

Gerhard BANSE¹

TECHNIKWISSENSCHAFTEN – EINHEIT VON ERKENNEN UND GESTALTEN

Technisches Handeln basiert (kognitiv) auf technischem Wissen (Erfahrung) sowie Wissens-elementen der Natur-, Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften, vor allem aber der Technikwissenschaften. Die Technikwissenschaften sind dabei keine „degenerierten“ Naturwissenschaften, sondern stellen eine Gruppe von Wissenschaftsdisziplinen mit eigenen (spezifischen) Zielen, Methoden, Wissensformen und –repräsentationen, Institutionen und Beziehungen zur technischen und gesellschaftlichen Entwicklung dar. Gegenstand der Technikwissenschaften sind spezifische Kombinationen naturgesetzlicher Möglichkeiten entsprechend gesellschaftlichen Zielstellungen, Erfordernissen, Vorgaben und Bedürfnissen. Diese spezifischen Kombinationen erfolgen im Spannungsfeld von naturgesetzlich Möglichem, technisch-technologisch Realisierbarem, ökonomisch Machbarem, ökologisch Sinnvollem, gesellschaftlich Wünschenswertem und Durchsetzbarem und human Vertretbarem. Dabei geht es allen Technikwissenschaften gleichermaßen um das Erkennen *wie* um das Gestalten. Erkenntnisziele sind die Gewinnung neuen Wissens. Gestaltungsziele sind Antizipationen von Technik etwa in Form neuer oder verbesserter technischer Systeme, von Mensch-Technik-Interaktionen oder soziotechnischer Strukturen. Dabei bilden die Ziele „Erkennen“ und „Gestalten“ eine untrennbare Einheit. Die Technikwissenschaften sind so letztendlich Handlungswissenschaften. Das wird im Beitrag exemplarisch verdeutlicht.

Schlüsselbegriffe: Theorie und Methodologie der Technikwissenschaften, erkenntnistheoretische Fragen in den Konstruktionswissenschaften, Interaktionen Mensch-Maschine, Ontologie der Artefakte, Systemtheorie der Technik, Technik als Kulturprodukt, Handlungstheorie der Technik.

1. Problemstellung

Oftmals wird – nach wie vor, aber trotzdem fälschlich! – *Technik auf angewandte Naturwissenschaft reduziert* bzw. damit gleichgesetzt. Sodann finden sich auch Auffassungen, die *Technikwissenschaften als „degenerierte“ Naturwissenschaft* verstehen, da diese etwa dem angeblichen „Exaktheitsideal“ der – mathematisierten! – Naturwissenschaften nicht entsprechen würden (vgl. zum Nachfolgenden auch Banse 2007, 2013; Banse/Grunwald 2009; Banse et al. 2006).

Um derartige reduktionistische, vereinseitigende und verabsolutierende Auffassungen zurückweisen zu können, ist es wichtig, dass man sich stets folgender Sachverhalte versichert, um nicht das Einzelne bzw. den Teil als Gesamtheit auszugeben oder davon (vorschnell) Rückschlüsse auf das Gesamt zu ziehen:

¹ Prof. dr Gerhard Banse, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Postfach 3640, D-76021 Karlsruhe, tel. 49 0721 608-22501, e-mail: gerhard.banse@partner.kit.edu

- (a) *Vielfalt der Naturwissenschaften*: Neben den – häufig zunächst in den Blick genommenen – physikalischen Wissenschaften gehören auch die chemischen, die biologischen und die geologischen Wissenschaften zu den Naturwissenschaften, ebenso die Astronomie oder Teile der Human- oder Lebenswissenschaften. Darüber hinaus sind sogenannte „Grenzwissenschaften“ wie die Physikalische Chemie, die Biophysik oder die physiologische Chemie zu berücksichtigen.
- (b) *Vielfältigkeit von Technik*: Diese umfasst doch sowohl Nanopartikel, mikromechanische Objekte und einfache Maschinenelemente als auch komplizierte chemische Synthesen und sogar weltumspannende Informations- und Kommunikationsnetze, die jeweils einer enormen Spannbreite von Einsatzbedingungen (etwa hinsichtlich Temperatur, Druck, Geschwindigkeit, Strahlung, ...) entsprechen müssen.
- (c) *Vielfalt der Technikwissenschaften*: Diese reicht etwa von der Technischen Mechanik, den Werkstoffwissenschaften und der Getriebelehre über das Bauingenieurwesen, den Maschinenbau und die chemische Verfahrenstechnik bis zur Mikroelektronik und Nanotechnologie, der Technischen Informatik sowie den Biotechnologien. Das schließt einerseits die Unterscheidung zwischen Technik (in Form „hervorgebrachter“ und „verwendeter“ technischer Sachsysteme), technischer Praxis und technischem Handeln (vor allem als technikgestützte, aber auch technikbezogene menschliche Aktivitäten) sowie Technikwissenschaften (als jene Gruppe von Wissenschaften, denen es gleichermaßen um das Erkennen *wie* um das Gestalten technischer Strukturen, Funktionen, Zusammenhänge, ... geht). Wenn über die „Einheit in der Vielfalt“ der Technikwissenschaften reflektiert wird, wird man letztendlich – was hier nur genannt sei – zu einer Allgemeinen Technologie (synonym: Allgemeine Technikwissenschaft; vgl. z.B. Ropohl 1979, 1999, 2009; Wolffgramm 1978, 1994/95) als spezifischer Generalisierung technikwissenschaftlichen Fachwissens (und konkretisierten Orientierungswissens!) gelangen (vgl. Banse/Reher 2008), in der es zur Erfassung des Allgemeinen technischer Objekte und Prozesse in (verallgemeinerten bzw. allgemeinen) technischen Prinzipien, Grund- und Leitsätzen, Regularitäten, Aussagen über Wirkpaarungen und -anordnungen u. ä. kommt. (Allerdings ist Allgemeine Technologie auch heute noch trotz vielfältiger Bemühungen insgesamt mehr ein Programm denn ein aus- bzw. durchgearbeitetes Konzept.)
- (d) *Unterscheidung von „szientifischem“ und „technologischem“ Paradigma*: Diese Unterscheidung geht auf Günter Ropohl zurück: „Das *szientifische* Paradigma reduziert Technik und Technikwissenschaft auf angewandte Naturwissenschaft [...]. Diesem Technikverständnis [...] erschienen die Naturwissenschaften als die verbindende Grundlage, die gewissermaßen die Rolle der allgemeinen Disziplin spielte [...]. Das *technologische* Paradigma [hatte] Beckmann als eigenständige, fachübergreifende Wissenschaft von Arbeit und Technik in Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft begründet“ (Ropohl 1997, S. 112; vgl. näher Ropohl 1998a). Während im szientifischen Paradigma die Beziehung Naturwissenschaft (bzw. naturwissenschaftliches Wissen) und Technik im Vordergrund steht bzw. Beziehungen zu anderen Wissenschaften ausgeblendet werden, ist dem technologischen Paradigma eine multidisziplinäre und multiperspektivische Sicht auf Technik eigen. Beschränkt sich das eine auf die Analyse und Synthese technischer

Sachsysteme, berücksichtigt das andere überdies deren sozio-ökonomische und sozio-kulturelle Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge.

2. Technik(verständnisse)

Die gegenwärtige („abendländische“) Kultur gründet sich weitgehend auf der (wissenschaftsbasierten) Entwicklung und umfassenden (teilweise exzessiven) Nutzung technischer Mittel (technischer Sachsysteme). Dieser Prozess wird zunehmend von Diskussionen über seinen „Sinn“ oder „Unsinn“, sein Tempo und sein Ausmaß, seine Richtung(en) und seine Beeinflussbarkeit usw. begleitet. Technikdebatten entzünden sich in der Regel vorrangig jedoch nicht an der (inneren) Funktion technischer Mittel, sondern einerseits an deren Ziel- bzw. Zwecksetzung und/oder andererseits an deren (möglichen und wirklichen) Folgen, Wirkungen, Effekten usw. in individueller, ökonomischer, sozialer, ökologischer u.a. Hinsicht. Infolgedessen sind Technikdebatten nicht in erster Linie technische Debatten (wohl auch keine ökonomischer oder machtpolitischer Art), sondern vor allem Geltungskonflikte von Weltbildern (vgl. Huber 1989). Weltbilder sind umfassende, mehr oder weniger „stimmige“ (in sich konsistente) Sinn- und Bedeutungsmuster, die sich erstens durch bestimmte Wissens-, Wert- und Glaubensgefüge beschreiben lassen, und die zweitens eine sinnstiftende, zielgebende, orientierende und „steuernde“ Funktion aufweisen. Hinzugefügt sei, dass Weltbilder mit bestimmten Menschen-, Technik-, Natur-, Gesellschafts-, Wissenschafts- u.a. -bildern einhergehen und diese zu „Mustern“ zusammenführen, womit auch die technische Bildung angesprochen ist, denn sie hat sich die Frage zu stellen, welches Technikbild sie vermittelt. Das wird deutlich vor dem Hintergrund der Unterscheidung zwischen Verfügungs- und Orientierungswissen. Verfügungswissen bedeutet dabei das von den Wissenschaften erarbeitete fachwissenschaftliche Wissen im engeren Sinne (etwa für die Konzipierung und Herstellung informationstechnischer Lösungen, für die Projektierung von Kommunikationsnetzwerken oder für den Entwurf von Software). Die Wissenschafts- und Technikentwicklung hat nun deutlich gemacht, dass dieses meistens disziplinar generierte Wissen häufig unzureichend ist. Hinzutreten muss zusätzlich ein Orientierungswissen, das für den Umgang mit den Ergebnissen und Folgen wissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklung bedeutsam ist, da es umfassendere Zusammenhänge verdeutlicht, Ziel- und Zwecksetzungen fundiert sowie mehrperspektivische Sicht- bzw. Herangehensweisen ermöglicht. Philosophisch gesprochen wäre Orientierungswissen ein das unmittelbar technisch Gegebene überschreitende, „transzendierende“ Wissen als Grundlage für „Besinnung“ und „Deutung“, als Fundament für den sinnvollen und selbstbestimmten Umgang auch mit den Möglichkeiten, die die Technikentwicklung bietet (oder auch bieten sollte).

Es existieren bereits unterschiedlichste „Definitionen“ oder „Bestimmungen“, die aus differierenden Perspektiven „das Wesen“ des Technischen zu erfassen trachten. Letztendlich haben sie jedoch alle ihren „blinden Fleck“. Dem kann man nicht abhelfen, indem man weitere, „ausgeklügeltere“ hinzugefügt. Man kann jedoch – unter Beachtung des „blinden Flecks“ – „Reichweite“ und „Leistungsfähigkeit“ der jeweiligen Konzeptualisierungen – und damit auch deren „Grenzen“ – sichtbar machen.

Im Folgenden werden vier Konzeptualisierungen mit einem jeweils weiterem Erklärungsanspruch herausgehoben. Sie deuten zugleich den o.g. Paradigmenwechsel vom szientifischen zum technologischen an.

2.1 *Technik als Realtechnik (Artefakt)*

Geläufige „Definitionen“ von Technik lauten etwa so: Als „Technik bezeichnen wir künstliche Gegenstände und Verfahren, die praktischen Zwecken dienen“ (Sachsse 1992, S. 359). Derartige Formulierungen – sie seien „enges Technikverständnis“ genannt – rücken das Gegenständliche, das „Arte-Faktische“ von Technik in den Mittelpunkt (Realtechnik, Sachtechnik). Mit diesem „Technikbild“ geraten vor allem folgende Zusammenhänge in den Blickpunkt:

- Technik ist etwas vom Menschen „Gemachtes“, „Hervorgebrachtes“, „Erzeugtes“ (im Unterschied zum in der Natur „Gegebenen“); sie ist nicht – im ursprünglichen Sinne des Wortes – „naturwüchsig“ und „fällt auch nicht vom Himmel“, sondern sie muss „geschaffen“ werden, womit einsichtig wird, dass Technik nicht „natürlich“, sondern „künstlich“ ist.
- Technik ist in Zweck-Mittel-Beziehung eingebunden. (Das schließt ein, nicht nur über die Mittel, sondern auch über die Zwecke zu reflektieren. Gelegentlich hat es den Anschein, dass zunächst das Mittel vorhanden ist, für das dann ein Zweck zu „erfinden“ ist: Hier ist die Lösung, wo ist das Problem?).
- Technik ist das Produkt eines zielgerichteten (planenden) Handelns (sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Verwendung).
- Berücksichtigung finden vor allem naturale und ökologische, aber auch die ökonomische und politische Aspekte. Der Rahmen des Technischen ist vor allem das Naturgesetzlich-Mögliche, ergänzt durch das Technisch-technologisch-Realisierbares und das Ökonomisch-Machbares.
- Den Hintergrund bildet Technikrecht z.B. hinsichtlich Sicherheit und Gewährleistung der Funktionsfähigkeit.

Damit bleiben jedoch Fragen nach der Entstehung von Technik (Bedingungen, Mechanismen, Phasen, Muster usw.) ebenso ausgeklammert wie die nach den Bedingungen, Voraussetzungen und Effekten der Verwendung.

Als Grundlage für die Nutzbarkeit eines technischen Sachsystems zur Realisierung eines vorgegebenen Zwecks ist die „innere Funktionalität“ und damit die Struktur des Systems bedeutsam. Auf den Zusammenhang von Zweck, Verhalten, Funktion und Struktur technischer Lösungen kann hier nicht weiter eingegangen werden (vgl. dazu Banse 2000).

2.2. *Technik als Mensch-Maschine-System (MMS)*

Mit dem Konzept des Mensch-Maschine-Systems wird das enge, sich auf das Gegenständliche beschränkende Technikbild erweitert, indem Verwendungs- bzw. Nutzungszusammenhängen auf der Ebene des Individuums einbezogen werden. Auf dieser Grundlage können Vorschläge zur Technikgestaltung (vor allem aus der Sicht der sog. Arbeitswissenschaften wie Ergonomie, Arbeits- und Ingenieurpsychologie) sowie zur „Qualifikation“ der Techniknutzer (vor allem aus der Sicht der Pädagogik i.w.S.) erarbeitet werden. Technik ist stets in menschliche Handlungsvollzüge eingebunden, für die generell gilt: „Eine Technologie, die nicht eingebettet ist in einen Handlungskontext von Menschen, die ihre Möglichkeiten und Risiken verstehen und besonnen mit ihr umzugehen wissen, hat nicht die geringste Chance, von der Gesellschaft, die diese Menschen insgesamt bilden, auf Dauer akzeptiert zu werden“ (Stetter 1999, S. 160). Den Hintergrund bildet Technikrecht z.B. hinsichtlich Kriterien der Arbeitsplatz- und der Produktgestaltung.

2.3. *Technik als sozio-technisches System*

Werden darüber hinaus soziale (vor allem sozio-ökonomische) Zusammenhänge sowohl der Entstehung wie der Verwendung bzw. Nutzung technischer Sachsysteme einbezogen, wird ein in wesentlichen Aspekten verbreitetes Technikbild unterstellt – Technik wird als „sozio-technisches“ System unterstellt, Technik mithin als soziales „Phänomen“ betrachtet (vgl. auch Banse/Striebing 1991; Ropohl 1993). „Ein soziotechnisches System ist [...] ein Handlungssystem, in dem personale und soziale Funktionsträger mit Sachsystemen aggregiert sind“ (Ropohl 1979, S. 180), oder anders: „[...] *personale bzw. soziale Systeme* einerseits und *Sachsysteme* andererseits [gehen] in soziotechnischen Systemen eine *integrierte Handlungseinheit* ein“ (Ropohl 1979, S. 181f.).

So gefasst bezeichnet Technik nicht nur die von Menschen gemachten Gegenstände (technische Sachsysteme, „Artefakte“) selbst, sondern schließt auch deren Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge („Kontexte“) ein (also das „Gemacht-Sein“ und das „Verwendet-Werden“). Damit wird Technik nicht als etwas Statisches angesehen, sondern zu einem Bereich mit Genese, Dynamik und Wandel. Auf diese Weise wird es dann möglich, sowohl Richtungen und Verlaufsmuster der Technisierung zu erkunden bzw. zu beschreiben als auch Eingriffsmöglichkeiten aufzudecken. Der Rahmen des Technischen wird in diesem Technikverständnis erweitert um das Gesellschaftlich-Wünschenswertes bzw. -Durchsetzbare („Akzeptable“), das Ökologisch-Sinnvolle sowie das Human-Vertretbare. Konstituierende Elemente dieses Technikbildes sind zusätzlich soziale und ethische Aspekte. Bedeutsam sind noch folgende zwei Sachverhalte:

- Bei sozio-technischen Systemen sind unterschiedliche technische „Aggregationsstufen“ zu berücksichtigen.
- Den Hintergrund bildet Technikrecht z.B. in Form von Planungsverfahren, Umweltverträglichkeitsprüfungen u.ä.

Obwohl mit dem soziotechnischen Verständnis sowohl der Entstehungs- als auch der Verwendungszusammenhang prinzipiell umfassend einbezogen sind, zeigt sich, dass vielfach vorrangig einerseits der Entstehungszusammenhang thematisiert wird, andererseits die sozialen Bedingungen und „Kontexte“ auf sozioökonomische reduziert werden.

2.4. *Technik als Kulturprodukt*

Diese Einschränkungen lassen sich überwinden, wenn einerseits die „alltägliche Technik“ („Technik des Alltags“ – vgl. dazu z.B. Joerges 1988), d.h. nicht nur die Produktionstechnik, andererseits kulturelle Zusammenhänge sowohl hinsichtlich der Hervorbringung wie der Verwendung technischer Sachsysteme berücksichtigt werden.

Es gilt zu begreifen, dass Technik „ihren Einsatz und ihren alltäglichen Gebrauch [...] in einem sozio-kulturellen Kontext, im Kontext kollektiver Interpretationen und Deutungen“ (Hörning 1985, S. 199) findet. Ausgangspunkt ist die Einsicht, dass technische Objekte keinesfalls notwendigerweise so und nicht anders, wie sie uns allgegenwärtig sind, d.h. aus autonomen technischen Bedingungen, in den Alltag gelangen. Technische Sachsysteme sind in ihrer Entstehung wie in ihrer Verwendung Ausdruck sowohl eigener wie fremder („eingebauter“) Absichten und Zwecke. Trotz aller genau eingebauter und eingeschriebener Handlungsanweisungen, deren Befolgung gerade für den Laien die optimale Funktionsnutzung verspricht, bietet auch und gerade die Alltagstechnik oft erhebliche Spielräume der Nutzung: Aufgegriffen von dem einen, schlecht eingesetzt von dem anderen, ignoriert vom dritten – stets jedoch vor dem Hintergrund bestimmter Nutzungserwartungen, beeinflusst durch Wertung und Werbung sowie eingebettet in

bestimmte gesellschaftliche und technische „Infrastrukturen“. Die „Nützlichkeit von Technik ist immer auch etwas kulturell Interpretiertes“ (Hörning 1985, S. 200). Damit wird auch deutlich, dass Kultur über die sie „tragenden“ Menschen die Implementierung und Diffusion technischer Lösungen erheblich beeinflusst, indem diese z.B. für die Realisierung von Zwecken genutzt oder nicht genutzt (abgelehnt), Modifizierungen, Nachbesserungen und Anpassungen erzwungen sowie Verhaltens„vorschriften“ für Mensch-Technik-Interaktionen hervorgebracht werden.

Zu fragen ist deshalb erstens nach der Alltagsresistenz, den kulturellen Freiheitsgraden in der Aufnahme von und im Umgang mit Technik im Alltag; zweitens danach, wie unterschiedliche Gruppen, Schichten, Generationen, Kulturen mit (identischen!?) Technikangeboten umgehen; und drittens nach der Wechselwirkung zwischen Anpassung und Eigensinn. Schließlich sind auch Spannungen zwischen den funktionalen und den symbolischen („rituellen“) Qualitäten von Technik zu berücksichtigen (vgl. insgesamt dazu Banse/Grunwald 2010).

Im Sinne von „Kultur als konditionierenden Element“ kann davon ausgegangen werden, dass Technik (vor allem in Form technischer Sachsysteme) nun nicht einfach von diesem „kulturellen Umfeld“ nur quasi „eingeschlossen“ ist (vor allem in Form von Wirkungen und Einflüssen des Umfeldes auf Konzipierung, Gestaltung, Bewertung, Auswahl und Nutzung von technischen Lösungen), sondern die Technik zeitigt – vor allem durch den zweckbezogenen Einsatz – in unterschiedlichster Weise Wirkungen in diese „Umgebung“ hinein, „korrodiert“, beeinflusst und verändert sie direkt und indirekt, in vorhersehbarer wie nicht-vorhersehbarer Weise (man denke nur an „Wandlungen“ der Nutzergewohnheiten, Erschließung neuer Einsatzbereiche, „Anpassung“ des Rechtsrahmens oder Initiierung technischer Neuerungen). In diesem Sinne kann neue oder veränderte Technik „angestammte“ Kultur, d.h. in längeren Zeiträumen aufgebaute, bewährte, „eingeübte“, vertraute Praxen wie Verständnisse beeinflussen bzw. Anstöße zu gravierenden und qualitativen Veränderungen in den Wahrnehmungs- und Handlungsmustern geben.

3. Technikwissenschaften

Wenden wir uns nun den Technikwissenschaften zu. Auf den ersten Blick erscheinen die Technikwissenschaften als ein Sammelsurium unterschiedlichster wissenschaftlicher Disziplinen, deren einzige Gemeinsamkeit darin zu bestehen scheint, dass sie mit Technik, mit technischen Sachsystemen sowie deren Hervorbringung und Nutzung befasst sind – wobei diese Sachsysteme selbst wieder eine schier unüberschaubare Vielfalt darstellen. Auf den zweiten Blick zeigt sich in dieser Vielfalt jedoch Einheitliches und Vereinheitlichendes. Dieses Gemeinsame zu verdeutlichen, ist Anliegen des Folgenden. Dazu sei zunächst mit wichtigen Unterscheidungen begonnen.

3.1. Unterscheidungen

Die erste notwendige Unterscheidung ist eine *systemtheoretische*, indem zwischen Systemanalyse und Systemsynthese unterschieden wird.

Bei einer (System-) *Analyse* wird vom bekannten (System-)Verhalten bzw. von den bekannten (System-)Eigenschaften zur Erkenntnis der (System-)Struktur übergegangen:

(gegebenes) Systemverhalten \Rightarrow *(vorhandene) Systemstruktur*.

Das Ergebnis sei „Erkenntnis“ genannt; für diesen Übergang gibt es eine „eindeutige“ Lösung. Beispiele sind die chemische Analytik, Bewegungen entsprechend Fall„gesetz“ oder Einsichten der Elementarteilchenphysik.

Bei einer (System-) *Synthese* wird von den erforderlichen Eigenschaften bzw. der geforderten (System-)Funktion zur (System-)Struktur (als funktionserfüllender Struktur!) übergegangen:

(*geforderte*) *Systemeigenschaften* \Rightarrow (*mögliche*) *Systemstruktur*.

Das Ergebnis sei „Gestaltung“ genannt; für diesen Übergang gibt es zumeist nur eine „mehrdeutige“ Lösung, d.h. eine Lösungsschar. Beispiele sind der konstruktive Maschinenbau, die präparative Chemie oder die Agrarwissenschaften.

Daraus lässt sich folgende Konsequenz ableiten: Die *finalen* oder *Handlungswissenschaften* sind jene Gruppe von Wissenschaften, denen es nicht nur um Erkennen (Erkenntnis), sondern auch (oder vor allem?) um *Gestalten* (*Gestaltung*) geht. Dazu gehören auch die Technikwissenschaften!

Das vorstehend Ausgeführte bedeutet folgende zweite Unterscheidung bezogen auf die Technikwissenschaften:

Erstens werden (vor allem) technische Charakteristiken *existierender technischer* Sachsysteme beobachtend oder messend erfasst sowie empirisch (experimentell) und theoretisch (gedanklich, modellbasiert) analysiert. Diese Ergebnisse werden naturwissenschaftlich und technikwissenschaftlich begründet, (wenn möglich) mathematisch fundiert sowie verallgemeinert. Das ist *Forschung i.e.S., ist Erkennen*.

Zweitens werden *neue technische* Sachsysteme (bzw. Veränderungen an bestehenden) auf der Grundlage theoretischer Kenntnisse und Ableitungen sowie vorhandener praktischer Erfahrungen methodengeleitet antizipiert. Diese werden entsprechend externen Forderungen bewertet und gestaltet. Das ist der Bereich des *Entwurfs-* bzw. *Konstruktionshandelns, ist Gestalten*.

Daraus folgt als Konsequenz die untrennbare *Einheit von Erkennen und Gestalten* in den Technikwissenschaften – eine Einsicht, die in den nachfolgend jeweils nur kurz skizzierten Punkten immer wieder deutlich werden wird.

3.2. *Ziele technikwissenschaftlichen Handelns*

Neben Erkenntniszielen sind in den Technikwissenschaften bzw. in der technikwissenschaftlichen Tätigkeit auch Gestaltungsziele zu berücksichtigen. *Erkenntnisziele* sind die Gewinnung neuen Wissens etwa in Form von funktionalem und strukturelem Regelwissen, technologischem Gesetzeswissen sowie öko-sozio-technologischem Systemwissen. *Gestaltungsziele* deuten in Richtung Antizipationen von Technik, etwa in Form neuer oder verbesserter technischer Systeme, von Mensch-Technik-Interaktionen oder von sozio-technischen Strukturen.

Dabei kommt es in den Technikwissenschaften vorrangig auf das „Wie?“ an, haben sie doch solche Fragen zu beantworten wie „Was ist zu machen?“, „Wie ist es zu machen?“, „Unter welchen Bedingungen wird welches Wirkprinzip realisiert?“ u.ä. Derartige (Handlungs-)Anweisungen und Aufforderungen sind eine notwendige Voraussetzung des Übergangs vom Wissen („Erkenntnis“) zum „Machen“ („Gestaltung“) bzw. des (gestaltenden) Handelns selbst. Damit ergibt sich als weitere Schlussfolgerung: Technik basiert auf *Wissen, Können* und *Handeln*.

Gestalten und Erkennen stehen jedoch in einer methodischen Ordnung. Die Zweifelt von Gestalten und Erkennen, von Relevanz und Exzellenz, von Nützlichkeit und Wahrheit, von Machbarkeit und Reproduzierbarkeit steht unter dem Primat des Gestaltens: Die gesellschaftliche Praxis, für die die Technikwissenschaften technisches Wissen bereitstellen, ist das letztendliche Ziel technikwissenschaftlicher Forschung. Damit ist auch die Gewährleistung der technischen Machbarkeit unter den Bedingungen der

„realen“ Welt ein entscheidendes Ziel technischen Handelns. Wahrheitsanspruch und Exzellenz sind demgegenüber kein Selbstzweck technikwissenschaftlicher Forschung. Vielmehr sind sie instrumentell zu verstehen, so z.B. in der Hoffnung, dass exzellentes und universalisierbares Wissen durch eine größere Übertragbarkeit in neue Kontexte auch Aspekte größerer Nützlichkeit und Innovationskraft aufweise, oder dadurch, dass angenommen wird, dass der Exzellenzanspruch (der z.B. durch Evaluierungen und zunehmenden Konkurrenzdruck gestärkt wird) mittelbar auch die technikwissenschaftliche Innovationsfähigkeit erhöhen werde. Die Reproduzierbarkeit technischer Effekte ist gleichermaßen Kennzeichen von Erkenntnis (da sie die Objektivität des technischen Wissens verbürgt) als auch wichtiges Element der technischen Machbarkeit im Sinne des zuverlässigen Funktionierens technischer Abläufe.

3.3. Technikwissenschaftliche Besonderheiten

Der Primat des Gestaltens (basierend auf „Erkennen“) hat vielfältige Implikationen, die auch als Besonderheiten der Technikwissenschaften verstanden werden können. Im Hinblick auf eine gesellschaftliche Praxis ist den Technikwissenschaften das Moment des Konkreten unverzichtbar, denn Technikanwendung findet immer in einem ganz konkreten Kontext statt: räumlich, zeitlich und personen- bzw. gruppenbezogen. Sicher muss technisches Wissen auch Universalisierungs- und Abstraktionskriterien genügen und auf neue Kontexte übertragbar sein. Diese Übertragbarkeit stößt jedoch in der Regel an Grenzen des Praktischen und Konkreten. Zu den Technikwissenschaften gehört es daher generell hinzu, diese Grenzen der Übertragbarkeit technischen Wissens in konkrete Problemlösungen zu reflektieren. Auch theoretische Arbeit in den Technikwissenschaften muss dafür Sorge tragen, dass auch von theoretischen, d.h. abstrahierten Erkenntnissen ein Weg zurück zur konkreten Praxis gangbar bleibt – ohne diesen Blick auf Praxis, selbst aus theoretischer Ferne, wäre entsprechende Forschung keine Technikwissenschaft mehr.

Einige Stichworte sollen sich daraus ableitbare Besonderheiten lediglich andeuten:

- notwendiger Umgang mit „Realität“ und Komplexität;
- angemessene Problemzerlegung und –zusammenführung;
- hinreichende Genauigkeit *und* Begrenzung des theoretischen Aufwandes („Nicht so genau wie möglich, sondern wie nötig!“; vgl. dazu Banse 2011);
- Zusammenhang von Erfahrung, empirischermittelten Koeffizienten und theoretischem Ansatz;
- „Horizont“ der Machbarkeit;
- Wissensgewinn aus der technischen Praxis einschließlich „Versagensfällen“ und „Beinahe-Unfällen“;
- Mathematik, Naturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften sowie Sozial- und Geisteswissenschaften als „Hilfswissenschaften“;
- typische Wissensrepräsentation (Skizzen, Nomo-/Diagramme, Zeichnungen, Computeranimationen und –simulationen, ...);
- fachübergreifende Wissenssynthesen.

3.4. Wissenstypen

Arten und Formen des Wissens in den bzw. der Technikwissenschaften werden gegenwärtig in zunehmendem Maße thematisiert. Dabei werden unterschiedliche Klassifizierungen vorgeschlagen, wobei es stets um deskriptive und präskriptive Komponenten geht, also um (a) bestätigte („wahre“) Aussagen/Behauptungen, (b) Bewertungen (Werturteile), (c) Handlungsanweisungen (z.B. Aufforderungen) und (d) Normen (z.B. Verfahrensregeln).

Unterschieden werden kann *theoretisches* oder gesetzesartiges Wissen („Wenn A, so – notwendig, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, unter gewissen Bedingungen, möglicherweise usw. – B.“) von *operationalem*, Projekt- oder Regelwissen („Wenn A geschaffen / hergestellt / ‚präpariert‘ wird, dann tritt B ein.“) und *Erfahrungswissen* („know-how“).

Andererseits ist „*explizites*“ Wissen (etwa in mathematisierter Art) von *Erfahrungswissen*, gewonnen im Umgang mit (funktionierender wie nicht-funktionierender) Technik, so genannten „*außertechnischen*“ *Wissenselementen* (sozial-, rechts- und wirtschaftswissenschaftliches, zunehmend aber auch ethisches Wissen) und „*implizitem*“ Wissen („tacitknowledge“) in unterschiedlicher Weise zu unterscheiden. – Zu Letzterem könnte in Anlehnung an die Aussage von Michael Polanyi „Weknowmorethanwecantell“ (Polanyi 1966, p. 4) die erweiterte Aussage „Wecanmorethanwecantell“ formuliert werden.

3.5. Problemtypen

Technikwissenschaftliches Handeln ist – wie in anderen Wissenschaftsdisziplinen – mit dem Lösen von *Problemen* und *Aufgaben* verbunden. Unter einem (wissenschaftlichen) Problem wird ein System von Aussagen und Aufforderungen verstanden, das erstens ein Ziel wissenschaftlich-„theoretischer“ oder wissenschaftlich-„praktischer“ Arbeit zum Ausdruck bringt,² zweitens Bedingungen der Zielerreichung bestimmt und drittens dadurch gekennzeichnet ist, dass kein Algorithmus vorhanden ist, mit dessen Hilfe das angestrebte Ziel in endlich vielen Schritten zu erreichen ist. *Aufgaben* liegen dann vor, wenn die Methoden und Verfahren zur Erreichung des gesetzten Ziels eindeutig verfügbar sind, vor allem, wenn solch ein Algorithmus vorhanden ist (vgl. näher dazu Parthey 1978). Mit anderen Worten: Von *Problemen* (in den Technikwissenschaften) spricht man dann, wenn das (technikbezogene) Wissen nicht ausreicht, nicht „vollständig“ ist, um das gesetzte Ziel unter den gegebenen Bedingungen zu erreichen. Lässt sich abschätzen, dass die Möglichkeit besteht, diese Unvollständigkeit in einer angemessenen Zeit zu überwinden, das Wissen zu „vervollständigen“, dann spricht man von einem lösbaren, im anderen Falle von einem (zur Zeit) unlösbaren Problem.³

In den Technikwissenschaften lassen sich folgende Problemtypen unterscheiden:

- Entscheidungsprobleme (z.B. bezüglich Zielsetzung und Wegfestlegung);
- Bestimmungsprobleme (z.B. bezüglich Beschreibung, Erklärung und Beweis);
- Entwurfsprobleme (vor allem bezüglich funktionserfüllender Strukturen).

Beziehen sich die ersten beiden Typen vorrangig auf das Erkennen, so der dritte Typ von Problemen in erster Linie auf das Gestalten.

Eine mögliche Besonderheit von Problemen (die allerdings nicht nur für die Technikwissenschaften relevant ist) muss hier hervorgehoben werden: Entwurfs- und Planungsprobleme in Technikwissenschaften und Ingenieurhandel sind häufig nicht vollständig, sondern oft nur unvollständig formulierte, nicht „exakt“ oder „wohl-“,

²Hinter der vorgenommenen Unterscheidung von Zielen für „theoretische“ bzw. „praktische“ wissenschaftliche Arbeit verbirgt sich hier die oben eingeführte Unterscheidung von Erkenntnis und Gestaltung.

³Allerdings widerspricht es dem Charakter von Problemen, wenn man ex ante zweifelsfrei unterscheiden könnte, welches Probleme zur Zeit lösbar und welches Problem zur Zeit unlösbar bzw. wie viel Zeit (und welcher Aufwand!) für die „Vervollständigung“ des Wissens zu veranschlagen sei.

sondern „schlecht“ definierte, d.h. „böartige“, „verzwickte“ Probleme. „Verzwick“ bzw. „böartig“ zu sein – womit die Terminologie von Horst Rittel aufgegriffen wird – ist dabei keine Eigenschaft aus ethischer Sicht: „Wir benutzen den Ausdruck ‚böartig‘ in der Bedeutung, die den Begriffen ‚boshaft‘ (im Gegensatz zu ‚gutwillig‘), ‚vertrackt‘ (wie in einem Teufelskreis), ‚mutwillig‘ (wie ein Kobold) oder ‚aggressiv‘ (wie ein Löwe, im Gegensatz zur Sanftheit eines Lammes) entspricht“ (Rittel/Webber 1994, S. 21).

Charakteristika derartiger „verzwickter/böartiger“ Probleme sind vor allem (vgl. Rittel/Webber 1994, S. 22ff.):

- Es gibt keine definitive Formulierung für ein böartiges Problem.
- Lösungen für böartige Probleme sind nicht richtig oder falsch, sondern gut oder schlecht.
- Es gibt keine unmittelbare und endgültige Überprüfungsmöglichkeit für die Lösung eines böartigen Problems.
- Jede Lösung eines böartigen Problems ist ein einmaliger Vorgang mit nur einer Chance, d.h., da es keine Gelegenheit gibt, durch Versuch und Irrtum zu lernen, zählt jeder Versuch signifikant.
- Jedes böartige Problem ist wesentlich einzigartig.
- Die Existenz einer Diskrepanz, wie sie ein böartiges Problem repräsentiert, kann auf zahlreiche Arten erklärt werden; die Wahl der Erklärung bestimmt die Art der Problemlösung.

Lösungen derartiger Probleme sind nicht richtig oder falsch (wie bei „wohldefinierten“ Problemen), sondern besser oder schlechterbezogen auf die Ziel- und Zwecksetzung. Auf damit im Zusammenhang stehende methodische Besonderheiten (z.B. die Heuristik) kann hier nur hingewiesen, nicht jedoch eingegangen werden.

In den Technikwissenschaften lassen sich typische Problemsituationen aufzeigen; exemplarisch genannt seien:

- Datenerfassung und deren theoretische Auswertung;
- Reduktion zu erfassender (zu berücksichtigender) Einflussfaktoren;
- Einbeziehung empirisch ermittelter Werte in theoretische Ansätze;
- Aufdeckung von Gültigkeitsgrenzen bisheriger Berechnungsgrundlagen und theoretischer Ansätze („Vorstoß in technisches Neuland“);
- Berücksichtigung des Streufeldes von Charakteristika und Kenngrößen;
- Auswertung von Betriebserfahrungen mit gleichartigen Bauteilen zur Informationsgewinnung.

3.6. Methodengefüge

Methoden sind zweckgerichtete Verfahren mit dem Ziel einer Intersubjektivierung (Objektivierung) der Erkenntnisse und des Wissens. Durch Methoden wird die Wissenserzeugung und -überprüfung systematisch durchführbar und sowohl lernbar als auch lehrbar. Methoden sind gleichermaßen zentrales Element wissenschaftlicher Qualitätssicherung, der Ausbildung und des wissenschaftlichen Fortschritts.

Die Technikwissenschaften haben eine Fülle von Methoden teils selbst entwickelt und teils aus anderen Disziplinen übernommen bzw. für ihre eigenen Zwecke angepasst. Diese lassen sich – allerdings mit vielfältigen Überschneidungen – nach folgender Klassifikation ordnen (vgl. Banse et al. 2006):

- *Methoden der Erkenntnis*: Die Bereitstellung und Prüfung des für technische Gestaltungsvorhaben notwendigen technischen Wissens erfordert eigene Methoden. Von besonderer Bedeutung ist die – aus den klassischen Naturwissenschaften

bekannte – Unterscheidung von theoretisch-deduktiven und empirisch-induktiven Verfahren. Die *theoretisch-deduktiven Verfahren* setzen vor allem auf die Mathematisierung funktionaler Zusammenhänge und die Nutzung mathematischer Schlussverfahren. *Empirisch-induktive Verfahren* sind hingegen labor-orientiert. Sie umfassen einerseits entsprechende technische Messverfahren, andererseits experimentelle Verfahren z.B. der Materialbearbeitung oder der Prozessregulierung. Diese Methoden sind zwar den Vorgehensweisen der „klassischen“ Naturwissenschaften weitgehend analog, aber nicht identisch, denn in den Technikwissenschaften geht es z.B. um Begrenztheiten von Idealisierung, Isolierung und Komplexitätsreduktion.

- *Methoden der Gestaltung*: Wird Technikgestaltung als Lösung von Problemen durch technisches Wissen und Können verstanden, so lassen sich, abhängig von der jeweils gewählten Phaseneinteilung der Prozesse der Technikgestaltung, verschiedene Klassen von Methoden unterscheiden. *Intuitiv-heuristische Methoden* setzen an der Pluralität der verfügbaren Wissensformen an und versuchen, durch Kreativitätstechniken zu neuen Lösungsmöglichkeiten zu kommen. Hingegen setzen *rational-systematische Methoden* bei einer Analyse des zur Problemlösung zu betrachtenden Systems an und zielen „top-down“ auf die Ableitung geeigneter Lösungsverfahren. In beiden Richtungen sind schließlich Bewertungen vorzunehmen und ist eine Auswahl zwischen den möglichen Optionen zu treffen (sowohl unter den Kriterien technischer Funktionalität als auch unter außertechnischen Kriterien wie Wirtschaftlichkeit, Kundenakzeptanz oder Umweltverträglichkeit). Aus diesem Grund gehören auch *Bewertungs- und Auswahlmethoden* zum Spektrum der gestaltungsorientierten technikwissenschaftlichen Methoden.⁴

In beiden Bereichen hat sich durch die Einführung computer-unterstützter Methoden vieles verändert. Mathematische Modellierung und Simulation ersetzt heute einen Teil des Experimentierens im Labor, wodurch häufig erhebliche Kosteneinsparungen möglich werden. Gleichzeitig entstehen jedoch neue Herausforderungen, die in der Modellwelt simulierten Erkenntnisse auch in der „Realwelt“ zu validieren.

Entsprechend dem o.g. Primat der Praxis kommt es für den Technikwissenschaftler (im Bereich von Erkenntnis und Gestaltung!) darauf an, das Zusammenspiel der Methoden in einem Prozess, in dem schöpferische Aktivitäten mit schematischen und Routineoperationen verbunden sind, bewusst zu organisieren. Das Ziel sind dabei eine funktionsfähige Neuerung, die ein vorhandenes Bedürfnis befriedigt, sowie Wege zu ihrer Realisierung. Dem sind alle methodischen Aktivitäten untergeordnet. Methodologisch erfordert das zumindest dreierlei: erstens die Berücksichtigung der Komplexität technischer Aufgaben und Lösungen, zweitens eine Ganzheitsbetrachtung des Gestaltungsvorgangs und drittens eine tätigkeitsbezogene Sicht auf (technische bzw. technikwissenschaftliche) Erkenntnis und Gestaltung.

Die Berücksichtigung der Komplexität technisch-technologischer Aufgaben erfordert die – auf verschiedenen Wegen mögliche – Analyse bis zu den konstituierenden Elementen oder Elementarvorgängen, und, davon ausgehend bzw. darauf aufbauend, die Synthese zu Modellen, Theorien und Lösungsvorschriften unter Beachtung der vielfältigen Kopplungsmöglichkeiten und wechselseitigen Abhängigkeiten. Die Forderung nach

⁴Verwiesen sei etwa auf die VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ vom März 1991.

Berücksichtigung der Komplexität orientiert methodologisch auf die Beachtung der Vielfalt der Einflussfaktoren, Abhängigkeiten, Zusammenhänge und Lösungsvarianten. Damit unmittelbar verbunden ist das Prinzip der Ganzheitsbetrachtung. Bei der Untersuchung wie bei der ideellen Vorwegnahme technischer Systeme und technologischer Abläufe ist der Bearbeiter gezwungen, nicht nur das ganze technische Erscheinungsbild von der fertigen Struktur her, sondern auch seinen Herstellungsprozess von der Rohteilfertigung bis zur Montage vor Augen zu haben und einheitlich, in seiner Ganzheit und systemischen Verkettung zu betrachten. Das ist notwendig und möglich, weil das ganze System einen gemeinsamen Zweck bzw. eine definierte Verwendung besitzt. Dafür gilt es, die wesentlichen und entscheidenden Parameter und Zielgrößen (z.B. Kosten, Aufwand, Material- und Energieverbrauch, Grundmitteleinsatz und Zeitregime) in der Einheit von konstruktiver und technologischer Vorbereitung einheitlich und ganzheitlich zu betrachten und zu optimieren. Die Forderung nach Ganzheitsbetrachtung orientiert methodologisch somit darauf, in der Forschungs- und Entwicklungsarbeit die gegenseitigen Verflechtungen der einzelnen Struktur- und Prozesseinheiten von der übergreifenden Zielstellung her zu analysieren und zu synthetisieren.⁵

Tätigkeitsbezogene Untersuchung des Objekts technischer Forschung und Entwicklung schließlich bedeutet die Bereitstellung solch eines Wissens, das für die auszuführenden Tätigkeiten relevant ist. Es ist der Prozess der Generierung, Konstruktion und Projektierung technischer Lösungen in seiner Wechselwirkung von Objekt und Subjekt der technischen Entwicklungsarbeit zu erfassen. Dazu gehört z.B. Wissen über die (arbeitsteilig bzw. im Dialog) auszuführenden Tätigkeiten von Mensch und Maschine, über die dabei anzuwendenden Methoden sowie über Möglichkeiten und (prinzipielle bzw. historisch bedingte) Grenzen methodologischer Vorgehensweisen ebenso wie die anwendungsgerechte „Aufarbeitung“ vorhandenen Wissens. Das schließt z.B. die Formalisierung und (mathematische, graphische, ...) Modellierung technisch-technologischer Sachverhalte und Zusammenhänge sowie die Algorithmisierung einzelner Phasen oder Abschnitte der technischen Entwicklungsarbeit ein. Tätigkeitsorientierte Vorgehensweise bedeutet aber auch die Berücksichtigung unterschiedlicher Projektierungs- und Parameterbestimmungsarten („Rückwärtsprojektierung“, „Vorwärtsprojektierung“) und die Anwendung der Stufenoptimierung, bei der das Gesamtproblem bzw. die Gesamtlösung in mehrere relativ selbständige (und zumeist hierarchisch strukturierte) Teilprobleme bzw. -Lösungen zerlegt wird, die mit verfügbaren (und zumeist einfachen) Methoden und Mitteln bearbeitet und bewertet werden können.

Diese Prinzipien werden – wenn sie bewusst berücksichtigt werden – zu Regulativen methodischer Vorgehensweisen und methodologischer Überlegungen in den Technikwissenschaften, wobei sie in den einzelnen Disziplinen eine spezifische Ausprägung erlangen.

3.7 Entwurfshandeln

„Entwurfshandeln“ bezeichnet jene komplexe (Ingenieur-)Tätigkeit, deren Ziel die Antizipation, d.h. die ideelle, gedankliche Vorwegnahme (vor allem neuer, aber auch wesentlich verbesserter) technischer Sachsysteme („Artefakte“ in Form von Maschinen,

⁵Zur Ganzheitsbetrachtung gehört auch das, was von Ropohl als „theoretische Horizontausweitung“ bezeichnet wurde: Ausweitung des System-, des Zeit-, des Qualifikations-, des Methoden- und des Werthorizonts (vgl. Ropohl 1998b, S. 46f.).

Anlagen, Bauwerken u.ä.) unter Einschluss der Möglichkeit ihrer praktischen Realisierbarkeit bzw. zukünftigen Realisierung ist.⁶

Ausgehend von einer (vorgegebenen) Aufgabenstellung (die als Funktion, Verhalten, Anforderung o. ä. möglichst präzise formuliert werden muss), besteht das Ziel des Entwurfshandelns (systemtheoretisch) in der *Synthese* einer Menge von geeigneten Elementen zu einem System mit einer Struktur, das diese Funktion, dieses Verhalten oder diese Anforderungen (bei Beachtung vielfältiger Randbedingungen) zu erfüllen bzw. zu realisieren gestattet (*funktionserfüllende Struktur*):

Funktion (Verhalten) \Rightarrow Struktur (Elemente & Relationen).

Ein *Entwurfsproblem*: liegt immer dann vor, wenn bekannten Funktionen funktionserfüllende Strukturen zuzuordnen sind. Von einem *echten* Entwurfsproblem kann man dann sprechen, wenn im technischen Abbildbereich keine funktionserfüllende Struktur bekannt ist.

Erklärungsansätze und Verständnismodelle des Entwurfshandelns sind bemüht, vor allem zweierlei zu erfassen bzw. zu beschreiben, *erstens*, wie das für diesen Prozess erforderliche Wissen aus vorhandenen Beständen „organisiert“ bzw. fehlendes Wissen generiert wird, und *zweitens*, wie der „Übergang“ von deskriptivem (vor allem Gesetzes-)Wissen zu „handlungsleitendem“ Wissen (z.B. in Form von Aufforderungen oder Handlungsanweisungen) bzw. zum Handeln selbst („Machen“) vollzogen wird. Generell wird davon ausgegangen, dass es sich dabei um die (eine) gedankliche Vorwegnahme von (technisch) Neuem, so (noch) nicht Vorhandenem handelt (Antizipation).

Dieser antizipative, zu Neuem führende gedankliche „Bearbeitungs“prozess lässt sich aus unterschiedlichen Perspektiven beschreiben bzw. analysieren. Die wichtigsten derartigen Perspektiven sind:

- (a) *technisch*: erkenntnisleitendes Interesse beansprucht der „Übergang“ vom (technisch zu erreichendem) Ziel bzw. (technisch zu realisierendem) Zweck zum (geeigneten technischen) Mittel (Zweck-Mittel-Beziehung);
- (b) *systemtheoretisch*: es interessiert der Zusammenhang von (geforderter „Transformations-“)Funktion bzw. (erforderlichem technischem) Verhalten und (funktionserfüllender) Struktur in Form des Entwurfshandelns (Funktions-Struktur-Beziehung), wobei dessen Analyse verdeutlicht, dass es unterschiedliche Funktions-Struktur-Realisierungen gibt;
- (c) *methodologisch*: aus dieser Perspektive lässt sich das Entwurfshandeln als der projektiv-pragmatischen Methode (im Unterschied zur wesentlich hypothetico-deduktiven Methode der „analysierend“ voranschreitenden Naturwissenschaften; vgl. Rapp 1973, S. 127) verpflichtetes Vorgehen kennzeichnen, das somit auch ein „Planungshandeln“ darstellt (vgl. Grunwald 2000);
- (d) *problemtheoretisch*: es wird davon ausgegangen, dass Entwurfshandeln einen Prozess des Lösen von Problemen darstellt („problemsolvingprocess“), und zwar vorrangig des Lösen von Entwurfsproblemen;
- (e) *wissenschaftstheoretisch*: diese Perspektive behandelt das Entwurfshandeln als einen praktischen Schluss (praktischer Syllogismus), greift auf praktische (im Gegensatz

⁶Letzteres ist nur eingeschränkt möglich: „Ziel des Konstruktionshandelns ist nun aber immer nur ein antizipierter, d.h. ein bloß möglicher Zweck, von dem der Konstrukteur sich vorstellen muß, daß ein potentieller Kunde in einer ebenso fiktiven Situation ihn haben *könnte*“ (Poser et al. 1997, S. 103).

zu theoretischen) Begründungen zurück (vgl. vor allem Wright 1991, S. 36f.; vgl. auch Kornwachs 2012);

- (f) *philosophisch*: es wird davon ausgegangen, daß es sich beim konstruktiven Entwicklungsprozess hauptsächlich um (reduktive) Schlussweisen von der Folge auf den Grund handelt,⁷ für die typisch ist, dass sie – im Gegensatz zu deduktiven Verfahren – nicht „zwingend“ sind.

In all diesen einander ergänzenden Betrachtungs- bzw. Analyse„modi“ des Entwurfshandelns sind als Prämissen mindestens folgende zwei Unterstellungen enthalten. *Zum einen* wird es als eine konkretisierende Vorgehensweise gefasst: vom abstrakten Prinzip (z.B. als Idee einer funktionserfüllenden Struktur) ausgehend wird (häufig über Zwischenstufen, z.B. als Wirkpaarung), gestaltend, dimensionierend, bemessend und optimierend zum funktionsfähigen technischen Sachsystem bei Berücksichtigung vielfältiger „Randbedingungen“ vorangeschritten. *Zum zweiten* wird davon ausgegangen, dass es sich beim Entwerfen um ein bewusstes, zur Zielerreichung notwendiges „Überschreiten“ des Vorhandenen (sowohl des „Arte-Faktischen“ wie des „Wissensmäßigen“) in Form eines (planmäßigen, intuitiven, methodenbasierten, heuristischen, ...) „Suchprozesses“ handelt, für den es kein logisch begründbares (Schluss) Verfahren gibt, d.h., dass aus den vorgegebenen Prämissen (vor allem hinsichtlich des zu erreichenden Ziels, des verfügbaren bzw. zu generierenden Wissens, des Bereichs möglicher Lösungen usw.) ein Ergebnis nicht eineindeutig herleitbar ist. Hinzu kommt, dass dieser Prozess in der Regel unter Informationsmangel bzw. bei unvollständiger bzw. „unscharfer“ Information erfolgt, d.h. dass zu Beginn des (als Planungsvorgang verstandenen!) Entwurfs- oder Konstruktionsprozesses z.B. nicht alle relevanten Informationen verfügbar sind, auf sich verändernde (einschließlich neuer!) Zielvorgaben oder „Rand“bedingungen vor allem wissenschaftlicher, technischer, politischer, ökonomischer oder juristischer Art reagiert werden muss usw. Hinzu kommt, dass selbst die Vielzahl der zu Beginn des Design-Prozesses verfügbaren Informationen (fast stets) reduziert werden muss, um sie „operationalisierbar“ zu machen: „Die Nennung von Bedingungen, die [...] zu berücksichtigen und zu kontrollieren sind, muß in ihrem Umfang handhabbar bleiben“ (Poser et al. 1997, S. 92). Diese „Komplexitätsreduktion“ enthält einerseits eine wissenschaftliche Komponente („Welche Reduktion ist vom gegenwärtigen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungsstand her gerechtfertigt und legitim, d.h. führt – absehbar – zu keiner ‚Verzerrung‘ des technischen Erscheinungsbildes bzw. relevanter Zusammenhänge?“). Andererseits basiert sie auf einem individuellen „Zugriff“, vor allem auf dem Auswahl-, Bewertungs- und Entscheidungsverhalten des Bearbeiters, d.h. auf dem bewussten oder spontanen, reflektierten oder unreflektierten „Ausfüllen“ oder „Ausschreiten“ vorhandener (auch normativer) Räume innerhalb des Entwurfshandelns.

4. Fazit

Im Bereich der „Technikforscher“ (hiermit sind im Unterschied zu den spezialisierten Technikwissenschaftlern diejenigen Wissenschaftler gemeint, die eine stärker generalisierende Sicht auf Technik und vor allem Technikwissenschaft befördern) gibt es

⁷Eine Reduktion ist ein „Schluß hypothetischen Charakters, bei dem von den Nachsätzen eines Schlußschemas auf den Vordersatz geschlossen wird. Im Unterschied zur Deduktion [...] wird bei der R. stets von Bekanntem auf Hypothetisches geschlossen“, wobei diese Hypothesenbildung (vor allem über die sogenannte progressive Reduktion) heuristisch von Wert ist (Erpenbeck 1991).

zwischenzeitlich einen Konsens darüber, dass die Technikwissenschaften bei all ihrer Vielfalt eine Spezifik aufweisen, die es weiter zu beforschen gilt – nicht als Selbstzweck, sondern vor allem im Hinblick auf (die Verbesserung von) „Funktionalität“, „Rationalität“ und „Innovativität“ technischen Handelns (vgl. dazu Spur 2007, S. 83).

Die Technikwissenschaften stellen einen interessanten Untersuchungsgegenstand dar. Viele kognitive, methodologische, normative und – im engeren Sinne – wissenschaftstheoretische Fragestellungen unterscheiden sich von denen in vielen anderen Wissenschaften. Das hängt in erster Linie damit zusammen, dass die Technikwissenschaften als „Machenschaften“ (zweckbezogenes Hervorbringungshandeln) verstanden werden müssen, und dass deren (praktisches End-)Ergebnis „Realtechnik“ ist – und diesen Umstand gilt es stets zu berücksichtigen. „Real“technik bedeutet hier Unterschiedliches. Zunächst wird damit darauf aufmerksam gemacht, dass technische Sachsysteme *in einer realen Welt* über eine bestimmte Zeitspanne hinweg funktionieren müssen, nicht in einer idealen oder Laborwelt, in der Störendes gedanklich oder praktisch isoliert wird bzw. werden kann. Das gilt auch für den Herstellungs- bzw. Erzeugungszusammenhang, der zwar mit einer Idee beginnt, aber erst mit dem vergegenständlichten Produkt endet. Stets ist die reale „Umgebung“ mit ihrer Vielfalt von Einflussfaktoren, Wechselwirkungen und Änderungen im Blick zu behalten – obwohl diese oftmals in ihrer Ganzheit nicht umfassend erfassbar, in ihren Auswirkungen nicht vollständig abschätzbar und in ihren Veränderungen kaum prognostizierbar sind. Und schließlich hat es der Verwendungszusammenhang technischer Sachsysteme mit realen Menschen und realen Institutionen zu tun. Technik muss (ver)kaufbar, akzeptabel und bedienbar sein. Das alles bedingt Besonderheiten und Eigenarten, die zu neuen theoretischen oder methodischen Fragestellungen führen.

Abschließend seien folgende zusammenfassende Aussagen getroffen:

1. Das Vorstehenden verdeutlicht, dass Technik keine angewandte Naturwissenschaft, Technikwissenschaft keine degenerierte Naturwissenschaft ist!
2. Technik basiert (kognitiv) auf technischem Wissen (Erfahrung) sowie Wissens-elementen vor allem der Technikwissenschaften, aber auch der Natur-, Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften.
3. Technikwissenschaften sind eine Gruppe von Wissenschaftsdisziplinen mit eigenen (spezifischen) Zielen, Methoden, Wissensformen und –repräsentationen, Institutionen und Beziehungen zur technischen und gesellschaftlichen Entwicklung.
4. Gegenstand der Technikwissenschaften sind spezifische Kombinationen naturgesetzlicher Möglichkeiten entsprechend gesellschaftlichen Zielstellungen, Erfordernissen, Vorgaben und Bedürfnissen. Diese spezifischen Kombinationen erfolgen im Spannungsfeld von naturgesetzlich Möglichem, technisch-technologisch Realisierbarem, ökonomisch Machbarem, ökologisch Sinnvollem, gesellschaftlich Wünschenswertem und Durchsetzbarem und human Vertretbarem.
5. Entwicklung, Produktion und Einsatz von Technik sind Gestaltungsvorgänge. Ihnen liegen bestimmte Ziele zugrunde, sie finden inmitten konkreter Rahmenbedingungen statt und benötigen Ressourcen in Form von Materialien, Energie, Wissen und Zeit.
6. Vereinsseitigende, verabsolutierende, idealisierende oder „reduktionistische“ Auffassungen (auch „wohlgemeinte“!) werden weder der Vielgestaltigkeit und Differenziertheit der Technik wie der Technikwissenschaften noch ihrem Platz in der „Lebenswelt“ gerecht.

LITERATUR

- [1] Banse, G., Konstruieren im Spannungsfeld: Kunst, Wissenschaft oder beides? Historisches und Systematisches. In: Banse, G.; Friedrich, K. (Hg.): Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Idee – Entwurf – Gestaltung. Berlin: edition sigma 2000, S. 19-79
- [2] Banse, G., Technikwissenschaften – Wissenschaften vom Machen. In: Parthey, H.; Spur, G. (Hg.): Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion. Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2006. Frankfurt am Main u.a.: Peter Lang. Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007, S. 131-150
- [3] Banse, G., „Nicht so exakt wie möglich, sondern so genau wie nötig!“ – Das Einfachheitsprinzip in den Technikwissenschaften. In: Sommerfeld, E.; Hörz, H.; Krause, W. (Hg.): Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2011, S. 93-104
- [4] Banse, G., Erkennen und Gestalten – oder: über Wissen-schaften und Machen-schaften. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Jg. 37, Nr. 145 (3. Quartal) 2013, S. 27-39
- [5] Banse, G.; Grunwald, A., Coherence and Diversity in the Engineering Sciences. In: Meijers, A. (ed.): Philosophy of Technology and Engineering Sciences. Amsterdam/Boston/Heidelberg/London/New York: Elsevier 2009, pp. 155-184
- [6] Banse, G.; Grunwald, A. (Hg.) (2010): Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing
- [7] Banse, G.; Grunwald, A.; König, W.; Ropohl, G. (Hg.) (2006): Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin: editionsigma
- [8] Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.) (2008): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag
- [9] Banse, G.; Striebing, L. (1991): Technik. In: Hörz, H.; Liebscher, H.; Löther, R.; Schmutzer, E.; Wollgast, S. (Hg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Neuaufl. Bd. 2. Berlin: Dietz-Verlag, S. 871-876
- [10] Erpenbeck, J. (1991): Reduktion. In: Hörz, H.; Liebscher, H.; Löther, R.; Schmutzer, E.; Wollgast, S. (Hg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Bd. 2. Berlin: Dietz-Verlag, S. 788
- [11] Grunwald, A. (2000): Handeln und Planen. München: Wilhelm Fink Verlag
- [12] Hörning, K. H. (1985): Technik und Symbol. Ein Beitrag zur Soziologie alltäglichen Technikumgangs. In: Soziale Welt, Jg. 36, S. 185-207
- [13] Huber, J. (1989): Technikbilder. Weltanschauliche Weichenstellungen der Technologie- und Umweltpolitik. Opladen: Westdeutscher Verlag
- [14] Joerges, B. (Hg.) (1988): Technik im Alltag. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag
- [15] Kornwachs, K. (2012): Strukturen technologischen Wissens. Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik. Berlin: editionsigma
- [16] Parthey, H. (1978): Das Problem und Merkmale seiner Formulierung in der Forschung. In: Parthey, H. (Hg.): Problem und Methode in der Forschung. Berlin: Akademie-Verlag, S. 11-36
- [17] Polanyi, M. (1966): The Tacit Dimension. London: Routledge

- [18] Poser, H.; Hubig, Ch.; Jelden, E.; Debatin, B. (1997): Algorithmus und Unsicherheit. In: Mackensen, R. (Hg.): Konstruktionshandeln. Nicht-technische Determinanten des Konstruierens bei zunehmendem CAD-Einsatz. München/Wien: Carl Hanser Verlag, S. 83-152
- [19] Rapp, F. (1973): Technik und Naturwissenschaften – eine methodologische Untersuchung. In: Lenk, H.; Moser, S. (Hg.): Techne – Technik – Technologie. Philosophische Perspektiven. Pullach b. München: Verlag Dokumentation, S. 108-132
- [20] Rittel, H. W. J.; Webber, M. M. (1994): Dilemmas in einer allgemeinen Theorie der Planung [1973]. In: Reuter, W. D. (Hg.): Horst W. Rittel: Planen, Entwerfen, Design. Ausgewählte Schriften zur Theorie und Methodik. Stuttgart/Köln/Berlin: Kohlhammer Verlag, S. 13-35
- [21] Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München/Wien: Carl Hanser Verlag (= 1. Auflage)
- [22] Ropohl, G. (1993): Technik. In: Brockhaus Enzyklopädie. Bd. 21. Mannheim: Brockhaus-Verlag, S. 672-674
- [23] Ropohl, G. (1997): Allgemeine Technologie als Grundlage für ein umfassendes Technikverständnis. In: Banse, G. (Hg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Berlin: edition sigma 1997, S. 111-121
- [24] Ropohl, G. (1998a): Grundlagenkrise der Technikwissenschaften. In: Ropohl G.: Wie die Technik zur Vernunft kommt. Beiträge zum Paradigmenwechsel in den Technikwissenschaften. Amsterdam: Overseas Publishers Association, S. 31-40
- [25] Ropohl, G. (1998b): System und Methode. In: Ropohl G.: Wie die Technik zur Vernunft kommt. Beiträge zum Paradigmenwechsel in den Technikwissenschaften. Amsterdam: Overseas Publishers Association, S. 41-48
- [26] Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. München/Wien: Carl Hanser Verlag (= 2. Auflage)
- [27] Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe: Universitätsverlag (= 3. überarbeitete Auflage)
- [28] Spur, G. (2007): Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. In: Parthey, H.; Spur, G. (Hg.): Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion. Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2006. Frankfurt am Main u.a.: Peter Lang. Europäischer Verlag der Wissenschaften, S. 103-130
- [29] Sachsse, H. (1992): Technik. In: Seiffert, H.; Radnitzky, G. (Hg.): Handlexikon zur Wissenschaftstheorie. München: Verlag C. H. Beck, S. 358–361
- [30] Spur, G. (2007): Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. In: Parthey, H.; Spur, G. (Hg.): Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006. Frankfurt am Main u. a.: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften, S. 103-130
- [31] Stetter, Chr. (1999): Schreiben und Programm: Zum Gebrauchswert der Geisteswissenschaften. In: Kerner, M.; Kegler, K. (Hg.): Der vernetzte Mensch. Sprache, Arbeit und Kultur in der Informationsgesellschaft. Aachen: Verlag Mainz, S. 157-180

- [32] Wolffgramm, H. (1978): Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig: Fachbuchverlag (= 1. Auflage)
- [33] Wolffgramm, H. (1994/95): Allgemeine Technologie. 2 Teile. Hildesheim: Verlag Franzbecker (= 2. Auflage)
- [34] Wright, G. H. von (1991): Erklären und Verstehen. 3. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.

TECHNICAL SCIENCES - UNITY OF KNOWLEDGE AND DEVELOPMENT

The technical action is based (cognitively) on technical knowledge (experience) and the elements of knowledge from the natural sciences, economics, social sciences and the humanities, but especially the technical sciences. Technical sciences are not at the same time any "degenerate" of natural sciences, but a group of their own disciplines (specific) objectives, methods, forms of knowledge and its representations, institutions, and references to the development of technological and social processes. The subject of technical sciences are specific combinations of the opportunities arising from the laws of nature and social aspirations, requirements, goals and needs. These specific combinations are the result of tensions between the poles set by what is possible in terms of the laws of nature, what is feasible in terms of technical and technological development, what is feasible in terms of economics, what makes sense from the point of view of ecology, what is socially desirable and socially feasible, and what is fair and humane. All technical sciences aim at getting to know the world, at its transformation. The cognitive aim is to obtain new knowledge. The purpose of transformation techniques are anticipating, for example in the form of new or improved technical systems, human-technology interaction or social engineering structures. The objectives related to knowledge and shaping are at the indissoluble unity. It is important to remember that technical studies are practical. The article illustrated it by using expressive examples.

Keywords: theory and methodology of technical sciences, epistemological issues in construction science, human-machine interaction, ontology artifacts, system theory techniques, technology as a product of culture, technical phraseology

NAUKI TECHNICZNE – JEDNOŚĆ POZNANIA I KSZTAŁTOWANIA

Działanie techniczne bazuje (kognitywnie) na wiedzy technicznej (doświadczeniu) oraz na elementach wiedzy pochodzących z nauk przyrodniczych, ekonomicznych, społecznych i humanistycznych, przede wszystkim jednak z nauk technicznych. Nauki techniczne nie są przy tym żadnymi „zdegenerowanymi” naukami przyrodniczymi, lecz stanowią grupę dyscyplin naukowych o własnych (specyficznych) celach, metodach, formach wiedzy i jej reprezentacjach, instytucjach oraz odniesieniach do rozwoju technologicznego i procesów społecznych. Przedmiotem nauk technicznych są specyficzne kombinacje możliwości wynikających z praw przyrody oraz społecznych dążeń, wymogów, wyznaczonych celów i potrzeb. Te specyficzne kombinacje powstają w wyniku napięć między biegunami wyznaczonymi przez to, co możliwe z punktu widzenia praw przyrody, tym, co wykonalne z punktu widzenia techniczno-technologicznego, tym, co wykonalne z punktu widzenia ekonomii, tym, co sensowne z punktu widzenia ekologii, tym, co społecznie pożądane i społecznie wykonalne oraz tym, co z ludzkich względów godziwe i humanitarne. Wszystkim naukom technicznym zależy przy tym w równej mierze na poznawaniu świata, co na jego przekształcaniu. Celem poznawczym jest uzyskanie nowej wiedzy. Celem przekształcania są antycypacje techniki na przykład w formie nowych lub udoskonalonych systemów technicznych, interakcji człowiek-technika lub struktur socjotechnicznych. Cele

związane z poznaniem i kształtowaniem stanowią przy tym nierozdzielną całość. W końcu nauki techniczne to przecież nauki praktyczne. W artykule zilustrowano to wyrazistymi przykładami.

Słowa kluczowe: teoria i metodologia nauk technicznych, zagadnienia epistemologiczne w naukach konstrukcyjnych, interakcje człowiek-maszyna, ontologia artefaktów, systemowa teoria techniki, technika jako wytwór kulturowy, prakseologia techniki.

DOI:10.7862/rz.2013.hss.11

Tekst złożono w redakcji: czerwiec 2013

Przyjęto do druku: wrzesień 2013