

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.

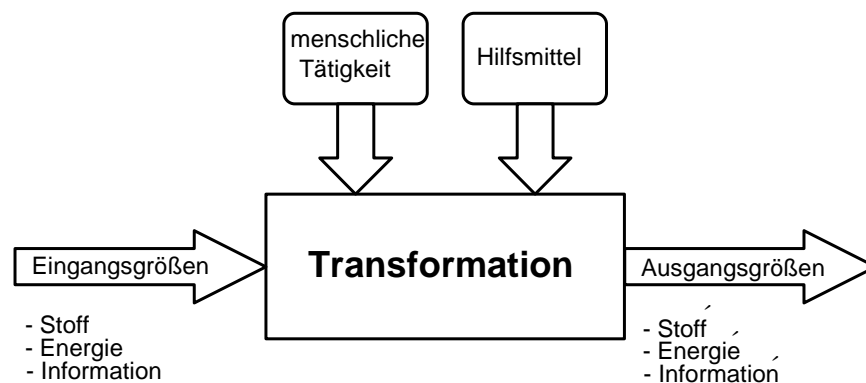


Abb. 19 Technischer Transformationsprozeß, aus: HENSELER / HÖPKEN 1996, S. 35

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

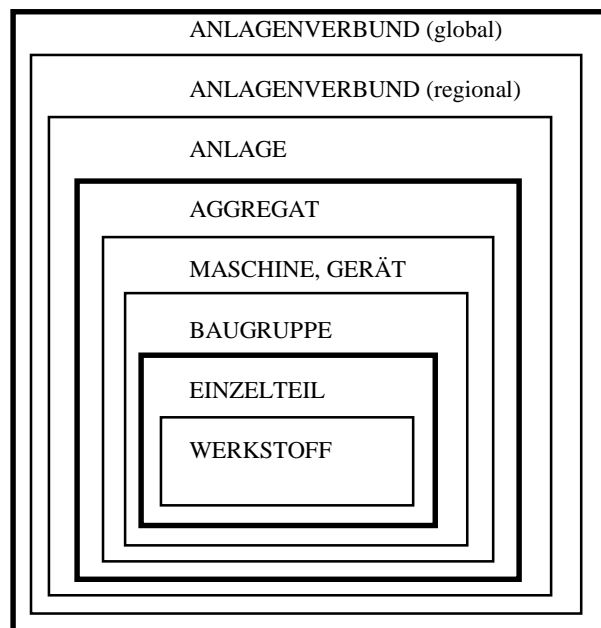


Abb.21 Achtstufige Sachsystem-Hierarchie, aus ROPOHL 1994, S. 3

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.

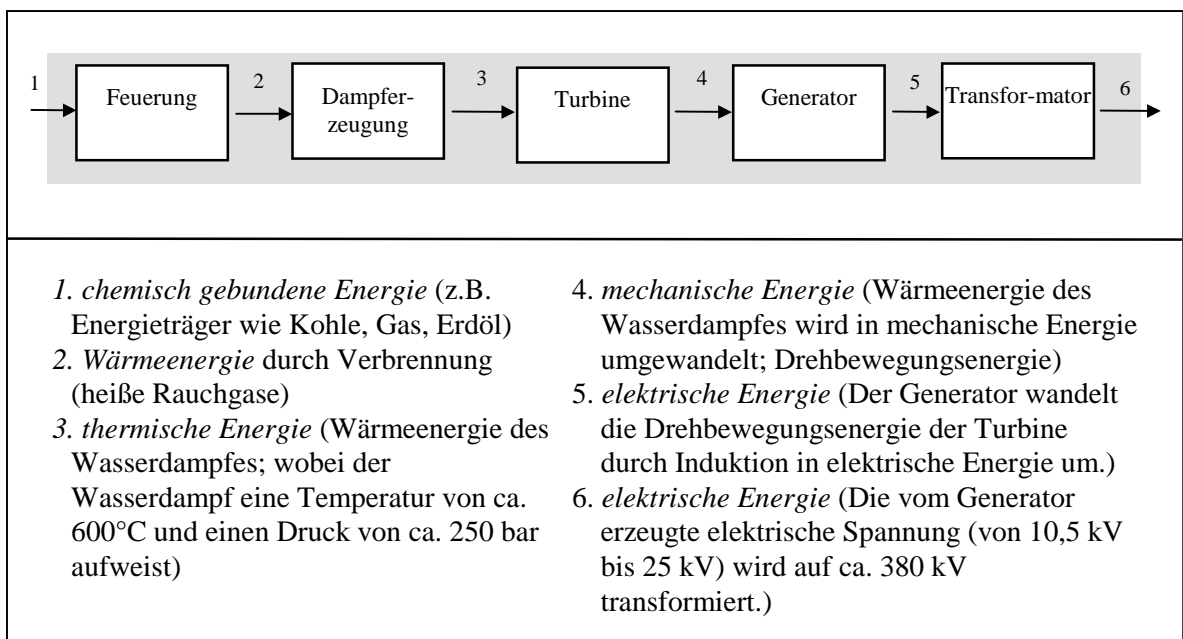


Abb. 22 Struktur eines Wärmekraftwerkes nach dem Energiefluß

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.