligenz aus. Da der Mensch hier als ein spontanes, aktives Wesen aufgefaßt wird, ist klar, daß Reflexe und automatische Verhaltensweisen für die Entwicklung eine eher sekundäre, untergeordnete Bedeutung haben.²

7.1.1 Die Äquilibrationstheorie

Im folgenden soll der „Antriebsmotor“ beschrieben werden, der eine kognitive Entwicklung überhaupt erst in Gang setzt, aber auch in Gang hält. Der Motor der geistigen Entwicklung kann als Drang des Menschen bezeichnet werden, seine Umwelt intellektuell zu bewältigen. Das Individuum strebt einen Gleichgewichtszustand (Äquilibration) zwischen seiner Umwelt, in der es lebt und dem Bild, was es sich von ihr macht, an.

WITTMANN formuliert im Zusammenhang der Äquilibrationstheorie:

„Die Grundvorstellung der Äquilibrationstheorie ist folgende: Das *Individuum* lebt in einer *Umwelt*, die Zwänge und Widerstände ausübt, Forderungen erhebt, sich ständig verändert, auf die

¹ PIAGET, J. 2000, S. 9

² Vgl. MEINBERG, E. 1984, S. 158f.

Sinnesorgane des Individuums einwirkt usw., andererseits aber auch lebensnotwendigen Bedarf enthält. Umgekehrt verharrt das Individuum der Umwelt gegenüber nicht in Passivität, sondern richtet sich im Rahmen verfügbarer Möglichkeiten auf die Umwelt ein und versucht seinerseits, sie in seinem Sinn zu verändern. Insgesamt kommt es daher zu einer *Wechselwirkung*, die dazu dient, Spannungsgefälle zwischen Individuum und Umwelt auszugleichen, d.h. *Gleichgewichtszustände* herzustellen und zu erhalten.“¹

PIAGET geht davon aus, daß jeder Mensch zum Lösen verschiedener Aufgaben über eine Anzahl früher gelernter *kognitiver Schemata* verfügt, und daß die Entwicklung neuer Schemata durch die Auseinandersetzung des Kindes mit der Umwelt erfolgt.

Für WITTMANN ist ein Schema ein „Operations-, Denk-, Beschreibungs- oder Erklärungsmuster, das in die kognitive Gesamtorganisation des Individuums integriert ist und die Aktivitäten des Individuums steuert.“² Diese kognitiven Schemata verändern sich im Laufe der Entwicklung ständig, wenn kein Gleichgewichtszustand zwischen der Umwelt und dem internen Teilbild von der Umwelt (Schema) besteht. Liegt ein Gleichgewicht vor, dann lebt das Individuum mit seiner Umwelt im Einklang. Besteht hingegen zwischen der Welt und dem internen Teilbild von der Umwelt kein Einklang, so besteht der Drang seitens des Individuums, diesen Gleichgewichtszustand herzustellen (Adaption).

WITTMANN führt weiter aus: „Das Individuum entwickelt durch Organisation und Koordinierung kognitiver Schemata in einem kognitiven Gesamtsystem ein „Bild der Wirklichkeit“ und baut diese ständig aus, so daß eine immer bessere Korrespondenz zwischen „Bild“ und Umwelt und ein immer besseres Gleichgewicht zwischen Individuum und Umwelt entstehen. Die kognitive Struktur hilft dem Individuum, Hindernisse zu überwinden, Informationen zu ermitteln, Neues zu entdecken, die Unsicherheit bei Entscheidungen zu reduzieren, Entscheidungen zu optimieren, Zustände beizubehalten oder zu transformieren, Probleme zu lösen usw.“³

Wenn also ein Individuum lernt, mit seiner Umwelt zurechtzukommen und weiterhin wirksam mit ihr umzugehen lernt, dann hat es sich an sie *adaptiert*. Die Adaption bezieht immer die Interaktion mit der Umwelt ein. Man kann auch sagen, der Prozeß der Adaption ist der Prozeß der Organismus-Umwelt-Interaktion. Die *kognitive Adaption* bezieht zwei Prozesse ein, den sogenannten Assimilations- und den Akkomodationsprozeß.

Beim *Assimilationsprozeß* werden neue Umwelteindrücke aufgenommen und möglichst viele Erscheinungen in die bestehenden kognitiven Schemata eingeordnet. Neue Umwelterscheinungen werden mit bereits vorhandenen

¹ WITTMANN, E. 1997, S. 61

² WITTMANN, E. 1997, S. 63

³ WITTMANN, E. 1997, S. 65

Schemata interpretiert. Die Assimilation allein treibt jedoch die Entwicklung nicht voran, weil sie die Schemata unverändert läßt.¹

Reichen die bestehenden Schemata nicht aus, d.h. führt der Assimilationsprozeß nicht zu einer befriedigenden Umwelthanpassung, so setzt der *Akkommodationsprozeß* ein. Um beispielsweise ein von der Umwelt gestelltes Problem zu lösen, müssen die zur Verfügung stehenden Schemata abgeändert oder neue Schemata aufgebaut werden. Das Schema wird also umstrukturiert, bis es der Realität gerecht wird. Der Prozeß der Akkommodation kann als Aktivität umschrieben werden, in der eine Anpassung des Individuums an die Umwelt erfolgt. Ferner ist das Gleichgewicht, das für eine bestimmte Zeit verloren war, durch den Akkommodationsvorgang wieder hergestellt.

Konsequenzen für den Unterricht

Den Wechsel von Assimilations- und Akkommodationsprozessen in der geistigen Entwicklung eines Individuums kann man sich im Unterrichtsgeschehen in besonderem Maße zunutze machen, indem Widersprüche zu bereits vorhandenen bzw. erworbenen Schemata hergestellt werden. So muß beispielsweise spätestens ein Schema abgeändert werden, wenn es im Widerspruch zur Realität steht (z.B. zur konkreten manuellen Tätigkeit, Ergebnis eines technischen Experiments, Ergebnis einer technischen Erkundung, einer technischen Bewertung, zu physikalischen Gesetzen).

Durch organisierte Lernprozesse können Schemata verändert oder erweitert werden, so daß Einfluß auf die kognitive und affektive Ebene des Verhaltens eines Individuums genommen wird. Im ersten Fall wird auch von kognitiven Lernzielen und im zweiten von affektiven Lernzielen gesprochen.

PIAGETs Theorie liegt ein *Menschenbild* zugrunde, welches den Menschen als ein neugieriges und entdeckungsfreudiges Wesen betrachtet. Die motorische Aktivität wird von dem Menschen eingesetzt, um zu einem Wissen über seine Umwelt zu gelangen. Dieses Wissen basiert auf selbständig gewonnenen Erfahrungen und wird nicht aus zweiter Hand erworben. Als Konsequenzen für die Erziehung ergibt sich, daß die Erziehung primär von der Welt des Kindes ausgehen sollte. Der Erzieher fungiert als Betreuer, er schafft Situationen, die z.B. zum Experimentieren und Erkunden anregen; es soll intrinsisch motiviert werden.²

¹ In diesem Zusammenhang scheint es wichtig, auf eine sog. fehlerhafte Assimilation hinzuweisen, wie sie OERTER / MONTADA (1987, S. 419) beschreiben. Ein Kind verfügt beispielsweise über den Begriff des Wachsens und wendet diesen auch an für die Entstehung eines Felsmassivs. Es erklärt, daß Steine zunächst klein sind und später groß werden wie beim Wachstum des Menschen. Hier führt die Assimilation in die Irre.

OERTER / MONTADA ergänzen weiter: „Fehlerhafte Assimilationen sind natürlich auf jeder Entwicklungsstufe möglich. Wir versuchen während des ganzen Lebens, neuartige Probleme an uns bekannte Schemata und Konzepte zu assimilieren, d.h. mit jenen Konzepten zu bewältigen, die uns geläufig sind. Anders aber als der Erwachsene -sofern er sich sachlich und unvoreingenommen um Erkenntnis bemüht- verhält sich das Kind nicht so, als prüfe es mehrere Möglichkeiten oder mehrere Assimilationsschemata (Alternativen). Es redet vielmehr häufig so, als sei das gewiß, was es gerade als Deutung angibt, auch wenn es Minuten vorher etwas anderes behauptet hat.“ (OERTER / MONTADA 1987, S. 420)

² Vgl. ZIMMER, R. 1981, S. 147f.

Solch ein handlungsorientiertes Lernen setzt auf Lernprozesse, die zunehmend von den Lernenden selbst gesteuert werden. Für die Selbstorganisation der Lernprozesse werden offen gestaltbare Materialien (z.B. in Form von Lernmaterialien mit Arbeitsaufträgen) und problemlösende technische Aufgabenstellungen bereitgestellt. *Die Situation lehrt*. Die traditionelle Rolle des Lehrenden als Wissensvermittler muß zunehmend zurücktreten. Er muß in erster Linie die Bedingungen schaffen, die Selbstorganisation der Lernenden erst möglich machen (z.B. im Rahmen einer Konstruktions- und Herstellungsaufgabe, einer Bewertungsaufgabe). Je nach Leistungsstand der Schüler sollten in einem zeitgemäßen Technikunterricht Aufgabenstellungen herangezogen werden, die eine eigenständige Planung, Herstellung und Bewertung eines technischen Gegenstandes bzw. Verfahrens seitens der Schüler zulassen. Damit dominiert nicht (wie es in der Schulrealität oftmals der Fall zu sein scheint) der fertigungstechnische Aspekt beispielsweise in der Art, daß ein technischer Gegenstand unter fremder Anleitung (z.B. „Fertigbausatz“) hergestellt wird, sondern auch Planungs- und Konstruktionsaspekte erfahren eine Berücksichtigung. Nicht die Herstellung eines fertigen technischen Erzeugnisses, sondern der Weg zu diesem technischen Produkt muß das Ziel sein. Der Technikunterricht muß sich ferner verstärkt mit Fragen über den Sinn, den Zielen, den Folgen und der Bewertung von Technik auseinandersetzen, so daß der Lernende befähigt wird, verantwortungsvoll Entscheidungen zu treffen. Es sollte nicht der Eindruck entstehen, der fertigungstechnische Aspekt habe im Unterricht keine Daseinsberechtigung mehr. Grundlegende technikspezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie z.B. das Feilen, das Sägen, das Verbinden von Materialien (Holz, Kunststoff, Metall) und grundlegende Einsichten über das Zustandekommen von technischen Gegenständen, lassen sich hierdurch gut vermitteln.

7.1.2 Die Stadien Theorie PIAGETS

PIAGET stellt im Laufe der Entwicklung eines Individuums neben dem beschriebenen stufenunabhängigen Äquilibrationsprozeß, der die geistige Entwicklung permanent vorantreibt, Entwicklungsstadien mit charakteristischen Merkmalen und Strukturen fest.

Um ein deutliches Bild über den Verlauf der geistigen Entwicklung der Kinder und Jugendlichen zu erhalten, soll im folgenden PIAGETS Stadien Theorie näher betrachtet werden. Seine Theorie basiert darauf, daß sich die Denkentwicklung in mehreren Stadien vollzieht, in denen bestimmte spezifische Denkleistungen existieren, wobei die Denkleistungen qualitativ mit dem Lebensalter steigen. Für PIAGET durchläuft jedes Kind in etwa gleicher Reihenfolge diese Stadien. Zu nennen sind:¹

- Sensomotorisches Stadium (Baby -Alter)

¹ Näheres zur Einteilung und Beschreibung der folgende Hauptstadien siehe: TRAUTNER (1991; Band 2, S. 177); TRAUTNER (1995) PIAGET/ INHELDER (1969,1971); PIAGET (1983, 2000); OERTER/ MONTADA (1987), OERTER (1980); BRUNER, J (1980, S. 45f.), AUSUBEL (1963, S. 116ff.), MEINBERG, E. (1984, S. 159)

- Präoperationales Stadium (ca. 2-7 Jahre)
- Stadium der konkreten Operation (ca. 7-11 Jahre)
- Stadium der formalen Operation (ab 11/12 Jahre; Sekundarstufe)

Das sensomotorische Stadium (Baby-Alter)

Das sensomotorische Stadium umfaßt die Stufe der Intelligenzentwicklung des Kindes von der Geburt bis zum Ende des zweiten Lebensjahres. Es kennzeichnet also den vorsprachlichen Entwicklungsbereich.

Präoperationales Stadium (ca. 2-7 Jahre)¹

Diese Entwicklungsphase bezieht sich vor allem auf das Vorschulkind. PIAGET bezeichnet das Denken der Kinder im Vorschulalter als „intuitiv“, d.h. Probleme werden anschaulich-intuitiv gelöst, wobei das Denken meist nur auf einen Aspekt eines Problems zentriert ist. Das Denken des Kindes ist eng mit konkreten manuellen Handlungen verbunden und wird von der unmittelbaren Anschauung bestimmt.

Da das Denken noch nicht sehr flexibel ist, bezeichnet es OERTER als *unidirektional*.² So kann ein Kind beispielsweise den Verlauf eines Ereignisses nachvollziehen, es ist jedoch nicht in der Lage, das Ereignis umzukehren bzw. zurückzuverfolgen. Sind für die Lösung eines Problems mehrere Denktätigkeiten auf einmal notwendig, so kann das Kind dieses Problem nicht lösen, da aufgrund der Eingleisigkeit und der Anschaulichkeit des Denkens nur eine einzige geistige Handlung durchgeführt werden kann. Ein Kind dieser Entwicklungsstufe ist noch nicht in der Lage, reversibel zu denken, d.h. eine einmal vollzogene Handlung in Gedanken umzukehren.

Ferner ist in diesem Stadium die Aufmerksamkeit des Kindes im allgemeinen auf ein Merkmal eines Sachverhaltes gerichtet, andere Merkmale werden außer acht gelassen. Dieses Phänomen wird von PIAGET als *Zentrierung* bezeichnet. So sind Kinder diesen Alters z.B. der Meinung, daß sie ihren älteren Bruder im Alter einholen bzw. gar im Alter überholen könnten. Es wird das Alter mit dem Merkmal Größe gleichgesetzt bzw. identifiziert.³

Zentrierungen sind auch bei moralischen Urteilen des Kindes anzutreffen, was folgendes Beispiel zum Ausdruck bringen soll: Thomas hilft seiner Mutter beim Abwaschen und zerbricht dabei unglücklicherweise zehn Teetassen. Im Gegensatz dazu befiehlt Fritz' Mutter, Fritz solle beim Geschirrspülen helfen. Da Fritz jedoch etwas anderes vorhat und sich ärgert, nimmt er eine Tasse und wirft sie zu Boden. Die Tasse zerbricht. Bei der Frage, ob Hans oder Fritz ein größeres Unrecht getan habe, antworten Kinder bis zum fünften Lebensjahr, Thomas habe

¹ Die Beschreibung des präoperationalen Stadiums erfolgt in Anlehnung an: OERTER/ MONTADA 1987, S. 420-423

² OERTER, R. 1980, S. 451

³ Vgl. PIAGET, J 2000, S. 154f.

ein größeres Unrecht getan. Das bedeutet, Kinder dieses Alters zentrieren häufig auf den Handlungsausgang, weshalb Hans moralisch negativer beurteilt wird. Ein neuer Zustand wird also nicht als ein Ergebnis einer Transformationskette betrachtet, sondern für sich alleine und als solcher beurteilt. Damit fehlt eine notwendige Bedingung für ein korrektes Urteil.

Ein weiteres Merkmal ist, daß ein Kind dieses Stadiums sich nicht in die Lage anderer Personen versetzen kann, was auch als *Egozentrismus* bezeichnet wird. Es ist unfähig, den Blickwinkel anderer Person einzunehmen bzw. die eigene aktuelle Sichtweise (Wahrnehmung oder Meinung) als Möglichkeit unter vielen zu sehen. Ein Kind dieses Alters weiß nicht, daß andere Personen, Dinge (Objekte, persönliche Ansichten) nicht so sehen und verstehen, wie es selbst, und es sieht von daher auch keine Veranlassung, seine Ansichten oder Überlegungen gegenüber anderen zu rechtfertigen und zu begründen; es prüft sich selbst auch nicht. Es bedarf einer längeren sozialen Wechselwirkung, bis es dazu kommt.

OERTER / MONTADA formulieren im Zusammenhang mit der Überwindung des Egozentrismus und im Hinblick auf die Entwicklung eines Erwachsenen: „Die Überwindung des Egozentrismus wird nach Piaget möglich durch sozialen Austausch, durch Widerspruch und Konflikte der „Ansichten“, der Erfahrung und Speicherung unterschiedlicher Ansichten. Auch der Erwachsene muß egozentrische Sichtweisen ständig neu überwinden. Man denke z.B. an Selbstverständlichkeiten im sozialen Bereich, an Vorurteile und unreflektierte Ideologien. Die Weiterentwicklung wird im Erwachsenen- wie im Kindesalter angeregt sein durch Austausch von Meinungen, durch Widerspruch, durch Konflikt.“¹ Demnach sind im Technikunterricht im Rahmen einer Bewertung von Technik solche Unterrichtsverfahren heranzuziehen, die diesem Aspekt gerecht werden (z.B. Delphi-Methode, Brainstorming-Methode, Pro- und Kontra-Debatte).

Stadium der konkreten Operation (ca. 7-11 Jahre)

Das konkretoperationale Stadium beginnt etwa mit dem 7. und endet etwa mit dem 11. Lebensjahr, es betrifft also vor allem das Kind in der Grundschule. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß das Denken immer noch an konkrete Vorstellungen gebunden ist, aber eine größere Beweglichkeit erreicht, d.h. das Denken ist von unmittelbarer Anschauung; oder von gleichzeitig oder kurz vorher erfolgter konkreter Erfahrung abhängig. Das Kind kann nun in diesem Stadium Beziehungen zwischen vorher isolierten Handlungen herstellen und ist in der Lage, zur Lösung leichter Probleme mehrere Lösungswege zu benutzen.

Demnach ist es in diesem Stadium erforderlich, daß mittels konkreter Objekte oder Materialien gedankliche Operationen ausgebildet werden können, wobei diese Objekte und Materialien für das Kind reale Bedeutung besitzen sollten.

Die Einführung neuerer Sachverhalte und Probleme anhand konkreter Objekte und Materialien sollte sich jedoch nicht nur auf jüngere Kinder beschränken. Auch für ältere Kinder und selbst für Erwachsene gilt, daß die Einführung neuer

¹ OERTER, R.; MONTADA, L. 1987, S. 421

Sachverhalte und Probleme am besten mit Hilfe konkreter Objekte und Materialien und direktem Erkunden erfolgt, wenn diese beispielsweise mit technischen Sachverhalten in Berührung kommen.

Stadium der formalen Operation (ab 11/12 Jahre; Sekundarstufe)

Nach PIAGET wird dieses Stadium im 11.-12. Lebensjahr erreicht, einem Alter, in dem sich die Kinder in der Regel in der Sekundarstufe befinden. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß das Denken des Kindes nicht mehr an konkrete Vorstellungen gebunden ist, d.h. logische Schlüsse können ohne Rückgriff auf die Wirklichkeit gezogen werden.

Während das Denken des Kindes im präoperatorischen Stadium auf gegebene Informationen beschränkt ist, die konkret-anschaulich oder in abstrakter Weise (etwa sprachlich) repräsentiert werden, ist der Fortschritt im formalen Stadium darin zu sehen, daß das Denken in spezifischer und systematischer Weise über vorgegebene Informationen hinausreicht. Das Denken „klebt“ also nicht mehr an gegebenen Informationen.¹

In diesem Stadium wird die Fähigkeit entwickelt, abstrakt zu denken. Wenn dann dieser Entwicklungsvorgang abgeschlossen ist, kann sich das Denken des Kindes mit dem Hypothetischen beschäftigen. Kurz gesagt: Das Denken wird formal-abstrakt, Aussagen können hypothetisch-deduktiv abgeleitet werden.

Für das reine von jeder Handlung unabhängige Denken gibt PIAGET ein Beispiel. Ein Kind dieses Stadiums ist fähig, folgende Aufgabe ohne konkretes Material bzw. anschauliches Hilfsmittel richtig zu lösen: Edith ist heller (oder blonder) als Susanne; Edith ist dunkler (oder brauner) als Lilli; welche ist die dunkelste von allen dreien?²

Als Konsequenz für den Technikunterricht bzw. den Werkunterricht ergibt sich hieraus, daß die Schüler in diesem Alter bereits mittels einfacher Aufgabenstellungen für eine Technikbewertung sensibilisiert werden können, da sie über Voraussetzungen verfügen, Vergleiche anzustellen. Eine mögliche Aufgabenstellung ist die Bewertung von Topfuntersätzern nach beispielsweise folgenden Kriterien:

- Oberflächenbeschaffenheit (glatt/rau)
- umweltverträgliche Oberflächenbehandlung (bei Holz: geölt/lackiert)
- ökonomischer Materialeinsatz
- Stabilität
- Erkennbarkeit des dargestellten Motivs (z.B. Igel, Auto, Haus)
- Maßgenauigkeit

¹ Vgl. OERTER, R.; MONTADA, L. 1987 S. 440, 443

² PIAGET, J 2000, S. 168

7.1.3 Einschätzung PIAGETS Stadien­theorie

Piagets Theorie der kognitiven Entwicklung sowie seine Untersuchungsmethoden wurden im Laufe der Zeit mehrfach kritisiert, ergänzt, modifiziert und teilweise abgelehnt. Folgende Merkmale können jedoch als stabil betrachtet werden:¹

- Die geistige Entwicklung des Kindes verläuft in Stadien, wobei ein Kind eines niedrigen Stadiums nicht über Operationen/Schemata eines höheren verfügt.
- Es kann kein Stadium übersprungen werden, und die Reihenfolge, in der die Stadien durchlaufen werden, ist zwingend.
- Vorherige verfügbare Schemata werden beim Übergang in ein anderes Stadium nicht zerstört, sie werden integriert.

Hingegen müssen andere Merkmale der Stadien als fragwürdig angesehen werden:

- Kinder durchlaufen zwar die Stadien immer in der gleichen Reihenfolge, jedoch sind die Altersangaben zu den Stadien nicht ausreichend für die Zuordnung zu einem Stadium. Es sollte daran gedacht werden, daß die Stadien von den einzelnen Kindern mit unterschiedlicher Geschwindigkeit durchlaufen werden können. Sie sind also nicht an ein bestimmtes Lebensalter gebunden, so daß sich nicht alle Kinder einer Schulklasse im selben Stadium befinden. Einige begabte Kinder erreichen beispielsweise das formale Stadium schneller, andere vollziehen diesen Schritt erst später. Wenn auch die Altersangaben umstritten sind, so hat aber die Beschreibung einer Entwicklungstendenz vom konkret-handelnden Denken zum formal-abstrakten Denken Gültigkeit.²
- Ferner haben nicht alle Kinder die geistigen Fähigkeiten, die späteren Stadien zu erreichen, d.h. sie erlangen spätere Stadien eventuell nie. OERTER beschreibt dieses recht deutlich für die Ebene des formalen Denkens: „Nicht jeder normale Erwachsene scheint überhaupt dieses Niveau zu erreichen. Die systematische Variation einer Größe bei Konstanthaltung der anderen Faktoren, das Denken in Hypothesen und die Erfassung verbal ausgedrückter logischer Beziehungen, hängt neben der allgemeinen Intelligenzhöhe wohl auch sehr stark mit dem Training solcher geistigen Tätigkeiten und damit mit der Lernvergangenheit (z.B. Schulbildung) zusammen.“³
- Damit werden im vorherigen Punkt die sogenannten Erziehungsbedingungen angesprochen, welche beschleunigend oder verzögernd auf den Lernprozeß einwirken können, d.h. also, daß die geistige Entwicklung nicht nur von Reifung abhängig ist. Man ist

¹ STAMPE, E. 1984, S. 40

² Vgl. ZECH, F. 1998, S. 93; vgl. auch STAMPE, E. 1984, S. 41

³ OERTER, R. 1980, S. 491

überwiegend der Meinung, „daß äußere Einflüsse (Unterricht) nicht nur Erfahrungen vermitteln, sondern auch die Bildung kognitiver Schemata anregen bzw. auflösen und damit die Entwicklung beschleunigen können.“¹

Als didaktische Konsequenz ergibt sich daraus: Wenn ein Schüler bei der Erarbeitung eines neuen Sachverhaltes zunächst im konkret-operationalen Stadium agiert, so sollte der neue technische Sachverhalt oder ein technisches Problem mit Hilfe von konkreten Beispielen oder direktem Erkunden in dem Unterricht eingeführt werden.

Auch wenn Piagets Stadien Theorie im Laufe der Zeit mehrfach kritisiert wurde, so bleibt doch Tatsache, daß Kinder im Vorschul- und Grundschulalter immer neugieriger und experimentierfreudiger werden, um ihre Umwelt besser zu verstehen. Kinder haben Spaß am Selbstanfertigen technischer Gegenstände (z.B. Spielzeugautos, gebastelte Styroporschiffe), so daß bereits in diesem Alter die vorhandene Interessenlage und Lernbereitschaft eine passende Voraussetzung für die Teilnahme am Technikunterricht darstellt, deshalb sollte bereits in diesem Alter Technikunterricht eingeführt werden. Da allerdings bei einem 6-12 jährigen Kind das geistige und physische Vermögen in erster Linie auf konkrete Tätigkeiten mit Gegenständen gerichtet ist, sind solche Lerneinheiten auszuwählen, die diesem Aspekt gerecht werden.

Für 12 - 16 jährige Schüler können hingegen solche Unterrichtsinhalte ausgewählt werden, die komplexe Sachverhalte beinhalten, da die Lernenden in diesem Alter zunehmend über die kognitive Fähigkeit verfügen, abstrakt zu denken. Diese Fähigkeit wird im Technikunterricht sowohl gefordert als auch gefördert, wenn es um das Analysieren, Konstruieren, Bewerten u.ä. geht.

7.2 AEBLIS operative Didaktik - eine Erweiterung der Theorie PIAGETS

Im Gegensatz zu PIAGETS Theorie, bei der die geistige Entwicklung des Kindes im wesentlichen durch das Lebensalter bestimmt ist, wird für AEBLI die Denkentwicklung stärker zur Sache eines Lernprozesses. Für AEBLI geht das Denken aus dem Handeln hervor. *Handlungen* sind für ihn Tätigkeiten mit hohem Grad der Bewußtheit und Zielgerichtheit.²

In seiner „operativen Didaktik“ geht AEBLI vor allem der Frage nach, wie Operationen im Geiste des Kindes aufgebaut, gefördert und gefestigt werden können.

Der Begriff der *Operation* kann leicht vereinfacht als „verinnerlichte geistige Handlung“ verstanden werden. Dabei handelt es sich um abstrakte Vorstellungen, die losgelöst von der konkreten Handlung mit materiellen Objekten vollzogen werden.³ Operationen sind durch eine innere Beweglichkeit gekennzeichnet,

¹ STAMPE, E. 1984; S. 40

² Ein Beispiel hierfür liefert AEBLI (1980, S. 20ff.) anhand des Hausbaus.

³ AEBLI (1983, 204ff.) gibt in seinen „Zwölf Grundformen des Lehrens“ einige Beispiele, wie aus einer Handlung eine Operation wird, wenn das Individuum sein Handeln im Geiste abstrakt betrachtet.

nämlich der Fähigkeit, diese Operationen auf unterschiedliche Weise gedanklich zusammensetzen und umzukehren.¹ Ziel des operativen Denkens ist es, der Bildung starrer einleisiger Denkgewohnheiten vorzubeugen und ein bewegliches Denken zu fördern.

7.2.1 Aufbau einer Operation

Um einen wirkungsvollen Aufbau einer Operation zu gewährleisten, ist nach AEBLI ein „*Durcharbeiten*“ sowie eine „*Verinnerlichung*“ der Operation notwendig.² Von Verinnerlichung spricht man, wenn zuvor gemachte konkrete Handlungen in die Vorstellung übergehen und bei der nächsten Aufgabenlösung direkt abgerufen werden können, ohne die konkrete Handlung nochmals ausführen zu müssen.

AEBLI formuliert dazu in seiner Psychologischen Didaktik: „Die verinnerlichten Verhaltensweisen schließen keine sichtbaren Bewegungen oder reale Veränderungen an Gegenständen mehr ein. Die *Handlung* hat sich umgewandelt in die *Vorstellung*. Vorstellungen sind: die Operationen des Denkens, die inneren Bilder, die innere Wiederholung oder Vorwegnahme praktischer Handlungen usw.. Im Unterricht spielt die Verinnerlichung eine große Rolle; denn wenn er auch von konkreten Erfahrungen ausgeht, so führt er doch im allgemeinen zu Begriffen und Operationen des Denkens.“³

Bei dem Aufbau von Operationen muß dem Schüler die Handlung einsichtig gemacht werden, damit die logische Struktur der Aufgabe erkannt und die Zusammenhänge bewußt werden. Nur so können die Schüler sinnvoll handeln.⁴ Ferner scheint ein so erworbenes Wissen über einen längeren Zeitraum eher geistig von Bestand zu sein, was in einer näheren Untersuchung zu klären wäre.

7.2.2 Verinnerlichungsprozeß einer Operation⁵

Nach AEBLI vollzieht sich der *Verinnerlichungsprozeß* einer Operation in drei Stufen, die nacheinander zu durchlaufen sind:

1. Stufe: Am Anfang erfolgt der effektive Vollzug am konkreten Gegenstand.(real, Modell).
2. Stufe: „*Zeichnerische Darstellung konkreter Handlungen*“
Der Gegenstand wird bildlich dargestellt, und der Schüler stellt sich die Operation auf Grund dieser Gegebenheit vor. Operationen können in einer Zeichnung angedeutet werden, indem verschiedene Farben, Pfeile u.a. herangezogen werden.

¹ AEBLI (1965, S. 76) führt in seinen „*Grundformen des Lehrens*“ Beispiele für Handlungen an, die dem Charakteristikum der Reversibilität widersprechen und von daher nicht als Operationen bezeichnet werden können.

² AEBLI, H. 1965, S. 98ff.

³ AEBLI, H. 1968, S. 119

⁴ Vgl. AEBLI, H. 1965, S. 82f.

⁵ Ausführungen sind angelehnt an: AEBLI, H. 1965, S. 101ff.

Nach der zeichnerischen Darstellung der Operation wird die Operation rein verbal wiederholt, da eine solche sprachlich Darstellung eine günstige Voraussetzung für die Aktivität in der bloßen Vorstellung darstellt.

3. Stufe: „*Durchführung der Handlung in der Vorstellung*“
Der Schüler bedient sich beim innerlichen Vollzug ausschließlich der Zeichen, welche Gegenstand und Operation vertreten. Auf dieser Stufe handeln die Kinder ohne jegliche konkrete oder bildliche Stütze in der bloßen Vorstellung.

Am Anfang eines Lernprozesses sollte stets das *konkrete Handeln* mit konkreten Objekten erfolgen. Die Schüler können durch konkrete Aktivitäten Erfahrungen sammeln, die eine Grundlage für die Verinnerlichung darstellen sowie für die Bildung von Verallgemeinerungen dienlich sind. Auf dieser Stufe erfolgt der eigentliche Aufbau von Operationen.

Verschiedene Gründe sprechen dafür, weshalb die Erarbeitung einer Operation zunächst an konkret vorliegenden, manipulierbaren Gegenständen erfolgen sollte. In erster Linie ist zu erwähnen, daß es für den Schüler einfacher ist, eine Handlung konkret auszuführen als in der Vorstellung. In dieser müßte sich der Schüler nicht nur die Handlung vorstellen, sondern auch die Gegenstände, an denen er die Handlung vollzieht. Desweiteren kann ein Schüler einen Vorschlag zunächst demonstrieren, ohne daß er mit sprachlichen Barrieren zu kämpfen hat, weil er den Vorschlag noch nicht sprachlich adäquat erfaßt hat. Ferner ist zu ergänzen, daß dem Schüler das effektive Handeln mit dem sichtbaren Ergebnis des Tuns mehr interessiert als nur das bloße Vorstellen der Handlung.

Ansätze einer Verinnerlichung sind auf der ersten Stufe der effektiven Handlung möglich, denn einesteils “sieht der Schüler vor jedem Teilschritt voraus, was er tun möchte; er stellt sich also die Operation schon vor; andernteils blickt er an bestimmten Punkten der Erarbeitung auf die bisherigen Handlungen zurück und rekapituliert sie in der Vorstellung, was auch schon über die effektive Handlung hinausführt.“¹

Operatives Durcharbeiten

Die Verinnerlichung einer Operation wird auf allen Stufen durch ein „*Operatives Durcharbeiten*“ begleitet. Damit ist eine Form variablen, sinnbezogenen Übens bezeichnet, das der Vertiefung des Verständnisses dient. Demnach hebt sich das operative Durcharbeiten gegenüber einem starren Auswendiglernen (z.B. die wortgetreue Wiedergabe auswendig gelernter Sachverhalte) ab, da Operationen nach allen Möglichkeiten durchdacht und durchlaufen werden müssen. Dazu muß sowohl die Reversibilität als auch die Verbindung der Operationen beachtet werden.

¹ AEBLLI, H. 1965, S. 103

AEBLI führt zum Operativen Durcharbeiten als Beispiel die Flußerosion an.¹ Nach einem sinnvollen vorherigen Hantieren mit konkretem Material soll dasselbe Problem auf unterschiedlichen Lösungswegen vom Schüler gedanklich bearbeitet werden. Die Reversibilität als auch die Verbindung der Operation soll dadurch gesichert werden, indem die Erosion sowohl von ihren Folgen als auch von ihren Ursachen behandelt wird. Es sollen ferner durch das Bearbeiten verschiedener Lösungswege „blinde“ Automatismen verhindert werden. AEBLI formuliert in diesem Zusammenhang: „Untersucht man z.B. die Flußerosion, so wird man diesen Prozeß zuerst im Sandkasten konkret nachbilden. Wenn dann der Versuch abgeschlossen ist, werden die Schüler, gestützt auf das konkrete Ergebnis, den Versuch nochmals durchdenken. Schließlich werden sie ohne irgendeine anschauliche Stütze erklären“.²

Ein „Operatives Durcharbeiten“ ist beispielsweise im Rahmen der Technikbewertung anhand der Behandlung des Themas „Bau eines Staudamms“ möglich. Ausgehend von einem schülergemäßen Modell eines Staudamms könnten folgende Sachverhalte erarbeitet werden:³

Auswirkungen auf den Flußlauf:

Durch entsprechende Schülerversuche läßt sich erarbeiten, daß sich ein aufgestauter Fluß völlig verändert. Anstelle eines periodischen Wechsels von Hochwasser und Wasserarmut tritt ein gleichmäßiger Wasserstandspegel. Anhand dieses Sachverhalts kann wiederum mit den Schülern erarbeitet werden, daß sich aufgrund der neuen Gegebenheit Fauna und Flora nicht immer anpassen können. Einigen Arten werden die Lebensgrundlagen entzogen, andere Arten breiten sich aus und andere kommen hinzu.

Soziale Auswirkungen:

- Durch Gegenüberstellung beider Modelle wird den Schülern erfahrbar, daß durch eine etwaige Umsiedlung (fern ab der fruchtbaren Flußtäler) den Menschen ihre Lebensgrundlage in Ackerbau oder Fischerei entzogen wird.
- Möglicherweise auftretende soziale Konflikte können erarbeitet werden. Um den Stausee aufzufüllen muß dem unterhalb des Staudamms liegenden Fluß teilweise Wasser entzogen werden. Flußabwärts ist dadurch nur noch eingeschränkt eine landwirtschaftliche Bewässerung möglich.

Nicht mittels des Modells zu erarbeitende Aspekte, aber im Unterricht zu thematisierende mögliche negative und positive Auswirkungen könnten sein:

- Ökologische Folgen in unerwartetem Ausmaß hervorgerufen durch die Wasserregulierung, wie z.B. Schädlingsepidemien, Schäden in der Viehwirtschaft aber auch Krankheiten bei den Menschen, können auftreten.

¹ Als typische Ursache einer Erosion und den daraus resultierenden Folgen siehe AEBLI, H. 1968, S. 113

² AEBLI, H. 1968, S. 121

³ Sinnvoll ist es zwei Modelle („Ursprungslandschaft ohne Staudamm“, „Landschaft mit Staudamm“) heranzuziehen, weil dadurch mehr Sachverhalte mit den Schülern erarbeitet werden können.

- Die verlässliche Versorgung mit Strom, stellt beispielsweise für viele Millionen von Menschen in den Entwicklungsländern einen Segen dar.
- Wenn Kohlekraftwerke durch Wasserkraftwerke ersetzt werden, dient dies nicht nur dem Klimaschutz, sondern führt auch zur Verbesserung der Luft in den Städten.
- Durch Staudämme werden Staatseinnahmen erwirtschaftet, die zum Aufbau sozialer Infrastruktur beitragen können.

AEBLIS operative Methode ist im Technikunterricht auch übertragbar auf Aufgabenstellungen wie z.B. der Analyse technischer Baugruppen und elektronischer Schaltungen (einfacher Getriebeaufbau, einfache Transistorschaltungen).

Themenbereich: Analyse eines einfachen Getriebes

1. Stufe: Die Schüler arbeiten zunächst am *Realmodell* bzw. *Realobjekt* eines Getriebes, um den Aufbau und die Funktion eines Getriebes konkret handelnd zu analysieren. Dabei können Konstruktionsaufgaben den Lernprozess unterstützen. Die Schüler erlangen u.a. Kenntnisse über die in einem Getriebe ablaufenden Prozesse sowie über Übersetzungsverhältnisse.
Bereits auf dieser Stufe können einfache technische Abläufe von den Schülern verbalisiert werden.
2. Stufe: Anhand einer technischen *Zeichnung* (z.B. Explosionszeichnung) werden die Einzelteile wie z.B. Lager, Zahnräder und Wellen gekennzeichnet und bzgl. ihrer Funktion im Gesamtsystem analysiert.
Hierbei werden u.a. der Drehsinn einzelner Zahnräder farbig eingezeichnet und die Drehrichtungen in der Vorstellung vorausgedacht und verbalisiert. Ferner werden durch Skizzen, technischen Zeichnungen, Abbildungen u.ä. Übersetzungsverhältnisse dargestellt.
3. Stufe: Auf dieser Stufe werden Aufbau und Funktion des Getriebes aus der reinen Vorstellung ohne konkrete bildliche Darstellung beschrieben. Einfache Aufgabenstellungen (z.B. zum Übersetzungsverhältnis) können mittels vorher erarbeiteter Formeln sowie verbaler Mitteilungen gedanklich gelöst werden.

Themenbereich: Aufbau und Funktion einer einfachen Transistorschaltung

1. Stufe: Nachdem die elektronischen Bauteile (Transistor, LDR, LED, regelbarer Widerstand, Festwiderstand) in ihrer Funktion bekannt sind, erhalten die Schüler die Aufgabenstellung, eine Transistorschaltung (z.B. Dunkelschaltung als Treppenwarnanlage für die Nacht) mittels einer Experimentierplatine aufzubauen. Hierbei haben die Schüler folgende Problemstellung zu beachten :“

Immer wenn der LDR abgedunkelt wird, soll das optische Warnsignal (LED) leuchten“. Im Anschluß daran erklären die Schüler die Schaltungsfunktion mit eigenen Worten.

2. Stufe: Die Schüler ergänzen die Abbildung (Zeichnung der Experimentierplatine) einer Transistorschaltung, indem sie Skizzen elektronischer Bauteile einzeichnen. Im Anschluß daran wird der Schaltplan der Transistorschaltung gezeichnet, beschriftet sowie der Strom-, bzw. Spannungspfad mit Hilfe von Pfeilen eingezeichnet. Mittels Zeichensystemen wird die Funktionsweise der Schaltung beschrieben.
3. Stufe: Auf dieser Stufe erklären die Schüler die Transistorschaltung aus der reinen Vorstellung unter Verwendung von Fachbegriffen. Weitere Transistorschaltungen, in denen ein NTC oder PTC Verwendung finden soll, werden in ihrer Funktion gedanklich erklärt.

7.2.3 Begründung einer operativen Methode im Technikunterricht

In einer von Technik geprägten Welt genügt nicht die Vermittlung einzelner Fachkenntnisse. Die Mehrdimensionalität und Ambivalenz der Technik macht es notwendig, daß bei einer aktiven Gestaltung dieser Welt ein bewegliches Denken vorhanden ist. Es genügt nicht, daß Handlungen und Verfahren in stereotyper Weise reproduziert werden. Gerade in technischen Problemsituationen, bei denen oftmals kreative Leistungen abverlangt werden, ist es notwendig, daß der einzelne sein Wissen umstrukturieren und auf die neue Situation anwenden kann. Oft müssen beim Denken und Handeln Umwege beschritten werden. „Umwege kann aber nur jemand beschreiten, der über der Situation steht, der nicht auf einen einzigen Weg festgelegt ist, sondern aus der Einsicht in die Zusammenhänge der verschiedenen möglichen Wege zum Ziel sieht. Auch die Fähigkeit zur Umstrukturierung ist ein Zeichen der Beweglichkeit. Rigide Strukturen sind unveränderlich, die entsprechenden Operationen und Handlungen können nur in einer einzigen Form abgewickelt werden. Strukturen, die sich aber verwandeln lassen, sind bewegliche Strukturen.“¹ Die Methoden der Technikbewertung (z.B. Methoden der Ideenfindung) können dabei behilflich sein, ein bewegliches Denken zu fordern und zu fördern.

Die Mehrdimensionalität der Technik und das Beziehungsgeflecht der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen macht eine interdependente Betrachtungsweise notwendig. Gerade bei der Technikbewertung scheint ein bewegliches Denken unerlässlich. Nicht technikimmanente Kriterien, die bei Bewertungen von Technik zu berücksichtigen sind, machen es erforderlich, daß sich der einzelne in die

¹ AEBLLI, H. 1983, S. 312

Standpunkte anderer Wissenschaftsvertreter hineinversetzen kann.¹ Ferner scheint ein Schüler, der gelernt hat, Sachverhalte von verschiedenen Standpunkten aus zu betrachten, fähig zu sein, „den relevanten Standpunkt einzunehmen, diesen zugleich zu relativieren und in seiner möglichen Einseitigkeit zu erkennen.“²

Voraussetzung, um sich in Standpunkte andere Gesprächs- und Diskussionspartner versetzen zu können, scheint die Überwindung des Egozentrismus zu sein. Es geht also um ein bewegliches Denken, das darin besteht, „fremde Standpunkte im Geist einzunehmen und zu verstehen, wie ein Sachzusammenhang aus der Perspektive des anderen Standpunktes aussieht.“³ Der Schüler scheint nach Überwindung des Egozentrismus zu echten Diskussionen und zu Kooperationen mit anderen Personen fähig zu werden.

Als methodische Formen, den Egozentrismus zu überwinden, können die Gruppenarbeit, das Unterrichtsgespräch, die Pro- und Kontra-Debatte und spezielle Methoden der Technikbewertung (z.B. Delphi-Methode, Planungszelle, Zahlungsbereitschaftsbefragung) dienlich sein, da sich die Schüler in dieser Unterrichtsform in gemeinsamen Diskussionen verschiedene Betrachtungsweisen aneignen können. Zur Gruppenarbeit formuliert AEBLI: „Bei der Gruppenarbeit ist die Klasse in eine Anzahl von Gruppen aufgeteilt, in denen die Schüler selbständig arbeiten. Sie experimentieren, zeichnen, bauen Modelle, fassen Berichte ab. Es handelt sich dabei meist um Tätigkeiten, bei denen alle möglichen Werkzeuge und Materialien benötigt werden. Was aber auch die Gruppenarbeit zu einer Form gemeinschaftlichen Handelns macht, ist der Umstand, daß sie die Diskussionen und den Austausch von Gesichtspunkten unter den Gruppenmitgliedern einschließt.“⁴

Während des Diskussionsverlaufs merkt nahezu jeder Schüler, daß innerhalb der Klasse die Mitschüler einen Gegenstand der Betrachtung oder Sachverhalt aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten und entsprechend andere Lösungen vorschlagen, die von seiner eigenen abweicht. Die Schüler werden gezwungen, unter den unterschiedlichen Gesichtspunkten Beziehungen zu suchen und Gesamtsysteme aufzubauen, die die verschiedenen möglichen Perspektiven vereinigen.

In seinen „Zwölf Grundformern des Lehrens“ spricht AEBLI weitere Aspekte an, die für das Erfordernis eines beweglichen Denkens sprechen und für den Technikunterricht relevant erscheinen. Zu nennen sind:⁵

¹ AEBLI (1968, S. 106) formuliert in diesem Zusammenhang: „Wenn sein Denken nur starre Automatismen und egozentrische Anschauungen umfaßt, so ist es unfähig, Gesichtspunkte zu verstehen, die von den seinigen verschieden sind. Dies macht es unfähig zur Zusammenarbeit. Beginnt sich aber erst einmal die operatorische Intelligenz beim Kinde zu bilden, so bewirken gemeinsame Diskussionen, die von jedem Teilnehmer Anpassung an die Standpunkte anderer verlangen, daß das Denken des Kindes immer beweglicher und logischer wird.“

² AEBLI, H. 1983, S. 316

³ AEBLI, H. 1983, S. 315

⁴ AEBLI, H. 1968, S. 106f.

⁵ AEBLI, H. 1983, S. 314ff.

- *Beweglichkeit im Verstehen und Handeln*

- *Beweglichkeit beim Verstehen von Veränderungen*

- *Beweglichkeit im Handeln und Operieren in der Verfolgung von Zielen*

Bei der „*Beweglichkeit im Verstehen und Handeln*“ kann es beispielsweise darum gehen zu erkennen, daß technische Entwicklungen sowohl positive Wirkungen als auch negative Folgen aufweisen können. Nicht wenigen Menschen erscheint die hochentwickelte Technik wie ein Damoklesschwert, dessen Drohung man nur durch den Verzicht der Technik entrinnen könne. Beweglichkeit bedeutet in diesem Zusammenhang zu erkennen und zu verstehen, daß ein Leben ohne Technik nicht nur die negativen sondern auch die positiven Wirkungen verschwinden lassen würde.

„*Beweglichkeit beim Verstehen von Veränderungen*“ ist nach AEBLI die elementarste Form der geistigen Beweglichkeit, nämlich die Fähigkeit, Veränderungen im Geiste nachvollziehen zu können. Dabei kann es sich beispielsweise um Veränderungen handeln, die durch den technischen Wandel bedingt sind oder auf epochale Veränderungen des Zeitgeistes beruhen. Beispiele des *technischen Wandels* wären u.a. Veränderungen durch neue Informations-, Kommunikationstechnologien und Produktionstechniken. Unter den *epochalen Veränderungen* des Zeitgeistes sind u.a. die veränderten Ideale und Werte der jüngeren Generation zu verstehen. Die Veränderungen in den unterschiedlichen Bereichen wie Gesellschaft, Wirtschaft, Technik erfordern ein persönliches Umdenken bzw. adäquates Reagieren auf die neue Situation.

In all diesen Fällen gilt der Grundsatz: Menschen sind um so mehr in der Lage, sich an veränderte Bedingungen anzupassen, je besser sie ihre bisherige Tätigkeit und deren Bedingungen verstehen, unter denen sie ausgeführt wurden.

Die Notwendigkeit der „*Beweglichkeit im Handeln und Operieren in der Verfolgung von Zielen*“ ergibt sich aus dem Wesen der Wirklichkeit. Folgendes Zitat soll verdeutlichen, daß bei der Planung von Handlungen eine Beweglichkeit notwendig ist. Indem ich versuche „den auseinanderfallenden Bilderrahmen zusammenzuschrauben, drohe ich ihn zu spalten; indem ich den Fleck im Kleidungsstück entferne, droht seine Farbe zu verbleichen. Indem ich die Mäuse im Garten vertreibe, nehmen die Engerlinge überhand.“¹

Die Fähigkeit, Umwege beschreiten zu können, ist notwendig. Umwege zu beschreiten, bedeutet in diesem Zusammenhang, Zwischenziele in unterschiedlicher Reihenfolge zu realisieren sowie bei der Verwirklichung der Ziele die Mittel zu variieren oder gar Ziele neu zu interpretieren. Gegebenenfalls kann Beweglichkeit auch bedeuten, auf die Verwirklichung eines Zieles zu verzichten. Was für das konkrete Handeln gilt, hat natürlich auch beim abstrakten Operieren Gültigkeit, da auch hier bei der Begegnung mit Schwierigkeiten und Hindernissen die Notwendigkeit besteht, Lösungsmethoden, Zwischen- und Endziele zu revidieren, wo es die Umstände erfordern.

¹ AEBLI, H. 1983, S. 318

8. Die Technikbewertung als Gegenstand des Technikunterrichts

In den ersten Kapiteln dieser Arbeit wurde aufgezeigt, daß nach langjährigen Auseinandersetzungen ein *Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag* (TAB) institutionalisiert wurde. Neben diesem Büro gibt es diverse Akademien und Vereine, die sich mit der Abschätzung und Bewertung von Technikfolgen befassen. Eine Bewertung von Technik ist jedoch nicht nur eine Aufgabe der genannten Institutionen, sondern muß auch *Aufgabe der allgemeinbildenden Schulen* sein.

8.1 Technikdidaktische Relevanz der Technikbewertung

Die technikdidaktische Relevanz der Technikbewertung an allgemeinbildenden Schulen läßt sich nicht allein aufgrund der Tatsache ableiten, daß die Technikbewertung in den letzten Jahren zum Bestandteil des politischen Systems geworden ist, sondern gerade wegen ihrer herausragenden Bedeutung zur Bewältigung der Gegenwart und der Zukunft des Einzelnen. Die Bewertung von Technik stellt eine komplexe Aufgabenstellung dar, die nicht nur eine Aufgabe einiger elitärer Experten sein darf, sondern Aufgabe eines jeden Staatsbürgers ist.

Eine Technikbewertung bezieht sich auf Auswirkungen, die sozialer, ökonomischer, ökologischer, politischer u.a. Art sein können. Der Schüler als Konsument bzw. Agierender in einer von Technik geprägten Welt muß, um die Gegenwart und Zukunft verantwortungsbewußt bewältigen zu können, in die Lage versetzt werden, technische Verfahren und Gegenstände nach ihren Auswirkungen (u.a. auf die Umwelt, die Gesellschaft, den Energie- bzw. Ressourcenverbrauch, das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Gemeinschaft) zu beurteilen und zu bewerten.

Aufgrund der Gesellschaftsordnung, die von einer Selbstverantwortung des Einzelnen ausgeht, scheint es nur folgerichtig, daß in einer technikdurchdrungenen Welt im Rahmen der allgemeinen Schulpflicht der Einzelne das entsprechende Rüstzeug zur Bewertung von Technik erhält, das es ihm ermöglicht, in kompetenter Form langfristig zu handeln.

In den letzten Jahrzehnten sind in zunehmendem Maße neben den Erleichterungen und Vorteilen, die die neuen Techniken mit sich bringen, auch die erkennbaren globalen sowie für das einzelne Individuum negativen Auswirkungen und Folgen bei der Anwendung von Technik ins Blickfeld getreten. Es ist zwangsläufig notwendig in einer Welt, die einem rasch fortschreitenden technologischen Wandel unterliegt, in der Schule mit neu formulierten Bildungszielen zu reagieren, um die Schüler zu kompetentem Handeln zu befähigen. Neben dem Analysieren technischer Geräte und Prozesse müssen die hervorgerufenen Technikfolgen auf Mensch und Umwelt und die Bewertung von Technik verstärkt thematisiert werden bzw. in die Bildungspolitik des 20. und 21. Jahrhunderts einfließen.

Ein Unterricht an allgemeinbildenden Schulen kann sich zwar nicht anmaßen, gleiche Resultate zu erbringen, wie es Experten in Forschungseinrichtungen der Technikbewertung zu leisten vermögen, jedoch kann eine Technikbewertung im Technikunterricht die Möglichkeit bieten, Beurteilungen nach *eindeutig objektiven Kriterien* (z.B. Wirkungsgrad, Drehmoment, Leistung) durchzuführen und die Problematik der *intersubjektiv vereinbarten Kriterien* (z.B. Schadstoffemissionen, internationale Konkurrenzfähigkeit) und der *subjektiven Kriterien* (z.B. Ästhetik, Nutzen, Zweck, Farbgestaltung) aufzeigen.¹

Für den Schüler wird die Konflikträchtigkeit von Bewertungen und Entscheidungen, die im Spannungsfeld der Interessen von Personen, Institutionen und Organisationen getroffen werden, deutlich und erfahrbar. Das Verständnis kann einerseits für kontroverse Positionen und andere Meinungen gefördert werden und die Möglichkeit, Toleranz zu wecken wird eröffnet, andererseits werden dabei eigene Einstellungen überprüft und mit Argumenten begründet und vertreten.²

Um beispielsweise das Für und Wider technischer Gegenstände und Prozesse abwägen zu können, benötigt der Einzelne solche Kompetenzen³, die es ihm ermöglichen, Diskussionen in sachkompetenter und differenzierter Form zu führen. Was den Erwerb solcher Kompetenzen betrifft, ist verstärkt das Unterrichtsfach an den allgemeinbildenden Schulen gefordert, das sich explizit mit technischen Verfahren und technikspezifischen Vorgehensweisen auseinandersetzt.⁴ Der technischen Bildung als Bestandteil des Bildungskanons staatlicher Bildungseinrichtungen kommt im diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle zu.

8.2 Thematische Erweiterung technischer Bildung

In dem Memorandum „Allgemeine Technische Bildung in Deutschland - 5 Jahre nach der Wende“ wird darauf hingewiesen, daß technische Fragestellungen in den unterschiedlichen Fächern (z.B. Physik-, Politik-, Informatik- oder Geschichtsunterricht) mehr und mehr angesprochen werden, aber daß eine Thematisierung von Technik in diesen Fächern in keiner Weise zu einer in sich geschlossenen allgemeinen technischen Bildung führt. Die angesprochenen Fächer können lediglich eine notwendige Ergänzung zu einer allgemeinen technischen Bildung leisten.⁵

¹ HENSELER, K. 1994, S. 68; HENSELER, K; HÖPKEN, G. 1996, S. 105 ff

² HENSELER, K; HÖPKEN, G. 1996, S. 18f. und S. 106

³ Siehe hierzu *Kapitel 9*.

⁴ Ob wir gewisse Entscheidungen verantworten können oder nicht, hängt nicht zuletzt von den möglichen Technikfolgen und den zugrunde liegenden Werten bzw. den jeweilig geltenden Wertvorstellungen ab. Technisch verantwortliches Handeln erfordert demzufolge *Wertkompetenz*. Wertkompetenz beinhaltet u.a. die Fähigkeit, zwischen variablen Steigerungswerten und fixen Minimalwerten (minimale Erfüllungsgrade) zu unterscheiden. Zu den Werten und Wertkompetenzen siehe: *Kapitel 5.3.2*.

⁵ Memorandum „Allgemeine Technische Bildung in Deutschland“, in: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. 1996, Anhang S. 5 Vgl. auch: Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Jugend Technik Bildung, Düsseldorf 2000

In den am 26. Januar 1999 vom VDI und dem Deutschen Philologenverband unterzeichneten Memorandum „Für die Stärkung der naturwissenschaftlichen und der technischen Bildung“ wird herausgestellt, daß die „ökonomischen, ethischen, sozialen und ökologischen Bedingungs- und Wirkungsfelder der Technik im Rahmen einer allgemeinen Bildung, die auch die technische Bildung umfasst“, unterrichtlich zu erschließen sind.¹

In Anbetracht der herausragenden Bedeutung von Technik für das Leben des einzelnen kommt der technischen Bildung und implizit der Bewertung von Technik im Rahmen einer allgemeinen Bildung eine zentrale Stellung zu.

Trotz der angeführten Bedeutung der technischen Bildung für den einzelnen erheben sich gelegentlich Stimmen gegen einen Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen. Als Argumentation hört man z.B., daß Technik hinreichend durch das Unterrichtsfach Physik vertreten ist. Dieser Argumentation ist folgendes entgegenzuhalten: Technik ist nicht lediglich die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. „Technik ist zweckgerichtet, d.h. final, sie sucht für ein bestimmtes Problem eine gegenständliche Lösung. Eine Voraussetzung dafür ist sicherlich das Wissen über bestimmte kausale Zusammenhänge, d.h. Technik basiert auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen.“² So können beispielsweise bei technischen Konstruktionen und Materialnutzungen naturwissenschaftliche Einsichten nicht unberücksichtigt bleiben. Trotz allem wird aber Technik von eigenen Zielsetzungen und spezifischen Vorgehensweisen wie z.B dem Planen, Konstruieren, Optimieren bestimmt.

Ein zeitgemäßer Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen darf sich nicht nur auf die Vermittlung von physikalisch-technischen Erkenntnissen oder manuellen Tätigkeiten beschränken, sondern die Schüler müssen hinsichtlich der Technik (Sinn, Ziele, Folgen einer Technik) zu einer Urteilskraft befähigt werden, um verantwortungsvoll mit dieser Technik umzugehen.³ Das Unterrichtsfach Technik muß ein Ort sein, an dem auch die normative Komponente der Technik und unterschiedliche Ebenen von Bewertungskriterien angesprochen werden.

In diesem Zusammenhang formulieren HENSELER und HÖPKEN, daß es ein Ziel des Technikunterrichts sein muß, „den Lernenden zu befähigen, selbst

¹ Memorandum „Für die Stärkung der naturwissenschaftlichen und der technischen Bildung“, abgedruckt in: „Unterricht - ARBEIT + TECHNIK“, März 1999, S. 60f.

² HENSELER, K.; HÖPKEN, G. 1996, S. 33

³ Technik bedeutet *Verantwortung*; darauf weist besonders der vom Technikphilosophen HANS JONAS (1984) geprägte Begriff „*Prinzip der Verantwortung*“ hin, d.h. technische Entwicklungen, die den zur Zeit Lebenden nützen, können mit ihren Folgen bzw. Nebenwirkungen künftigen Generationen in erheblichem Maße schaden.

JONAS spricht in diesem Zusammenhang von einer *Gattungsverantwortung* der Menschheit, d.h einer *Gemeinschaftsverantwortung* der Menschheit. Die Verantwortung bezieht sich sowohl auf unsere derzeitige Mitwelt als auch auf die zukünftige Nachwelt und darf sich nicht nur auf das menschliche Leben beschränken, sondern muß sich auch auf die belebte und un belebte Natur beziehen.

Näheres zum Begriff der Verantwortung bzw. zur Vieldeutigkeit des Verantwortungsbegriffes und das Verantwortungsproblem in der Technik bei: (LENK, H.; ROPOHL, G. 1993, S. 112-148; ROPOHL, G. 1996, S. 61-82; DAECKE, S.M.; HENNING, K. 1993; S. 16-36; JONAS, H. 1984); siehe hierzu auch: *Kapitel 6.1.8.*

Bewertungen vorzunehmen, indem er sich über die eigenen Kriterien im klaren ist, andere Bewertungen zu hinterfragen und unterschiedliche Bewertungsergebnisse gelten zu lassen, indem er sich der verschiedenen Möglichkeiten der Gewichtung der Kriterien bewußt wird.“¹ Es genügt nicht, reine Grundlagenkenntnisse über die Technikbewertung zu vermitteln. Beispielsweise reicht das Wissen über die unterschiedlichen Dimensionen, aus denen die Kriterien einer Bewertung² stammen, nicht aus, um eine kompetente Bewertung eines technischen Gegenstandes oder Sachverhaltes durchzuführen. In *konkreten Handlungssituationen* müssen Bewertungen vorgenommen und unterschiedliche Werte berücksichtigt werden.

Es muß den einzelnen Schülern in sämtlichen Schulformen und Jahrgangsstufen ein Lernen ermöglicht werden, das dazu befähigt, sich selbständig und selbsttätig Kompetenzen anzueignen, um aktiv am technischen Gestaltungsprozeß teilnehmen zu können. Das hier angesprochene Handeln bezieht sich sowohl auf das Handeln in der derzeitigen als auch in der späteren Lebenswelt der Schüler.

Die Bandbreite, in der der einzelne vor technischen Entscheidungen steht, kann sich vom Kauf eines technischen Haushaltsgerätes bis hin zum Bau eines Eigenheims erstrecken. Der Schüler hat aber auch Situationen im Freundeskreis oder im Familienkreis zu meistern, in denen er seine Meinung über technische Geräte und Systeme durch eine zuvor vorgenommene Technikbewertung vertritt. Das Unterrichtsfach Technik kann dem Schüler bei der Erstellung von Bewertungskriterien, die für eine kompetente Technikbewertung erforderlich sind, behilflich sein. Je nach Präferenz der unterschiedlichen Kriterien können jedoch verschiedenartige Konfliktsituationen auftreten. Es ist dem Schüler zu verdeutlichen, daß optimale Zustände hinsichtlich des Einsatzes von Technik aufgrund der Ambivalenz der Technik, der unterschiedlichen Gewichtung von Bewertungskriterien und der unterschiedlichen Entscheidungsebenen (z.B. politische, betriebswirtschaftliche) nicht existieren.

In einem zeitgemäßen Technikunterricht sollte es darum gehen, bei den Schülern die Bereitschaft für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Technik zu fördern und sie zu einer Urteilskraft zu befähigen, die über die Schulzeit hinaus bestand hat. Es ist angesichts der positiven und negativen Folgen von Technik eine Technikkritik erforderlich, die auf Sachverstand und Verantwortungsbewußtsein basiert. Auf einer soliden Informationsbasis, die weder auf eine blinde Technikakzeptanz noch auf eine Verteufelung der Technik abzielt, muß der Schüler im Rahmen einer technischen Bildung zu der Fähigkeit gelangen, eigenständig unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewertungskriterien Technikbewertungen vorzunehmen.

¹ HENSELER, K.; HÖPKEN, G. 1996, S. 105

² Zu den Bewertungskriterien siehe *Kapitel 6* dieser Arbeit

8.3 Ansätze einer Zuordnung der Technikbewertung zur inhaltlichen Dimension der technischen Bildung

Ansätze einer Zuordnung der Technikbewertung zur inhaltlichen Dimension der technischen Bildung wurden sowohl auf dem ersten gesamtdeutschen Symposium „Allgemeine technische Bildung / Technikunterricht in einem vereinten Deutschland“ im Jahre 1990 als auch auf dem Deutschen Symposium „Allgemeine Technische Bildung - 5 Jahre nach der Wende“ 1995 deutlich. Auf beiden Symposien wurde auf die Notwendigkeit eines *mehrperspektivischen Technikdidaktikansatzes* hingewiesen.¹ Das bedeutet: Ein technisches Handeln, das sich nicht in instrumentellem Handeln erschöpft, sondern „welches zugleich als sozial und ökologisch verantwortliches Handeln verstanden werden muß.“²

Als Merkmale des mehrperspektivischen Technikdidaktikansatzes sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu nennen:³

- Durch eine mehrperspektivische Betrachtungsweise wird versucht, der Mehrdimensionalität der Technik gerecht zu werden. Das bedeutet: Technik soll in seinen technischen und nicht-technischen Bezügen erfaßbar und durchschaubar werden. Soziale, politische, ökonomische, ökologische, gesellschaftliche u.a. Fragestellungen sind aufgrund der Vernetzung der Wirkungen von Technik mit außertechnischen Bereichen beim Erfassen, Analysieren, Lösen, Bewerten technischer Problemstellungen sowie bei Technikanwendungen einzubeziehen.
- Eine mehrperspektivische Legitimation des allgemeinbildenden Technikunterrichts gründet sich auf einen Fachwissenschaftsbezug, wobei der Wissenschaftsbezug nicht verabsolutiert wird, und auf pädagogische Argumentationen.

Ein Technikunterricht im Sinne des mehrperspektivischen Ansatzes leistet einen Beitrag zur „Personwerdung“ des Schülers. „Die leitenden Ziele mehrperspektivischen Technikunterrichts zeichnen insgesamt das Bild einer reifen Person. Sie kann sich in technisch bestimmten Lebenslagen orientieren und sie hinreichend verstehen. Sie kommt zu überlegten Urteilen. Sie trifft verantwortliche Entscheidungen und bringt sie umsichtig mit dem erforderlichen Geschick zur Ausführung. Sie ist insgesamt in der Lage, in ihrem Wirkbereich an der humanen und ökologischen Weiterentwicklung unserer technischen Kultur mitzuarbeiten.“⁴ Der mehrperspektivische Ansatz versucht somit einen Beitrag zum verantwortlichen Umgang mit Technik im individuellen sowie im gesellschaftlichen Bereich zu leisten.

¹ SACHS, B. (1981, S. 59) ist der Ansicht, daß die Mehrzahl der Fachdidaktiker der BRD dem mehrperspektivischen Ansatz nahe stehen.

² Memorandum „Allgemeine Technische Bildung in Deutschland“, in: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. 1996, Anhang S. 5; vgl. auch SCHULTE, H. u.a. 1991, S. 4f.

³ Merkmale zusammengestellt nach: SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995; S. 64-75; SCHMAYL, W. 1992, S. 5-15; SCHULTE, H. u.a. 1991, S. 25; WILKENING, F. 1989, S. 4ff.

⁴ SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995; S. 71f.; vgl. auch SCHMAYL, W. 1992, S. 10

- Die inhaltliche Auswahl der Themen orientiert sich an der technischen Wirklichkeit der Erfahrungswelt des Schülers. Mittels der didaktischen Transformation werden Inhalte in den Begreifshorizont des Schülers gestellt. Kein technikgeprägter Bereich soll ausgeschlossen werden. Dazu erfolgt die Auswahl der Lerninhalte exemplarisch, d.h. stellvertretend für eine Vielzahl technikgeprägter Situationen und Problemstellungen.
- Der mehrperspektivische Ansatz zielt auf einen weitgehend eigenständigen und überschaubaren Technikunterricht ab, um Gelegenheit zur fachlichen Vertiefung, Sachbeherrschung und Verständnis sachlicher Zusammenhänge zu ermöglichen. Darüber hinaus tritt der mehrperspektivische Ansatz für das institutionelle Zusammenwirken des Technikunterrichts mit anderen Fächern ein, um einen überfachlichen Unterricht abzusichern.
- Elementare Erfahrungen bzw. der konkrete Umgang mit Werkstoffen, Bauteilen, Geräten, Maschinen, und die Reflexion über durchgeführte Tätigkeiten bilden eine entscheidende Lerngrundlage. Theorie- und Praxisphasen werden verknüpft und ergänzen sich, wobei es durchaus Unterrichtsphasen geben kann, in denen auf Elemente der praktischen Tätigkeiten verzichtet werden muß und das erörternd-betrachtende Vorgehen dominiert. Das wäre beispielsweise der Fall, wenn die Aufmerksamkeit der Lernenden auf übergreifende Zusammenhänge gelenkt und auf das Wesen und den Sinn, Werte und Normen der Technik gerichtet werden soll, wie es z.B. bei der Technikbewertung der Fall ist.
- Es erfolgt eine Ordnung der Inhalte technischer Bildung nach technischen Problem- und Handlungsfeldern, die nicht nur auf fachtechnische Disziplinen (Technikwissenschaften) zielen, sondern allgemeine menschliche Aufgaben und Tätigkeitskomplexe bezeichnen, die jedoch in der modernen Welt von Grund auf technisch geprägt sind. Als Problem- und Handlungsfelder, die in einem mehrperspektivisch angelegten Technikunterricht den Rahmen für die Themenbereiche abstecken, können nach SACHS und WILKENING/SCHMAYL die in der *Abb. 16* aufgeführten Felder genannt werden.¹ Diese Problem- und Handlungsfelder stellen gleichzeitig direkte oder indirekte Erfahrungsbereiche der Schüler dar, auf die sich ein Technikunterricht beziehen sollte.

Den Feldern wurden allgemein brauchbare Unterrichtsinhalte unter Berücksichtigung von Bewertungsinhalten zugeordnet.²

¹ SACHS, B. 1981, S. 64; SACHS, B. 1994, S. 9-12; SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995; S. 73

² Vgl. HÖPKEN, G. 1996; S. 148f.; SACHS, B. 1981, S. 64f.; SCHULTE u.a. 1991, S. 36ff.

Technische Problem- und Handlungsfelder:	Beispiele für mögliche Inhaltsbereiche unter Berücksichtigung von Bewertungsinhalten
<i>Arbeit und Produktion</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Entwerfen und handwerkliches Fertigen eines Gebrauchsgegenstandes aus unterschiedlichen Materialien; Bewerten dieses hergestellten Gegenstandes nach unterschiedlichen Kriterien - Aufbau und Funktion von Maschinen und deren Bewertung - Bewerten technologischer Verfahren - Verantwortung des Menschen bzg. des Umgangs mit Ressourcen - soziale, ökologische u.a. Implikationen aufgrund des technischen Produktionsprozesses - Arbeitsplatzgestaltung (z.B. Lärm, Klima, Beleuchtung, Arbeitsstoffe, anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung)
<i>Bauen und Wohnen</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Grundrißplanung eines Wohnhauses und Modellbau (z.B. Bewertung von Solararchitektur) - Bewerten unterschiedlicher Heizsysteme eines Einfamilienhauses - Planen, Durchführen, Bewerten einer realen Renovierungs-, Baumaßnahme unter Berücksichtigung von Baunormen, sicherheitstechnischen, ökologischen, monetären, designrelevanten u.a. Aspekten - Bewerten verschiedener Applikationsverfahren (Anstrich-, Lackiertechniken) - Experimentieren mit Baustoffen und Bewerten verschiedener Baustoffe z.B. hinsichtlich ihrer Wärme- und Schalldämmung - Fertigen und Bewerten einfacher Tragwerke - Vergleich konventionellen und industriellen Bauens (z.B. umweltverträgliches und menschenangepaßtes Bauen) - Bauen und Wohnen früher und heute
<i>Versorgung und Entsorgung</i>	<ul style="list-style-type: none"> - sparsamer, umweltschonender Einsatz von Energie (z.B. „Energieverschwender“ im privaten Haushalt, Schule) - Technische Systeme zur Energieumwandlung und Folgen der Energienutzung, Chancen und Grenzen unterschiedlicher Energieumwandlungssysteme, Bewerten dieser Systeme - Entwickeln, Bauen, Bewerten einfacher Anlagen zur Energieumwandlung (z.B. Sonnenkollektoren) - Wasserver- und -entsorgung - entsorgungsfreundliche Gestaltung von Produkten (z.B. Untersuchen von Bauteilen, Bewerten technischer Geräte verschiedener Fabrikationen, wie z.B. Kaffemaschine, Kühlschränke, Geräte zur Nahrungsmittelerhitzung) - Technische Verfahren zur Wiederverwertung von Altmaterialien (z.B. Shreddern und Trennen, Thermische Fraktionierung, Zerlegen und Sortieren)

<i>Transport und Verkehr</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Untersuchen, Vergleichen, Bewerten von Transportmitteln und Verkehrssystemen - Bewerten von selbstgebauten Flugobjekten sowie Hebevorrichtungen - umweltschonende, energiesparende Antriebsaggregate von Fahrzeugen - Bewertung des Verbrennungsmotors als Antriebsaggregat - das Fahrrad als umweltfreundliches Verkehrsmittel und seine Bewertung als Fortbewegungsmittel - historische Betrachtung von Transportsystemen - Planen und Durchführen von Wartungs-, Pflege-, und Reparaturarbeiten am Fahrrad, Fahrrad mit Hilfsmotor
<i>Information und Kommunikation</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsaustausch mit elektronischen Kommunikationssystemen (E-mail, SMS, Faxgerät, Internet u.a.) - Planen und Bauen einfacher Steuerungs- und Regelungseinrichtungen - Bauen von einfachen Anlagen zur Übertragung von Informationen und die Bewertung dieser Anlagen - Chancen und Auswirkungen der zunehmenden weltweiten Vernetzung im privaten und wirtschaftlichen Bereich (z.B. Datenschutz, soziale Isolation)

Abb. 16 Technische Problem- und Handlungsfelder und Zuordnung möglicher Bewertungsinhalten

8.4 Lernzieleinteilungen

Um den Intentionen des mehrperspektivischen Technikdidaktikansatzes im praktischen Unterricht gerecht werden zu können, bedarf es neben der inhaltlichen Strukturierung des Technikunterrichts (Abb. 16) einer näheren Lernzieleinteilung. Eine solche Lernzieleinteilung muß folgende Zielperspektiven beinhalten:¹

- Kenntnisse über technische Gegenstände, Verfahren und Sachverhalte sowie gedankliche Durchdringung der Funktion und Wirkungsweise von technischen Geräten und Verfahren
- Erwerb techniktypischer Vorgehensweisen zur Bewältigung technikgeprägter Situationen
- Erfassen des Sinns technischen Handelns sowie kritisches Bewerten von Technik

Zunächst werden die Lernzieleinteilungen von WILKENING sowie von HENSELER und HÖPKEN vorgestellt, die im Rahmen einer didaktischen Aufarbeitung von Inhalten des Technikunterrichts und zur eigenen Unterrichtsvorbereitung eine nützliche Hilfe darstellen können. Auch wenn die Verfasser unterschiedliche Lernzieleinteilungen vornehmen, so können diesen Einteilungen doch vergleichbare Inhalte zugeordnet werden.

¹ Vgl. auch SACHS, B. 1991, S. 59

Eine weitere Einteilung von Lernzielen des Technikunterrichts ist möglich, indem die „Lernzieltaxonomie“ nach BLOOM herangezogen wird, in der nach *kognitiven, affektiven* und *psychomotorischen Lernzielen* unterschieden wird. Diese Einteilung bietet den Vorteil, daß beispielsweise bei den Zielen der kognitiven Ebenen eine Gliederung nach Kategorien (Wissen/ Kenntnis, Verstehen, Anwenden, Analyse, Synthese, Bewertung) vorgenommen werden kann, um somit den Unterricht weiter zu systematisieren.

8.4.1 Lernzieleinteilung nach WILKENING

Hinsichtlich der unterschiedlichen Zielsetzungen eines Technikunterrichts lassen sich in Anlehnung an WILKENING „vier qualitativ unterschiedliche und analytisch unterscheidbare Lernzielrichtungen, die im konkreten Geschehen des Unterrichts aufeinander bezogen bleiben“¹ anführen. Zu unterscheiden sind:²

- inhaltsbezogene Lernziele
- verfahrensbezogene Lernziele
- verhaltensbezogene Lernziele
- wertbezogene Lernziele

Mit den *inhaltsbezogenen Lernzielen* ist der Erwerb fachlicher Fertigkeiten und Kenntnisse intendiert, wie z.B. praktische Fertigkeiten, Fachkenntnisse über Werkstoffeigenschaften, technische Konstruktionen und Funktionszusammenhänge.

Gegenüber den inhaltsbezogenen Lernzielen zielen die *verfahrensbezogenen Lernziele* nicht darauf ab, den Schülern primär Wissen über Fachinhalte erwerben zu lassen. Es werden vielmehr methodische Fähigkeiten vermittelt, die „einen eigenständigen Erwerb von Wissen und Erkenntnissen ermöglichen und zu eigenständiger innovativer Problemlösung befähigen.“³ Mittels problemorientierter Aufgabenstellungen werden die Schüler zu Qualifikationen wie z.B. technikspezifische Verfahren des Experimentierens, Planens, Informierens, Analysierens, Vergleichens und schließlich des Problemlösens im Erfindungsprozeß herangeführt.

Die *verhaltensbezogenen Lernziele* sollen der Entwicklung personaler und sozialer Verhaltensweisen dienlich sein, d.h. sie sind u.a. auf die Vermittlung der Fähigkeit zur kooperativen Zusammenarbeit, individueller Leistungsbereitschaft in Technik geprägten Lebenssituationen und der Selbstfindung gerichtet.

Mit den *wertbezogenen Lernzielen* ist der Erwerb bzw. die Förderung eines kritischen Bewußtseins und Urteils bezüglich technischer Handlungen (Produzieren, Außerbetriebnehmen u.a.) sowie hinsichtlich der Voraussetzungen

¹ WILKENING, F. 1989, S. 5

² Die aufgeführten Lernzielrichtungen sowie die folgenden Beschreibungen der Lernzielrichtungen sind angelehnt an:
WILKENING, F. 1989, S. 5; WILKENING, F. 1994, S. 13f.

³ WILKENING, F. 1994, S. 123

und Folgewirkungen des technischen Fortschritts intendiert. Angesprochen ist in diesem Zusammenhang die Bewertung von Technik unter verschiedenen Aspekten. Die wertbezogenen Lernziele sollen der Entwicklung von Orientierungs-, Urteils- und Entscheidungsfähigkeit in Problem- und Konfliktsituationen dienlich sein.

8.4.2 Einteilung nach HENSELER und HÖPKEN

Eine andere Einteilung von Zielen nehmen HENSELER und HÖPKEN¹ vor. Ausgehend von einer allgemeinen Einteilung der Ziele der Schule in:

- fachunabhängige Ziele,
- fachübergreifende Ziele,
- fachspezifische Ziele,

nennen die Autoren in einem weiteren Schritt drei Zielebenen des Technikunterrichts.

- technische Mündigkeit
- technisches Grundverständnis
- Bewältigung technischen Alltags

Die *technische Mündigkeit* stellt im Bereich der Zielebenen die höchste Ebene dar, da es das primäre Ziel eines jeden Technikunterrichts sein sollte, den Menschen für technisch geprägte Situationen mündig zu machen. Voraussetzung für die technische Mündigkeit scheint das *technische Grundverständnis* zu sein, welches wiederum nur durch fundierte Grundfähigkeiten und -fertigkeiten zu erreichen ist.

Die einzelnen Zielebenen des Technikunterrichts korrespondieren mit den fachunabhängigen, fachübergreifenden und fachspezifischen Zielen der Schule. Das bedeutet, daß auf der Ebene der *technischen Mündigkeit* immer mehr fachunabhängige Ziele in den Mittelpunkt treten. Auf der Ebene des technischen Grundverständnisses tauchen neben fachspezifischen Zielen vermehrt fachübergreifende Ziele auf. Auf der Zielebene der *Bewältigung des technischen Alltags* überwiegen fachspezifische Ziele.

Den einzelnen Zielebenen des Technikunterrichts können Lernziele zugeordnet werden, die bei einer konkreten Unterrichtsvorbereitung weiter ausdifferenzieren sind. Die *Abb. 17* dient zur Illustration der Zielebenen des Technikunterrichts und der Zuordnung von Lernzielen.

¹ HENSELER, K; HÖPKEN, G. 1996, S. 28ff.

		<i>Lernziele</i>
Zielebenen	<i>Technische Mündigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Werte und Normen zur Entwicklung und Verwendung von Technik aufstellen und überprüfen - Werte- und Normenhierarchie zur Bewertung von Technik aufstellen und überprüfen - entsprechend den aufgestellten Werten und Normen handeln - im Bereich der Technik Entscheidungen treffen und begründen und die Verantwortung dafür übernehmen - die eigenen Werte und Normen vertreten und Toleranz gegenüber anderen Wertvorstellungen zeigen
	<i>Technisches Grundverständnis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - allgemeine Strukturen des technischen Prozesses erkennen und anwenden - technische Handlungen erkennen und ausführen - Folgen technischer Prozesse auf Mensch und Umwelt abschätzen - Zusammenhänge über Entstehung und Verwendung von Technik kennenlernen - Technik als historisch Gewachsenes, Veränderbares und im Spiel der Interessen Befindliches verstehen - Notwendigkeit und Probleme der Vereinheitlichung und Normierung erkennen - Bedeutung der Technik für Erlernen und Ausüben wichtiger Berufe einschätzen - Gesetzmäßigkeiten, die in der Technik einfach nachzuvollziehen sind, auf andere Bereiche übertragen
	<i>Bewältigung technischen Alltags</i>	<ul style="list-style-type: none"> - einfache Bearbeitungsverfahren kennen und anwenden - einfache Geräte und Maschinen bedienen und warten - einfache Abläufe planen und durchführen - vorhandene Normierungen kennen und nutzen - bei allen Tätigkeiten auf Sicherheit achten

Abb.17 Zielebenen des Technikunterrichts und Zuordnung von Lernzielen (Erstellt nach: HENSELER, K; HÖPKEN, G. 1996, S.30f.)

8.4.3 Taxonomie der Lernziele nach BLOOM und der Versuch einer Zuordnung technischer Ziele

Einen anderen Zugang, um Ziele eines Unterrichts zu klassifizieren, stellt die „Lernzieltaxonomie“ nach BLOOM¹ dar. „Hierunter ist ein Schema zu verstehen, das die Lernziele zunächst nach verschiedenen Verhaltensdimensionen (Lernzielbereiche) ordnet und innerhalb dieser Lernzielbereiche jeweils nach Komplexitätsgrad hierarchisch genauer einordnet.“²

Als Lernzielbereiche können nach BLOOM:

- der *kognitive* Bereich,
- der *affektive* Bereich,
- der *psychomotorische* Bereich

unterschieden werden.

Kognitive Ziele des Unterrichts haben damit zu tun, den Denk- und Gedächtnisbereich des Schülers anzusprechen, d.h. sie betreffen seine intellektuellen Fähigkeiten. Im Rahmen einer Technikbewertung sind hier als Lernzielbereiche z.B. Kenntnisse über Werte, Indifferenzbeziehungen u.a.m. anzusiedeln. (siehe Abb. 18)

Affektiven Ziele nehmen hingegen Bezug auf die Haltung, Bereitschaft, Einstellung, Wertschätzungen, Interesse u.s.w., die ein Lernender bei bestimmten Handlungen einnimmt. Dazu zählt beispielsweise, dass der Schüler andere Sichtweisen im Zusammenhang einer Technikbewertung respektiert aber auch sein Ergebnis einer Technikbewertung mit Argumenten begründet und seine eigene Einstellung bereit ist zu überprüfen.

Die *psychomotorischen* (pragmatischen) *Ziele* beziehen sich auf solche Fertigkeiten, die den manuellen und motorischen Bereich betreffen, d.h. auf Muskeltätigkeiten beruhen. Hierbei kann es sich um Tätigkeiten handeln, die im Zusammenhang mit einer Bewertungsaufgabe stehen.

Dem „Klassifikationsschema“ können nach BLOOM Kategorien von Fähigkeiten (z.B. Kenntnisse, Verstehen, Anwenden) zugeordnet werden, mit deren Hilfe wiederum Lernziele formuliert werden können. In der Abb. 18 wurde ohne Anspruch auf Vollständigkeit der Versuch unternommen, mit Hilfe des „Klassifikationsschemas“ Lernziele für den Technikunterricht im Rahmen einer Technikbewertung zu formulieren, damit die von Bloom aufgestellten Lernzielbereiche für den Technikunterricht ihre volle Reichweite erreichen.

Die kognitiven, affektiven, psychomotorischen Zielebenen hängen eng zusammen, scheinen untrennbar und sich gegenseitig zu bedingen. So können oftmals implizit beim Verfolgen kognitiver Ziele sowohl affektive als auch psychomotorische Ziele erreicht werden. Es scheint aber auch zur Erreichung kognitiver Ziele eine

¹ BLOOM, B.S. 1972

² ZECH, F. 1998, S. 66

affektive Zuwendung (Lernbereitschaft) unerlässlich, sollen effektive Lernzielergebnisse erfolgen; und bekanntlich nimmt der Lernerfolg auf der kognitiven Ebene zu, wenn die psychomotorische Ebene angesprochen wird.

Die Reihenfolge der Lernziele (*siehe Abb. 18*) innerhalb der kognitiven Ebene (z.B. erst *Wissen/Kenntnis*, dann *Verstehen*) soll zum Ausdruck bringen, daß vor dem Anwenden beispielsweise *Wissen* und *Verstehen* vorausgehen sollten. Mit dieser Einteilung soll keine Wertigkeit der Kategorien zum Ausdruck gebracht werden. Zwar stellt BLOOM in seiner „Taxonomie der Lernziele“ das Bewerten als höchste Kategorie dar; es ist jedoch anzumerken, daß beispielsweise im Technikunterricht und insbesondere im Rahmen einer Technikbewertung bereits auf der Stufe des Anwendens von technischen Verfahren / Geräten u.a.m. diese in der Regel auch vor ihrer Anwendung eine Bewertung erfahren.

<i>Kognitive Ziele des Technikunterrichts¹</i>	
Ziele bzg. „Wissen / <i>Kenntnis</i> “ (knowledge)	<ul style="list-style-type: none"> - Kenntnisse z.B. über Werte, Normen, konkurrierende Faktoren, Indifferenzbeziehungen, Instrumentalbeziehungen, Technikfolgen, Sicherheitsvorschriften, Werkstoffeigenschaften, technische Verfahren und Normierungen, technische Systeme mit Steuerungen und Regelungen (Prinzip des Regelkreises) - Kenntnisse darüber, daß Technik nicht nur hinsichtlich technischer Kriterien, sondern auch bezüglich nicht technikimmanenter Aspekte bewertet wird
Ziele bzg. „ <i>Verstehen</i> “ (comprehension)	<p>Fähigkeiten erlangen, mitgeteilte Informationen (z.B. über Gesetzmäßigkeiten, Formeln, Sachgegenstände) sachgerecht aufzunehmen und zu interpretieren. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusammenhänge über die Entstehung und Verwendung von Technik verstehen - Strukturen technischer Prozesse durchschauen - Funktionsweise technischer Geräte verstehen - Technik als historisch Gewachsenes, Veränderbares und im Spiel der Interessen Befindliches verstehen
Ziele bzg. „ <i>Anwenden</i> “ (application)	<p>Fähigkeiten, allgemeine Regeln u.a. auf neue Situationen zu übertragen. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - das durch technische Sachverhalte erworbene und verfügbare Wissen anwenden - Strategien zur Bewältigung von technischen Problemen bei unterschiedlichen Problemsituationen anwenden - Anwenden von Konstruktionsvorschriften, Formeln, Gesetzmäßigkeiten u.a. - vorhandene Normierungen verwenden (z.B. beim technischen Zeichnen) - Anwenden vorhandenen Wissens, beispielsweise bei dem Interpretieren von Bedienungsanleitungen

¹ Zu den konkurrierenden Faktoren, Indifferenzbeziehungen, nicht technikimmanente Kriterien u.a.m. siehe Kapitel 5. dieser Arbeit.

<p>Ziele bzg. „Analyse“ (analysis)</p>	<p>Fähigkeiten, Informationen, technische Geräte, Prozesse u.a. in Teile zu zerlegen, so daß Beziehungen deutlich werden. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demontage eines Gerätes (z.B. Bohrmaschine, Küchenmaschine) und Untersuchen einzelner Bauteile oder Teilsysteme (z.B. Widerstand, Transistor, LED, Solarzelle, Fahrraddynamo, Fahrradlager, Teilsysteme eines Verbrennungsmotors) hinsichtlich ihres Aufbaues, ihrer Funktion und Wirkungsweise - Analysieren technischer Prozesse (z.B. Funktionsweise eines Regelkreises) und technischer Systeme (z.B. Windkraft-, Biogasanlagen, Kohlekraftwerk) - Fehleranalyse bei elektronischen Schaltungen (z.B. Durchgangsprüfer)
<p>Ziele bzg. „Synthese“ (synthesis)</p>	<p>Fähigkeiten, Teile zu einem neuen Ganzen zusammensetzen. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verifizieren eines Funktionsmodells (z.B. Regelung eines Füllstandes/Spülkastens, Katalysators, Solarmoduls) - selbständig Alternativen, Lösungswege entwickeln - aus Bekanntem logische Schlüsse ziehen (Folgern, Begründen) - Daten auf verschiedene Weisen kombinieren (z.B. verschiedene Möglichkeiten um den Gesamtwiderstand zu ermitteln)
<p>Ziele bzg. „Bewertung“ (evaluation)</p>	<p>Urteile über den Wert von Materialien, technischen Verfahren u.a. abgeben. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auseinandersetzung mit möglichen Auswirkungen sowie Erörterung von Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen (z.B. regenerative Energien hinsichtlich qualitativer Bewertung) - verschiedene Materialien, Baustoffe hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Kenndaten u.a. vergleichen und bewerten - Gegenüberstellen von Vor- und Nachteilen des Fahrrades gegenüber anderen Fortbewegungsmitteln mit anschließender Bewertung - Verbrennungsmotor hinsichtlich verschiedener Kriterien (technischer, ökonomischer, ökologischer, sozialer) als Antriebsaggregat für Transportmittel bewerten - verschiedene Möglichkeiten der Warmwasserbereitung (z.B. Tee-, Kaffeewasserbereitung) unter Aspekten wie z.B. Zeitaufwand, Energieeinsatz bewerten - Betrachtung unterschiedlicher Fertigungsprozesse hinsichtlich verschiedener Aspekte mit anschließender Bewertung - Folgen technischer Prozesse auf Mensch und Umwelt abschätzen und bewerten

Affektive Ziele des Technikunterrichts

- bereit sein, nach aufgestellten Werten und Normen zu handeln
- Interesse entwickeln, Werte und Normen zur Entwicklung und Verwendung von Technik aufzustellen und zu überprüfen
- Vergnügen daran haben, sich mit technischen Sachverhalten und Problemen auseinanderzusetzen
- Bereitschaft/Interesse zeigen, sich mit einer technischen Problemstellung, Aufgabe, einem technischen Sachverhalt u.a. zu beschäftigen und sich auch über einen längeren Zeitraum anzustrengen (Durchhaltebereitschaft), um eine Aufgabe bzw. ein Problem zu lösen
- Bereitschaft, auf andere einzugehen und zuzuhören, Kritik ertragen zu können, andere Sichtweisen zu tolerieren, sich an Vereinbarungen zu halten etc.
- Wille zum genauen, sauberen Arbeiten
- bereit sein, Ordnung zu halten
- eigene Einstellung zur Technik reflektieren wollen

Psychomotorische (pragmatische) Ziele des Technikunterrichts

- beim Anfertigen technischer Zeichnungen Hilfsmittel handhaben
- Gebrauchsgegenstände nach vorgegebener Anleitung herstellen (z.B. Grillgabel nach Plan erstellen)
- manuelle Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit der eigenständigen Planung, Herstellung und Bewertung eines technischen Gegenstandes bzw. technischen Verfahrens stehen
- Pflege-, Wartungs-, Demontage- und kleinere Reperaturarbeiten vornehmen (z.B. Arbeiten am Fahrrad)
- manuelle Tätigkeiten z.B. des Hobelns, Feilens, Sägens, Bohrens, Lötens sicher beherrschen

Abb.18 Kognitive, affektive und psychomotorische Ziele des Technikunterrichts

9. Kompetenzen zur Bewältigung technikspezifischer Lebenssituationen

Um eine kritische, aber sachgerechte Auseinandersetzung der Folgen und Auswirkungen von Technik zu gewährleisten, muß die technische Bildung im Sinne ihrer Aufgabe als lebensvorbereitende und lebensbewältigende Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelnde Institution einen Beitrag zu Qualifikationen der Handlungskompetenz auf Sach-, Methoden- sowie Bewertungsebene leisten.¹ Im folgenden wird dargelegt, was unter diesen einzelnen Kompetenzen zu verstehen ist.

9.1 Handlungskompetenz

Ausgehend von der generellen Zielsetzung² eines allgemeinbildenden Technikunterrichts umfaßt der Begriff der komplexen Handlungskompetenz eine auf kritische Reflexion begründete Handlungsfähigkeit für die Lösung technischer Aufgaben und die Beherrschung technisch bestimmter Situationen. Entsprechend der Mehrdimensionalität der Technik beinhaltet die komplexe Handlungskompetenz „drei voneinander abgrenzbare, aber stets einander bedingende und in Wechselbeziehung stehende Ebenen der Technik“,³ die *Sachebene*, *Methodenebene*, *Bewertungsebene*. Diese Ebenen führen zu der jeweiligen *Sachkompetenz*, *Methodenkompetenz* und *Bewertungskompetenz*.

Die komplexe Handlungskompetenz bezieht sich einerseits auf die Fähigkeit, technische Erzeugnisse in einem gewissen Grad zu durchschauen, um sich in angemessener Weise über technische Fragen zu verständigen, andererseits auf die Fähigkeit, einfache technische Problemfälle des Alltags zu lösen. Handlungskompetenz wird auch als eine gesellschaftspolitische Qualifikation verstanden, d.h. sie beinhaltet die Fähigkeit des praktischen Mitgestaltens innerhalb des soziotechnischen Umfeldes.⁴ In diesem Zusammenhang nimmt die Abschätzung und Bewertung von Technik eine zentrale Stellung ein, denn Mitgestaltung beinhaltet gleichzeitig das kritische, aber sachgerechte Reflektieren von Technik unter ökologischen, ökonomischen, anthropogenen, sozialen u.a. Aspekten.

Bei all diesen oben (im Rahmen der Handlungskompetenz) angesprochenen zu vermittelnden Fähigkeiten gilt weiterhin, „daß der Kern der Technik und des Technikunterrichts die Herstellung und Verwendung technischer Gegenstände bleibt, oder anders ausgedrückt: daß Technikunterricht auf die Lebensperspektive

¹ Vgl. Memorandum „Allgemeine Technische Bildung in Deutschland“, in: SCHULTE, H. WOLFFGRAMM, H. 1996, Anhang

² „Die generelle Zielsetzung eines allgemeinbildenden Technikunterrichts orientiert sich darauf, dem Lernenden die immer komplexer werdende technische Umwelt durchschaubar und begreifbar zu machen, sowie ihn zu befähigen, die Anforderungen technisch geprägter Lebenssituationen (im privaten, beruflichen und öffentlichen Bereich) sachkompetent und verantwortungsbewußt zu meistern.“ (SCHULTE, H. u.a. 1991, S. 10)

³ SCHULTE, H. u.a. 1991, S. 10

⁴ BIENHAUS, W. 1994, S. 12; SCHMAYL, W. 1991; S. 14f.; WILKENING, F. 1989; S. 4

bezogen ist, gebrauchstüchtige Funktionszusammenhänge für menschliche Bedürfnisse und humane Zwecke zu realisieren.“¹

Um Handlungskompetenz zu erlangen, d.h. um die Fähigkeit zu erwerben, mit technischen Objekten (Mitteln) umgehen zu können, technische Probleme zu lösen, und um die Fähigkeit zu erlangen, Technik bewerten zu können, ist es erforderlich, grundlegende technische Vorgehensweisen zu ermitteln, und darüber hinaus muß Gelegenheit zum Üben in konkreten Handlungssituationen gegeben werden. Bei den technischen Methoden geht es nicht um handwerkliche Fertigkeiten, sondern um ein Problemlösungsverhalten bei unterschiedlichsten technischen Aufgabenstellungen.²

9.2 Sachkompetenz

Die Sachkompetenz beinhaltet das Wissen über *technische Gegenstände, Verfahren* und *Sachverhalte*. Sie umfaßt beispielsweise das Wissen um Funktion, Wirkungsweise und Nutzung von Maschinen, Geräten und Werkzeugen, „Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Gebrauch von Technik und zum zweckmäßigen Einsatz von Material, Energie und Informationen“³ sowie Fragen der Sicherheitserziehung.

Die Sachkompetenz beinhaltet demnach Sach- und Strukturkenntnisse, die z.B. durch die technikwissenschaftlichen Bereiche der Energie-, Informations-, Produktions-, Maschinen-, und Bautechnik in der Schule abgedeckt werden können. Die Sachkompetenz schließt aber auch das Durchschauen technischer Strukturen bzw. das Wissen um die Interdependenz von den technischen, ökologischen, ökonomischen u.a. Dimensionen ein. Sie soll es dem einzelnen in unserer Gesellschaft ermöglichen, „technische Erzeugnisse in gewissem Grad zu durchschauen, sich angemessen über fachtechnische Fragen zu verständigen und einfache Problemfälle des Alltags zu meistern.“⁴

In technischen Bereichen kann die Sachkompetenz erworben werden, indem technische Strukturen transparent gemacht werden.

Um die Fülle technischer Objekte und Verfahren grob zu gliedern und deren Wirkungsweise durchschaubar zu machen, scheint es sinnvoll, eine Gliederung der Systeme nach ihrem *Hauptzweck* vorzunehmen. Zu nennen sind: System des Stoffumsatzes, System des Energieumsatzes und System des Informationsumsatzes. Diese Art der Gliederung soll im folgenden als *umsetzungsbezogene Betrachtung* bezeichnet werden.

Möchte man darüber hinaus die eingesetzten und hervorgebrachten beteiligten Größen (Stoffe, Energie, Information) hinsichtlich einer möglichen technischen Transformation (Umwandlung, Umformung, Transport, Speicherung,

¹ WILKENING, F. 1989, S. 4

² Vgl. HENSELER, K.; THEUERKAUF, W. 1994, S. 66; HENSELER, HÖPKEN 1996, S. 37

³ SCHULTE, H. 1994, S. 17

⁴ SCHMAYL, W. 1991, S. 14

Vervielfältigen/Löschen) herausstellen, so bietet sich die Matrix „Systematisierung technischer Prozesse“ (siehe Abb. 20) an.

Neben der umsetzungsbezogenen Betrachtung kann es sinnvoll sein, unterschiedliche Betrachtungsebenen hinsichtlich einer Kategorisierung technischer Objekte heranzuziehen. Diese Art der Betrachtung wird als *hierarchische (sachsystembezogene) Betrachtung* bezeichnet (siehe Abb. 21).

Im folgenden sollen sowohl die *umsetzungsbezogene* als auch die *hierarchische* Betrachtung nähere Berücksichtigung finden.

9.2.1 Umsetzungsbezogene Betrachtung

Die umsetzungsbezogene Betrachtung hat die Klassifizierung technischer Objekte und Systeme unter den Gesichtspunkten der Stoffumsetzung, Energieumsetzung und Informationsumsetzung zum Gegenstand. Es lassen sich unterscheiden:¹

- 1.) *System des Stoffumsatzes*: Darunter zählen Systeme zur Gewinnung, Umwandlung, Verarbeitung, Bearbeitung, Speicherung und / oder zum Transport von Stoffen (z.B. Hüttenwerk, Chemiebetrieb).
- 2.) *System des Energieumsatzes*: Hier werden Systeme zur Umwandlung, Speicherung und / oder Verteilung von Energie zusammengefaßt (z.B. Kraftwerk, Umspannwerk).
- 3.) *System des Informationsumsatzes*: Bei dieser Kategorisierung werden Systeme zur Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und / oder Weiterleitung von Informationen eingeordnet (z.B. Rechenzentrum, Buchungsautomaten).

Eine Einteilung in die Kategorien eines *Stoff-, Energie-, und Informationsumsetzungssystems* erlaubt es, nicht nur die unterschiedlichen Systeme primär nach ihrer Hauptaufgabe zu gliedern, sondern auch im Hinblick auf ihre unterschiedlichen Aufgabenbereiche. So läßt sich beispielsweise ein Kraftwerk sowohl unter dem Blickwinkel eines *Energieumsetzungssystems*, *Stoffumsetzungssystems* als auch eines *Informationsumsetzungssystems* betrachten. Folgendes Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

¹ Vgl. SANFLEBER, H.; TRAEBERT, W.E. 1978, S. 20ff.

Beispiel: (Kraftwerk)

Das Kraftwerk als Energieumsetzungssystem: Die Hauptaufgabe des Kraftwerks besteht in der Energieumwandlung, d.h. durch hintereinander geschaltete energieumwandelnde Teilsysteme elektrische Energie zu gewinnen. Grob betrachtet, wird in einem Kraftwerk zunächst die chemisch gebundene Energie des Energieträgers (z.B. Kohle) in thermische Energie, diese dann in mechanische Energie und schließlich in elektrische Energie umgewandelt. Als Ausgangsgrößen des Prozesses ist neben der elektrischen Energie auch Wärmeenergie entstanden.

Das Kraftwerk als Stoffumsetzungssystem: Die stofflichen Eingangsgrößen eines Kraftwerkes sind nicht nur die Energieträger (z.B. Kohle, Gas, Erdöl, Uran), sondern auch Stoffe wie Luft und Wasser. Die dem Energieumwandlungsprozeß vor-, parallel- und nachgeschalteten stoffumsetzenden Prozesse bewirken (z.B. bei einem Kohlekraftwerk), daß als Ausgangsgrößen z.B. Schlacke, Asche, Wasserdampf, Rauchgase, Schwefel, Gips, Stickoxide und aromatische Kohlenwasserstoffe anfallen.

Das Kraftwerk als Informationsumsetzungssystem: In einem Kraftwerk treten natürlich auch zahlreiche informationsverarbeitende Prozesse auf, z.B. bei der Regelung von Druck, Temperatur, Wasserstand, Drehzahl.

Bei diesen Prozessen handelt es sich nicht nur einfach um Umsetzungssysteme, sondern es treten solche Vorgänge auf, bei denen die Eingangsgrößen Stoff, Energie, Informationen mit *Hilfe menschlicher Tätigkeiten*¹ und unter *Verwendung von Hilfsmitteln* in Ausgangsgrößen verwandelt werden.² Die *Abb. 19* verdeutlicht diesen technischen Transformationsprozeß in allgemeiner Form.

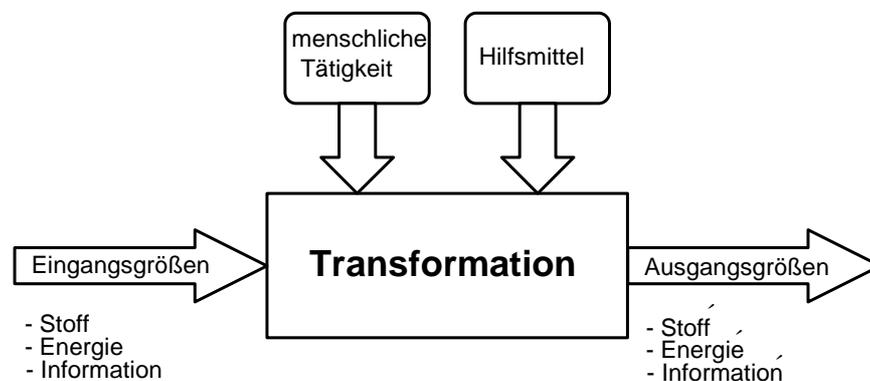


Abb. 19 Technischer Transformationsprozeß, aus: HENSELER / HÖPKEN 1996, S. 35

¹ Ein Problembereich innerhalb des Transformationsprozesses sind die Gesundheitsgefährdungen (z.B. durch Gase, Stäube, Lärm, einseitige Körperbelastung) durch arbeitsbedingte Unfälle und Mehrfachbelastungen. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Daten über berufsbedingte Krankheitsbilder und damit verbundener Kosten für die Volkswirtschaft liefern die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung.

² Vgl. HENSELER, K.; HÖPKEN, G. 1996, S. 35

Transformationsmatrix

Um die jeweilige Eigenart (Art der Umsetzung) der eingesetzten und hervorgebrachten Größen im technischen Transformationsprozeß übersichtlich herauszustellen, kann die Matrix „Systematisierung technischer Prozesse“ herangezogen werden. Sie (siehe Abb. 20) gibt die möglichen Transformationen (Umwandlung, Umformung, Transport, Speicherung, Vervielfältigen/Löschen) der im technischen Prozeß beteiligten Größen (Stoff, Energie, Information) wieder.

		Transformation				
zu verändernde Größen		Umwandlung	Umformung	Transport	Speicherung	Vervielfältigen Löschen
Stoff						
Energie						
Information						

Abb. 20 Transformationsmatrix

„Unter *Umwandlung* versteht man eine Veränderung der inneren Struktur des Arbeitsgegenstandes. Bei Stoff ist die Umwandlung durch einen chemischen Prozeß gekennzeichnet (z.B. Raffinerie), bei Energie durch die Überführung einer Energieart in eine andere (z.B. mechanische Energie in elektrische beim Generator), bei Information dadurch, daß aus einer Anzahl Informationen neue Informationen gewonnen werden (z.B. Rechner).

Umformung bedeutet eine Veränderung der äußeren Form des Arbeitsgegenstandes. Bei Stoff führt diese Transformation zu einer Veränderung der geometrischen Form (z.B. mit Hilfe der Drehmaschine), bei Energie zur Änderung bestimmter Größen, wobei die Energieart erhalten bleibt (z.B. elektrische Spannungsänderung bei einem Transformator), bei Information zu einer Änderung des Signalträgers, wobei die Information nicht verändert wird (z.B. magnetische Aufzeichnung von Musik).

Transport bedeutet eine Veränderung des Ortes (der Lage), bei Stoff z.B. mit Hilfe eines Lastwagens, bei Energie z.B. mit einer Hochspannungsleitung, bei Information z.B. mit einer Richtfunkstrecke.

Speicherung stellt eine Zeitüberbrückung - teilweise unter festgelegten Bedingungen - dar und kann für Stoff z.B. in einer Kühlkammer, für Energie z.B. in einem Wärmespeicher, für Information z.B. in einem Magnetspeicher erfolgen.

Bei der *Vervielfältigung/Löschung* handelt es sich um Vorgänge, an deren Ende die ursprüngliche Information in mehrfacher Ausfertigung vorliegt

(z.B. Kopiergerät) oder vernichtet wird. Dieser Vorgang ist nur beim Arbeitsgegenstand Information möglich.“¹

9.2.2 Hierarchische (sachsystembezogene) Betrachtung

Neben der umsetzungsbezogenen Betrachtung kann es sinnvoll sein, unterschiedliche Betrachtungsebenen hinsichtlich einer Kategorisierung technischer Objekte heranzuziehen. Bei der hierarchischen Betrachtung wird ein System als eine Ebene innerhalb eines gestuften Mehrebenen-Modells aufgefaßt. Jedes System besteht aus Teilen, den sogenannten Subsystemen. Mehrere Systeme bilden wiederum Teile eines übergreifenden Supersystems. Man spricht deshalb auch von Systemhierarchien. Dem jeweiligen Untersuchungszweck angepaßt ist die Anzahl der Sachsystemhierarchien.²

Ein Beispiel einer schematischen Darstellung von Sachsystemen ist die von ROPOHL vorgenommene Kategorisierung (siehe Abb. 21) in *Werkstoffe, Einzelteile, Baugruppen, Maschinen, Aggregate, Anlagen, Anlagenverbund* (regional, global).³ Beispielsweise stellen Zahnräder, Schrauben und Wellen die sog. Einzelteile dar. Aus diesen Einzelteilen können wiederum Baugruppen (z.B. Getriebe, Pumpen) entstehen. Aus diesen Baugruppen entstehen dann Maschinen, aus Maschinen Aggregate usw..⁴

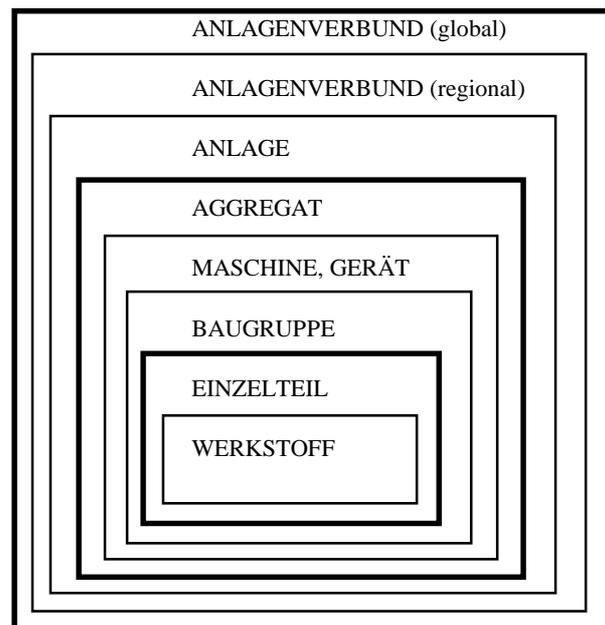


Abb.21 Achtstufige Sachsystem-Hierarchie, aus ROPOHL 1994, S. 3

¹ HENSELER, K. HÖPKEN, G. 1996, S. 36f.

² Vgl. ROPOHL, G. 1995, S. 189

³ Anstelle der in der Sachsystem-Hierarchie verwendeten Bezeichnungen werden in der Praxis oftmals auch andere Begriffe verwendet.

⁴ ROPOHL, G. 1994a, S. 15

Die oben angesprochene hierarchische Betrachtungsweise erlaubt es, die komplexen und oftmals schwer überschaubaren technischen Anlagen und technischen Geräten (z.B. im Rahmen einer technischen Analyse)¹ zu analysieren.² Sie gestattet beispielsweise, den komplexen Aufbau eines Kohlekraftwerkes in Teilsysteme (Feuerung, Dampferzeugung, Turbine, Generator) zu zerlegen, um somit die einzelnen Systeme genauer zu betrachten und einer Bewertung zu unterziehen. Die Abb. 22 gibt vereinfacht die Teilsysteme eines thermischen Kraftwerkes wieder und veranschaulicht den Umwandlungsprozeß von der chemischen Energie bis hin zur elektrischen Energie.

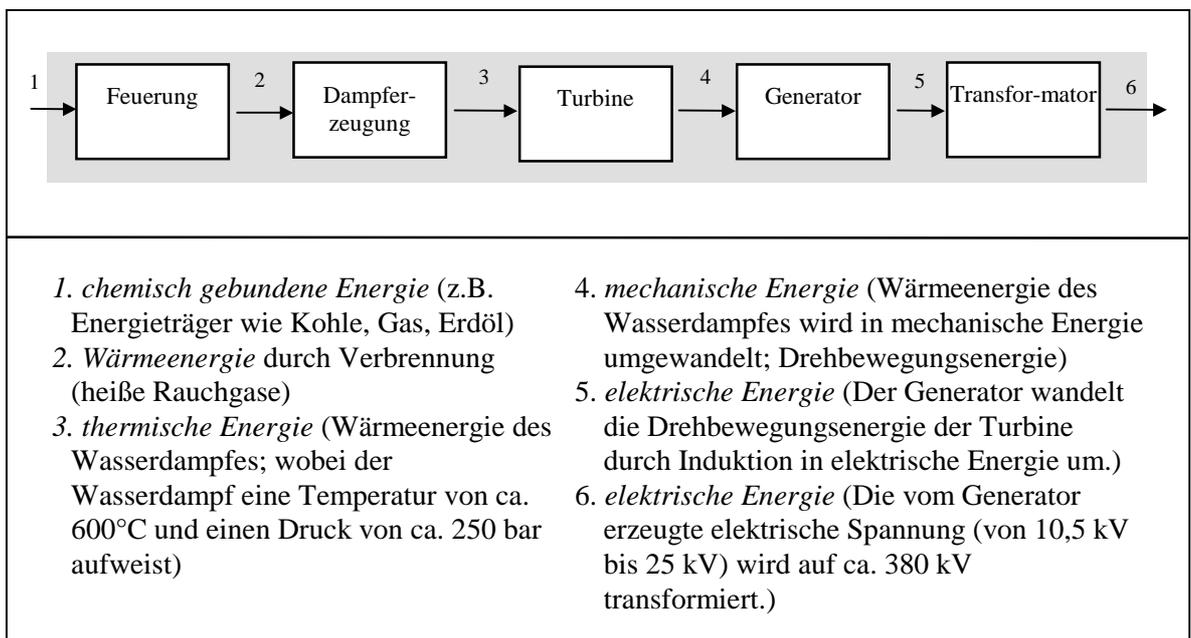


Abb. 22 Struktur eines Wärmekraftwerkes nach dem Energiefluß

Wird beispielsweise das Teilsystem der Feuerung in Augenschein genommen und wird dieses System schülergemäß weiter zergliedert, können gegebenenfalls mögliche Schwachstellen eines Kohlekraftwerkes aufgezeigt, die Folgen

¹ Für die Analyse technischer Geräte, wie z.B. Waschmaschine, Wäschetrockner, können die von den Energieversorgungsunternehmen herausgegebenen Explosionszeichnungen behilflich sein. Ferner werden Informationen über Materialien, Funktionsweise, Energieverbrauch u.a. der technischen Geräte geliefert. Siehe z.B. Stadtwerke Osnabrück: „Magazin für Haus & Technik - Elektrohaushalt (Waschmaschine)“, März 2000

² ROPOHL führt hierzu an, daß je nach Rangunterschied innerhalb des Sachsystems auch Differenzierungen in der Art der Verantwortung erkennbar sind. „So kann man sich durchaus vorstellen, daß für die Beschaffenheit eines neuen Werkstoffes oder eines bestimmten Konstruktionsteils ein einzelner Ingenieur eine gewisse Verantwortung tragen kann, obwohl er andererseits manchmal kaum abzusehen vermag, in welchen größeren Systemen diese Elemente eingesetzt werden. Ein globaler Anlagenverbund dagegen - man denke an das weltweite Telefonnetz oder an das internationale Satelliten-Fernsehen - ist keinesfalls das Werk eines einzelnen, und die Frage nach dem Handlungs- und Verantwortungssubjekt kann dann nicht mehr ohne weiteres beantwortet werden.“ (ROPOHL, G. 1996, S. 89)

abgeschätzt und eine Bewertung des Systems hinsichtlich technikimmanenter Kriterien vorgenommen werden. Eine mögliche Schwachstelle stellt z.B. das Einblasen des Kohlenstaubes im Feuerraum der Kesselanlage dar, in der es zu ungewollten Kohlenstaubexplosionen (Feuerraumexplosionen) kommen kann. Es besteht ferner die Gefahr einer Kohlenstaubexplosion im Kohlenbunker, Korrosion der Anlage durch Schwefelsäure und Schwefeldioxid aufgrund schwefelreicher Kohle, Umweltbelastungen durch Emissionen (z.B. Schwermetalle, aromatische Kohlenwasserstoffe, Radioaktivität in der Kohle).

Im Rahmen einer Technikbewertung muß auch berücksichtigt werden, daß nicht nur unerwünschte Folgen vom jeweiligen Teilsystem ausgehen können, sondern daß auch äußere Einflüsse (z.B. Erdbeben, Witterungseinflüsse) auf das jeweilige technische System einwirken können. In diesem Zusammenhang nimmt die Sicherheitstechnik (z.B. Schwachstellenanalyse) eine zentrale Rolle ein.¹ Ein verantwortungsbewußter Technikunterricht sollte sich altersgemäß nicht nur auf die Beherrschung und Einhaltung von Sicherheitsregeln beschränken, vielmehr muß beim Schüler mit zunehmendem Alter ein Sicherheitsbewußtsein eingefordert werden.

9.2.3 Weitere Aspekte der Sachkompetenz

Ein Technikunterricht, der die Technikbewertung als Unterrichtsgegenstand aufgreift, darf sich nicht nur auf das Systematisieren und Beschreiben von technischen Prozessen beschränken. Es ist unerläßlich darzulegen, in welcher Art und Weise wir in bzw. mit technischen Systemen umgehen, da diese einen nicht unwesentlichen Einfluß auf das Abschätzen, Beurteilen und Bewerten der Wirkungen von Technik haben und unser Handeln beeinflussen.

Das bedeutet: Technik bzw. technische Sachsysteme gehen aus menschlich gestalteten Entstehungsprozessen hervor, d.h. sie stehen in enger Verbindung mit sozialen Situationen, unterliegen damit den Bedingungen der gesellschaftlichen Umwelt und finden ihren Sinn in menschlichen Verwendungsprozessen. In der Realität verschmelzen somit Technik und Gesellschaft zu einem *soziotechnischen System*.² Es reicht also im Rahmen einer technischen Bildung nicht aus, lediglich Sachsysteme zu betrachten, sondern es sind auch die Handlungszusammenhänge, in denen Sachsysteme entstehen und genutzt werden, zu thematisieren. Eine technische Bildung muß soziotechnisches Wissen beinhalten, d.h. sie muß aufzeigen, „wo die Grenzen der Sachgesetzlichkeit liegen und wie diese eingefaßt und dirigiert wird von menschlichen Entschlüssen und gesellschaftlichen Bedingungen.“³

¹ Darüber hinaus müssen neben den durch den technischen Transformationsprozeß beabsichtigten und unbeabsichtigten technischen Wirkungen (d.h. Wirkungen, die das System selbst betreffen) auch die Dimensionen berücksichtigt werden, die nicht unmittelbar das technische System betreffen (z.B. die ökologische, anthropogene Dimension).

² Zum soziotechnischen System in: ROPOHL, G. 1994a, S. 3f.; 1995, S. 190f.

³ SCHMAYL, W. 1991, S. 15

Es sind in einem Technikunterricht die Anlässe aufzuzeigen, die den technikspezifischen Handlungen (*Konstruieren, Produzieren, Verteilen, Verwenden, Außerbetriebnehmen*) vorgelagert sind, d.h. zum technischen Prozeß überhaupt erst geführt haben und diesen wesentlich beeinflussen. Angesprochen ist das *Entstehen von Bedürfnissen*, wie z.B. das Wecken, Lenken, Manipulieren und Bewerten von Bedürfnissen. Die *Abb. 23* veranschaulicht die Abfolge der technischen Handlungen mit Beispielen von Tätigkeiten sowie den vorgelagerten Prozeß der Entstehung von Bedürfnissen.

Entstehung von Bedürfnissen		z.B. Wecken, Lenken, Manipulieren, Bewerten von Bedürfnissen
	Konstruieren	z.B. Planen, Analysieren, Suchen nach und Bewerten von Lösungen, Auswählen, Entwerfen, Ausarbeiten
	Produzieren	z.B. Beschaffen, Organisieren, Herstellen, Zurückgreifen auf genormte Teile, Zusammenbauen, Kontrollieren
	Verteilen	z.B. Organisieren, Verpacken, Lagern, Transportieren, Verkaufen
	Verwenden	z.B. Montieren, Bedienen, Überprüfen der Funktion, Prüfen der Sicherheit, Warten, Reinigen, Reparieren
	Außerbetriebnehmen	z.B. Demontieren, Verschrotten, Lagern, Rückführen in den Produktionsprozeß

Abb.23 Technische Handlungen, aus: HENSELER / HÖPKEN 1996, S. 34

In Anbetracht der zunehmenden Ressourcenverknappung, der Energie-, und Umweltproblematik ist eine einseitige Fokussierung auf technische Handlungen, wie z.B. das Konstruieren und Produzieren, im Technikunterricht abzulehnen. In einem verantwortungsbewußten Technikunterricht muß in gleicher Weise das Verwenden und Außerbetriebnehmen Berücksichtigung finden. So sind beispielsweise im Rahmen einer Technikbewertung technische Produkte auch im Hinblick ihrer Rückführungsmöglichkeiten in den Produktionsprozeß (Recyclingmöglichkeit) oder hinsichtlich einer Energieeinsparung zu beurteilen.

Beispielsweise wird bei der Betrachtung des Bestandes von ca. 100 Millionen Elektrogroßgeräten in den privaten Haushalten und einem Ersatzbedarf von ungefähr 6 Millionen Geräten pro Jahr (Gesamtgewicht ca. 300.000 t) erkennbar, welcher Stellenwert einer sinnvollen Entsorgung bzw. Wiederverwertung der Materialien zukommt. Aufgrund der begrenzten Ressourcen und der derzeitigen Umweltproblematik sollte zukünftig nicht mehr zentral eine Entsorgung in Form von Müllverbrennungsanlagen oder Deponien erfolgen, sondern die Altmaterialien müßten wiederverwertet werden. Neuere Produkte sollten „entsorgungsfreundlich“ gestaltet werden. Da die Lebensdauer von Haushaltsgeräten zwischen 8-15 Jahren anzusetzen ist, greifen die heute festgelegten Maßnahmen zur entsorgungsfreundlichen Gestaltung von Produkten (z.B. Reduzierung der Materialvielfalt, Einsatz von ökologisch unbedenklichen Materialien, Kennzeichnung der verwendeten Materialien) erst in den nächsten 20 Jahren. Eine wirtschaftliche Wiederverwertung der Altmaterialien ist nur sinnvoll,

wenn sortenreines Altmaterial dem neuen Materialkreislauf zugeführt wird, deshalb sind technische Verfahren erforderlich, die eine solche Trennung ermöglichen. Derzeit sind die technischen Verfahren wie „*Shreddern und Trennen*“, „*Thermische Fraktionierung*“ und „*Zerlegen und Sortieren*“ bekannt bzw. in der Erprobungsphase.¹ Kriterien zur entsorgungsfreundlichen Gestaltung komplexer Produkte sind in der *Abb. 24* aufgeführt. Diese Kriterien können dabei behilflich sein, eine Bewertung von Produkten vorzunehmen. Erarbeitet wurden sie im Rahmen des Forschungsprojektes „*Entsorgungsfreundliche Gestaltung komplexer Produkte*“ vom Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT).²

Mit wachsender Komplexität der Produkte steigt das Problem der Erfassung und Bewertung einzelner Werkstoffe und Bauteile. Das bedeutet, daß mit der Anzahl der verwendeten Werkstoffe ebenfalls die zu untersuchenden Einzelprozesse und deren wechselseitige Abhängigkeiten exponentiell anwachsen. Ebenso können bei der entsorgungsfreundlichen Gestaltung von Produkten Zielkonflikte (z.B. wertvolle Werkstoffe kontra Kostengünstigkeit) auftreten.

Kriterien:	Beispiele:
(1) Lebensdauererhöhung	- hochwertigere Werkstoffe (allerdings darf dies nicht zu Lasten der späteren Entsorgungsfreundlichkeit erfolgen) - Reparaturfreundlichkeit (z.B. leichte Austauschbarkeit von Bauteilen, hierzu gehört der stärkere Einsatz der Modulbauweise und neue Verbindungstechniken)
(2) Demontagefreundlichkeit	- Vermeidung von Verklebungen und Verschweißungen, sondern - Verwendung von Klett-, Steck-, und Schnappverbindungen sowie Spannverschlüssen
(3) Bauteilkennzeichnung	- Kennzeichnen von Recyclingeigenschaften
(4) Wiederverwendung einzelner Bauteile	- Verwendung langlebiger Werkstoffe - Verstärkung von mechanisch belasteten Stellen
(5) Reduktion der Bauteile	- Zusammenfassung von Funktionen in einem Bauteil - Standardisierung (Verwendung von DIN- und Normteilen)
(6) Werkstoffminimierung	- Verkleinerung der Produkte - Verringerung der Materialdicke (z.B. bei Gehäusen; Stabilitätsanalyse erforderlich)
(7) Werkstoffkennzeichnung	- einheitliche Numerierung oder Kurzkennzeichnung nach DIN

¹ Zahlen und Angaben aus : HÜTTEMANN, W. 1993, S. 137ff. Zu den technischen Verfahren siehe: Zeitschrift „Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis“, März 2002, mit dem Schwerpunktthema „Stoffstromanalysen“
Näheres zum recyclinggerechten Konstruieren in MÜLLER, W. 1997, S. 448ff.

² Gefördert wurde das Forschungsprojekt im Rahmen des BMFT-Programmes „Umweltforschung und Umwelttechnologie“ und ging in Anlehnung an das Abfallgesetz (AbfG) von dem Ansatz aus „*Vermeidung vor Verwertung vor Beseitigung*“. Näheres zu diesem Ansatz in: ROGALL, H. 1993, S. 200f.
Zur neuen Elektroentsorgungsrichtlinie, die die Entsorgung gebrauchter Elektro- und Elektronikgeräte sowie das Verbot bestimmter Inhaltsstoffe zum Gegenstand hat, siehe Artikel „*Elektronikentsorgung im Europäischen Parlament*“ vom Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie 2002 (<http://www.ZVEI.de>).

(8) Recyclingfreundliche Werkstoffe	- Verwendung wertvoller Werkstoffe (mögliche Zielkonflikte bei hohem Energieverbrauch in der Produktion) - Einsatz von Thermoplasten, die sortenrein als Regenerate erneut zu technisch hochwertigen Kunststoffen weiterverwendet werden
(9) Vermeidung von Beschichtungen	- Verzicht auf brom- und cadmiumhaltige Beschichtungen
(10) Minderung der Werkstoffvielfalt	- nicht zu viele unterschiedliche Werkstoffmaterialien, so daß der Trennungsprozeß nicht zu aufwendig wird
(11) Schadstoffarme Werkstoffauswahl	- Vermeidung von Schwermetallen (z.B. cadmiumfreie Farben und Schrauben) - Vermeidung von halogenierten Polymeren - Vermeidung von formaldehydhaltigen Holz- und Kunststoffen - Verwendung halogenfreier Kältemittel - Verwendung von Polyolefinen (Polyolefine sind reine Kohlenwasserstoffe aus den Elementen Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, die bei der Verbrennung zu Kohlendioxid und Wasser reagieren.)
(12) Vermeidung, Reduzierung von Verpackung	- Verringerung von Verpackungsmaterial - Einsatz von wiederverwendbaren (z.B. nachfüllbaren) Behältern - Einsatz von einem einzigen, dann recyclingfähigen Verpackungsmaterial - Einsatz von biologisch abbaubaren Verpackungsmaterialien Der Einsatz von diesen Materialien kann in dem Bereich der Verpackungen, insbesondere Folien für Nahrungsmittel (Obst Gemüse), Kosmetika, Plastiktüten, Babywindeln, Flaschen liegen. Bei den biologisch abbaubaren Verpackungsmaterialien handelt es sich um, auf der Basis von Glucose (aus Zuckerrüben oder Getreide) und Stärke entwickelten, Polymeren, die sich nach Gebrauch durch natürlich vorkommende Pilze oder Bakterien innerhalb von wenigen Wochen schadstofffrei in Kohlendioxid und Wasser aufspalten.

Abb. 24 Kriterien zur Bewertung komplexer Produkte (Angaben aus: ROGALL, H. 1993;S. 202ff.)

Für eine Bewertung von Produkten ist eine Einteilung bzgl. der Produktlebensphasen und eine Zuordnung von Kriterien sinnvoll, da in den einzelnen Phasen möglichst wenig Umweltbelastungen entstehen sollten bzw. ein geringer Ressourcenverbrauch anzustreben ist. Beispiele für mögliche Kriterien einzelner Produktlebensphasen sind:¹

Kriterien in der *Erstellungsphase*:

- Einsatz umweltfreundlicher und wenig energieintensiver Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe
- Erhöhung der Produktlebensdauer

Kriterien in der *Absatz-, Vertriebs- sowie Ge- und Verbrauchsphase*:

- umweltfreundliche Transportsysteme
- energieeffiziente Ge- und Verbrauchsphase

¹ Nach WICKE, L. 1997, S. 421

- Wiederverwertbarkeit von Verpackungen
- Gesundheitsaspekte beim Ge- und Verbrauch (z.B. Lärmreduzierung, Reduzierung von Schadstoffen in Luft und Gewässer)
- Erhöhung der Reparatur- und Wartungsfreundlichkeit sowie der Lebensdauer (z.B. gute Austauschfähigkeit von Verschleißteilen, Langlebigkeit von Einzelteilen)

Kriterien in der *Entsorgungsphase*:

- Recyclingfähigkeit
- gute Deponier-, Verbrennungs- und Kompostierfähigkeit (z.B. geringe Schadstoffentwicklung, Möglichkeit der energetischen Verwendung der Stoffe)
- geringes Abfallvolumen

9.3 Bewertungs- und Entscheidungskompetenz

Die Bewertungs- und Entscheidungskompetenz sind wie die Sachkompetenz als ein Element der komplexen Handlungskompetenz zu verstehen. Während die Sachkompetenz beispielsweise technikspezifische Kenntnisse und Fähigkeiten wie z.B. Aufzeigen und Erklären von technischen Zusammenhängen, Kenntnis von Stoffeigenschaften, Ausüben handwerklicher Tätigkeiten usw. beinhaltet, umfaßt die Bewertungskompetenz das Wissen über unterschiedliche Dimensionen und Bewertungskriterien und darüber hinaus deren Berücksichtigung beim Handeln und Reflektieren von und über Technik (z.B. im Bereich der Entwicklung, Herstellung, Nutzung, Außerbetriebnahme von Technik).

Ferner scheint die Fähigkeit des Lernenden, Technik zu beurteilen und zu bewerten, die Basis für Meinungs- und Entscheidungsprozesse innerhalb eines komplexen technischen Umfeldes zu sein.¹

Eine technische Bildung, die weder auf eine pauschale Technikkritik noch auf eine generelle Technikakzeptanz abzielen möchte und zum Ziel hat, den Schüler zum verantwortlichen Handeln zu befähigen, muß im Rahmen des Hinführens zur Bewertungs- und Entscheidungskompetenz die Wirkungsdimensionen der Technik aufgreifen und darf sich nicht nur auf die technikspezifischen Bewertungskriterien beschränken. Es ist notwendig, im Technikunterricht aufzuzeigen, daß technologische Entwicklungen bzw. Technologieentscheidungen nicht nur von technikspezifischen Kriterien geleitet werden sollten.² Technik darf nicht zum Selbstzweck und ihre materiellen Werte dürfen nicht verabsolutiert

¹ SCHULTE, H. 1994, S. 17

² Beispielsweise sind die zu erwartenden ökologischen, ökonomischen, politischen, industriellen u.a. Folgen, die bei der Implementierung oder auch Nichtimplementierung bestimmter Vorhaben zu befürchten sind, anzusprechen, d.h. bei der Bewertung einer bestimmten Technik sind ggf. die Belange der arbeitenden Menschen zu berücksichtigen. Darüber hinaus scheint es erforderlich, daß technische, inhaltliche, politische, ökonomische, standortbezogene u.a. Alternativen aufgezeigt werden können. Diese Fähigkeit ist beispielsweise unerlässlich, um eine Ablehnung oder Befürwortung bestimmter Vorhaben, Projekte, Technologien glaubwürdig zu vertreten, d.h. um seinen Standpunkt begründen zu können.

werden. Dem Schüler sollte klar werden, daß Technik eine Verantwortung gegenüber dem *Individuum*, der *Gesellschaft* und der *Umwelt* hat.¹

Im Rahmen der Bewertungskompetenz sollen die Schüler fähig sein, verantwortungsbewußt Entscheidungen hinsichtlich der Gestaltung, der Anschaffung, dem Gebrauch und der Außerbetriebnahme technischer Geräte und Verfahren zu treffen.

Im Zusammenhang mit der Bewertungs- und Entscheidungskompetenz formuliert BIENHAUS: „*Bewertungskompetenz* ermöglicht die Bewertung und Beurteilung technischer Erscheinungen im Zusammenhang ihrer Entstehung und Nutzung. Sie gründet auf komplexe soziotechnische Einsichten und geht von allgemeiner individueller und gesellschaftlicher Betroffenheit durch Technik aus [...]. Das Abschätzen, Bewerten und Beurteilen der Folgen technischen Produzierens und Konsumierens muß auf Entscheidungsakte ausgerichtet sein, um produktiv werden zu können. Entscheidungskompetenz zielt auf eine Technik, die nicht durch ihre Machbarkeit, sondern durch unser vernünftiges Wollen legitimiert wird.“²

Um Entscheidungs- und Bewertungskompetenz zu erlangen, muß das Unterrichtsfach Technik an den allgemeinbildenden Schulen solche Voraussetzungen schaffen, die es dem Schüler ermöglichen, in konkreten Situationen Entscheidungen zu treffen und Bewertungen vorzunehmen. Der Technikunterricht muß ein Ort sein, der einerseits die Möglichkeit bietet, objektivierbare Maßstäbe zu entwickeln, welche an konkreten Aufgaben zu überprüfen sind, und der andererseits Gelegenheiten schafft aufzuzeigen, daß Bewertungen oftmals nicht konfliktfrei erfolgen.³

Das bedeutet, daß die bei einer Bewertung herangezogenen unterschiedlichen Bewertungskriterien im Technikunterricht dabei helfen können zu veranschaulichen, wie zukünftige technologische Entwicklungen von vorgegebenen Kriterien abhängig sind und welche Folgen bestimmte Entscheidungen oder auch Nichtentscheidungen haben können. Es kann desweiteren im Unterricht erarbeitet werden, daß, je nach Präferenz der unterschiedlichen Kriterien, die Bewertung desselben Gegenstandes zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Der Technikunterricht kann somit dazu beitragen, fremde und eigene Bewertungen zu hinterfragen, also zur Kritikfähigkeit beitragen und die Konflikträchtigkeit bei Bewertungen aufzeigen. Konflikträchtige Situationen können dem jeweilig Lernenden erfahrbar werden, indem er selbständig Kriterien (bzw. in Partner-, oder Gruppenarbeit) zur Bewertung eines technischen Gegenstandes bzw. Prozesses aufstellt und diese Kriterien bzw. das Ergebnis seiner vorgenommenen Bewertung mit denen seiner Mitschüler vergleicht. Bei einer Gegenüberstellung der einzelnen Kriterien oder

¹ Vgl. HENSELER, K.; THEUERKAUF, W. 1994, S. 66; SCHMAYL, W. 1991, S. 15

² In: SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995, S. 141

³ HENSELER, K.; THEUERKAUF, W. 1994, S. 66

bei einer erfolgten Technikbewertung können sowohl konkurrierende Kriterien als auch solche, die zu indifferenten Beziehungen¹ führen, thematisiert werden.

Da die Bewertungskompetenz auch die Fähigkeit beinhalten sollte, Bewertungen unter dem Gesichtspunkt sozialer Verhaltensweisen vorzunehmen, scheint es unerlässlich, im Rahmen einer technischen Bildung solche Verhaltensweisen (z.B. Kritik vertragen können, Bereitschaft anderen zuzuhören, andere Meinungen zulassen) in konkreten Handlungssituationen zu erwerben, wie sie seit Jahren in der Diskussion unter dem Stichwort *extrafunktionale Fertigkeiten* bzw. *Schlüsselqualifikationen* oder *überfachliche Qualifikationen* diskutiert werden.²

Orientierungshilfen bei der Auswahl von Bewertungsaufgaben

Bei der Auswahl von Bewertungsaufgaben ist es hilfreich, anhand von Leitfragen zu überprüfen, inwiefern eine Aufgabe geeignet erscheint, vom Schüler Technikbewertungen vornehmen zu lassen. Konkrete Orientierungshilfen für die Auswahl von Bewertungsaufgaben für den Technikunterricht liefern HENSELER und HÖPKEN im Zusammenhang des von ihnen aufgeführten technikdidaktischen Prinzips der *Bewertungsorientierung*. Neben den Prinzipien:³

- der Situationsbezogenheit,
- des Exemplarischen,
- der Ergebnisorientierung,
- der Prozeßorientierung,
- der Handlungsorientierung,
- der Wissenschaftsorientierung,
- der Verzahnung von Theorie und Praxis,
- des Strukturbezugs

wird von den Autoren der Wert einer Aufgabe daran gemessen, inwieweit er dazu beiträgt, vom Schüler Bewertungen vornehmen zu lassen. Im folgenden werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige Leitfragen vorgestellt, die als Hilfe zur Auswahl von Bewertungsaufgaben für den Unterricht dienen können:⁴

1. Inwieweit ist die Aufgabe geeignet, Bewertungen vorzunehmen?
2. Ist die Bewertungsaufgabe dem Schülerniveau angemessen und von gegenwärtiger und zukünftiger Relevanz?
3. Inwieweit ermöglicht die Aufgabe, unterschiedliche Bewertungskriterien innerhalb einer oder mehrerer Dimensionen anzusprechen?

¹ Beispiele zu den konkurrierenden Kriterien und den indifferenten Beziehungen sind im *Kapitel 5.3.2* aufgeführt.

² Vgl. KAISER, F.J.; KAMINSKI, H. 1994, S. 33f.

³ Die folgenden aufgeführten technikdidaktischen Prinzipien sind ausführlich beschrieben in: HENSELER, K. HÖPKEN, G. 1996, S. 14ff.; SCHULTE, H. 1994, S. 13f.

⁴ Vgl. auch HENSELER, K. HÖPKEN, G. 1996, S. 18

4. Gestattet die Aufgabe, daß vom Schüler selbst Kriterien zur Bewertung gefunden werden können?
5. Ermöglicht die Aufgabe, Konkurrenz- oder Instrumentalbeziehungen herauszuarbeiten und damit ggf. Konfliktsituationen aufzuzeigen?
6. Ist die Aufgabe geeignet, verschiedene Bewertungskriterien differenziert zu gewichten um unterschiedliche Bewertungsergebnisse zu erzielen?
7. Eignet sich die Aufgabe zu verschiedenen Zeitpunkten der Bearbeitung Bewertungen vorzunehmen?
8. Inwieweit bietet die Aufgabe die Möglichkeit, ihre Komplexität zu reduzieren, ohne dabei ihre Bewertungsrelevanz zu verlieren?
9. Ermöglicht die Aufgabe, die Problematik einer Technikbewertung zu verdeutlichen?

9.4 Methodenkompetenz

Die *Methodenkompetenz* bezieht sich auf die Fähigkeit des Lernenden, die in der technischen Bildung erworbenen *techniktypischen Vorgehensweisen* (von SCHULTE u.a. als „techniktypische Denk- und Handlungsweisen“ bezeichnet), wie sie innerhalb der Technik im Entwicklungs-, Erfindungs- und Produktionsprozeß auftreten, bei der Lösung technischer Problemstellungen, technischer Sachverhalte u.a. anzuwenden.¹

Gemäß den lerntheoretischen Überlegungen (*Kapitel 7*), wonach jeder Mensch zum Bewältigen verschiedener Aufgabenstellungen auf eine Anzahl früherer gelernter kognitiver Schemata zurückgreift, scheinen besonders die techniktypischen Vorgehensweisen geeignet zu sein, solche Schemata auszubilden und zu verfeinern, die zur Bewältigung technikgeprägter Situationen unerlässlich sind.² Bei der Methodenkompetenz geht es demnach um den Erwerb techniktypischer Vorgehensweisen, die es dem Lernenden ermöglichen, Handlungsfähigkeiten und -fertigkeiten aufzubauen, um technische Aufgabenstellungen zu bewältigen.

¹ Vgl. SCHULTE, H 1994, S. 17; SCHULTE, H. u.a. 1991, S. 11

² Kognitive Schemata sind im Unterricht nicht nur auszubilden, sondern auch zu stabilisieren und miteinander zu verknüpfen. Dazu ist es erforderlich, daß die techniktypischen Vorgehensweisen zahlreich und in einem ausgewogenen Verhältnis im Unterricht in unterschiedlichen Aufgabenstellungen zum Einsatz gelangen. Es sollte nicht der Eindruck entstehen, Schemata seien imaginäre Konstrukte, die nicht beobachtbar seien. Schemata können in Aufgabenstellungen enaktiv (handlungsmäßig), ikonisch (bildhaft) und / oder symbolisch (sprachlich) zum Ausdruck gebracht werden.

Als *techniktypische Vorgehensweisen*, die in den technikbezogenen Handlungsbereichen¹ der Konstruktion, Produktion, Verteilung, Verwendung, Außerbetriebnahme technischer Produkte zur Anwendung gelangen, sollen im folgenden:

- Antizipieren,
- Vereinfachen/Systematisieren,
- Analysieren,
- Realisieren,
- Einordnen und Bewerten,

verstanden werden.

In der *Abb. 25* wird anhand von Beispielen spezifiziert, was sich hinter den einzelnen *techniktypischen Vorgehensweisen* verbirgt, und wie sie im Entwicklungs-, Erfindungs-, und Produktionsprozeß vorzufinden sind. In der Realität sind die techniktypischen Vorgehensweisen miteinander verzahnt und können nicht isoliert voneinander betrachtet werden.

Bei den „techniktypischen Vorgehensweisen“ handelt es sich um Strukturelemente, die relativ unabhängig von der dynamischen Entwicklung der Technik zu sehen sind. Sie scheinen gerade im besonderen Maße geeignet zu sein, unabhängig von der Spezifik unterschiedlicher technischer Objekte und Verfahren eine allgemeine Handlungskompetenz zu entwickeln. Ferner scheint die Hinführung des Lernenden zur Methodenkompetenz mit der Entwicklung von Kreativität, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit zu korrespondieren.²

¹ Näheres zu diesen Begrifflichkeiten siehe *Abb. 23* „Technische Handlungen“

² Vgl. SCHULTE, H 1994, S. 15 ff.

Techniktypische Vorgehensweisen¹	Beispiele:
Antizipieren	<ul style="list-style-type: none"> - Vorwegnahme einer realen Lösung durch ikonische (z.B. Bilder, Skizzen, Zeichnungen, Graphiken) und symbolische Darstellungen (z.B. logische Verknüpfungen, mathematisches Zeichensystem, verbale Mitteilung), durch Simulation - Auswählen und Überprüfen von Naturgesetzmäßigkeiten auf Eignung für das Erreichen eines Zieles - Überprüfen der Funktionsfähigkeit einer möglichen realen Lösung durch ein gegenständliches Modell, durch Zeichnungen, durch Berechnungen aufgrund naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten oder technischer Experimente, durch Erfahrungswerte - Planen, Organisieren und Darstellen des Ablaufes eines Prozesses
Vereinfachen/Systematisieren	<ul style="list-style-type: none"> - abstrahierende und symbolhafte Darstellung der Systeme, Subsysteme und deren Verbindung und der Abläufe - Aufteilen eines komplexen Systems in überschaubare, miteinander verbundene Systeme und Subsysteme - Zuordnen der relevanten Größen zu den Systemen und Subsystemen - Normierung, Vereinheitlichung
Analysieren	<ul style="list-style-type: none"> - Aufdecken der Naturgesetzmäßigkeiten, auf denen das Funktionsprinzip des Systems basiert - Erklärung der Wirkungsweise durch Verfolgen der kausalen Zusammenhänge zwischen den relevanten Größen der Subsysteme - Fehlersuche und Eingrenzung von Fehlern durch Bestimmen, Messen der relevanten Größen an den Verbindungsstellen der Subsysteme - Bestimmen der Merkmale und Eigenschaften von Arbeitsgegenständen, technischen Verfahren und technischen Gegenständen sowie Überprüfung ihrer Eignung für eine technische Lösung
Realisieren	<ul style="list-style-type: none"> - Durchführen eines Prozesses - Steuern des Ablaufes eines technischen Prozesses - Auswahl und Einsatz der geeigneten Gegenstände, Hilfsmittel und Verfahren - Bearbeiten von Werkstoffen - Montieren, Bedienen, Handhaben
Einordnen und Bewerten	<ul style="list-style-type: none"> - Vergleich technischer Produkte (z.B. Variantenvergleich) - Entwickeln alternativer Lösungen und Auswählen einer Lösung nach Bewertungskriterien - Abschätzen der Folgen und Gefahren durch Anwendung eines technischen Systems

Abb. 25 Techniktypischen Vorgehensweisen, verändert aus: HENSELER/HÖPKEN 1996, S. 41

¹ HENSELER und HÖPKEN bezeichnen die hier angeführten „techniktypischen Vorgehensweisen“ als „Zielrichtungen technischer Methoden“ und die aufgelisteten „Beispiele“ als „technische Methoden“. Da die Zielrichtung einer technischen Methode m.E. die Intention widerspiegelt, bestimmte techniktypische Vorgehensweisen im praktischen Unterricht zu vermitteln, werden in der vorliegenden Arbeit „Zielrichtung der Methode“ und „techniktypische Vorgehensweise“ gleichgesetzt. Demnach handelt es sich lediglich um sprachliche Unterschiede. Der Begriff Methode wird an dieser Stelle nicht verwendet, damit es in den folgenden Ausführungen „Unterrichtsmethoden des Technikunterrichts“ nicht zu Mißverständnissen kommt.

10. Unterrichtsmethoden des Technikunterrichts

Technikunterricht wird unter anderem durch die Intention bestimmt, die komplexe Handlungskompetenz an geeigneten Unterrichtsinhalten zu vermitteln. Entsprechend lassen sich Unterrichtsmethoden heranziehen, die geeignet sind, diese Zielvorstellung zu verwirklichen.

Bevor auf die Unterrichtsmethoden des Technikunterrichts eingegangen wird, erfolgen zunächst einige Ausführungen zum Methodenbegriff.

10.1 Zum Methodenbegriff

Bis in die Gegenwart ist es vor allem üblich, Methodik als den Weg zu definieren, auf dem bestimmte Zielsetzungen angestrebt werden, also mit der „Weg“-Metapher veranschaulicht werden. Dabei erfolgt zumeist, isoliert von anderen Faktoren der Lernsituation (ohne das Individuum zu berücksichtigen), eine Beschreibung von Mitteln, unterrichtlichen Techniken, mit denen bestimmte Zielsetzungen lernwirksam anzugehen sind. Hierbei ist die Gefahr gegeben, daß die Methodik einen Mittelcharakter erhält, vorrangig instrumental gedeutet und den Inhaltsfragen untergeordnet wird.

Eine andere wesentlich offenere Auffassung von Methoden, die das instrumentale Verständnis überwindet, beschreibt einen Implikationszusammenhang zwischen inhaltlichen, intentionalen und methodischen Überlegungen. Nach diesem Verständnis ist Unterrichtsmethode das pädagogische Kriterium, das Inhalt und Unterrichtstechnik unter den Bedingungen einer konkreten Lernsituation des Lernenden und unter dem Gesichtspunkt bestimmter erkenntnisleitender Interessen des Lehrenden miteinander verbindet.¹ Der Schüler wird „nicht als passives Gefäß, sondern als *aktiv-aneignendes, entwicklungstheoretisches Lernsubjekt*“ verstanden. Methoden können also nicht losgelöst vom Lernenden, den Zielen und Inhalten gesehen werden.

10.2 Einordnung der Unterrichtsmethoden

Im Technikunterricht bilden die fachspezifischen und fächerübergreifenden Unterrichtsmethoden zwei Gruppen von Unterrichtsverfahren, die geeignet sind, bestimmte Ziele des Unterrichtsfaches Technik zu verfolgen und an geeigneten Unterrichtsinhalten zu vermitteln. Die fachspezifische Unterrichtsmethoden zielen speziell auf die Sachdimension technischer Bildung ab. Diese korrelieren stark mit den von WILKENING bezeichneten „inhalts- und verfahrensbezogenen“ Lernzielen. Bei den fächerübergreifenden Unterrichtsmethoden wird über die Sachdimension technischer Bildung hinaus die „sozial-humane Dimension“ erfaßt, so daß bei diesen Methoden über fachliche Lernziele hinaus verstärkt „verhaltens- und wertbezogene“ Lernziele verfolgt werden können.²

¹ Vgl. KAISER, F.-J.; KAMINSKI, H. 1994, S. 56f.; TERHART, E 2000, S. 44ff.

² WILKENING, F. 1982, S. 14f; SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995, S. 148f.

Folgende Unterrichtsmethoden werden im Technikunterricht angewendet:¹

- Konstruktionsaufgabe
- Herstellungsaufgabe
- Konstruktions- und Herstellungsaufgabe
- technische Analyse
- technisches Experiment
- technische Erkundung
- technische Bewertung

Zusätzlich kommen zu diesen Methoden weitere nicht technikspezifische Unterrichtsmethoden zur Anwendung, die auch in anderen Fächern (z.B. Arbeit/Wirtschaft, GSW) Einsatz finden, wie:

- Lehrgang,
- Projekt,
- Fallstudien,
- Expertenbefragung,
- Betriebserkundung.

Es ist hinsichtlich der in der Schulpraxis eingesetzten Unterrichtsmethoden vorteilhaft zu wissen, welche Methoden besonders geeignet erscheinen, den Lernenden „techniktypische Vorgehensweisen“ nahezubringen. Einen Aufschluß darüber liefert die *Abb. 26*.

Bei einer näheren Betrachtung dieser Abbildung scheinen bis auf den Lehrgang alle Unterrichtsmethoden mehr oder weniger geeignet zu sein, eine *Einordnung und Bewertung* vornehmen zu können. Ferner ist zu entnehmen, daß die Methoden *technisches Experiment, technische Analyse, technische Bewertung, Projekt* und *Expertenbefragung* sich eignet, dem Schüler die unterschiedlichen techniktypischen Vorgehensweisen näherzubringen.

Für den praktischen Unterricht bzw. die Unterrichtsvorbereitung ist es von Vorteil zu wissen, welche Unterrichtsmethoden mehr oder weniger geeignet sind, *ganz spezielle technische Handlungen* (z.B. Konstruieren, Außerbetriebnehmen) zu vermitteln. Einen Aufschluß darüber gibt die *Abb. 27*. Obwohl die *Entstehung von Bedürfnissen* zwar nicht als technische Handlung bezeichnet werden kann, ist sie in der *Abb. 27* aufgeführt, weil das Entstehen von Bedürfnissen in der Regel überhaupt erst zu technischen Handlungen führt.

¹ Die folgenden aufgeführten Unterrichtsmethoden werden von HENSELER, K.; HÖPKEN, G. (1996 S. 53ff.) als Unterrichtsverfahren und im laufenden Text z.T. als Methoden bezeichnet. Ebenso verwenden WILKENING/SCHMAYL die Begriffe Unterrichtsmethode und Unterrichtsverfahren synonym. Auch in der vorliegenden Arbeit wird zwischen diesen beiden Begriffen nicht unterschieden.

Zur Beschreibung der Unterrichtsverfahren bzw. Unterrichtsmethoden siehe: (HENSELER, K.; HÖPKEN, G. 1996, S. 53-126) sowie (SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995, S. 145-166) und (WILKENING, F. 1994, S. 21-203).

	Einordnen und Bewerten	Antizipieren	Realisieren	Vereinfachen-Systematisieren	Analysieren
Lehrgang					
Konstruktionsaufgabe					
Herstellungsaufgabe					
Konstruktions- und Herstellungsaufgabe					
Technisches Experiment					
Technische Analyse					
Technische Erkundung					
Technische Bewertung					
Projekt					
Fallstudie					
Expertenbefragung					

	geringe Affinität		mittlere Affinität		starke Affinität
--	----------------------	--	-----------------------	--	---------------------

Abb. 26 Zusammenhang zwischen den Unterrichtsmethoden und den techniktypischen Vorgehensweisen, verändert aus: HENSELER, K.; HÖPKEN, G. 1996, S. 59

In der Abb. 27 wird herausgestellt, daß z.B. der *Lehrgang* weniger zur Hinterfragung der Entstehung von Bedürfnissen geeignet ist er sich jedoch „gut“ zur Vermittlung von Kenntnissen und Fertigkeiten aller anderen technischen Handlungen eignet. Die *technische Bewertung*, das *Projekt* und die *Fallstudie* dagegen eignen sich sowohl für sämtliche technische Handlungen als auch zur Hinterfragung der Entstehung von Bedürfnissen.

HENSELER und HÖPKEN weisen allen Methoden (siehe Abb. 27) eine mittlere Affinität bezüglich der technischen Handlung *Außerbetriebnehmen* zu, was bedeutet, daß alle von ihnen aufgeführten Unterrichtsmethoden es gestatten, Fragen der Ressourcenknappheit und die durch den Technikeinsatz möglichen hervorgerufenen Umweltprobleme anzusprechen.¹

	Entstehung von Bedürfnissen	Konstruieren	Produzieren	Verteilen	Verwenden	Außerbetriebnehmen
Lehrgang		1	2	3	4	5
Konstruktionsaufgabe	6					
Herstellungsaufgabe					7	
Konstruktions- und Herstellungsaufgabe					7	
Technisches Experiment		8	9		10	
Technische Analyse						
Technische Erkundung						
Technische Bewertung						
Projekt						
Fallstudie						
Expertenbefragung						

- 1) z.B. Lehrgang zu Methoden des Konstruierens
- 2) z.B. Lehrgang zu Verfahren der Materialbearbeitung
- 3) z.B. Lehrgang zur elektrischen Installation
- 4) z.B. Lehrgang zur Maschinenbedienung
- 5) z.B. Lehrgang zur Zusammensetzung des Abfalls und zu den Eigenschaften von Abfallmaterialien
- 6) z.B. Analyse von Bedürfnissen zum Bestimmen der Anforderungen an Konstruktionen
- 7) z.B. Verwenden von Maschinen, Werkzeugbenutzung
- 8) z.B. Entwurf des Versuchsaufbaus
- 9) z.B. Herstellung des Versuchsaufbaus
- 10) z.B. Durchführung des Versuchs mit technischen Mitteln

Abb.27 Zusammenhang zwischen Unterrichtsmethoden und ganz speziellen technischen Handlungen, aus: HENSELER/HÖPKEN 1996, S. 56

¹ Vgl. HENSELER, K. HÖPKEN, G. 1996, S. 55f.

10.3 Ergänzende Methoden aus den Disziplinen der Technikbewertung

Einige der bereits aufgelisteten Methoden (z.B. Projekt, Fallstudie) gestatten es, neben der Erschließung fachspezifischer Inhalte im Technikunterricht technische Sachverhalte in ökonomischen, ökologischen u.a. Zusammenhängen zu erschließen. Neben den angesprochenen Methoden scheinen weitere Methoden, die sich in den Wissenschaftsdisziplinen zur Technikbewertung etabliert haben, für den Unterricht an allgemeinbildenden Schulen geeignet zu sein, fachspezifische und fachübergreifende Einsichten (Sachverhalte) zu vermitteln.

Die im folgenden aufgeführten Methodentypen stellen eine Ergänzung zu den bereits etablierten Methodentypen des Technikunterrichts dar. Es werden solche Methoden der Technikbewertung angeführt, die im Technikunterricht einen möglichen bzw. einen bedingt möglichen Einsatz finden können.

10.3.1 Methoden der Ideenfindung

Um mögliche Auswirkungen zu erfassen und um Zusammenhänge zu erschließen scheinen die sogenannten Kreativitätstechniken (Methoden der Ideenfindung) wie z.B. *Brainstorming-Methode* und *Brainwriting-Methode* geeignet zu sein. Diese Methoden werden in der Literatur zur Technikbewertung auch als prognostische Verfahren der Bewertung bzw. Beurteilung bezeichnet.¹

Brainstorming kann herangezogen werden, um Gedanken und Ideen zu einer Frage oder einem Problem zu sammeln (z.B. mögliche Folgen eines technischen Verfahrens ermitteln, Erstellen von Bewertungskriterien). In erster Linie dienen diese Methoden zur Anregung der Intuition durch wechselseitige Assoziation und Konfrontation von problemfremden Bedeutungsinhalten. Dazu werden die Teilnehmer mit einer Frage konfrontiert und aufgefordert, sich ca. 15-20 Minuten zu äußern, was ihnen zu dieser Frage bzw. einer Problemstellung oder einem Sachverhalt einfällt (z.B. Ideen zum Dachrinnenreinigungsgerät, Ideen zum „unplattbaren Reifen“). Nachdem mittels dieser Methode auch mögliche Folgen und Problembereiche skizziert wurden, werden die Ergebnisse bewertet. Dabei fließen Aspekte ein, wie:

- Mit welchen Folgen ist weniger oder eher wahrscheinlich zu rechnen?
- Welche Folgen sind akzeptabel, welche weniger akzeptabel?

Beim Einsatz der *Brainstorming-Methode* im Unterricht sollten folgende Grundregeln beachtet werden.

- Die Größe der Gruppe sollte 4-6 Personen nicht überschreiten.
- Das Problem, die Frage, zu dem / der Ideen gesammelt werden sollen, muß klar benannt werden. Ggf. sind vorab bestimmte technische Fachbegriffe zu klären.
- Alle Gruppenmitglieder sollten spontan und „wertfrei“ äußern, was ihnen hinsichtlich der Fragestellung in den Sinn kommt. Spontan bedeutet, daß

¹ Vgl. GRUNWALD, A. 1999, S. 125. Die folgenden Methoden sind z.T. aus der Literaturangabe des 6. Kapitels zusammengestellt.

die Teilnehmer nicht darüber nachdenken sollten, ob ihre Gedanken bzw. Antworten sinnvoll sind. Denn: Jeder nicht sinnvoll erscheinende Vorschlag (bzw. absurd und ungewöhnlich erscheinende Idee) kann andere Teilnehmer zu neuen Beiträgen anregen bzw. eine Ergänzung der bereits vorangegangenen Ideen sein. Es kann also somit zu einer Weiterentwicklung bereits geäußerter Ideen und zu Verbindungen mit anderen Bereichen kommen.

- Ein Protokollführer notiert die Antworten bzw. ein Recorder zeichnet die Diskussion auf, damit alle Schüler ihre Ideen einbringen können.
- Jede positive wie negative Bewertung der geäußerten Ideen ist während der Phase der Ideenäußerung zu unterlassen. Eine Bewertung der Äußerungen erfolgt erst nach Abschluß des Brainstorming. Nur durch eine strikte Trennung von Ideenfindung und Ideenbewertung scheint gewährleistet, daß möglichst viele Ideen ungehemmt geäußert werden.
- Da diese Methode eine gewisse Vertrautheit der Teilnehmer untereinander voraussetzt, sollte sie im Technikunterricht nicht mit einer neu zusammengesetzten Lerngruppe durchgeführt werden.
- Nach Abschluß des Brainstorming werden die protokollierten Ideen geordnet, beurteilt gegebenenfalls weiterentwickelt und einzelne Zusammenhänge herausgearbeitet.

Die *Brainwriting-Methode*¹ hat die gleiche Zielsetzung wie die Brainstorming-Methode, nur daß die Ideen nicht verbal geäußert, sondern von den Gruppenmitgliedern schriftlich fixiert und ausgetauscht werden. Bei der *Methode 635*, eine Form der Brainwriting-Methode, schreiben ca. 4-6 Personen je drei Lösungsansätze zu einer Aufgabenstellung auf ein Blatt Papier. Die gegenseitige Assoziation wird dadurch erreicht, daß die einzelnen Gruppenteilnehmer nach ungefähr 5 Minuten ihre Lösungsvorschläge (z.B. zu Bewertungskriterien) austauschen und die notierten Einfälle des Vorgängers gelesen werden, um sich so zu neuen Vorschlägen anregen zu lassen. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis alle Zettel von jedem der Teilnehmer mit drei Lösungsvorschlägen beschrieben sind.

Weitere Methoden, die im Rahmen von Technikbewertungen Einsatz finden und für den Technikunterricht brauchbar erscheinen, sind die *Delphi-Methode*, *Synektik* und *Planungszelle*.

Bei der *Delphi Methode* handelt es sich um eine wiederholte strukturierte Befragung einer Gruppe von Experten. Sie werden bezüglich wichtiger gesellschaftlicher und technischer Entwicklungen und zu möglichen Technikfolgen befragt. Ihre Zukunftsaussagen resultieren aus alltäglichen Erfahrungen im Zusammenhang mit fachlicher Kompetenz. Mittels dieser Methode wird nicht nur nach Entwicklungstendenzen gefragt, sondern sie versucht

¹ Zur der Brainwriting-Methode zählen auch Bildmappen-Brainwriting, Metaplan-Brainwriting und Ideen-Delphi. (Vgl. dazu: PAUL, I. 1987, S. 65; BATELLE-INSTITUT 1988)

auch die wichtigsten Hemmnisse wie z.B. technische, kulturelle oder wirtschaftliche aufzuspüren.

Für die unterrichtliche Praxis ist es wichtig, dass sich Schüler bei einer solchen Expertenbefragung verstärkt fachkundig (z.B. durch Internet-Recherche) machen. Ferner ist es sinnvoll, im Unterricht einen Fragenkatalog zu erarbeiten und vor der Befragung einige Schüler zu ermitteln, die sich bereit erklären, die Befragung durchzuführen. Fruchtbare Lernprozesse ergeben sich sicherlich in der Auswertungsphase, besonders dann, wenn unterschiedliche Expertenmeinungen zu einem Thema vorherrschen. Dem Schüler wird die Konfliktrichtigkeit von Technikbewertungen erfahrbar. In diesem Zusammenhang kann das Verständnis für kontroverse Positionen und andere Meinungen gefördert werden und somit wird die Möglichkeit eröffnet, Toleranz zu wecken. Eigene Einstellungen können überprüft, mit Argumenten begründet und vertreten werden.

Die *Synektik*, eine Gruppendiskussionsmethode, eignet sich im Technikunterricht besonders, um durch Analogiebildungen Lösungen zu technischen Problemstellungen zu finden und nicht bedachte Folgebereiche zu erschließen. Für die Synektik ist der Verfremdungsprozeß typisch. Die Methode entfernt den Problemlösenden von der Problemstellung (z.B. durch das Nennen von Reizwörtern); dies ist insbesondere dann notwendig, wenn der Problemlösende auf einen Weg der Lösungsfindung fixiert war. Ebenso können durch diese Methode zu einer bestimmten Bewertungsaufgabe Bewertungskriterien erarbeitet werden.

Vereinfachtes Anwendungsbeispiel, um Lösungsansätze zu einer Problemstellung zu finden:

<i>Problemstellung</i>	<i>Mögliche Reizwörter</i>	<i>Denkbare Lösungsidee</i>
Gestaltung eines kinderfreundlichen PKW	Bürostuhl ,Schallplatte, Lenkrad	Drehsitz, auf dem sich die Mutter zum Kind wenden kann

Die weiteren Beispiele veranschaulichen eine mögliche Vorgehensweise für das Aufstellen von ökologischen und technischen Bewertungskriterien anhand der Synektik. Neben den Reizwörtern und den Reizsätzen, die der Lehrende mitteilt, können auch geeignete aktuelle Fotos, Zeitschriften, Zeitungsüberschriften u.a. als stummer Impuls dienen, um Bewertungskriterien vom Schüler aufstellen zu lassen. Dabei müssen nicht zwingend die in der Tabelle aufgeführten Bewertungskriterien vom Schüler genannt werden. Sie können selbstverständlich um- bzw. beschrieben werden.

<i>Problemstellung</i>	<i>Reizwörter / Reizsätze</i>	<i>Bewertungskriterien</i>
Aufstellen <i>ökologischer</i> Bewertungskriterien	Denkt mal an das Tankerunglück seiner Zeit von ... (z.B. Valdez, an der spanischen Küste) <i>Zeitungsmeldung:</i> Störche und Maikäfer wieder gesichtet	<i>Erhaltung und Schonung der Tier-, Pflanzenwelt</i>
	<i>Zeitungsmeldung:</i> – Frachtschiff entsorgt Altöl auf hoher See	<i>Wasserschutz</i>
	– Schuttabladen verboten	<i>Landschaftsschutz</i>
	– rauchende Schornsteine – saurer Regen	<i>Klimaschutz</i>
	– 2 Liter Auto – Windkraftanlagen	<i>Ressourcenschonung</i>
Aufstellen <i>technischer</i> Bewertungskriterien	– „Montags-Auto“ – schon wieder dieselbe Reperatur	<i>Zuverlässigkeit</i>
	– Adapter (Benutzung des eigenen Haarföns und des Akkuladegerätes im Ausland) – Umrüstung von Diesel auf Rapsdiesel – Umrüstung von Benzin auf Methanol	<i>kompatibel mit anderen Technologien</i>
	– Festplattencrash	<i>Reperaturfreundlichkeit</i>
	– „Vier Bier für die Männer vom Sägewerk“ – Schutzkleidung	<i>Sicherheitsentsprechung</i>

Eine weitere mögliche einzusetzende Methode im Technikunterricht ist die **Planungszelle**, die bei den Methoden der Technikbewertung zu der sogenannten Beteiligungs- bzw. Partizipationsmethode zählt. Eine Laiengruppe, die aus ca. 25 zufällig ausgewählten Bürgern besteht, erarbeitet in einem begrenzten Zeitraum unter Anleitung von Fachleuten Lösungen zu Bewertungs- und Planungsproblemen. Im Technikunterricht bearbeiten die Schüler im Rahmen dieser Methode einen vom Lehrer dargestellten zu bewertenden technischen Sachverhalt (z.B. ein technisches Verfahren, ein technisches Produkt). Dazu erhalten sie Sachinformationen, stellen Bewertungskriterien auf und legen später dar, wie sich Planungsschwierigkeiten in der Gruppe äußerten. Ein zu bewertender technischer Sachverhalt kann auch in mehreren Planungszellen (Gruppenarbeit) parallel behandelt werden, so daß dadurch mehrere Lösungen zu Bewertungs- und Planungsproblemen von den Schülern erarbeitet werden.

10.3.2 Strukturierungsmethode

Bei dieser Methode wird ein komplexer Sachverhalt systematisch gegliedert, um ein strukturiertes Denken zu erleichtern. Diese Methode dient insofern der Stimulation von Ideen, als daß sie komplexe Probleme durch Strukturierung für Problemlösungen überschaubar macht. Einzelprobleme, für die nach Lösungsansätzen mit Hilfe der Methode der Kreativitätstechnik gesucht wird, werden erkennbar. Eine Methode der Problemstrukturierung ist der *morphologische Kasten*. Im folgenden wird in komprimierter Form die Methode dieses morphologischen Kastens erläutert.

Morphologischer Kasten: Beim morphologischen Kasten soll ein vollständiger Überblick über einen Sachverhalt erzielt werden, um dann durch eine Anordnung verschiedener Lösungselemente zu neuen Vorschlägen zu gelangen. Der vollständige Überblick soll erreicht werden, indem alle Elemente, Varianten oder Ausprägungen eines Problems in einem zwei-, drei- oder mehrdimensionalen „morphologischen Kasten“ in Beziehung gesetzt werden. Dazu sind zunächst alle Parameter eines Problems zu bestimmen und in der Vorspalte einer Tabelle (*siehe Abb. 28*) anzuordnen. Danach werden neben jedem Parameter möglichst viele Ausprägungen in der dazugehörigen Zeile aufgeführt. Unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten ergeben sich durch die Kombination (*siehe Linienzüge durch die Abb. 28*) der einzelnen Ausprägungen. Für sämtliche Typen (unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten), die sich theoretisch aus dem morphologischen Kasten ergeben, ist eine Überprüfung auf logische und faktische Kompatibilität notwendig.

Die Relevanz des morphologischen Kastens für den Technikunterricht

Diese Strukturierungsmethode scheint beispielsweise geeignet zu sein, den Schüler schon bei der Planung und dem Entwurf einer Modellanlage (z.B. Abfallbeseitigungsanlage im Technikraum, Konstruktion einer Modellbiogasanlage, elektrischer Bleistiftanspitzer) einzubeziehen. Sie gestattet es, mehrere Lösungswege zu einem gestellten Problem zu finden, die dann wiederum beim konkreten Bau einer Modellanlage einmünden können. Bei dieser unterrichtlichen Vorgehensweise geht es also nicht nur um den Bau einer Anlage nach vorgegebener Bauanleitung seitens des Lehrenden, vielmehr werden im Vorfeld vom Schüler eigenständig Kriterien erstellt, die das Modell als Abbild des Realen erfüllen soll. Ferner wird der Schüler aufgrund der unterschiedlichen Lösungswege ansatzweise erfahren, daß Technik gestaltbar ist und unterschiedlich bewertet werden kann.

Vorgehensweise zum Aufstellen des Parametersatzes

Als mögliche Vorgehensweise zum Aufstellen des Parametersatzes, der Ausprägungen und zur Ermittlung einer Gesamtlösung bieten sich beim morphologischen Kasten (siehe unten) folgende Schritte an:

1. Nach Diskussion der Problemstellung werden Parametervorschläge auf Karteikarten notiert. Zur Parameterfindung kann es hilfreich sein, das Problemfeld in Ablaufschritte zu gliedern.
2. Die Vorschläge auf den Karteikarten werden auf ihre Eignung als Parameter überprüft und der Vorspalte der Tabelle zugeordnet. Gegebenenfalls werden weitere Parameter formuliert.
3. Zu jedem Parameter sind Ausprägungen zu suchen und der zum Parameter gehörenden Zeile zuzuordnen. Die Ausprägungen können beispielsweise mit Hilfe der Brainstorming-Methode ermittelt werden. Diese sind z.B. dahingehend zu überprüfen, ob es sich um alternative Vorschläge oder sinnverwandte Bezeichnungen handelt und ob die Ausprägungen eindeutig formuliert sind. Einzelne Ausprägungen können schon vorbewertet werden, so daß sich die Gesamtlösung auf eine Kombination gut bewerteter Ausprägungen reduziert.
4. Es erfolgt eine Kombination, indem je eine Ausprägung pro Parameter ausgewählt wird, welche durch einen Linienzug durch die Tabelle gekennzeichnet wird. Die Kombinationen der Ausprägungen zur Gesamtlösung sollten nicht rein mechanisch erfolgen, sondern hinsichtlich origineller Lösungen. Da sich die Anzahl der möglichen Lösungen eines morphologischen Kastens nach den Rechengesetzen der Kombinatorik als Produkt der Anzahl der Ausprägungen aller Parameter ergibt, ist es wenig sinnvoll, alle denkbaren Lösungen einzeln zu betrachten und durchzuprüfen. Beispielsweise beinhaltet die *Abb. 28* 14400 mögliche Lösungskombinationen. Es ist deshalb ratsam, sich bei einer Gesamtlösung auf besonders geeignete Kombinationen von Ausprägungen zu konzentrieren und bereits im Vorfeld eine Bewertung von Kombinationen vorzunehmen.
5. Überprüfen der erhaltenen Lösungen auf Vollständigkeit (z.B. prüfen, ob wesentliche Aspekte fehlen) und Praktikabilität.
6. Bewerten der unterschiedlichen Gesamtlösungen bzw. Alternativen hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien, d.h. nicht nur bezüglich technikimmanenter Kriterien. Mögliche Kriterien sind z.B. Handhabung, Qualität, Kosten, Bauweise, Wartungsfreundlichkeit und Umweltfreundlichkeit.

Veranschaulichung der Methode Morphologischer Kasten am Beispiel einer Abfall-Separieranlage

<i>Parameter</i>	<i>Ausprägung</i>				
<i>Abfälle aufnehmen:</i>	Förderband	Trichter	Klappe	Bunker	Container Standplatz
<i>Zusammensetzung bestimmen:</i>	optisch	chemische Analyse	mechanische Analyse		
<i>Transportieren</i>	Schwerkraft-Rutsche	Kran	Bagger	Förderband	Rüttelband
<i>Separieren:</i>	magnetisch	Rüttelsieb	Windsichtung	von Hand	
<i>Zerkleinern:</i>	Schere	Mahlwerk	Hammerwerk	ohne Zerkleinern	
<i>Lagerort:</i>	unter Flur	im Freien	überdachter Zwischenlagerraum		
<i>Behälterart zur Lagerung:</i>	Container	Bunker	LKW	Bahnwagon	

Abb.28 Morphologischer Kasten: Abfall-Separieranlage, verändert aus: Batelle-Institut 1988, S. 58

Danach besteht eine mögliche Lösungskombination zur Mülltrennung aus den Elementen:

- Containerplatz zum Aufnehmen des Abfalls
- optische Bestimmung der Zusammensetzung
- Förderband zum Transport
- Separieren von Hand
- Mahlwerk zum Zerkleinern des Abfalls
- überdachter Zwischenlagerraum
- Lagerung im Container

Die entgültige Auswahl und Bewertung von Lösungsideen kann mittels **Bewertungsmatrixen** erfolgen. Ein Beispiel für eine solche Matrix gibt die Abb. 29 wieder. Die einzelnen Ausprägungen werden in der Vorspalte der Matrix notiert und mögliche Bewertungskriterien aufgeführt. Nun werden die einzelnen Lösungskombinationen in Bezug auf die Bewertungskriterien positiv (+) oder negativ (-) bewertet. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß sich nicht alle Kombinationen mit (+) oder (-) versehen lassen.

Zum Schluß werden die einzelnen Wichtungsfaktoren [(+), (-)] addiert und in den letzten beiden Zeilen notiert. Alternativ könnten die einzelnen Bewertungskriterien mit ganz bestimmten maximalen Wichtungsfaktoren versehen werden, z.B.:

Reparaturfreundlichkeit (5)

Lärmbelästigung (10)

Ändert man diese Wichtungsfaktoren, indem man z.B. den ökologischen Kriterien einen höheren Rang verleiht, so ergibt sich auch eine Änderung in der Summe der Wichtungsfaktoren im Bereich der ökologischen Dimension. Ändert man also etwas an den Wichtungsfaktoren, so erhält man durchaus eine andere Präferenz. Hierdurch kann dem Schüler die Konfliktträchtigkeit von Technikbewertung erfahrbar werden.

Für die einzelnen Schülergruppen mit verschiedenen Lösungskombinationen ergeben sich unterschiedliche Matrixen mit denselben Bewertungskriterien. Um die Bewertungsergebnisse der verschiedenen Matrixen miteinander vergleichen zu können, ist es erforderlich, daß jeder Schüler Kenntnisse über die Bedeutungsinhalte der von ihnen aufgestellten Bewertungskriterien besitzt. Damit eine sinnvolle Bewertung der Lösungsideen erfolgt, ist es ferner nötig, daß sich die Schüler verstärkt sachkundig machen (z.B. über technische Verfahren, technische Gegenstände, Kostenaspekte). Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, daß eine vollständige Bewertung mit Wissenschaftsanspruch seitens der Schüler nicht leistbar ist.

Im Unterricht schwer zu bewertende aber anzusprechende Dimensionen sind z.B. die soziale Dimension, politische Dimension, ethische Dimension und anthropogene Dimension. Diese Dimensionen sollen dann im Rahmen einer Technikbewertung unbedingt angesprochen werden und in einer abschließenden Bewertung Berücksichtigung finden.¹ Denn Ziel ist es, Argumente für das Für und Wider technischer Entwicklungen und Gegenstände herauszukristallisieren und bestehende Zielkonflikte zu verdeutlichen. Dem Schüler wird dadurch erfahrbar, daß einige Bewertungskriterien miteinander konkurrieren (z.B. soziale Kriterien mit ökonomischen Kriterien).

¹ Näheres zu abfallpolitischen Aspekten, Verbraucherverhalten u.a. siehe KAIMER, M.; SCHADE, D. 2001, S. 26ff. im Jahrbuch der Akademie für Technikfolgenabschätzung.

	technische Dimension						ökonomische Dimension						ökologische Dimension						
	Realisierbarkeit	Reperaturfreundlichkeit	Nachrüstbarkeit der Technik	Haltbarkeit	Störanfälligkeit	Sicherheit	...	Investitionskosten	Wartungskosten	Mieten	Lohnkosten	Transportkosten	Konkurrenzfähig	...	Lärmbelastigung	Energieaufwand	Erfordernis chem. Zusätze	Flächenbedarf	...
Containerplatz zum Aufnehmen des Abfalls																			
optische Bestimmung der Zusammensetzung																			
Förderband zum Transport																			
Separieren von Hand																			
Mahlwerk zum Zerkleinern des Abfalls																			
überdachter Zwischenlagerraum																			
Lagerung im Container																			
Anzahl positiv																			
Anzahl negativ																			

Abb. 29 Beispiel einer Bewertungsmatrix

Neben der Problemstellung der technischen Möglichkeit zur Mülltrennung, die bei Maßnahmen zur Umweltentlastung durch Recycling erforderlich ist, bieten sich im Technikunterricht Fragestellungen an, die über den Blick eines nachsorgenden Handelns („End-of-Pipe-Ansatz“) hinausreichen. Es sind solche Problemstellungen und Handlungsoptionen zu thematisieren, die z.B. dem Konsumprozeß vorgelagert sind. Dabei geht es um die Vermittlung von Sichtweisen, die die normative Komponente im Rahmen der Technikbewertung ansprechen. Das bedeutet, es geht um Fragestellungen wie:

- Was ist von der Sache her wünschenswert ?
- Sollte ein Produkt z überhaupt hergestellt werden ?
- Was ist von der Sache her noch tolerierbar?

In diesem Kontext sollte im Unterricht folgende Frage behandelt werden: Welche Möglichkeiten bestehen, um Verpackungsmaterialien einzusparen?

Denkbare Lösungsansätze sind:

- Es ist durch Einsparung von Verpackungsmaterialien (z.B. Dicke der Verpackungsmaterialien vermindern) Abfall zu vermeiden.
- Wiederverwendung und Weiterverwendung von gebrauchten Verpackungen (z.B. Mehrwegbehälter)
- Bei erforderlichen stoßsicheren Verpackungen sind anstelle von Polystyrolen (Styropor), Papier oder aufblasbare Verpackungen zu verwenden.

Ferner ist zu thematisieren, ob die oben genannten Lösungssätze zur Einsparung der Verpackungsmaterialien eigentlich erstrebenswert sind. Sinnvoll scheint es zu sein, Verpackungen möglichst überhaupt zu vermeiden. Es schließt sich demnach die Frage an: Wie können Verpackungsmaterialien / Konsummüll vermieden werden?

Mögliche Lösungsansätze sind:

- Es sind nur solche Waren einzupacken, bei denen es wirklich erforderlich ist.
- Die Portionierung und Abfüllung von Waren (z.B. pulvrige, körnige) erfolgt erst im Verbrauchermarkt, beispielsweise durch einfache Mechanismus und Selbstbedienung.
- Der Einzelhandel kann den Service einer direkten Auffüllung in eigene Vorratsbehälter anbieten.
- Konsumverzicht
Dabei ist nicht die Radikalität eines „Asketen“ gemeint; vielmehr wird hier eine „Ethik der Genügsamkeit“, wie z.B. der Verzicht auf ein Zweitgerät (TV-Gerät, Kühlschrank) und nicht jeden modebedingten oder technologischen Trend mitmachen, angesprochen.

Ergänzende Methoden

Im Technikunterricht ist der Einsatz der *Input-Output-Analyse* (Matrixtechnik) bedingt möglich. Bei dieser Methode sollen Energie- und Stoffgrößen monetär quantifiziert werden, um somit einzelne Produktionssektoren einer Wirtschaftsregion miteinander zu vergleichen. Wirkungen, die durch die Änderung einer ökonomischen Größe auftreten, sollen veranschaulicht werden (z.B. Beschäftigungseffekt), um somit eine Bewertung vornehmen zu können. Da es außerordentlich schwierig ist, Zahlenmaterial von einzelnen Firmen einer Region zu erhalten und auch Schüler im 9.- 10. Schuljahrgang mit der Auswertung des Zahlenmaterials überfordert wären, ist diese Methode an einer allgemeinbildenden Schule nur bedingt einsetzbar. Denkbar ist allerdings, daß Schüler im Rahmen einer Betriebserkundung unter Anleitung des Fachlehrers einen Fragenkatalog bzgl. der Effizienz eines Betriebs (z.B aufgrund des Einsatzes einer CNC-Maschine) erarbeiten. Hierbei wird ein Produktionsbereich innerhalb eines Betriebes betrachtet. Für die Schüler eröffnet sich im Rahmen einer Technikbewertung (hier: *Bewertung des Einsatzes einer CNC-Maschine*) ferner

die Möglichkeit des Einblicknehmens in den sozialen, gesellschaftlichen und ökonomischen Problemzusammenhang und fordert ihn zur kritischen Reflexion heraus. Denn die neuen Technologien (Einsatz einer CNC-Maschine) haben Auswirkungen:

- (1) auf die *Ökonomie*: Erhöhung der Produktivität; Qualitätsverbesserung; Minderung der Lohn- und Lagerkosten; Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit,
- (2) auf die *berufliche Qualifikation*: Weniger handwerklich als theoretisch-abstrakte Fähigkeiten: planerisches Denken; Kenntnisse in Programmierung und Elektronik,
- (3) auf die *Arbeitsplätze*: Nachteile: Arbeitsplatzvernichtung bei weniger qualifizierten Tätigkeiten; Entwertung beruflicher Fähigkeiten. Vorteile: Schaffung neuer und hochqualifizierter Arbeitsplätze; Befreiung von stumpfsinnigen und kräftezehrenden Arbeiten.

Exemplarisch sind einzelne Arbeitsaufträge und Fragestellungen aufgeführt, die im Rahmen einer Betriebserkundung mit anschließender Technikbewertung vom Schüler zu bearbeiten sind. (1) Notiere (*stichwortartig*) die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten, die ein Arbeiter an einer CNC-Maschine benötigt! (2) Welche (wirtschaftlichen u.a.) Folgen können sich langfristig ergeben, wenn ein Betrieb auf den Einsatz „*Neuer Technologien*“ verzichtet? (3) Welche Bedeutung (Chancen, Risiken, Herausforderungen) hat die Einführung von computergestützten Maschinen für die Arbeitnehmer am Arbeitsplatz? (4) Sollte man auf die Einführung neuer Technologien verzichten, um bestehende Arbeitsplätze zu erhalten?“

Die *Szenariotechnik*, bei der versucht wird durch ein zielgerichtetes und strukturiertes methodisches Vorgehen Vorstellungen von der Zukunft zu gewinnen, ist aufgrund des hohen Zeitaufwandes eher als Projekt durchzuführen. Eine fächerübergreifende Zusammenarbeit ist z.B mit dem Fach Arbeit / Wirtschaft denkbar. Bei dieser Methode werden mehrere alternative, qualitative Vorstellungen von der Zukunft und der jeweiligen Entwicklungspfade systematisch entworfen. Allgemein verläuft die Szenariotechnik in drei Schritten.¹ (1) *Analyse-Phase*: Analyse der derzeitigen Situation, die zu einem Verständnis der Wirkungszusammenhänge führt (2) *Prognose Phase*: Entwicklung von sinnvollen Annahmen für alle Einflussbereiche (3) *Synthese Phase*: Konzipierung alternativer, in sich konsistenter Zukunftsbilder.

Die *Kosten-Nutzen-Analyse*, bei der alle Aufwendungen eines technischen Produktes, eines technischen Verfahrens usw. erfaßt werden sollen und neben den traditionellen Wirtschaftlichkeitsrechnungen weitere Bewertungsaspekte Berücksichtigung finden, ist im Technikunterricht an einfachen Sachverhalten möglich. Die nicht technikimmanenten Aspekte, die schwer monetär zu quantifizieren sind, müssen in einem geeigneten Bewertungsmaßstab (z.B.

¹ Siehe hierzu Kaiser/Kaminski 1994, S. 203-224

Punkte) von den Schülern ausgedrückt werden. Die Kosten-Nutzen-Analyse ist im Bereich Fahrradkauf oder Mofakauf denkbar. Bewertungskriterien könnten sein: Lebensdauer, Wartungskosten, erforderliche Bekleidung (Regenhose, notwendige Lederschutzkleidung), Gesundheitsaspekte, Entsorgungsproblematik, Ansehen im Freundeskreis usw..

Bei der *Nutzwertanalyse* werden in einer Matrix verschiedene Handlungsalternativen untereinander aufgeführt und die jeweiligen Bewertungskriterien sind mit einem Nutzwert versehen. Dabei muß jede Alternative zu einem Gesamtnutzwert aggregiert werden, um einen abschließenden Wertvergleich der Alternativen zu ermöglichen. Diese Methode der Technikbewertung ist an überschaubaren Sachverhalten im Technikunterricht durchführbar (z.B. Gegenüberstellung von Dieselmotor, Elektromotor, gasbetriebener Motor, Benzinmotor, rapsölbetriebener Motor).

Beim *Schadenvermeidungskostenansatz* sollen die möglichen Kosten berücksichtigt werden, die nötig sind, um Schäden zu vermeiden oder zu beseitigen. Im Technikunterricht eignen sich hier einfache Alltagsgegebenheiten. Der notwendige Kreissägeschutz (Spaltkeilschutz) und mögliche Krankenhauskosten bei einem etwaigen Unfall durch das Fehlen dieses Schutzes; Mofa und Helm; defekte Bockleiter (Kette).

Im Rahmen der *Marktdatendivergenzanalyse* werden belastungsbedingte Preisunterschiede im lokalen und regionalen Vergleich ermittelt und bewertet, die z.B. durch viel befahrene Straßen, Windkraftanlagen, Hochspannungsleitung über ein Gelände, Müllverbrennungsanlage, Tierbeseitigungsanlage, Wohnen neben der Feuerwehr entstehen. Im Rahmen des Technikunterrichts kann in diesem Zusammenhang angesprochen werden, wie Preisunterschiede zustande kommen. Ferner können besonders ethische Aspekte thematisiert werden (z.B. in unserer Gesellschaft gibt es Menschen, die unser Gemeinwohl tragen).

Im Rahmen der *Zahlungsbereitschaftsbefragung*, die ebenfalls als Methode der Technikbewertung im Technikunterricht Einsatz finden kann, werden beispielsweise Personen danach befragt, wieviel sie für eine technische Maßnahme bereit wären zu zahlen, um Beeinträchtigungen der Umwelt zu reduzieren bzw. zu vermeiden. Mögliche Befragungen im Rahmen einer Technikbewertung könnte z.B. die Zahlungsbereitschaft zu den Mehrkosten von Solarstrom sein; Energieeinsparungsmaßnahmen (z.B. Wärmedämmmaßnahmen, Heizungstherme), die über die gesetzliche Regelung hinaus möglich sind.

Der *kumulative Energieverbrauch (KEV)* und der *kumulative Materialverbrauch (KMV)* lassen sich im Technikunterricht anhand kleiner überschaubarer Prozesse heranziehen. Im Technikunterricht werden beispielsweise beim KEV die physikalischen Inputs der Energieträger erfaßt, ohne daß ein Umweg über die Kosten erfolgt. Beim KMV wird hingegen der aufsummierte Materialverbrauch der Produktherstellung betrachtet. Kleine, überschaubare Prozesse sind beispielsweise die Herstellung eines Kunststoffbechers im Thermoverfahren oder die Herstellung eines

Keramikbechers im Brennofen. Die Bewertung komplexer Prozesse, wie z.B. die Bewertung von Industriegütern, ist im Technikunterricht nicht leistbar.

Einen umfassenden Ansatz zur Bewertung von Produkten stellt die **Produktlinienanalyse** dar. Hierbei werden nicht nur Stoff- und Energieströme über die gesamte Lebensdauer eines Produktes betrachtet, sondern auch die ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekte. Das etwas sperrige wissenschaftliche Werkzeug Produktlinienanalyse kann im Technikunterricht mit Hilfe der CD-Rom „Produktlinienanalyse - am Beispiel von Textilien“¹ Einsatz finden. Die Produktlinien-Matrix dieser CD-Rom (siehe Abb. 30) ist so allgemein gehalten, daß sie für verschiedene Konsumgüter angepaßt werden kann und somit eigene Produktlinienanalysen schülergemäß aufbereitet werden können. In der vorgegebenen Produktlinienmatrix stehen waagrecht die Lebenszyklen eines Produkts (Vorproduktion, Produktion, Handel, Transport, Gebrauch, Entsorgung) und in der Senkrechten sind ökologische (z.B. Flächenverbrauch, Energieverbrauch, Emissionen), soziale (z.B. Gesundheit, Arbeitsbedingungen, kulturelle Faktoren) und ökonomische Aspekte (z.B. Gehälter, externe Kosten) aufgeführt. Exemplarisch sind auf der CD-Rom für jeden Gitternetzpunkt (z.B. Vorproduktion - Flächenverbrauch) Informationen hinterlegt, so daß für den Schüler bei einer eigenen zu erstellenden Produktlinienanalyse verständlich wird, was sich hinter den Bereichen verbirgt.

	VORPRODUKTION	PRODUKTION	HANDEL	GEBRAUCH	ENTSORGUNG	TRANSPORT
ÖKOLOGISCHE FAKTOREN:						
Flächenverbrauch						
Ressourcenverbrauch						
Energieverbrauch						
Emissionen						
Ökosystem Auswirkungen						
SOZIALE FAKTOREN:						
Gesundheit						
Arbeitsbedingungen						
kulturelle Faktoren						
Produktqualität						
ÖKONOMISCHE FAKTOREN:						
Kosten/Einheit						
Gehälter/Gewinn						
Verbraucherkosten						
Volks-/Weltwirtschaft						
externe Kosten						

Abb. 30 Produktlinien - Matrix

¹ Stiftung Verbraucherinstitut-Berlin (1998) : Produktlinienanalyse - am Beispiel von Textilien. Zur allgemeinen Verlaufsphase einer Produktanalyse siehe auch ROGGENBRODT, G. 1998, S.14; SCHMAYL, W.; WILKENING, F. 1995; S. 156.

Schwierigkeiten bei der Erstellung einer eigenen Produktlinienanalyse können sich in der Datenbeschaffung ergeben. Ferner stellt das Füllen der Produktlinienmatrix mit Informationen -selbst bei einer recht überschaubaren Zahl von Zellen- ein zeitaufwendiges und arbeitsintensives Unterfangen dar. Die abschließende Bewertung der Produktlinie mit ihren ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten verlangt einen intersubjektiv nachprüfbaren Maßstab, z.B. Stand der Technik, Vergleichsdaten, Vergleichsprodukt des bewerteten Produktes. Derzeit existieren außer der verbal-argumentativen Vorgehensweise noch keine allgemein anerkannten Bewertungsmodelle und -verfahren für die in Produktlinienanalysen dargestellten Emissionen und Wirkungen. Vor diesem Hintergrund wird z.B. für didaktische Kontexte eine subjektive Einschätzung der aufgeführten Kriterien, Lebenszyklusphasen und der einzelnen Matrixfelder für legitim gehalten, solange die eigenen Bewertungskriterien offengelegt und reflektiert werden.

10.4 Typen der Technikbewertung im Technikunterricht

Möchte man über Technikbewertungen im Unterricht sprechen, so empfiehlt es sich aufgrund der möglichen Verschmelzungen von Technikbewertungen (z.B. innovative-probleminduzierte, reaktive-technikinduzierte Technikbewertung) eine Klassifizierung vorzunehmen. Im *Kapitel 6.2* dieser Arbeit wurden Technikbewertungen sowohl nach dem Anlaß als auch nach dem Zeitpunkt unterschieden. Diese Unterteilung wird im folgenden beibehalten.

10.4.1 Anlaßbezogene Technikbewertung

Probleminduzierte Technikbewertung

Im Rahmen der unterrichtlichen Behandlung von Technikbewertungen gewinnen die im *Kapitel 6.2* dieser Arbeit beschriebenen *Typen* der Technikbewertung an Bedeutung. So können beispielsweise mittels der *probleminduzierten Technikbewertung*, ausgehend von bestehenden gesellschaftlichen oder technischen Problemlagen, geeignete technische Lösungen ermittelt und bezüglich ihrer Vor-, und Nachteile abgewogen und bewertet werden. Als probleminduzierte Technikbewertung bietet sich z.B. für den Technikunterricht die Themenstellung „Bewerten verschiedener Putze in Wohnräumen“ an. Nachdem die Schüler theoretische Grundlagen erarbeitet und kleine Wandflächen (z.B. mit Gips-, Kalk-, Zement-, und Lehmputz) vorschriftsmäßig verputzt haben, werden die verschiedenen Putzarten bewertet.¹ Als Bewertungskriterien können beispielsweise die folgenden Aspekte herangezogen werden.

¹ Alternativ könnte ein Fachmann in die Schule eingeladen werden, um vorbereitete Wandflächen zu verputzen. So könnte der Zeitaufwand der Verarbeitung exakter ermittelt werden, als wenn die Tätigkeit von einem Laien ausgeführt würde.

Technische Dimension	Putzart			
	<i>Gipsputz</i>	<i>Kalkputz</i>	<i>Zementputz</i>	<i>Lehmputz</i>
Zeitaufwand der Zubereitung (z.B. Mischen der Komponenten)				
Verarbeitungsaufwand während des Aufbringens (Zeitbedarf)				
Bearbeitungsfähigkeit (leicht, mittel, schwer zum Abziehen?)				
Abbindezeit				
Isolationsfähigkeit [k-Wert]				
Feuchtigkeitsaufnahme				
Feuchtigkeitsabgabe				
Streich-, Tapezierfähigkeit				
Endfestigkeit des Putzes (hoch, mittel, schlecht)				
Oberflächenqualität (glatt, rauh)				
Physikalische Belastbarkeit (Einbringen von Dübel, Bilderhaken möglich?)				
Rißbildung				

Ökonomische Dimension	Putzart			
	<i>Gipsputz</i>	<i>Kalkputz</i>	<i>Zementputz</i>	<i>Lehmputz</i>
Transportkosten				
Materialkosten pro Quadratmeter				
Lohnkosten pro Quadratmeter				
Zusatzkosten aufgrund eines erforderlichen Maschinenparkes (Spezialmaschinen)				
Zusatzkosten für Facharbeiter (zur Bedienung und Wartung der Maschinen)				

Politische Dimension <i>(z.B. baurechtliche Vorgaben)</i>	Putzart			
	<i>Gipsputz</i>	<i>Kalkputz</i>	<i>Zementputz</i>	<i>Lehmputz</i>
Feuerfestigkeit				
Verwendungsspezifika (z.B. Feuchträume, Kalträume)				
Mischverhältnis nach DIN				
Untergrundbeschaffenheitsprüfung (<i>erforderlich, nicht erforderlich</i>)				
Zeitspanne, nach der der Putz übergestrichen werden darf				

Ökologische Dimension	Putzart			
	<i>Gipsputz</i>	<i>Kalkputz</i>	<i>Zementputz</i>	<i>Lehmputz</i>
Entsorgungsfreundlichkeit (<i>gewährleistet, nicht gewährleistet</i>)				
Verfügbarkeit der Ressourcen (<i>ja /nein</i>)				
Erfordernis von chemischen Zusätzen (<i>ja /nein</i>)				
als Sackware oder Siloware erhältlich				

Gesellschaftliche / Kulturelle / Soziale Dimension	Putzart			
	<i>Gipsputz</i>	<i>Kalkputz</i>	<i>Zementputz</i>	<i>Lehmputz</i>
Ansehen der Putzart in der Gesellschaft (<i>hoch, gering, gar nicht</i>)				
gesellschaftlicher Trend (<i>stark, gering, gar nicht</i>)				
Tradition (<i>stark geprägt, wenig stark geprägt, ohne Prägung</i>)				

Anthropogene Dimension	Putzart			
	<i>Gipsputz</i>	<i>Kalkputz</i>	<i>Zementputz</i>	<i>Lehmputz</i>
psychisches Wohlbefinden (<i>behaftlich, egal, unbehaglich</i>)				
Ästhetik (<i>ansprechend, weniger ansprechend, nicht ansprechend</i>)				

Projektinduzierte Technikbewertung

Die *projektinduzierte Technikbewertung* beschäftigt sich mit Bewertungsaufgaben zu ganz speziellen Technologieanwendungen (z.B. Standortfrage eines Flughafens, Ansiedlung einer chemischen Fabrik, Bau einer Autobahn, Errichtung einer Müllverbrennungsanlage). Hierbei handelt es sich demnach um größere geplante Technologieprojekte, die schon an anderen Standorten realisiert oder abgelehnt wurden. Bei der projektinduzierten Technikbewertung stehen sicherlich aufgrund der Größe des Vorhabens solche Aspekte im Vordergrund, inwieweit sich ökonomische und ökologische Zielsetzungen in Einklang bringen lassen.

Die projektinduzierte Technikbewertung fördert im Unterricht in besonderem Maße die Eigeninitiative der Schüler. Aufgrund bereits vorhandener Technologieprojekte an anderen Standorten können die Schüler durch eigene

Recherche (z.B. Zeitungsartikel, Internetnutzung) Informationen beschaffen, unterschiedliche Argumente und Meinungen zusammentragen und diese für ihre Entscheidungsfindung heranziehen. Die eigene Bewertung kann ferner mit der in der Realität getroffenen Bewertung verglichen werden. Besonders fruchtbare Lernprozesse ergeben sich, wenn im Technikunterricht aktuelle Bewertungsaufgaben (z.B. Errichtung einer Windkraftanlage in der näheren Umgebung) aufgegriffen werden. Hierbei eröffnet sich für den Schüler die Möglichkeit unter Berücksichtigung seiner Lernvoraussetzungen aktiv an einem Bewertungsprozeß mitzuwirken.

Im folgenden werden mögliche Bewertungskriterien zur projektinduzierten Technikbewertung „Errichtung einer Tierbeseitigungsanlage“ aufgeführt. Alternativ könnte im Rahmen dieser Technikbewertung je nach Aktualität auch eine Müllverbrennungsanlage als Unterrichtsgegenstand aufgegriffen werden. Es sind dann ggf. einige Kriterien zu entfernen bzw. zu ergänzen.

Aufgrund der Komplexität der Bewertungsaufgabe können bei einigen Bewertungsaspekten von den Schülern lediglich grobe Einschätzungen vorgenommen werden (z.B. beim Energieaufwand).

<i>Technische Dimension</i>	<i>Einschätzung</i>		
	<i>vorhanden</i>	<i>nicht vorhanden</i>	
Verfügbarkeit unterschiedlicher Verfahren der Beseitigung			
technische Realisierbarkeit der Geruchsverminderung	<i>möglich</i>	<i>nicht möglich</i>	
Energiebedarf bei der Beseitigung (ressourcensparend)	<i>hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering</i>
technischer Aufwand der Aufbereitung von Abwasser			

<i>Ökonomische Dimension</i>	<i>Erwartungen</i>		
	<i>groß/hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering/niedrig</i>
Schaffung neuer Arbeitsplätze aufgrund der Errichtung der Anlage			
Ansiedlung von Industrie an der Peripherie: - Fuhrunternehmen - allg. Reparaturwerkstätten - Dienstleistungsunternehmen			
Zunahme der Bauwirtschaft in der Region			
Entwicklung der Bodenpreise (Grundstücke)			
Entwicklung des pro Kopf Einkommens			

<i>Ökologische Dimension</i>	<i>Erwartungen</i>		
	<i>groß/hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering/niedrig</i>
Ökologische Auswirkungen: - aufgrund des Ausbaus des Straßennetzes - aufgrund der Grundwasserbelastung - aufgrund der Geruchsbelästigung - Verlust des Erholungswertes durch die Landschaft (reizvolle Landschaft, Wandergebiet)			
Bedrohung eines wichtigen Lebensraums für Fische und andere Wasserbewohner sowie für Zugvögel und Pflanzen			
zusätzliche Verkehrsbelastung von Wohngebieten (durch Kadavertransport)			
Errichtung der Anlage an einem anderen (in der Nähe gelegenen) Standort möglich?	<i>möglich</i>		<i>nicht möglich</i>

<i>Politische / Rechtliche Dimension</i>	<i>Erwartungen</i>		
	<i>hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering</i>
Subventionen			
Bürgerproteste			
Auswirkungen aufgrund der Bevölkerungsentwicklung - Rückbau von Schulen - Erweiterung von Schulen			
mögliche Entschädigungsansprüche (z.B. Trocknen der Wäsche im Freien aufgrund der Geruchsbildung bedingt möglich)			
Einhaltung des Flächennutzungsplans (Abstand zu Wohngebieten) <i>(ja / nein)</i>			
Eingriffe in ein Landschaftsschutzgebiet <i>(ja / nein)</i>			
einzuhaltende Richtwerte (Schadstoffe, Geruchsbelästigung, Lärm)			

Ethische Dimension:
<p>Im Rahmen der ethischen Dimension können folgende Themenpunkte angesprochen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Umgang Mensch - Tier (z.B. Massentierhaltung, Gesundheitsaspekte, BSE) – Klonen von Tieren, Tierversuche (z.B. Erfordernis der Kadaverbeseitigung) – Zumutbarkeit für die Bevölkerung (z.B. Geruchsbelästigung, Lärmbelästigung)

Technikinduzierte Technikbewertung

Die *technikinduzierte Technikbewertung* beschäftigt sich mit Bewertungsaufgaben zu bereits vorhandenen Technologien bzw. technischen Anwendungen. Im Rahmen dieser Bewertung werden unterschiedliche aber mit gleicher Zielsetzung vorhandene technische Verfahren, technische Gegenstände u.ä. miteinander verglichen und bewertet. Eine Bewertungsaufgabe hierzu ist im *14. Kapitel* zu finden.

10.4.2 Zeitpunktbezogene Technikbewertung

Innovative Technikbewertung

Die *innovative Technikbewertung* erfolgt zu einem relativ frühen Zeitpunkt, nämlich dann, wenn technische Lösungen für gegebene Probleme gesucht bzw. erste Lösungskonzepte entwickelt werden. Aufgrund des frühen Zeitpunktes sind Korrekturen der weiteren technischen Entwicklung möglich. Voraussetzung dafür ist, daß im Technikunterricht laufend die Ergebnisse einer Lösungsidee auf ihre Tauglichkeit, Brauchbarkeit u.a. überprüft werden, so daß die weitere Entwicklung des technischen Produktes noch wesentlich durch die gewonnenen Ergebnisse verändert werden kann. Dem Schüler ist in diesem Zusammenhang zu verdeutlichen, daß nur bei einer solchen Vorgehensweise auf den Prozeß der Forschung und Entwicklung eine lenkende Wirkung erzielt werden kann. Somit können möglichst frühzeitig negative Technikfolgen als Vermeidungsziele in das Pflichtenheft eines Vorhabens aufgenommen werden. Im Rahmen dieses Bewertungstyps können z.B. die Methoden „*Synektik*“, „*Morphologischer Kasten*“ und „*Brainstorming*“ zur Anwendung gelangen.

Im folgenden werden Bewertungskriterien zur Themenstellung „*Konstruktion eines Greifapparates für Rollstuhlfahrer*“ aufgeführt. Im praktischen Unterricht ist gegebenenfalls eine weitere detailliertere Auflistung erforderlich. Im Unterricht sind verstärkt zur Bewältigung der Aufgabenstellung folgende Punkte anzusprechen:

- Welche Einzelteile sind als Funktionsteile zu planen, herzustellen bzw. anzuschaffen?
- Sind Spezialwerkzeuge erforderlich?
- Welche Fachkenntnisse (z.B. zur Werkstoffbearbeitung) sind zur Bewältigung der Aufgabenstellung nötig?
- Sollen verschiedene Greifapparate hergestellt werden?

- Sind die Aufgaben in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit zu erledigen?

<i>Technische Dimension</i>	<i>gut geeignet</i>	<i>weniger gut geeignet</i>	<i>egal</i>
Werkstoff für den Greifer:			
- Metall			
- Kunststoff			
- Holz			
Werkstoff für die Mechanik:			
- Metall			
- Kunststoff			
- Holz			
Antrieb:			
- mechanisch			
- elektrisch			
- hydraulisch			
- pneumatisch			
Handhabung:			
- Gewicht (<i>schwer, leicht</i>)			
- Motorik (<i>fein, grob</i>)			
- Greifmechanismus (<i>träge, flink</i>)			
- Aktionsbereich (z.B. Greifbereich veränderbar)			
Werkstoff (-eigenschaft):			
- Haltbarkeit (<i>sehr haltbar, weniger haltbar</i>)			
- Bearbeitbarkeit (<i>sehr gut, weniger gut, schlecht</i>)			
- Beschaffungsmöglichkeit (<i>gut / schlecht</i>)			

<i>Ökonomische Dimension</i>			
Materialkosten			
Herstellungskosten			
Verkaufspreis			
	<i>Erwartungen</i>		
	<i>groß</i>	<i>mittel</i>	<i>gering</i>
Absatzmöglichkeit (Stückzahlen)			
Schaffung neuer Arbeitsplätze aufgrund einer etwaigen Markteinführung des technischen Gegenstandes			
Haltbarkeit			
Mitbewerber (lokal, national, international)			

Ökologische Dimension	<i>gewährleistet</i>	<i>nicht gewährleistet</i>	
Entsorgungs-, Recyclingfähigkeit (Beschichtung):			
– lackiert			
– poliert			
– geölt			
Entsorgungs-, Recyclingfähigkeit der Einzelteile			
Ressourcenschonung:	Einschätzung		
	<i>hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering</i>
– Rohstoffverbrauch			
– Energieaufwand			
– Wasserverbrauch			

Anthropogene Dimension	Vermutung	
	<i>gewährleistet</i>	<i>nicht gewährleistet</i>
Steigerung des psychischen Wohlbefindens durch das technische Produkt („unabhängiger sein“)		
anthropometrische Anpassung		

Im Unterricht schwer zu bewertende Dimensionen, aber anzusprechende Dimensionen:

Politische Dimension	soziale Gerechtigkeit (Gleichstellung von Behinderten in unserer Gesellschaft)
Soziale Dimension	<ul style="list-style-type: none"> – Bewegungsfreiheit /persönliche Freiheit – behindertengerechte Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden – behinderte Menschen im Arbeitsprozeß – Verhalten von Mitmenschen in unserer Gesellschaft gegenüber von Behinderten
Gesellschaftliche / Kulturelle Dimension	<ul style="list-style-type: none"> – das Leben von behinderten Menschen früher - heute – historische Betrachtung von technischen Entwicklungen im Behindertenbereich
Naturwissenschaftliche / Mathematische / Logische Dimension	z.B.: Hebelgesetze, Materialkunde, Verfahrenstechnik

Reaktive Technikbewertung

Bei der *reaktiven Technikbewertung* setzt der Bewertungsprozeß zu einem sehr späten Zeitpunkt an, nämlich dann, wenn die Forschung und Entwicklung einer Technik bereits weitgehend abgeschlossen ist oder sich bereits durchgesetzt hat. 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 stellen, ob eine Technik problematische oder gar gefährliche Folgen für die Umwelt, Gesellschaft u.a. beinhaltet. 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. Durch dieser Art der Bewertung kann Einfluß auf die weitere Entwicklung genommen werden. Für die unterrichtliche Arbeit ergibt sich, daß solche technische Verfahren oder Gegenstände bewertet werden, die sich bereits auf dem Markt befinden.

Am Beispiel „*Bewerten einer Schultasche*“ soll die reaktive Technikbewertung veranschaulicht werden.

<i>Technische Dimension</i>	<i>vorhanden</i>	<i>zum Teil vorhanden</i>	<i>nicht vorhanden</i>
Sicherheitsentsprechung:			
– gute Ösenbefestigung			
– gute Hakenbefestigung			
– Reflektoren			
– gute Materialverbindungen			
– Verkehrssicherheit			
Gebrauchstauglichkeit, Reperaturfreundlichkeit, Lebensdauer, Handhabung:	<i>Überprüfungsergebnisse</i>		
– Strapazierfähigkeit			
– Materialfestigkeit / Robustheit / Stabilität / Festigkeit der Nähte			
– Aufteilung der Fächer (Anzahl)			
– genügend Volumen bzgl. des Einsatzes in verschiedenen Schulstufen			
– Gewicht / Handhabung			
– Schulterriemen			
– Tragegriffe			
– Oberfläche			
– Verschlüsse (Art, Material, Mechanik)			
– Wettertauglichkeit			
– Fahrradtauglichkeit			
	<i>Einschätzung</i>		
	<i>hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering</i>
Aufwand zur Realisierbarkeit des technischen Fertigungsprozesses (z.B. Anzahl der Komponenten)			
Aufwand zur Realisierbarkeit des handwerklichen (Handarbeit) Prozesses			
Aufwand zur Realisierbarkeit des industriellen Prozesses			
Aufwand für Vorrichtungen, Apparate, Maschinen zur Herstellung der Tasche			

<i>Ökologische Dimension</i>	<i>Einschätzung</i>		
	<i>berücksichtigt</i>	<i>nicht berücksichtigt</i>	
Entsorgungs-, Recyclingfähigkeit			
Ressourcenschonung (Wasser, Luft, Energie, Materialien)			
Umweltverträglichkeit / ökologische Verarbeitung (Kunststoff, Leder, Chromanteile, Farbe)			
Artenschutz (z.B. Krokodilleleder)			
	<i>hoch</i>	<i>mittel</i>	<i>gering</i>
transportbedingte Umweltbelastungen (Beschaffung der Materialien aus dem Ausland)			
Verfügbarkeit der Materialien			

<i>Ökonomische Dimension</i>	<i>Einschätzung</i>		
Rohstoffpreise			
Herstellungskosten			
Transportaufwand der unterschiedlichen Materialien			
Konkurrenzfähigkeit (Anbieter von Waren mit gleichen Eigenschaften)			
Bedarfsdeckung / Absatz			

<i>Anthropogene Dimension</i>	<i>gewährleistet</i>	<i>zum Teil gewährleistet</i>	<i>nicht gewährleistet</i>
altersgemäße Taschengröße (Volumen)			
körpergerechtes Design			
Anti-Schweiß (Luftpolster zwischen Tasche und Körper)			
Gewichtsverteilung beim Tragen auf dem Rücken			
psychologisches Wohlbefinden (Ästhetik, Design der Tasche)			

Im Unterricht schwer zu bewertende Dimensionen, aber mögliche anzusprechende Dimensionen:

Soziale Dimension	<ul style="list-style-type: none"> – Ausbeutung von Arbeitskräften (ggf. Kinderarbeit) in unterschiedlichen Ländern – Gruppenzwang (Markenkauf) – psychisches Wohlbefinden (Leder, Kunststoff, Jute, Bettelsack) – gerechter Lohn
Ethische Dimension	<ul style="list-style-type: none"> – Konsumrausch (unser Umgang mit Rohstoffen) – Zukunftsverträglichkeit der herangezogenen Materialien und technischen Verfahren (Leder gerben, Kunststoffproduktion) – Tierzucht unter dem Aspekt der Ledergewinnung – Bedarfsweckung, -befriedigung, -notwendigkeit – Zumutbarkeit – Zukunftsglobalverträglichkeit – Verantwortung vor sich selbst und vor anderen Menschen
Naturwissenschaftliche Dimension	<ul style="list-style-type: none"> – Gewinnung und Verarbeitung von Leder, Kunststoffen, Metalle, Faden
Politische Dimension	<ul style="list-style-type: none"> – einzuhaltende Richtwerte (z.B. Schadstoffe in Kleidung) – Gesetze zur Entsorgung der Produktionsmaterialien

Retrospektive Technikbewertung

Die *retrospektive Technikbewertung*, die auch als *historische Technikbewertung* bezeichnet wird und die Entwicklung ehemaliger Technologieanwendungen zum Gegenstand hat, kann dem Schüler Einblicke in Entwicklungsprozesse ermöglichen und Aufschluß bezüglich der Entstehung, der Bewertung und des Umgangs von Technik liefern.

Im Rahmen einer retrospektiven Technikbewertung kann herausgearbeitet werden, daß Technik innerhalb der Geschichte nicht nur hinsichtlich technischer Aspekte bewertet wurde, sondern daß gerade politische, ökonomische, militärische u.a. Gesichtspunkte dazu beigetragen haben, daß eine technologische Entwicklung vorangetrieben oder blockiert wurde. Dem Schüler kann bewußt werden, daß in der Vergangenheit immer innerhalb bestimmter Rahmenbedingungen zwischen alternativen technischen Möglichkeiten zu entscheiden war.

Im folgenden werden Beispiele für mögliche Bewertungskriterien zur reaktiven Technikbewertung „*Das Luftschiff als Beförderungsmittel*“ aufgeführt. Eine komplexere Bewertungsaufgabe ergibt sich, wenn das Luftschiff mit anderen Transportsystemen verglichen wird.

Technische Dimension	<i>möglich / gewährleistet</i>	<i>nicht möglich / nicht gewährleistet</i>	<i>nicht wichtig</i>
Sicherheitsgewährleistung:			
– gute Lenkeigenschaft			
– sichere Aufhängung der Führergondel			
– sichere Aufhängung der Motoren			
– sichere Außenhülle (Stoffhülle, dünne Aluminiumhaut)			
– geringe Materialermüdung - der Gondel - der Hülle			
– Allwettertauglichkeit (Seitenwindanfälligkeit)			
– Explosionsgefahr (Wasserstoff, Heliumgas, Leuchtgas)			
– Unempfindlichkeit gegen äußere Einwirkungen (z.B. Vogelschwarm)			
– ungefährliche Antriebsart (Solar, Verbrennungsmotor)			
– schnelle Fluchtmöglichkeit (z.B. Evakuierung beim etwaigen Brand)			
Technische Effizienz / Gebrauchstauglichkeit :			
– hohe Tragkraft			
– langstreckentauglich			
– akzeptabler Energieaufwand zur Überwindung einer bestimmten Distanz, bzw. um Lasten zu transportieren			
– schnelle Reisegeschwindigkeit (Konkurrenzfähigkeit zu anderen Flugapparaten)			
– angenehme Reisegeschwindigkeit			
– Komfort (Vorhandensein von Schlafkabinen, Badezimmer, Speisesaal für Reisezwecke)			
– hohe Lebensdauer des Luftschiffes (Haltbarkeit)			
Realisierbarkeit:	Einschätzung		
<i>Vorhanden sein von:</i>			
– Materialien zur Fertigung des Luftschiffes (z.B. Skelett aus Holz, Aluminium, Kohlefaser, Fieberglas, GFK)			
– Kraftstoffen zum Betreiben des Luftschiffes			
– technischen Verfahren (z.B. um eine ausreichende Statik zu gewährleisten; Zieh- und Blechprägeverfahren zur Erhöhung der Versteifung einzelner Bauelemente)			

Gebrauchstauglichkeit:	
– Reparaturfreundlichkeit	
– Wartungsfreundlichkeit	
– Transportkapazität	
– flugplatzunabhängige Eigenschaft	
– günstiger Strömungswert (CW-Wert)	

<i>Ökonomische Dimension</i>	<i>gewährleistet?</i>		
	<i>ja</i>	<i>nein</i>	
Konkurrenzfähigkeit zu anderen Lastenbeförderungsmittel (Frachtkosten)			
Konkurrenzfähigkeit zu anderen Personenbeförderungsmittel			
Gewinnmaximierung durch Reisen der „breiten Bevölkerung“ und/oder der „upper class“			
Unternehmenssicherung (z.B. Minimierung des wirtschaftlichen Risikos durch Gründung der Deutschen Luftschiffahrts Aktiengesellschaft)			
Unternehmenswachstum			
Herstellungskosten im Vergleich zu anderen Flugapparaten	<i>höher</i>	<i>geringer</i>	<i>gleich</i>
Treibstoffkosten / Wartungskosten			

<i>Ökologische Dimension</i>	<i>gewährleistet</i>	<i>nicht gewährleistet</i>
Entsorgungs-, Recyclingfähigkeit der eingesetzten Materialien		
ressourcenschonende Bauart		
ressourcenschonende Antriebsart		
	<i>hoch</i>	<i>gering</i>
Bedarf an Start- und Landeplatz		
Emissionen während der Produktion		
Emissionen während der Fortbewegung		

<i>Politische Dimension</i>	<i>ja</i>	<i>nein</i>
Technologieförderung:		
– militärische Anwendung des Luftschiffes (Aufklärer-, Bombereinsatz)		
– ziviler Einsatz (Reisen, Postbeförderung)		
– Technologievorsprung zu anderen Ländern		
Technologiehemmung:		
– bürokratische Strukturen		
– Gewährleistung menschlichen Lebens		
– konkurrierende Firmen (Flugzeugbau)		

<i>Soziale Dimension</i>	<i>Einschätzung</i>
Sozialtauglichkeit (z.B. Fahrkartenpreis)	
Persönlichkeitsentfaltung / Selbstverwirklichung (Mobilität/ Forschungs-, Entwicklungsarbeiten)	
gesellschaftliche Zustimmung	
Arbeitsplatzeffekt	

<i>Kulturelle Dimension</i>	<i>Einschätzung</i>
Regimerelevant (Nazi)	
Heldenverehrung (Graf Zeppelin)	
Akzeptanz der Technologie / der Art des Reisens in der Bevölkerung	
traditionelles Reisen (elitär?)	

<i>Anthropogene Dimension</i>	<i>vorhanden</i>	<i>nicht vorhanden</i>
Akzeptanz der Art und Weise des Reisens (reisen statt rasen)		
Lebenserhaltung der Menschen (sichere Reiseart ?)		
physiologische Wohlbefinden (ruhiges Reisen)		

<i>Ethische Dimension</i>	<i>vorhanden</i>	<i>nicht vorhanden</i>
Motiv / Sinn des Zeppelineinsatzes (z.B. militärische Aspekte)		
upper class		

<i>Naturwissenschaftliche / Logische Dimension</i>	<i>Einschätzung</i>
physikalische / chemische Komponente (z.B. Physik der Gase, Gasgemisch)	
Auftrieb-, Widerstandswerte	
Navigation	
Steuerungs-, Regelungstechnik, Bordelektronik	

11. **Voraussetzungen zur Umsetzung einer angemessenen Technischen Bildung**

Eine didaktische Transformation der Thematik „Technikbewertung“ an allgemeinbildenden Schulen muß eine Reduktion der Komplexität beinhalten und gewährleisten, daß die Behandlung der Thematik auf einem den Schülern angepaßten Niveau erfolgt. Es muß versucht werden, in altersangemessener Form verschiedene Sichtweisen, die z.B. aufgrund unterschiedlicher Interessenlagen basieren aufzuzeigen, um somit der Vermittlung einseitiger Positionen entgegenzuwirken. Damit wird der Schüler zugleich befähigt, Toleranz zu üben, aber auch in die Lage versetzt, sich zu technologischen Fragestellungen zu äußern. Es ist mit den Schülern herauszuarbeiten, daß je nach Präferenz der unterschiedlichen Bewertungskriterien, aber auch aufgrund subjektiver Einschätzungen eine Bewertung von Technik zu unterschiedlichen Ergebnissen und zu gesellschaftlichen Konfliktsituationen führen kann.

Die Behandlung des überaus komplexen Bereiches der Technikbewertung kann an allgemeinbildenden Schulen nicht nur aus der Perspektive *eines* Unterrichtsfaches erfolgen, sondern scheint nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit bewältigt werden zu können, d.h. indem sie Eingang in die unterschiedlichen Lernfelder und Fächer findet und dort zum Unterrichtsgegenstand erhoben wird.

Ein Technikunterricht kann *schwerpunktmäßig* nur technikspezifische Kriterien thematisieren und berücksichtigen. Schon allein aufgrund des Umfangs eines Themenkreises scheint es erforderlich, den Blick nicht auf alle Aspekte des Unterrichtsgegenstandes zu lenken, sondern den Schwerpunkt auf Kernaspekte auszurichten.¹

Sollen umfangreichere Bewertungen vorgenommen werden, d.h. unter Berücksichtigung einer vielschichtigen Betrachtung der unterschiedlichsten Wirkungsdimensionen der Technik, so ist dies nur in kooperativer Zusammenarbeit der verschiedenen Unterrichtsfächer sowie im fächerübergreifenden Projektunterricht leistbar. Das setzt allerdings ein kooperatives und interdisziplinäres Zusammenarbeiten der beteiligten Lehrkräfte voraus.

Ältere Untersuchungen² zur Behandlung von Umweltaspekten zeigen exemplarisch, dass die fächerübergreifende Kooperation der Lehrkräfte eher die Ausnahme darstellt und Defizite hinsichtlich eines schulischen Gesamtkonzeptes bestehen. Auch heute noch scheint die fächerübergreifende Kooperation von Lehrkräften eher die Ausnahme in der gängigen Schulpraxis zu sein.

Als Ursachen, die einer fächerübergreifenden Arbeit im Bereich der Umwelterziehung entgegenstehen, werden in älteren Untersuchungen zur Umweltproblematik Rahmenbedingungen bzw. Zwänge des Schulsystems

¹ Siehe auch HENSELER, K; HÖPKEN, G. 1996, S. 110; SACHS, C. 1992, S. 13

² Vgl. BOLSCO 1993, S. 14; EULEFELD, BOLSCO, SEYBOLD 1988 und 1991; EULEFELD u.a. 1993, S. 71; HÜBNER, M. 1993, S. 16; STIPPROWEIT 1993, S. 280

angeführt. Zu nennen sind: „Stofffülle der Lehrpläne, geringer zeitlicher Spielraum, Zeiteinteilung durch den Stundenplan, Aufsichtspflicht und das Fachlehrerprinzip.“¹ So ist festzustellen, daß eine fächerübergreifende Umwelterziehung zwar als wichtig erkannt und auch praktiziert wird, eine fächerübergreifende Kooperation einzelner Lehrer jedoch insgesamt eher noch zur Ausnahme zählt.²

Um die Zielsetzungen einer allgemein technischen Bildung (Technikunterricht) umsetzen zu können, ist eine ausreichende Qualifikation der Lehrer, aber auch die Gleichberechtigung des Unterrichtsfaches Technik gegenüber den anderen Fächern des Bildungskanons unumgänglich. Sowohl die Anzahl der zu unterrichtenden Schulstunden als auch eine ausreichende personelle und materielle Ausstattung der Schule müssen gewährleistet sein. Das scheint jedoch in einer Zeit, die durch finanzielle Kürzungen geprägt ist, schwer einzulösen.³

Auch innerhalb der universitären Einrichtungen, in denen es um eine qualifizierte Lehrerausbildung gehen muß, und in der theoretische und praktische Anteile enthalten sein müssen, sind ausreichende Haushaltsmittel zur Verfügung zu stellen, um eine adäquate Lehrerausbildung zu gewährleisten.

Innerhalb dieser Ausbildungseinrichtung ist eine verstärkte Kooperation der unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen erforderlich, sollen einzelne Fragestellungen hinsichtlich einer Technikbewertung nicht einseitig aus der Perspektive einer Fachwissenschaft erfolgen. Technikbewertung wird in diesem Zusammenhang zum Erfordernis der Wissenschafts- und Hochschuldidaktik. Wichtig erscheint auch, innerhalb der universitären Lehrerausbildung, Kooperationsvorhaben mit außeruniversitären Gruppen und Einrichtungen zu ermöglichen, um spezielle Fragestellungen bezüglich einer bestimmten Bewertung von Technik in angemessener Weise bearbeiten zu können.

An den oben angeführten Ausführungen wird deutlich, daß es zwingend notwendig ist, Lehrer der Fachrichtung Technik als Fachlehrer einzustellen. Darüberhinaus ist eine immer weiter voranschreitende Zusatzqualifikation aufgrund der sich schnell entwickelnden Technik erstrebenswert. Ebenso erscheint es sinnvoll, daß Lehrerfortbildungsmaßnahmen im universitären Rahmen durch das Fach Technik stattfinden, an denen Fachlehrer aus den unterschiedlichen Disziplinen teilnehmen sollten.

¹ EULEFELD u.a. 1988; S. 165; vgl. auch BOLSCO 1993, S. 14

² Vgl. BOLSCO 1993, S. 14; vgl. EULEFELD u.a. 1993, S. 50ff.

³ Zur Situation der Unterrichts- und Einstellungspraxis im Fach Technik an allgemeinbildenden Schulen und Hochschulen in Niedersachsen siehe HENSELER, K. 1996, S. 153ff.

12. Die Berücksichtigung unterschiedlicher Wirkungsdimensionen der Technik in didaktischen Veröffentlichungen

In ihrem Buch „*Methodik des Technikunterrichts*“ weisen HENSELER und HÖPKEN darauf hin, daß mit Ausnahme des *Lehrgangs* „alle Unterrichtsverfahren eine mehr oder weniger starke Einordnung und Bewertung der Aufgabe innewohnenden technischen Inhalte“¹ ermöglichen. Im Rahmen des Technikunterrichts scheint also die Bewertung von Technik nichts Neues darzustellen. Es besteht jedoch der Verdacht, daß in der Schulrealität eher die Bewertungskriterien der naturwissenschaftlichen und technischen Dimension eine Berücksichtigung finden und andere wie z.B. die soziale, ethische Dimension vernachlässigt werden.

Anhand von Aufsatzveröffentlichungen in Fachzeitschriften der Naturwissenschafts- und Technikdidaktik soll ermittelt werden, ob sich Indizien für die oben genannte Vermutung finden lassen. Dazu wird aus dem breiten Spektrum der Technik die *Energiethematik* herausgegriffen, und die Aufsätze werden dahingehend analysiert, welche unterschiedlichen Wirkungsdimensionen im einzelnen angesprochen werden. Neben den Aufsätzen, die sich der Energiethematik widmen, werden auch solche Artikel durchgesehen, die sich ausdrücklich mit der Thematik der Technikfolgenabschätzung bzw. der Technikbewertung beschäftigen.

Neben anderen existentiell wichtigen Problemfeldern, wie z.B. der Gentechnologie, den Kommunikationstechnologien u.a.m., scheint insbesondere die Energiethematik geeignet zu sein, gesellschaftspolitische, wirtschaftliche u.a. Fragestellungen anzusprechen.

12.1 Vorgehensweise der Untersuchung

Als Untersuchungsraaster dienen die den einzelnen Dimensionen zugeordneten Kriterien, wie sie im 6. Kapitel aufgeführt wurden.

Bei der Durchsicht und Auflistung der Aufsätze wurde folgendermaßen verfahren:

- Die Beiträge wurden in der Reihenfolge ihres Erscheinungsjahres aufgeführt.
- Neben der Nennung des Verfassers und des Titels sind sowohl die Inhalte stichwortartig aufgeführt als auch die in den Aufsätzen berücksichtigten Dimensionen gekennzeichnet. Dimensionen, die in den jeweiligen Veröffentlichungen eine Berücksichtigung erfahren, wurden in der Auswertung mit einem Kreuz (+) unter der betreffenden Dimension versehen. Beiträge, die Hinweise auf eine erforderliche Berücksichtigung einzelner Dimensionen liefern, jedoch auf diese Dimensionen nicht näher eingehen, wurden in der Auswertung mit einem Kreis (0) versehen.

¹ HENSELER, K; HÖPKEN, G. 1996; S. 58

- Jede Veröffentlichung kann entsprechend ihrer Herkunft der Naturwissenschaftsdidaktik (Nat.) sowie der Technikdidaktik (Tec.) zugeordnet werden. Aufschluß über die Herkunft der Veröffentlichungen gibt die letzte Spalte der Auswertung. Sowohl die Literaturangabe mit der Benennung der Zeitschrift als auch die Heftnummer und die Seitenzahl sind aufgeführt.
- Insgesamt wurden 231 Aufsätze durchgesehen, davon 130 aus dem Bereich der Technikdidaktik und 101 aus dem Bereich der Didaktik der Naturwissenschaften. Innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik sind die Zeitschriften „Naturwissenschaften im Unterricht“, aus dem Bereich der Technik und Arbeitslehre sämtliche Fachzeitschriften in Augenschein genommen worden. Für die untersuchten Zeitschriftenveröffentlichungen wurden in den Auswertungstabellen folgende Abkürzungen verwendet:¹

a+l	=	Die Arbeitslehre arbeiten + lernen
a+l Tec	=	Technik arbeiten + lernen
a+l Wi	=	Wirtschaft arbeiten + lernen
A u. T	=	Arbeit und Technik in der Schule
TU	=	Zeitschrift für Technik im Unterricht
U-A u.T	=	Unterricht - Arbeit + Technik
NiU	=	Naturwissenschaften im Unterricht Physik / Chemie
NiU-Ph	=	Naturwissenschaften im Unterricht Physik
NiU-Ch	=	Naturwissenschaften im Unterricht Chemie

- Desweiteren sind in der Auswertung zwei Spalten aufgeführt, die aufzeigen, ob es sich bei der Veröffentlichung um einen theoretischen Beitrag oder um einen mit praktisch / methodischen Unterrichtshinweisen handelt.

12.2 Untersuchungsergebnisse

Bei der Durchsicht der Fachzeitschriften ist festzustellen, daß sich sowohl die Naturwissenschaftsdidaktik als auch die Technikdidaktik mit der „Energiethematik“ auseinandersetzen (siehe Auswertungstabellen und Abbildung 46 im Anhang).²

Die Thematik „Energie“ wird in den Fachzeitschriften der Technikdidaktik angesprochen, allerdings nur in bestimmten Themenheften und nicht durchgängig

¹ Die Zeitschrift „arbeit + lernen - Die Arbeitslehre“ spaltete sich ab 1991 in die Zeitschriften „arbeit + lernen - Technik“ und „arbeiten + lernen - Wirtschaft“, die jeweils vierteljährlich erscheinen. Seit Beginn des Jahres 1999 erscheinen die Zeitschriften „Arbeit und Technik in der Schule“ und „arbeiten + lernen / Technik“ gemeinsam. Der neue Titel dieser beiden Zeitschriften lautet: „Unterricht - Arbeit + Technik“. In dieser Zeitschrift sind in der Regel zu den einzelnen Themen auch Schülerarbeitsblätter vorhanden, die Sachinformationen und Arbeitsaufträge enthalten.

² Die Literaturangaben zu den Artikeln der Fachzeitschriften befinden sich nicht im Literaturverzeichnis des Anhang, sondern sind in den Auswertungstabellen zu finden.

in jedem Heft eines Jahrganges. So finden sich beispielsweise in der Zeitschrift „arbeiten+lernen“, in:

- Heft 4 (1980) 7 Aufsätze,
- Heft 29 (1983) 10 Aufsätze,
- Heft 7 (1992) 7 Aufsätze,
- Heft 9 (1993) 3 Aufsätze,
- Heft 24 (1996) 8 Aufsätze und in
- Heft 27 (1997) 7 Aufsätze zur Thematik.

Für den Zeitraum von 1984-1992 sind in den einzelnen Heften der Technikdidaktik kaum Aufsätze zu dieser Thematik zu finden (*siehe im Anhang Abb.46*). In den Fachzeitschriften der Naturwissenschaftsdidaktik ist in diesen Jahrgängen hingegen ein etwas ausgeglicheneres Bild festzustellen.

Der Zusammenhang zwischen Energieumwandlungsprozessen und ökologischen Fragestellungen wird zwar in den einzelnen Themenheften der Technikdidaktik aufgegriffen, jedoch sind diese in der Regel viel zu knapp und allgemein abgehandelt. Ähnlich verhält es sich bei der Berücksichtigung der gesellschaftlich/kulturellen Dimension. Es wird zwar vereinzelt die historische Betrachtung (z.B. von Wind- und Wasserkraft bis zur Kaplanturbine) aufgegriffen, die Auswirkungen auf das gesellschaftliche Gefüge bzw. die sozialen Implikationen erfahren jedoch eine marginale Rolle.

Ferner ist im Rahmen der Analyse festzustellen, daß andere Aspekte, z.B. der politischen und ethischen Dimension, in den Aufsätzen äußerst knapp aufgezeigt werden bzw. gänzlich fehlen. In der Regel sind lediglich einige Randbemerkungen vorhanden. Eine Bewertung von Technik (z.B. von Energieumwandlungssystemen) unter Berücksichtigung einzelner Dimensionen fehlt im allgemeinen.

Vereinzelt wird in den Aufsätzen der Fachzeitschriften der Technikdidaktik¹ aber auch der Naturwissenschaftsdidaktik², die sich mit der Energiethematik beschäftigen, darauf hingewiesen, daß das Thema unter ökonomischen, ökologischen und politischen Aspekten zu thematisieren und zu vermitteln ist und sich beispielsweise der Technikunterricht nicht nur auf die Gesichtspunkte wie z.B. Konstruktion bzw. Funktion beschränken darf. In der Regel bleibt es dann aber auch bei diesen Hinweisen. Als Fazit gilt, daß in den Zeitschriften der Naturwissenschaftsdidaktik einzelne Dimensionen (z.B. ökologische, ökonomische Aspekte) als Begründung für die unterrichtliche Behandlung des Themas angesprochen werden, jedoch im Rahmen der konkreten Unterrichtsdurchführung nicht thematisiert werden.

Einige Artikel der Zeitschrift *arbeiten + lernen / Technik* (Heft 17 /1995) mit dem Titel „Umwelt schonen, Technik gestalten“ haben ökologische Aspekte zum

¹ SACHS, C. 1992; SPITZLEY, H. 1996

² BÜTTNER, M. 1988

Gegenstand. In diesen Artikeln werden z.B. die Ökobilanz, Produktlinienanalyse und die umweltverträgliche Gestaltung von Verpackungen angesprochen.

In der aktuelleren Zeitschrift *Unterricht - Arbeit + Technik* aus dem Jahre 2000 mit dem Titel „Regenerative Energie Wasserkraft“ werden zum Teil Wasserkraftanlagen im sozioökonomischen Kontext betrachtet, um die Bedeutung der Wasserkraft für die regionale und globale Energieversorgung kennenzulernen und deren Technikfolgen abzuschätzen. In einigen Beiträgen des Themenheftes „Licht und Beleuchtung“ der Zeitschrift *arbeiten+ lernen Technik* (Heft 27 1997) werden ästhetische und sozialökonomische Aspekte verstärkt aufgegriffen.

Einige wenige Artikel neueren Datums haben auch konkrete Technikbewertungen zum Gegenstand. So ist beispielsweise eine Bewertung von Technik mit Schülergebnissen in dem Artikel von Czech, O.; Sturm, H (Heft 12 /2000 *Unterricht - Arbeit + Technik*) mit dem Titel „ Mobilität -um welchen Preis?“ enthalten. In demselben Heft werden von Chudoba, C. Technikfolgen im Rahmen einer Pro- und Kontra- Debatte mit dem Thema „Kraftstoffe für den Individualverkehr der Zukunft“ behandelt. Leider hat man in diesem Aufsatz jedoch keine konkreten Schülerergebnisse präsentiert.

Einige Verfasser von Aufsätzen der Fachzeitschriften der Technikdidaktik haben sich konkret mit der fachwissenschaftlichen Seite der Thematik der Technikfolgenabschätzung bzw. der Technikbewertung auseinandergesetzt und implizit die Notwendigkeit der Bewertung von Technik als Bestandteil der allgemeinen technischen Bildung herausgestellt.¹

Bei der Analyse der Fachzeitschriften für Technikdidaktiken nach *Themenschwerpunkten* ist festzustellen, daß verstärkt die Themen *Sonnenenergie* (Sonnenkollektoren, Solarzellen) und *Windenergie* behandelt wurden. Bei diesen Themen werden in der Regel nach einer allgemeinen Einführung (physikalisch-technische Grundlagen) praktisch-methodische Hinweise für den konkreten Unterricht, d.h. für den Modellbau von Sonnenkollektoranlagen oder Windkraftanlagen, gegeben. An diesen Beispielen wird dem Schüler verdeutlicht, welche physikalischen und technischen Möglichkeiten der Energieumwandlung bereits zur Verfügung stehen und somit eine Ergänzung zu den traditionellen Energieumwandlungssystemen (z.B. Kohlekraftwerke, Wasserkraftwerke) darstellen.

Kaum bzw. gar nicht thematisiert werden in den Aufsätzen die Technikfolgen, die sich möglicherweise durch den Einsatz von Windkraftanlagen ergeben können.

Wärme- und Wasserkraftwerke werden zwar auch behandelt, jedoch handelt es sich in der Regel um kurze Abhandlungen. Der *Modellbau von Dampfkraftanlagen* wird in den Veröffentlichungen der Technikdidaktik verstärkt thematisiert, und Vorschläge für praktische Schülertätigkeiten werden unterbreitet. Einige dieser Vorschläge scheinen jedoch für den Unterrichtsalltag unbrauchbar

¹ DUISMANN, G. / SELLIN, H. 1991; HENSELER, K.; HÖPKEN, G. 1993 TRAEBERT, W.E. 1991; KOSACK, W. 1997; HARTMANN, E. 2002

zu sein. Der veranschlagte bzw. benötigte Zeitumfang für den Bau eines Modells ist viel zu hoch angesetzt, schaut man auf den zu erwartenden Nutzen. Das bedeutet: aus didaktischer Sicht liefern einige Vorschläge dem Schüler ein völlig falsches Bild von dem realen Betrieb einer Wärmekraftanlage bzw. dem technischen Prozeß der Energieumwandlung¹, und sie entsprechen keineswegs den Sicherheitsanforderungen eines verantwortungsbewußten Technikunterrichts.

Folgende Schwachpunkte hinsichtlich des Modellbaus von Dampfkraftanlagen können aufgezeigt werden:

- Die Modellturbinen (Turbinenschaufeln) stellen ein einfaches offenes Propellersystem dar. In der Realität (*siehe Abb. 31*) besteht jedoch eine Dampfkraftturbine aus mehreren (auf einer Welle versehen) hintereinander angeordneten Turbinenschaufeln. Durch alle Schaufeln strömt nacheinander die gleiche Gewichtsmenge Dampf. Da mit dem schrittweisen Abbau des anfänglich hohen Dampfdrucks das Dampfvolument mehr und mehr zunimmt, werden bei einer realen Dampfturbine die Durchschnittsquerschnitte an den Schaufeln der einzelnen hintereinander angeordneten Laufräder (Turbinenschaufeln) immer größer.

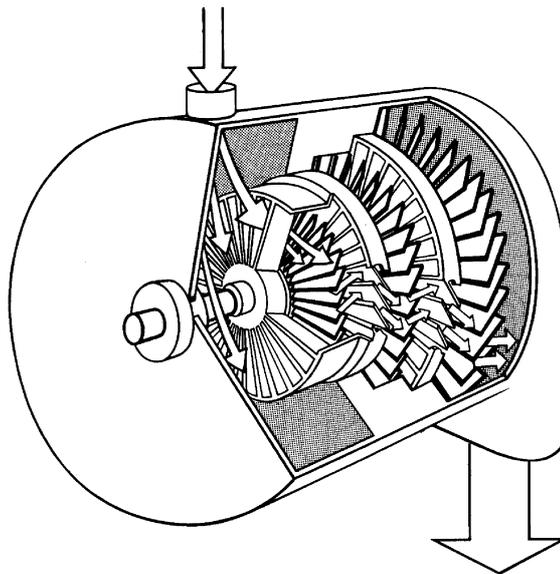


Abb.31 Schema einer Turbine

- Ein Teil der Emissionen, die bei einem realen Prozeß der Energieumwandlung z.B. beim Verbrennen der zerkleinerten Kohle entstehen, gelangen über einen Schornstein, nachdem sie eine Filteranlage durchströmt haben, in die Umwelt. Einige Autoren haben am Modell gar

¹ Beispiele solcher Veröffentlichungen sind: KLEINSCHMIDT, B. 1982; HELLER, R. 1982; CLEVER, M; KIEFER, R. 1990

kein Abzugssystem der Emissionen vorgesehen und befeuern den Dampfkessel der Modellanlage mit Hartspiritustabletten¹ (ESBIT) oder flüssigem Brennspritus², während andere einen Gasbrenner³ zur Hilfe nehmen. Eine Ausnahme stellt der Aufsatz von GLEITZ dar, der eine Modellfeuerungsanlage vorstellt, die er mit Holzkohle beschickt und somit der Realität näher kommt.⁴

- Ebenso ist die Möglichkeit der kontinuierlichen Beschickung der Modelle mit Speisewasser und Frischluft nicht vorhanden.
- Als erheblich bedenklich muß (aufgrund mangelnder Sicherheit) das von HELLER vorgestellte „Dampfturbinenmodell“, das aus einer „Milchdose“ hergestellt wird, an der ein Dampfleitungsrohr gelötet wird, eingestuft werden. Der nicht zu regulierende ausströmende Wasserdampf, der auf die einfache „Freistrahlturbine“ strömt, stellt eine erhebliche Gefahrenquelle dar. Angesichts des sich entwickelnden hohen Drucks innerhalb der „Milchdose“ und der möglichen Verletzungsgefahr scheint selbst mit montiertem „Sicherheitsventil“ (Fahrradventil) der Betrieb dieses Modells als zu bedenklich (siehe Abb. 32).⁵

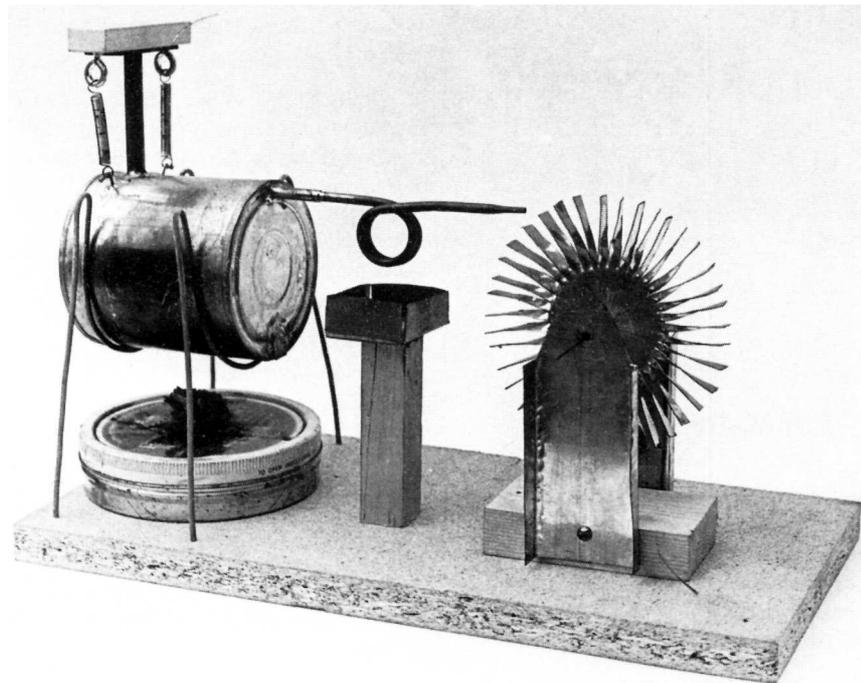


Abb.32 Dampfturbinenmodell nach HELLER

¹ CLEVER, M.; KIEFER, R. (1990): tu Heft 56, S. 16

² HELLER, R 1982 S23 und S. 33

³ KLEINSCHMIDT, B. (1982), tu Heft 24, S. 31

⁴ GLEITZ, W. (1991): tu Heft 62 und 63

⁵ Ein etwas „besseres“ Sicherheitsventil stellen CLEVER, M.; KIEFER, R. (1990) für ihren Modelldampfkessel vor. Für GLEITZ, W. (1991) stellt dieser „Sicherheitsvorschlag“ eine „Scheinsicherheit“ dar. Er stellt einen Durchlaufkessel, der als druckloses System arbeitet, vor.

- Erstaunlich ist, daß als Bauanleitung einer Modelldampfkraftanlage nur der „ältere Fachzeitschriftenaufsatz“ von HELLER in den Veröffentlichungen „Unterrichtsmaterialien zum Thema Energie Sekundarstufe I“ des „Arbeitskreis Schulinformationen Energie“, dessen Herausgeber die „Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V.“ (IZE) ist, herangezogen wurde; zumal das dargestellte Modell aus didaktischer Sicht eine falsche Vorstellung hinsichtlich des technischen Prozesses der Energieumwandlung vermittelt.
- Positiv hervorzuheben ist, daß HELLER im Rahmen seiner Unterrichtseinheit die Erkundung eines Kohlekraftwerkes einfließen läßt, so daß die Schüler eine Vorstellung von der Dimension eines Kohlekraftwerkes erhalten. Auch wenn der Kessel, die Turbine und der Generator in einem Kraftwerk hinter den Gehäusen verdeckt bleiben, so kann doch vorab durch Anschauungsmaterial (Diaserie, Prospekte) ein Bild von der Konstruktion der Anlage vermittelt werden.

Die Fachzeitschriften der Technikdidaktik und Naturwissenschaftsdidaktik haben sich bisher kaum mit der Konstruktion und Funktion einer *Modellbiogasanlage* beschäftigt, denn lediglich ein Aufsatz aus dem Jahre 1983 liefert Vorschläge für den Bau einer solchen Anlage. Biogasanlagen werden nur kurz im Rahmen von alternativen Technologien erwähnt.

Die Thematik der *Kernenergie* wird ebenfalls in ein paar Zeilen abgehandelt, was vermutlich damit zusammenhängen mag, daß dieser Themenkomplex wenig „praktische“ Schülertätigkeiten zuläßt, abgesehen von der Möglichkeit des Zusammentragens von Bild- und Textmaterialien. Im Gegensatz zur Technikdidaktik werden in den Zeitschriften der Naturwissenschaftsdidaktik vereinzelt Vorschläge für mögliche Projekte zur „Kernenergie“ unterbreitet. Den Schwerpunkt in den Aufsätzen der Physikdidaktik bildet jedoch die Behandlung der Atom- und Kernphysik. Die anthropogenen (z.B. Strahlenschutz), geschichtlichen, politischen, ökonomischen Aspekte fehlen in der Regel.

Weiterhin ist festzustellen, daß sich die Verfasser der Technikdidaktikaufsätze zwar mit der Energiethematik auseinandersetzen, jedoch die *Energievorstellungen beim Kind* kaum thematisiert werden.¹ Einige Aufsätze aus der Naturwissenschaftsdidaktik weisen hingegen darauf hin, daß Schüler über recht diffuse Vorstellungen, was die Energie betrifft, verfügen; selbst dann, wenn das Prinzip von der Erhaltung der Energie Unterrichtsgegenstand war. Das bedeutet, dem Physikunterricht scheint es nur in sehr eingeschränktem Maße zu gelingen, Aspekte der Energieumwandlung und Energieerhaltung zu vermitteln, da sie scheinbar den Erhaltungsaspekt der Energie einseitig betont.

Mit anderen Worten: Der Physikunterricht vermittelt nach dem Energieerhaltungssatz, daß Energie erhalten bleibt, also weder erzeugt noch vernichtet wird. Die Schüler geraten insofern in einen Konflikt, als daß sie sowohl

¹ Eine Ausnahme stellt der Aufsatz von LERCH (1995, S. 26f.) dar, in dem kurz auf das Schülerproblem bezüglich des Begriffes Energie eingegangen wird.

im Alltag als auch in der Schule innerhalb der Thematik „Energiesparen“ mit den Begriffen des „Energieverbrauchs“ und der „Energieerzeugung“ konfrontiert werden. Bei der Aufforderung, man solle den „Energieverbrauch“ einschränken, muß der Schüler stutzen, da doch physikalisch gesehen die Energie erhalten bleibt und gar nicht verbraucht wird. Als Konsequenz für den Technikunterricht muß sich daraus ergeben, mit den Schülern zu erarbeiten, daß Verbrauch nicht mit Vernichtung gleichgesetzt werden darf, sondern es sich beim Verbrauch um eine Art Wertverlust handelt. So wird Energie nicht vernichtet, sondern bei der Energieumwandlung erfolgt eine teilweise Entwertung der Energie, d.h. sie wird in minderwertige Energie umgewandelt.

Einige Technikdidaktiker und Naturwissenschaftsdidaktiker haben sich mit der Thematik *Wärmepumpe* auseinandergesetzt. Die meisten Verfasser zeigen lediglich die Funktionsweise und die technisch-physikalischen Grundlagen auf und geben Vorschläge bzw. Anregungen zum Bau eines Modells (z.B. Umbau eines Kühlschranks). Lediglich wenige Autoren weisen¹, ohne jedoch explizit eine Technikbewertung vorzunehmen, darauf hin, daß in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe auch die Energiebilanz eines Kraftwerkes berücksichtigt werden muß. Es scheint offensichtlich bei der Betrachtung der Gesamtbilanz bzw. Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe weitgehend vernachlässigt zu werden, daß bei den Kraftwerken der Elektrizitätserzeugung lediglich 1/3 der verwendeten Primärenergie in Nutzenergie umgewandelt wird, d.h. 2/3 der Energie in Form von ungenutzter Abwärme „verloren“ geht, die die Umwelt zusätzlich belastet. Die Effizienz der Pumpe wird offenbar nur nach dem Kriterium beurteilt, inwieweit Kosten für den Abnehmer anfallen.

Bei der Bewertung einer Wärmepumpe muß berücksichtigt werden, daß eine strombetriebene Wärmepumpe nicht nur 1 kWh aus dem Stromnetz aufnimmt und dann ca. 3 kWh Wärme erzeugt, sondern daß zur Erzeugung dieser 1 kWh ein Kraftwerk die dreifache Energiemenge benötigt. Daraus ergibt sich eine Verhältnis von 1:1. Da also die Energieverluste bei der Stromproduktion in einem Kraftwerk so hoch sind, ist es einsichtig, die in einem Kraftwerk erzeugte elektrische Energie nicht für den Betrieb einer Wärmepumpe zu verwenden. Alternativ könnte zum Heizen des Hauses insofern auch die Gasheizung wie bisher verwendet werden, da beim Gasbrenner nur ca. 35 % der eingesetzten Energie „verloren“ geht, also ca.65% in Form von Wärme nutzbar ist.

Im Sinne einer Technikbewertung dürfen die „konkurrierenden“ Technologien nicht außer acht gelassen werden. In diesem Sinne sind auch *diesel-* bzw. *gasbetriebene Wärmepumpen* und Aspekte der Gesamtwirtschaftlichkeit im Technikunterricht zu erarbeiten.

Da eine gasbetriebene Wärmepumpe beispielsweise mehr Wärmeenergie erzeugt, als für die Antriebsenergie aufgewendet wird, scheint ihr Einsatz sinnvoller als der einer Gasheizung. Bei der Verwendung von Diesel oder Gas für den Betrieb einer

¹ HEITMANN, W. 1980, S. 36ff.; BOHNENKAMP, D.1981, S. 298ff.

Wärmepumpe treten zwar auch „Wärmeverluste“ auf, jedoch könnte diese Abwärme zusätzlich zum Heizen des Hauses verwendet werden.

Eine weitere Option zum Betreiben einer Wärmepumpe besteht in der Nutzung von Sonnenenergie.

Im Bereich der Thematik *Energiesparen* werden desweiteren verstärkt Wärmedämmmaßnahmen (Verwendung unterschiedlicher Dämmstoffe) am Beispiel eines Modellhauses in Angriff genommen. Einige Aufsätze beschäftigen sich sogar mit der „rechnergestützten Ermittlung des k-Wertes“.¹

12.3 Weiterführende Gedanken zum Themenbereich Energie und Aspekte für die Technikbewertung

In einigen Fachzeitschriften werden sogenannte *Energie-Äquivalenztabelle*n aufgeführt, die dienlich sein sollen, Vorstellungsschwierigkeiten beim Lernenden hinsichtlich des Energiegehaltes von Energieträgern zu überwinden. Dazu werden verschiedene Energieumsätze durch Beispiele veranschaulicht, wie:²

- Die Benzinmenge, die einen PKW ganze 3 km voranbringt, ist dem Tagesbedarf eines Menschen an Nahrungsmitteln äquivalent.
- Beim Treppensteigen zum 5. Stock wird ebensoviel potentielle Energie gewonnen, wie ein beheiztes Einfamilienhaus im Winter in einer Sekunde als Wärmeverlust abgibt.
- Um die Maßeinheit Joule (J) für die Energiemenge zu veranschaulichen, werden in den Unterrichtsmaterialien des „Arbeitskreis Schulinformation Energie“ Beispiele angeführt wie:³
 - 0,8 MJ = Energiemenge, die ein Bergsteiger zusätzlich braucht, um 1000 Meter Höhenunterschied zu überwinden.
 - 1,0 MJ = Energiemenge, die der Mensch für zwei Stunden zum Leben benötigt.

Inwieweit die oben aufgeführten Beispiele behilflich sind, ist fragwürdig, da es sich eher um den Vergleich von „Äpfeln mit Birnen“ handelt. Das bedeutet, auch wenn es sich in den aufgeführten Beispielen um dieselben Energiebeträge handelt, so sind sie doch unterschiedlich nutzbar. So ist zwar die Benzinmenge, die ein PKW ganze 3 km voranbringt, dem Tagesbedarf eines Menschen an Nahrungsmitteln äquivalent, jedoch ist die Benzinmenge dem Menschen als Nahrungsmittel nicht verfügbar und umgekehrt ist die Nahrungsmittelmenge nicht für den Betrieb eines Autos nutzbar.

¹ LAABS, H.J. 1996

² BROCKT, M. 1982, S. 128

³ Arbeitskreis Schulinformation Energie 1996, Heft 1, S. 9; SEIDEL, J. 1992, S. 7

Sinnvoller dagegen erscheint es, den unterschiedlichen Energieträgern mit ihrer Maßzahl die entsprechenden Energiegehalte¹ zuzuordnen, um dann im weiteren Schritt Vergleiche zwischen den Energieträgern bezüglich ihres Energiegehaltes zu ziehen. Die beiden folgenden Auflistungen (a) und (b) sollen diesen Sachverhalt verdeutlichen. Die sich daran anschließende Auflistung (c) gibt Beispiele für eine positive Veranschaulichung von Energieumsätzen wieder.

(a) Energiegehalte unterschiedlicher Energieträger:

1 kg Braunkohle	= 9,0 MJ
1 kg Holz	= 14,7 MJ
1 kg Steinkohle	= 29,3 MJ
1 kg Rohöl	= 42,6 MJ
1 kg Kernbrennstoff	= 2.461.838.4 MJ
1 kg Benzin	= 43,5 MJ
1 m ³ Erdgas	= 31,7 MJ
Zum Vergleich: 1 kwh Strom	= 3,6 MJ

(b) Vergleich der Energieträger hinsichtlich Energiegehalt:

- Der Energiegehalt einer Tonne *Steinkohle* entspricht ca. dem Energiegehalt von 0,7 Tonnen *Rohöl*.
- Der Energiegehalt von 1000 Kubikmeter *Erdgas* entspricht ca. dem Energiegehalt von 3,5 Tonnen *Braunkohle*.
- Der Energiegehalt einer Tonne *Steinkohle* entspricht ca. dem Energiegehalt von 3,3 Tonnen *Braunkohle*.

(c) Veranschaulichung von Energieumsätzen:²

1 kJ	Energiemenge, die in etwa benötigt wird, um 1 Liter Wasser um 0,2° C zu erwärmen.
22,6 MJ	Energiemenge, die benötigt wird, um 1 Liter kochendes Wasser zu verdampfen.
250 MJ	Energiemenge, die ein Mittelklassewagen ungefähr benötigt, um 100 km auf der Autobahn zurückzulegen.
7000 MJ	Energiemenge, die ein D-Zug für die Strecke von 100 km benötigt.
9800 MJ	Energiemenge, die ein ICE bei einer Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h auf 100 km ebener Strecke benötigt.

¹ Die Energiemenge, die aus einem Energieträger nutzbar gemacht werden kann, wird als Energiegehalt bezeichnet.

² Vgl. RWE 1991, S. 17

Die Zuordnung der Energieträger hinsichtlich ihrer Energiegehalte, aber auch die Energieäquivalenzen gestatten keineswegs, Bewertungen eines Energieumwandlungssystems vorzunehmen, wie es teilweise in der älteren Literatur der Kernkraftwerk bauenden oder befürwortenden Industrie, die ausreichend Informations- und Anschauungsmaterial zum Themenkreis Energie zur Verfügung stellt, suggeriert wird. Die Feststellung des Deutschen Atomforums e.V., daß in einem Kilogramm spaltbaren Uran-235 „das zwei- bis dreimillionenfache Energieäquivalent von Öl bzw. Kohle enthalten ist“¹, ist zwar vom energetischen Gesichtspunkt aus korrekt, es wird aber in den Ausführungen nicht darauf hingewiesen, daß aufgrund dieser Feststellung keineswegs Bewertungen hinsichtlich des Energieumwandlungssystems Atomkraftwerk getroffen werden sollten.

Sollen Bewertungen unterschiedlicher Energieumwandlungssysteme (Windkraft- und Solaranlagen, Kohlekraftwerk, Atomkraftwerk) vorgenommen werden, dann ist es erforderlich, unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen:

- Gefahrenpotential bei Betrieb des technischen Systems
- Verfügbarkeit der Ressourcen
Beispielsweise gelten im Gegensatz zu den erschöpflichen Energiequellen, wie z.B. Kohle, Uran, Thorium und Erdgas, die regenerativen Energien, wie z.B. Sonnenenergie, als unerschöpflich.
- Aufwand, um die Energieträger aus dem Erdreich zu fördern, zu reinigen und zu verarbeiten (z.B. Uran zu Brennstäben)
- Kosten der Endlagerung von Abfallprodukten (z.B. Rußfilter, radioaktive Stoffe)
- Energieaufwand zur Erbauung des Energieumwandlungssystems sowie laufende Kosten (z.B. Wartungskosten, Betriebskosten, Personalkosten) des Systems, Demontagekosten des Systems
- Umweltfreundlichkeit bzw. hervorgerufene Umweltbelastungen durch das Energieumwandlungssystem
- gesellschaftliche Wünschbarkeit
- Jahresleistung des Energieumwandlungssystems
- Vergleich der Wirkungsgrade der Energieumwandlungssysteme
- Aufgabenbereiche der Energieumwandlungssysteme hinsichtlich ihres Einsatzes (Grundlast-, Mittellast-, Spitzenlastkraftwerke)

Ebenso wie der Energiegehalt einer bestimmten Menge eines Energieträger als alleiniger quantitativer Maßstab zur Bewertung eines Energieumwandlungssystems nicht herangezogen werden sollte, dürfen auch die oben angesprochenen Aspekte nicht allein zur Bewertung benannt werden.

¹ Deutsches Atomforum e.V. 1995, S. 17f.

So wird beispielsweise der *Wirkungsgrade* η in der Energiedebatte oftmals als Legitimation eines bestimmten Energieumwandlungssystems angeführt, jedoch sind in dieser Begrifflichkeit entscheidende Aspekte, wie sie oben aufgelistet sind, nicht enthalten. Der Laie, der oftmals nicht über das Wissen verfügt, was sich hinter den einzelnen Termini (z.B. Wirkungsgrad, Kilowattstunde, SKE, Megawatt, Grundlastkraftwerk, TWa/a) verbirgt, scheint den Argumenten des „Wissenden“ hilflos ausgeliefert. Soll der Schüler befähigt werden, an Diskussionen zu Energie-Themen aktiv teilzunehmen und soll er nicht die Position eines „Außenseiters“ einnehmen, so ist es für ihn erforderlich zu wissen, was sich hinter den einzelnen Begriffen verbirgt.¹

¹ Zu den einzelnen Begriffen siehe: Zeitschrift arbeiten und lernen Heft 4, 1980 (ohne Verf.); RWE 1991 und 1995; ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE 1996.

13. Überlegungen zu einem fachdidaktischen Konzept zum Themenkreis Energie

13.1 Die Thematik Energie und ihre Bedeutung für die allgemeinbildende Schule

Die Bedeutung der Energiethematik für den Technikunterricht kann wohl kaum angezweifelt werden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden im folgenden einige Gründe für die Notwendigkeit der Behandlung dieser Thematik angesprochen.

13.1.1 Fachbegriffe und Diskussionen zum Themenkreis Energie

Ein wichtiger Grund, sich mit der Energiethematik auseinanderzusetzen ist, daß wir nahezu täglich mit regionalen, nationalen oder globalen Energiefragen konfrontiert werden. Einseitige und oftmals widersprüchliche Informationen aus den Medien sind nicht die Seltenheit, so daß das Wissen der Schüler als recht diffus eingestuft werden kann.

Die einzelnen Energieumwandlungssysteme mit ihren möglichen Folgen, z.B. für die Gesellschaft und die Umwelt, werden kontrovers diskutiert. Fachbegriffe, die teilweise den Technikwissenschaften entstammen, wie *SKE*, *TWh/a*, *Wirkungsgrad* von Energieumwandlungssystemen, *regenerative Energiequellen* u.a., treten in Diskussionen auf. Die Bedeutung dieser Termini sind oftmals nur „Experten“ bekannt und räumen ihnen so bei Diskussionen einen wesentlichen Vorteil ein. Möchte man jedoch Diskussionen zur Energieproblematik verstehen, an ihnen mit fundiertem Wissen aktiv teilnehmen, sich seine eigene Meinung bilden und Bewertungen im Energiebereich vornehmen, so ist es erforderlich zu wissen, was sich hinter den einzelnen Begriffen verbirgt.

Vor diesem Hintergrund scheint es unerläßlich, daß ein verantwortungsbewußter Technikunterricht sachliche Grundlagen zur Energiethematik vermittelt, um den Schüler zu befähigen, Informationen und Einstellungen kritisch zu hinterfragen. Nur so scheint gewährleistet, energiepolitische Entscheidungen zu verstehen und an ihnen verantwortungsbewußt mitzuwirken. Eine Einflußnahme erfolgt sowohl durch das politische Wählerverhalten des einzelnen als auch durch das individuelle Verhalten im privaten und beruflichen Bereich.

13.1.2 Verfügbarkeit, Entwertung fossiler Energieträger und Umweltproblematik

Aufgrund der Begrenztheit endlicher Ressourcen und der Umweltproblematik scheint eine rationelle Energienutzung und -umwandlung sowie ein energiebewußtes Verhalten dringend geboten. Ziel muß es sein, die Verfügbarkeit der Ressourcen zu verlängern und den CO₂- Ausstoß zu reduzieren. Ein Großteil der fossilen Energieträger wird zwar langfristig betrachtet regeneriert, jedoch werden aufgrund der zunehmenden Weltbevölkerung und des zunehmenden Pro-Kopf-Energieverbrauchs mehr Energieträger entwertet, als durch die Natur in dafür notwendiger Zeit regeneriert werden können.

In den letzten einhundert Jahren ist der Primärenergiebedarf der Welt gestiegen, besonders zwischen den 40er und 80er Jahren. In den Jahren 1973/74 sowie 1979 und 1981 kam es aufgrund der Ölkrise bzw. den Ölpreiserhöhungen nur kurzzeitig zu einem Einschnitt im weltweiten Energieverbrauch. Seit 1985 ist ein weiterer Bedarfsanstieg zu verzeichnen (siehe Abb. 33).

	1980	1985	1990	1991	1992
Kohle	2,6	3,1	3,2	3,2	3,2
Erdöl	3,8	3,6	4,0	4,0	4,0
Erdgas	1,8	2,1	2,5	2,6	2,6
Wasserkraft, Kernenergie und Sonstige	0,3	0,4	1,1	1,1	1,1
	8,5	9,2	10,8	10,9	10,9

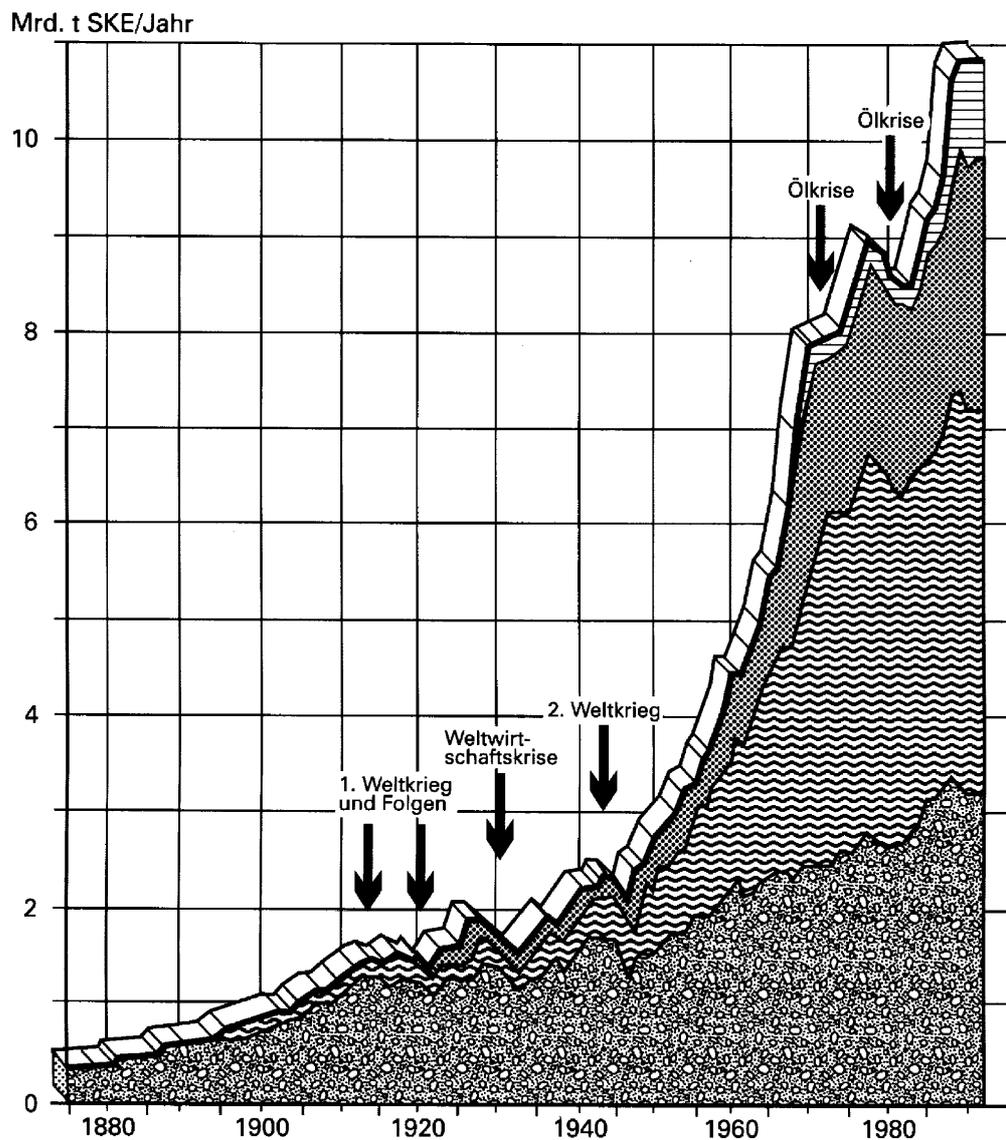


Abb.33 Entwicklung des Weltenergieverbrauchs nach Primärenergieträger, verändert aus: HEA 1996a, S. 11

Nach Angaben des VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE reichen die wirtschaftlich gewinnbaren Reserven an Braunkohle (ca. 512 Mrd. t), gemessen an dem weltweiten jährlichen Förderniveau (1995 waren es 941 Mio. t), noch rund 500 Jahre. Hingegen betragen die statistischen Reichweiten für Öl 43 Jahre, bei Erdgas 65 Jahre und bei Steinkohle rund 150 Jahre.¹ Die Reichweite der Uranvorräte wird nach Angaben der Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (IZE) auf 60 bis 70 Jahre beziffert.² Da die aufgeführten Angaben von der heutigen Förderung und dem derzeitigen Weltverbrauch ausgehen, darf keineswegs daraus geschlossen werden, daß die errechneten Weltvorräte auch der tatsächlichen zeitlichen Reichweite entsprechen. So wird beispielsweise in Fachkreisen die zukünftige Versorgungssituation von Erdöl und Erdgas nicht übereinstimmend beurteilt.³

Die zeitliche Verfügbarkeit der endlichen Ressourcen ist überwiegend abhängig von den in der *Abb. 34* aufgeführten Einflußfaktoren. Eine Erklärung der einzelnen Einflußfaktoren ergibt sich implizit durch die weiteren Ausführungen.

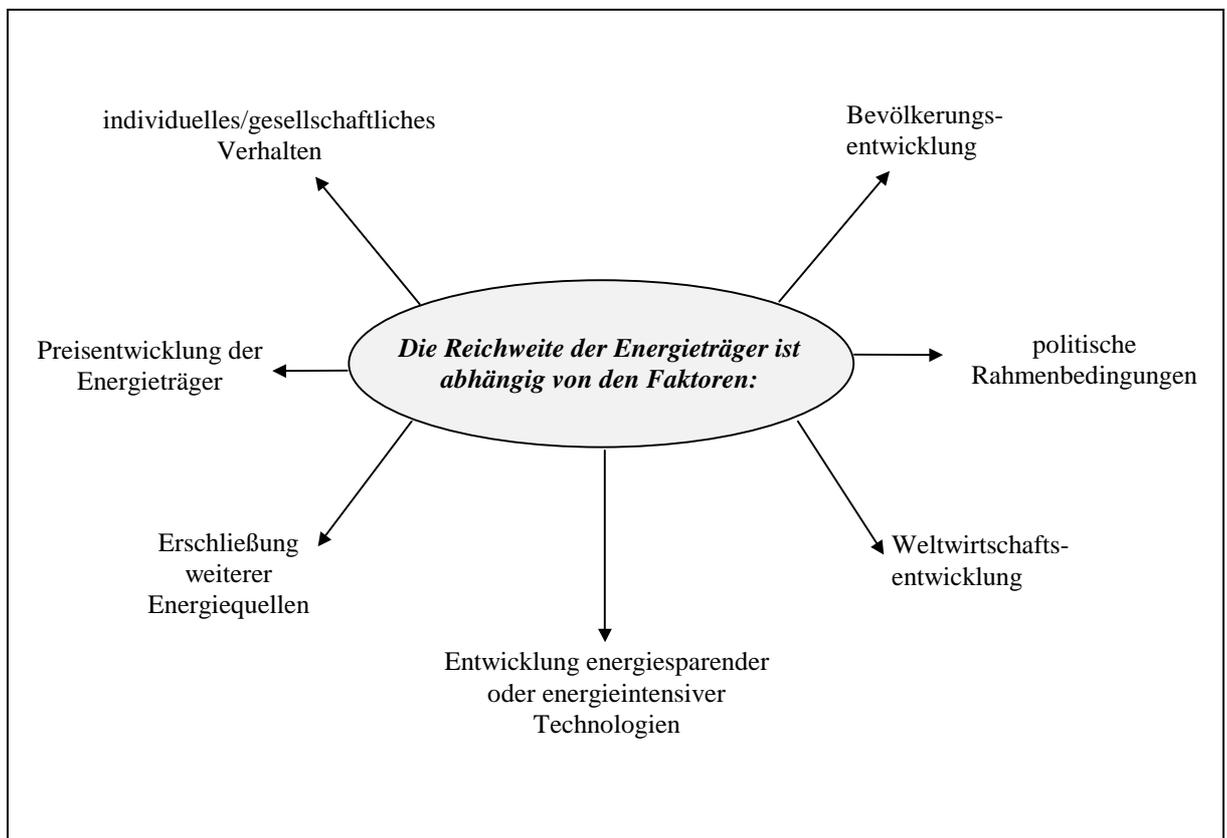


Abb. 34 Faktoren für die Reichweite fossiler Energieträger

¹ VDI nachrichten, 24/1997, S. 6; vgl. auch: RÖSCH, CH. 2001, S. 3ff.

² Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (IZE) 1995, S. 9

³ FLEISCHER, T. u.a. 2000, S. 7

13.1.3 Bevölkerungswachstum und steigender Verbrauch von Energieträgern

Bei der Berücksichtigung einer steigenden Weltbevölkerung und eines steigenden Weltenergiebedarfs kann davon ausgegangen werden, daß die Reichweite derzeitig bekannter Vorräte schneller zusammenschrumpft als angenommen wird.

Der Verbrauch an Primärenergieträgern ist in den Entwicklungsländern im Vergleich zu den Industrienationen momentan noch sehr gering. Beispielsweise liegt der Pro-Kopf-Verbrauch in Asien um gut die Hälfte niedriger als der Weltdurchschnitt. Berücksichtigt man das regelrecht explosionsartige Ansteigen der Bevölkerung der Entwicklungsländer und die dort zunehmende Industrialisierung, so ist in naher Zukunft auch in diesen Ländern mit einem erheblich höheren Durchschnittsverbrauch und einem Anstieg von Kohlendioxidemissionen zu rechnen.

Nach Angaben der Deutschen Stiftung Weltbevölkerung (DSW) ist im Jahre 2050 mit einer Weltbevölkerung von 9,1 Milliarden Menschen zu rechnen.¹ Das ist nahezu das 1 ½ -fache der heutigen Bevölkerungszahl. Würde man in Asien heute bereits den Weltdurchschnittsverbrauch pro Kopf von 2029 kg SKE zugrundelegen, so läge der Jahresverbrauch an Primärenergie höher als der von Nord- und Südamerika zusammengenommen (*siehe Abb. 35*).

Legt man zugrunde, daß die modernen Techniken der Industrienationen in den „Entwicklungsländern“ einen Beitrag leisten, Primärenergieträger effektiver zu verwenden und Kohlendioxidemissionen zu reduzieren, scheint die Reichweite der fossilen Energieträger etwas länger zu reichen. Desweiteren ist zu berücksichtigen, daß in sonnenreichen Staaten sicherlich ein sehr großes Potential in der Nutzung der Solarenergie besteht. Derzeit können die regenerativen Energiequellen jedoch nur als additive Energiequelle der weltweiten Energiewirtschaft betrachtet werden.

Der Problematik des steigenden Weltverbrauchs scheint durch technische Maßnahmen allein nicht Einhalt geboten werden zu können, der Einsatz effizienterer Technologien leistet jedoch einen wesentlichen Beitrag. Trotz aller technischer Maßnahmen könnten Anfänge eines „Energienotstandes“ nicht erst in ferner Zeit eintreten, sondern bereits im Erwachsenenalter derzeitiger Schüler. Die Energiethematik erweist sich somit als zukunftsbedeutend für die heutige Schülergeneration.

¹ Nach DSW-Datenreport Weltbevölkerung 2002; *siehe auch*: <http://www.dsw-online.de>

Weltbevölkerung: 5 493 Mio.

Weltenergieverbrauch: 10,9 Mrd. t SKE

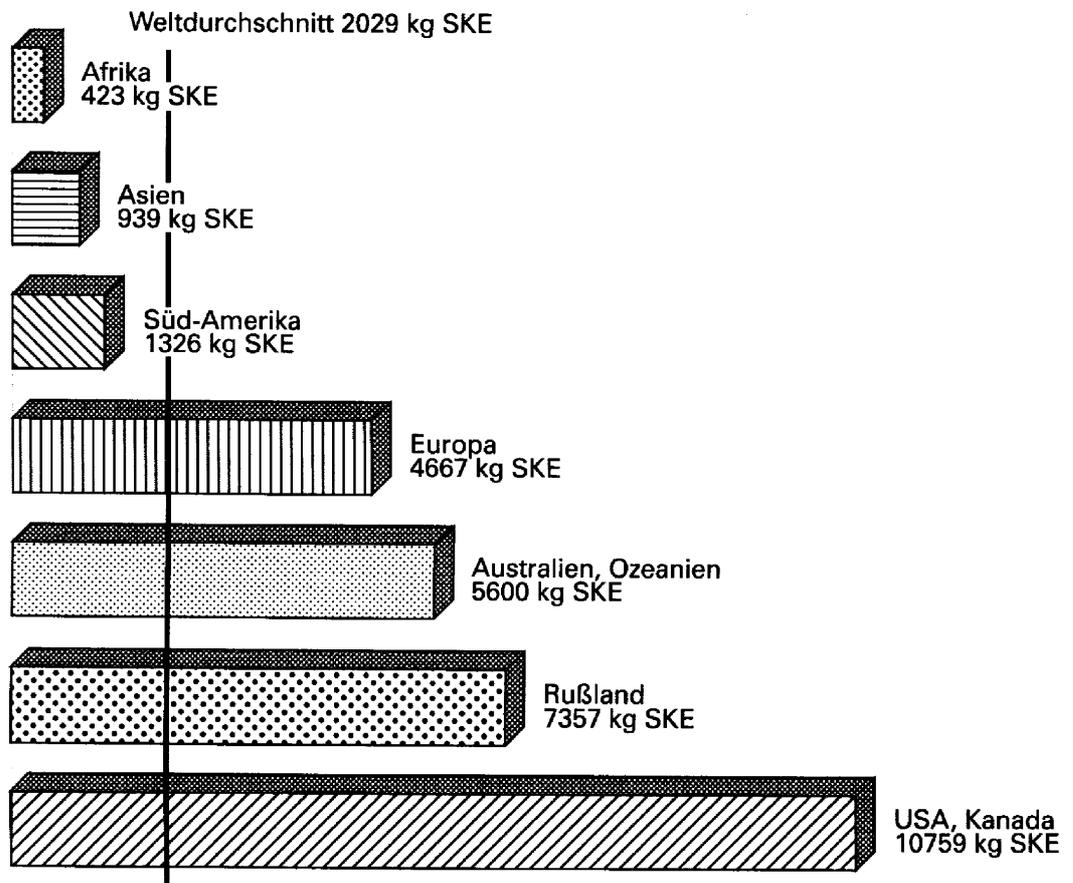
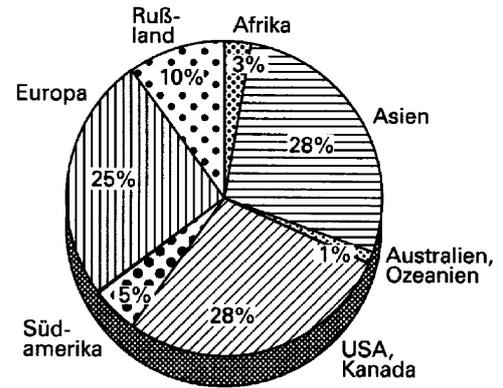
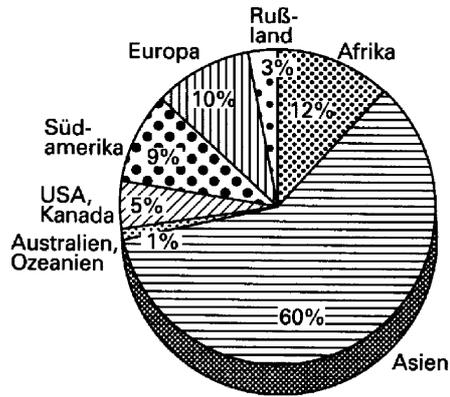


Abb. 35 Weltbevölkerung und Primär-Energieverbrauch pro Kopf und Regionen (1992), HEA 1996, S. 15

13.1.4 Verknappung fossiler Energieträger und Preisentwicklung

Bei der Berücksichtigung, daß aufgrund knapper werdender fossiler Energieträger

- die Preise der Energieträger steigen werden, und aufgrund dieser Situation Investitionen in die Entwicklung effizienterer und sparsamer Energienutzung getätigt werden, und
- daß möglicherweise die erhöhten Energiepreise zu der Erschließung von Vorräten führen, deren Gewinnung heutzutage als noch zu kostenintensiv eingestuft wird,

ist vermutlich mit einem etwas verzögerten Verlauf eines „Energienotstandes“ zu rechnen. Desweiteren stellt sich die Frage, ob die Bevölkerung drastisch höhere Energiepreise akzeptieren und ob es möglicherweise zu aggressiven Ausschreitungen kommen wird.

Denkbar ist, daß bereits Ansätze wirtschaftspolitischer Verteilungskonflikte der derzeitigen Schülergeneration bevorstehen. Ferner könnten zusätzlich zu der heutigen Abhängigkeit der OPEC-Staaten weitere Abhängigkeiten von sonnenreichen Staaten treten, die möglicherweise in Zukunft Wasserstoff exportieren.

13.1.5 Beschreiten verschiedener Entwicklungspfade

Da sich langfristig eine Erschöpfung der fossilen Weltenergievorräte abzeichnet, scheint es dringend geboten, Substitutionsprozesse für fossile Energieträger durch vermehrten Einsatz von regenerativen Energieträgern einzuleiten. Diese Problematik ist eng verbunden mit gesellschaftspolitischen, forschungspolitischen, wirtschaftlichen u.a. Fragestellungen. Dem Schüler sollte in diesem Zusammenhang deutlich werden, daß im Rahmen einer technikinduzierten Technikfolgenabschätzung auch Alternativen (z.B. Windenergie, Nutzung von Biomasse aus Energieplantagen, Geothermie) mit ihren Vor- und Nachteilen in die Energiediskussion eingebracht werden müssen. Der Schüler als derzeitiger und zukünftiger Nutzer sollte die Möglichkeit erhalten, über technische Alternativen informiert zu werden. Ferner sollte er erfahren, welche Leistungsfähigkeit mit diesen Entwicklungspfaden erreicht werden kann.

Hinsichtlich des Einsatzes regenerativer Energieträger (Wasser- und Windkraft, Bioenergieträger, Sonnenenergie und Erdwärme) kommt die Vorstudie „*Elemente einer Strategie für eine nachhaltige Energieversorgung*“ des TAB zum Ergebnis, daß bedeutende technische Potentiale regenerativer Energieträger in Deutschland derzeit noch nicht ausgeschöpft sind.¹

Es stellt sich in diesem Zusammenhang auch die Frage, ob mit einer gesellschaftlichen Akzeptanz von Solaranlagen und Windkraftanlagen, die verhältnismäßig viel Fläche beanspruchen, zu rechnen ist, oder ob es sich hier um

¹ FLEISCHER, T. u.a. 2000, S. 8; siehe auch: TA-Datenbank-Nachrichten, September 2001, Schwerpunktthema „*Erneuerbare Energien*“

ein „notwendiges Übel“ handelt, das die Gesellschaft „in Kauf nehmen“ muß. Ebenso sind beim Aufbau einer solaren Wasserstoffwirtschaft, die im Zusammenhang mit der CO₂-Reduzierung eine wichtige Option einnimmt, die hohen Kosten dieses Energieversorgungssystems und damit die Auswirkungen auf die Volkswirtschaft zu berücksichtigen.

Bei der Betrachtung verschiedener Energiesysteme sind also neben technischen Aspekten sowohl gesamtwirtschaftliche als auch einzelwirtschaftliche Konsequenzen (z.B. Wettbewerbs- und Beschäftigungseffekt, Wachstumspotential der Volkswirtschaft) zu berücksichtigen und im Unterricht zu thematisieren. Ebenso sind z.B. Entsorgungsaspekte, Risiken für die menschliche Gesundheit, Wirkungen auf Klima und Natur, die mit der Nutzung der verschiedenen Energiesysteme einhergehen können, in eine Bewertung mit einzubeziehen.

13.1.6 Reduzierung von Energieaufwendungen / Energiesparen

Selbst bei der Annahme, daß mit einem baldigen Versiegen der fossilen Energieträger nicht zu rechnen ist, erweist sich die Energiethematik und insbesondere der Themenkreis „Energiesparen“ als eine wichtige Aufgabe des Technikunterrichts. Dieser kann einen Beitrag zu einem verantwortungsvollen Umgang mit der Energie bzw. den Energieträgern leisten, indem Handlungsmöglichkeiten für die Reduzierung von Energieaufwendungen aufgezeigt werden. Ein haushaltender Umgang mit Energie kann zwar die Abnahme der begrenzten Energievorräte nicht verhindern, aber in einem gewissen Rahmen verlangsamen. Ferner sollte man sich die Frage stellen, ob die derzeitige Generation das Recht hat, die in Jahrillionen entstandenen fossilen Energieträger in kurzer Zeit zu entwerten und zukünftige Generationen von der Nutzung dieser Energieträger auszuschließen.

Die Bedeutung der Energiethematik bzw. des Energiesparens und des globalen Klimaschutzes wird in den verschiedenen Berichten der *Enquete-Kommission* „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ hervorgehoben. Hier heißt es:

„Die durch die weltweiten Energiebereitstellungen, -umwandlungen und -nutzungen emittierten Spurengase gehören zu den Hauptverursachern des durch den Menschen verursachten (anthropogenen) Treibhauseffektes und weitreichender sonstiger Schäden. Es ist erforderlich, die heutige Energieversorgung angesichts dieser neuen Situation grundlegend zu überdenken und dabei Möglichkeiten und Realisierungswege zu finden, um die negativen Folgewirkungen für Mensch und Natur zu minimieren oder zu beseitigen [...]. Energieeinsparung hat die erste Priorität bei der Suche nach Lösungswegen zur Senkung des fossilen Energieverbrauchs.“¹

¹ ENQUETE-KOMMISSION 1990; S. 45ff.; 1991; S. 99ff.

Energieeinsparung wird in diesem Zusammenhang von der Enquete-Kommission als ein Oberbegriff verstanden, der sowohl die Minimierung des Energieeinsatzes für ein gegebenes Niveau von Energiedienstleistungen über die gesamte Prozeßkette (also einschließlich der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie und deren Umwandlung in Nutzenergie bzw. in die eigentliche Energiedienstleistung) als auch die Reduktion von Energiedienstleistungen beinhaltet.

Auch auf der zweiten UN-Umweltkonferenz im Jahre 1992 in Rio de Janeiro und auf der UN-Klimarahmenkonvention 1998 in Buenos Aires wird vor allem die Reduzierung von CO₂-Emissionen als wichtigstes Thema der Zukunft angesehen. Für die Lösung der Klimaproblematik ist es im Bereich der Energiewirtschaft in diesem Zusammenhang wichtig, dass Maßnahmen ökonomisch, ökologisch und sozial verträglich wirken.

Die im Dezember 2000 herausgegebene Vorstudie des TAB kommt zur Einschätzung, daß im Sektor „private Haushalte“ mit bis zu 60% die größten Einsparpotentiale in der Stromeinsparung und CO₂-Reduktion liegen. In dieser Studie wird beklagt, daß bei den privaten Haushalten ein mangelndes Bewußtsein hinsichtlich Energie- und Umweltfragen besteht. Dies zeigt sich u.a. darin, daß vielfach die Höhe der eigenen Stromrechnung nicht bekannt ist. Ferner sind bedeutende Einsparungspotentiale im Sektor „Handel, Gewerbe, Dienstleistungen“ vorhanden. Allerdings bewirken Faktoren wie, Mangel an ertechnischen Kenntnissen, fehlendes Fachpersonal, Scheu vor externer Beratung und Zeitmangel, daß hohe Stromeinsparungspotentiale unerkant bleiben.¹

13.2 Struktur des Energieverbrauchs in der BRD

Der verantwortungsbewußte Umgang mit Energie ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe; der schulische Bildungsbereich kann hier einen wesentlichen Beitrag liefern. Prinzipiell lassen sich in den vier Sektoren *Industrie; Verkehrswesen; Gewerbe, Handel und Dienstleistungen; Kleinverbraucher und private Haushalte* Maßnahmen durchführen, um die Energieaufwendungen zu reduzieren.²

¹ FLEISCHER, T. 2000, S. 6ff. und S. 40ff.

² Zu dem Sektor *Verkehr* zählt der Schienenverkehr, Luftverkehr und der Straßenverkehr. Bei der *Industrie* handelt es sich um das produzierende Gewerbe ohne Branchen des Energieumwandlungsbereichs und ohne des Baugewerbes.

13.2.1 Anteile der Energieaufwendungen unterschiedlicher Sektoren

Nach Angaben der „Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendungen e.V.“ (HEA) entfallen für das Jahr 2000 auf die einzelnen Sektoren hinsichtlich des Endenergiebedarfs folgende Anteile:¹

– Industrie	26,2 %
– Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (inkl. militärischer Dienststellen)	16,0 %
– Haushalte	28,1 %
– Verkehr	29,7 %

Die Haushalte benötigen nach diesen Angaben 28,1% des Endenergiebedarfs der Bundesrepublik. Aus den Zahlenangaben (1994-2000) der „Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e.V.“ (VDEW) wird ersichtlich, daß der Anteil der Haushalte am Endenergiebedarf in den vergangenen Jahren ständig zunimmt, während die Industrie ihren Energiebedarf kontinuierlich senken konnte.

Nach jüngsten Berechnungen (Stand Mai 2002) der „Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen“ ist im Jahre 2001 der Primärenergieverbrauch im Vergleich zum Vorjahr um 1,6% gestiegen. Diese Entwicklung wird damit erklärt, daß im Gegensatz zum Vorjahr deutlich niedrigere Temperaturen vorherrschten. Da aufgrund der schwachen konjunkturellen Entwicklung - die Gesamtwirtschaft im Jahre 2001 gegenüber 2000 nur um 0,6% wuchs, ist unter dem Aspekt der Temperaturbereinigung der Primärenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr leicht gesunken.²

Betrachtet man den Endenergieverbrauch der privaten Haushalte bzgl. der elektrischen Energie, so ist festzustellen, daß trotz technischen Fortschritts von verbrauchsärmeren Haushaltselektrogeräten der Bedarf an elektrischer Energie in den letzten Jahren nicht gesunken ist.

Dies läßt sich sicherlich zum einen auf die Zahl der Haushalte und ihrer Struktur, zum anderen aber auch aufgrund der Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten zurückführen. So stieg beispielsweise von 1991 bis 1996 die Zahl der Haushaltskunden der Stromversorger um zirka drei Millionen. Ferner scheint der Trend zum Ein- bzw. Zweipersonenhaushalt ungebrochen. Im Jahre 1996 lebten in 63% der Haushalte ein oder zwei Personen, während es 1976 lediglich 47% waren. Verbrauchssteigernd wirkt sich die zunehmende Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten aus. Große Zuwächse gab es in dem Zeitraum 1991-2000 bei

¹ Die Daten können im Internet unter <http://www.hea.de> abgerufen werden oder als statistische Faltblatt bei der HEA in Frankfurt am Main angefordert werden.

Zur detaillierten Aufstellung des Energieverbrauchs der einzelnen Verbrauchergruppen siehe die „Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e.V.“ (<http://www.VDEW.de>). Die Angaben sind in Steinkohleeinheiten (SKE) aufgeführt und zeigen den Energieverbrauch für den Zeitraum von 1985 bis 2000. Ferner können Daten im Internet unter <http://www.strom.de>, und <http://www.ag.energiebilanzen.de> abgerufen werden.

² Siehe <http://www.ag.energiebilanzen.de>

den Gefriergeräten, Geschirrspülern, Wäschetrocknern und Mikrowellengeräten. Stark zugenommen hat auch die Zahl der Geräte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie. Während im Jahre 1991 lediglich 13% aller Haushalte mit einem Heimcomputer ausgestattet waren, waren es 1998 fast 30%. Über einen Videorecorder verfügen inzwischen 62,4% der Haushalte, das sind 22,4% mehr als im Jahr 1991. Zwischen Ost- und Westdeutschland lassen sich nur im Bereich der Ausstattung der Haushalte mit Geschirrspülern, Wäschetrocknern und Mikrowellengeräten größere Unterschiede feststellen. Die westdeutschen Haushalte sind aber dennoch noch nicht mit diesen Geräten gesättigt.¹

13.2.2 Der Sektor Haushalt und die Struktur der Energieaufwendungen

Betrachtet man den Energieumsatz der Haushalte im Einzelnen, dann ergibt sich für das Jahr 2000 folgendes Bild:² Für die *Beheizung* der Wohnung wird mit 75,6% mit Abstand die meiste Energie aufgewendet.

Bei den übrigen Wärmeanwendungen des häuslichen Energiebedarfs steht die *Warmwasserbereitung* (11,4%) im Vordergrund. Bei der Warmwasserversorgung sind z.B. elektrisch betriebene Waschmaschinen und Geschirrspülmaschinen mit ihren der Wassererwärmung zuzurechnenden Stromverbräuchen erfaßt (etwa 80 Prozent dieses Verbrauchs entfallen hierauf, die restlichen 20 Prozent werden für den Antrieb benötigt).

Auf *Beleuchtungszwecke* entfallen lediglich 1,6% der Energieaufwendungen und auf die *mechanische Energie* 7,3%. Zum Bereich der mechanischen Energie zählt auch der Endenergieverbrauch für das Kühlen und Gefrieren sowie Anwendungen im Bereich der Information und Kommunikation. In anderen Untersuchungen wird oftmals das Kühlen und Gefrieren der Rubrik „Wärmebereich“ zugeordnet.

Der Anteil der sogenannten *Prozeßwärme*, dazu zählen Wärmeprozesse im privaten Haushalt wie z.B. der Anwendungsbereich Lebensmittelzubereitung, beläuft sich auf 4,1%.

Unter ökonomischen und ökologischen Aspekten scheinen Energiesparmaßnahmen im Bereich der Beleuchtung weniger sinnvoll, solange Einsparmöglichkeiten energieintensiver Bereiche noch nicht ausgeschöpft sind. Sinnvoll dagegen scheinen Maßnahmen der Energieeinsparung zu sein, die den Bereich der Wärmeerzeugung wie z.B. das Geschirrspülen, Heizen, Kochen, Wäschewaschen und Duschen betreffen.

¹ Zahlen wurden zusammengestellt aus dem dem Manuskript „Haushaltskundenbefragung 1996“ des VDEW, dem aktualisierten „Datenreport 1999“ des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahre 2001 und der im Jahre 2002 veröffentlichten Internetdaten des VDEW.

² Daten können im Internet unter <http://www.hea.de> oder <http://www.VDEW.de> abgerufen werden.

13.3 Zum Stellenwert der Behandlung der Sektoren im Unterricht und mögliche Bereiche der Energieeinsparung

13.3.1 Der Sektor Industrie und Kleinverbraucher

Auf Maßnahmen der Energieeinsparung, die den Bereich *Industrie* und *Kleinverbraucher* betreffen, haben Schüler in der Regel während ihrer schulischen Laufbahn keinen unmittelbaren Einfluß. Berücksichtigt man jedoch, daß es sich um potentielle Arbeitnehmer handelt, die in ihrer späteren beruflichen Laufbahn Entscheidungen hinsichtlich des Energieeinsatzes treffen, scheint es sinnvoll, im Rahmen von Betriebserkundungen und Betriebspraktika zu thematisieren, in welchen Bereichen durch technische Maßnahmen und individuelles Verhalten Energieeinsparungspotentiale möglich sind.

Die *Abb. 36* soll Bereiche und Möglichkeiten aufzeigen, bei denen eine Reduzierung von Energieaufwendungen denkbar ist, und die in erster Linie dem Handlungsfeld *Industrie* und *Kleinverbraucher* zugeordnet werden können.¹ Weitere Handlungsmöglichkeiten sind in der *Abb. 37* aufgeführt.

<i>Bereiche und Möglichkeiten</i>	<i>Beispiele</i>
<i>Externe Beratung</i>	- Heranziehen von unabhängigen Energieexperten, Beratungsdiensten der Kammern, Industrieverbänden, um sich über Schritte zur Realisierung eines Energiekonzeptes zu informieren
<i>Rationalisierung durch Innovation</i>	- neue Methoden der Gewinnung und Einsparung von Energie (z.B. Unterbrandkessel, Einblasefeuerung, Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, solare Warmwasserbereitung, Biogaserzeugung, Windkraftanlagen)
<i>Einsatz von Mikroelektronik und EDV</i>	- Optimierung der Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen
<i>Blockheizkraftwerke (BHKW)</i>	- Der Einsatz von BHKW ist für Betriebe mit einem ganzjährigen und möglichst gleichbleibendem Bedarf an Strom und Wärme interessant.
<i>Kraftmaschinen</i>	- Kraftmaschinen bzgl. ihrer Verwendung unterscheiden, denn oftmals sind überdimensionierte Elektromotoren, eine unzureichende Anpassung von Antriebsmaschinen an den Leistungsbedarf betrieblicher Anlagen Ursachen der Energieverschwendung

¹ Folgende Angaben und Daten der *Abb. 36* sind teilweise entnommen aus: GEGER, M. 1993, S. 79-88; TAB-Arbeitsbericht, Nr. 69, 2000, S. 45ff. Vgl. auch WICKE, L. 1997, S.415f

<i>Beleuchtung</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Austauschen der Glühlampen gegen Energiesparlampen - Leuchtstofflampen rechtzeitig auswechseln, da sie nach etwa zweieinhalb Jahren (7.500 Betriebsstunden) etwa ein Drittel ihrer Leuchtkraft einbüßen Trotz der verminderten Lichtausbeute bleibt die Energieaufwendung gleich oder erhöht sich sogar, weil zusätzlich Lampen eingeschaltet werden. - Bei genügendem Lichteinfall kann oftmals auf die künstliche Beleuchtung verzichtet werden.
<i>Maßnahmen zur Optimierung von Lüftungs- und Klimaanlage</i>	<ul style="list-style-type: none"> - optimale Einstellung, Wartung und Regelung der Anlagen, Reduzierung der Ventilatoren-Drehzahl - Wärmerückgewinnung aus der Abluft über Wärmetauscher oder Lüftungswärmepumpen - Lüftungs- und Klimaanlage abschalten, wenn sie nicht gebraucht werden (z.B. an Wochenenden und Feiertagen sowie Betriebsferien)
<i>Wärmenutzung/Wärmerückgewinnung</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzung der Abwärme, die beim Betrieb von Motoren, Maschinen, Produktionsanlagen, Trocknen oder anderen Fertigungsprozessen als oftmals unvermeidlicher Wärmeverlust hingenommen wird
<i>Energiebeauftragter</i>	<ul style="list-style-type: none"> - qualifizierten Mitarbeiter zum <i>Energiebeauftragten</i> benennen, der mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung innerhalb des Betriebes verbreitet

Abb. 36 Maßnahmen zur Reduzierung des Energieeinsatzes im Bereich Industrie und Kleinverbraucher

13.3.2 Der Sektor Haushalt

Während und nach der allgemeinen Schulpflicht ergeben sich für den Schüler vielfältige Handlungsmöglichkeiten zur Reduzierung der Energieaufwendungen in den Bereichen *privater Haushalt* und *Verkehr*. Bei Aktivitäten wie z.B. Fortbewegung, Kochen, Duschen, Waschen, Kauf von Haushaltsgeräten und Freizeitbeschäftigungen kann durch persönliche Verhaltensänderungen ein Beitrag zur Reduzierung von Energieaufwendungen geleistet werden. Für den Technikunterricht ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten, Bereiche von Energieanwendungen des Haushaltes zu behandeln und eigenverantwortlich Maßnahmen zur Einsparung zu planen und zu bewerten.

Wird beispielsweise im Unterricht der Sektor *Haushalt* mit dem Themenkreis „Energieverbrauch und Anschaffung von neuen Elektrogeräten“ thematisiert, sollte es bei der Behandlung der Thematik nicht nur um die Frage gehen, ob es sich um ein Gerät handelt, welches während des Betriebes einen hohen Verbrauch aufweist. Es ist auch die Frage aufzuwerfen, ob die Anschaffung des Gerätes oder gar eines Zweitgerätes wirklich erforderlich ist.

Ebenso ist bei der Entscheidung, ein älteres Gerät zu entsorgen und ein neues zu kaufen, zu überdenken, ob die einzusparende Energie in einem vernünftigen Verhältnis zu den gesamtökologischen und persönlichen finanziellen Aufwendungen steht. Das bedeutet, sowohl der ungefähre Energie- und

Ressourcenverbrauch, der während des Produktionsprozesses des Neugerätes anfällt, sowie die Kosten der Entsorgung des Altgerätes sind in eine Gesamtbewertung grob mit einzubeziehen. Hilfestellung kann hierbei z.B. Stiftungwarentest, die Verbraucherzentrale (im Rahmen einer Erkundung) geben. Teilaspekte lassen sich im Technikunterricht erarbeiten, wobei die Kriterien in einer Bewertungstabelle Berücksichtigung finden. Durch Befragung im näheren Umfeld können die Schüler z.B. auf folgende Teilaspekte eingehen:

- Warum wurde das vorhandene Gerät angeschafft?
- Preis der Anschaffung
- Verbrauch (Wasser, elektr. Energie, etc.)
- Haltbarkeit
- Störanfälligkeit (Reperaturkosten)
- Entsorgungskosten bei einer Mülldeponie

Ferner sind Gründe für eine etwaige Neuanschaffung anzuführen. Zum Beispiel:

- geringerer Energieverbrauch
- längere Haltbarkeit
- leiser beim Gebrauch
- Design
- geringere Reparaturkosten

Aus dem Sektor *Verkehr* könnte beispielsweise im Rahmen einer Bewertung von Fortbewegungsmitteln behandelt werden, inwieweit sich aufgrund des Verzichtes von einigen PS bzw. Kilowatt Einsparungspotentiale ergeben würden. Ferner können unterschiedliche PKW-Motoren einer Bewertung unterzogen werden.

Neben den bereits angesprochenen Maßnahmen zur Reduzierung der Energieaufwendungen im Haushalt, wie z.B. Verwendung von energiesparenden Haushaltsgeräten (*siehe auch Kapitel 13.4.2*), sind auch solche Maßnahmen zur Energiereduzierung zu thematisieren, die auf die Raumtemperatur bezogen sind und somit das Gebäude, die Heizungsanlage u.a. betreffen. Die *Abb. 37* soll Maßnahmen zur Energieeinsparung, die in erster Linie oben genannte Aspekte betreffen, aufzeigen.¹ Diese Maßnahmen haben auch für den Sektor *Industrie* und *Kleinverbraucher* Gültigkeit.

¹ Folgende Angaben und Daten der *Abb. 37* sind teilweise entnommen aus: GEGE, M. 1993, S. 79-88; Informationsmaterialien der Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) 1998-2001

<i>Möglichkeiten</i>	<i>Beispiele</i>
<i>Bautechnische Maßnahmen:</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Wärmedämmung von Außenwänden, Fußböden, Dachkonstruktionen, Fensterverglasung, Außentüren - ausreichende Isolierung von freilaufenden Rohren (ca. 20-35 mm Isoliermaterial) und Armaturen - Fenster und Türfugen gegen Zugluft abdichten
<i>Maßnahmen zur Optimierung der Wärmeerzeugung:</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Einstellung, Regelung und ordnungsgemäße Wartung der Heizungsanlage (Beispielsweise kann eine 1mm starke Rußablagerung im Kessel bis zu fünf Prozent mehr Ölverbrauch verursachen.) - Austausch veralteter Heiztherme gegen eine dem derzeitigen technischen Standart entsprechende (Zu berücksichtigen ist, daß zuerst bautechnische Maßnahmen der Wärmedämmung durchgeführt werden sollten und dann erst die Heizung dem niedrigeren Wärmebedarf anzupassen ist.) - Installation von Thermostaten an Heizkörpern - Überprüfen des Standorts der Heizkörper - Einsatz einer Wärmepumpe, Nutzung der Sonnenenergie
<i>Maßnahmen während der Wärmenutzung:</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Steuerungseinrichtung mit Innen-Außen-Regelung - Entlüftung der Heizkörper bei Gluckern der Heizung - Heizkörper nicht durch Vorhänge oder Möbelstücke verdecken - Vermeidung von überhöhten Raumtemperaturen - Absenkung der Raumtemperaturen bei Nacht und in unbenutzten Räumen (Eine Senkung der Raumtemperatur von 22 Grad auf 21 Grad bedeutet eine Energieersparnis von 6 Prozent.) - Vermeidung von dauernder oder zu starker Raumlüftung (kurz, aber gründlich lüften, damit die Wände nicht auskühlen)

Abb. 37 Maßnahmen zur Reduzierung des Energieeinsatzes im privaten Haushalt

13.4 Faktoren individuellen Verhaltens

In den vorherigen Ausführungen wurde bereits angesprochen, daß durch individuelles und gesellschaftliches Verhalten ein wesentlicher Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs und damit zur Reduzierung der Umweltbelastung geleistet werden kann. Weitere Möglichkeiten, den Energieverbrauch zu reduzieren, könnten beispielsweise auch durch gesetzgeberische Maßnahmen erfolgen oder durch die Weiterentwicklung „verbrauchsarmer Geräte“ eingeleitet werden.

Im folgenden sollen zunächst Faktoren aufgezeigt werden, die für das individuelle Verhalten maßgeblich erscheinen, um verantwortungsbewußt mit Energie umzugehen. Ferner werden in einem weiteren Schritt individuelle Handlungsebenen dargestellt, die möglicherweise zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs führen.

13.4.1 Faktoren individuellen Verhaltens und ihre Bedeutung für die Behandlung des Themenkreises Energie im Unterricht

Maßgebend für das individuelle Verhalten scheint nach AJZEN/FISHBEIN¹ die subjektive Einstellung zu sein, die eine Person hinsichtlich einer bestimmten Handlungsweise einnimmt. Die Einstellung scheint ein Ergebnis zurückliegender Entwicklungsprozesse zu sein. Danach kann sie als eine Disposition betrachtet werden, die das persönliche Verhalten maßgeblich mitbestimmt. Die Absicht, etwas zu tun oder nicht zu tun, wird in aller Regel von den Überlegungen geleitet, ob ein bestimmtes Verhalten einen Vorteil oder Nachteil mit sich bringt. Dabei spielen Überlegungen und vor allem der subjektive Eindruck eine Rolle, wie die unmittelbare Umwelt (z.B. Klassenkameraden, Familie, peer groups) auf das Verhalten reagiert. Ein vorhandenes Verhalten wird auch künftig aufrecht erhalten, wenn das individuelle Verhalten durch andere Personen, die der Person etwas bedeuten, eine Bestätigung findet.

Bezieht man diese allgemeinen Überlegungen auf die Behandlung der Thematik Energie, so scheint es sinnvoll, im Unterricht die Ebene der subjektiven Einstellung des Schülers anzusprechen, um ein gewünschtes zukünftiges Verhalten zu erzielen. Es sind die Vorteile anzusprechen bzw. zu erarbeiten, die beispielsweise Energiesparen mit sich bringt (z.B. finanzielle Gesichtspunkte, Verringerung der CO₂-Emissionen). Ferner sollte veranschaulicht werden, daß der sinnvolle Einsatz von Energie nicht gleichzusetzen ist mit Konsumverzicht oder Minderung der Lebensqualität. Damit gewinnt der Schüler die Fähigkeit, sein Verhalten argumentativ zu begründen und gegenüber Dritten glaubhaft zu vertreten. Durch eigenständige Untersuchungen im Unterricht, beispielsweise im Bereich der rationellen Energienutzung, erfährt der Schüler konkrete Handlungsmöglichkeiten der persönlichen Einflußnahme in der Nutzung von Energie.

¹ AJZEN, I; FISHBEIN, M. 1980; vgl. MEYENBERG, R; SCHOLZ, W.D; BUISMAN, W. 1993, S. 100 ff.

13.4.2 Handlungsebenen zur Reduzierung von Energieaufwendungen

Bei dem individuellen bzw. gesellschaftlichen Verhalten lassen sich drei *Handlungsebenen* unterscheiden, um Energieaufwendungen zu reduzieren.¹ Dieser Sachverhalt ist in der *Abb. 38* dargestellt und wird in den weiteren Unterkapiteln näher erläutert.

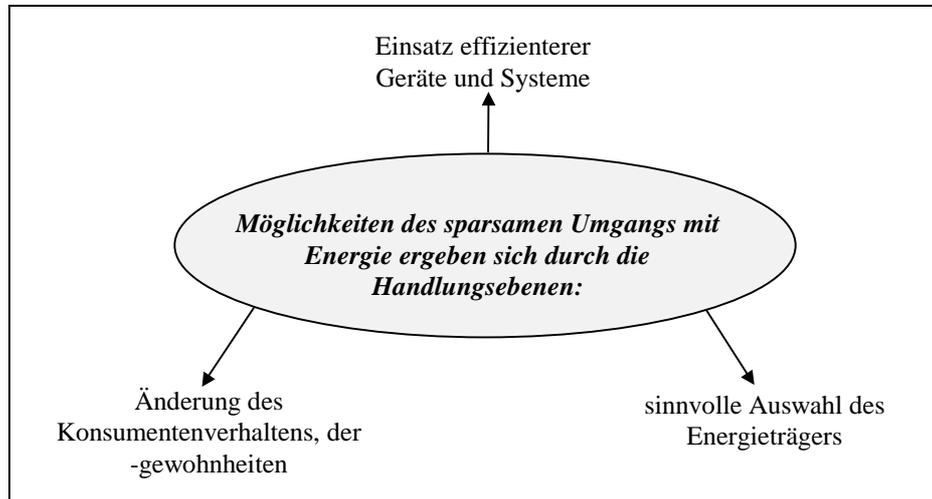


Abb. 38 Handlungsebenen des sparsamen Umgangs mit Energie

13.4.2.1 Änderung des Konsumentenverhaltens bzw. der -gewohnheiten

Bei der Änderung des Konsumentenverhaltens handelt es sich um eine Veränderung der Verbrauchs- und Nutzungsgewohnheiten des Menschen. So kann beispielsweise beim Wäschewaschen, unabhängig davon, wie sparsam das Gerät arbeitet, bei jedem Waschvorgang der Energie- und Wassereinsatz reduziert werden. Da wegen des häufigen Wechsels der Kleidung die Wäsche kaum verschmutzt wird, reichen 60 Grad Waschtemperatur oftmals aus. Gegenüber dem Kochwaschgang wird dabei 45% Energie eingespart. Wenn auf den Vorwaschgang bei maximal gefüllter Waschmaschine verzichtet wird, liegt die Einsparung noch höher. Die 30°C - Wäsche benötigt im Gegensatz zur 90°C - Wäsche nur 25% an Energie.²

Ferner lassen sich bei vielen Geräten durch den Verzicht des Dauerbetriebes / Stand-by-Schaltung (z.B. Anrufbeantworter, Videorecorder, Stereoanlage, Fernsehgerät) pro Gerät zwischen 20 bis 70 KWh/Jahr einsparen.³ Je nach Stromtarif sind das 2,50 Euro bis 10 Euro pro Gerät. In der Zeitschrift *VDI-nachrichten* vom 12. September 1997 wird darauf hingewiesen, daß in diesem

¹ Vgl. auch TEICHMANN, H. 1991, S. 322ff.; KOCH, V. 1996; S. 9f.

² Eine Übersicht über sparsame Haushalts-Großgeräte (Spülmaschinen, Kühlschränke, Gefriertruhen, Gefrierschränke, Backöfen, Waschmaschinen, Wäschetrockner) liefert die Zeitschrift „Natur“ in den Ausgaben 2/1990; 2/1997. Aufgelistet sind je nach Gerät Stromverbrauch, Wasserverbrauch, Recycling-Rücknahme. Darüber hinaus werden Spartips zum Gebrauch der Geräte aufgeführt.

³ Eine Übersicht zum Stromverbrauch im Stand-by-Betrieb, die für unterrichtliche Zwecke gut zu nutzen ist, liefert die EWE (2000) in der Broschüre „Die stillen Stromverbraucher“.

Zusammenhang die bundesdeutschen Privathaushalte zusammen 14 Terrawattstunden (TWh) pro Jahr im Stand-by-Modus verbrauchen, was den jährlichen Stromverbrauch einer Großstadt wie Berlin entspricht. Bezieht man die Büros mit ihren Geräten noch ein, wie z.B. Telefonanlagen, Kopierer, Modems, Faxgeräte (welche sich oftmals nicht vollständig abschalten lassen), kommt man sogar auf 20 TWh pro Jahr. Zur Erzeugung dieser Energiemenge sind zwei große 1000 MW-Kraftwerke erforderlich. Zu der gleichen Einschätzung gelangt auch die Studie des TAB¹, die darauf hinweist, daß durch die Minderung von Leerlaufverlusten etwa 1 Mrd. Euro eingespart werden könnten. Ferner wird angeführt, daß viele private Haushalte und Unternehmen die Betriebskosten eines Gerätes, die während der mehrjährigen Nutzungsdauer den Kaufpreis oft bei weitem überschreiten, außer acht lassen.

13.4.2.2 Einsatz effizienterer Geräte und Systeme

Bei dem Einsatz effizienterer Geräte und Systeme handelt es um die Verwendung von technischen Mitteln, die möglichst sparsam und wirtschaftlich arbeiten, ohne daß dabei unbedingt der Komfort gesenkt wird. Ebenso werden energiesparende bautechnische Maßnahmen (z.B. Energiespartaste bei Geschirrspülern oder Waschmaschinen) in dieser Rubrik einbezogen.

Im einzelnen sank durch technische Verbesserungen im Bereich der Haushaltsgeräte im Vergleich zu 1978 der Energiebedarf der heutigen Geräte folgendermaßen:²

<i>Gefriergeräte</i>	- 42%
<i>Kühlschränke</i>	- 39%
<i>Elektroherde</i>	- 23%
<i>Geschirrspülmaschinen</i>	- 45%
<i>Waschmaschinen</i>	- 40%
<i>Warmwasserspeicher</i>	- 41%

Um beim Neukauf eines bestimmten Gerätetyps unterschiedliche Modelle bewerten zu können, sind verschiedene Bewertungskriterien heranzuziehen. Soll beispielsweise aufgrund starken Verschleißes eine neue Waschmaschine gekauft werden, können Kriterien wie z.B. Stromverbrauch/Betriebskosten, Anschaffungspreis, Wasserverbrauch, Bedienungs-, Entsorgungsfreundlichkeit und Design herangezogen werden.

Daß beim Neukauf eine Gesamtkostenrechnung, die sich aus dem Anschaffungspreis und den laufenden Betriebskosten für Strom zusammensetzt, empfehlenswert ist, verdeutlicht folgende Beispielrechnung eines „Kühlschranks ohne Gefrierfach“ derselben Herstellerfirma. So kostet ein Modell A (ÖKO-

¹ FLEISCHER, T. 2000, S. 44ff.

² Daten entnommen aus: Informationsblatt der Stadtwerke Osnabrück (März 2001), Magazin für Haus & Technik - Energiehaushalt (Gerätekauf)

Sparmodell) zwar im Anschaffungspreis 442 Euro und liegt damit 110 Euro höher als das Konkurrenzmodell B, schneidet in einer Gesamtkostenabrechnung aber günstiger ab. Ebenso ergeben sich wesentliche Unterschiede im Preis beim Vergleich zweier Herstellerfirmen, die ihre Produkte (Modell B, Modell C) mit „extrem niedrigem Energieverbrauch“ anpreisen.¹ Bei näherer Betrachtung erweisen sich jedoch die Modelle B und C keineswegs als solche mit extrem niedrigem Energieverbrauch. Ein Hinterfragen solcher Herstelleraussagen zu technischen Produkten kann im Unterricht einen fruchtbaren Lernprozeß in Gang setzen. Ebenso bietet es sich im Unterricht an, die seit dem 1. Juli 1999 bei Elektrogeräten verpflichtend eingeführten Energielabel, zu behandeln.

<i>Modell</i>	<i>Anschaffungspreis</i>	<i>Nutzvolumen</i>	<i>Stromverbrauch pro Jahr (365 Tage)</i>	<i>Stromkosten (bei durchschnittlicher Lebensdauer von 13 Jahren und 1 kWh=0,13 Euro brutto)</i>	<i>Gesamtkosten (ohne Zinsberück- sichtigung)</i>
A	442,00 Euro	145 Liter	98 kWh	165,20 Euro	<u>607,20 Euro</u>
B	332,00 Euro	144 Liter	208 kWh	351,52 Euro	<u>683,52 Euro</u>
C	409,00 Euro	145 Liter	146 kWh	246,74 Euro	<u>655,74 Euro</u>

13.4.2.3 Sinnvolle Auswahl des Energieträgers

Die sinnvolle Auswahl des Energieträgers beinhaltet den Einsatz der jeweils günstigsten Energieart hinsichtlich des Anwendungszweckes. So ist es beispielsweise ratsam, als Heizenergie und zur Warmwasserbereitung Erdgas zu verwenden und nicht die elektrische Energie. Erdgas kann beim Verbraucher direkt nahezu ohne Umwandlungsverluste sofort in Wärme umgesetzt werden. Ferner verursacht Erdgas unter allen fossilen Brennstoffen die geringsten CO₂-Emissionen und kann damit einen Beitrag zur Reduzierung des vermutlich klimagefährdenden Treibhauseffekts leisten. Trotzdem ist es wichtig, einen „Energimix“ bereitzuhalten, denn nicht alle Haushalte sollten aufgrund der Begrenztheit dieser Ressource auf Erdgas umstellen. Regenerative Energieträger oder nachwachsende Energieträger sollten deshalb zusätzlich verstärkt zum Einsatz kommen.

¹ Zahlenmaterialien entstammen einem Oldenburger Kaufhaus.

13.5 Inhaltliche Vorschläge zum Themenbereich Energie im Fach Technik

Mit dem Themenkreis Energie können unterschiedliche Lernziele verbunden sein. Im folgenden werden einige aufgelistet:

- über grundlegende Kenntnisse von Grundbegriffen aus dem Bereich Energie verfügen
- die Entwicklung des Weltenergieverbrauches grob skizzieren, Angaben zu den Energievorräten nennen und Tendenzen des zukünftigen Energieverbrauchs beschreiben können
- erkennen, daß z.B. politische, wirtschaftliche Ereignisse und Rahmenbedingungen, technische Gegebenheiten, individuelles und gesellschaftliches Verhalten (z.B. Trend zum Zweitelektrogerät) sowie das Bevölkerungswachstum Einfluß auf den Weltenergieverbrauch haben
- die Stellung der unterschiedlichen Energieumwandlungssysteme hinsichtlich ihres Anteils zur Bereitstellung (national, global) elektrischer Energie angeben können und unterschiedliche Energieumwandlungssysteme anhand verschiedener Kriterien sachkundig bewerten können
- Bereiche, in denen während der Erzeugung und Verteilung von Elektroenergie Energieverluste auftreten, nennen können
- Wirkungsgrade unterschiedlicher Energieumwandlungssysteme nennen können
- Chancen, Grenzen und Risiken einzelner Umwandlungssysteme aufzeigen können (z.B. Nutzen und Folgen der Energieumwandlung eines Kohlekraftwerkes);
sowohl negative Folgen als auch positive Auswirkungen des Technikeinsatzes aufzeigen können, da nur so eine Gesamtbewertung der jeweiligen Technik möglich ist; ferner die Bedeutung des Energiethemas im Zusammenhang mit der Umweltproblematik erkennen können
- erkennen, daß im Bereich der Energiebereitstellung unterschiedliche Alternativen (fossile und regenerative Energieträger) existieren;
ferner über die Kenntnis verfügen, daß bei einem Einsatz mögliche Folgen zu berücksichtigen sind, und daß bei einer Bewertung der jeweiligen Energieumwandlungssysteme diese mit einzubeziehen sind
- den Aufbau, die Funktions- und Wirkungsweise verschiedener Energieumwandlungssysteme kennen
- die Verteilung des Energiebedarf eines Tages (Tageslastkurve) und die Ursachen für den unterschiedlichen Energieverbrauch eines Tages nennen können
- funktionstüchtige Modelle (z.B. Biogasanlage, Sonnenkollektor, Dampfkraftanlage) zur Erzeugung elektrischer Energie modellhaft planen, bauen und anhand unterschiedlicher Kriterien bewerten können

- den Energiebedarf bzw. Energieverbrauch der BRD sowie die Verteilung auf die Verbrauchergruppen (z.B. Industrie, Haushalte) angeben können
- verschiedene Bereiche von Energieanwendungen (z.B. im Bereich privater Haushalte, der eigenen Schule) aufzeigen und nennen können, für welche Zwecke der größte Energieeinsatz benötigt wird
- Gründe für die Notwendigkeit des Energiesparens angeben und Bereiche aufzeigen können, wo Energiesparen (z.B. Warmwasserbereitung, Heizung, Wärmedämmung) sinnvoll erscheint, sowie unterschiedliche Maßnahmen zur Energieeinsparung bezüglich unterschiedlicher Kriterien bewerten können
- den eigenen Strom-, Gasverbrauch überprüfen und diesen mit dem Verbrauch bzw. den Durchschnittswerten anderer Haushalte vergleichen können, „Energiefresser“ im Haushalt aufspüren und die eigenen Lebens- und Nutzungsgewohnheiten hinterfragen sowie Jahresenergieabrechnungen lesen und interpretieren können
- erkennen, daß Energiesparmaßnahmen keineswegs auch Konsumversicht bzw. Verminderung der Lebensqualität bedeuten müssen und anhand konkreter Beispiele aufzeigen können, daß gleiche Resultate auch mittels geringerem Energieeinsatzes erfolgen können (z.B. unterschiedliche Verfahren zur Warmwasserbereitung bewerten)
- über die Kenntnis verfügen können, daß aufgrund zeitlicher und räumlicher Gründe die Speicherung von Energie erforderlich ist, und daß die Speicherung und der Transport erhebliche Probleme bereiten
- die historische Entwicklung der Energiebereitstellung und -anwendung, wie z.B. Muskelkraft des Menschen oder Tieres als Antriebskraft, Dampfmaschine als Antriebsmaschine und damit Loslösung der Abhängigkeit von Wind- und Wasserkraft sowie die geschichtliche Entwicklung über die Nutzung (Heizen, Nahrungsmittelzubereitung) unterschiedlicher Brennstoffe wie z.B. Torf, Holz, Kohle und mögliche Folgen einer offenen Feuerstelle im Wohnraum, aufzeigen können

13.6 Fächerübergreifende Struktur der Thematik und Versuch einer inhaltlichen Zuordnung zu verschiedenen Unterrichtsfächern

Durch die Vielzahl der angesprochenen Bereiche der Energiethematik und die Möglichkeit, deren Vernetzung zu zeigen, konnte der fächerübergreifende Aspekt des Themas angedeutet werden. Eine umfassende Behandlung der Thematik, in der unterschiedliche Sachzusammenhänge deutlich werden, läßt sich aufgrund der Stofffülle, die in den Jahrgängen bewältigt werden muß, vom Unterrichtsfach Technik lediglich anbahnen. Das bedeutet, daß es trotz der zahlreichen Bezüge des Unterrichtsfaches Technik zu naturwissenschaftlichen, politischen, wirtschaftswissenschaftlichen u.a. Bereichen dem Technikunterricht aufgrund seiner eigenen Inhaltsbereiche (z.B. Arbeit und Produktion, Transport und Verkehr, Information und Kommunikation) lediglich möglich ist, einzelne Zusammenhänge anzusprechen.

Eine intensivere Bearbeitung des Themenkreises Energie, in der Bezüge zu unterschiedlichen Dimensionen deutlicher hervortreten, ist möglicherweise im Rahmen eines Projektes „Energie“ realisierbar.

Eine Grundvoraussetzung für das Gelingen eines solchen Projektes ist, daß die Fachlehrer von Technik, Arbeit/Wirtschaft, Physik, Mathematik, Geschichte, Deutsch, Biologie, Werte und Normen als Team zusammenarbeiten. Auf das Problem der Realisierung eines kooperativen fächerübergreifenden Unterrichts wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen (*siehe Kapitel 11*).

Im folgenden werden stichpunktartig Anregungen zur fächerübergreifenden Behandlung des Themenkreises „Energie“ unterbreitet. Auf eine detailliert ausgearbeitete Unterrichtseinheit bzw. eines Projektes „Energie“ wird verzichtet. Je nach Leistungsstand und Lernvoraussetzungen der Klasse ist vom Lehrenden zu entscheiden, welche aktuellen Artikel, Statistiken, Tabellen u.a. Materialien zur Thematik herangezogen werden sollen. Im Rahmen eines Projektes können den einzelnen Fächern zum Themenkomplex mögliche Themen und Tätigkeiten zugeordnet werden.¹

Arbeit/Wirtschaft:

- Zusammenhang von Energieverschwendung und Wirtschaftsordnungen (z.B. sozialistische Marktwirtschaft in der ehemaligen DDR)
- Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und ausreichender Energieversorgung
- Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieaufwendungen
- Frühere Monopolstellung der Energieversorgungsunternehmen
- Energieversorgungsunternehmen (Aufgaben, Ziele, Arten, Strukturen, Energiewirtschaftsgesetz)
- Strompreise und Wettbewerbsfähigkeit
- Vergleich und Gründe für unterschiedliche internationale Strompreise
- Vergleich und Gründe für unterschiedliche Haushaltsstrompreise bzw. Industriestrompreise innerhalb einer Volkswirtschaft (regionale Preisdifferenzen)
- Berufe und deren Anforderungen, die mit der Energieversorgung zusammenhängen
- Subventionierung des Kohlebergbaus und Auswirkungen der Subventionierung auf das Wirtschaftsgeschehen (u.a. Arbeitsplatzaspekte)
- Ursachen, die eine rationelle Energienutzung eines Unternehmen behindern (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung)

¹ Für die Fächer Erdkunde, Deutsch, Mathematik wurde bereits im AWT-Info 2/1985 der Versuch unternommen, den einzelnen Fächern mögliche Themeninhalte zuzuordnen.

Mathematik:

- Ermittlung des kostenkünstigsten Tarifes bei bekanntem Jahresverbrauch von Strom / Gas

Die Tarife der Energieversorgungsunternehmen stellen lineare Funktionen¹ dar. Sie bestehen aus einem *Leistungspreis* (Jahres-Grundpreis aufgrund der Bereitstellung von Anlagen, Leitungen, Trafostationen) und einem *Arbeitspreis* (tatsächlich abgenommene Kilowattstunde innerhalb eines Jahres). Durch Eintragen der Tarife in ein Koordinatenkreuz und Betrachtung der Schnittpunkte kann der individuelle kostengünstigste Tarif bei bekanntem Jahresverbrauch abgelesen werden. Ebenso besteht die Möglichkeit der rechnerischen Ermittlung des günstigsten Tarifes. Durch Einsetzen des Leistungspreise (b_1 bzw. b_2) und Einsetzen der Arbeitspreise (m_1 bzw. m_2) und anschließendem Gleichsetzen der beiden linearen Funktionen

$$f_1(x) = m_1 \cdot x + b_1 \quad \text{und} \quad f_2(x) = m_2 \cdot x + b_2$$

ergibt sich ein bestimmter Jahresstromverbrauch (x) in kWh, bei dem der zu zahlende Endpreis bei beiden Tarifen gleich ist. Nun lassen sich sehr leicht Aussagen treffen, bei welchem Jahresverbrauch (über oder unter dem x -Wert) welcher Tarif am günstigsten ist.

- Sammeln und Verwerten mathematischer Informationen aus Texten zum Themenkreis Energie
- Wachstumsrate ($p\%$) und Wachstumsfaktor ($q = 1+p\%$)
Beispielweise kann die prozentuale Zunahme der Bevölkerung Afrikas in einem bestimmten Zeitraum oder die zu erwartende Bevölkerungszahl mittels des Wachstumsfaktors berechnet werden, um daraus wiederum den zu erwartenden Energiebedarf ermitteln zu können.
- Potenzfunktionen
Beispielsweise stellt die elektrische Leistung (P) in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit (v) eine Potenzfunktion dar. Da Windkraftanlagen in der Regel bei einer Windgeschwindigkeit von 2m/s bis 12 m/s betrieben werden, läßt sich dieser Sachverhalt mit der Potenzfunktion $f(v) = 0,067 \cdot v^3$ beschreiben und zeichnerisch darstellen.
- Multiplikation und Division von Potenzen mit gleicher Basis
(z.B. Umrechnen der gesetzlichen Einheit (Joule) in Kilojoule, Megajoule, Gigajoule usw.)

Physik:

- Erarbeitung und Definition der Begriffe: Arbeit, Energie, Leistung
- Arbeit im physikalischen Sinn
(Hubarbeit, Reibungsarbeit; Verformungs- oder Spannarbeit, Beschleunigungsarbeit)

¹ Lineare Funktionen sind Unterrichtsgegenstand der Klasse 8 der Realschule und werden in der Regel in Klasse 10 vor den Exponential- und Potenzfunktionen erneut kurz thematisiert.

- potentielle Energie bzw. Energie der Lage (Hubenergie, elastische Energie oder Spannenergie)
- kinetische Energie bzw. Energie der Bewegung
- Energieerhaltungssatz
- Herleiten der Formel zur Wärmemenge ($Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$)
- Herstellen von Beziehungen zwischen den Energieeinheiten
- Kernspaltung (Kernenergie, Kettenreaktion), Elektrolyse, Photoeffekt
- Aerodynamik

Chemie:

- Kältemittel, Aggregatzustände (Wärmepumpe, Umgebungswärme)
- Verbrennung und deren Endprodukte
- elektrochemische Prozesse, Elektrolyse, Thermolyse, Photolyse

Biologie:

- Entstehung fossiler Energieträger
- biochemischer Vorgang in einer Biogasanlage
- Gefahren für die Umwelt durch die Energieumwandlungsprozesse

Geschichte:

- historische Entwicklung der Energieumwandlung und Energieübertragung
- historische Betrachtung der Nahrungsmittel-, Warmwassererwärmung (z.B. offene Feuerstätte im Raum, eiserner Ofen, Gaskochstelle, Elektroherd, Induktionskochstelle u.a.)
- geschichtlicher Rückblick über die Nutzung unterschiedlicher Brennstoffe (jahrhundertlang: Holz, Kohle neuere Zeit: Gas, Öl, Elektrizität)

Deutsch:

- Anfertigen einer „Facharbeit“ zu unterschiedlichen Themen des Themenbereiches Energie
- exzerpieren von technischen, naturwissenschaftlichen Texten aus dem Bereich Energie
- formulieren offener Fragen und Probleme zum Themenkomplex Energie
- Pro-, Kontra-Diskussionen zu verschiedenen Energieumwandlungssystemen, Referieren unterschiedlicher Argumente

Sozialkunde / Politik:

- Bürgerinitiativen, Parteien, Energieversorgungsunternehmen, Kraftwerksbetreiber (z.B. deren Positionen zu unterschiedlichen Energieumwandlungssystemen sammeln)
- staatliche Verantwortung hinsichtlich der Energieversorgung

- wirtschaftliche und politische Zusammenhänge im Bereich Energiesektor (Förderungsprogramme, Energiepreise)
- Genehmigungsverfahren bei technischen Großprojekten zum Sektor Energie
- Investitions- und Subventionswesen im Sektor Energie

Werte und Normen:

- Verantwortung des einzelnen in unserer Gesellschaft
- normative Fragen und ethische Aspekte zum Themenkomplex Energie
- Fragen der Geburtenkontrolle in Schwellen- und Entwicklungsländern (bzgl. Energieprobleme)

Erdkunde:

- Überlegungen zu Standorten einer Windkraftanlage, eines Kohle-, Atom-, Wasserkraftwerkes u.a.
- Landschaftszersiedlung
- Wind und seine Entstehung (z.B. Aspekte der Sonnenstrahlung)
- Gezeitenkraftwerke (z.B. im Zusammenhang mit der Behandlung von Ebbe und Flut)
- geothermische Kraftwerke

14. Beispiel einer Bewertungsaufgabe -Kaffeewasserzubereitung

14.1 Allgemeine Überlegungen

Der Unterrichtsgegenstand „*Erzeugung von warmem Wasser im Haushalt am Beispiel der Kaffeewasserbereitung*“ kann in einer Doppelstunde im neunten oder zehnten Jahrgang im Unterrichtsfach Technik durchgeführt werden.¹

Die Doppelstunde ist in die Unterrichtseinheit „Energie“ eingebettet, wobei diese neben den technikspezifischen Kriterien auch ökonomische, ökologische, politische u.a. Aspekte thematisiert. Die Struktur der Unterrichtseinheit „Energie“ orientiert sich demnach an einem mehrperspektivisch angelegten Technikunterricht, in dem ein mehrdimensionales Verständnis von Technik angebahnt werden soll. Mögliche Themeninhalte bzw. Schwerpunkte zu einer Unterrichtseinheit „Energie“ lassen sich aus den allgemeinen Lernzielen, wie sie im *Kapitel 13.5* aufgelistet worden sind, ableiten. Eine Entscheidung darüber, inwieweit einzelne Fragestellungen vertiefend zu behandeln sind, kann nach vorheriger Klärung des Leistungsstandes der Lerngruppe und unter Berücksichtigung der Zeitökonomie erfolgen.

Die Gründe für die Wahl des Zeitpunktes der Behandlung des Unterrichtsgegenstandes „Kaffeewasserbereitung“ ergeben sich aufgrund lernpsychologischer Aspekte und der Notwendigkeit, auf die Vorleistungen anderer Unterrichtsfächer (z.B. Größenordnungen / Maßeinheiten umrechnen) zurückgreifen zu müssen. In der Regel verfügen die Schüler in den Jahrgangsstufen 9 und 10 zunehmend über die Fähigkeiten, komplexe Sachverhalte sachgerecht zu analysieren, so daß Technik in den verschiedenen Dimensionen erkennbar wird. Ferner scheint in diesem Alter das Interesse zu wachsen, sich mit gesellschaftlichen, politischen und ökonomischen Fragestellungen auseinandersetzen zu wollen. Die Fähigkeit, sich mit Sichtweisen und Argumenten verschiedener Interessengruppen angemessen auseinanderzusetzen und energiewirtschaftliche Maßnahmen „umfassend“ zu bewerten, scheint in diesen Jahrgangsstufen zunehmend „ausgebaut“ werden zu können.

Es geht demnach nicht nur um die Vermittlung von Sachkenntnissen (kognitive Ebene), sondern auch um das Schaffen eines Problembewußtseins (affektive Ebene) für die Zusammenhänge von technischen, ökonomischen, gesellschaftspolitischen, ökologischen und naturwissenschaftlichen Bereichen. Das Wissen um solche Zusammenhänge ist als ein Beitrag zu sehen, zu einem differenzierten Urteil über bestimmte technische Anwendungen zu gelangen. Interessenlagen und Interessenkonflikte verschiedener Gruppen (z.B. Umweltschützer, Energieversorgungsunternehmen, Konsumenten) sind demnach zu erörtern. Ferner ist die Unterrichtseinheit unter dem Aspekt zu betrachten, dem

¹ Anregungen für die Behandlung dieses Bereiches entstammen den Aufsätzen von: DRUBE, B (1985); DRUBE, B; PFINGSTEN, H. (1985); HEIDORN, F. (1983)

Schüler solche Kompetenzen zu vermitteln, wie sie bereits im *Kapitel 9* beschrieben worden sind.

Ziel der Doppelstunde ist es, anhand von ausgewählten Versuchen einen Unterricht zu initiieren, der aufzeigt, daß mittels unterschiedlicher Energieformen und technischer Verfahren der „Energieeinsatz“ zur Warmwassererzeugung reduziert werden kann, ohne dabei die Lebensqualität zu verringern. Es geht zunächst darum, zu bewerten, welche Energieform für welchen Zweck eingesetzt werden sollte.

Im Rahmen einer Gesamtbewertung sollte dem Schüler klar werden, daß es zwar sinnvoll ist, bei einer Bewertung zunächst technikimmanente Kriterien zu berücksichtigen, eine Gesamtbewertung jedoch die Beachtung weiterer Kriterien erfordert. Dem Schüler soll deutlich werden, daß man zu anderen Bewertungsergebnissen gelangt, wenn weitere Bewertungskriterien zugelassen werden und die Prioritätensetzung der Kriterien eine andere ist. Um die Lernenden jedoch während der Durchführung des technischen Experiments nicht zu überfordern, sollten zunächst solche Bewertungskriterien aufgestellt werden, wie sie in *Variante I Abschnitt 14.3.2* aufgeführt sind. In die Auswertungs- und Bewertungsphase fließen dann noch weitere Bewertungskriterien ein (*siehe Abschnitt 14.3.4*). Dazu sind weitere Unterrichtsstunden erforderlich.

Folgende Übersicht (*Abb. 39*) soll einen Überblick geben, inwieweit das Unterrichtsbeispiel geeignet erscheint, einzelne Dimensionen anzusprechen. Diese Dimensionen können selbstverständlich nicht alle im Rahmen einer Doppelstunde angesprochen werden, so daß nach der Durchführung des technischen Experiments der Kaffeewasserbereitung weitere Unterrichtsstunden zu veranschlagen sind.

	sehr gut geeignet	gut geeignet	weniger gut geeignet
technisch			
ökologisch			
ökonomisch			
politisch			
naturwissenschaftlich / mathematisch / logisch			
ethisch			
sozial			
anthropogen			
gesellschaftlich / kulturell			

Abb. 39 Eignung des Bewertungsgegenstandes hinsichtlich der Berücksichtigung einzelner Dimensionen

14.2 Lernziele, technische Handlungen und techniktypische Vorgehensweisen bezüglich der Bewertungsaufgabe

14.2.1 Lernziele

Gemäß der vorangestellten Überlegungen (*Abschnitt 8.4.3*) zu einer Strukturierung der Lernziele in kognitive, affektive und psychomotorische Ziele lassen sich bezüglich der Bewertungsaufgabe „Kaffeewasserbereitung“ folgende Zielvorstellungen stichwortartig formulieren:

Kognitive Ziele

Ziele bzgl. „Wissen / Kenntnis“

- Kenntnisse über verschiedene Möglichkeiten der Kaffeewasserbereitung (z.B. Mikrowelle, Tauchsieder, Kaffeemaschine, Gaskochstelle, Kohleofen)
- Kenntnisse über Werte, Normen, konkurrierende Faktoren, Indifferenzbeziehungen, Instrumentalbeziehungen, Technikfolgen
- Kenntnisse über die Sicherheitsvorschriften bei der Versuchsdurchführung
- Kenntnis von Bezeichnungen und Symbolen (z.B. Wechselstromzähler, η , W_{el} , ϑ_a , ϑ_e)
- Kenntnisse darüber, daß Technik nicht nur hinsichtlich technischer Kriterien, sondern auch bezüglich nicht technikimmanenter Aspekte zu bewerten ist
- Kenntnisse über verschiedene Formel (z.B. Formel zur Berechnung der elektrischen Arbeit, Wirkungsgrad, des zu zahlenden Strompreises)
- Kenntnisse über regionale Strom- und Gaspreisunterschiede

Ziele bzgl. „Verstehen“

- verstehen, daß ökonomische, ökologische, technische u.a. Aspekte konkurrieren können
- verstehen, daß der Wirkungsgrad ein Maß für die Wirtschaftlichkeit des verwendeten Haushaltsgeräts ist und damit zum Vergleich unterschiedlicher Haushaltsgeräte geeignet ist
- verwendete Formeln verstehen (z.B. in eigenen Worten den Inhalt der Formel wiedergeben können)
- Technik als historisch Gewachsenes, Veränderbares und im Spiel der Interessen Befindliches verstehen
- Abrechnungen der Energieversorgungsunternehmen verstehen und überprüfen können

Ziele bzgl. „Anwenden“

- unterschiedliche Bewertungskriterien auf die Bewertungsaufgabe anwenden

- Formeln bei der Aufgabenstellung anwenden
- vorhandene Normierungen verwenden
(z.B. bei der zeichnerischen Darstellung der Versuchsanordnung)
- vorhandenen Wissens auf die Bewertungsaufgabe anwenden

Ziele bzgl. „Analyse“

- technischen Geräte und Verfahren auf ihre Eignung zur Kaffeewasserbereitung analysieren
- geeignete Kriterien zum Vergleichen und Bewerten des Bewertungsgegenstandes auswählen
- Verbrauchs- und Kostenanalysen durchführen
- Zusammenhänge und Faktoren, die zu einer unterschiedlichen Gesamtbewertung der Bewertungsaufgabe führen oder eine Bewertung unverändert lassen, aufdecken
- Daten aus einem Kontext herauslösen
(z.B. Informationsmaterial wichtige Daten entnehmen)
- die verschiedenen eingesetzten Brennstoffe auf eine Bezugsgröße bringen, um die Energieaufwendungen miteinander zu vergleichen
(z.B. die eingesetzte Erdgasmenge in kWh umrechnen, um einen Vergleich mit den Energieaufwendungen der elektrischen Haushaltsgeräte während der Versuchsdurchführungen zu ermöglichen)
- Wirkungsgrade der verschiedenen technischen Geräte und technischen Verfahren vergleichen

Ziele bzgl. „Synthese“

- gewonnene Einzelerkenntnisse zusammenführen
- aus Bekanntem logische Schlüsse ziehen
(z.B. die Fragen beantworten: Ist es ökologisch sinnvoll, Strom zur Erzeugung von Wärme heranzuziehen?)
- Prognosen für die jährliche Energieaufwendung der Kaffeewasserbereitung erstellen

Ziele bzgl. „Bewertung“

- Bewertung der Verfahren zur Kaffeewasserbereitung hinsichtlich technikummanenter und außertechnischer Kriterien wie z.B:
 - Zeitaufwand, Handhabung, Sicherheitsaspekte, Energieeinsatz
 - Wirtschaftlichkeit
(z.B. aus der Sicht des privaten Haushaltes, ggf. unter Berücksichtigung regionaler Strom- und Gastarife)
 - Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung des Gesamtwirkungsgrades (Beachten der Umwandlungs-, und Übertragungsverluste der elektrischen Energie)

- aus den gewonnenen Einzelerkenntnissen eine Gesamtbewertung vornehmen
- Folgen technischer Prozesse auf Mensch und Umwelt abschätzen und bewerten
(z.B. folgenschwere Unfälle durch den Transport von Erdgas, Absenkungen von Flächen durch den Untertageabbau von Kohle, Veränderung von Gefälle und Führung von Fließgewässern durch Grubentrockenlegung, Luftverunreinigung bei der Energieerzeugung)
- unterschiedlichen Möglichkeiten der Kaffeewasserbereitung hinsichtlich außertechnischer Fragestellungen bewerten
(z.B. ökologische Verträglichkeit, Arbeitsplatzeffekte durch die Herstellung des Gerätes)
- im Bereich des Technikeinsatzes Entscheidungen treffen und begründen
- die eigenen Werte und Normen vertreten und Toleranz gegenüber anderen Wertvorstellungen zeigen
- Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren zur Kaffeewasserbereitung gegenüberstellen
- Urteil darüber abgeben, inwieweit die vereinbarte Vorgehensweise zur Bewältigung der Bewertungsaufgabe sinnvoll ist beziehungsweise war
- verschiedene Brennstoffe, wie z.B. Torf, Holz, Braun- und Steinkohlebrikett, hinsichtlich ihrer Heizwerte bewerten (die erforderlichen Kenntnisse sind vorher im Rahmen eines Lehrgangs zu erwerben)

Affektive Ziele

- zur Einsicht gelangen, daß der verantwortungsbewußte Umgang mit Energie notwendig ist
- Bereitschaft zu einem verantwortungsbewußten Umgang mit Energie fördern
- Interesse wecken, sich mit allgemeinen Fragestellungen zur Energiethematik auseinanderzusetzen
- Interesse entwickeln, Werte und Normen zur Entwicklung und Verwendung von Technik aufzustellen und zu überprüfen
- bereit sein, nach aufgestellten Werten und Normen zu handeln
- Bereitschaft entwickeln, sich mit Interessengegensätzen auseinanderzusetzen
- Bereitschaft und Fähigkeiten fördern, gewonnene Erkenntnisse in einer Gruppe vorzutragen
- Bereitschaft entwickeln, auf andere einzugehen und zuzuhören, Kritik ertragen zu können, andere Sichtweisen zu tolerieren
- Bereitschaft fördern, Meßergebnisse genau abzulesen, ordentlich zu protokollieren und sich an eine vereinbarte Vorgehensweise zu halten

- Vergnügen daran haben, sich mit technischen Fragestellungen auseinanderzusetzen
- Interesse entwickeln, sich über einen längeren Zeitraum anzustrengen (Durchhaltebereitschaft), um eine Aufgabenstellung zu lösen
- eigene Einstellung zur Technik reflektieren wollen

Psychomotorische (pragmatische) Ziele

- erforderliche Tätigkeiten durchführen, die notwendig sind, um einen Liter Wasser mit Erdgas und elektrischer Energie zum Sieden zu bringen (z.B. Zusammenstellen der erforderlichen Haushaltsgeräte und Hilfsmittel)
- Skizzen zum Versuchsaufbau anfertigen
- Meßergebnisse in eine Tabelle eintagen

Hinsichtlich der von HENSELER und HÖPKEN ausgewiesenen Zielebenen des Technikunterrichts lassen sich anhand des Unterrichtsbeispiels vornehmlich folgende Ziele erreichen.

		<i>Lernziele</i>
Zielebenen	<i>Technische Mündigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Werte und Normen zur Entwicklung und Verwendung von Technik aufstellen und überprüfen - Werte- und Normenhierarchie zur Bewertung von Technik aufstellen und überprüfen - entsprechend den aufgestellten Werten und Normen handeln - im Bereich der Technik Entscheidungen treffen und begründen und die Verantwortung dafür übernehmen - die eigenen Werte und Normen vertreten und Toleranz gegenüber anderen Wertvorstellungen zeigen
	<i>Technisches Grundverständnis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - allgemeine Strukturen des Energieumwandlungsprozesses erkennen und anwenden - technische Handlungen erkennen und ausführen - Folgen technischer Prozesse auf Mensch und Umwelt abschätzen - Zusammenhänge über Entstehung und Verwendung von Technik kennenlernen - Technik als historisch Gewachsenes, Veränderbares und im Spiel der Interessen Befindliches verstehen - Gesetzmäßigkeiten, die in der Technik einfach nachzuvollziehen sind, auf andere Bereiche übertragen
	<i>Bewältigung technischen Alltags</i>	<ul style="list-style-type: none"> - einfache technische Verfahren und technische Geräte kennen - technische Geräte bedienen - Abläufe planen und durchführen - bei allen Tätigkeiten auf Sicherheit achten

14.2.2 Technische Handlungen und techniktypische Vorgehensweisen

Das Unterrichtsbeispiel bietet die Möglichkeit, den im Technikunterricht unterrepräsentierten Bereich der Außerbetriebnahme anzusprechen sowie das Entstehen von Bedürfnissen zu thematisieren. Die technische Handlung des Verwendens wird angesprochen, da vom Lernenden Haushaltsgeräte zur Warmwasserbereitung bedient werden und weitere technische Hilfsmittel wie z.B. Wechselstromzähler, Stoppuhr zur Anwendung gelangen. Zahlreiche unterschiedliche Bewertungskriterien werden von den Lernenden ausgewählt, kommen zur Anwendung und können hinterfragt werden. Die technischen Handlungen des Konstruierens und Produzierens werden weniger angesprochen, da die Lernenden keinen technischen Gegenstand planen, entwerfen und herstellen. Das Unterrichtsbeispiel enthält aber durchaus Merkmale des Konstruierens und Produzierens, sofern die Lernenden den Aufbau zur Kaffeewasserbereitung eigenständig planen, die technischen Geräte und Verfahren selbständig auswählen und selbsttätig die Anordnung des Aufbaus vollziehen. Sie greifen auf technische Hilfsmittel wie Meßbecher, Stoppuhr u.a.m. zurück, um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Versuche zu gewährleisten. Hierbei wird die Chance der selbständigen Schülertätigkeit genutzt.

Im Rahmen der Durchführung des Unterrichtsbeispiels gelangen die folgenden techniktypischen Vorgehensweisen zur Anwendung:

Antizipierende Vorgehensweisen

- Auswählen und Überprüfen von Gesetzmäßigkeiten, um die Bewertungsaufgabe zu bewältigen
- Planen, Organisieren und Darstellen des Ablaufes eines Prozesses
- Aufstellen von Vermutungen, welche technischen Verfahren und technischen Geräte für die Bewertungsaufgabe am günstigsten erscheinen

Analysierende Vorgehensweisen

- Bestimmen der Merkmale und Eigenschaften von technischen Verfahren und technischen Gegenständen sowie die Überprüfung ihrer Eignung für die Bewertungsaufgabe
- Vergleichen der unterschiedlichen Energieaufwendungen, die während der Kaffeewasserbereitung ermittelt wurden
- Ermitteln und Vergleichen der Kosten

Vereinfachende / systematisierende Vorgehensweisen

- Klären der Versuchsbedingungen
- Aufstellen einer Tabelle mit Bewertungskriterien und Eintragen der eingesetzten Haushaltsgeräte
- Protokollieren des Versuchsablaufs und der Versuchsergebnisse

Realisierende Vorgehensweisen

- Auswahl und Einsatz geeigneter technischer Hilfsmittel und Verfahren
- Zusammenstellen, Bedienen und Handhaben der technischen Geräte
- Beachten und Anwenden von Bewertungskriterien

Vorgehensweisen der Einordnung und Bewertung

- Abschätzen der Folgen und Gefahren durch die Anwendung des technischen Gerätes oder technischen Verfahrens
- Vergleichen der eingesetzten technischen Geräte und technischen Verfahren
- begründete Stellungnahme bezüglich des Präferierens eines technischen Gerätes oder technischen Verfahrens hinsichtlich der aufgestellten Bewertungskriterien

14.3 Unterrichtsverlauf zur Bewertungsaufgabe „Kaffeewasserbereitung“

14.3.1 Gliederung und grobe Beschreibung der Unterrichtsphasen

Um die aufgestellten Ziele zu erreichen, wird die Durchführung der Bewertungsaufgabe wie folgt gegliedert:¹

- (1) Einführung in die Bewertungsaufgabe
- (2) Verständigung über die Art und Weise des Vorgehens
- (3) Durchführungsphase
- (4) Auswertungs- und Bewertungsphase

Die Auflistung zu den Unterrichtsphasen zur Erreichung der aufgeführten Ziele, stellt eine mögliche Vorgehensweise dar. Je nach Vertiefung der Bewertungsaufgabe und den Lernvoraussetzungen sind die einzelnen Schritte zu modifizieren. Die Abfolge der Unterrichtsschritte ist nicht zwingend einzuhalten. Sollten z.B. in der Durchführungsphase noch Verständnisfragen auftreten, so wird man kurz, um die Verständnisschwierigkeiten zu beseitigen, in die vorherige Phase wechseln.

Zu (1) Einführung in die Bewertungsaufgabe

- Die Lehrperson führt den zu bewertenden Sachverhalt in verständlicher schülergemäßer Sprache ein. Dazu bieten sich verschiedenen Varianten an, die in *Abschnitt 14.3.2* vorgestellt sind.
- Die Schüler stellen Vermutungen an, welche technischen Verfahren und Geräte zur Kaffeewasserbereitung am günstigsten sind.

¹ Eine ähnliche Einteilung nehmen HENSELER und HÖPKEN im Rahmen des Unterrichtsverfahrens technische Bewertung vor. Weitere wertvolle Hinweise zur Durchführung der technischen Bewertung können der Literatur HENSELER / HÖPKEN 1996, S. 105-111 entnommen werden.

- Die Lehrperson regt ggf. an, darüber nachzudenken, ob noch nicht genannte Verfahren zur Kaffeewasserbereitung denkbar sind.
- Es erfolgt eine gemeinsame Erarbeitung der erforderlichen Grundlagen zur Bewältigung der Bewertungsaufgabe. Je nach Lernvoraussetzungen sind ggf. naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten zu erarbeiten. Ferner sind aus geeigneten Informationsquellen Informationen zu entnehmen.

Zu (2) Verständigung über die Art und Weise des Vorgehens

Es ist zu klären, was die Lernenden am Ende des Unterrichtsvorhabens vorstellen sollen. Schwerpunkte dieser Phase werden sein:

- Besprechen und Aufstellen der Bewertungskriterien und Eintragen der Kriterien in eine Tabelle¹
- Verständigung über die Versuchsbedingungen um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen
- Besprechen einzuhaltender Sicherheitsaspekte während der Durchführung
- Klären von Verständnisfragen und Einteilung der einzelnen Gruppen

Zu (3) Durchführungsphase

In den einzelnen Arbeitsgruppen werden die Arbeitsaufträge mit Hilfe der bereitgestellten Mittel durchgeführt. Dabei sollen die verschiedenen Arbeitsgruppen jeweils unterschiedliche Verfahren zur Kaffeewasserbereitung untersuchen.

- Die Schüler nehmen den Versuchsaufbau in Angriff.
- Die Schüler lesen den Zählerstand ab und führen verschiedene Berechnungen durch.²
- Die Schüler notieren die durchgeführten Schritte, eingesetzten technischen Geräte, technischen Verfahren und protokollieren die Meßergebnisse in einer Tabelle.

Zu (4) Auswertungs- und Bewertungsphase

- Die Lernenden stellen die von ihnen ermittelten Ergebnisse vor, und die Ergebnisse der anderen Gruppen werden von den Schülern in ihre Tabelle ergänzt.
- Die einzelnen Gruppenergebnisse werden verglichen, und es schließen sich Diskussionen zu den Ergebnissen an. Es erfolgt eine vorläufige Bewertung der eingesetzten Verfahren und Haushaltsgeräte hinsichtlich der in der Phase 2 aufgestellten Kriterien.

¹ Es sollten zunächst solche Bewertungskriterien aufgestellt werden, wie sie in *Variante I, Abschnitt 14.3.2* aufgeführt sind. In die Auswertungs- u. Bewertungsphase fließen dann noch weitere Bewertungskriterien ein, wie in *14.3.4*.

² Näheres hierzu in *Abschnitt 14.3.3*

- Die Lehrperson macht im Gespräch darauf aufmerksam, daß in der bisherigen Bewertung in erster Linie technikimmanente Kriterien und naturwissenschaftliche Grundlagen eingeflossen sind. Sie regt dazu an, auch andere Aspekte zu nennen und liefert ggf. Impulse hinsichtlich außertechnischer Fragen. Erforderliche Materialien (z.B. über regionale Preisunterschiede) für eine abschließende Gesamtbewertung werden den Lernenden zur Verfügung gestellt.¹
- Die Bewertungsaufgabe endet mit einer Gesamtbewertung

14.3.2 Überlegungen zu nötigen Vorkenntnissen und möglichen Unterrichtseinstiegen

Die folgenden Ausführungen sind den Phasen (1) *Einführung in die Bewertungsaufgabe* und (2) *Verständigung über die Art und Weise des Vorgehens* zuzuordnen.

Um einer stofflichen Überfrachtung der Unterrichtsstunde vorzubeugen, aber auch um die Ziele der Unterrichtsstunde zu erreichen, ist es erforderlich, daß der Schüler über grundlegende Kenntnisse von Begriffen verfügt: Wirkungsgrad, Wärmemenge, Leistung, elektrische Arbeit. Diese Begriffe sind in den vorhergehenden Unterrichtsstunden mit den Schülern zu erarbeiten.

Ferner sind Kenntnisse über das Umformen von Energieeinheiten erforderlich. Für die Unterrichtsstunde ist es außerdem wichtig zu wissen, daß mittels des „Wechselstromzählers“ im Haushalt die elektrische Arbeit in Kilowattstunden (kWh) gemessen wird. Ebenso sollten den Schülern bekannt sein, was die Zählerkonstante eines Haushaltswechselstromzählers angibt und wie viele Umdrehungen der Zählerscheibe einer Kilowattstunde (kWh) entsprechen. Übliche Zähler weisen i.d.R. folgende Werte auf: 120, 150, 600, 1200, 2400 U/kWh. Die Zählerkonstante ist auf dem Leistungsschild eines Wechselstromzählers aufgedruckt.

Für den Unterrichtseinstieg bieten sich zahlreiche Zugänge an. Im folgenden sollen einige Varianten vorgestellt werden, die vorbereitend auf die Unterrichtsstunde „Kaffeewasserbereitung“ zu sehen sind und ggf. eigene Unterrichtsstunden erfordern.

Variante I:

Anhand einer Übersicht über den Energieumsatz eines Durchschnittshaushaltes kann der Frage nachgegangen werden, für welche Energieanwendung im Haushalt pro Jahr sehr viel Energie aufgewendet werden muß.² Aus den Übersichten „Jahresstromverbrauch ausgewählter Elektro-Hausgeräte nach Haushaltsgrößen in Abhängigkeit von Personenzahl (in kWh)“, die bei den Energieversorgungsunternehmen zu beziehen sind, kann der Schüler entnehmen,

¹ Anregungen hinsichtlich weiterer Bewertungskriterien liefert der *Abschnitt 6.1.10* dieser Arbeit.

² Ein ähnlicher Einstieg ist denkbar, indem die Schüler eine Jahresabrechnung vom eigenen Haushalt in den Unterricht einbringen.

daß speziell der Energieanteil beim Bereiten von warmem Wasser sehr hoch ist (siehe Abb. 40).

Geräte	Anzahl der Personen im Haushalt			
	1	2	3	4
Elektroherd	210	405	465	600
Kühlschrank	290	320	340	370
Gefriergerät	310	360	430	435
Waschmaschine	80	140	220	300
Wäschetrockner	135	235	340	480
Geschirrspüler	130	210	260	340
Warmwasser für Bad	470	780	1080	1390
Warmwasser für Küche	250	300	350	420
Fernseher	110	140	175	190
Heizungsumwälz- pumpe u.ä.	250	290	330	370
Licht	200	295	340	450
Radio, Kleingeräte usw.	260	450	630	690

Abb. 40 Jahresstromverbrauch ausgewählter Elektro-Hausgeräte nach Haushaltsgrößen in Abhängigkeit von Personenzahl (in kWh), Quelle EWE-Oldenburg, 2001

Im weiteren Unterrichtsverlauf kann der Frage nachgegangen werden, ob es möglicherweise besonders sparsame Verfahren und Geräte der Heißwasserbereitung (speziell Zubereitung von Kaffeewasser) gibt. Nachdem von den Schülern Vermutungen angestellt wurden, welche Energieform und welches Gerät am günstigsten zur Kaffeewasserbereitung erscheint, wird ein Kriterienkatalog erstellt, welcher zur späteren Durchführung des technischen Experiments, aber auch bei der abschließenden Bewertung herangezogen wird. Als Bewertungskriterien sind denkbar:

- Energieaufwendung des Gerätes in kWh während der Kaffeezubereitung
- Energiekosten pro Jahr (anhand der Betriebszeit des Gerätes pro Jahr)
- Zeitaufwand der Kaffeewasserbereitung (Vorbereitungszeit, Zeitaufwand der Wassererwärmung)
- Endtemperatur des Kaffees
- Wirkungsgrad des Gerätes bzw. des Verfahrens
- Sicherheitsaspekte (z.B. Gefahr, sich zu verbrühen)
- Geräusentwicklung während der Zubereitung des Kaffees
- Ästhetik (z.B. als Entscheidungsargument für ein Gerät)
- Umweltfreundlichkeit (Ist das Gerät ökologisch sinnvoll? Wird das Gerät während des Jahres oft benutzt?)

- Handhabung (z.B. Bedienungsfreundlichkeit des Gerätes, Eigenschaften des Ausgießen des Kaffees, Reinigungseigenschaften)
- Kosten der Anschaffung des Gerätes

Um vergleichbare Versuchsergebnisse zu erzielen, ist es erforderlich, daß dem Schüler einsichtig wird, daß vor Beginn der Versuchsdurchführung annähernd die gleichen Rahmenbedingungen, wie z.B. gleiche Anfangstemperatur des Wassers, gleiche Menge Wasser, gleiche Größe der Gefäße, vorhanden sein müssen. Nachdem diese Voraussetzungen zur Bewertung geklärt sind, kann mit der Versuchsdurchführung begonnen werden.

Variante II:

Ein anderer Zugang, der vermutlich etwas mehr Zeit beansprucht, ist, in einer vorherigen Unterrichtsstunde zunächst der Frage nachzugehen, wo und zu welchem Zweck im Haushalt Energie benötigt wird.

Anhand von Typenschildern einzelner elektrischer Geräte, denen Leistungsdaten entnommen werden und unter Berücksichtigung der jährlichen Einschaltzeiten wird dann der jährliche Energiebedarf errechnet. Sowohl die Anschlußwerte als auch die wöchentlichen Einschaltzeiten der einzelnen Geräte sind vorab vom Schüler abzuschätzen. Die Schüler stellen dann beim Vergleich der Anschlußwerte unterschiedlicher Geräte (z.B. Spülmaschine, Warmwasserboiler, Elektroherde) fest, daß die Leistungsaufnahme bei Geräten zur Wärmeerzeugung hoch ist. Nun wird wie bei *Variante I* der Frage nachgegangen, ob es besonders sparsame Verfahren und Geräte zur Kaffeewasserbereitung gibt. Der weitere Verlauf der Unterrichtsstunden ist dann wie bei *Variante I* (Erstellen eines Kriterienkataloges etc.).

Variante III:

Ohne großes Federlesen wird die Unterrichtsstunde mit der Frage eingeleitet: Kann Energie eingespart werden, indem auf eine Kaffeemaschine verzichtet wird und andere Verfahren (z.B. Tauchsieder, Mikrowelle, elektrische Kochplatte, Gasherd, Blitzkocher, Induktionskochstelle) zum Kochen des Kaffeewassers herangezogen werden?

Nachdem von den Schülern Vermutungen angestellt wurden, erfolgt der weitere Verlauf wie bei den anderen Varianten.

Variante IV:

Diese Variante geht zunächst von einer historischen Betrachtungsweise aus. Es wird zunächst in einer eigenen Unterrichtsstunde die Frage gestellt, mit welchen Energieträgern (z.B. Torf, Holz, Kohle, Gas) möglicherweise die Urgroßeltern ihr Kaffeewasser erhitzt haben. Danach wird darauf eingegangen, ob es sinnvoll wäre, derartige Energieträger auch heute noch zu verwenden. Dabei sind sowohl die Vor- und Nachteile der elektrischen Energie als auch der früheren Energieträger anzusprechen (z.B. Lebensqualität, Brennwerte der Energieträger etc.).

14.3.3 Durchführungsphase - Versuche zur Kaffeewasserbereitung

Nachdem ein Kriterienkatalog von den Schülern erstellt wurde und Einigung über die *Versuchsbedingungen* (z.B. Wassertemperatur, Menge des zu erheizenden Wassers, Topfgröße und Durchmesser der Kochplatte, geschlossenes Gefäß verwenden) sowie die *technischen Hilfsmitteln* (z.B. Stoppuhr, Thermometer, Meßbecher, Tauchsieder, Wasserkocher, Kochendwassergerät, gußeiserne Kochplatte, Induktionskochzone, Glaskeramikkochfelder, Mikrowelle, Bunsenbrenner, Kaffeemaschine u.a.m.) besteht, kann mit der Versuchsdurchführung begonnen werden.

Ermittlung der zugeführten elektrischen Energie sowie der Kosten für die elektrische Arbeit

Um die benötigte elektrische Energie sowie die Kosten zu ermitteln, die zur Erwärmung des Wassers erforderlich sind, bieten sich verschiedene Vorgehensweisen an.

Denkbar sind der Einsatz eines „*Haushaltswechselstromzählers*“ (Abb. 41) (sog. Induktionszähler bzw. Kilowattstundenzähler) aber auch eines „*digitalen Meßgerätes*“ (Abb.42) (A/D-Wandler), die zwischen Steckdose und Haushaltsgerät geschaltet werden.¹

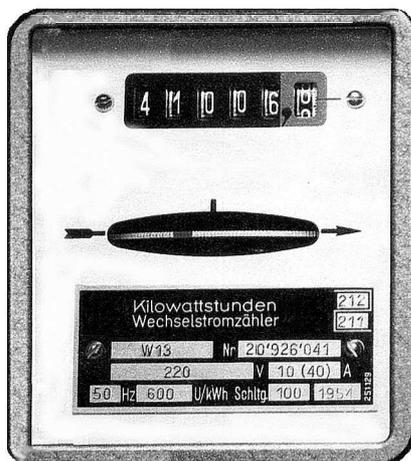


Abb. 41 Haushaltswechselstromzähler

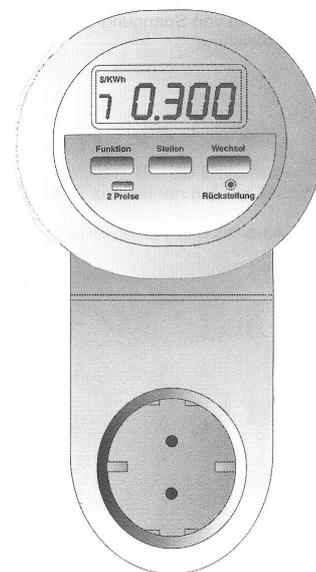


Abb. 42 Energiekosten Meßgerät

¹ Näheres zum Aufbau und zur Funktionsweise eines Induktionszählers in: HILLE, W; SCHNEIDER, O. 1979; S. 91ff.

Die digitalen Meßgeräte¹ bieten den Vorteil, daß bei eingegebenem aktuellen Stromtarif die Kosten der Energieaufwendung für den jeweiligen Verbrauch angezeigt werden. Der Einsatz solcher Geräte ist im Technikunterricht sicherlich nur dann zu rechtfertigen, wenn die Schüler über die Fähigkeit verfügen, die Energieaufwendungen und Stromkosten auch rechnerisch zu ermitteln, so daß fehlerhafte Anzeigenwerte des digitalen Meßgerätes nach vorheriger Überschlagsrechnung vom Schüler erkannt werden. Ferner scheint nur so gewährleistet zu sein, daß die Schüler auch nach ihrer Schulpflicht über die Fähigkeit verfügen (nach vorherigem Ablesen des Zählerstandes des Haushaltswechselstromzählers), eigene Jahresstromabrechnungen zu verstehen.

Rechnerisch läßt sich die zugeführte elektrische Energie nach der Formel der elektrischen Arbeit ($W_{el} = P \cdot t$) bestimmen, indem die Leistung des Gerätes mit der bis zur gewünschten Temperatur benötigten Zeit multipliziert wird. Einheiten der elektrischen Arbeit sind die Wattsekunde (Ws) oder auch Joule (J) bzw. bei einer entsprechenden Umrechnung die Wattstunde (Wh), Kilowattstunde (kWh), Kilojoule (kJ) etc..

Die von einem Zähler gemessene bzw. vom Schüler rechnerisch ermittelte elektrische Arbeit (W) ist beim EVU zu bezahlen. Das bedeutet, der zu zahlende Arbeitspreis (A) ergibt sich aus der Anzahl der dem Netz entnommenen Kilowattstunden multipliziert mit dem Preis pro Kilowattstunde (p). Daraus ergibt sich die Formel:

$$A = W_{el} \cdot p \quad \text{wobei} \quad A \text{ in Euro; } W_{el} \text{ in kWh; } p \text{ in Euro/kWh}$$

Neben diesem Arbeitspreis verlangen die EVU noch eine feste Grundgebühr pro Jahr. Ferner gelten für private Haushalte sowie für die Industrie unterschiedliche Tarife, die unter anderem von der Jahresabnahmemenge abhängig sind.

Da dem Schüler vermutlich der Umgang mit den Energieeinheiten (kWh) sowie die Berechnung der Strompreise Schwierigkeiten bereitet, bietet sich für den Unterricht zunächst der Einsatz eines „Haushaltswechselstromzählers“ an. Ferner scheint der Realitätsbezug durch den Einsatz eines „Haushaltswechselstromzählers“ eher gewährleistet, da im privaten Haushalt die Energiemessung nicht durch ein „Digitalmeßgerät“, sondern durch die von den Elektrizitätswerken installierten Wechselstromzähler erfolgt. Ausrangierte, aber noch funktionsfähige und korrekt anzeigende Geräte sind ggf. bei den Elektrizitätswerken kostenlos zu beziehen. An diesen Geräten ist lediglich das Anbringen eines Zwischensteckers erforderlich, um sie im Unterricht einsetzen zu können. Kostengünstige Wechselstromzähler mit vorhandenem Zwischenstecker sind in der Preiskategorie 15 Euro - 25 Euro in Baumärkten und bei Elektronikhändlern erhältlich.

¹ Elektrofachgeschäfte bieten solche Geräte für unter 20 Euro an. Bei den Energieversorgungsunternehmen sind die digitalen Meßgeräte in der Regel kostenlos auszuleihen.

Im folgenden sollen drei Varianten vorgestellt werden, die es dem Schüler ermöglichen, im Rahmen des technischen Experimentes die benötigte elektrische Energie zur Kaffeewasserbereitung zu bestimmen.

Variante I:

Bei Geräten (z.B. E-Herde), bei denen kein „Haushaltswechselstromzähler“ zwischen Stecker und Steckdose geschaltet werden kann, ist es erforderlich, die Energieaufwendung anhand der Leistungsdaten (P) und der Einschaltzeit (t) des Haushaltsgerätes zu ermitteln. Dazu werden die folgende Formel sowie die aufgeführten Zusammenhänge von Größen benötigt.

$$W_{el} = P \cdot t \qquad 1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kWs} = 3600 \text{ kJ}$$

Weist beispielsweise eine Kaffeemaschine nach Angaben des Herstellers eine maximale Leistungsaufnahme (P) von 1200 Watt auf und soll diese Maschine für eine Betriebsdauer¹ von 4 Minuten 54 Sekunden eingeschaltet sein, dann ist eine elektrische Arbeit von 0,098 kWh erforderlich, um den Kaffee (8 Tassen á 125 ml) zuzubereiten. Dies ergibt sich durch die folgende Berechnung:

$W_{el} = P \cdot t$	<i>wobei</i>	$P = 1200 \text{ W}$	$= 1,2 \text{ kW}$
		$t = 4 \text{ min } 54 \text{ s}$	$= 294 \text{ s}$
<u>Nebenrechnung:</u>			
$W_{el} = P \cdot t$		$352,80 \text{ kWs}$	$= \frac{352,80}{3600} \text{ kWh}$
$= 1,2 \text{ kW} \cdot 294 \text{ s}$			
$= 352,80 \text{ kWs}$			$= 0,098 \text{ kWh}$
$= \underline{0,098 \text{ kWh}}$			

Variante II:

Bei dieser Variante wird anhand der Umdrehungen der Zählerscheibe eines „Haushaltswechselstromzählers“ die zugeführte elektrische Energie bzw. die elektrische Arbeit ermittelt. Dabei empfiehlt es sich, einen Wechselstromzähler mit einer hohen Umdrehungszahl der Zähl-scheibe (z.B. 600 Umdrehungen $\hat{=}$ 1 kWh) zur Hilfe zu nehmen, um einen möglichst exakten Wert zu erhalten, d.h.: Bei einem Wechselstromzähler mit hoher Umdrehungszahl pro kWh kann auch bei relativ kurzen Einschaltzeiten der Elektrohaushaltsgeräte sowie bei solchen Geräten mit geringerer Leistungsaufnahme die elektrische Arbeit ziemlich genau ermittelt werden. Dazu wird die rote Markierung auf der Zähl-scheibe solange beobachtet und die Anzahl der Zähl-scheibenumdrehungen notiert, bis die gewünschte Temperatur erreicht bzw. der Vorgang des Erhitzens und Durchlaufens des Wassers (z.B. in einer Kaffeemaschine) beendet ist.

Wurden beispielsweise bei einem Induktionszähler mit 150 Umdrehungen $\hat{=}$ 1 kWh, 14 $\frac{3}{4}$ Zähl-scheibenumdrehungen notiert, bis alles Wasser in einer

¹ Das ist die Zeit, die benötigt wird, bis das Wasser erhitzt und bis zur Austrittsöffnung des Steigrohres gelangt ist.

Kaffeemaschine durchgelaufen ist, dann wurden 0,098 kWh zum Kaffeekochen benötigt. Denn:

150 Umdrehungen	$\hat{=}$	1 kWh
1 Umdrehung	$\hat{=}$	1/150 kWh
	$\hat{=}$	0,0066 kWh
14 $\frac{3}{4}$ Umdrehungen	$\hat{=}$	14 $\frac{3}{4}$ · 0,0066 kWh
	$\hat{=}$	<u>0,098 kWh</u>

Variante III:

Bei dieser Variante wird vom Schüler der Zählerstand des Haushaltswechselstromzählers zu Beginn und am Ende der jeweiligen Versuchsdurchführungen notiert. Durch Subtraktion des alten Zählerstandes vom Neuen kann dann die elektrische Arbeit ermittelt werden.

Ermittlung der benötigten Menge an Erdgas und Bestimmen der Kosten für den Verbraucher

Da im Rahmen der Bewertung sowohl Wirtschaftlichkeitsüberlegungen als auch Umweltaspekte einbezogen werden sollen, scheint es während der Durchführung des technischen Experimentes sinnvoll, neben der elektrischen Energie auch das Erdgas als Energieträger zur Warmwasserbereitung zu betrachten.

Um die Menge an verbrauchtem Gas bestimmen zu können, ist ein „Haushaltsgaszähler“ zwischen Bunsenbrenner (oder gasbetriebem Campingkocher) und Gasflasche anzubringen.¹ Denkbar ist auch, das Experiment im Physik- oder Chemieraum der Schule durchzuführen, wo in der Regel feste Gasanschlüsse vorhanden sind.

Bei einem Haushaltsgaszähler wird der Verbrauch an Erdgas in der Einheit Kubikmeter (m³) gemessen. Um die ermittelten Verbrauchswerte des Erdgases mit den Versuchen der Elektrogeräte vergleichen zu können und somit eine Bewertung der unterschiedlichen Verfahren zu ermöglichen, ist es erforderlich, die eingesetzte Gasmenge in die Einheit kWh umzurechnen. Dazu ist es notwendig, jeden abgenommenen Kubikmeter Erdgas (V_0) mit dem Brennwert² des Gases (B) zu multiplizieren. Daraus ergibt sich die Formel zur Wärmeenergie:

$$W_g = V_0 \cdot B \quad \text{wobei} \quad W_g \text{ in kWh; } V_0 \text{ in m}^3; B \text{ in kJ/m}^3 \text{ oder kWh/m}^3$$

¹ Ausrangierte, aber noch funktionstüchtige Haushaltsgaszähler können gegebenenfalls kostenlos bei den EVU bezogen werden.

² Bei dem *Brennwert* ist der bei der Verbrennung entstehende Wasserdampf mit seiner Kondensationswärme berücksichtigt. Demgegenüber gibt es auch den sogenannten *Heizwert*, bei dem die Kondensationswärme unberücksichtigt ist.

Um den Realitätsbezug zu gewährleisten, d.h. die tatsächlichen Kosten des vom privaten Verbraucher zu zahlenden Preises für Erdgas zu bestimmen, sollte der Brennwert herangezogen werden, mit dem auch die Energieversorgungsunternehmen abrechnen. Bei den Stadtwerken Bramsche wird beispielsweise jeder abgenommene Kubikmeter Erdgas mit dem Brennwert 10 kWh/m³ multipliziert, so daß folgender Zusammenhang gilt:

$$1 \text{ m}^3 \cong 10 \text{ kWh}$$

Nachdem die benötigten Energieeinheiten zur Warmwasserbereitung vom Schüler ermittelt wurden, sind diese mit den Kosten pro Kubikmeter (k) des Erdgases zu multiplizieren, was auch als Arbeitspreis (A) bezeichnet wird. Daraus ergibt sich die Formel:

$$A = W_g \cdot k \quad \text{wobei} \quad A \text{ in Euro; } W_g \text{ in kWh; } k \text{ in Euro/kWh}$$

Neben diesem Arbeitspreis ist bei einer Jahresabrechnung eines EVU noch der sogenannte einmalig im Jahr zu zahlende Grundpreis zu berücksichtigen. Das sind die Kosten, die für das Bereitstellen des Gases und der Anlagen, wie der Transportleistungen und der Speicherung zu entrichten sind. Ebenso wie bei den Strompreisen, gelten je nach Jahresabnahmemenge unterschiedliche Tarife.

Ermitteln des Wirkungsgrades

Im Rahmen einer Bewertung sind nicht nur die Energiekosten, die Menge der zugeführten Energie und der Zeitaufwand relevant, sondern auch die Frage, inwieweit der Anteil der zugeführten Eingangsenergie (elektrische Energie / Erdgas) als aufgenommene Wärmemenge des Wassers genutzt werden kann.

Einen Aufschluß darüber liefert der *Wirkungsgrad* (η), bei dem das Verhältnis der aufgenommenen Wärmemenge des Wassers, d.h. der nutzbar gemachten Ausgangsenergie (Q) zur Eingangsenergie (W) zum Ausdruck gebracht wird. Der Wirkungsgrad ist also ein Kriterium für die Wirtschaftlichkeit des verwendeten Haushaltsgerätes. Als Formel des Wirkungsgrades ergibt sich:

$$\eta = \frac{\text{Ausgangsenergie}}{\text{Eingangsenergie}} = \frac{Q}{W} \quad \text{wobei} \quad Q; W \text{ in J, kJ, Ws}$$

Um den Wirkungsgrad der eingesetzten Haushaltsgeräte bestimmen zu können, ist es erforderlich, die aufgenommene *Wärmemenge* des Wassers (Q) zu ermitteln. Dies ist mit der Formel aus dem Bereich der Wärmelehre möglich.

$$Q = m \cdot c \cdot (\vartheta_c - \vartheta_a) \\ = m \cdot c \cdot \Delta \vartheta \quad \text{wobei} \quad m \text{ in kg; } c \text{ in } \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \Delta \vartheta \text{ in K}$$

Aus der Formel der Wärmemenge wird ersichtlich, daß die Wärmemenge Q abhängig ist von der Masse m , der Temperaturerhöhung¹ $\Delta\vartheta = (\vartheta_e - \vartheta_a)$ und der spezifischen Wärmekapazität² c der Flüssigkeit. Im Rahmen des technischen Experimentes ist also die Masse m , die Temperaturerhöhung $\Delta\vartheta$ zu bestimmen, aber auch die Wärmekapazität c des Wassers muß berücksichtigt werden. Die spezifische Wärmekapazität c beträgt beim Wasser $4,187 \frac{kJ}{kg \cdot K}$.

Im folgenden sollen einige Wirkungsgrade technischer Verfahren der Kaffeewassererhitzung, die experimentell ermittelt wurden, vorgestellt werden.

Verfahren I: (Kaffeemaschine)

Wird beispielsweise eine Kaffeemaschine mit der Leistung $P = 1200 \text{ W}$ für eine Zeit $t = 294 \text{ s}$ eingeschaltet und sbeträgt die Anfangstemperatur des Wassers (1 Liter) $\vartheta_a = 17^\circ \text{ C}$ und die Endtemperatur an der Austrittsöffnung des Steigrohres der Kaffeemaschine $\vartheta_e = 80^\circ \text{ C}$ und wurde ferner eine elektrische Energie³ von $W_{el} = 0,098 \text{ kWh}$ aufgewandt, dann gilt für den Wirkungsgrad η :

$\eta = \frac{Q}{W_{el}} = \frac{0,073 \text{ kWh}}{0,098 \text{ kWh}}$ $\approx 0,74$ $\approx \underline{\underline{74\%}}$	<p style="text-align: center;"><u>Nebenrechnung:</u></p> $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $= 1 \text{ kg} \cdot 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 63 \text{ K}$ $= 263,78 \text{ kJ} = 263,78 \text{ kWs}$ $= \underline{\underline{0,073 \text{ kWh}}}$
---	--

¹ Während Temperaturen in Grad Celsius ($^\circ\text{C}$) angegeben werden, werden Temperaturunterschiede in Kelvin (K) wiedergegeben.

² Versuche zur Wärmekapazität zeigen, daß Körper aus verschiedenen Stoffen bei gleicher Masse und Wärmezufuhr unterschiedliche Beträge in ihrer Temperatur aufweisen. Die Stoffeigenschaft bzw. Materialkonstante, die zahlenmäßig mit dem Begriff der Wärmekapazität erfaßt wird, ist demnach maßgebend dafür, daß für verschiedene Stoffe mit gleicher Masse unterschiedliche Wärmemengen erforderlich sind.

³ Aufgrund der Notwendigkeit gleicher Versuchsbedingungen wurde nur die benötigte elektrische Energie ermittelt, die bis zum Entleeren des Wasserbehälters und des Steigrohres notwendig ist. Die in einer Kaffeemaschine vorhandene Warmhalteplatte (mit ihrem ohmschen Widerstand) würde beim weiteren Betrieb elektrische Energie in Wärme umsetzen und eine Vergleichbarkeit der Verfahren erschweren.

Verfahren II: (Gasbrenner)

Wird auf einer Gaskochstelle zum Kochen von einem Liter Wasser mit einer Anfangstemperatur $\vartheta_a = 17^\circ \text{C}$ eine Zeit $t = 487 \text{ s}$ benötigt und wird dabei eine Gasmenge $V_0 = 0,019 \text{ m}^3$ aufgewendet, dann gilt für den Wirkungsgrad η :¹

$\eta = \frac{Q}{W_g} = \frac{0,096 \text{ kWh}}{0,19 \text{ kWh}}$ $\approx 0,51$ $\approx \underline{51\%}$	<p><i>Nebenrechnung:</i></p> $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $= 1 \text{ kg} \cdot 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 83 \text{ K}$ $= 347,52 \text{ kJ} = 347,52 \text{ kWh}$ $= \underline{0,096 \text{ kWh}}$ $W_g = V_0 \cdot B$ $= 0,019 \text{ m}^3 \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ $= \underline{0,19 \text{ kWh}}$
---	---

Verfahren III: (Gußeiserne Schnellkochherdplatte und Glaskeramik-Kochfeld)

Bei der gußeisernen Herdplatte als auch beim Glaskeramik-Kochfeld sind hinsichtlich der Energieaufwendungen und der Wirkungsgrade keine nennenswerten Unterschiede festzustellen.

Bei der gußeisernen Schnellkochherdplatte wurde bei maximaler Einschaltstufe eine elektrische Energie von $W_{el} = 0,20 \text{ kWh}$ benötigt, bei dem Glaskeramik-Kochfeld eine elektrische Energie von $W_{el} = 0,19 \text{ kWh}$, um einen Liter Wasser von $\vartheta_a = 17^\circ \text{C}$ auf $\vartheta_e = 100^\circ \text{C}$ zu erhitzen. Damit liegt der Wirkungsgrad η beim Glaskeramikkochfeld bei ungefähr 0,50 und bei der Schnellkochplatte bei 0,48.

Die hohen Energieaufwendungen bei diesen Verfahren der Wassererhitzung kommen dadurch zustande, daß zunächst die Kochplatte und der Boden des verwendeten Flötenkessels zu erwärmen sind, bevor das Wasser zum Kochen gebracht werden kann. Eine Reduzierung der Energieaufwendungen kann dadurch erreicht werden, indem die Nachwärme der Platten genutzt wird.

Verfahren IV: (Mikrowelle)

Bei der Mikrowelle kann die Endtemperatur des Wassers erst nach dem Abschalten des Gerätes abgelesen werden, da sich das Thermometer während des Erhitzens nicht im Garraum befinden darf. Dadurch ergibt sich das Problem, das Wasser auf annähernd $\vartheta_a = 100^\circ \text{C}$ zu erhitzen und erschwert somit einen Vergleich der Verfahren.

¹ Geht man von einem Brennwert von 35000 kJ/m^3 bzw. $9,722 \text{ kWh/m}^3$ aus, dann ergibt sich ein Wirkungsgrad von nahezu 52 %.

Bei höchster eingeschalteter Stufe der Mikrowelle (800 W), einer Einschaltzeit von 10 Minuten und 40 Sekunden und einer Endtemperatur von $\vartheta_e = 96^\circ \text{C}$ ergibt sich für den Wirkungsgrad η :

$\eta = \frac{Q}{W_{el}} = \frac{0,091 \text{ kWh}}{0,14 \text{ kWh}}$ $\approx 0,65$ $\approx 65 \underline{\%}$	<p><u>Nebenrechnung:</u></p> $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $= 1 \text{ kg} \cdot 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 79 \text{ K}$ $= 330,77 \text{ kJ} = 330,77 \text{ kWhs}$ $= \underline{0,091 \text{ kWh}}$
	$\Delta\vartheta = \vartheta_e - \vartheta_a$ $= 96^\circ \text{C} - 17^\circ \text{C}$ $= 79 \text{ K}$

14.3.4 Auswertungs- und Bewertungsphase

Nachdem innerhalb der einzelnen Schülergruppen unterschiedliche Verfahren zur Kaffeebereitung durchgeführt wurden und die Schüler die Versuchsergebnisse der Mitschüler in ihrer eigenen Auswertungstabelle notiert haben, kann im Klassenverband oder in einzelnen Gruppen eine abschließende Bewertung vorgenommen werden. Erfolgt zunächst eine Bewertung innerhalb einzelner Gruppen, sind diese Gruppenergebnisse in einem anschließenden Klassengespräch zu diskutieren und gegebenenfalls sind weitere Gesichtspunkte im Rahmen der Bewertung zu ergänzen.

Ziel der abschließenden Bewertung ist es unter anderem, dem Schüler die Konfliktrichtigkeit von Technikbewertungen erfahrbar werden zu lassen und aufzuzeigen, daß eine Bewertung von Technik aufgrund unterschiedlicher Kriterien erfolgt.

Dem Schüler ist in diesem Zusammenhang zu verdeutlichen, daß Entscheidungen nicht pauschal mit den Adjektiven richtig oder falsch, sondern vielmehr unter den Gesichtspunkten akzeptabel bzw. weniger akzeptabel zu beurteilen sind. Ferner ist dabei wesentlich und zu berücksichtigen, für wen das Präferieren einer bestimmten Sache akzeptabel bzw. weniger akzeptabel ist. Im folgenden werden einige Bewertungsaspekte aufgeführt.

Technische und ökonomische Dimension - Wirkungsgrad, Energiekosten und Anschaffungskosten für den privaten Haushalt

Beim Analysieren der vorliegenden Meßergebnisse kann zunächst festgestellt werden, daß die Energieaufwendung zur Kaffeebereitung bei einer Kaffeemaschine mit $W_{el} = 0,098 \text{ kWh}$ geringer ist als bei einer Gaskochstelle mit $W_g = 0,19 \text{ kWh}$. Ferner ist der Wirkungsgrad bei der herangezogenen Kaffeemaschine ($\eta = 0,74$) besser als bei der Gaskochstelle ($\eta = 0,51$). Eine Übersicht über die im Versuch ermittelten Wirkungsgrade der Verfahren zur Kaffeewasserzubereitung liefert die *Abb. 43*.

Haushaltsgeräte	Bewertungskriterien der Kaffeewasserbereitung						
	Zeit zum Erwärmen	ϑ_e	$\Delta\vartheta$	Leistungsaufnahme (W)	Benötigte Energie (kWh)	Wirkungsgrad	Energiekosten der Kaffeewasserbereitung (Cent)
Kaffeemaschine	4 min 54s	80° C	63 K	1200	0,098	≈ 0,74	1,274
Gaskochstelle	8 min 7s	100° C	83 K	-	0,19	≈ 0,51	0,722
Elektroherd	5 min 28s	100° C	83 K	2200	0,20	≈ 0,48	2,60
Glaskeramik-Kochfeld	5 min 42s	100° C	83 K	2000	0,19	≈ 0,50	2,47
Mikrowelle	10 min 40s	96° C	79 K	800	0,091	≈ 0,65	1,183
Tauchsieder	7 min 55s	100° C	83 K	1000	0,13	≈ 0,73	1,69
Wasserkocher / Kochendwassergerät	3 min 52 s	100° C	83 K	1800	0,096	≈ 0,83	1,248

Abb.43 Auswertungstabelle zu den Verfahren der Kaffeewasserbereitung

Stellt man den Arbeitspreis¹ vom Erdgas (38 Cent je m³) dem des elektrischen Stroms (13 Cent je kWh) gegenüber, so ist festzustellen, daß das Gas je kWh (3,8 Cent) wesentlich günstiger ist als der elektrische Strom. Das Erhitzen des Wassers mit Gas ist somit für den privaten Haushalt preiswerter.

Verläßt man die Betrachtungsebene des privaten Haushaltes und berücksichtigt in einer Gesamtbewertung die Umwandlungsverluste sowie die Übertragungsverluste vom jeweiligen Kraftwerk zum privaten Haushalt, dann wird deutlich, daß die Energieaufwendung zum Erhitzen des Wassers mittels des elektrischen Stroms wesentlich höher liegt als beim Gas. Geht man von ungefähr 2/3 Umwandlungs- und Übertragungsverlusten aus, so ist bei den elektrischen Haushaltsgeräten zur Kaffeebereitung auf den ermittelten Wert der elektrischen Energie (W_{el}) noch zweimal der Wert von W_{el} zu addieren. Für die Kaffeemaschine ergibt das ein *Gesamt- W_{el}* von 0,294 kWh. Dadurch schrumpft auch der Gesamtwirkungsgrad der Kaffeemaschine auf einen Wert von $\eta = 0,25$.

Bei geringem Kaffeekonsum ist der Anschaffungspreis der Kaffeemaschine ein weiterer nicht unerheblicher Bewertungsaspekt. Zieht man den Kaufpreis der während des technischen Experimentes benutzten Kaffeemaschine mit 23 Euro heran und vergleicht die Energieaufwendung der Wasserbereitung mit der Kaffeemaschine gegenüber der gußeisernen Herdplatte, dann sind ca. 1729 Kaffeebereitungen mit der Maschine erforderlich, bis sich diese auszahlt.² Für Personen, die also nur gelegentlich Kaffee trinken, ist der Kauf einer

¹ Gewählt wurde sowohl beim Erdgas als auch beim elektrischen Strom ein mittlerer Tarif (Bruttobetrag) der Stadtwerke Bramsche.

² Vorausgesetzt ist, daß in einem Haushalt ein Wasserkochtopf vorhanden ist, der nicht extra angeschafft werden muß.

Kaffeemaschine weniger empfehlenswert. Eine Anschaffung amortisiert sich erst bei denjenigen Personen, die täglich einen Liter Kaffee konsumieren und dies über einen Zeitraum von über 4½ Jahren. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus der nachstehenden Berechnung.

<i>Kosten der Kaffeebereitung (8 Tassen je 125 ml)</i>	
<i>Kaffeemaschine:</i>	0,098 kWh · 13 Cent = <u>1,27 Cent</u>
<i>Gußeiserne Herdplatte:</i>	0,20 kWh · 13 Cent = <u>2,60 Cent</u>
Kosteneinsparung aufgrund geringerer benötigter elektrischer Energie bei der Kaffeemaschine:	
2,60 Cent - 1,27 Cent = <u>1,33 Cent</u>	
Erforderliche Kaffeebereitungen bis zur Amortisation der Kaffeemaschine:	
2300 Cent : 1,33 Cent = <u>1729</u>	

Steht im privaten Haushalt kein Gasherd zur Verfügung, und ist zwischen den elektrischen Verfahren der Kaffeebereitung zu entscheiden, dann ist der Tauchsieder bzw. der Wasserkocher zu bevorzugen. Der bessere Wirkungsgrad dieser Verfahren läßt sich darauf zurückführen, daß die elektrische Energie im ohmschen Widerstand ohne wesentliche Verluste in Wärme umgesetzt wird, wobei der Heizstab direkt mit dem Wasser in Berührung steht.

Aroma, Zeitfaktor und Endtemperatur des Kaffees

Vergleicht man sämtliche Verfahren der Kaffeebereitung miteinander und nimmt eine Bewertung hinsichtlich des Aromas des zubereiteten Kaffees vor, dann ist ein besseres Aroma bei der frischen Handfilterung festzustellen.¹ Aufgrund längeren Stehens des fertigen Kaffees auf der Warmhalteplatte einer Kaffeemaschine wird zudem der Geschmack des Kaffees leicht bitter. Ein besserer Geschmack kann erzielt werden, indem der frisch durchgelaufene Kaffee zum Warmhalten in eine heiß ausgespülte Isolierkanne umgefüllt wird. Dies erfordert wiederum eine weitere Erhöhung des Energie- und Zeitaufwandes.

Ein weiteres Kriterium der Bewertung stellt die Endtemperatur des Kaffees dar. Bei der verwendeten Kaffeemaschine betrug die Temperatur des Kaffees bei eingeschalteter Warmhalteplatte² nach dem Durchlauf nur 76°C.³ Beim handgefilterten Kaffee wurde hingegen in der Thermoskanne eine Endtemperatur von 85°C gemessen. Das ist für viele Kaffeetrinker ein nicht unwesentliches

¹ Selbst bei Kaffeemaschinen mit sogenanntem Aromaschalter scheint dieses Defizit nicht behoben zu sein, was auch in der Zeitschrift Stiftung Warentest (1/1996) konstatiert wird.

² Die Energieaufwendung zum Warmhalten des Kaffees wurde bei den o.a. Ergebnissen nicht berücksichtigt und ist bei einer Gesamtbewertung noch einzubeziehen.

³ Dieses Defizit kann bei Gebrauch einer Kaffeemaschine, die mit einem Drucksystem arbeitet, behoben werden, diese Maschine ist jedoch in der Anschaffung um ein Vielfaches teurer als die für den Versuch verwendete Art der Kaffeemaschine.

Kriterium. Die Gefahr sich mit heißem Wasser zu verbrühen, ist allerdings bei der Handfilterung größer als bei der Kaffeemaschine.

Stellt man den Zeitfaktor zur Bereitung des Kaffees (Erhitzen des Wassers und Filterung des Kaffeepulvers) heraus, dann fällt im Rahmen einer Bewertung die Bereitung des Kaffees mittels einer Kaffeemaschine besser aus, als die der Handfilterung. Bei der Handfilterung sind auf die angegebenen Zeitwerte der vorgestellten Verfahren (*siehe Abb. 43*) noch 3 ½ min - 4 min zu addieren.

Ökologische und anthropogene Dimension

Im Zusammenhang mit der ökologische Ebene der Energiebereitstellung ist im Unterricht zu verdeutlichen, daß während der Energieerzeugung Schadstoffe freigesetzt werden, die umweltbelastend und gesundheitsgefährdend sind. Eine Übersicht über die Luftverunreinigungen während der Energieerzeugung liefert die *Abb.44*.¹

<i>Primärenergie-träger</i>	<i>Schadstoffe während der Energieerzeugung</i>					
	Staub	Schwefel-dioxid	Stick-oxide	Kohlen-monoxid	Kohlen-wasser-stoffe	Radio-aktivität
Kohle	■	■	■	■	■	■
Erdöl	■	■	■	■	■	■
Erdgas	■	■	■	■	■	■
Kernenergie	■	■	■	■	■	■
Sonne, Wind, Laufwasser	■	■	■	■	■	■

Abb. 44 Luftverunreinigung bei der Energieerzeugung (Quelle: Umwelt und Energie Bd.I, 1987, S. 175. Verändert aus VIERZIGMANN, A. 1995, S. 25)

Ferner sind nicht nur die Luftschadstoffe und die Energieaufwendungen während der Kaffeebereitung zu berücksichtigen, sondern auch Aspekte der Herstellung und Entsorgung der eingesetzten Haushaltsgeräte. So sind beispielsweise die bei der Herstellung einer Kaffeemaschine erforderlichen Energieaufwendungen und die zum Teil umweltbelastenden Schadstoffe nicht zu vernachlässigen. Die verwendeten Materialien enthalten oftmals eine Vielzahl giftiger Inhaltsstoffe, die

¹ Nähere Erläuterungen zu schädigenden Wirkungen auf die Umwelt durch den Abbau, die Förderung und den Transport von Primärenergieträgern sind der folgenden Literatur zu entnehmen: ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE, Oktober 1996, Heft 6, S. 4ff.; VIERZIGMANN, A. 1995, S. 24ff. Zu den Luftschadstoffen und deren befürchteten Wirkungen auf den Menschen siehe: VIERZIGMANN, A. 1995, S. 24 und 30

zudem nach der Außerbetriebnahme des Gerätes bei einer Deponierung oder Verbrennung freigesetzt werden und somit Mensch und Umwelt belasten.¹

Energiepolitische, gesellschaftlich-kulturelle und soziale Dimension

Im Rahmen der Bewertungsaufgabe „Kaffeewasserbereitung“ wird dem Schüler die energiepolitische Dimension dadurch erfahrbar, daß er die Tarife verschiedener Energieversorgungsanbieter bzw. unterschiedlicher Städte miteinander vergleicht. In der Preisstruktur sind nationale, aber auch regionale Unterschiede festzustellen.²

Eine vereinfachte Übersicht der Gründe unterschiedlicher Strompreise in EU-Ländern liefert die *Abb. 45*.

Land	Kraftwerke der öffentlichen Versorgung / Anteile an der Netto-Erzeugung in Prozent				Gründe für niedrige Strompreise
	Wasser	Kern-energie	Öl und Gas	Kohle	
Deutschland	4,9%	33,0%	6,1%	55,4%	niedrige Preise der Einsatzenergien Öl, Erdgas, Importkohle
Belgien	1,7%	58,6%	15,1%	23,9%	günstige Erzeugungsgrundlagen
Dänemark	0,1%	0,0%	12,4%	85,8%	Bezug preiswerter Importkohle aus Drittländern; günstiger Strombezug aus Norwegen und Schweden
Frankreich	17,8%	79,0%	0,7%	2,6%	niedrige Baukosten der Kernkraftwerke bei hohem Erzeugungsanteil, relativ hoher Wasserkraftanteil
Niederlande	0,2%	5,9%	57,8%	36,0%	eigene Gasvorkommen; Bezug preiswerter Importkohle
Österreich	77,5%	0,0%	15,5%	7,0%	sehr hoher Wasserkraftanteil

Abb. 45 vereinfachte Übersicht über die Gründe unterschiedlicher Strompreise in EU-Ländern; verändert aus: VDEW Juli 1996, S. 6

¹ Diese Zusammenhänge können im Unterricht lediglich angedeutet werden. Einzelheiten über Anteile umweltschädigender Stoffe und umweltbelastender Verfahren während der Herstellung und Außerbetriebnahme der eingesetzten Geräte (z.B. Kaffeemaschine) können nicht im Detail untersucht werden.

Eine Übersicht über die Materialzusammensetzung einer Kaffeemaschine ist zu finden in: ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE, Oktober 1995

² Der Preis, welcher für eine bestimmte Energieform zu zahlen ist, hängt sowohl von den Regeln von Angebot und Nachfrage als auch von politischen Entscheidungen ab. So ist der vom Verbraucher zu zahlende Preis für die elektrische Energie beispielsweise einerseits von der Subventionierung des deutschen Kohlebergbaus, andererseits von politischen Entscheidungen (Rohölpreise pro Barrel) der arabischen Staaten abhängig. Ebenso sind der preiswerte Bezug von Importkohle aus Drittländern, die eigenen Gasvorkommen und die niedrigen Baukosten von Energieumwandlungssystemen Kriterien für die Preisstruktur elektrischer Energie.

Die Tarife für Strom und Gas scheinen primär von den ökonomischen Interessen der Energieversorgungsunternehmen (EVU) bestimmt zu werden. Es ist denkbar, daß die EVU ein Interesse daran haben, daß die privaten Haushalt ihr Wasser mittels elektrischer Energie erwärmen. Da der Großteil an Energie im privaten Haushalt für die Wärmeerzeugung und ein geringerer Teil für elektrische Geräte benötigt wird, jedoch Kohle- und Atomkraftwerke in erster Linie der Erzeugung elektrischer Energie dienen, scheint es aus der Sicht eines Energieversorgungsunternehmens und eines Kraftwerksbetreibers sinnvoll, für elektrische Energie zur Wärmeerzeugung zu werben.

In einem historischen Rückblick der Stromversorgung Deutschlands bilanziert die Zeitschrift „Politische Ökologie“, daß auf energiepolitischer Ebene die Energieversorgungsunternehmen seit jeher Billigstromtarife eingesetzt haben, um:¹

- neben dem Hauptabnehmer Industrie auch kleingewerbliche Betriebe und Haushalte zu „erobern“ (Ausweiten des Stromanschlusses),
- andere Energieformen zu verdrängen (z.B. sollte der traditionell gebräuchliche Holzherd durch den Elektroherd, elektrischen Warmwasserboiler u.a.m. abgelöst werden)²,
- den Stromverbrauch der einzelnen Abnehmer zu steigern,
- neue Gebiete und Absatzmärkte für Stromanwendungen zu erobern.

Diese Energiepolitik scheint u.a. auch dazu geführt zu haben, daß lange Zeit nicht die Notwendigkeit bestand, effizientere technische Geräte zu entwickeln.

Ebenso können energiepolitische Standpunkte im Unterricht näher herausgestellt werden. So wurde beispielsweise am 1. April 2001 das 10 Jahre zuvor eingeführte *Stromeinspeisungsgesetz* (StrEG) durch das *Erneuerbare Energie Gesetz* (EEG) abgelöst. Das EEG führte teilweise zu einer deutlichen Erhöhung der Vergütungssätze und zu einer Ausweitung der Begünstigten. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise der VDEW der prinzipiellen Auffassung, „daß die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist und deshalb mit staatlichen Mitteln zu erfolgen hat“.³

Im Zusammenhang mit der sozialen Dimension können z.B. die Standpunkte eines Umweltschützers und Arbeitnehmers herausgestellt werden. Vom Standpunkt eines Umweltschützers erweist sich der Einsatz elektrischer Energie zur Wärmeerzeugung als energieverschwendend und umweltbelastend, da im Gegensatz zur elektrischen Energie, Erdgas weitgehend ohne Verluste zum Endverbraucher gelangt. Ein Arbeitnehmer, der im Bereich der Energieversorgung tätig ist, wird vermutlich Befürworter des Energieumwandlungssystems bzw. der

¹ Zeitschrift Politische Ökologie, Heft 40/1995, S. 14-17

² Unterrichtsmaterialien zur gesellschaftlich-kulturellen Dimension „Vom offenen Feuer zum Elektroherd“ in: ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE, Oktober 1996, Heft 5, S. 40

³ VDEW (2001), S. 11; vgl. auch RÖSCH, CH. (2001), S. 3

Energieform sein, die das Unternehmen, in dem er arbeitet, bereitstellt. Dies verstärkt sich ferner durch das Angebot von Haustarifen (Deputatstrom) für die Arbeitnehmer.

Ethische Dimension

Die ethische Dimension wird im Rahmen des Bewertungsgegenstandes angesprochen. Es werden Motiv und Sinn des Handelns thematisiert und Handlungsfolgen herausgestellt. Im Rahmen der Bewertungsaufgabe wird z.B. der Frage nachgegangen, ob es sinnvoll ist, zur Kaffeewasserbereitung elektrischen Strom einzusetzen. Desweiteren läßt sich die globale Dimension der „Ausbeutung“ des begrenzten Naturpotentials andeuten.

15. Schluß

In der vorliegenden Arbeit sind Teilbereiche zur geschichtlichen Entwicklung sowie die gegenwärtige Situation der Technikbewertung aufgezeigt und Grundlagen erarbeitet worden. Im Ergebnis ist festzustellen, daß u.a. die neuen sozialen Bewegungen und die Gewerkschaften einen Beitrag zur Entstehung der institutionalisierten Technikbewertung leisteten. Darüber hinaus zeigen weitere in dieser Arbeit angeführte Aspekte Gründe auf, die zur Institutionalisierung einer Technikbewertung führten. Der lange Weg bis zur Entstehung des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag ist nachgezeichnet worden, und dieser verdeutlicht, welche Widerstände im Verlauf der Institutionalisierung aufgetreten sind.

In der durchgeführten Untersuchung zeigt sich, daß an Technikbewertungen im Sinne eines Idealkonzeptes sehr hohe Ansprüche gestellt werden, die in ihrer Gesamtheit kaum realisierbar erscheinen. Es hat sich gezeigt, daß die Technikbewertung nie unumstritten war. Besonders aus den Reihen der Industrie wurde z. T. scharfe Kritik geübt, da nach Ansicht der Kritiker Technikbewertungen auf technische Innovationen hemmend wirken. Diese Behauptung kann in ihrer Pauschalität nicht gestützt werden. Die Durchsicht verschiedener Schriften zur Technikbewertung zeigt, daß eine Institutionalisierung der Technikbewertung nicht nur auf nationaler Ebene Eingang gefunden hat, sondern sich auch international Institutionen zur Technikbewertung innerhalb des politisch-administrativen Systems gebildet haben. Die Vielzahl heutiger Einrichtungen und durchgeführter Projekte zur Technikbewertung sowohl in der Bundesrepublik Deutschland als auch in den EU-Mitgliedstaaten verdeutlicht den hohen Stellenwert, der der Technikbewertung beigemessen wird. Es ist die Einsicht gewachsen, Technikfolgen im voraus abzuschätzen und zu bewerten und darüber hinaus Kommunikationsprozesse zwischen Wissenschaft, Öffentlichkeit und Politik institutionell zu verankern. Grob umschrieben ist festzustellen, daß die Technikbewertung zum gegenwärtigen Stand die wissenschaftliche Abschätzung möglicher Technikfolgen und deren Bewertung beinhaltet, wobei im Bewertungsprozeß die Prioritätensetzung bezüglich der herangezogenen Bewertungskriterien offenzulegen ist, damit die Schlußfolgerungen nachvollziehbar sind. Seit jüngster Zeit kristallisiert sich heraus, daß zunehmend auch die Industrie die Ideen der Technikbewertung aufgreift und darin positive Aspekte für das unternehmerische Handeln erkennt.

Es zeigt sich, daß Technikbewertungen in unterschiedlichen Bereichen vollzogen werden. Zu nennen sind bspw. technisch-wissenschaftliche Vereinigungen (z.B. VDI), außeruniversitäre Forschungsinstitute, Hochschulen, Privatpersonen, Verbraucherverbände und betriebliche Unternehmen. Es ist festzustellen, daß sich der VDI verstärkt mit der Bewertung von Technik beschäftigt, denn er hat eine Richtlinie zur Technikbewertung erarbeitet. Mittlerweile hat die VDI-Richtlinie 3780, die allgemeine Orientierungen zur Technikbewertung liefern möchte, weite Anerkennung erfahren. Viele Lehrtexte einzelner Wissenschaftsdisziplinen greifen die Gedanken und Vorschläge auf und unterbreiten Ergänzungsvorschläge zur

Richtlinie. Das vom VDI angeführte Werteoktagon erweist sich für die unterrichtliche Praxis als nützliche Hilfe. Beispielhaft sind in der vorliegenden Arbeit anhand des Werteoktogs Wertekonflikte, aber auch Indifferenzbeziehungen herausgestellt, die unter anderem für die unterrichtliche Auseinandersetzung mit der Technikbewertung von Bedeutung sind.

Im Rahmen der durchgeführten Literaturrecherche ist festzustellen, daß sich die in den verschiedenen Schriften aufgeführten Bewertungskriterien beziehungsweise Bewertungskategorien ähneln, jedoch mit unterschiedlicher Differenziertheit konkretisiert sind. Trotz dieser Differenziertheit stellen die aufgeführten Bewertungskriterien bzw. Bewertungskategorien für den unterrichtlichen Einsatz eine brauchbare Grundlage dar. Sie liefern dem Lehrenden bei der Planung von unterrichtlichen Bewertungsvorhaben Anregungen und können als allgemeine Orientierungen herangezogen werden. In der vorliegenden Arbeit fließen die angeführten Bewertungskriterien in die vorgestellten Unterrichtsbeispiele ein und finden als Untersuchungsrastrer Berücksichtigung bei der durchgeführten Analyse, die sich mit der „Berücksichtigung unterschiedlicher Wirkungsdimensionen in didaktischen Veröffentlichungen“ beschäftigt.

Ausgehend von der Fragestellung, inwieweit die Technikbewertung nach bestimmten Merkmalen zu gliedern ist, kommt die vorliegende Arbeit zum Ergebnis, daß eine Bewertung sowohl nach dem Anlaß als auch nach dem Zeitpunkt erfolgen kann. Basierend auf dieser Einteilung und der näheren Beschreibung der anlaßbezogenen Technikbewertung (probleminduziert, technikinduziert, projektinduziert) und der zeitpunktbezogenen Technikbewertung (innovativ, projektiv, reaktiv, retrospektiv) werden Unterrichtsbeispiele konkretisiert. Inwieweit diese Unterrichtsbeispiele für die Schule brauchbar sind, muß in einer Phase der unterrichtspraktischen Erprobung noch geprüft werden.

Ein weiteres auf der obigen Fragestellung basierendes Ergebnis ist die entstandene Abbildung 11, bei der die zeitpunktbezogenen Typen der Technikbewertung dem Lebenszyklus einer Technologie zugeordnet sind. Diese Einteilung kann bei der Vorbereitung von Technikunterricht, der sich mit der Technikbewertung beschäftigt, hilfreich sein. Der Lehrende kann sich vergegenwärtigen, daß bereits in der Phase der Ideenfindung eines technischen Gegenstandes neben den funktionsbezogenen Kriterien von den Schülern weitere Kriterien zu berücksichtigen sind. So ist zum Beispiel zu beachten, daß bei der Herstellung und Beschaffung der benötigten Roh- und Hilfsstoffe sowie der herangezogenen technischen Verfahren ein möglichst geringer Ressourcenverbrauch erfolgt und wenig Umweltbelastungen entstehen. Darüber hinaus ist auch im Technikunterricht zu thematisieren, daß die Vertriebs-, Gebrauchs-, Verbrauchs- und Entsorgungsphase (Technologielebenszyklus) bei einer etwaigen Einführung des technischen Produkts umwelt- und ressourcenschonend erfolgen sollte.

Durch die Auseinandersetzung mit den lernpsychologischen Studien und den darin enthaltenen lerntheoretischen Annahmen entstehen bezüglich der Technikbewertung im wesentlichen für die Unterrichtspraxis folgende Ergebnisse:

- Unterrichtsinhalte sind nach Möglichkeit nicht passiv rezeptiv, sondern aktiv handelnd zu erschließen, wobei dies nicht bedeutet, daß das rezeptive Lernen gänzlich im Unterricht ausgeschlossen wird.
- Die Eigeninitiative ist zu fördern, indem Aufgabenstellungen heranzuziehen sind, die eine eigenständige Planung, Herstellung und Bewertung eines technischen Gegenstandes beziehungsweise Verfahrens zulassen. In der vorliegenden Arbeit ist in diesem Sinne ein Unterrichtsbeispiel (Kaffeewasszubereitung) angeführt, das selbständige Schülertätigkeit zuläßt.
- Altersgemäße Unterrichtssituationen müssen geschaffen werden und es sind solche Unterrichtsinhalte auszuwählen, die beispielsweise zum Experimentieren und Erkunden anregen, da dadurch intrinsisch motiviert wird und Lernprozesse zunehmend selbstgesteuert werden.
- Nach Möglichkeit sind dem geistigen Entwicklungsstand entsprechende Problemlösungssituationen anzustreben, die die Gelegenheit zur Eigentätigkeit und zum selbständigen Denken bezüglich technischer Fragestellungen fordern und fördern. Durch eine problemorientierte Darbietung des Unterrichtsstoffes und dem selbständigen Lösen des Problems ist anzunehmen, daß auch zukünftig die Bereitschaft besteht, technische Problemstellungen selbständig zu lösen.
- Mittels eines operativen Durcharbeitens kann im Sinne Aebli's der Bildung starrer eingleisiger Denkgewohnheiten vorgebeugt werden, und ein bewegliches Denken wird gefördert.
- Die Schüler können bereits in der Sekundarstufe anhand einfacher Aufgabenstellungen für eine Technikbewertung sensibilisiert werden, da sie über die Voraussetzung verfügen, hypothetisch deduktiv zu denken.
- Die Überwindung des Egozentrismus stellt eine Grundvoraussetzung dar, um sich bei Technikbewertungen in die Standpunkte anderer Gesprächs- und Diskussionspartner hineinzusetzen und somit eigene Sichtweisen zu reflektieren.

Es zeigt sich aus den oben angeführten Ergebnissen, daß sowohl Piagets als auch Aebli's lerntheoretische Erkenntnisse für den Technikunterricht und die Behandlung der Technikbewertung bedeutungsvoll sind und in der Unterrichtspraxis fruchtbringend miteinander zu verknüpfen sind. In der vorliegenden Arbeit fließen diese Erkenntnisse in die vorgestellten Unterrichtsbeispiele ein.

Die Analyse über die Zuordnung der Technikbewertung zur inhaltlichen Dimension der technischen Bildung verdeutlicht, daß die Bewertung von Technik in Fachkreisen als wichtig erkannt wird. Bedauerlich ist jedoch, daß in

Fachzeitschriften der Technikdidaktik die Thematik zu wenig aufgegriffen wird. Konkrete Unterrichtsbeispiele zu Bewertungsaufgaben unter Berücksichtigung verschiedener Bewertungskriterien (z.B. ökonomische und ökologische) fehlen im allgemeinen. Es ist daher anzunehmen, daß in der unterrichtlichen Praxis die Bewertung von Technik unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewertungsdimensionen eher die Ausnahme darstellt. Aufgrund verschiedener Gespräche mit Kollegen ist festzustellen, daß im Technikunterricht eher der fertigungstechnische Aspekt (in Form von Fertigbausätzen) dominiert.

Die in der vorliegenden Arbeit angeführten fünf Problem- und Handlungsfelder (Arbeit und Produktion, Bauen und Wohnen, Versorgung und Entsorgung, Transport und Verkehr sowie Information und Kommunikation) erweisen sich als allgemeiner Orientierungsrahmen bei der Zuordnung möglicher Bewertungsinhalte als sehr brauchbar. So werden Beispiele möglicher Bewertungsinhalte den Problem- und Handlungsfeldern zugeordnet.

Im Rahmen der Analyse, inwieweit im Technikcurriculum bereits allgemeine Lernzieleinteilungen bestehen, die „wertungsbezogene Aspekte“ berücksichtigen, ist festzustellen, daß sowohl die von Wilkening als auch die von Henseler und Höpken vorgenommenen Lernzieleinteilungen beziehungsweise Zielperspektiven dem Anspruch gerecht werden, den Schüler zu befähigen, verantwortungsvoll mit Technik umzugehen. Um das Technikcurriculum zu bereichern, sind ausgehend von der Lernzieleinteilung nach Bloom Beispiele für kognitive, affektive und psychomotorische Lernziele aufgestellt worden, die in enger Verknüpfung mit der Bewertung von Technik stehen. Festzustellen ist, daß sich die oben genannten Lernzieleinteilungen beziehungsweise Lernzielebenen als nützlich erweisen, da sie bei der Planung von Unterricht einen geeigneten Bezugsrahmen zum Aufstellen konkreter Lernziele liefern. Nachweislich wird dies in der Bewertungsaufgabe „Kaffeewasserzubereitung“ bestätigt.

Die Auseinandersetzung mit den Methoden der Technikbewertung aus den Wissenschaftsdisziplinen sowie ihre Überprüfung auf die Übertragbarkeit auf den Technikunterricht hat ergeben, daß sich nicht alle Methoden in ihrer reinen Form aufgrund ihrer Komplexität für den Unterricht eignen. Die vorliegende Arbeit hat zum Ergebnis, daß einige Methoden zum Teil abgeändert worden sind, um sie in der Unterrichtspraxis einzusetzen. Somit können schülergemäß technische Sachverhalte in ökonomischen, ökologischen u.a. Zusammenhängen erschlossen werden. Einige Methoden (Methoden der Ideenfindung, Bewertungsmatrix, Kosten-Nutzen-Analyse, Zahlungsbereitschaftsbefragung, Produktlinienanalyse, Synektik) haben bereits eine unterrichtliche Erprobungsphase durchlaufen und sich als brauchbar erwiesen. Eine weitergehende Überprüfung durch einen größeren Anwenderkreis erscheint jedoch sinnvoll.

Verschiedene Qualifikationsebenen beziehungsweise Kompetenzebenen (Sachebene, Methodenebene, Bewertungsebene), die in einem zeitgemäßen Technikunterricht vermittelt werden sollten, sind in der Arbeit fortgeschrieben worden. Festzustellen ist, daß die verschiedenen Kompetenzebenen, die zusammen die komplexe Handlungskompetenz bilden, in der Literatur zum Teil

unterschiedlich bezeichnet werden, sich jedoch inhaltlich ähneln. Eine bundesweit einheitliche Bezeichnung ist wünschenswert.

Aus der Sichtung der Fachzeitschriften der Naturwissenschafts- und Technikdidaktik haben sich bezüglich des Themenkreises Energie folgende Ergebnisse herauskristallisiert:

- Durch die Analyse hat sich der Verdacht bestätigt, daß in der Schulrealität im Technikunterricht eher die technische Dimension Berücksichtigung findet und andere Dimensionen (z.B. soziale, ethische) vernachlässigt werden.
- Aspekte z.B. zur politischen und ethischen Dimension werden in den Veröffentlichungen zwar aufgegriffen, sie werden jedoch viel zu knapp und allgemein abgehandelt bzw. treten nur als Randbemerkung oder zur Legitimation des Unterrichtsstoffes auf.
- Eine Bewertung von Technik unter Berücksichtigung verschiedener Dimensionen fehlt im allgemeinen. Aufgrund dieses Defizits ist ein Beispiel einer Bewertungsaufgabe entstanden und in dieser Arbeit aufgeführt.
- Sowohl die Naturwissenschafts-, als auch die Technikdidaktik setzt sich mit dem Themenkreis Energie auseinander, es sind jedoch nicht durchgängig in jedem Jahrgang Energiethemen zu finden.
- In den Zeitschriften der Technik- und der Naturwissenschaftsdidaktik werden verstärkt Themen wie Sonnenenergie (Sonnenkollektoren und Solarzellen) und Windenergie aufgegriffen. Die Artikel liefern Anregungen für den Modellbau. Eine Themenabstimmung beider Didaktiken ist nötig, um eine Dopplung von Unterrichtsthemen zu vermeiden.
- Es ist auffällig, daß einige Themengebiete in den Zeitschriften der Technikdidaktik bisher nur unzureichend bearbeitet worden sind. Zu nennen sind:
Wärme kraftwerke (z.B. Atomkraft-, Kohlekraftwerke, kombinierte Gas- und Dampfkraftwerke, geothermische Kraftwerke und Blockheizkraftwerke),
Wasserkraftwerke (z.B. Gezeitenkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke),
Biogasanlagen, *Energiespeicherungen*, *Energieübertragungen* und *Wasserstofftechnologie*.
- Seit jüngster Zeit werden zunehmend ökologische Aspekte in den Fachzeitschriften angesprochen.
- Bewertungsaspekte für Energieumwandlungssysteme fehlen in den Veröffentlichungen und sind daher in der vorliegenden Arbeit erstellt worden.
- Einige in den Energieäquivalenztabelle angeführten Beispiele sind für die Unterrichtspraxis unbrauchbar. Beispiele für geeignete Energieumsätze sind in der vorliegenden Arbeit aufgeführt worden.

Die Überlegungen zum fachdidaktischen Konzept des Themenkreises Energie haben folgendes zum Ergebnis:

1. Die Thematik ist z.B. gegenwärtig und zukünftig für die Schüler bedeutsam, weil
 - fossile Energieträger nur begrenzt zur Verfügung stehen,
 - in Zukunft, z.B. aufgrund der steigenden Weltbevölkerung sowie der noch nicht erreichten Sättigung an Elektrogeräten im privaten Haushalt („Trend zum Zweitgerät“) ein höherer Bedarf an Energie wahrscheinlich ist,
 - Fachbegriffe und sachliche Grundlagen zur Energiethematik erforderlich sind, um an Diskussionen fachkompetent teilzunehmen und verantwortungsvoll Entscheidungen zu treffen. Ein erschreckendes Ergebnis ist, daß vielfach in den privaten Haushalten die Höhe der eigenen Stromrechnung nicht bekannt ist. Den privaten Haushalten attestiert die Studie des TAB (aus dem Jahre 2000) ein mangelndes Bewußtsein hinsichtlich Energie- und Umweltfragen.
2. Aus der Struktur des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland läßt sich ableiten, daß der Anteil der Haushalte am Energiebedarf in den vergangenen Jahren ständig zunahm, während die Industrie ihren Energiebedarf kontinuierlich senken konnte. Einige Gründe hierfür sind in der vorliegenden Arbeit zusammengetragen worden.
3. In den privaten Haushalten stellt die Wärmeerzeugung einen energieintensiven Bereich dar, in dem verstärkt Einsparungspotentiale möglich sind, und somit liefert dieser Bereich Anknüpfungspunkte für die unterrichtliche Aufarbeitung.
4. Maßnahmen zur Reduzierung der Energieaufwendungen im privaten Haushalt und im Bereich Industrie und Kleinverbraucher werden in der Arbeit vorgestellt und systematisiert. Handlungsebenen zur Reduzierung von Energieaufwendungen sind aufgezeigt, näher beschrieben, und anhand von Unterrichtsbeispielen konkretisiert worden.

Anhang

Auswertungstabellen:

Analyse der Aufsatzveröffentlichungen zum Themenkreis Energie unter Berücksichtigung verschiedener Wirkungsdimensionen

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1978	Muckenfuß, H.: Das Dampfkraftwerk im Klassenzimmer	Dampfmaschine mit angekoppeltem Fahrraddynamo zur Demonstration der wichtigsten Funktionsteile und -prinzipien eines Kraftwerkes	+		0	+								+	NiU: 8/225
1979	Schmitz, J.: Einfache Bestimmung des Brennwertes	Brennwert einer Kerze				+								+	NiU: 6/165
1978	Althoff, G.: Gefahrenbewußtsein bei der Nutzung von Elektroenergie	Sicherheit im Umgang mit Elektrogeräten, Beschaffenheit und Funktion einer Sicherung, Teile des Schutzkontakt-Steckers (SCHUKO)	+									+		+	TU: 8/30
1979	Hellweger, S.: Unterrichtseinheit Wärmepumpe	Aufbau und Funktionsweise, Energiebilanz	+	+		+	0						+	+	NiU: 6/167
1979	Brockt, M.: Ein Sonnenkollektormodell für Unterrichtszwecke	Arbeitsweise, Einfluß der Absorberschicht und des Einfallswinkels	+			+							+		NiU: 9/257
1979	Kalhoff, H.: Einfache Versuche zur Energieumwandlung	1. Versuch: Umwandlung mechanischer Energie - elektrische Energie - chemische Energie; 2. Versuch. Strahlungsenergie - elektrische Energie - chemische Energie				+								+	NiU: 6/175
1979	Tyrchan, G.: Elektrische Beleuchtung	technische, ökonomische, ergonomische und geschichtliche Gesichtspunkte der elektrischen Beleuchtung	+	+				0	+				+		TU: 12/5
1979	Duit, R.; Zelewski, H.D.: Ohne Energie ist es düster in unserem Leben	Deutschaufsätze zum Thema Energie (ein Jahr nach der Behandlung der Thematik im Physikunterricht)											+		NiU: 6/161

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1980	Grösel, P.: Solarzellen	historischer Überblick, Sachinformationen mit Anregungen für den Bau einfacher Solarmodelle	+	+		+				+			+	+	TU: 16/9
1980	Oest, W.: Energiesparen	Begrenztheit der Energiequellen, Struktur des Energieverbrauchs, Energiesparmaßnahmen in Haushalt und Verkehr	+	+			+			0			+		a+1: 4/7
1980	Lorenzen, M.; Eckstein, F.: Windenergienutzung	kurzer historischer Überblick, Vergleich zweier Rotorsysteme, Bau eines Windrades	+			0				+			+	+	a+1: 4/14
1980	Janisch, R. u.a.: Der Energieinspektor	Unterrichtsmodell zum Energiesparen am Haus	+	+	+					0			+	+	a+1: 4/19
1980	Janisch, R.: Laß doch die Reichen Energiesparen!	Unterrichtsidee für die gymn. Oberstufe		+									0	+	a+1: 4/42
1980	Freitag, R.: Energiesparen mit dem Karttfahrzeug - aber wie?	Unterrichtseinheit für Sek II, Möglichkeiten zur Reduzierung des Benzinverbrauchs	+			+							+	+	a+1: 4/25
1980	Ertel, A.: Wir hören Musik mit Hilfe der Sonnenenergie	Unterrichtsmodell für die Berufsschule und die gymn. Oberstufe, Funktionsweise und Berechnung von Solarzellen	+	+		+							+	+	a+1: 4/31
1980	Heitmann, W.: Die Wärmepumpe - Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung?	Unterrichtsmodell für die Berufsschuloberstufe, Prinzipien und Arten von Wärmepumpen, Hinweis auf Kooperation mit anderen Fächern	+	+	+	+							+	+	a+1: 4/36
1980	Schmitz, J.: Physik und Technik am Beispiel Eierkocher	Aufbau eines Eierkochers, Berechnung der Verdampfungswärme, Wassermasse und Anzahl der Eier	+			+							+	+	NiU: 4/115
1980	Schlichting, J.; Backhaus, U.: Vom Wert der Energie	zur Problematik des Begriffs Energieverbrauch				+							+	+	NiU: 11/377

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1980	Rhöneck, Ch.: Versuche zum Energieerhaltungssatz	Pendelversuche, Maxwelsches Rad				+							+	+	NiU: 11/370
1980	Aufschnaiter, S.; Dudeck, W.: Häuptling Energeti	Unterrichtsentwurf für eine spielorientierte Einführung der Begriffe Arbeit und Energie				+							+	+	NiU: 11/363
1980	Nolzen, H.: Beiträge des Geographieunterrichts zur Energiethematik	Energiethematik und Ziele des Geographieunterrichts, wobei auf die Berücksichtigung unterschiedlicher Dimensionen hingewiesen wird	0	0	0	0	0	0					+		NiU: 11/393
1980	Kattmann, U.: Der Energiebegriff im Biologieunterricht der Sekundarstufe I	energetische Betrachtung von Ökosystemen, Anmerkungen zum Energieerhaltungssatz				+							+		NiU: 11/396
1981	Deinert, U.: Wind-Turbinen	Arten von Windkraftanlagen, Gegenüberstellung unterschiedlicher Flügelkonstruktionen	+			+							+	+	TU: 22/18
1981	Borsch, R. u.a.: Nutzung der Windenergie	Bau eines Windrades mit Bauanleitung, Erfahrungsbericht	+			+				0				+	NiU: 8/288
1981	Borsch, R.: Heißes Wasser von der Sonne	Bau eines Sonnenkollektors, Funktionsweise	+			+								+	NiU: 8/281
1981	Schmarbeck, D.: Bau eines Darrieus-Rotor-Modells zur Nutzung der Windenergie	kultureller Hintergrund, Funktionsweise, naturwissenschaftliche Abhandlung	+			+			+				+		NiU: 8/292
1981	Stille, K.E.: Die Nutzung der Sonnenenergie als Wärmequelle	Sachinformationen, Unterrichtseinheit zu Sonnenkollektoren	+	0		+							+		NiU: 8/272
1981	Zimmermann, U.: Energiesparen als Energiequelle	physikalische Grundlagen, Versuche zur Wärmedämmung und Energieeinsparung				+							+	+	NiU: 8/322
1981	Bohnenkamp, D.: Energie aus der Umgebung	Funktionsweise einer Wärmepumpe, Hinweis zur Notwendigkeit der Behandlung energiepolitischer, wirtschaftlicher, ökologischer Fragestellungen sowie physikalischer, biologischer, chemischer Gesetzmäßigkeiten	+	+	0	+	0	0					+		NiU: 8/298

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1981	Mönninghoff, H.: Energie aus Biomasse	allgemeine Grundlagen, Bauanleitung für eine Modellbiogasanlage	+			+				+			+	+	NiU: 8/314
1981	Heidorn, F.; Mie, K.: Wasserstofftechnologie	Gewinnung, Speicherung, Transport von Wasserstoff, Schülerexperimente zur Wasserstoffgewinnung, Vorsichtsmaßnahmen	+			+	0	0	0				+	+	NiU: 8/308
1981	Mikelski, H.: Die Bedeutung regenerativer Energiequellen für die Energieversorgung und die Bearbeitung des Themas im Physik- und Chemieunterrichts	Begriffsbestimmung: regenerative Energiequellen, Einstellung der Parteien zu regenerativen Energiequellen (1980), Darstellung der ausgearbeiteten energiepolitischen Pfade (Bewertungsschema) der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages im Jahre 1980, Aufschlüsselung von Themen und Zuordnung zu Unterrichtsfächern			0	+	+						+		NiU: 8/265
1982	Heller, R.: Bau einer Dampfturbine, Erkundung eines Kohlekraftwerkes (8. - 9. Schuljahr) Teil 1: Dampfturbine	Unterrichtseinheit zum Bau einer Dampfturbine, Sicherheitshinweise	+	0	0	+	0	0	0				+	+	TU: 23/29
1982	Heller, R.: Bau einer Dampfturbine, Erkundung eines Kohlekraftwerkes (8. - 9. Schuljahr) Teil 2: Erkundung	Arbeitsweise eines Kohlekraftwerkes, Tageslastkurve, Energiearten, Energieumwandlungskette, Berechnungen; Vorgehensweisen von Erkundungen	+			+							+	+	TU: 24/33
1982	Kleinschmidt, B.: Von der Muskelkraft zur Dampfkraft	historische Aufarbeitung der Thematik Energie; Muskel-, Wind-, Wasser-, Dampfkraft, Dampfturbinen als Energieumwandler; Unterrichtsmodell zur Geschichte der Energieumwandlung	+	0	0	0		0	+	0			+	+	TU: 24/24
1982	Benjes H.: Die Kolbenlose Dampfpumpe	historische Entwicklung, Versuche	+			+			+				+	+	a+l: 21/26

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										Literatur			
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch		praktisch/meth.		
1982	Behre, G.W.; Richtermeier, J.: Die Mühle als Maschine	technische Entwicklung zur Nutzung der Wasserkraft, Kolbendampfmaschinen, Wasserturbinen	+	+							+		+	+	a+l: 21/30	
1982	Collengro, P.; Zöllmer, H.: Gefahren beim Umgang mit elektrischer Energie	Abhängigkeit unterschiedlicher Faktoren auf die Unfallauswirkung, VDE-Vorschriften	+			+						+		+	a+l: 24/26	
1982	Brockt, M.: Eine Energieäquivalenztabelle zur Verwendung im Unterricht	Äquivalenztabelle				+								+	NiU: 4/128	
1982	Haupt, P. u.a.: Einführung in die elektrochemische Energiegewinnung	Unterrichtseinheit zur Gewinnung elektrischer Energie aus chemischer Energie ohne den Umweg über die Wärmeenergie, physikalische Versuche				+								+	+	NiU: 8/268
1982	Melzer, W. u.a.: Kernenergie	Konzept einer Unterrichtsreihe, Hinweis auf fächerübergreifenden Unterricht, Kopiervorlagen	+			+								+	+	NiU: 5/181
1982	Bleichroth, W.: Unterrichtliche Konzeptionen zum Themenkreis „Radioaktivität und Kernenergie“	unterschiedliche Möglichkeiten der Behandlung der Thematik (auf die unterschiedlichen Aspekte wird nicht näher eingegangen)	+	0	0	+	0	0	0	0	0			+		NiU: 5/145
1982	Siemsen, F.: Erdwärme	Allgemeines zur Erdwärme, physikalische Grundlagen, geothermisches Kraftwerk	+	0	0	+								+		NiU: 10/351
1983	Glomm, B.: Biogas aus Abfällen	Entstehung von Biogas, Versuch zur Biogasgewinnung	+			+								+	+	a+l: 28/28
1983	Erbe, H.H.; Hoppe, M.: Alternative Technologien	Energiequellen und ihre Umwandlung in Nutzenergie	+	+	+								+	+		a+l: 29/9

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1983	Schmidt, H.D.: Die Sonne als Energielieferant	Sonnenstrahlen und der Weg durch die Atmosphäre, Aufbau und Funktion eines Sonnenkollektors und einer Solarzelle	+			+							+		a+l: 29/19
1983	Henkel, H.N.: Zum Duschen schon zu heiß! - Wassererwärmung durch Sonnenkollektoren	Unterrichtsprojekt einer Berufsschulklasse (Bauschlosser), Erfahrungsbericht	+	+									+	+	a+l: 29/24
1983	Günther, J.: Projekt „Solarzellen“	Unterrichtsverlauf des Projekts	+		0	+								+	a+l: 29/28
1983	Jacke, O.; Köster, U.: Solarrechner als Wegstreckenzähler für ein Fahrrad	Bau und Schaltung	+			+							+		a+l: 29/35
1983	Franzen, H.J.: Heizkosteneinsparung durch Wärmedämmung	Unterrichtsmodell zur Reduzierung des Energiebedarfs, Wärmeverluste am Haus, Anleitung zum Modellbau eines „Energie-Versuchshauses“	+			+							+	+	a+l: 29/37
1983	Seiffert, P.; Wilsing, F.: Wärmeisolierung - lohnt sich das denn?	Amortisierungsrechnung bzgl. Wärmedämmmaßnahmen	0	+									+		a+l: 29/40
1983	Crome, H.: Windenergie	Theorie der Windenergie	+	0		+							+		a+l: 29/42
1983	Crome, H.: Eine windige Idee bekommt Flügel	Erfahrungsbericht über Planung und Bau einer Windkraftanlage	0			0								+	a+l: 29/51
1983	Lemke, R. u.a.: Der Windkraft auf die Beine helfen	Erfahrungsbericht zum Bau einer Windkraftanlage	+			+							+	+	a+l: 29/48
1983	Steinkrauß, H.W.; Merzyn, G.: Schulversuche zum Energiesatz	Energieumwandlung geordnet nach beteiligten Energieformen (z.T. mit Wirkungsgraden)				+							+		NiU: 6/194

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										Literatur		
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch		praktisch/meth.	
1983	Lepping, F.J.: Wärmedämmung im und am Haus	Unterrichtseinheit für eine 8. bzw. 9. Hauptschulklasse, Sachinformationen, Experimente zur Wärmedämmung	+	+									+	+	TU: 30/32
1983	Heidorn, F.: Strom hilft Ölsparen?	Vorschläge zu einem Projekt, Zubereitung von Teewasser mit unterschiedlichen Haushaltsgeräten, Gegenüberstellung von Verbrauch und Preis	+	+	+	+	+						+	+	NiU: 2/62
1983	Seidel, J.: Die physikalischen Grundlagen der Wärmepumpe	Versuche zur Veranschaulichung des Funktionsprinzips einer Wärmepumpe				+								+	TU: 30/21
1983	Domhan, E.: Bau einer Wärmepumpe	Funktionsweise, praktische und organisatorische Hinweise zum Bau einer Wärmepumpe	+			+								+	TU: 30/23
1983	Gronemeier, K.H.; Steidel, H.: Energieumwandlungen	Matrix zur Energieumwandlung, Allgemeines zum 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik				+							+		NiU: 6/191
1983	Berge, O.E.; Hauke, B.: Schüler äußern sich über Energie	Physikunterricht und Schülerinteresse, Möglichkeiten zur Ermittlung des Kenntnisstands des Schülers bezüglich der Energiethematik											+	+	NiU: 10/352
1983	Marhenke, E.: Der Energiebegriff im Physikunterricht der Sekundarstufe I	Energieformen, -umwandlungen, Energie als Erhaltungsgröße, Carnot-Faktor, Überlegungen zum effektiveren Umgang mit Energie				+							+	+	NiU: 6/201
1983	Scheffermann, A.: Projekt Kernenergie	Durchführung des Projekts, Behandlung der Thematik in den unterschiedlichen Fächern, wobei nur die Themen beschrieben werden, die im naturwissenschaftlichen Bereich behandelt wurden	+		+	+	+					+	+	+	NiU: 2/67

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1984	Quart, U.: Energieumsatz bei der Zubereitung von Kaffeewasser	Versuche zur Ermittlung der elektrischen Energie: Kaffeemaschine, Kochtopf mit Elektroherd, Tauchsieder	+			+							+	+	NiU: 6/202
1984	Quart, U.: Analogie zum Wärmedurchgang bei Häusern	Analogie „Auslaufen von Wärme aus einem geheizten Haus“ - „Auslaufen von Wasser aus einem undichten Gefäß“				+							+	+	NiU: 7/225
1984	Zimmermann, U.: Bestimmung k-Werte von Glasscheiben	theoretische Grundlagen, Versuch zum k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) bei unterschiedlicher Luftbewegung und Mehrfachverglasung				+							+	+	NiU: 7/227
1984	Schmidt-Wohlbrand: Kältemaschinen und Wärmepumpen	Energiesituation, Prinzip von Kältemaschinen und Wärmepumpen, physikalische Grundlagen, Energiebilanz einer Wärmepumpe	+	0		+	0						+	+	NiU: 11/419
1984	Marhenke, E.: Wärmekraftmaschinen und Carnot-Wirkungsgrad	Heißluftmotor, thermoelektrischer Wandler, atmosphärische Dampfmaschine, Bimetallmotor zur Vermittlung thermodynamischer Einsichten, Erarbeitung des Carnot-Wirkungsgrades, Kopiervorlagen	+		+								+	+	NiU: 11/404
1984	Volkmer, M.: Das Thema Wärmeenergie im Physikunterricht der Hauptschule	Einführung des Begriffs Wärmeenergie, Funktionsweise einer Dampfmaschine, physikalische Einheiten	+			+		+					+	+	NiU: 11/381
1984	Treber, E.: Der Bau von Modell-Sonnenkollektoranlagen und ihr Einsatz in der Sekundarstufe I	Aufbau, Funktion, Bau einer Modell-Sonnenkollektoranlage/ der Einzelkomponenten ,	+										+	+	TU: 31/17

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1984	Berge, E.O.: Meßverfahren für Wärmeenergie	Heizwert von Brennstoffen, Einführung der Energieeinheit über die elektrische Energie mit Hilfe eines Elektrizitätszählers und der Aufheizung von Wasser, Direktmessung gelieferter Wärmeenergie (Wärmezähler)				+							+	+	NiU: 11/390
1985	Brunner, U.: Sonnenenergie zum Heizen	Bau, Funktionsweise eines Sonnenkollektors, Herleitung der Kollektorgleichung	+	0		+								+	NiU: 2/39
1985	Butt, R.: Elektrische Energie aus Licht und Wärme	Energiebegriff beim Schüler, Aufzeigen zweier Energieumwandlungsprozesse (Solarzellen, Thermogenerator), experimentelle Bestimmung der Wirkungsgrade				+							+	+	NiU: 6/212
1985	Dunger, S. u.a.: Vergleichsuntersuchungen verschiedener Solaranlagen	Solarzelle, Sonnenkollektor, Leistungsvergleich verschiedener Solargeräte	+	+		+							+		a+l: 37/44
1985	Hinrichsen, P.: Akkus statt Trockenbatterien - Nur Cadmium statt Quecksilber?	Gegenüberstellung von Trockenbatterie und Nickel-Cadmium-Akkus (NC-Akkus), Hinweis zur sachgerechten Benutzung	+	+	+							+	+	+	a+l: 40/15
1985	Drube, B.: Die Erzeugung von warmen Wasser im Haushalt - Ergebnisse einfacher Versuche für den Technikunterricht	Versuche zum Energieverbrauch für die Warmwasserzubereitung anhand der Energieträger Strom und Gas. Gegenüberstellung des Energieverbrauchs, und der Kosten der Warmwasserzubereitung Als Wärmegeräte werden benutzt: Elektrischer Durchlauferhitzer, Kochendwassergerät, Automatikkochplatte sowie eine Gaskochstelle.	+	+		+							+	+	TU: 35/13

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension													
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur		
1985	Drube, B.; Pflingsten, H.: Kochen von Kaffee und Eiern unter energie-wirtschaftlichen Gesichtspunkten	Experimentell werden verschiedene Arten der Kaffeebereitung (Kaffeeautomat, elektrische Automatikplatte, Tauchsieder, Gaskochstelle) und des Eierkochens (Eierkocher, elektrische Kochplatte, Gaskochstelle) durchgeführt. Gegenüberstellung von Energieverbrauch und Kosten des Kaffee-, Eierkochens.	+	+		+								+	+	TU: 38/28
1985	Pohl, J.P.: Energiespeicherung	Überblick über physikalisch-chemische Grundlagen der Energiespeicherung	+			+								+		NiU: 2/48
1986	Szücs, E.: Energie und Technik	Sachinformationen; Grundbegriffe (Energieerzeugung, -verbrauch, -transport, -speicherung, -wirtschaft)														TU
1986	Volkmer, M.: Elektrische Energie aus Solarzellen	Unterrichtseinheit zu Aufbau und Funktion eines Solargenerators	+			+								+	+	NiU: 20/16
1986	Meier, H.: Energieanwendung im privaten Bereich	Unterrichtsplanung zur Thematik Energieanwendung im Haushalt, Energiebedarf beim Kochen unter Verwendung unterschiedlicher Geräte	+	+		+								+	+	a+l: 45/29
1986	Ruhl, J.: Wohnheizung. Rechnerkalkulation für den Hausverbrauch - Schüler arbeiten mit Tabellenkalkulationen	Tabellenkalkulationsprogramm, Heizkostensenkung unter Berücksichtigung der Schadstoffemmissionssenkung	0	+	0	+								+	+	a+l: 47/22
1986	Duit, R.: Energievorstellungen	Vorgehensweisen, um die Energievorstellung beim Schüler zu ermitteln												+	+	NiU: 13/7

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1987	Duit, R.; Häußler, P.: Energieentwertung - und wie man sie möglichst gering halten kann	Unterrichtsmodell zur Energieentwertung				+							+	+	NiU: 24/11
1987	Duit, R.: Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik	Grundideen des 2. Hauptsatzes, Ziele des Unterrichts				+							+		NiU: 24/4
1987	Schlichting, J; Backhaus, U.: Energieentwertung und Antrieb von Vorgängen	Möglichkeiten zur Reduzierung des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik auf ein für Schüler angemessenes Niveau				+							+		NiU. 24/15
1988	Teichmann, J.: 50 Jahre Kernspaltung	geschichtliche Entwicklung; Göttinger Erklärung von 1957, in der Wissenschaftler ihre Bedenken zur atomaren Bewaffnung äußern (unterschiedliche Dimensionen werden kurz angesprochen)				0	0	0	0			+	+		NiU: 40/2
1988	Büttner, M.: Die Behandlung der Kernenergie unter fächerübergreifenden Aspekten	Beschreibung und Erfahrung des Projekts „Kernenergie“, in dem neben physikalisch-technischen Grundlagen auch ökologische, ökonomische, politische und gesellschaftliche Fragestellungen Berücksichtigung fanden	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	NiU: 40/6
1989	Bourwig, K.A.: Schüler bauen eine Windkraftanlage	Projekterfahrung einer gymn. Oberstufe	+											+	a+l: 65/13

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1990	Abicht, L.: Stand und Entwicklung der Versorgung mit Energieträgern	Entwicklung des Energieverbrauchs, Energieträger und Vorräte, Bedeutung der verschiedenen Energieträger	+	+	0		0		+				+		A u. T 6/196
1990	Abicht, L.: Energetik und Menschheitsentwicklung	geschichtlicher Abriß der Nutzung von Energie (Sklavenhaltergesellschaft, Gefahren im Haushalt durch schornsteinlose Feuerung, Erfindung der Dampfmaschine, Anfänge der Stromerzeugung)	+		0				+	+			+		A u. T 5/148
1990	Clever, M.; Kiefer, R.: Bau eines oszillierenden Dampfmaschinenmodells, Teil 1	Hinweis auf fächerübergreifende Behandlung; historische Entwicklung, Funktionsweise, physikalischer Aspekt der Dampfmaschine	+			+				+			+	+	TU: 55/27
1990	Clever, M.; Kiefer, R.: Bau eines oszillierenden Dampfmaschinenmodells, Teil 2	Konstruktion und Herstellung des Modells, Materialeigenschaften, Stückliste, Sicherheitsaspekt	+			+								+	TU: 56/14
1990	Clever, M.; Kiefer, R.: Bau eines oszillierenden Dampfmaschinenmodells, Teil 3	Fertigungs-, Wartungshinweise des Modells, Messung bzw. Berechnung des Wirkungsgrades	+			+								+	TU: 57/32
1991	Gleitz, W.: Modellbau zum Thema Dampfkraftanlagen, Teil 1	Unterscheidung von Kohlesorten, Arten des Brennstofftransports, technische Realisierbarkeit des Modellbaus	+			+							+	+	TU: 62/37
1991	Gleitz, W.: Modellbau zum Thema Dampfkraftanlagen, Teil 2	praktische und sicherheitstechnische Hinweise zum Modellkesselbau	+											+	TU: 63/24

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension											
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur
1991	Traebert, W.E.: Technikbewertung als Aufgabe des Technikunterrichts	Bewertungskriterien: technische Funktionalität, ökonomische Rationalität, ökologische Verträglichkeit, humane Angemessenheit	+	+	+						+	+		TU: 60/5
1991	ohne Verf.: Schülerarbeitsheft: Antrieb von Geräten, Maschinen und Anlagen	historische Entwicklung von Antrieben, Entwicklungstendenzen, Energieumwandlung, Gegenüberstellung von Diesel- und Elektromotoren	+	+	+						+		+	a+1 Tec 1/24
1991	Duismann, G.H.; Sellin, H.: Technikfolgenabschätzung - Politisches Instrument und eine Ziel im Lernbereich Arbeitslehre/Polytechnik	historische Betrachtung der Technikfolgenabschätzung, Institutionalisierung (USA, BRD), didaktische und curriculare Überlegungen	0	0	0	0	+	+	+	0	0	+		a+1 Tec 2/5
1991	Abicht, L.: Probleme der Energieversorgung und Perspektiven	unterschiedlicher Verbrauch der Energieträger in Industrie- und Entwicklungsländern, Auswirkungen auf die in den Entwicklungsländern lebenden Menschen, Energiebereitstellung und Wirtschaftsentwicklung in den Entwicklungsländern, Energieversorgung und Umweltschutz		+	+							+		A u. T 1/4
1991	Teichmann, H.: Aktuelle Energiesituation und ihre Behandlung im Unterricht	soziale Implikation, verstärkt wird auf den ökologischen Aspekt eingegangen, Nutzung von Biomasse, Wasserkraft, Erd-, Umgebungswärme, Wind-, Sonnenenergie, Vergleich der Energiequellen	+	+	+	+			0	0			+	A u. T 5/168

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1991	Teichmann, H.: Energiebewußtes Verhalten des Konsumenten - Bildungsziel im Technikunterricht	Energieverbrauch in Haushalt, Industrie, Verkehr, Möglichkeiten der Energieeinsparung	+	+	+								+	+	A u. T 8/322
1991	Strehlow, J.: Energiesparen - Ziel der Verbraucherbildung	Möglichkeiten der Energieeinsparung am Beispiel der Beleuchtung im privaten Haushalt	+	+	0	+							+	+	A u. T 1/19
1991	Hauke, B.: Wie funktioniert ein Sonnenkollektor?	Unterrichtsbeispiel (9/10.Jahrgang) zur Funktionsweise eines Sonnenkollektors; Temperaturmessungen der Luft, des Absorberwassers-, Metall; Einführung der Solarkonstante; Hinweis auf die Notwendigkeit einer fächerübergreifenden Behandlung				+	0						+	+	NiU- Ph 9/28
1991	Heumann, F.: Hast 'nen Walkman? Zapf die Sonnen an!	Bauplan eines Solar-Akkuladegerätes mit Entlade- und Überladeschutz				+							+		NiU- Ph 9/34
1991	Schmidt-Wolbrandt, K.: Bestrahlungsstärke - Vervielfacher	Untersuchung der elektrischen Eigenschaften von Solarzellen mit variierender Bestrahlungsstärke				+							+	+	NiU- Ph 9/35
1991	Duit, R.: Zur Elementarisierung des Energiebegriffs	Grundideen des physikalischen Energiebegriffs, Energiequadriga (Umwandlung, Erhaltung, Transport, Entwertung), Möglichkeiten zur Erschließung des Energiebegriffs											+		NiU- Ph 6/12
1992	Dombrowski, J.: Eine Windkraftanlage für den Technikunterricht	technisch-physikalische Fragestellungen, Hinweis zu technikkritischer Reflexion im Bereich der Energieversorgung	+	0	0	+	0	0					+	+	a+1 Tec 5/47

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1992	Sachs, C.: Energie als Inhalt von Technikunterricht	Energiebegriff, Energiethematik in RRL und Lehrplänen, erneuerbare Energien, Hinweise auf Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung	+	+	0			0	+				+	+	a+1 Tec 7/9
1992	Rednos, J.: Elektroenergie aus dem Wärmekraftwerk	Aufbau des Kohlekraftwerkes in Jänschwalde	+	0	0								+		a+1 Tec 7/20
1992	Kosack, W.: Technik verbessern	Bau und Untersuchung eines Dampfmaschinenmodells	+										+	+	a+1 Tec 7/25
1992	Senf, A.: Elektrische Energie im Haushalt und in der Wirtschaft	Schwerpunkt Haushalt: Kriterien zur Bewertung von Haushaltsgeräten hinsichtlich ihres Energieverbrauchs	+	+	+		0							+	a+1 Tec 7/34
1992	Sellin, H.: Experimente zur Nutzung der Windenergie	Prinzip einer Windkraftanlage, Versuch und Auswirkungen am Modell	+	0	0	+	0						+	+	a+1 Tec 7/38
1992	Endler, H.G.: Im technischen Museum für Wasserkraftmaschinen - Aspekte der Erkundung	Erkundung unter dem Aspekt der historischen Entwicklung und dem Bereitstellen von Elektroenergie	+						+					+	a+1 Tec 7/51
1992	Heescher, H.: Elektrische Wärmeerzeugung zur Nahrungszubereitung	unterschiedliche Verfahren zum Eierkochen	+	+		+							+		a+1 Tec 8/44
1992	Sperlich, G.: Basis-Informationen zur Elektrizitätsversorgung der Bundesrepublik Deutschland	Basisdaten zur Elektrizitätsversorgung im westlichen und im östlichen Teil Deutschlands	0	0	0								+		NiU- Ph 13/4
1992	Duit, R.: Elektrische Energie - Bemerkungen zu einem unscharf verwendeten Begriff	Der Begriff „Elektrische Energie“ und die Problematik der nicht eindeutig festgelegten Bedeutung im Physikunterricht											+		NiU- Ph 13/11

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1992	Muckenfuß, H.: Elektrische Energiequellen	Versuche, um die wichtigsten Umwandlungsarten in elektrische Energiequellen aufzuzeigen. (Thermoelement, galvanisches Element, Solarzelle, Generator)				+							+	+	NiU-Ph 13/13
1992	Marhenke, E.: Messung elektrischer Energie	Zusammenhänge zwischen der Meßgröße elektrischer Energie und anderen elektrischen Größen, Vorstellung und Bewertung von Meßmethoden und Meßgeräten				+							+	+	NiU-Ph 13/17
1992	Marhenke, E.: Der Naturreaktor in Oklo- vor 20 Jahren entdeckt	Natürliche Kernkettenreaktion (Naturereignis) in der Mine Oklo im westafrikanischen Garbun								+			+		NiU-Ph 13/41
1992	Volkmer, M.: Die Übertragung elektrischer Energie	Basisinformationen zur Übertragung elektrischer Energie, Schulversuch zum Nachweis von Übertragungsverlusten				+				0			+	+	NiU-Ph 13/23
1992	Drutjons, P.; Volkmer, M.: Umweltentlastung durch den Einsatz von Energiesparlampen	Aufbau und Funktion von Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen), Zusammenhang zwischen Energiesparen und Verringerung bestimmter Schadstoffemissionen	+	+	+	+							+	+	NiU-Ph 13/29
1992	Marhenke, E.: Berechnung einer Schadensstelle bei einer Übertragungsleitung für elektrische Energie	Versuche zur Ermittlung der Lage eines Kabeldefekts				+							+	+	NiU-Ph 13/36

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										Literatur	
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch		praktisch/meth.
1993	Henseler, K.; Höpken, G.: Überlegungen zur Struktur der Technik	Technische Handlungen, Methoden, Bewertung von Technik	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	TU: 70/15
1993	Schulz, H.D.: Versorgen mit Energie und Wasser unter dem Aspekt des schonenden Umgangs mit Ressourcen	Gesamtenergiebedarf eines Wohnhauses, Beheizung, Wasserversorgung	+	+	+		0		0				+	a+1 Tec 9/10
1993	Pfau, A.: Unterrichtseinheit zum Thema Gasversorgung	Hinweis auf fächerübergreifende Behandlung (Politikunterricht), Experimente zur Wärmenutzung (Verbesserung des Wirkungsgrades)	+			+	0						+	a+1 Tec 9/16
1993	Hagelstein, G.; Schnackenberg, H.: Möglichkeiten zur Nutzung der Sonnenenergie	Schülermodelle, -experimente zu Sonnenenergieanlagen; die Modelle werden zwar nach Aspekten des technischen Gestaltung, Ökonomie, Ökologie verglichen, eine detaillierte Gegenüberstellung fehlt	+	+	+								+	a+1 Tec 9/26
1993	Schmidt, H.D.: Untersuchung von Stoffen auf ihre Eignung für Latentwärmespeicher	Speicherfähigkeit von Stoffen	+	+		+					+		+	A u. T 7/266
1993	Zeiller, W.: Solardriver	Bau einer Vorrichtung zur Ausrichtung von Solarzellen	+			+							+	TU: 67/33
1993	Berge, E.O.: Meßverfahren für Strahlungsenergie und -leistung	Messung der Strahlungsleistungsdichte, Diskussion verschiedener Verfahren (kalorimetrische Methode, thermoelektrische Strahlungsmesser, Strahlungsmessung nach der Vergleichsmethode, photoelektrische Methode)				+							+	NiU-Ph 19/22
1993	Schmidt-Sudhoff, G.: Betrachtungen zum Energiebegriff	Historische Aspekte der Theorie des Energieumsatzes bei chemischen Reaktionen, Problem im Umgang mit dem Energiebegriff				+			+			+	+	NiU-Ch 18/4

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1993	Schmidt-Sudhoff, G.: Energie im Anfangsunterricht	Einführung des Energiebegriffs im Anfangsunterricht, Behandlung chemischer Reaktionen unter energetischen Aspekten				+							+	+	NiU-Ch 18/18
1993	Schmidt-Sudhoff, G.: Der Thermogenerator der Firma Phywe	Gerätebeschreibung, Thermogenerator und Nachweis des Seebeck-Effektes				+							+	+	NiU-Ch 18/38
1993	Schlösser, K.: Gedanken zur Energetik im Chemieunterricht	energetische Grundbegriffe, Bedeutung der potentiellen Energie, Problematik des Energiebegriffs im naturwissenschaftlichen Unterricht				+							+		NiU-Ch 18/12
1993	Schmidkunz, H.: Endotherme chemische Reaktionen	Zum Begriff „endotherm“, endotherme Reaktionen				+							+	+	NiU-Ch 18/26
1993	Schmidkunz, H.: Eine reversible exoendotherme Reaktion - als Füllung für ein Wärmekissen	Beschreibung von Wärmekissen mit historischen Aspekten (Ziegelstein zum Vorwärmen des Bettes), Wärmekissen zur einmaligen Verwendung und regenerierbares Wärmekissen mit Natriumacetat				+			0						NiU-Ch 18/36
1993	Schmidkunz, H.; Irmert, P.: Zum Unterschied von Wärme und Temperatur	Abgrenzung der Begriffe Temperatur und Wärme, Experiment um den Unterschied Wärme und Temperatur zu verdeutlichen				+							+	+	NiU-Ch 18/40
1993	Häusler, K.: Licht-elektromagnetische Strahlungsenergie	Energieangebot der Sonne, Photosynthese, Aufbau und Funktion einer Solarzelle, photochemische Reaktionen			0	+							+	+	NiU-Ch 18/29

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1994	Höret, J.: Das Windrad von Spandau	Überwachung eines Windrades mit einem Schulinterface (z.B. Messung des Umdrehungsgeschwindigkeit)	+										+	+	a+1 Tec 14/27
1994	Brönstrup, U.: Energie - das geht uns alle an	Schüler erstellen einen Fragebogen zur Energie; die verschiedenen Dimensionen werden z.T. angesprochen, jedoch nicht namentlich benannt; Schwerpunkt ist das Energiespiel („Energiesparen in der Schule“)	0	0	+	0		0	0		0			+	a+1 Tec 15/22
1994	Laabs, H.J.: Alternativer Stromlieferant im funktionstüchtigen Modell	Zeittafel zur Entwicklungsgeschichte der Solarzellen, Aufbau und Funktion einer Solarzelle, Computerprogramm zur Ausrichtung von Solarzellen auf die hellste Stelle im Raum	+			+				+			+		A u. T 12/431
1994	Babrikowski, R.: Projektwoche an der 7. Regelschule in Gera	kurzer Erfahrungsbericht zur Projektwoche „Energie“	0			0							+		A u. T 11/378

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										Literatur			
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch		praktisch/meth.		
1995	Sellin, H.: Grundlagen der Nutzung regenerativer Energien	technische, naturwissenschaftliche Grundlagen bei der Nutzung von Windenergie; ökonomische, energiepolitische, geographische Gesichtspunkte marginal angesprochen	+	0	0	+	0							+	+	TU: 75/38
1995	Lerch, J.: Energieflußdiagramme	technisches Sachsystem, Energiebegriff, Energiefluß, Energieumwandlungskette, Wirkungsgrad	+											+	+	TU: 76/25
1995	Zeiller, W.: Elektrosmog	elektrische Felder von Geräten, Elektrosmoggerzeuger, Auswirkungen auf den Menschen, Testgeräte, Empfehlungen	+			+						+		+	+	TU: 78/42
1995	Hübner, M.: Energie und Verbraucher - ein Simulationsspiel zur Einbindung ökonomisch-ökologischer Problemstellungen in den Handlungsbereich privater Haushalte	Allgemeines zur Umwelterziehung in der ökonomischen Bildung, Beschreibung des Spiels „Energie und Verbraucher“ bei dem die Energienutzung und die ökonomischen Auswirkungen eines privaten Haushaltes thematisiert werden	0	+	0		0	0	0					+		a+1 Wi 18/43
1995	Möller, S.: Konstruktion und Bau eines „Energiesparhauses“ mit didaktischen Hinweisen zum Einsatz im Unterricht. Teil 1: Konstruktion und Herstellung	Modell eines Energiesparhauses mit dem Dämmwerte unterschiedlicher Materialien und Temperaturverluste ermittelt werden sollen. Eine Kollektoranlage dient zur Gewinnung von Wärme.	+	+	0									+	+	A u. T 5/190
1995	Möller, S.: Konstruktion und Bau eines „Energiesparhauses“ mit didaktischen Hinweisen zum Einsatz im Unterricht. Teil 2: didaktische Hinweise	Hinweise auf Einsatzmöglichkeiten des Modells	+												+	A u. T 6/223

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										Literatur		
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch		praktisch/meth.	
1995	Sträßner, H.: Sind erneuerbare oder regenerative Energien auch alternative Energien?	Allgemeines, Primärenergieverbrauch, Entwicklungsstand und Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energien (Wasserkraft, Windkraftanlagen, Photovoltaik)	+	+									+		A u. T 11/385
1996	Spitzley, H.: Energie und Umwelt	Ressourcenverknappung, Klimagefährdung, zukunftsfähige Energienutzung, Steigerung der technischen Effizienz, wirtschaftliche und politische Konflikte, Energie und Umwelt in der Schule	+	+	+		+	0	+	+	+	+	+	+	a+1 Tec 24/4
1996	Spitzley, H.: Wir werden Klimaschützer - Bausteine für ein fächerübergreifendes Unterrichtsprojekt	Projektwoche zum Thema, unterschiedliche Dimensionen werden angesprochen, Energiewirtschaft und natürliche Vorgänge als Verursacher des Treibhauseffekts	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	+	+	a+1 Tec 24/12
1996	Spitzley, H.: Klimadetektive	CO ₂ - Emissionen eines privaten Haushaltes (Bereiche: Wärme und Elektrizität, Verkehr und Konsum)	0		+								+	+	a+1 Tec 24/29
1996	Koch, V.: Energiesparen im Haushalt	Ressourcenverknappung, Energiesparmaßnahmen im Haushalt, Erhaltung der Lebensqualität	+	0	+		0		+				+	+	a+1 Tec 24/8
1996	Koch, V.: Energiefressern auf der Spur	Klimakatastrophe, Energieverbrauch von Haushaltsgeräten, Energiesparen	+	+	0	+			0				+	+	a+1 Tec 24/19
1996	Meschenmoser, H.: Wieviel Strom braucht eine Waschmaschine?	computergestützte Energiemessung, Gegenüberstellung einer älteren und neueren Waschmaschine (Verbrauch- und Kostenanalyse)	+	+	+	+							+	+	a+1 Tec 24/25

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension											
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur
1996	Graf, U.: Gehen schon bald die Lichter aus?	Treibhauseffekt, Begrenztheit der Ressourcen, Energiebedarf der Zukunft, Energieszenarien (Berechnungen zu den Weltvorräten bei konstantem und steigendem Verbrauch)			+	0		+		+	+	+	a+1 Tec 24/32	
1996	ohne Verf.: Kooperationsprojekt (Hauptschule, Berufsschule) - Wir bauen eine Solaranlage	Verlauf des Projekts (Schüler äußern sich zur Vorgehensweise)	+		0								a+1 Tec 24/34	
1996	Laabs, H.J.: Rechnergestützte Ermittlung des k-Wertes am Modell des Energiesparhauses. Teil 1	Allgemeine Vorüberlegungen zu den Wärmeverlusten, Hinweis auf fächerübergreifende Behandlung (Mathematik-, Geographieunterricht), Allgemeines zum Modell eines Energiehauses	+			+						+	+	A u. T 9/329
1996	Laabs, H.J.: Rechnergestützte Ermittlung des k-Wertes am Modell des Energiesparhauses. Teil 2	Beschreibung zweier Schaltungen und Programme zur Erfassung der nitelektrischen Größe (Grad Celsius), Bestimmung des k-Wertes	+			+						+	+	A u. T 11/423

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1996	Czech, O.: Eine bessere Umwelt - ökologisches Bauen	unterschiedliche Energieträger und die resultierenden Emmissionswerte, Hinweis auf sozialpolitische Folgen bei der Umstellung von Braunkohle auf Erdgas, Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Bau- und Dämmstoffe, Dachbegrünung	+	+	+		0	0					+	+	A u. T 10/381
1996	Sträßner, H.: Erneuerbare Energiequellen: Wasserkraft Teil 1	Allgemeines zur Wasserkraft, Energie des Wassers, Turbinen für Wasserkraftwerke (Freistrah-, Kaplan-, Francisturbine), Energiekette eines Wasserkraftwerkes, Wirkungsgrad der Turbinen	+			+				0			+		A u. T 3/109
1996	Sträßner, H.: Erneuerbare Energiequellen: Wasserkraft Teil 2	Arten von Wasserkraftwerken (Laufwasser-, Speicher-, Pumpspeicherkraftwerke)	+	+	+								+		A u. T 4/154
1996	Marhenke, E.: Die Induktionskochstelle	Gesetzmäßigkeiten und Phänomene der Induktion, Lenzsche Regel, notwendige Eigenschaft für Kochtöpfe bei Induktionskochstellen	+	0		+							+		NiU-Ph 32/3
1996	Müller, W.: Die solare Strahlung	Spektrum des Sonnenlichts; Eigenschaften, Nutzen und Gefahren der UV-Strahlung				+							+	+	NiU-Ph 33/29
1997	Volkmer, M.: Messung elektrischer Energie	Notwendige Vorkenntnisse der Schüler für das Thema; Umwandlung elekt. Energie in Wärmeenergie am Bsp. eines selbstgebauten Tauchsieders, Bauanleitung eines Tauchsiedermodells	+			+							+	+	NiU-Ph 35/5
1997	Berge, O.E.: Didaktische Aspekte des Energiesparens	Begründung der Notwendigkeit des Themas, Zusammenhang von Energie und Leistung					0					0	+	+	NiU-Ph 39/4
1997	Berge, O.E.: Elektrische Energie	Wirkungsgrad deutscher Kraftwerke, Energiebedarf deutscher Haushalte, Energieumsatz (national / international)											+		NiU-Ph 39/8

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension													
			technische	ökonomische	ökologische nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur			
1997	Urban-Woldorn, H.: Aufgaben zum Energiesparen	Schülerarbeitsblätter (Aufgaben zur Effizienz zweier Kühlschränke, Fragen zur Amortisation); Arbeitsblätter zum Energiesparen bei der Beleuchtung (Kostenberechnungen des Einsatzes)	+	+	0									+	NiU-Ph 39/13	
1997	Berge, O.E.: Experimente zum rationellen Einsatz elektrischer Energie	Messungen zu verschiedenen Energiedienstleistungen (z.B. Eierkochen); Wirkungsgrad, Zusammenhang von Kochtopfgröße und Energieverschwendung)	+	+		+								+	+	NiU-Ph 39/16
1997	Behrendt, H.; Fularzik, B.: Kartoffel kochen	Energieumsatz verschiedener Kochtopftypen und Garmethoden (Schnellkochtopf, Normalkochtopf); Tabelle zu den Ergebnissen		+							+				+	NiU-Ph 39/20
1997	Schuldt, C.: Energiebedarf und Energiesparen im Haushalt	Energiebedarf pro Tag und Wirkungsgrad einzelner Haushaltsgeräte (z.B. Computer, Fernseher)	+	+		+								+	+	NiU-Ph 39/22
1997	Twenhöven, F.; Holler, H.: Das Energiesparprojekt „Röling Stone“	Maßnahmen einer Schule bzgl. des Energiesparens (z.B. Austausch von Leuchtstoffröhren, Abschalten der Klassenraumbeleuchtung während der großen Pause); Ausführungen zum Ablauf von Projektarbeit	0	+											+	NiU-Ph 39/26

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1997	Lehnert, W.: Solarzellen und ihre Nutzung	Sachinformationen zur Sonnenenergie, Herstellung von Solarzellen, Solarzellentypen, Solarmotoren, Klärung von Fachbegriffen (Solaranlagen, Laderegler u.a.), Randbemerkungen zum Einsatzgebiet von Solaranlagen	+			+								+	TU: 84/34
1997	Marx, A.: Solarstromversorgung für Fachräume	Auflistung von Schulen, die sich mit Solarstromprojekten beschäftigen													TU: 85/33
1997	Leuch, J.: Solarenergie	Auflistung von Webseiten zum Thema Sonnenenergie (z.B. Sonnenbahndiagramme, Herstellung von Sonnenkollektoren, Solarkocher, Wetterdurchschnittsdaten, rechtliche Aspekte im Zusammenhang der Solarenergie)													TU: 86/44
1997	Reißmann, J.: Regionale Umweltzentren in Niedersachsen	Fachartikel zu „Regionale Umweltzentren“ (RUZ) mit Beispielen aus der Thematik Energie (Solarkocher, Wärmedämmung, Windkonverter); Hinweise auf Konzepte einer schonenden und effizienten Form der Naturnutzung		0									+	+	a+I Tec 26/10

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension													
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur		
1997	Schlüter, L.: Licht messen - Energieaufwand berechnen	Sachinformationen zu unterschiedlichen Lampenarten (Beleuchtungsstärke, Anschaffungskosten, Leistungsaufnahme); Kostenberechnungen und Überlegungen bzgl. des Einsatzes verschiedener Leuchtmittel	+	+		+								+	+	a+1 Tec 26/23
1997	Meschenmoser, H.: Was bringt das Abtauen eines Kühlschranks	Berechnungen zum Energieaufwand eines in betriebsbefindlichen funktionstüchtigen nicht vereisten Kühlschranks und eines vereisten Kühlschranks mit Hilfe einer ADW-Software; Übersicht mit Daten bzgl. des gesamten Lebensweges eine Kühlschranks		+		+								+	+	a+1 Tec 26/28
1997	Kosack, W.: Ökologische Technikbewertung	Fachartikel über Sachaussagen und Wertaussagen im Zusammenhang einer Technikbewertung; Beschreibung der Bestandteile eine Ökobilanz (Sachbilanz, Wirkbilanz, Bilanzbewertung); Produktlinienbaum); Diskursive Verfahren in der Technikbewertung; Technikbewertung in angelsächsischen Schulen			+									+		a+1 Tec 26/40
1997	Struve, K.; Gohl, P.: Gutes Licht durch künstliche Beleuchtung	Geschichtliche Aspekte der künstlichen Beleuchtung, ästhetische und anthropogene Gesichtspunkte der Beleuchtung	+	+	0	+							+	+		a+1 Tec 27/4

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1997	Benecke, H.J.: Planen und Herstellen von Leuchten	Unterrichtsbeispiel zur Planung und Durchführung einer Produktionsaufgabe (kompletter Bau einer Pyramidenleuchte), Randbemerkungen zum Punktschweißen aus geschichtlicher Sicht, Sicherheitsvorschriften nach VDE	+							0				+	a+1 Tec 27/12
1997	Meisterjahn, M.: Ein Lehrwerkstattmuseum entsteht	Aufsatz über Schüler, die sich im Rahmen der Entstehung eines Lehrwerkstattmuseums u.a. mit der industriellen Leuchtenproduktion ihrer Heimatregion auseinandersetzen	+				+		+					+	a+1 Tec 27/18
1997	Schneider, E.: Form und Funktion von Arbeitsleuchten	Aufsatz über den Besuch von Schülern im Design-Labor des Museums für Kunst und Gewerbe in Hamburg; (Schüler untersuchen Arbeitsleuchten, wobei Gesprächsinhalte im Aufsatz mittels eines „funktionsanalytischen Baumes“ dargestellt werden“)	0	0						+	+			+	a+1 Tec 27/22
1997	Maier, J.: Beleuchtung von Klassenräumen	Schüler untersuchen die Beleuchtung ihres Klassenzimmers (Beleuchtungsstärke, Austausch, Investition, Betriebskosten und Amortisation von Leuchtstoffröhren)	+	+	0	+					+			+	a+1 Tec 27/27

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension											
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur
1997	Gohl, P. u.a.: Optimierung der Klassenraumbeleuchtung	Angehende Elektroinstallateure planen eine Lichtanlage für den Klassenraum nach technischen, wirtschaftlichen und ästhetischen Gesichtspunkten (Wahl des richtigen Vorschaltgerätes, Messung der Beleuchtungsstärke und des Reflexionsgrades, Bewertung der Anlage)	+	+	+	+					+		+	a+I Tec 27/30
1997	Kleine, P.: Vom Leben lernen?	Geschichtlicher Abriss von Beleuchtungen (z.B. Gasglühlichter, arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, Schulraumbeleuchtung in historischer Tradition)	0				0				+	+		a+I Tec 27/34
1997	Sträßner, H.: Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Windenergie (Grundlagen)	Entstehung der Winde; Historische Entwicklung der Nutzung der Windenergie (z.B. Windräder mit vertikaler und horizontaler Drehachse; Windmühlen); physikalische Grundlagen (z.B. Kräfteverteilung am Windradflügel)				+			+			+		A u. T 3/109
1997	Sträßner, H.: Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Windenergie (Windanlagen)	Bauformen von Windenergieanlagen (Horizontal-, Vertikalachsenbauweise, Funktionsweise, eingesetzte Materialien, Wirkungsgrad)	+			+						+		A u. T 4/143

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1997	Sträßner, H.: Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Windenergie (Nutzung)	Windkraftanlagen und Nutzungspotential; Hinweise zu staatlichen Fördermaßnahmen und dem Stromeinspeisungsgesetz; Übersicht bzgl. der Anzahl und Leistung von Windkraftanlagen in Deutschland, Angaben zu Erzeugerkosten; Umweltaspekte und Entwicklungstendenzen (z.B. Lärm, emissionsfrei, Akzeptanzprobleme, Wetterabhängigkeit, Energiespeicherprobleme)		+	+		0						+		A u. T 5/184
1997	Sträßner, H.: Elektroenergie aus Sonnenstrahlung - Photovoltaik (1. Teil; Solargeneratoren)	Angaben zur solarthermischen und solarelektrischen Umwandlung; physikalische Grundlagen (photovoltaischer bzw. photoelektrischer Effekt); Aufbau und Herstellung einer Solarzelle; Parallelschaltung und Reihenschaltung von Solarzellen	+			+							+		A u. T 7u.8/266
1997	Sträßner, H.: Elektroenergie aus Sonnenstrahlung - Photovoltaik (2. Teil; Einsatzmöglichkeiten)	Einsatzmöglichkeiten photovoltaischer Systeme; Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen; Forschungs- u. Entwicklungsschwerpunkte	+	+		+	+							+	A u. T 11/378
1999	Pischel, K.: Strom und Wärme aus Frankfurt „Technologie im Blockheizkraftwerk“	Aufsatz über die Erfahrung einer Erkundung in einem Blockheizkraftwerk unter Berücksichtigung verschiedener Dimensionen <i>Anmerkung:</i> Konkrete Schülerergebnisse werden leider nicht vorgestellt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	Unterricht Arb. + Tec 4/17

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension											
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur
1999	Berge, O.E.: Energiesparen als Leitkonzept der Wärmelehre	Hinweise zu einem ökonomischen Umgang mit Heizenergie (Lüften; effizientere Heizanlagen); Wärmeschutzverordnung	+	+	+								+	NiU-Ph 53/4
1999	Duit, R.: Die physikalische Sicht von Wärme und Energie verstehen	Schülervorstellungen bzgl. Wärme, Temperatur, Energie; mögliche Lernschwierigkeiten bei Schülern												NiU-Ph 53/10
1999	Muckenfuß, H.: Was wird da gespart?	Unterrichtsvorschläge zur Verdeutlichung von Energieumsätzen (z.B. Stühle steigen, Hantel stemmen), Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie			+								+	NiU-Ph 53/14
1999	Berge, O.E.: Einfache Versuche zur Wärmedämmung	Wirkung von Dämmstoffen werden ermittelt, indem Reagenzgläser mit verschiedenen Materialien verpackt werden und Temperaturunterschied in Abhängigkeit der Zeit gemessen werden			+								+	NiU-Ph 53/19
1999	Urban-Woldorn, H.: Aufgaben zum Energiesparen - Unser Haus bekommt eine Verpackung	Dämmschichtdicke unterschiedlicher Materialien; ermitteln des k-Wertes			+								+	NiU-Ph 53/23
1999	Berge, O.E.: Versuche zur Messung von k-Werten	Experimente an Modellhäusern bei konstanter Innentemperatur aber unterschiedlichen Dämmmethoden			+								+	NiU-Ph 53/27

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
1999	Hepp, R.: Wärmepumpe und Kühlschrank - zu schwierig für den Physikunterricht?	Versuche zur Arbeitsweise einer Wärmepumpe (Verdampfen, Verdichten, Kondensieren, Entspannen)	+		0	+	0						+	+	NiU-Ph 53/34
1999	Volkmer, M.: Heizenergie sparen mit dem Brennwertkessel	Grundlegen der Brennwerttechnologie, Hinweise zur Unterrichtsgestaltung	+			+							+	+	NiU-Ph 53/41
2000	Meschenmoser, H.: Medien im Unterricht zu Arbeit und Technik - Technikfolgen abschätzen und Medieneinsatz gemeinsam gestalten	Einführungsartikel zum Themenheft, der sich auf die Planung und Anschaffung von Computerausstattungen bezieht. Die Szenariotechnik wird als Methode der Technikfolgenabschätzung herangezogen.											+		Unterricht Arb. + Tec 6/4
2000	Holzendorf, U.: Mikrowellengeräte im Trend der Zeit?	Fallbeispiele zu unterschiedlichen Lebensstilkonzepten, die von Schülern im Unterricht hinterfragt werden. Bewertung einer Mikrowelle unter den Aspekten: Ausstattungsgrad, Kosten, Energieaufwand des Garvorgangs, Geschmack und Gefahrenaspekte <i>Anmerkung:</i> Leider werden die Ergebnisse der Bewertung nicht vorgestellt.	+	+		0				0			+	+	Unterricht Arb. + Tec 7/7

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension													
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur		
2000	Franke, C.; Richter, C.: Rückkehr ins geheizte Haus	Erfahrungsbericht zum Unterrichtsthema: „Moderne Gebäudesystemtechnik (EIB-System)“ steuert und regelt Bereiche des Hauses (z.B. Heizungsanlage)	0	0									+	0	Unterricht Arb. + Tec 7/47	
2000	Duismann, G.H.: Nutzung der Wasserkraft	Einführungsartikel zu den einzelnen Fachartikeln des Heftes „Regenerative Energie Wasserkraft“. Kurze Auseinandersetzung bzgl. der Agenda 21 sowie zu Wellenkraftwerke und Strömungskraftwerke	0	0	0	0							+	0	Unterricht Arb. + Tec 8/4	
2000	Behre, G.: Die „Wilhelm-Busch-Mühle“	Wilhelm - Busch- Mühle als Erkundungsobjekt für Schüler der Primarstufe und Orientierungsstufe wird vorgestellt, wobei die Wassermühle als Maschinensystem analysiert wird.	+												+	Unterricht Arb. + Tec 8/8
2000	Gronen, C.: Funktionsmodelle von Wasserturbinen	Anhand von Modellen wird dargestellt, wie das Fließverhalten von Wasser, die Drehzahlentwicklung und die Bauweise von Schaufelformen experimentell erfahren werden kann. Kurzer geschichtlicher Abriss über die Entwicklung von Turbinen; Überlegungen zu den baulichen Voraussetzungen von Wasserturbinenmodellen	+												+	Unterricht Arb. + Tec 8/12

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.
2000	Herbst, L.H.: Im Netzwerk benediktinischer Wasserbewirtschaftung	Historische Betrachtung von Wasserbaumaßnahmen und Auflistung von Gründen für eine kontinuierliche Wasserversorgung innerhalb der Geschichte			+					+		+	Unterricht Arb. + Tec 8/17
2000	Curti, R.: Als das Wasser die Maschine trieb	Anhand von historischen Ausstellungsstücken (z.B. Wasserräder, Reisschälmaschinenmodell) eines Museums wird die Bedeutung von Museumsbesuchen herausgearbeitet.	0	0	0	0	0	+			+		Unterricht Arb. + Tec 8/23
2000	Fügel, R.: Horizontale Wasserräder - der Weg zur Turbine	Horizontale Wasserräder als Ausgangspunkt der Nutzung von Wasserkraft, Bedeutung der Wasserräder für die Entwicklung von Turbinen	+		0			+				+	Unterricht Arb. + Tec 8/47
2000	Bärtschi, H. P.: Der Industrielehrpfad Zürcher Oberland	Die Revitalisierung einer alten Industrieachse (Zürcher Oberland) zum Industrielehrpfad wird vorgestellt (u.a. Entwicklung des Wasserrades zum Wasserkraftsystem)			0			+			+		Unterricht Arb. + Tec 8/50
2000	Kahlow, A.: Jean Victor Poncelet und der Weg zum „wissenschaftlichen“ Wasserrad	Darstellung der Entwicklung des Wasserrades in Frankreich	+	0	0			+			+		Unterricht Arb. + Tec 8/53

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension												
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur	
2000	Mende, M.: Von der Kraft des Wassers	Technikfolgen am Beispiel der Wasserkraftnutzung in China; Stellung der Wasserkraft in einigen Gebieten Deutschlands früher und heute; geschichtlicher Rückblick der Nutzung der Wasserkraft	+	+	+	+	0	0	+				+		Unterricht Arb. + Tec 8/56
2000	Mie, K.: Der Energiebegriff im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht	Erarbeitung des Energiebegriffes an Beispielen der alltäglichen Lebenswelt der Schüler												+	NiU-Ph 60/17
2000	Fritzsche, K.; Duit, R.: Grundbegriffe der Wärmelehre	Einführung in die Grundbegriffe der Wärmelehre anhand von Alltagsvorstellungen bei Schülern einer 7. Klasse												+	NiU-Ph 60/22
2001	Tributsch, H.: Regenerative Energienutzung, Solarenergie	Ausführungen über die regenerative Energienutzung anhand von Beispielen aus der Natur (z.B. Baumrinde und Wärmedämmung, mit Hohlräumen dämmen, Isoliereigenschaft eines Vogelkleides)											+		Unterricht Arb. + Tec 10/62
2001	Liermann, A.: Sonnenenergienutzung	staatliche Förderung; geschichtliche Entwicklung, Aufbau und Funktion einer Solarzelle; Einfluß der Sonneneinstrahlung auf die Spannung und Stromstärke einer Solarzelle; Arten von Solarzellen; Kostenfaktoren der Herstellung	+			+	0	0					+		Unterricht Arb. + Tec 11/63

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension										Literatur			
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch		praktisch/meth.		
2001	Chudoba, C.: Kraftstoffe für den Individualverkehr	Behandlung von Technikfolgen im Rahmen einer Pro- und Kontra- Debatte mit Schülern zum Thema „Kraftstoffe für den Individualverkehr“ <i>Anmerkung:</i> Im Aufsatz sind leider keine konkreten Schülerergebnisse zur geführten Debatte aufgeführt.	0	0	0	+	0	0							+	Unterricht Arb. + Tec 12/18
2001	Czech, O.; Sturm, H.: Mobilität - um welchen Preis?	Bewertung des mit Pflanzenöl betriebenen Elsbett-Motors	+	+	+	+	0	0	0	0	0				+	Unterricht Arb. + Tec 12/25
2001	Berge, O.E.: Die thermische Nutzung der Solarenergie	Bau und Funktionsweise von Solarkollektoren, physikalische Zusammenhänge und Typen von Flachkollektoren	+		+	+									*	NiU-Ph 61/4
2001	Hepp, R.: Heizen mit der Sonne	Aufbau und Wirkungsweise eines Sonnenkollektors, Bauanleitung für einen einfachen Solarkollektor, Möglichkeiten einer fächerübergreifenden Behandlung des Themas	+			+									+	NiU-Ph 61/16
2001	Berge, O.E.: Transparente Wärmedämmung	Aufbau und Wirkungsweise einer Solarwand (wärmedämmende Fassadenplatten), Versuche zur Wärmedämmung	+			+									+	NiU-Ph 61/22
2001	Hauke, B.; Meier, E.: Solarkocher im Unterricht	Solarkochertypen (Reflektorkocher, Boxkocher bzw. Kochkiste), Bauanleitung einer Solarkochkiste, Experimente mit dem Reflektorkocher	+			+									+	NiU-Ph 61/26

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension													
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur		
2001	Berge, O. E.: Das Aufwindkraftwerk	Aufbau und Funktionsweise von Aufwindkraftwerken, Anregungen zur Unterrichtsbehandlung des Themas	+	+		+								+	+	NiU-Ph 61/31
2001	Pleißmann, T.: Elektrische Energie	Historische Entwicklung der Nutzung elektrischer Energie, Beispiele für die Einführung des Themas „Elektrische Energie“									+				+	NiU-Ph 63;64/34
2001	Kuhn, J.: Planspiel „Energieversorgung eines Freizeitparks mithilfe regenerativer Energiequellen“	Experimentelle Erschließung der physikalischen Zusammenhänge von Windkraft-, Solar-, Wasserkraftanlagen; Erarbeitung von umwelt- und regionalpolitischen Aspekten; Rollenkarten			+		+								+	NiU-Ph 63;64/38
2001	Wünsch, S.: Verantwortungsvoll handeln - Solarenergie nutzen	Beschreibung der Teilnahme einer Schule am Projekt „SONNEonline“; Installation einer Fotovoltaikanlage im Rahmen des Projektes				+								+	+	NiU-Ph 63;64/45
2001	Hepp, R.: Lernen an Stationen zum Thema Solar- und Windenergie	Anregungen zum Einsatz eines Solarkoffers und des Windkoffers im Unterricht (Versuche: z.B. Solarzellen in Reihenschaltung)	+			+									+	NiU-Ph 63;64/48
2001	Hepp, R.: Wie kann man ein Wohnhaus mit möglichst wenig Energie aus fossilen Energieträgern beheizen?	Schülervorschläge zur Titelfrage (z.B. Sonnenkollektoren, Wärmedämmung), Beispiele für das Stationslernen				+									+	NiU-Ph 63;64/53

Jahr	Verfasser, Titel	Inhalt	Dimension											
			technische	ökonomische	ökologische	nat./math./log.	politische	soziale	gesell./kult.	anthropogene	ethische	theoretisch	praktisch/meth.	Literatur
2002	Koch, V.; Schulz, H.D.: Ressourcenschutz an Schulen	Experimente zum Energie sparen beim Heizen und Lüften mittels eines Modellhauses	+			+							+	Unterricht Arb. + Tec 13/20
2002	Wierichs, H.: Ein Dach soll wärmegeklämmt werden	Bewertung von Isolierstoffen zur Dämmung eines Daches unter Berücksichtigung der Lebensphase (Herstellung, Verarbeitung usw.) des Produktes	+		+		+				+		+	Unterricht Arb. + Tec 13/49
2002	Hartmann, E.: Produktlinienanalyse Ökologische, ökonomische und soziale Bewertung von Produkten	U.a. Auflistung von Bewertungskriterien (z.B. technikerne Kriterien, wirtschaftliche Kriterien, Kriterien nach VDI) und Modelle der Technikbewertung [z.B. Ökobilanz, Produktlinienanalyse (PLA), Auditierung]; nähere Beschreibung der PLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	Unterricht Arb. + Tec 13/58

Gesamtübersicht über die zeitliche Verteilung Aufsatzveröffentlichungen zum Themenkreis Energie:

Jahr	Die Arbeitslehre arbeiten + lernen (a+l)			Zeitschrift für Technik im Unterricht (TU)	Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie (NiU)	
1977	-			-	-	
1978	-			1	1	
1979	-			1	5	
1980	7			1	6	
1981	-			1	9	
1982	3			3	5	
1983	11			3	6	
1984	-			1	7	
1985	2			2	3	
1986	2			1	2	
1987	-			-	3	
1988	-			-	2	
1989	1			-	-	
	Wirtschaft arbeiten+lernen (a+l Wi)	Technik arbeiten+lernen (a+l Tec)	Arbeit und Technik in der Schule (seit 1990)		Naturwissen- schaften im Unterricht Physik NiU-Ph	Naturwissen- schaften im Unterricht Chemie (NiU-Ch)
1990	-	-	2	3	-	-
1991	-	2	4	3	4	-
1992	-	8	-	-	8	-
1993	-	3	1	2	1	9
1994	-	2	2	-	-	-
1995	1	-	3	3	-	-
1996	-	8	5	-	2	-
1997	-	11	5	3	8	-
1998	-	-	-	-	-	-
		Unterricht Arb. + Tec				
1999	-	1	-	-	8	-
2000	-	12	-	-	2	-
2001	-	4	-	-	10	-
2002	-	3	-	-	-	-

Abb. 46 Zeitliche Verteilung von Aufsatzveröffentlichungen zum Themenkreis Energie

Abbildungsverzeichnis:

- Abb. 1* Enquete- Kommission Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen im 10. Deutschen Bundestag
- Abb. 2* Schematische Darstellung der institutionalisierten Technikfolgenabschätzung
- Abb. 3* Graphik der „homepage“ des TAB
- Abb. 4* Das Werteoktagon
- Abb. 5* Beziehungen zwischen Zielen und Werten
- Abb. 6* Komponentenmodell der Technikbewertung
- Abb. 7* Spezielle Gebiete der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung
- Abb. 8* Anteil der emittierten Schadstoffmengen des Verkehrs am Gesamtschadstoffaufkommen
- Abb. 9* Wirkungsdimensionen der Technik und Beispiele von Kriterien zur Bewertung von Technik
- Abb. 10* Einteilung der Typen der Technikbewertung nach Zeitpunkt und Anlaß
- Abb. 11* Zeitpunktbezogene Einteilung der Typen der Technikbewertung in Verbindung des Technologielebenszyklus
- Abb. 12* Das Verfahrensschema der MITRE-Corporation
- Abb. 13* Schematische Darstellung der interessenabhängigen Fragestellungen und Methoden
- Abb. 14* Methoden der Technikbewertung
- Abb. 15* Methodenaufstellung in der VDI-Richtlinie 3780
- Abb. 16* Technische Problem- und Handlungsfelder und Zuordnung möglicher Bewertungsinhalten
- Abb. 17* Zielebenen des Technikunterrichts und Zuordnung von Lernzielen
- Abb. 18* Kognitive, affektive und psychomotorische Ziele des Technikunterrichts
- Abb. 19* Technischer Transformationsprozeß
- Abb. 20* Transformationsmatrix
- Abb. 21* Achtstufige Sachsystem-Hierarchie
- Abb. 22* Struktur eines Wärmekraftwerkes nach dem Energiefluß
- Abb. 23* Technische Handlungen

- Abb. 24** Kriterien zur Bewertung komplexer Produkte
- Abb. 25** Techniktypische Vorgehensweisen
- Abb. 26** Zusammenhang zwischen den Unterrichtsmethoden und den techniktypischen Vorgehensweisen
- Abb. 27** Zusammenhang zwischen Unterrichtsmethoden und ganz speziellen technischen Handlungen
- Abb. 28** Morphologischer Kasten
- Abb. 29** Beispiel einer Bewertungsmatrix
- Abb. 30** Produktlinien - Matrix
- Abb. 31** Schema einer Turbine
- Abb. 32** Dampfturbinenmodell
- Abb. 33** Entwicklung des Weltenergieverbrauchs nach Primärenergieträger
- Abb. 34** Faktoren für die Reichweite fossiler Energieträger
- Abb. 35** Weltbevölkerung und Primär- Energieverbrauch pro Kopf und Region
- Abb. 36** Maßnahmen zur Reduzierung des Energieumsatzes im Bereich Industrie und Kleinverbraucher
- Abb. 37** Maßnahmen zur Reduzierung des Energieumsatzes im privaten Haushalt
- Abb. 38** Handlungsebenen des sparsamen Umgangs mit Energie
- Abb. 39** Eignung des Bewertungsgegenstandes hinsichtlich der Berücksichtigung einzelner Dimensionen
- Abb. 40** Jahresstromverbrauch ausgewählter Elektro-Haushaltsgeräte nach Haushaltsgrößen in Abhängigkeit von Personenzahl
- Abb. 41** Haushaltswechselstromzähler
- Abb. 42** Energiekosten Meßgerät
- Abb. 43** Auswertungstabelle zu den Verfahren der Kaffeewasserbereitung
- Abb. 44** Luftverunreinigung bei der Energieerzeugung
- Abb. 45** Vereinfachte Übersicht über die Gründe unterschiedlicher Strompreise in EU-Ländern
- Abb. 46** Zeitliche Verteilung von Aufsatzveröffentlichungen zum Themenkreis Energie

Literaturverzeichnis:

- AEBLI, H.** (1965): Grundformen des Lehrens, Stuttgart 1965.
- AEBLI, H.** (1968): Psychologische Didaktik, Stuttgart 1968.
- AEBLI, H.** (1971): Über die geistige Entwicklung des Kindes, Stuttgart 1971.
- AEBLI, H.** (1980): Denken: Das Ordnen des Tuns, Bd. I, Stuttgart 1980.
- AEBLI, H.** (1983): Zwölf Grundformen des Lehrens, Stuttgart 1983.
- AEBLI; MONTADA; SCHNEIDER** (1968): Über den Egozentrismus des Kindes, Stuttgart 1968.
- AJZEN, I.; FISHBEIN, M.** (1980): Understanding Attitudes and Predicting Social Behaviour, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- ALBACH, A.; SCHADE, D.; SINN, H.** (1991): Technikfolgenforschung und Technikfolgenabschätzung, Berlin/Heidelberg/New York 1991.
- ALBRECHT, S.** (1996): Wissenschaft, Technik und Gesellschaft -Geschichte, Genese, Gestaltung, Folgen-. In: ALBRECHT, S. (Hrsg.): Aufgaben verantwortbarer Wissenschaft -Technik, Technikfolgen, Technikgestaltung-, Berlin/Hamburg 1996; S. 11-36.
- ALLERBECK, K.; HOAG, W.** (1986): Jugend ohne Zukunft? -Einstellungen, Umwelt, Lebensperspektiven-, München 1986.
- AMMEN, A.** (1992): Arbeit - Existenzsicherung und Lebenswert. In: MAY, H. (Hrsg.): Handbuch zur ökonomischen Bildung, München/Wien 1992, S. 145-157.
- ANDERSEN, A.** (1996): Historische Technikfolgenabschätzung am Beispiel des Metallwesens und der Chemieindustrie 1850-1933, Habilitationsschrift, Stuttgart 1996.
- arbeiten + lernen Technik** (Zeitschrift), Friedrich Verlag, Seelze.
- arbeiten + lernen Wirtschaft** (Zeitschrift), Friedrich Verlag, Seelze.
- Arbeit und Technik in der Schule** (Zeitschrift), Volk und Wissen Verlag, Berlin.
- Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW)** (1998-2001): Informationsmaterial für private Haushalte, Köln.
- Arbeitskreis Schulinformation Energie** (1995): Lehrerinformation zur umweltgerechten Produktgestaltung - Elektro-Haushaltsgeräte, Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (Hrsg.), Frankfurt am Main 1995.
- Arbeitskreis Schulinformation Energie** (1996): Unterrichtsmaterialien zum Thema Energie Sekundarstufe I, Heft 1-6, Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (Hrsg.), Frankfurt am Main 1996.

- ARNOLD, M.** (1994): Jugend und Umwelt -Die „ohne-mich Mentalität“ setzt sich durch-. In: Öko-Test-Magazin, Heft 4 (1994), S. 10-17.
- AUSUBEL, D.** (1963): Psychology of Meaningful Verbal Learning, New York 1963.
- AWT-Info** (1985): Energie als Unterrichtsgegenstand, Forschungsstelle Arbeit - Wirtschaft - Technik an der Pädagogischen Hochschule Weingarten (Hrsg.), Weingarten 1985.
- BALLSCHMITER, K.** (2001): Ozon und Sommersmog: Ursachen und Auswirkungen. In: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Hrsg.): Jahrbuch 2000, Stuttgart 2001, S. 12-25.
- BARON, W.** (1995): Technikfolgenabschätzung -Ansätze zur Institutionalisierung und Chancen der Partizipation-, Dissertationsschrift, Opladen 1995.
- BARON, W.** (1997): Grundfragen und Herausforderungen an eine partizipative Technikfolgenabschätzung. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 137-158.
- BARTOCHA, B.** (1990): Prognose gesellschaftlicher Konsequenzen von technischen Entwicklungen und deren wissenschaftspolitische Beeinflussung. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 39-50.
- BATELLE-INSTITUT** (1988): Vademecum der Ideenfindung -Eine Anleitung zum Arbeiten mit Methoden der Ideenfindung-, Frankfurt 1988.
- BAUER, J.** (2001): Mehr Nutzen aus Staudamm-Großprojekten? In: Aus Politik und Zeitgeschichte - Beilage zur Wochenzeitung „Das Parlament“, Bonn 23. November 2001, S.23-29.
- BECHMANN, G.** (1987): Sozialwissenschaftliche Forschung und Technikfolgenabschätzung. In: LOMPE, K. (Hrsg.): Techniktheorie, Technikforschung, Technikgestaltung, Opladen 1987, S. 28-58.
- BECK, U.** (1986): Risikogesellschaft -Auf dem Weg in eine andere Moderne-, Frankfurt am Main 1986.
- BECK, U.** (1991): Politik in der Risikogesellschaft , Frankfurt am Main 1991.
- BECKMANN, J. P.** (2000): Vom Nutzen und von den Grenzen von Ingenieur-Codices. In: GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München 2000, S. 191-201.
- BEER, W.** (1982): Ökologische Aktion und ökologisches Lernen -Erfahrungen und Modelle für die politische Bildung-, Opladen 1982.
- BIENHAUS, W.** (1994): Informationstechnik als Gegenstand des Technikunterrichts. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 71 (1994), S. 5-15.

- BILLIG, A.; BRIEFS, D. und Partner** (1990): Möglichkeiten der Bewußtseins- und Verhaltensänderung durch Umwelterziehung. In: Deutsche Gesellschaft für Umwelterziehung (Hrsg.): Schulische und außerschulische Lernorte der Umwelterziehung, Bericht über eine deutsch - italienische Fachtagung des Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, Kiel 1990, S. 201-213.
- BILLIG, A.; BRIEFS, D.; PAHL, A.** (1989): Das ökologische Problembewußtsein umweltrelevanter Zielgruppen, Wertwandel und Verhaltensänderung. In: BOLSCO, D.; EULEFELD, G.(Hrsg.): Materialien zur empirischen Forschung in der Umwelterziehung, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1989, S. 66-84.
- BLOOM, B. S.** (1972):Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich, Weinheim/Basel 1972.
- BLUM, A.** (1987):Student´s knowledge and beliefs concerning environmental issues in four countries. In: The journal of Environmental Education, 18 (3), S.7-13.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie)** (Hrsg.) (1989): Memorandum eines vom Bundesminister für Forschung und Technologie berufenen Sachverständigenausschusses zu Grundsatzfragen und Programmperspektiven der Technikfolgenabschätzung , Bonn 1989.
- BOEHNKE, K.; MACPHERSON, M.; MEADOR, M.; PETRI, H.** (1988): Feindbilder und die Ängste vor der atomaren Bedrohung. In: Kind und Umwelt, 17 (59), S. 39-59.
- BOHNENKAMP, D.** (1981): Energie aus der Umgebung. In: Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 8 (1981), S. 298 ff.
- BÖHRET, C.; FRANZ, P.** (1985):Technikfolgenabschätzung durch das Parlament -Die ausländischen Vorbilder und der „Leidensweg“ der Institutionalisierung in der Bundesrepublik-. In: Gewerkschaftliche Monatshefte, Heft 9 (1985), S. 537-545.
- BÖHRET, C.; FRANZ, P.** (1987): Die Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung im politischen System der Bundesrepublik Deutschland. In: LOMPE, K. (Hrsg.): Techniktheorie, Technikforschung, Technikgestaltung, Opladen 1987, S. 268-288.
- BÖHRET, C.; FRANZ, P.** (1990): Die Technikfolgenabschätzung (technology assessment) als Instrument der politischen Steuerung des technischen Wandels? In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 107-135.
- BOLSCO, D.** (1989): Empirische Forschung zur Umwelterziehung -Eine annotierte Auswahlbiographie mit einleitenden Anmerkungen zur Forschungssituation-. In: BOLSCO, D.; EULEFELD, G. (Hrsg.): Materialien zur empirischen Forschung in der Umwelterziehung, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1989.

- BOLSCHO, D.** (1993): Forschung zur Umwelterziehung -Entwicklungen und Schwerpunkte-. In: EULEFELD,G. (Hrsg.): Studien zur Umwelterziehung, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1993, S. 13-34.
- BOLTE, K M; ASCHENBRENNER, K.** (1970): Die gesellschaftliche Situation der Gegenwart, Opladen 1970.
- BONNET, P.** (1994): Methoden und Verfahren der Technikfolgenabschätzung - Exotische Hausmannskost? In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 33-54.
- BRAUN, A.** (1983): Umwelterziehung zwischen Anspruch und Wirklichkeit - Eine vergleichende Betrachtung theoretischer Erziehungspostulate mit Kenntnissen, Einstellungen und praktizierten Handlungsweisen 15- bis 16-jähriger Schüler, Frankfurt am Main 1983.
- BRAUN, A.** (1984): Ist die Umwelterziehung auf dem richtigen Weg? Einige Ergebnisse und Konsequenzen einer empirischen Untersuchung zum Umweltbewußtsein von Schülern der Sekundarstufe I. In: Geographie im Unterricht 9, Heft 8 (1984), S. 322-326.
- BRAUN, A.** (1987):Untersuchungen über das Umweltbewußtsein bei Lernenden im Schulalter. In: CALLIEß, J.; LOB, R. E. (Hrsg.): Praxis der Umwelt- und Friedenserziehung, Band 2, Düsseldorf 1987, S. 56-61.
- BRAUN, R.** (1968): Zur Einwirkung sozio-kultureller Umweltbedingungen auf das Unternehmerpotential und das Unternehmerverhalten. In: FISCHER, W. (Hrsg.): Wirtschafts- und sozialgeschichtliche Probleme der frühen Industrialisierung, Band 1, Berlin 1968, S. 247-287.
- BRENNECKE, V.** (1994): Technikbewertung als Aufgabe technisch-wissenschaftlicher Vereinigungen. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 6, Studieneinheit 20.
- BRENNECKE, V.** (1999): Entwicklung von Institutionen. In RAPP, F. (Hrsg.): Normative Technikbewertung - Wertprobleme der Technik und die Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780, Berlin 1999, S. 47-59.
- BRIEFS, G.** (1943): Betriebsführung und Betriebsleben in der Industrie, Stuttgart 1943.
- BRINKMANN, H.** (1997): Arbeitsschutzpolitik. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 625-647
- BROCKT, M.** (1982): Eine Energieäquivalenztabelle zur Verwendung im Unterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 4 (1982), S. 128 ff.
- BRÖCHLER, S.; SIMONIS, G.; SUNDERMANN, K.** (1999): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Bd. 2, Berlin 1999.
- BROSE, H. G.** (1997): Arbeitszeit und Lebensführung. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 81-101
- BRUNER, J.** (1974): Entwurf einer Unterrichtstheorie, Berlin/Düsseldorf 1974.

- BRUNER, J.** (1980): Der Prozeß der Erziehung, Berlin/Düsseldorf 1980.
- BRUNER, J.** (1988): Studien zur kognitiven Entwicklung, Stuttgart 1988.
- BUGL, J.** (1989): Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag - Ergebnisse der Enquete-Kommission Technikfolgenabschätzung der 10. Legislaturperiode-. In: RAPP, F.; MAI, M. (Hrsg.): Institutionen der Technikbewertung - Standpunkte aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft, Düsseldorf 1989, S. 92-96.
- BUGL, J.** (1994): Technikfolgenabschätzung - Ein Instrument für Chancenmanagement in der Wirtschaft. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 245-268.
- BUGL, J.; MAI, M.** (1994): Technikbewertung als Aufgabe der Politik. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 6, Studieneinheit 18.
- BULLINGER, H.-J.** (1994): Was ist Technikfolgenabschätzung. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 3-32.
- BULLINGER, H.-J.; BRAUN, M.** (2001): Arbeitswissenschaft in der sich wandelnden Arbeitswelt. In: ROPOHL, G. (Hrsg.): Erträge der Interdisziplinären Technikforschung - Eine Bilanz nach 20 Jahren, Berlin 2001, S. 109-124.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz** (1991): -Amtliche Mitteilungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz-Gesundheitsschutz in Zahlen 1991-, Sonderdruck 1993.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit** (Hrsg.) (1997): Umwelt und Auto, 1997.
- Bundeszentrale für politische Bildung** (Hrsg.) (1988): Das 19. Jahrhundert - Industrialisierung -soziale Fragen, Informationen zur politischen Bildung, Heft 164, Bonn 1988.
- BÜTTNER, M.** (1988): Die Behandlung der Kernenergie unter fächerübergreifenden Aspekten. In: Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 40 (1988), S. 6 ff.
- CATENHUSEN, W.-M.** (1994): Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag - Erfahrungen und Perspektiven. In: DIETZ, J. H. W. (Hrsg.): Jahrbuch Arbeit und Technik, Bonn 1994, S. 283-294.
- CLAUBEN, B.** (1991): Politische Bildung in ökologischer und sozialer Verantwortung -Didaktische Aspekte der Technikfolgenabschätzung. In: Aus Politik und Zeitgeschichte - Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament, B43/91, S. 38-46.
- CLEVER, M.; KIEFER, R.** (1990): Bau eines oszillierenden Dampfmaschinenmodells. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Hefte 55, 56 und 57 (1990).

- COATS, J.** (1999): Technikfolgenabschätzung in den USA - Vergangenheit und Perspektiven für die Zukunft. In: PETERMANN, Th.; COENEN, R. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung in Deutschland - Bilanzen und Perspektiven, Frankfurt/New York 1999, S. 53-64.
- COENEN, R.; FLEISCHER, T.; KUPSCH, Chr.** (1993): Technikfolgenabschätzung in Deutschland. In: Kernforschungszentrum Karlsruhe, Abteilung für Angewandte Systemanalyse (Hrsg.), Karlsruhe 1993.
- COENEN, R. u.a.** (2001): Technikfolgenabschätzung im Spiegel ihrer Institution -Eine Dokumentation über deutsche Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Technikfolgenabschätzung-, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH - Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) (Hrsg.), 2001.
- DAECKE, S. M.** (1993): Der Mensch als Mitschöpfer -Aspekte einer Ethik der Technik-. In: DAECKE, S. M.; HENNING, K. (Hrsg.): Verantwortung in der Technik -Ethische Aspekte der Ingenieurwissenschaften-, Mannheim 1993, S. 16-35.
- DAECKE, S. M.; HENNING, K.** (1993): Verantwortung in der Technik, Mannheim 1993.
- DAHRENDORF, R.** (1957): Soziale Klassen und Klassenkonflikte in der industriellen Gesellschaft, Stuttgart 1957.
- Datenreport 1999** (akt. Auflage 2001): Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland. Bundeszentrale für Politische Bildung (Hrsg.), Bonn 2001.
- DETZER, K.; RAPP, F.; ROPOHL, G.** (1996): Defizite der individuellen und institutionellen Verantwortung. In: VDI-Nachrichten fazit: „Technik und Verantwortung“, Sonderheft September 1996, S. 4-9.
- DETZER, K.; SCHADE, D.** (1994): Immer unterwegs -Die mobile Gesellschaft-. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 4, Studieneinheit 12.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): MAK- und BAT-Werte-Liste** 1992. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1992.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1973): Bundestagsdrucksache 7/468, 1973.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1981): Bundestagsdrucksache 9/701, 1981.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1986): Bundestagsdrucksache 10/5844, 1986.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/4377, 1989.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/4606, 1989.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/4749, 1989.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/4832, 1989.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/5489, 1989.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/5595, 1989.

- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1989): Bundestagsdrucksache 11/5608, 1989.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1990): Bundestagsdrucksache 11/7990, 1990.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1990): Bundestagsdrucksache 11/7991, 1990.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1990): Bundestagsdrucksache 11/7992, 1990.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1992): Bundestagsdrucksache 12/3499, 1992.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1993): Bundestagsdrucksache 12/4139, 1993.
- DEUTSCHER BUNDESTAG** (1993): Plenarprotokoll 12/143, 1993.
- Deutsches Atomforum e.V.** (1995): Zahlen & Fakten zur Kernenergie, Bonn 1995.
- Die Arbeitslehre** (Zeitschrift), Klett-Verlag, Stuttgart, seit 1982 vereinigt mit „arbeiten + lernen“.
- DIERKES, M.** (1986): Technikfolgen-Abschätzung als Interaktion von Sozialwissenschaften und Politik -die Institutionalisierungsdiskussion im historischen Kontext-. In: **DIERKES, M.; PETERMANN, Th.; von THIENEN, V.** (Hrsg.): Technik und Parlament, Frankfurt am Main, 1986, S. 115-146.
- DIERKES, M.** (1991): Was ist und wozu betreibt man Technikfolgenabschätzung? In: **BULLINGER, H. J.** (Hrsg.): Handbuch des Informationsmanagements im Unternehmen, Bd. II, S. 1459-1523.
- DIERKES, M.** (1992): Technikfolgenforschung Organisationskultur und Leitbilder. In: VDI-Technologiezentrum (Hrsg.): Aspekte und Perspektiven der Technikfolgenforschung -Beiträge und Empfehlungen des Sachverständigenkreises Technikfolgenforschung und eines interdisziplinären Expertenteams an den Bundesminister für Forschung und Technologie-, Düsseldorf 1992, S. 69-74.
- DIERKES, M.; HOFFMANN, U.; MARZ, L.** (1992): Leitbild und Technik -Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen-, Berlin 1992.
- DIERKES, M.; HÄHNER, K.** (1999): Konzeptentwicklung von Technikfolgenabschätzung - Rückblick und Ausblick. In: **PETERMANN, Th.; COENEN, R.** (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung in Deutschland - Bilanzen und Perspektiven, Frankfurt/New York 1999, S. 97-113.
- DÖRNER, D.; KREUZIG, H. W.; REITHER, F.; STÄUDEL, T.** (1983): Lohhausen - Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität, Bern/Stuttgart/Wien 1983.
- DÖRNER, D.** (1995): Die Logik des Mißlingens -Strategisches Denken in komplexen Situationen-, Hamburg 1995.
- DRUBE, B.** (1985): Die Erzeugung von warmen Wasser im Haushalt - Ergebnisse einfacher Versuche für den Technikunterricht. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 35 (1985), S. 13 ff.
- DRUBE, B.; PFINGSTEN, H.** (1985): Kochen von Kaffee und Eiern unter energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 38 (1985), S. 28 ff.
- DRUCKER, P. F.** (1950): Gesellschaft am Fließband, Frankfurt 1950.

- DSW (Deutsche Stiftung Weltbevölkerung)** (2001): Weltbevölkerungsbericht 2001 - Bevölkerung und Umwelt, Stuttgart 2001.
- DUISMANN, G. H.; SELLIN, H.** (1991): Technikfolgenabschätzung - Politisches Instrument und ein Ziel im Lernbereich Arbeitslehre/Polytechnik-. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 2 (1991), S. 5-11.
- ECHTER, R.** (1977): Soziale Indikation und Technology Assesment, Dissertation, Bochum 1977, S. 184f.
- ECKARDSTEIN, D. von; SCHNELLINGER, F.** (1978): Betriebliche Personalpolitik, WiSo Kurzlehrbücher, München 1978.
- EDELMANN, W.** (1996): Lernpsychologie -Eine Einführung-, München/Weinheim 1996.
- ELSNER, G.** (Hrsg.) (1988): Handbuch Arbeitsmedizin - Ein Leitfaden für Betriebsräte, Personalräte und Gewerkschafter, Hamburg 1988.
- ELSNER, M.** (1997): Gentechnik, Ethik und Gesellschaft. Heidelberg 1997.
- ENQUETE-KOMMISSION „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages** (Hrsg.) (1990): Schutz der Erdatmosphäre, Bonn 1990.
- ENQUETE-KOMMISSION „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages** (Hrsg.) (1991): Schutz der Erde, Bonn 1991.
- EULEFELD, G.; BOLSCO, D.; ROST, J.; SEYBOLD, H.** (1988): Praxis der Umwelterziehung in der Bundesrepublik Deutschland, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1988.
- EULEFELD, G.; BOLSCO, D.; SEYBOLD, H.** (1991): Umweltbewußtsein und Umwelterziehung, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1991.
- EULEFELD, G.; BOLSCO, D.; RODE, H.; ROST, J.; SEYBOLD, H.** (1993): Entwicklung der Praxis schulischer Umwelterziehung in Deutschland, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1993.
- EVERS; NOWOTNY, H.** (1987): Über den Umgang mit Unsicherheit - Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft, Frankfurt am Main 1987.
- EWE-Aktiengesellschaft** (2000): Die stillen Stromverbraucher, VWEW Energieverlag GmbH, Heidelberg 2000.
- EWE-Oldenburg** (2001): Stromfresser raus! Oldenburg 2001.
- FIETKAU, H.-J.** (1987): Umweltbewußtsein. In: CALLIEß, J.; LOB, R. E. (Hrsg.): Praxis der Umwelt- und Friedenserziehung, Band 1, Düsseldorf 1987, S. 293-296.
- FLEISCHER, G.** (1994): Aus dem Leben einer Milchtüte...- Die Bilanz des Abfalls. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 3, Studieneinheit 10.
- FLEISCHER, T. u.a.** (2000): TA-Projekt: Elemente einer Strategie für eine nachhaltige Energieversorgung. In: TAB (Hrsg.): TAB-Arbeitsbericht, Nr. 69, Dezember 2000, Berlin 2000.

- FLEISCHMANN, G.** (1987): Resümee - Folgenabschätzung und Bewertung. Folgenlos oder folgenreich?. In: PHILIPP, P. (Hrsg.): Report 10 - Konzeption, Anwendungsfälle, Perspektiven-, Schriftenreihe der Daimler-Benz AG, Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung, 9. Daimler-Benz-Seminar Berlin der Forschungsgruppe, Berlin 19./20. November 1987, S. 71-78.
- FRIEDMANN, G.** (1952): Der Mensch in der mechanisierten Produktion, Köln 1952.
- FÜLGRAFF, G.** (1993): Ökonomische Instrumente und provokatives Handeln der Unternehmer. In: KREIBICH, R.; ROGALL, H.; BOES, H. (Hrsg.): Ökologisch Produzieren -Zukunft der Wirtschaft durch umweltfreundliche Produkte und Produktionsverfahren-, Weinheim/Basel 1993, S. 31-44.
- FUNKKOLLEG TECHNIK** (1994): einschätzen - beurteilen - bewerten, Einführungsbrief, Studienbriefe 1-6, Tübingen 1994.
- GADASCHEWSKI, H.-J.; REUL, G.** (1988): Ökologische Aspekte der Arbeitslehre - Materialien für den Unterricht aller Jahrgangsstufen, Pädagogisches Zentrum Berlin 1988.
- GANZER, U.** (1978): Großtechnologien -Der Fall Concord-. In: SCHLÖSSER, F.-J.; TECKENTRUP, P. (Hrsg.): Technik zwischen Macht und Mangel, Düsseldorf 1978, S. 65-98.
- GASSER, C.** (1958): Der Mensch im modernen Industriebetrieb, Köln/Opladen 1958.
- GAUSEMEIER, J. u.a.** (1997): Szenariotechnik. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 203-221.
- GEGE, M.** (1993): Ökologisches Wirtschaften als Zukunftsstrategie moderner Unternehmen. In: KREIBICH, R.; ROGALL, H.; BOES, H. (Hrsg.): Ökologisch Produzieren -Zukunft der Wirtschaft durch umweltfreundliche Produkte und Produktionsverfahren-, Weinheim/Basel 1993, S. 63-103.
- GEHLEN, A.** (1957): Die Seele im technischen Zeitalter, Hamburg 1957.
- GEHLEN, A.** (1961): Anthropologische Forschung, Reinbeck 1961.
- GEMEINSAME DEUTSCH - DEUTSCHE ERKLÄRUNG** (1991): „Allgemeine technische Bildung/Technikunterricht in einem vereinten Deutschland. In: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H.; HARTMANN, E.; HEIN, C.; HÖPKEN, G. (Hrsg.): Allgemeine technische Bildung / Technikunterricht; Stuttgart 1991, Anhang.
- GETHMANN, C. F.** (2000): Bemannte Raumfahrt als Kulturaufgabe. In: GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München 2000, S. 163-175.
- GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F.** (2000): Philosophie und Technik. München 2000.
- GIBBONS, J.** (1990): Technikfolgenabschätzung für den Kongreß. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-

- Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltex te zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 97-106.
- GIBBONS, J.** (1991): Technikfolgenabschätzung am Office for Technology Assessment -Die Entwicklungsgeschichte eines Experiments. In: KORNWACHS, K. (Hrsg.): Reichweite und Potential der Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1991, S. 23-48.
- GIBBONS, J.; GWIN, H.** (1986): Technik und parlamentarische Kontrolle -Zur Entstehung und Arbeit des Office of Technology Assessment-. In : DIERKES, M.; PETERMANN, Th.; von THIENEN, V. (Hrsg.): Technik und Parlament, Frankfurt am Main 1986, S. 239-276.
- GLATZER, W.** (1997): Hausarbeit und Technik. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 123-143.
- GLEITZ, W.** (1991): Modellbau zum Thema Dampfkraftanlagen, Teil 1 / 2. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 62 / 63 (1991).
- GOTTSCHALK, N.; ELSTNER, M.** (1997): Technik und Politik -Überlegungen zu einer innovativen Technikgestaltung-. In: ELSTNER, M. (Hrsg.): Gentechnik, Ethik und Gesellschaft, Heidelberg 1997, S. 143-180.
- GREIBING, H.** (1970): Geschichte der deutschen Arbeiterbewegung, München 1970.
- GRÜBNER, K.** (1993): Wieviel TA darf es denn sein? Eine Kritische Bestandsaufnahme der Technikfolgenabschätzung in der Bundesrepublik Deutschland. In: Wechselwirkung, Nr. 60, Aachen April 1993, S. 15-18.
- GRUNWALD, A.** (1999): Rationale Technikfolgenbeurteilung -Konzeptionen und methodische Grundlagen-, Berlin/Heidelberg 1999.
- GRUNWALD, A.** (2002): Wechsel in der Leitung des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, Nr. 1, 11. Jahrgang, März 2002 (Schwerpunktthema: Stoffstromanalysen), S.165
- GRUNWALD, A.; LANGENBACH, Chr.** (1999): Kernbegriffe der Technikfolgendiskussion. In: GRUNWALD, A. (Hrsg.): Rationale Technikfolgenbeurteilung -Konzeptionen und methodische Grundlagen-, Berlin/Heidelberg 1999, S. 93-131.
- GRUNWALD, A.; GETHMANN, C. F.** (1999): Konzeption. In: GRUNWALD, A. (Hrsg.): Rationale Technikfolgenbeurteilung -Konzeptionen und methodische Grundlagen-, Berlin/Heidelberg 1999, S. 1-28.
- GRUNWALD, A.** (1999.): Rationale Technikfolgenbeurteilung -Konzeptionen und methodische Grundlagen-, Berlin/Heidelberg 1999.
- GRUNWALD, A.** (2000): Ethik als Orientierungshilfe in technikpolitischen Entscheidungen. In: GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München 2000, S. 121-145.
- GRUPP, H.** (1993): Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts, Heidelberg 1993.

- GRUPP, H.** (1994 a): Vorausschauende Technikbewertung konkret - Herausforderung überkommener Denkmuster. In: DIETZ, J. H. W. (Hrsg.): Jahrbuch Arbeit und Technik, Bonn 1994, S. 308-317.
- GRUPP, H.** (1994 b): Einordnung der Methoden der Technikfolgenabschätzung in das Gefüge der Wissenschaften. In: BULLINGER, H. J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 55-86.
- HABERMAS, J. u.a.** (1961): Student und Politik, Neuwied 1961.
- HARTMANN, E.** (1995): Von einer Technikbewertung zur Bewertungskompetenz? Was kann allgemeine technische Bildung leisten? Unveröffentlichtes Skript zum Vortrag des 2. Symposiums zur allgemeintechnischen Bildung in Flensburg im März 1995.
- HARTMANN, E.** (1996): Von einer Technikbewertung zur Bewertungskompetenz? Was kann allgemeine technische Bildung leisten? In: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. (Hrsg.): Beiträge zur Technischen Bildung -Deutsches Symposium Allgemeine Technische Bildung 5 Jahre nach der Wende vom 14. bis 16 März 1995 an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Universität Flensburg-, Bad Salzdetfurth 1996, S. 81-103.
- HARTMANN, E.** (2002): Produktlinienanalyse, ökologische, ökonomische und soziale Bewertung von Produkten. In: Unterricht - Arbeit + Technik, Heft 13 (2002), S. 58 ff.
- Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendungen e.V.** (1996): Statistisches Faltblatt, Frankfurt am Main 1996.
- Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendungen e.V.** (1996 a): Die Primärenergieträger der Erde, Frankfurt am Main 1996.
- HEIDORN, F.** (1983): Strom hilft Ölsparen? in: Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 2 (1983), S. 62 ff.
- HEIDORN, F.** (1993): Umweltbildung in der Risikogesellschaft - Zur Weiterentwicklung tradierter Ansätze von Umwelterziehung und Umweltbildung, Oldenburg 1993.
- HEITMANN, W.** (1980): Die Wärmepumpe - Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung? In: arbeiten und lernen, Heft 4 (1980), S. 36 ff.
- HELLER, R.** (1982): Bau einer Dampfturbine, Erkundung eines Kohlekraftwerkes, Teil 1 / 2. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 23 / 24 (1982).

- HENSELER, K.** (1994): Bewertungsorientierung -Ein didaktisches Kriterium für eine technische Bildung-. In: KUSSMANN, M.; TYRCHAN, G. (Hrsg.): Technische Bildung - Auf dem Weg zu einem Eurocurriculum Technik, EGTB report 2/1994, S. 64-69.
- HENSELER, K.** (1996): Technische Bildung in Niedersachsen. In: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. (Hrsg.): Beiträge zur Technischen Bildung - Deutsches Symposium Allgemeine Technische Bildung 5 Jahre nach der Wende vom 14. bis 16 März 1995 an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Universität Flensburg-, Bad Salzdetfurth 1996, S. 153-156.
- HENSELER, K.; HÖPKEN, G.** (1993): Überlegungen zur Struktur der Technik. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 70 (1993), S. 15 ff.
- HENSELER, K.; HÖPKEN, G.** (1994): Faktoren der Planung von Technikunterricht - Ziele des Technikunterrichts - Inhalte des Technikunterrichts - Methoden des Technikunterrichts. In: HENSELER, K. (Hrsg.): Grundlagen zur Fachdidaktik, Materialien zum Weiterbildungsstudiengang Technik, Bd. 1, AWT-Materialien, NLI, Oldenburg 1994, S. 15 ff.
- HENSELER, K.; HÖPKEN, G.** (1996): Methodik des Technikunterrichts, Bad Heilbrunn 1996.
- HENSELER, K. THEUERKAUF, W.** (1994): Beispiel für die Erstellung eines Lehrplanes. In: HENSELER, K. (Hrsg.): Grundlagen zur Fachdidaktik, Materialien zum Weiterbildungsstudiengang Technik, Bd. 1, AWT-Materialien, NLI, Oldenburg 1994, S. 63 ff.
- HEPPNER, A.** (1989): Abschätzung und Bewertung von Technikfolgen -Zur Diskussion über die Informations- und Kommunikationstechnologien in der Bundesrepublik Deutschland-, Regensburg 1989.
- HESSELBERGER, D.** (1990): Das Grundgesetz -Kommentar für die politische Bildung-, Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn 1990.
- HETTINGER, Th.; WOBBE, G.** (1993): Kompendium der Arbeitswissenschaft, Ludwigshafen (Rhein) 1993.
- HÖPKEN, G.; REICH, G.** (1981): Elektrotechnik in der Sekundarstufe I, Bad Salzdetfurth 1981.
- HÖPKEN, G.** (1996): Lehrplanentwicklung in Schleswig-Holstein. In: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. (Hrsg.): Beiträge zur Technischen Bildung -Deutsches Symposium Allgemeine Technische Bildung 5 Jahre nach der Wende vom 14. bis 16 März 1995 an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Universität Flensburg-, Bad Salzdetfurth 1996, S. 146-152.
- HORTLEDER, G.** (1970): Das Gesellschaftsbild des Ingenieurs -Zum Verhalten der Technischen Intelligenz in Deutschland-, Frankfurt am Main 1970.

- HORTLEDER, G.** (1973): Ingenieure in der Industriegesellschaft - Zur Soziologie der Technik und der naturwissenschaftlich-technischen Intelligenz im öffentlichen Dienst und in der Industrie, Frankfurt am Main 1973.
- HUBIG, C.; JELDEN, E.** (1994): Werkzeuge, Maschinen und Systeme -Leben in der Technik-. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 1, Studieneinheit 1.
- HUBIG, Chr.** (1999): Werte und Wertkonflikte. In: RAPP, F. (Hrsg.): Normative Technikbewertung - Wertprobleme der Technik und die Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780, Berlin 1999, S. 23-37.
- HUBIG, Chr.** (2000): Wertkonflikte in der Technikbewertung. In: GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München 2000, S. 93-119.
- HÜBNER, M.** (1994): Umwelterziehung im Rahmen der ökonomischen Bildung in allgemeinbildenden Schulen, Dissertationsschrift, Oldenburg 1994.
- HUISINGA, R.** (1985): Technikfolgenbewertung -Bestandsaufnahme, Kritik, Perspektiven-, Frankfurt am Main 1985.
- HÜTTEMANN, W.** (1993): Ansätze für eine entsorgungsgerechte Konstruktion aus der Sicht eines Hausgeräteherstellers. In: KREIBICH, R.; ROGALL, H.; BOES, H. (Hrsg.): Ökologisch Produzieren -Zukunft der Wirtschaft durch umweltfreundliche Produkte und Produktionsverfahren-, Weinheim/Basel 1993, S. 135-143.
- IBM-JUGENDSTUDIE - Institut für empirische Psychologie (IFEP)** (Hrsg.) (1995): „Wir sind Ok“ -Stimmungen, Einstellungen, Orientierungen der Jugend in den 90er Jahren-, Köln 1995.
- Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (IZE)** (1994): Viele Wege führen zum Strom, Frankfurt am Main 1994.
- Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (IZE)** (1995): Vom Wirkungsgrad zur Energievernunft, Frankfurt am Main, August 1995.
- Jahrbuch Arbeit und Technik**, Verlag J. H. W. Dietz Nachf. GmbH, Bonn.
- JANICH, P.** (2000): Philosophische Ethik und Technik: die Diskussion um die bemannte Raumfahrt. In: GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München 2000, S. 147-162.
- JÄNICKE, M.; SIMONIS, U. E.; WEIGMANN, G.** (1985): Wissen für die Umwelt - 17 Wissenschaftler bilanzieren, Berlin, New York 1985.
- JOCHEM, E.** (1988): Technikfolgen-Abschätzung am Beispiel der Solarenergienutzung, Frankfurt am Main 1988.
- JOCHEM, E.** (1990): Hilfen und Irrtümer beim Rückgriff des Prognostikers auf die Vergangenheit. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 63-77.

- JONAS, H.** (1984): Das Prinzip Verantwortung - Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation, Frankfurt am Main 1984.
- KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A.** (1997): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997.
- KAIMER, M.; SCHADE, D.** (2001): Abfallentsorgung zu Lasten der Bürger? In: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Hrsg.): Jahrbuch 2000. Stuttgart 2001, S. 26-37.
- KAISER, F. J.; KAMINSKI, H.** (1994): Methodik des Ökonomie-Unterrichts - Grundlagen eines handlungsorientierten Lernkonzepts mit Beispielen, Bad Heilbrunn 1994.
- KALINOWSKI, M.** (1993): Über den engen Horizont hinaus -Versuche zur Einbeziehung der Interessen von zeitlich und räumlich weit entfernten Betroffenen in die Technikfolgen-Abschätzung-. In: Wechselwirkung, Nr. 63, Aachen April 1993, S. 11-14.
- KARAFYLLIS, N.** (2000): Nachwachsende Rohstoffe - Technikbewertung zwischen den Leitbildern Wachstum und Nachhaltigkeit, Oplaten 2000.
- KELLER, J. A.; NOVAK, F.** (1988): Kleines pädagogisches Wörterbuch, Freiburg/Basel/Wien 1988.
- KELLER, M.** (1992): Die fetten Jahre sind vorbei. In: Öko-Test-Magazin, Heft 4 (1994), S. 10-17.
- KELLER, M.** (1996): DIN. Ordnungsfanatiker in der Umweltkritik. In: Öko-Test-Magazin, Heft 2 (1996), S. 16-19.
- KLEINSCHMIDT, B.** (1982): Von der Muskelkraft zur Dampfkraft. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 24 (1982), S. 24 ff.
- KLEMM, R.** (1979): Libri rari. Die Herausgabe dieser Broschüre ist ein Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen den Projekten der Reihe CURRICULUM Naturwissenschaften (CUNA) am Deutschen Museum in München und des Oberstufen-Kolleg in Bielefeld.
- KLINGBERG, L.** (1982): Einführung in die Allgemeine Didaktik, Berlin 1982.
- KLÜTING, R.** (1995): Wie können wir wollen, was wir müssen? In: Wechselwirkung, Nr. 60, Aachen Dezember 1995, S. 8-14.
- KOCH, V.** (1996): Energiesparen im Haushalt. In: Zeitschrift arbeiten + lernen Technik, Heft 24 (1996), S. 8 ff.
- KOCH, V.** (1996): Energiefressern auf der Spur. In: Zeitschrift arbeiten + lernen Technik Heft 24 (1996), S. 19 ff.
- KOLLEG, R.** (1994): Die Landkarte des Menschen - Genotyp und Phänotyp. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 3, Studieneinheit 9.
- KÖNIG, W.; RAPP, F.** (1994): Optimismus und Pessimismus - Technikbewertung einst und jetzt-. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 1, Studieneinheit 2.

- KORNWACHS, K.** (1991): Glanz und Elend der Technikfolgenabschätzung. In: KORNWACHS, K. (Hrsg.): Reichweite und Potential der Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1991, S. 1-22.
- KORNWACHS, K.** (1999): Versuche einer ethischen Bewertung der Szenarien zur klimaverträglichen Energieversorgung in Baden-Württemberg. In: NENNEN, H. K.; HÖRNIG, G. (Hrsg.): Energie und Ethik - Leitbilder im philosophischen Diskurs, Frankfurt a.M./New York, 1999, S. 123-186.
- KORNWACHS, K.; MEYER, R.** (1994): Aus der Werkstatt...-Methoden der Technikbewertung-. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 2, Studieneinheit 7.
- KOSACK, W.** (1997): Ökologische Technikbewertung. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 26 (1997), S. 40ff.
- KÖTTER, L.; SCHULZ-ELLERMANN, A.** (1988): Umweltverträglichkeitsprüfung im Erfahrungsaustausch, Köln 1988.
- KREIBICH, R.** (1993): Zukunft der Wirtschaft durch umweltorientierte Unternehmenspolitik. In: KREIBICH, R.; ROGALL, H.; BOES, H. (Hrsg.): Ökologisch Produzieren -Zukunft der Wirtschaft durch umweltfreundliche Produkte und Produktionsverfahren, Weinheim/Basel 1993, S. 135-143.
- KREMEIER, A.** (1989): Stellungnahme zur Institutionalisierung der Technikbewertung. In: RAPP, F.; MAI, M. (Hrsg.): Institutionen der Technikbewertung, Düsseldorf 1989, S. 191-199.
- KREMER, G.** (1984): Erfahrungen bei der Erstellung von Sicherheitsanalysen in der chemischen Industrie. In: TÜV Rheinland e.V. (Hrsg.): Sicherheitsanalyse nach der Störfall-Verordnung, Köln 1984, S. 35-49.
- KROL, G. J.** (1991): Begründung eines eigenständigen sozialökonomischen Beitrages zur Umweltausbildung und Umwelterziehung - Lehrerbefragung zur Umwelterziehung. In: EULEFELD, G.; BOLSCO, D.; SEYBOLD, H. (Hrsg.): Umweltbewußtsein und Umwelterziehung, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1991.
- KROL, G. J.** (1997): Verbraucherpolitik. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 753-767.
- KROL, G. J.** (1997): Umweltpolitik. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 769-785.
- KRÜCK, C.** (1993): Schrittmachertechnik Raumfahrt? In: Wechselwirkung, Nr. 60, Aachen April 1993, S. 34-37.
- KUHLMANN, A.** (1977): Alptraum Technik? Zur Bewertung der Technik unter humanitären und ökonomischen Gesichtspunkten, Köln 1977.
- KUHLMANN, A.** (1995): Einführung in die Sicherheitswissenschaft, Köln 1995.

- KÜHNE, G.** (1984): Anwendung von Methoden zur Erstellung von Sicherheitsanalysen -Sind systematische Methoden notwendig? In: TÜV Rheinland e.V. (Hrsg.): Sicherheitsanalyse nach der Störfall-Verordnung, Köln 1984, S. 139-155.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ** (1980): Umwelt und Unterricht -Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 17.10.1980-, Bonn 1980.
- LAABS, H. J.** (1996): Rechnergestützte Ermittlung des k-Wertes am Modell des Energiesparhauses, Teil 1 / 2. In: Arbeit und Technik in der Schule, Heft 9 / 11 (1996).
- LENK, H.; ROPOHL, G.** (1993): Technik und Ethik, Stuttgart 1993.
- LERCH, J.** (1995): Energieflußdiagramme. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 76 (1995), S. 25 ff.
- LESSING, C.** (1989): Die Rolle der Kultusministerkonferenz in der politischen Bildung. In: Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.): Vierzig Jahre politische Bildung in der Demokratie, Bonn 1990, S. 66-67.
- LOB, R. E.** (1987): Zum Stand der Bemühungen um Umwelterziehung in der Bundesrepublik Deutschland. In: CALLIEB, J.; LOB, R. E. (Hrsg.): Praxis der Umwelt- und Friedenserziehung, Band 1, Düsseldorf 1987, S. 285-292.
- LOMPE, K.** (1987): Techniktheorie, Technikforschung, Technikgestaltung. In: Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Forschung, Opladen 1987.
- LUDWIG, B.** (1995): Methoden zur Modellbildung in der Technikbewertung, Dissertationsschrift, Clausthal-Zellerfeld 1995.
- LUDWIG, B.** (2002): ITA in der Wirtschaft. In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, Nr. 1, 11. Jahrgang, März 2002, S. 92-98.
- MAI, M.** (1993): Politische Aspekte technischer Risiken -Überlegungen zu einer Risikopolitik-. In: Wechselwirkung, Nr. 63, Aachen Oktober 1993, S. 45-47.
- MAI, M.** (1994): Die technologische Provokation -Beiträge zur Technikbewertung in Politik und Wirtschaft-, Berlin 1994.
- MAI, M.** (1997): Neue Medien und private Haushalte. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 145-156.
- MAI, M.** (2001): Technikbewertung in Politik und Wirtschaft, Baden-Baden 2001.
- MALINOWSKI, P.; HOLTAPPELS, H. G.; HUGO, R.** (1987): Umweltschutz - Problembewußtsein, Einstellungen und Verhalten. Düsseldorfer Schüler äußern sich zum Umweltschutz. In: Pädagogisches Institut der Landeshauptstadt Düsseldorf (Hrsg.): Umwelterziehung in Düsseldorf, Düsseldorf 1987.

- MAYO, L. H.** (1972): Social Impact Evaluation -Some Implications of the Specific Decisional Context Approach for Anticipatory Project Assessment with special reference to Available Alternatives and to Techniques of Evaluating the Social Impacts of the Anticipated Effects of such Alternatives, Program of Policy Studies in Science and Technology-, The George Washington University, Occasional Paper No. 14, Washington D. C., November 1972.
- MEADOWS, D. u.a.** (1972): Die Grenzen des Wachstums, Stuttgart 1972.
- MEINBERG, E.** (1984): Hauptprobleme der Sportpädagogik, Darmstadt 1984.
- MEMORANDUM „Allgemeine Technische Bildung in Deutschland- 5 Jahre nach der Wende“.** In: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. (Hrsg.): Beiträge zur Technischen Bildung -Deutsches Symposium Allgemeine Technische Bildung 5 Jahre nach der Wende vom 14. bis 16 März 1995 an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Universität Flensburg-, Bad Salzedt furth 1996, Anhang.
- MEMORANDUM „Für die Stärkung der naturwissenschaftlichen und der technischen Bildung“.** In: Unterricht - Arbeit + Technik, Nr. 3 (1999) März 1999.
- MESCHENMOSER, H.** (1995): Ökologisch wirtschaften -Technik umweltverträglich gestalten-. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 17 (1995), S. 4-11.
- MEYENBERG, R.; SCHOLZ, W. D.; BUISMAN, W.** (1993): Jugendliche und Drogen - Das Thema Sucht in der Schule, Hannover 1993.
- MEYER, H.** (1987): Unterrichtsmethoden - Praxisband, Bd. II, Frankfurt am Main 1987.
- MINX, E.; WASCHKE, Th.** (1994): Werkstattbericht zum probleminduzierten TA-Projekt -Lebensraum Stadt. In: BULLINGER, H. J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 393-421.
- MOMMERTZ, K.** (1978): Historische Entwicklungen in Naturwissenschaft und Technik - Werkzeugmaschinen, Deutsches Museum, München 1978.
- MÜLLER, W.** (1993): Technology Assessment: Hoffnungen und Realitäten. In: Wechselwirkung, Nr. 60, Aachen April 1993, S. 4-7.
- MÜLLER, W.** (1997): Kreislaufwirtschaftsgesetz und recyclinggerechtes Konstruieren. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 448-464.
- MÜLLER-GODEFFROY, H.** (1981): Paradigmenvergleich in den Sozialwissenschaften, Frankfurt am Main 1981.
- NASCHHOLD, F.** (1990): Technikfolgenabschätzung und -bewertung - Entwicklungen, Kontroversen und Perspektiven-. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 168-186.
- Naturwissenschaft im Unterricht Chemie** (Zeitschrift), Friedrich Verlag in Zusammenarbeit mit Klett, Seelze.

- Naturwissenschaft im Unterricht Physik** (Zeitschrift), Friedrich Verlag in Zusammenarbeit mit Klett, Seelze.
- Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie** (Zeitschrift), Friedrich Verlag in Zusammenarbeit mit Klett, Seelze.
- NENNEN, H. K.; HÖRNIG, G.** (1999): Energie und Ethik - Leitbilder im philosophischen Diskurs, Frankfurt a.M./New York, 1999.
- NIEDERSÄCHSISCHER KULTUSMINISTER** (1985): Lebenssituation von Jugendlichen und jungen Erwachsenen in Niedersachsen - Befragungsergebnisse zum Jugendkompaß Niedersachsen im Überblick, Hannover 1985.
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM** (1993): Empfehlungen zur Umweltbildung in allgemeinbildenden Schulen -Rahmenkonzept und Informationsmaterialien-, Teil I, Hannover Dezember 1993.
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM** (1993): Empfehlungen zur Umweltbildung in allgemeinbildenden Schulen -Beispielhafte Unterrichtsvorhaben-, Teil II (Ideenbörse), Ideen für eine handlungsorientierte Umweltbildung, Hannover Dezember 1993.
- NÖLKER, H.** (1973): Didaktik der Technik.
- OBERLIESEN, R.** (1996): Technologieentwicklung -Konflikte und Teilhabe. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 21 (1996), S. 4-11.
- Öko-Test-Magazin**, Öko-Test Verlag, Frankfurt a.M..
- OERTER, R.** (1980): Moderne Entwicklungspsychologie, Donauwörth 1980.
- OERTER, R.; MONTADA, L.** (1987): Entwicklungspsychologie, München/Weinheim 1987.
- OGBURN, W. F.** (1967): Die Theorie des „Cultur Lag“. In: DREITZEL, H. P. (Hrsg.): Sozialer Wandel - Zivilisation und Fortschritt als Kategorien der soziologischen Theorie, Neuwied/Berlin 1967, S. 328-339.
- OTT, K.** (1994): Fahrradbremse am Airbus? Die Antwort der Ethik. In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Studienbrief 1, Studieneinheit 2.
- OTT, K.** (1994 b): Ist das Raumfahrt-Projekt SÄNGER vernünftig? in: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 477-501.
- OTT, K.** (1999): Argumente und Kriterien für eine rationale Wahl zwischen Szenarien B', C', D'. In: NENNEN, H. K.; HÖRNIG, G. (Hrsg.): Energie und Ethik - Leitbilder im philosophischen Diskurs, Frankfurt a.M./New York, 1999, S.187-251.

- PASCHEN, H.** (1986): Technology Assessment -Ein strategisches Rahmenkonzept für die Bewertung von Technologien. In: DIERKES, M.; PETERMANN, Th.; von THIENEN, V. (Hrsg.): Technik und Parlament, Frankfurt am Main 1986, S. 21-46.
- PASCHEN, H.** (1992): Einige Probleme bei der Realisierung des TA-Konzepts. In: PETERMANN, Th. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung, Frankfurt am Main 1992, S. 95-120.
- PASCHEN, H.** (1999): Technikfolgenabschätzung in Deutschland - Aufgaben und Herausforderungen. In: PETERMANN, Th.; COENEN, R. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung in Deutschland - Bilanzen und Perspektiven, Frankfurt/New York 1999, S. 77-93.
- PASCHEN, H.; BECHMANN, G.; WINGERT, B.** (1981): Funktion und Leistungsfähigkeit des Technology Assessment (TA) im Rahmen der Technologiepolitik. In: KRUEDER, J.; SCHUBERT, K. (Hrsg.): Technik und sozialer Wandel, Köln 1981, S. 57-82.
- PASCHEN, H.; BECHMANN, G.; WINGERT, B.** (1990): Funktion und Leistungsfähigkeit des Technologie Assessment (TA) im Rahmen der Technologiepolitik -Ziele, Möglichkeiten und Probleme des Technologie Assessment-. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 51-62.
- PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F.** (1978): Technology Assessment, Technikfolgenabschätzung -Ziele, methodische und organisatorische Probleme, Anwendungen-, Frankfurt/New York 1978.
- PASCHEN, H.; PETERMANN, Th.** (1992): Technikfolgen-Abschätzung -Ein strategisches Rahmenkonzept für die Analyse und Bewertung von Techniken-. In: PETERMANN, Th. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung, Frankfurt am Main 1992, S. 19-42.
- PATURI, F.** (1989): Chronik der Technik, Bertelsmann Lexikon Verlag, Gütersloh/München 1989.
- PAUL, I.** (1987): Technikfolgen-Abschätzung als Aufgabe für Staat und Unternehmen, Frankfurt am Main 1987.
- PAULUS, J.** (1993): Chemieunfall Bhopal ist überall -Bhopal acht Jahre nach dem Chemieunglück-. In: Öko-Test-Magazin, Heft 5 (1993), S. 19-21.
- PERROW, C.** (1987): Normale Katastrophen -Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik-, Frankfurt/New York 1987.
- PETERMANN, Th.** (1992): Technikfolgen-Abschätzung im Deutschen Bundestag -ein Institutionalisierungsprozeß-. In: PETERMANN, Th. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung, Frankfurt am Main 1992, S. 209-224.

- PETERMANN, Th.** (1994): Historie und Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 89-114.
- PETERMANN, Th.** (2000): Zehn Jahre Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. In: TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 4, 9. Jahrgang, Dezember 2000, S. 96f.
- PETERMANN, Th.; COENEN, R.** (1999): Technikfolgenabschätzung in Deutschland - Bilanzen und Perspektiven, Frankfurt/New York 1999.
- PETRI, H.; BOEHNKE, K.; MACPHERSON, M.; MEADOR, M.** (1986): Bedrohtheit bei Jugendlichen. In: Psychosozial 29 (1986), S. 62-71.
- PETRI, H.; BOEHNKE, K.; MACPHERSON, M.; MEADOR, M.** (1987): Zukunftshoffnungen und Ängste bei Kindern und Jugendlichen unter der nuklearen Bedrohung. Analyse einer bundesweiten Pilotstudie. In: Psychologie und Gesellschaftskritik, Heft 42 / 43 (1987), S. 81-105.
- PETTER, G.** (1966): Die geistige Entwicklung des Kindes im Werk von Jean Piaget, Stuttgart 1966.
- PIAGET, J.** (1983): Das moralische Urteil beim Kinde, Stuttgart 1983.
- PIAGET, J.** (2000): Psychologie der Intelligenz, Zürich/Stuttgart 2000.
- PIAGET, J.; INHELDER, B.** (1969): Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde, Stuttgart 1969.
- PIAGET, J.; INHELDER, B.** (1971): Die Entwicklung des räumlichen Denkens beim Kinde, Stuttgart 1971.
- RAMMERT, W.** (1989): Techniksoziologie. In: ENDRUWEIT, G.; TROMMSDORFF, G. (Hrsg.): Wörterbuch der Soziologie, 3 Bd., Stuttgart 1989, S. 724-735.
- RAMMERT, W.** (1992): Entstehung und Entwicklung der Technik -Der Stand der Forschung zur Technikgenese in Deutschland-. In: Journal für Sozialforschung, 32. Jg. Heft 2 (1992); S. 177-208.
- RAMMERT, W.** (1993): Technik aus soziologischer Perspektive - Forschungsstand, Theorieansätze, Fallbeispiele-, Opladen 1993.
- RAMMERT, W.** (1994): Techniksoziologie. In: KERBER, H.; SCHMIEDER, A. (Hrsg.): Spezielle Soziologien - Problemfelder, Forschungsbereiche, Anwendungsorientierungen, Hamburg 1994, S. 75-98.
- RAMMSTEDT, O.** (1981): Verändern soziale Bewegungen das Umweltbewusstsein? In: FIETKAU, H. J.; KESSEL, H.: Umweltilernen - Veränderungsmöglichkeiten des Umweltbewußtseins Modelle Erfahrungen, Königstein/Ts. 1981, S. 117-148.
- RAPP, F.** (1988): Die Idee der Technikbewertung . In: BUNGARD, H.; LENK, H. (Hrsg.): Technikbewertung, Frankfurt am Main 1988.
- RAPP, F.** (1990): Möglichkeiten und Grenzen der Technikbewertung. In: RAPP, F. (Hrsg.): Technik und Philosophie Bd. 1 der zehnbändigen Enzyklopädie Technik und Kultur, VDI Verlag 1990, S. 245-258.

- RAPP, F.** (1999): Normative Technikbewertung - Wertprobleme der Technik und die Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780, Berlin 1999.
- RAPP, F.** (1999): Möglichkeiten des Mißbrauchs. In: RAPP, F. (Hrsg.): Normative Technikbewertung - Wertprobleme der Technik und die Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780, Berlin 1999, S. 61-68.
- RAPP, F.** (2000): Das Konzept der Technikbewertung in philosophischer Sicht. In: GETHMANN-SIEFERT, A.; GETHMANN, C. F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München 2000, S. 75-92.
- RAPP, F.; MAI, M.** (1989): Institutionen der Technikbewertung - Standpunkte aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft, Düsseldorf 1989.
- RATH, W.** (1984): Die Störfall-Verordnung aus der Sicht des Normgebers. In: TÜV Rheinland e.V. (Hrsg.): Sicherheitsanalyse nach der Störfall-Verordnung, Köln 1984, S. 5-24.
- RAUNDALEN, M.; FINNEY, O.** (1986): Children´s and teenager´s view of the future. In: International Journal of Mental Health, 15 (1986), S. 114-125.
- RAUNER, F.** (1988): Arbeit und Technik -Versuch einer fächerübergreifenden Forschung. In: RAUNER, F. (Hrsg.): „Gestalten“ -Eine neue Gesellschaftliche Praxis, Bonn 1988, S. 9-14.
- REFA** (1985): Methodenlehre der Organisation für Verwaltung und Dienstleistungen, Teil I: Grundlagen, München 1985.
- REFA** (1991): Methodenlehre der Betriebsorganisation - Grundlagen der Arbeitsgestaltung, München 1991.
- RENN, O.** (2000): Technikfolgenabschätzung: Aufgaben, Methoden, Aussichten. In: Die Technische Universität an der Schwelle zum 21. Jahrhundert: Festschrift - Universität Karlsruhe, Berlin 2000.
- RENN, O.** (2001): Bedingungen einer nachhaltigen Entwicklung. In: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Hrsg.): Jahrbuch 2000, Stuttgart 2001, S.80-84.
- RIESE, B.** (1996): Luftverkehr im Öko-Flug. In: VDI-Nachrichten, 26. April 1996, S. 24.
- ROGALL, H.** (1993): Entsorgungsfreundliche Gestaltung komplexer Produkte -Bericht über ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministers für Forschung und Technologie-. In: KREIBICH, R.; ROGALL, H.; BOES, H. (Hrsg.): Ökologisch Produzieren -Zukunft der Wirtschaft durch umweltfreundliche Produkte und Produktionsverfahren-, Weinheim/Basel 1993, S. 189-212.
- RÖGLIN, H. C** (1994): Technikängste und wie man damit umgeht. Düsseldorf 1994.
- ROGGENBRODT, G.** (1998): Der lange Weg eines Joghurtbechers. In: Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft (Hrsg.), Heft Nr. 5, 13. Mai 1998, S. 14.

- ROPOHL, G.** (1979): Zum Technikbegriff eines generalistischen Technikunterricht. In: Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Technik als Schulfach, Bd. 2, Düsseldorf 1979, S. 39-62.
- ROPOHL, G.** (1979a): Eine Systemtheorie der Technik -Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie-, München 1979.
- ROPOHL, G.** (1985): Die unvollkommene Technik, Frankfurt am Main 1985.
- ROPOHL, G.** (1990): Technikbewertung als gesellschaftlicher Lernprozeß. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 187-210.
- ROPOHL, G.** (1992): Strukturelle Perspektiven der Technikfolgenforschung. In: VDI-Technologiezentrum (Hrsg.): Aspekte und Perspektiven der Technikfolgenforschung - Beiträge und Empfehlungen des Sachverständigenkreises Technikfolgenforschung und eines interdisziplinären Expertenteams an den Bundesminister für Forschung und Technologie, Düsseldorf 1992, S. 31-37.
- ROPOHL, G.** (1994a): Kann man Technikbewertung lehren? In: FUNKKOLLEG TECHNIK: einschätzen - beurteilen - bewerten, Einführungsbrief.
- ROPOHL, G.** (1994b): Technikbewertung in der Industrie. In: DIETZ, J. H. W. (Hrsg.): Jahrbuch Arbeit und Technik, Bonn 1994, S. 328-341.
- ROPOHL, G.** (1995): Eine Modelltheorie soziotechnischer Systeme. In: HALFMANN, J.; BECHMANN, G.; RAMMERT, W. (Hrsg.): Technik und Gesellschaft - Jahrbuch 8 Theoriebausteine der Techniksoziologie, Frankfurt/New York 1995, S. 185-210.
- ROPOHL, G.** (1996): Ethik und Technikbewertung, Frankfurt am Main 1996.
- ROPOHL, G.** (1997): Methoden der Technikbewertung. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 177-202.
- ROHPOL, G.** (1999): Methoden in der Praxis. In: RAPP, F. (Hrsg.): Normative Technikbewertung - Wertprobleme der Technik und die Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780, Berlin 1999, S. 39-46.
- ROPOHL, G.** (2001): Erträge der Interdisziplinären Technikforschung - Eine Bilanz nach 20 Jahren, Berlin 2001.
- ROPOHL, G.; LENK, H.; RAPP, F.** (1988): Wertgrundlagen der Technikbewertung. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1988, S. 388-422.
- ROPOHL, G.; LENK, H.; RAPP, F.** (1997): Wertgrundlagen der Technikbewertung. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 47-73.

- RÖSCH, Ch.** (2001): Nachhaltige Energieversorgung mit regenerativen Energien. In: TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 3, 10. Jahrgang, September 2001, S.3-5.
- RWE Aktiengesellschaft** (1991): Energie und sinnvolle Energieanwendung, Essen 1991.
- RWE Aktiengesellschaft** (1995): Erzeugung der elektrischen Energie, Essen 1995.
- SACHS, B.** (1981): Legitimation und Strukturen von Technikunterricht. In: TRAEBERT, W. E. (Hrsg.): Technik als Schulfach, Bd. 4, Düsseldorf 1981, S. 51-69.
- SACHS, B.** (1992): Ansätze allgemeiner technischer Bildung in Deutschland. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 63 (1992), S. 5-14.
- SACHS, B.** (1994): Technische Bildung für alle -Positionen und Informationen zum Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen-, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1994.
- SACHS, B.** (2001): Technikunterricht - Bedingungen und Perspektiven. In: Zeitschrift TU, Heft 100, 2. Quartal (2001), S.5-12.
- SACHS, C.** (1992): Energie als Inhalt von Technikunterricht. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 7 (1992), S. 19.
- SACHSSE; H.** (1993): Ethische Probleme des technischen Fortschritts. In: LENK, H.; ROPOHL, G. (Hrsg.): Technik und Ethik, Stuttgart 1993, S. 49-80.
- SALADIN, P.; GRÜTTER, M.** (1997): Unsere Verantwortung gegenüber künftigen Generationen. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 31-45.
- SANFLEBER, F.-J.; TRAEBERT, W. E.** (1978): Das Spektrum der Technik. In: SCHLÖSSER, F.-J.; TECKENTRUP, P. (Hrsg.): Technik zwischen Macht und Mangel, Düsseldorf 1978, S. 11-30.
- SCHADE, D.** (1987): Technikfolgenabschätzung im Staat, Produktfolgenabschätzung in der Wirtschaft. In: PHILIPP, P. (Hrsg.): Report 10 -Konzeption, Anwendungsfälle, Perspektiven-, Schriftenreihe der Daimler-Benz AG, Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung, 9. Daimler-Benz-Seminar Berlin der Forschungsgruppe, Berlin 19./20. November 1987, S. 7-14.
- SCHADE, D.** (1991): Technikbewertung und Produktfolgenabschätzung - Möglichkeiten und Grenzen-. In: VDI (Hrsg.): Integrierter Umweltschutz - Ingenieurkonzepte für eine umweltfreundliche Technikgestaltung-, Düsseldorf 1991, S. 24.

- SCHADE, D.** (1992): Technikfolgenforschung und Produktfolgenabschätzung. In: VDI-Technologiezentrum, Physikalische Technologien (Hrsg.): Aspekte und Perspektiven der Technikfolgenforschung; Beiträge und Empfehlungen des Sachverständigenkreises Technikfolgenforschung und eines interdisziplinären Expertenteams an den BMFT, Düsseldorf 1992, S. 75-78.
- SCHADE, D.** (1994) Die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung, Stuttgart 1994, S. 115-133.
- SCHÄFERS, B.** (1993): Techniksoziologie. In: KORTE, H.; SCHÄFERS, B. (Hrsg.): Einführung in spezielle Soziologien, Opladen 1993, S. 167-190.
- SCHARIOTH, J.** (1990): Technikfolgenabschätzung -Konkrete Anwendungsfelder und Methoden-. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 78-85.
- SCHEFFRAN, J.** (1993): Leitkonzept SÄNGER -Adler ohne Flügel, Technikfolgenabschätzung zur Hyperschalltechnologie-. In: Wechselwirkung, Nr. 60, Aachen April 1993, S. 26-30.
- SCHMAYL, W.** (1991): Bildungsziele des Technikunterrichts. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 62 (1991), S. 1-17.
- SCHMAYL, W.** (1992): Richtungen der Technikdidaktik - Kennzeichnung, Analyse, Einschätzung. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 65 (1992), S. 5-17.
- SCHMAYL, W.; WILKENING, F.** (1995). Technikunterricht, Bad Heilbrunn 1995.
- SCHMID, A.** (1997): Technischer Wandel und Beschäftigung. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 495-512.
- SCHMIDTKE, H.** (Hrsg.) (1993): Ergonomie, München/Wien 1993.
- SCHMIDTKE, H.** (1989): Ergonomische Prüfung, München/Wien 1989.
- SCHREYÖGG, G.** (1997): Arbeitsgestaltung und Humanisierung. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 319-331.
- SCHUCHARDT, W.; WOLF, R.** (1990): Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung - Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Technikkontrolle und Technikregulierung. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 9-38.
- SCHULTE, H.** (1994): Ansätze für eine allgemeine technische Bildung in den Ländern Europas. In: KUSSMANN, M.; TYRCHAN, G. (Hrsg.): Technische Bildung -Auf dem Weg zu einem Eurocurriculum Technik-, EGTB report 2/1994, S. 12-19.

- SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H.** (1996): Beiträge zur Technischen Bildung - Deutsches Symposium Allgemeine Technische Bildung 5 Jahre nach der Wende vom 14. bis 16 März 1995 an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Universität Flensburg-, Bad Salzdetfurth 1996.
- SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H.; HARTMANN, E.; HEIN, C.; HÖPKEN, G.** (1991): Allgemeine technische Bildung - Technikunterricht, Stuttgart 1991.
- SEIDEL, J.** (1992): Strom aus Kohle -Grundlagen, Umweltschutz, Wirtschaftliche Aspekte-, Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (Hrsg.), Frankfurt am Main 1992.
- SELLIN, H.** (1996): Technikunterricht und Umweltbildung. In: SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H. (Hrsg.): Beiträge zur Technischen Bildung -Deutsches Symposium Allgemeine Technische Bildung 5 Jahre nach der Wende vom 14. bis 16 März 1995 an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Universität Flensburg-, Bad Salzdetfurth 1996, S. 104-116.
- SENS, E.** (1982): Techniksoziologie und Ingenieure -Zu einigen Aspekten von Qualifikation, Beruf und Bewußtsein von Ingenieuren-. In: JOCKISCH, R. (Hrsg.): Techniksoziologie, Frankfurt am Main 1982, S. 469-499.
- SERAPHIM, P. H.** (1966): Deutsche Wirtschafts- und Sozialgeschichte, Wiesbaden 1966.
- SHELL-STUDIE** (Jugendwerk der Deutsche Shell) (Hrsg.) (1985): Jugendliche und Erwachsene 1985 - Generationen im Vergleich, 5 Bände, Leverkusen/Opladen 1985.
- SMITH, A.** (1974): Der Wohlstand der Nation. Eine Untersuchung seiner Natur und seiner Ursachen. Original: " The Wealth of Nations". Aus dem Englischen ins Deutsche übertragen von: RECKTENWALD, H.C., München 1974.
- SOCHER, M.** (2002): Die Rückkehr des Office of Technology Assessment - zwischen Vision und Wirklichkeit. In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, Nr. 1, 11. Jahrgang, März 2002, S. 73-76.
- SOMMER, G.; von WESTPHALEN, R.** (1997): Technik und institutionelle Verantwortung. In: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 46-68.
- SPIEGEL-DOKUMENTATION** (1994): Auto, Verkehr und Umwelt, Hamburg 1994.
- SPITZLEY, H.** (1996): Energie und Umwelt. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 24 (1996), S. 4 ff.
- SPITZLEY, H.** (1996): Wir werden Klimaschützer - Bausteine für ein fächerübergreifendes Unterrichtsprojekt. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 24 (1996), S. 12 ff.
- SPITZLEY, H.** (1996): Klimadetektive. In: arbeiten + lernen Technik, Heft 24 (1996), S. 29 ff.

- Stadtwerke Osnabrück** (März 2000): Magazin für Haus & Technik - Elektrohaushalt (Waschmaschine), Energie-Verlag GmbH, Heidelberg 2000.
- Stadtwerke Osnabrück** (März 2001): Magazin für Haus & Technik - Energiehaushalte (Gerätekauf), VWEW Energieverlag GmbH, Heidelberg 2001.
- STAMPE, E.** (1984): Repetitorium Fachdidaktik Mathematik, Bad Heilbrunn 1984.
- STEINMÜLLER, K.** (1999): Szenarien in der Technikfolgenabschätzung. In: BRÖCKLER, S.; SIMONIS, G.; SUNDERMANN, K. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Bd. 2, Berlin 1999.
- Stiftung Verbraucherinstitution - Berlin** (1998): Produktlinienanalyse - am Beispiel von Textilien, CD-ROM, Berlin 1998.
- STIPPROWEIT, A.** (1993): Umwelterziehung vor Ort -Ein Pilotprojekt zur Lehrerfortbildung-. In: EULEFELD, G. (Hrsg.): Studien zur Umwelterziehung, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel 1993, S. 279-300.
- STRUNZ, K.** (1968): Der neue Mathematikunterricht in pädagogisch-psychologischer Sicht, Heidelberg 1968.
- TAB (Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag)** (1994): Diskurse über Technik -Öffentliche Technikkontroversen und Technikfolgen-Abschätzung als Erscheinung reflexiver Modernisierung-, Diskussionspapier Nr. 6, Bonn 1994.
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag)** (1995): TAB-Brief Nr. 9, Bonn Februar 1995.
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag)** (1995): TAB-Brief Nr. 10, Bonn Dezember 1995.
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag)** (1996): Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag -eine Kurzinformation-, Bonn Januar 1996.
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag)** (1996): Kurzbeschreibung der Projekte des TAB 1995/1996, Bonn Januar 1996.
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag)** (1996): Ziele, Themen, Organisation, Bonn Februar 1996.
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag)** (2001): Ziele, Themen, Organisation, Bonn September 2001.
- TAB-Arbeitsbericht 2/91**, April 1991.
- TAB-Arbeitsbericht 3/91**, September 1991.
- TAB-Arbeitsbericht Nr. 8**, Januar 1992.
- TAB-Arbeitsbericht Nr. 13**, November 1992.
- TAB-Arbeitsbericht Nr. 14**, Oktober 1992.

- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 16, November 1995.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 17, November 1995.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 18, Februar 1995.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 20, August 1993.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 32, Januar 1995.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 33, Oktober 1995.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 34, Mai 1995.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 69, Dezember 2000.
- TAB-Arbeitsbericht** Nr. 72, Oktober 2001.
- TA-Datenbank-Nachrichten** Nr. 4, 4. Jahrgang, Dezember 1995,
(Schwerpunktthema: Technologievorausschau und
Technilogiebeobachtung).
- TA-Datenbank-Nachrichten** Nr. 4, 9. Jahrgang, Dezember 2000.
- TA-Datenbank-Nachrichten** Nr. 1, 10. Jahrgang, März 2001.
- TA-Datenbank-Nachrichten** Nr. 2, 10. Jahrgang, Juni 2001
(Schwerpunktthema: Technikfolgenabschätzung und Industrie).
- TA-Datenbank-Nachrichten** Nr. 3, 10. Jahrgang, September 2001,
(Schwerpunktthema: Erneuerbare Energien).
- TAYLOR, F. W.** (1913): Die Grundsätze einer wissenschaftlichen Betriebsführung. Original: „The principles of scientific management“, deutsche Übersetzung von ROESLER, R., München Berlin 1913.
- Technik und Wirtschaft im Unterricht** (Zeitschrift), Maier Verlag, Ravensburg, seit 1976 umbenannt in „tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht“.
- Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis** Nr. 1, 11. Jahrgang, März 2002 (Schwerpunktthema: Stoffstromanalysen).
- TEICHMANN, H.** (1991): Aktuelle Energiesituation und ihre Behandlung im Unterricht. In: Zeitschrift Arbeit und Technik in der Schule, Heft 5 (1991), S.168 ff.
- TEICHMANN, H.** (1991b): Energiebewußtes Verhalten des Konsumenten - Bildungsziel im Technikunterricht. In: Zeitschrift Arbeit und Technik in der Schule, Heft 8 (1991), S. 322 ff.
- TERHART, E.** (2000): Lehr-Lern-Methoden -Eine Einführung in Probleme der methodischen Organisation von Lehren und Lernen,- Weinheim/München 2000.
- THEARLE, L.; WEINRICH-HASTE, H.** (1986): Ways of dealing with nuclear threat: coping and defence amongst British adolescents. In: International Journal of Mental Health, 15, S. 126-142.

- THIENEN, V. von** (1986): Das Parlament und die Herausforderung durch die Technik -Zur Arbeit der Enquete-Kommission „Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung“- . In: DIERKES, M.; PETERMANN, Th.; von THIENEN, V. (Hrsg.): Technik und Parlament, Frankfurt am Main 1986, S. 297-364.
- THIENEN, V. von** (1988): Die Sozialverträglichkeit der Sozialverträglichkeitsprüfung. In: RAUNER, F. (Hrsg.): „Gestalten“ -Eine neue Gesellschaftliche Praxis-, Bonn 1988, S. 157-176.
- TRAEBERT, W. E.** (1991): Technikbewertung als Aufgabe des Technikunterrichts. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 60 (1991), S. 5-9.
- TRAUTNER, H. M.** (1991): Lehrbuch der Entwicklungspsychologie -Theorien und Befunde-, Bd. II, Göttingen 1991.
- TRAUTNER, H. M.** (1995): Allgemeine Entwicklungspsychologie, Stuttgart 1995.
- tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht**, Neckar Verlag, Villingen-Schwenningen.
- UEBERHORST, R.** (1990): Normativer Diskurs und technologische Entwicklung. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung, Dortmund 1990, S. 149-162.
- Unterricht - Arbeit + Technik** (Zeitschrift), Friedrich Verlag, Seelze.
- US-SENATE** (1972): Report of Committee on Rules and Administration, Technology Assessment Act of 1972, Washington 1972.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure)** (1991): VDI-Richtlinie 3780, Verein Deutscher Ingenieure „Technikbewertung, Begriffe und Grundlagen, Düsseldorf 1991.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure)** (1997): VDI-Report 15, Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen, Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780, Düsseldorf 1997.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure)** (1999): VDI-Report 29, Aktualität der Technikbewertung - Erträge und Perspektiven der Richtlinie VDI 3780, Düsseldorf 1999.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure)** (2000): Jugend, Technik, Bildung - Technikunterricht in Theorie und Praxis. Ein Medienpaket des VDI, Düsseldorf 2000.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure)** (2000a): VDI-Richtlinie 3780, Verein Deutscher Ingenieure „Technikbewertung, Begriffe und Grundlagen, Düsseldorf 2000.
- VDI-Jahrbuch** (1995/1996): Jahrbuch der VDI-Koordinierungsstelle Umwelttechnik, Düsseldorf 1995.

- VDI nachrichten (Wochenzeitung):** Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.)
- VDI-Technologiezentrum** Technologiezentrum Physikalische Technologien (Hrsg.) (1992): Aspekte und Perspektiven der Technikfolgenforschung - Beiträge und Empfehlungen des Sachverständigenkreises Technikfolgenforschung und eines interdisziplinären Expertenteams an den Bundesminister für Forschung und Technologie-, Düsseldorf 1992.
- Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW)** (2001): Jahresbericht 2000 - Energie ist Zukunft, Frankfurt a.M., März 2001.
- Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke** (1996): Die öffentliche Elektrizitätsversorgung, Frankfurt am Main 1996.
- Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke** (1997a): Die deutsche Strom- und Energiewirtschaft auf einem Blick, Frankfurt am Main, Stand Mai 1997.
- Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke** (1997b): Vergleich von Haushalts- und Industriestrompreisen für repräsentative Abnahmeverhältnisse in den Ländern der EU, Unveröffentlichtes Material, Stand Januar 1997.
- VESTER, F.** (1991): Unsere Welt -ein vernetztes System-, München 1991.
- VIERZIGMANN, A.** (1995): Lerneinheit Industrie und Umweltschutz - Aufgabenfeld: Energiegewinnung und Energienutzung, München 1995.
- VOß, A.** (1987): Perspektiven der Energieversorgung Baden-Württembergs unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung, Stuttgart 1987.
- VOß, A.; FRIEDRICH, R.** (1994): Energie und Umwelt - Was kann Technikfolgenabschätzung leisten? in: BULLINGER; H. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung Stuttgart 1994; S. 423-457.
- WACHTLER, G.** (1979): Humanisierung der Arbeit und Industriesoziologie - Eine soziologische Analyse historischer Vorstellungen humaner Arbeitsgestaltung, Stuttgart/Berlin/Köln/Mainz 1979.
- Wechselwirkung** (Zeitschrift), remember e.G., Aachen.
- WELZ, W.** (1988): Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag als Organisationsproblem -Zu Kritik und Weiterführung der Institutionalisierungsdebatte- in: WESTPHALEN, R. von (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1988, S. 388-422.
- WESTPHALEN, R. von** (1988): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1988.
- WESTPHALEN, R. von** (1990): Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag -Zu einigen Problemen ihrer institutionellen Etablierung während der 10. Legislaturperioden. In: MAI, M. (Hrsg.): Sozialwissenschaften und Technik, Frankfurt am Main 1990, S. 111-130.
- WESTPHALEN, R. von** (1997): Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe, München/Wien/Oldenbourg 1997.

- WHITE, L.** (1986): Technikfolgen-Abschätzung aus der Sicht eines Historikers. In: DIERKES, M.; PETERMANN, Th.; von THIENEN, V. (Hrsg.): Technik und Parlament, Frankfurt am Main 1986, S. 47-73.
- WICKE, L.** (1997): Betrieb und Umweltschutz. In: KAHSNITZ, D.; ROPOHL, G.; SCHMID, A. (Hrsg.): Handbuch zur Arbeitslehre, München/Wien/Oldenbourg 1997, S. 411-425.
- WILDEMANN, H.:** Fabrikorganisation - Kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 59. Jg., Wiesbaden 1989, S. 27-53.
- WILKENING, F.** (1989): Das mehrperspektivische Modell der Technikdidaktik. In: arbeiten + lernen Arbeitslehre, Heft 63 (1989), S. 4-7.
- WILKENING, F.** (1994): Unterrichtsverfahren im Lernbereich Arbeit und Technik, Ravensburg 1994.
- WITTMANN, E.** (1997): Grundfragen des Mathematikunterrichts, Braunschweig 1997.
- ZECH, F.** (1998): Grundkurs Mathematikdidaktik, Weinheim/Basel 1998.
- Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI)** (2002): Elektronikentsorgung im Europäischen Parlament: ZVEI sieht wichtige Fortschritte, aber auch ungelöste Probleme, Pr-27/2002, Frankfurt a.M. 2002.
- ZIMMER, R.** (1981): Die Bedeutung sensomotorischer Erfahrungen für die kognitive Entwicklung des Kindes. In: Motorik, Heft 4 (1981); S. 139-149.
- ZIMMERMANN, K.** (1986): Technischer Fortschritt und politische Bildung - Mündigkeit durch die Einbeziehung des Verfahrens „Technology Assessment“ - ein Modell. In: HENSELER, K.; REICH, G. (Hrsg.): HT4 - Beiträge zur Praxis des Technikunterrichts, Oldenburg 1986, S. 287-298.
- ZWECK, A.** (1993): Die Entwicklung der Technikfolgenabschätzung zum gesellschaftlichen Vermittlungsinstrument, Opladen 1993.

LEBENS LAUF:

Name: Walter Scheffczik
Geburtsdatum: 03.01.1968
Geburtsort: Westrhauderfehn
Ehefrau: Sandra Jacob; Realschullehrerin

Bildungsgang:

01.08.1987	-	08.05.1990	Besuch des Fachgymnasiums Technik an der BBS II Leer; Abschluss mit der allgemeinen Hochschulreife
01.10.1990	-	20.01.1995	Studium für das Lehramt an Realschulen an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg mit den Fächern Mathematik, Arbeit / Wirtschaft, Technik; studentische Hilfskraft für Forschungs- und Lehraufgaben im Fachbereich Technik an der C.v.O. Universität Oldenburg Abschluss des Studiums für das Lehramt an Realschulen mit dem ersten Staatsexamen
01.04.1995			Beginn des Promotionsstudiums
01.05.1998	-	06.10.1999	Vorbereitungsdienst als Realschullehreranwärter im Ausbildungsseminar Osnabrück; Abschluss des Vorbereitungsdienstes als Realschullehrer mit dem zweiten Staatsexamen
01.11.1999	-	31.01.2000	Lehrkraft als Angestellter im Kirchendienst an der Haupt- und Realschule Johannisschule in Osnabrück
01.02.2000			Einstellung als Realschullehrer in den niedersächsischen Landesdienst
01.05.2001			Ernennung zum Realschullehrer auf Lebenszeit

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, daß ich die vorliegende Dissertation selbständig verfaßt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Neuenkirchen, den 30.09.2002

.....
(*Walter Scheffczik*)