

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 Werteoktogens 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 Untersuchungsraaster 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.