

Technikwissenschaften – Wissenschaften vom Machen

1. Hintergrund

Theoretische Reflexionen begleiten den Prozess der Entwicklung und Institutionalisierung der Technikwissenschaften von Anfang an, wenn auch mit je unterschiedlicher inhaltlicher Ausrichtung, Intensität und Folgen. Verwiesen sei exemplarisch auf den so genannten Methodenstreit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und auf die Überlegungen zur Präzisierung des Erfindungsbegriffs zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Gegenstand war stets auf diese oder jene Weise das „Selbstverständnis“ der Technikwissenschaften (Ingenieurwissenschaften), ihrer Akteure (Ingenieure, Technikwissenschaftler) und ihrer Lehr- und Forschungseinrichtungen (Polytechnika, Technische Hochschulen, Technische Universitäten).

Seit Mitte der sechziger Jahre stehen die Technikwissenschaften und ihre Spezifik erneut im Zentrum wissenschaftlicher Denkbemühungen, vor allem der Technikphilosophie und der Wissenschaftstheorie, aber auch der Techniksoziologie, der Wirtschaftswissenschaften und der Technikgeschichte. Thematisch hat sich das Untersuchungsfeld stetig ausgeweitet. Es reicht derzeit allein aus technikphilosophischer Sicht – und das ist hier der Fokus – von den Beziehungen zwischen Natur- und Technikwissenschaften über Formen technikwissenschaftlichen Wissens bis zur Etablierung einer Allgemeinen Technologie (Allgemeine Technikwissenschaft). Zielstellung dafür ist nicht allein oder vorrangig, zu einem besseren Verständnis des Technikwissenschaftlichen (bezogen auf Wissen und Handeln, auf Strukturen und Prozesse, auf Zusammenhänge und Abhängigkeiten usw.) beizutragen, sondern die Gestaltung von Technik theoretisch zu fundieren: Fasst man mit der Sammelbezeichnung Technikwissenschaften bei all ihrer Differenziertheit und Vielgestaltigkeit diejenigen Disziplinen zusammen, deren Objektbereich die Technik hauptsächlich in Form von technischen Systemen, Materialien, Arbeitsverfahren und technologischen Prozessen ist, dann obliegt ihnen eine zweifache Funktion. Erstens sind technische Charakteristiken existierender technischer Sachsysteme zu erfassen, zu analysieren, zu verallgemeinern sowie nutzungsgerecht aufzubereiten, um so technische Systeme nutzen, verbessern bzw. zweckgerichteter „beherrschen“ zu können. Zweitens sind neue technische Objekte und technologische Verfahren methodengeleitet zu antizipieren und zu planen sowie entsprechend externen Bedingungen zu bewerten, zu gestalten und zu optimieren.

Günter Spur hat in seinem Beitrag „Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme ...“¹ einen guten, wenn auch kursorischen Überblick über das breite Spektrum

der behandelten wie zu behandelnden thematischen Bereiche gegeben, die zur „theoretischen Begründung der Technikwissenschaften“ heranzuziehen sind. Damit will er einerseits hinsichtlich relevanter Fragestellungen Antworten geben oder zumindest Richtungen der Beantwortung verdeutlichen, andererseits den vorhandenen Wissensstand – Erreichtes, Noch-nicht-Erreichtes und zu Erreichendes – kennzeichnen. Mit diesem Unterfangen ist der Vorteil verbunden, viele der dem Thema gegenwärtig zuordenbaren Diskussionen sichtbar machen zu können. Als Nachteil ergibt sich jedoch, dass zumeist nur angedeutet werden kann bzw. auf einer allgemeinen Ebene verharret wird, differenzierende Überlegungen weitgehend ausgespart bleiben. Das kann erstens infolge des Umfangs des Unternehmens einerseits und der Komplexität des behandelten Gegenstands andererseits wohl auch nicht anders sein. Zweitens – und sich daraus ergebend – ist die Literatur zur hier interessierenden Problematik aus wissenschaftstheoretischer, epistemologischer und methodologischer (neben der historischen, soziologischen und politikwissenschaftlichen) Perspektive kaum noch überblickbar, hat sich die Forschung auf diesem Gebiet stark ausgeweitet, liegen vielfältige, teilweise kontrovers diskutierte, teilweise (noch) unreflektierte Teil- und Detailerkennnisse vor.² Vor diesem Hintergrund sind das „Einzel“wissen integrierende Problemsichten, die Ganzheitlichkeit (im Sinne von „Vernetztheit“ und „Zusammengehörigkeit“) des separat Erarbeiteten aufzeigende Ansätze, eine „Zusammenschau“ des Vorhandenen anstrebende Denkeinsätze – wie von Spur vorgelegt – nicht nur angezeigt, sondern dringend erforderlich.

Für weitergehende Verallgemeinerungen in Richtung auf eine Allgemeine Technikwissenschaft, wie sie Spur vorschwebt (als Teil der „theoretischen Begründung der Technikwissenschaften“), ist zu berücksichtigen, dass es in dieser Hinsicht unterschiedliche, noch nicht ausreichend debattierte Positionen gibt. Deren Extreme bestehen auf der einen Seite im (berechtigten) Verweisen auf die Heterogenität und Verschiedenheit der Technikwissenschaften und des technischen Handelns, womit zugleich oftmals (ebenfalls nicht unberechtigt) nicht nur auf die Schwierigkeiten des Herausarbeitens von „Allgemeinem“, „Invariantem“ im Sinne einer Allgemeinen Technikwissenschaft (synonym: Allgemeine Technologie) hingewiesen wird, sondern auch (nun jedoch zumeist unberechtigt, voreilig bzw. „kurzschlüssig“) deren Sinnlosigkeit, Marginalität oder gar Unmöglichkeit verdeutlicht werden soll. Auf der anderen Seite finden sich – spätestens seit Johann Beckmann, der an der Wende vom 18.

- 1 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 113 – 143.
- 2 Vgl. etwa nur Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Käthe Friedrich. Berlin: edition sigma 1996; Technik – System – Verantwortung. Hrsg. v. Klaus Kornwachs. Münster u. a.: LIT-Verlag 2004; Wissenskonzepte für die Ingenieurpraxis. Technikwissenschaften zwischen Erkennen und Gestalten. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Günter Ropohl. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2004; Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Hrsg. v. Gerhard Banse, Armin Grunwald, Wolfgang König u. Günter Ropohl. Berlin: edition sigma 2006.

zum 19. Jahrhundert wirkte – immer wieder Versuche, im technischen Denken singuläre Details, erfolgreiche Zweck-Mittel-Realisierungen, akkumulierte Erfahrung und nachvollziehbare Struktur-Funktions-Zusammenhänge in Richtung verallgemeinerter Einsichten oder Handlungsanweisungen zu „transzendieren“. Die Entwicklung des technischen Wissens ist so einerseits durch eine Anreicherung mit „Detailwissen“, andererseits aber auch durch die Vermehrung der systematisierenden, vergleichenden, integrierenden und generalisierenden Wissensbestände gekennzeichnet. Die Bedeutung (wie Notwendigkeit) einer derartigen Herangehensweise in den Technikwissenschaften charakterisierte Karl Karmarsch vor über einhundert Jahren mit folgenden Worten: „Die allgemeine Technologie [...] betrachtet die Mittel (d. h. die Verfahrensarten, Werkzeuge und Maschinen) an sich und nicht sowohl in Beziehung zu ihrer Aufeinanderfolge bei einer bestimmten Fabrikation, als im Vergleiche mit anderen Mitteln, welche den nämlichen oder einen ähnlichen Erfolg beabsichtigen. Diese Behandlungsart des Gegenstandes gewährt ungemeines Interesse und einen sehr großen Nutzen, weil sie die beste Übersicht verschafft, das Urtheil und den Erfindungsgeist schärft, und einen Vorrath von wohlgeordneten Kenntnissen hervorbringt, aus welchem, wie aus einem alphabetischen Register [...] leicht und schnell das rechte Mittel für einen gegebenen Zweck hergelaufen werden kann.“³

Zentral ist für Spur – und dem stimme ich uneingeschränkt zu – die „Innovationsorientierung“ der Technikwissenschaften, ihr „Innovationspotenzial“ bzw. ihre „Innovationsfähigkeit“.⁴ Damit ist nicht nur die (praktische) Zielstellung technikwissenschaftliche Bemühens markiert, sondern auch deutlich gemacht, dass technische Sachsysteme durch „Denken, Planen und *Bauen*“ entstehen, die „angestrebte Zweckerfüllung [...] praktische Wirksamkeit voraus[setzt]“.⁵

Durch die Bindung der Technikwissenschaften an praktische Realisierung werden diese zu „Machenschaften“ (eine Begrifflichkeit, die auf den Physiker Hans Peter Dürr zurückgeht⁶) bzw. zu „Wissenschaften vom Machen“. Stärker akzentuiert werden auf diese Weise sowohl die „Gemachtheit“ technischer Sachsysteme als „Menschenwerk“ als auch die Mensch-Technik-Interaktion bei Herstellung wie Verwen-

3 Karmarsch, K., Handbuch der mechanischen Technologie. 2. Aufl. Bd. 1. Hannover: Verlag Helwing 1851. Einleitung.

4 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 134, 136, 138.

5 Ebd. S. 78. Das von Spur genannte „Tripel“ für die Hervorbringung von technischen Sachsystemen ähnelt dem von Peter Klimentitsch von Engelmeyer am Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelten „Dreiakt“ des Wollens, des Wissens und des Könnens bzw. – in Anlehnung an die heutige Terminologie – der Zielsetzung, des Plans der Zielerreichung und der wirklichen materiellen Ausführung (vgl. Engelmeyer, P. K. von, Der Dreiakt als Lehre von der Technik und der Erfindung. Berlin: Carl Heymann Verlag 1910).

6 Vgl. Dürr, H. P., Das Netz des Physikers. München, Wien: Carl Hanser Verlag 1988. S. 172, 179. Dürr wollte damit – im Unterschied zu dem von mir Intendierten – darauf verweisen, dass die Generierung von Technik durch Ingenieure und Technikwissenschaftler vorwiegend handwerkliches Betreiben ohne wissenschaftliche Fundierung sei.

dung dieser Sachsysteme andererseits (soziotechnische Systeme mit kultureller „Rahmung“). Eine sich darauf beziehende theoretische Fundierung müsste so in erster Linie eine *Handlungs-*(und *Entscheidungs-*)Theorie sein, denn sie hat in erster Linie folgende Frage zu beantworten: „Welche erfahrungsgemäße oder theoretische Beschaffenheit hat das *Machen* einer Sache?“.⁷

Deutlich gemacht werden von Spur jedoch auch Forschungsdefizite und -bedarfe hinsichtlich der weiteren Ausgestaltung der Allgemeinen Technikwissenschaft, etwa bezogen auf eine wissenschaftstheoretische Fundierung des Methodenrepertoires der Technikwissenschaften, auf eine Analyse konkreter Integrationsprozesse unterschiedlicher Wissensbestandteile (etwa natur-, technik-, sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Art) oder auf eine Untersuchung methodologisch und methodisch relevanter Einflussfaktoren auf den Forschungsprozess in den Technikwissenschaften.

In den nachfolgenden Überlegungen werden einige der von Spur hervorgehobenen „Facetten“ der theoretischen Begründung der Technikwissenschaften aus der Sicht der Technikphilosophie aufgegriffen und weiter geführt.

2. *Vielfalt und Einheit*

Grundlegende Voraussetzung aller weiteren Überlegungen ist meines Erachtens die Einsicht in folgende „Dimensionen“ der Technikwissenschaften:

- die *Differenziertheit* der Technikwissenschaften selbst, die von der Technischen Mechanik, den Werkstoffwissenschaften und der Getriebelehre über das Bauingenieurwesen, den Maschinenbau und die chemische Verfahrenstechnik bis zur Mikroelektronik, der Technischen Informatik sowie der Biotechnologie reicht;
- die *Spezifik des Gegenstandes* der Technikwissenschaften, d. h. der (Real-)Technik in ihrer Vielfalt (die sowohl mikromechanische Objekte und einfache Maschinenelemente als auch komplizierte chemische Synthesen und sogar weltumspannende Informations- und Kommunikationsnetze umfasst);
- die *Vielfältigkeit* der in den Technikwissenschaften zu realisierenden Zwecke und Aufgaben;
- das darauf bezogene *technikwissenschaftliche Handeln*, worunter der in spezifischer Weise organisierte – auch institutionalisierte –, zielbezogene und systematische Prozess der Gewinnung, Vermehrung, Darstellung, Nutzung und Weitergabe von technikrelevantem Wissen hinsichtlich „Erzeugung“, „Verwendung“ und „Entsorgung“ von Technik verstanden werden soll.

7 Rumpf, H., Gedanken zur Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften. – In: *Techne – Technik – Technologie*. Hrsg. v. Hans Lenk u. Simon Moser. Pullach b. München: Verlag Dokumentation 1973. S. 92. – Diese Überlegung war ein wesentlicher Grund für die Herausgeber von „Erkennen und Gestalten“, (nur) auf eine „Theorie der Technikwissenschaften“ zu insistieren; vgl. *Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften*. A. a. O..

Diese wenigen Hinweise auf die „Dimensionen“ der Technikwissenschaften legen nahe, von einer Vielfalt in den Technikwissenschaften auszugehen. Belegen lässt sich das exemplarisch auch über die Vielfalt inhaltlicher Funktionen:

- Beherrschung technologischer Prozesse;
- Variation von Parametern;
- Optimierung bekannter Strukturen, Prinzipien und ähnliches;
- Unterstützung von Entscheidungsprozeduren;
- Erklärung beobachteter Erscheinungen (zum Beispiel Schadensanalyse);
- Objektivierung von Wegen, Bedingungen und Zielen technischen Handelns;
- Überführung theoretischer Erkenntnisse in die technische Praxis;
- Überprüfung von Hypothesen, Theorien, Strategien („Pläne“, „technologische Regeln“, „Handlungsvorschriften“);
- Bildung und Interpretation von Gesetzesaussagen und Theorien.⁸

Die Berücksichtigung (allein) dieser Vielfalt legt die Schlussfolgerung nahe, das die „Ausarbeitung einer *einheitlichen* Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften und einer Methodologie der technischen Verfahren und Handlungsweisen äußerst schwierig sein“ wird.⁹ Das ist zumindest auch ein Hinweis darauf, keine zu vereinfachenden Denkeinsätze oder vorschnelle Generalisierungen vorzunehmen.

3. *Allgemeines im Einzelnen*

Spur macht sich in seinen Überlegungen für die weitere Ausarbeitung einer (der?) Allgemeinen Technikwissenschaft bzw. Allgemeinen Technologie stark.¹⁰ Allgemeine Technologie ist indes gegenwärtig mehr ein Programm denn ein aus- bzw. durchgearbeitetes Konzept. Zurückführen lässt sich dieses Programm auf den Göttinger Professor für „Weltweisheit“ (Philosophie) und Ökonomie Johann Beckmann (1739-1811), der 1806 im „Dritten Stück“ seines „Vorraths kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände“ einen kurzen Text publiziert hat, den man als die „Geburtsurkunde“ einer Allgemeinen Technologie bezeichnen kann: den „Entwurf der Allgemeinen Technologie“.¹¹

8 Vgl. Banse, G., Funktion, Struktur und Formen der Modellmethode. – In: Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Helge Wendt. Berlin: Verlag Technik 1986. S. 139.

9 Lenk, H., Zur Sozialphilosophie der Technik. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 1982. S. 54.

10 Vgl. Spur, G., Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaften. München, Wien: Carl Hanser Verlag 1998. S. 67ff., 84ff.; Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 127f. – Die in der 1998er Publikation gewählte Bezeichnung „Technosophie“ für eine „integrativ orientierte Leitdisziplin der Technikwissenschaften“ bzw. „integrierende Metadisziplin der Technikwissenschaften“ (S. 67f.) wird von Spur aktuell nicht mehr verwendet.

Das zunächst auch von anderen Wissenschaftlern (wie etwa Karl Karmarsch) weiter verfolgte Konzept wurde aber – auch wegen der raschen Ausdifferenzierung der Technikwissenschaften ab Mitte des 19. Jahrhunderts – in den Hintergrund theoretischer Denkbemühungen gerückt. Erst in den vergangenen etwa dreißig Jahren ist nun die Diskussion um eine Allgemeine Technologie erneut belebt worden: es wurden verallgemeinernde und generalisierende Überlegungen bzw. Ansätze zu einer Allgemeinen Technologie von verschiedenen Wissenschaftlern aus der Sicht unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen vorgelegt.¹² Die Allgemeine Technologie befasst sich mit dem Vergleich technologischer Prozesse und ihrer Bestandteile auf unterschiedlichen Ebenen und Niveaus mit dem Ziel, das Allgemeine und Wesentliche (nicht nur das Invariante) technologischer Erscheinungen zu erfassen, um Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und Prinzipien, Vorschriften, Empfehlungen und Methoden zur Gestaltung der materiell-technischen Seite des Produktionsprozesses für die Anwendung bereitzustellen, deren Aussagen für alle bzw. eine abgrenzbare Summe technologischer Prozesse gültig sind und die in mehreren Bereichen und Zweigen der industriellen Produktion genutzt werden können. Das betrifft zum Beispiel Aussagen über den Stoff-, Energie- und Informationsfluss in technisch-technologischen Systemen oder die Gliederung des technologischen Prozesses in Subprozesse.¹³

In diesen allgemeintechnologischen Ansätzen kommt es somit zur Erfassung des Allgemeinen technischer Objekte und Prozesse in technischen Prinzipien, Grund- und Leitsätzen, Regularitäten, Aussagen über Wirkpaarungen und -anordnungen und ähnliches.

- 11 Vgl. Beckmann, J., Entwurf der Allgemeinen Technologie. – In: Beckmann, J., Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. 3. Stück. Göttingen: Johann Friedrich Röwer 1806. S. 463 – 533 (auch in Beckmann, J., Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Auszugsweiser Nachdruck. Hrsg. v. Manfred Beckert. Leipzig: Fachbuchverlag 1990. S. 137 – 207). – Vgl. auch Banse, G., Die Verbindung „wahrer Grundsätze“ und „zuverlässiger Erfahrungen“. Zur Möglichkeit und Wirklichkeit von Allgemeiner Technikwissenschaft nach Johann Beckmann. – In: Johann Beckmann (1739-1811). Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung des Begründers der Allgemeinen Technologie. Hrsg. v. Günter Bayerl u. Jürgen Beckmann: Münster u. a.: Waxmann Verlag 1999. S. 329 – 350; Banse, G.: Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. – In: Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo verlag 2002. S. 17 – 46.
- 12 Vgl. beispielsweise die Literaturangaben in Banse, G.: Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. – In: Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Verlag 2002. S. 22. Aktuell sei auf Ropohl, G., Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 2. Aufl. München, Wien: Carl Hanser Verlag 1999, sowie auf Wolffgramm, H., Allgemeine Technologie. T. 1 u. 2. Bad Salzdetfurth ü. Hildesheim: Verlag Franzbecker 1994, 1995, verwiesen.
- 13 Vgl. Banse, G. / Thiele, B., Technologie. In: Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Hrsg. v. Herbert Hörz, Heinz Liebscher, Rolf Löther, Ernst Schmutzer u. Siegfried Wollgast. Neuaufll. Bd. 2. Berlin: Dietz Verlag 1991. S. 884.

Hinsichtlich der Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie ist zu unterscheiden, ob sie entweder mehr beschreibende Systematisierungen und Verallgemeinerungen darstellt, die – allein oder vor allem – methodischen Zwecken dienen sollen (die ihrerseits von der technischen Ausbildung bis zur „technologischen Aufklärung“ reichen), oder Aussagensysteme im Sinne einer technikwissenschaftlichen Metatheorie bzw. einer Grundlagentheorie bzw. -lehre der Technikwissenschaften umfasst, die gesetzmäßige Zusammenhänge technologischer Prozesse theoretisch erklärt und begründet sowie dieses Wissen in einer generalisierenden Perspektive (als Allgemeine Technikwissenschaft) zusammenführt – im Gegensatz zu den zahlreichen (oftmals ad-hoc-) Theorien der (einzelnen) Technikwissenschaften.

Als Beispiel für die erste Position kann folgende Aussage von Günter Ropohl dienen: „Wenn technologische Aufklärung im Speziellen das Allgemeine hervortreten lassen, wenn sie die innere Einheit technischer Problemstellungen und Lösungen verständlich machen soll, so muß sie sich auf eine ‚systematisch geordnete Menge von Aussagen‘ über den Bereich des Technischen schlechthin stützen können: Technologische Aufklärung bedarf einer systematisierenden und generalisierenden, allgemeinen Techniktheorie als fachdidaktische Basis“. ¹⁴ Für die zweite Position sind die folgenden Aussagen von Spur exemplarisch: Allgemeine Technologie „ist als Grundwissenschaft der Technik zu verstehen. Sie beinhaltet das Streben nach Erkenntnis des Zusammenhangs von Technik und Kultur, aber auch den Wirkungen des technischen Fortschritts auf die Entwicklung der Gesellschaft“. Sie „will ein neues Selbstverständnis der Technikwissenschaft entwickeln und damit aus der Hülle der sachorientierten Funktionswelt Technik heraustreten“. ¹⁵

Es ist einsichtig, dass beide Positionen gleich bedeutsam sind. Es ist auch einsichtig, dass beide Positionen nicht absolut zu trennen sind, sondern aufeinander Bezug nehmen. Deshalb sind sie meines Erachtens auch nur im Zusammenhang weiter ausgestaltbar. Allerdings sind differierende Ansprüche unübersehbar: Allgemeine

14 Ropohl, G., Gesellschaftliche Perspektiven und theoretische Voraussetzungen einer technologischen Aufklärung. – In: *Technokratie als Ideologie*. Hrsg. v. Hans Lenk. Stuttgart u. a.: Kohlhammer Verlag 1973. S. 227f. – Der Denkeinsatz der Aufklärung kann hier nicht dargelegt werden. In Bezug auf Technik vgl. etwa Banse, G., Die „Informationsgesellschaft“ in einer pädagogischen Sackgasse? Sachzwang oder „Kultur der Aufklärung“. In: *Zur Didaktik der IT-Sicherheit. Der Boppard-Diskurs zur Technikfolgen-Abschätzung in querschnittlichen Fragen der IT-Sicherheit*. Hrsg. v. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI). Ingelheim: SecuMedia Verlag 1999. S. 23ff. Festzuhalten ist, dass sich die Forderung nach Aufklärung nicht allein auf kognitive Problemlagen („Umfang der Erkenntnis“, ein „Mehr“ an Wissen) beschränkt, sondern dass dabei normative Aspekte („Wichtigkeit“ in Bezug zur „Bestimmung des Menschen“) gleichgewichtig einbezogen sind. Wer also „Aufklärung“ allein mit mehr Informationen, mehr Transparenz usw. gleichsetzt, erfüllt den ursprünglichen Ansatz der Aufklärung nur zum Teil, da wertende Aussagen hinzukommen müssen, die sich auf den Menschen als Individuum wie als Bürger eines bestimmten Staates beziehen.

15 Spur, G., *Technologie und Management*. A. a. O., S. 68ff.

Technologie als Grundlage für technische (Allgemein-)Bildung orientiert sich vor allem an den Akteuren der Verwendungs- bzw. Nutzungszusammenhänge, während Allgemeine Technologie als technische „Grundlagendisziplin“ vor allem auf die Akteure der Herstellungszusammenhänge zielt.¹⁶

Für die Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie gibt es idealhaft zwei Vorgehensweisen, die hier als deduktiv-konkretisierend und als induktiv-generalisierend bezeichnet seien. Deduktiv-konkretisierend bedeutet hier, von einem umfassenden theoretisch-philosophischen Entwurf („Gesamtschau“) auszugehen und in Richtung konkreter technischer Einzelheiten zu untersetzen bzw. zu präzisieren. Induktiv-generalisierend soll dagegen eine Vorgehensweise bezeichnen, die von den einzelnen technischen Gegebenheiten ausgeht und aus diesen (zum Beispiel vergleichend und klassifizierend) Gemeinsamkeiten („Allgemeines“) ableitet. Jede konkrete „allgemeintechnische Hervorbringung“ basiert meines Erachtens auf einer Kombination dieser beiden Vorgehensweisen, braucht Abbild des Konkreten und Entwurf des Übergreifenden. Unterschiedlich ist gewiss das „Maßverhältnis“ zwischen beiden, so dass dem einen ein Ansatz zu allgemein, zu spekulativ erscheint, der einem anderen noch zu sehr dem Konkreten verhaftet ist. Es gibt aber kein zeitloses Maß, sondern immer nur zweckbezogene Kombinationen beider Vorgehensweisen – deshalb sind vorhandene Ansätze an ihrem jeweiligen Zweck („Anspruch“) zu messen.

Die Entwicklung einer Allgemeinen Technikwissenschaft wurde in der Gegenwart bislang vorrangig von „Technologiebegleitern“ (mit oftmals beträchtlichem technischem und technikwissenschaftlichem „Hintergrundwissen“) vorangetrieben, zumeist Technikphilosophen oder „Polytechniker“, nicht jedoch von Technikwissenschaftlern selbst. Deshalb ist es auch hinsichtlich der Akzeptanz von Allgemeiner Technologie eine gewichtige Forderung, wenn der Technikwissenschaftler Spur betont, dass eine „metatechnische Wissenschaftslehre“ „von Ingenieuren begründet wird, um deren Selbstverständnis dann als Beitrag zur Anreicherung des allgemeinen kulturwissenschaftlichen Dialogs einzubringen“.¹⁷

16 Ernst-Otto Reher und ich haben dafür die Bezeichnungen „Technologieschöpfer“ und „Technologiebegleiter“ gewählt, vgl. Banse, G. / Reher, E.-O.: Einleitung. – In: Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. A. a. O., S.12ff.

17 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 133. – Interessant ist der Hinweis von Spur auf den „kulturwissenschaftlichen Dialog“, denn nach wie vor findet sich die Trennung der „zwei Kulturen“ (vgl. Snow, C. P., *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press 1959). Von allgemeintechnischer Seite wird auf unterschiedliche Weise Technik als „kulturelles Phänomen“ konzeptualisiert, etwa durch „Technik als Kulturprodukt“ (vgl. Banse, G., *Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart*. A. a. O., S. 31f.) oder über Technik als Bestandteil „materieller Kultur“ (vgl. Ropohl, G., *Materielle Kultur als Bildungssubstanz*. – In: *Bildung im technischen Zeitalter. Sein, Mensch und Welt nach Eugen Fink*. Hrsg. v. Annette Hilt u. Cathrin Nielsen. Freiburg, München: Verlag Karl Alber 2005. S. 126 – 146).

4. *Empirisches und Theoretisches*

Für Spur sind die Technikwissenschaften durch „ein Primat der Empirie gegenüber der Theorie“¹⁸ gekennzeichnet.

Empirisches wie Theoretisches sind unterschiedliche Ebenen in der Bewegung des Denkens. Sie unterscheiden sich voneinander in der Art und Weise, in der der Hauptinhalt des Wissens erworben wird, in den benutzten (logischen) Ausdrucksformen und in ihrer praktischen Bedeutung.

Unter Empirischem (empirischem Wissen) soll das durch Empirie (d. h. das durch die praktisch-gegenständliche „Auseinandersetzung“ des Menschen mit Technik) gewonnene Wissen verstanden werden. Es ist ein überwiegend Fakten feststellendes Wissen über (direkt oder indirekt) beobachtbare Sachverhalte einschließlich intuitiver Einsichten in Kausalzusammenhänge und Regularitäten sowie deren Wirkungsbedingungen. Methodische Hilfsmittel für die Generierung empirischen Wissens sind vor allem Beobachtung, Experiment und Messung, aber auch Erfahrungen im Umgang mit funktionierenden und versagenden technischen Systemen.

Theoretisches (theoretisches Wissen) ist ein hauptsächlich durch Theorien und allgemeine Aussagen charakterisiertes Wissen, das eine Einheit von „Abbild“ und „Entwurf“ („Konstruktion“) darstellt. (Mit dieser Formulierung soll angedeutet werden, dass „Theoretisches“ weder ein „rein“ subjektunabhängiges „Bild“ noch eine „rein“ intrasubjektive Konstruktion der „Wirklichkeit“ darstellt, sondern sowohl heteronom – durch das Erkenntnisobjekt – als auch autonom – durch das Erkenntnissubjekt – bestimmt ist.) Es bezieht sich auf nicht-beobachtbare „Gegenstände“ bzw. auf (unmittelbar) nicht Beobachtbares. Die theoretische Ebene der Erkenntnis schließt neben der Problemerkennntnis und -formulierung sowie dem Aufstellen von Hypothesen vor allem den Theoriebildungsprozess und die Ableitung von „Vorschriften“ für praktisches Handeln („Technische Prinzip-Vorschriften“) ein. Das methodische Spektrum für die Generierung theoretischen Wissens reicht von der „einfachen“ Induktion über Analogieschlüsse, Generalisierungen und Verallgemeinerungen bis hin mathematisierten Ableitungen und (computergestützten) Modellsimulationen.

In den Technikwissenschaften zeigt sich in den letzten Jahren (auch auf der Grundlage des Einsatzes moderner Informations- und Kommunikationstechnologien) eine zunehmende Verschiebung der Proportionen (nicht der Bedeutung!) zwischen empirischer und theoretischer Ebene: Auf der Grundlage umfangreichen empirischen Materials (gewonnen durch Experimente, Messungen, Simulationen, Tests usw.) kommt es zu einer immer weitergehenden Synthese in theoretischen Konstrukten. Diese wiederum regen ihrerseits die empirische Forschung an, indem zum Beispiel experimentell überprüfbar Schlussfolgerungen aus hypothetischen Ansätzen abgeleitet werden, auf Widersprüche zwischen Teiltheorien oder auf solche

18 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 137.

zwischen praktischen Erfahrungen und theoretischen Annahmen aufmerksam gemacht wird.

In der technikwissenschaftlichen Praxis sind Empirisches und Theoretisches untrennbar miteinander verknüpft, wie sich einerseits an typischen Problemsituationen, andererseits an prinzipiellen Lösungswegen technologischer Aufgaben zeigen lässt.¹⁹

Typische Problemsituationen in den Technikwissenschaften sind etwa

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

Zu prinzipiellen Lösungswegen technischer Probleme siehe Abbildung 1. Sie zeigt, dass es – idealtypisch – zwei Möglichkeiten gibt. Erstens existieren Lösungsformen, die von mathematischen Gleichungen ausgehen, aus denen bestimmte Einzelzustände abgeleitet werden können. Derartige Gleichungen basieren ihrerseits auf einer Beschreibung der jeweiligen Elementarprozesse oder -beziehungen. Zweitens gibt es Lösungsformen, die auf Messungen bestimmter Kenngrößen (also Einzelzuständen) aufbauen und die die Ableitung bestimmter Funktionsgleichungen ermöglichen.

Deutlich wird, dass eine sinnvolle Bearbeitung technikwissenschaftlicher Aufgabenstellungen eine sinnvolle Kombination dieser „idealen“ Lösungswege zu Grunde legen muss, da auf diese Weise das jeweils Ungünstige durch das jeweilige Günstige kompensiert werden kann.

Diese Kombination bzw. Wechselwirkung soll abschließend mit Abbildung 2 verdeutlicht werden, in der unterschiedliche Modelle zur Gewinnung von Wissen über technologische Abläufe bzw. Zusammenhänge hinsichtlich Anwendungsbreite von Modellen und Gültigkeitsgrad des Wissens über technologische Objekte dargestellt sind.

Dieses untrennbare Zusammenwirken von Empirie und Theorie bzw. von Theorie und Praxis in den Technikwissenschaften bedeutet für die Entwicklung dieser Wissenschaften auch, beiden gleichermaßen Beachtung zu schenken, keine der beiden Seiten zu bevorzugen oder zu vernachlässigen – sie müssen sich in einem angemessenen, „gleichgewichtigen“ Verhältnis zueinander befinden. In der „Einleitung“ der Herausgeber von „Erkennen und Gestalten“ heißt es deshalb auch: „Theorie ohne Praxis ist

19 Vgl. Banse, G., Anmerkungen zur Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften. – In: Technik – System – Verantwortung. Hrsg. v. Klaus Kornwachs. Münster u. a.: LIT-Verlag 2004. S. 255 – 265.

Abbildung 1: *Prinzipielle Lösungswege technischer Aufgaben*

Natur- und technikwissenschaftlich determinierte
Beschreibung der jeweiligen Elementarbeziehungen,
Elementarprozesse usw.

Daraus folgt:

Mathematische Gleichung, aus der bestimmte
 Einzelzustände abgeleitet werden (können)

Deduktion

günstig:

- Gleichungen mit breitem Gültigkeitsbereich
- Zahl der Kenngrößengleichungen kann klein gehalten werden
- elegante Übertragungsmöglichkeiten

ungünstig:

- zur mathematischen Beschreibung sind Vereinfachungen / Idealisierungen vorzunehmen
- formulierte Zusammenhänge fordern Eigenschaftsparameter, die nicht zur Verfügung stehen

Messung bestimmter Kenngrößen als Erscheinung
 bestimmter Elementarbeziehungen und Herleitung
 von statistischen Ableitungen für Abhängigkeiten.

Daraus folgt:

Aus Einzelzuständen werden statistische
 Funktionsgleichungen abgeleitet.

Induktion

günstig:

- gute Praxisnähe der Kenngrößenvorausberechnung bei ausreichender Genauigkeit

ungünstig:

- enger Definitionsbereich der auf diese Weise gewonnenen Gleichungen
- hoher experimenteller Aufwand

lahm, aber Praxis ohne Theorie ist blind.' Mit diesen zwei Sätzen wird der Stellenwert des Theoretischen für das Praktische in genereller Weise charakterisiert. [...] Einerseits darf sich die technische Theorie nicht zu weit von der technischen Praxis entfernen, wenn sie diese anregen und befruchten will ('Theorie ohne Praxis ist lahm...'), andererseits ist die technische Praxis nicht nur gut beraten, sondern heute 'bei Strafe des Untergangs' dazu verpflichtet, auf die technische Theorie zurückzugreifen ('...Praxis ohne Theorie ist blind')²⁰.

5. *Das Methodensystem der Technikwissenschaften*

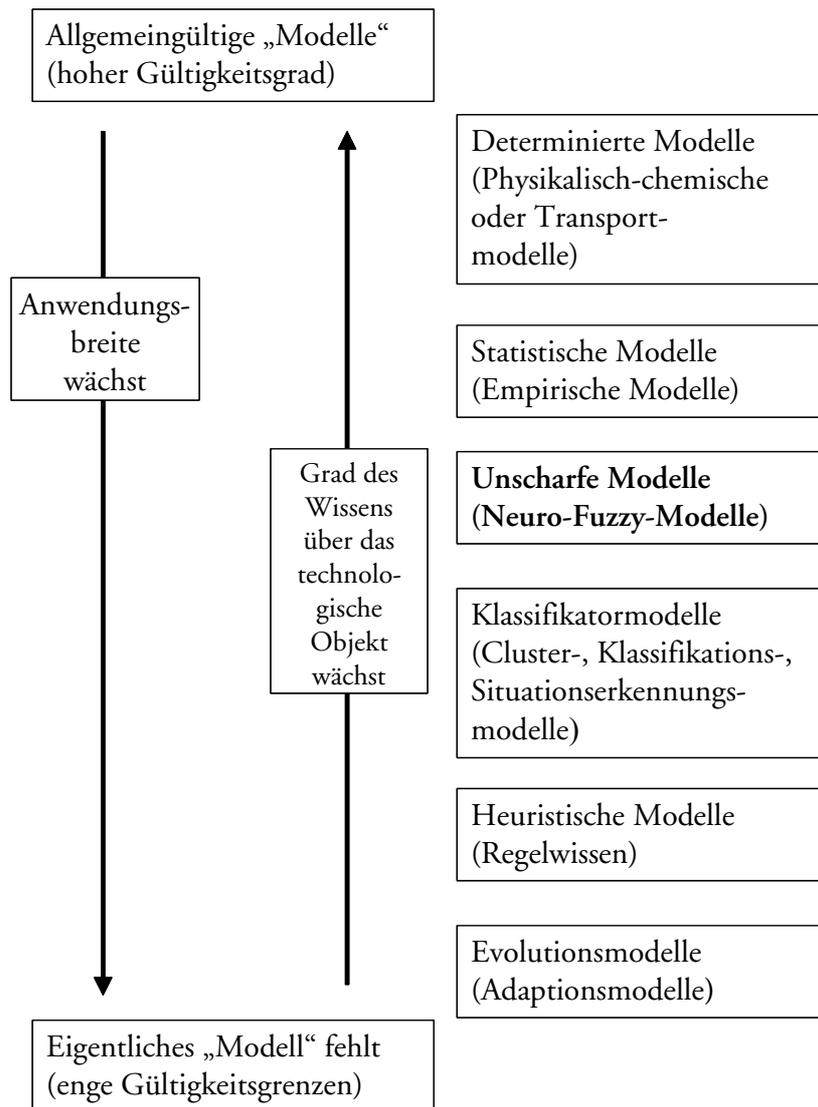
„Erkenntnisdefizite in der Methodik technikwissenschaftlicher Forschung verweisen auf notwendige Analysen wissenschaftstheoretischer Art“²² Auf diese Methodenseite soll abschließend eingegangen werden.

Technikwissenschaftliches Vorgehen bedeutet – analog dem Vorgehen in anderen Wissenschaften – ein methodisches Vorgehen, in dem unterschiedliche geistige und

20 Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. A. a. O., S. 15f..

21 Nach Hartmann, K., Systemtechnische Aspekte der modernen Technologie am Beispiel der Stoffwirtschaft. – In: Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo-Verlag 2002. S. 107.

Abbildung 2: *Formen des Wissens über Technologien bezogen auf den Wissensumfang über das Objekt.*²¹



praktische Aktivitäten eng miteinander verbunden sind, die man hinsichtlich ihrer Planbarkeit mit Johannes Müller in Routine-, algorithmisch-planbare, unscharf (heuristisch) planbare und nicht-planbare Aktivitäten unterscheiden kann.²³

- 22 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 135. – Vgl. zum Folgenden auch Banse, G., Erfinden im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität. – In: Johann Beckmann und die Folgen Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Hans-Peter Müller. Münster u. a.: Waxmann Verlag 2001. S. 27 – 47.
- 23 Vgl. Müller, J., Charakter der gedanklichen (intelligenten) Bearbeitungsprozesse in den Technikwissenschaften. In: Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. A. a. O., S. 82.

Der Problembearbeitungs- und -lösungsprozess im Bereich der Technikwissenschaften ist nun mit (mindestens) einer (erschwerenden) Besonderheit konfrontiert, denn die zu lösenden Probleme sind häufig nicht vollständig, sondern oft nur unvollständig formulierte, nicht „exakt“ oder „wohldefinierte“, sondern „schlecht“ definierte,²⁴ „böartige“, „verzwickte“ („wicked“)²⁵ Probleme, d. h. es liegen oftmals „verschwommene Ziele“ und „unklare Bedingungen“²⁶ vor. Damit kann eine „Intransparenz von Bearbeitungsvorgängen“²⁷ verbunden sein, die in „unscharfen Entscheidungen“,²⁸ in einer „Hypothetizität“²⁹ des Ergebnisses des Problemlösungsprozesses bzw. in „implizitem Wissen“³⁰ ihren Niederschlag finden.

Eine erste Annäherung an eine Systematik technikwissenschaftlicher Methoden könnte darin bestehen, einerseits zwischen Untersuchungsmethoden (bezogen auf bestehende bzw. vorhandene technische Lösungen) und andererseits Entwurfsmethoden (für verbesserte, optimierte oder neue technische Lösungen) zu unterscheiden. Die in den Bereich der Untersuchungsmethoden gehörenden methodischen Vorgehensweisen dienen in erster Linie der Gewinnung qualitativer und quantitativer Aussagen. Sie ähneln in vielfacher Hinsicht denen in den so genannten experimentellen Naturwissenschaften: Beobachtung, Messung, Experiment und Simulation sowie die Auswertung von „Betriebserfahrungen“ haben von Anfang an einen festen Platz auch in den Technikwissenschaften; in der methodischen Abfolge zeigen sich vielfach Analogien zwischen der Vorgehensweise in den Naturwissenschaften und in den Technikwissenschaften (obwohl auch Unterschiede bzw. Weiterungen

- 24 Vgl. Ropohl, G.: Technisches Problemlösen und soziales Umfeld. – In: Technik und Philosophie. Hrsg. v. Friedrich Rapp. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990. S. 116.
- 25 Vgl. Buchanan, R., Wicked Problems in Design Thinking. – In: Design Issues. History, Theory, Criticism (Cambridge, MA). 8 (1992), no. 2, pp. 5-21; Rittel, H. W. J. / Webber, M. M., Dilemmas in a General Theory of Planning. – In: Rittel, H. W., Planen, Entwerfen, Design. Ausgewählte Schriften zur Theorie und Methodik. Hrsg. v. Wolf D. Reuter. Stuttgart u. a.: Kohlhammer Verlag 1994. S. 21.
- 26 Vgl. Pahl, G., Wissen und Können in einem interdisziplinären Konstruktionsprozeß. – In: Wechselbeziehungen Mensch – Umwelt – Technik. Hrsg. von Gisbert Frhr. zu Putlitz u. Diethard Schade. Stuttgart: Schäffer-Pöschel Verlag 1997. S. 40.
- 27 Vgl. Hubka, V. / Eder, W. E., Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Übersicht, Modell, Anleitungen. Berlin u. a.: Springer-Verlag 1992. S. 118f.
- 28 Vgl. Müller, J., Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Systematik, Heuristik, Kreativität. Berlin u. a.: Springer-Verlag 1990. S. 53.
- 29 Vgl. Banse, G., Technisches Handeln unter Unsicherheit – unvollständiges Wissen und Risiko. – In: Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln. A., a. O., S. 105 – 140; Häfele, W., Natur- und Sozialwissenschaften zwischen Faktizität und Hypothetizität. – In: Wissenschaftsmilieus. Wissenschaftskontroversen und soziokulturelle Konflikte. Hrsg. v. Joseph Huber u. Georg Thurn. Berlin: edition sigma 1993. S. 159 – 172.
- 30 Vgl. Heymann, M. / Wengenroth, U., Die Bedeutung von „tacit knowledge“ bei der Gestaltung von Technik. – In: Die Modernisierung der Moderne. Hrsg. v. Ulrich Beck u. Wolfgang Bonß. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 2001. S. 106 – 121; Polanyi, M., Implizites Wissen. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 1985.

benannt werden können – für die experimentelle Methode in den Technikwissenschaften hat das zum Beispiel Johannes Müller herausgearbeitet³¹). Hieraus sind kaum Anhaltspunkte für das Selbstverständnis der Technikwissenschaften, für ihre Eigenständigkeit zu gewinnen.

Anders hingegen sieht es bei den Entwurfsmethoden aus. Die Schaffung sowohl verbesserter als auch neuer technischer Lösungen unterscheidet sich methodisch nicht nur von der Untersuchung vorhandener Technik, sie unterscheidet auch wesentliche Teile der Technikwissenschaften von den „klassischen“ Naturwissenschaften (vor allem von der Physik). Methodengestützt ist in dieser Hinsicht vor allem zweierlei zu leisten: Erstens ist das für den Entwurfs- bzw. Konstruktionsprozess („designing“, „design process“) erforderliche Wissen aus vorhandenen Beständen zu „organisieren“ bzw. fehlendes Wissen zu generieren. Dabei handelt sich sowohl bei dem „Organisierungs-“ als auch bei dem Generierungsprozess um „nichttriviale“ Verfahren der Zusammenführung und Integration („Verknüpfung“, nicht „Addition“) unterschiedlicher technischer und nicht-technischer Wissensanteile. Nichttrivial bedeutet hier, dass es sich dabei in den seltensten Fällen um schematisch vollziehbare oder routinemäßig abarbeitbare, sondern in hohem Maße um kreative, auch auf Intuition, Phantasie, Erfahrung und Kompetenz gegründete Vorgehensweisen handelt, die somit auch stark individuell geprägt sind.) Zweitens ist der „Übergang“ von deskriptivem, beschreibendem (vor allem Gesetzes-)Wissen zu präskriptivem, „handlungsleitendem“ oder „-vorschreibendem“ prozeduralem Wissen (zum Beispiel in Form von Aufforderungen, Handlungsanweisungen, Prinzip-Vorschriften, Plänen oder Anleitungen) bzw. zum Handeln selbst („Machen“, „Herstellen“) zu vollziehen. Generell wird für das Entwurfshandeln davon ausgegangen, dass es sich dabei um die (eine) gedankliche Vorwegnahme von (technisch) Neuem, so (noch) nicht Vorhandenem handelt (Antizipation). (Der Frage, inwieweit das „Neue“ tatsächlich „neu“ ist, d. h., wie groß – gemessen an externen Kriterien – die Differenz, der „Abstand“ zum Bestehenden, zum „Alten“ ist, wird, da für die hier interessierende Problematik unerheblich, nicht nachgegangen).

Entwurfs- oder Konstruktionshandeln umfasst den gesamten Prozess des „Findens“ technischer Lösungen von der Aufgabenstellung über ihre Präzisierung, die Konzeptfindung und die Gestaltfestlegung im Rahmen eines Entwurfs bis hin zur Erarbeitung der endgültigen Fertigungs- und Montageunterlagen mit Gebrauchs- und Entsorgungsanweisungen für ein Produkt – womit also die den Entwurfsprozess „abschließende“ bzw. „vollendende“ gesellschaftliche „Durchsetzung“, die „Bewährung des Neuen am Markt“ keinesfalls ausgeschlossen, sondern immanenter Bezugspunkt dieses Handelns ist. Dass das unter großindustriellen und stark arbeitsteiligen Bedingungen häufig ein räumlich, zeitlich wie personell getrennt ablaufender Prozess sein kann

31 Vgl. Müller, J., Funktionen und Struktur der experimentellen Methode. – In: Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. A. a. O., S. 129 – 139.

(aber nicht muss – zumal sich Entwurfshandeln nicht nur unter großindustriellen und stark arbeitsteiligen Bedingungen vollzieht!), darf nicht dazu führen, den inneren Zusammenhang aller Phasen des Geneseprozesses technischer Neuerungen aus dem Blick zu verlieren. Ausgehend von einer vorgegebenen Zwecksetzung bzw. Aufgabenstellung, die als (technische) Funktion oder (technisches) Verhalten einschließlich der relevanten „Randbedingungen“ ökonomischer, ökologischer, ästhetischer usw. Art möglichst präzise formuliert werden muss (zum Beispiel in Form eines Lastenheftes), besteht die Aufgabe des Entwerfens (systemtheoretisch) in der Synthese einer Menge von geeigneten Elementen zu einem System mit einer Struktur, das diese Funktion oder dieses Verhalten (bei Beachtung vielfältiger Randbedingungen) zu erfüllen bzw. zu realisieren gestattet (funktionserfüllende Struktur). Diese – als technisches „Gebilde“ bzw. technisches Sachsystem „vergegenständlichte“ – (funktionserfüllende) Struktur muss, mit anderen Worten, in der Lage sein, den beabsichtigten „Übergang“ von einem Zustand Z_1 („Ausgangszustand“) in einen Zustand Z_2 („Endzustand“) zu bewirken.

Das Entwurfshandeln als technikwissenschaftliche Form der Systemsynthese hat zwei interessante Konsequenzen. Erstens: Da Entwurfshandeln immer von den geforderten Systemeigenschaften bzw. dem angestrebten Systemverhalten zur möglichen bzw. notwendigen Systemstruktur voranschreitet, eine bestimmte Funktion bzw. ein bestimmtes Verhalten jedoch durch verschiedene Strukturen realisiert werden kann, sind für die Erreichung einer technischen Zielstellung mehrere Lösungen real möglich (Lösungsschar), unterschiedliche Prinzipien, konstruktive Anordnungen oder technologische Abläufe nicht nur denkbar, sondern auch praktisch verwirklichtbar. Zur Verdeutlichung: Bei einer Aufgabenstellung mit 6 Variablen und jeweils 3 möglichen Variationen sind $3^6 = 729$ mögliche Systemvarianten gegeben. Dabei wird diese Gesamtzahl von Lösungsmöglichkeiten durch miterfasste sinnlose und äquivalente Lösungen, aber auch durch (noch) nicht ausführbare Varianten infolge Verstoßes gegen externe Forderungen und Restriktionen praktisch stark verringert. Zweitens: Damit ist die Notwendigkeit verbunden, die einzelnen Lösungen bzw. Lösungsmöglichkeiten zu bewerten. Deshalb gehören zum Bestand der Technikwissenschaften auch Aussagen über die Zweckmäßigkeit bzw. Angemessenheit („Adäquatheit“) technischer Systeme (bezogen etwa auf das Lastenheft), die neben technischen auch nichttechnische Parameter berücksichtigen, Werturteile bezüglich technischer Objekte, technologischer Prozesse und methodischer Vorgehensweisen sowie Methoden zur Bewertung verschiedener Lösungen. In diesem Zusammenhang sei auch auf die VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ vom März 1991 verwiesen.

Entwurfshandeln ist unter anderem durch folgende Charakteristika gekennzeichnet:

- (a) Das Entwurfshandeln ist eine konkretisierende Vorgehensweise: vom abstrakten Prinzip (funktionserfüllende Struktur) ausgehend wird gestaltend, dimensionierend, bemessend und optimierend zum funktionsfähigen technischen (Sach-)System bei Berücksichtigung vielfältiger „Randbedingungen“ vorangeschritten.

- (b) Das Entwurfshandeln ist ein bewusstes, zur Zielerreichung notwendiges „Überschreiten“ des Vorhandenen in Form eines (planmäßigen, intuitiven, methodenbasierten, heuristischen, ...) „Suchprozesses“.
- (c) Dieser Prozess erfolgt in der Regel unter Informationsmangel bzw. bei unvollständiger bzw. „unscharfer“ Information, d. h. zu Beginn des (als Planungsvorgang verstandenen!) Entwurfsprozesses sind zum Beispiel nicht alle relevanten Informationen verfügbar, es ist auf sich verändernde einschließlich neuer Zielvorgaben oder „Rand“bedingungen vor allem wissenschaftlicher, technischer, politischer, ökonomischer oder juristischer Art zu reagieren („Dynamisierung der Begleitumstände“).
- (d) Die Vielzahl der zu Beginn des Entwurfs-Prozesses verfügbaren Informationen selbst muss (fast stets) reduziert werden, um sie „operationalisierbar“ zu machen bzw. zu halten.
- (e) Da es keine eindeutige – und damit logisch zwingende bzw. exakt herleitbare – Zuordnungsmöglichkeit von Funktion und Struktur eines (technischen) Systems und damit verbunden unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten eines technischen Problems gibt, lässt sich für das Entwerfen und Konstruieren auch keine allein schematisch oder algorithmisch abarbeitbare Schrittfolge angeben, die zum beabsichtigten Ziel führt.

Diese Charakteristika können als erschwerende Bedingungen aufgefasst werden. Deshalb trifft Spur auch folgende Aussage: „Auf Grund der hohen Komplexität und meist vorhandenen Wechselwirksamkeit der einzelnen Störparameter ist eine theoretisch abgeleitete Vorhersage des Qualitätsverhaltens technischer Systeme sehr erschwert.“³²

Schließlich sei noch darauf verwiesen, dass die Methoden der Technikwissenschaften – genauer: dass das methodische Vorgehen in den Technikwissenschaften (egal, ob als Untersuchung oder als Gestaltung) – drei Erfordernissen Rechnung tragen müssen bzw. muss: erstens die Berücksichtigung der Komplexität technischer Aufgabenstellungen, zweitens die Gewährleistung einer (weitestgehenden) Ganzheitsbetrachtung angestrebter oder realisierter technischer Lösungen, und drittens die Zugrundelegung einer tätigkeitsbezogenen Herangehensweise an die technische Problemlösung. Die Forderung nach Berücksichtigung der Komplexität rückt methodologisch die Beachtung der Vielfalt von Einflussfaktoren, Abhängigkeiten, Zusammenhängen, Lösungsvarianten usw. in das Zentrum der Aufmerksamkeit des Problembearbeiters. Das methodologische Prinzip der Ganzheitsbetrachtung zwingt dazu, bei der Problembearbeitung und -lösung die gegenseitigen Verflechtungen der einzelnen Struktur- und Prozesseinheiten von der übergreifenden Zielstellung bzw. „Einbindung“ her zu analysieren und zu synthetisieren. Tätigkeitsbezogene Betrachtung schließlich bedeutet die Bereitstellung solch eines Wissens, das für die auszuführenden Tätigkeiten relevant ist. Es ist somit der Prozess der Generierung,

32 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 118.

Konstruktion, Nutzung und „Entsorgung“ technischer Lösungen in der Wechselwirkung von Objekt und Subjekt des technischen Handelns zu erfassen.

6. *Fazit*

Sowohl innerhalb der (deutschen) Technikphilosophie als auch der (allgemeinen) Wissenschaftstheorie spielten die Ingenieur- bzw. Technikwissenschaften sowie das Ingenieurhandeln bislang nur eine untergeordnete Rolle:

In der (deutschen) Technikphilosophie überwog die Beschäftigung mit dem „Phänomen“ Technik vorrangig als soziotechnische bzw. soziokulturelle „Hervorbringung“. Differenziertheit und Ambivalenz der Technisierungsfolgen, Komplexität der Mensch-Technik-Beziehungen, Mechanismen und Faktoren der Technikgenese, Möglichkeiten und Probleme der Technikfolgenbeurteilung sowie Grundlagen und Methoden der Technikbewertung waren (und sind) bevorzugte Themen der aktuellen Debatte. Diese findet entweder auf einer sehr allgemeinen Ebene („die“ Technik) oder bezogen auf einzelne technische Entwicklungsrichtungen (vor allem Kernenergetik, genetic engineering, Medizintechnik sowie Informations- und Kommunikationstechnologien) statt. Indem sich auf technische Sachsysteme („Artefakte“) und deren Verwendung bzw. Nutzung konzentriert wurde (und wird), bleibt der vorgängige, weitgehend (technik-)wissenschaftsbasierte Entstehungs- bzw. Herstellungsprozess dieser Sachsysteme ausgeblendet.

Die (allgemeine) Wissenschaftstheorie konzentrierte sich vorrangig auf die (mathematisierten) Naturwissenschaften, vornehmlich die Physik in Form von Mechanik. Behandelt wurden das Beschreiben, Analysieren, Erklären und eventuell Prognostizieren von Ereignissen über Beobachtung, Messung, Experiment und die „Anstrengung des Geistes“ (vor allem in Form von Problemformulierung, Hypothesenbildung, Induktion, Deduktion, Analogieschluss usw.). Wurde dieses Vorgehen wissenschaftstheoretisch ex post „rekonstruiert“, gelangten Zwecksetzungen, sprachliche Mittel, methodische, kognitive oder normative Voraussetzungen und ähnliches in das Zentrum der Aufmerksamkeit. In dieser Perspektive wurden (und werden) Ingenieurwissenschaften infolge ihrer „Andersartigkeit“ zumeist entweder lediglich als angewandte Naturwissenschaften betrachtet (was im Extrem zu der Auffassung geführt wird, dass technologische Regeln „degenerierte“, „unexakte“ Naturgesetze seien³³) oder sie werden den Naturwissenschaften entgegengesetzt (ohne jedoch diese Entgegensetzung genauer zu kennzeichnen).

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)

33 Vgl. etwa Zoglauer, Th., Über das Verhältnis von reiner und angewandter Forschung. – In: Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln. A. a. O., S. 92f.

gibt es zwischenzeitlich jedoch einen Konsens darüber, dass die Technikwissenschaften bei all ihrer Vielfalt eine Spezifik aufweisen,³⁴ die es weiter zu beforschen gilt – nicht als Selbstzweck, sondern vor allem (und hier wiederhole ich mich bewusst) im Hinblick auf (die Verbesserung von) „Funktionalität“, „Rationalität“ und „Innovativität“ technischen Handelns.³⁵

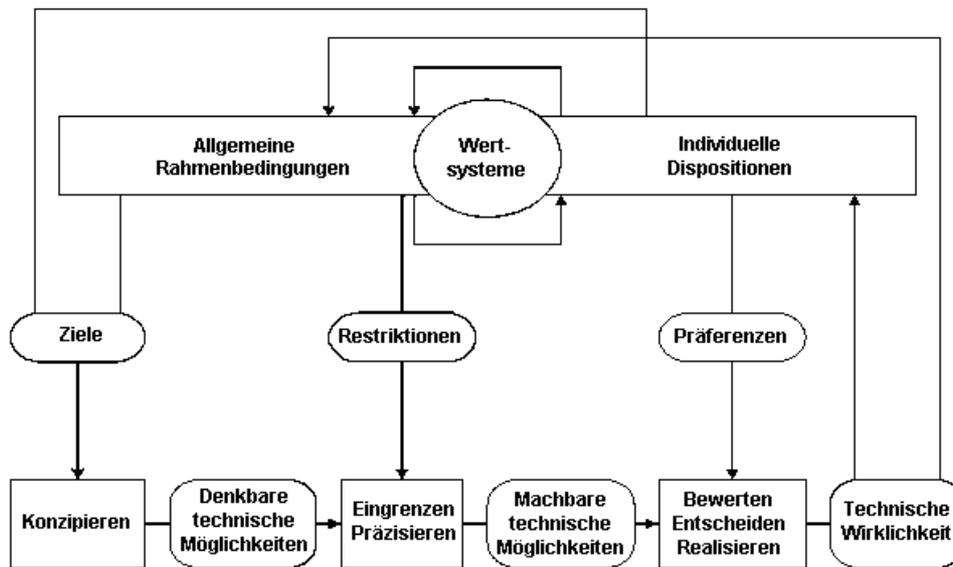
Die Technikwissenschaften stellen – und das wird sowohl aus dem Spur-Beitrag als auch aus dem Vorstehenden deutlich – einen interessanten Untersuchungsgegenstand dar. Viele kognitive, methodologische, normative und – im engeren Sinne – wissenschaftstheoretische Fragestellungen unterscheiden sich von 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 „Real“technik 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. Abbildung 3 macht deutlich, welchen Einfluss (allein) die „realen“ gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (natürliche Bedingungen, vor allem Rohstoffe, Energiequellen und der Mensch mit seiner biotisch-psychischen „Grundausstattung“, sowie gesellschaftlich-kulturelle Bedingungen vor allem Stand des wissenschaftlichen und technischen Wissens und Könnens, Stand der Technik, politische Verfasstheit, gesellschaftliche Werte und Normen) und die individuellen Dispositionen (Sinnperspektiven und Lebenshaltungen; persönliche Neigungen, Werte und Präferenzen sowie Hoffnungen, Erwartungen, Ängste und Befürchtungen) auf den Bereich des Technischen haben.³⁶

34 Vgl. neben den in Fußnote 2 genannten Publikationen auch Autorenkollektiv, Spezifik der technischen Wissenschaften. Moskau: Verlag MIR / Leipzig: Fachbuchverlag 1980; Diskussionsseinheit „Technik und Naturwissenschaft“. – In: EuS – Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur (Opladen). 7 (1996), H. 2-3, S. 423 – 501.

35 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 119.

36 Vgl. Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780. Hrsg. v. VDI-Hauptgruppe Der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft. Düsseldorf: VDI 1991, S. 67f.

Abbildung 3: *Entwicklung und Auswahl technischer Möglichkeiten unter dem Einfluss allgemeiner Rahmenbedingungen und individueller Dispositionen*³⁷



Das alles bedingt Besonderheiten und Eigenarten, die erstens zu neuen theoretischen oder methodischen Fragestellungen führen und zweitens die Übertragbarkeit von entsprechenden Erkenntnissen aus anderen Bereichen der Wissenschaftsforschung begrenzen.

Günter Spur beendet seinen Beitrag mit der (metaphorischen) These „Es kommt auf den Dirigenten an.“ Er meint damit Führungskräfte, „die mit fachlicher Kompetenz Ideen entwickeln, unterschiedliche Interessenlagen zu einem Konsens zusammenführen und in Leitvorstellungen umsetzen können“.³⁸ Indes lässt sich als Anti-These ebenso metaphorisch formulieren: „Das Orchester spielt ohne Dirigenten.“³⁹ Das Orchester wären im Fall der (generalisierenden interdisziplinären) Technikforschung vor allem Philosophen, Wirtschaftswissenschaftler, Historiker, Psychologen, Kulturwissenschaftler, Soziologen, Politik- und Technikwissenschaftler. Zu These wie Anti-These fand ich im Internet folgende interessante Bemerkung: „Immer wieder wird das Managen eines Unternehmens oder eines Teams mit dem Dirigieren ei-

37 Nach VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“. Düsseldorf: VDI 1991.

38 Spur, G., Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Ein Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften. – In diesem Jahrbuch. S. 143. – Spur hat hier vor allem das Management von Innovationsprozessen im Blick.

39 Diesen Gedanken fand ich das erste Mal vor mehr als zwanzig Jahren als Titel eines Buches, in dem Überlegungen zur Selbstorganisation im Bereich des Technischen enthalten sind; Pospelov, D. A., Das Orchester spielt ohne Dirigenten. Betrachtungen über die Entwicklung einiger technischer Systeme und ihrer Steuerung (in russischer Sprache). Moskau: Verlag Wissenschaft 1984.

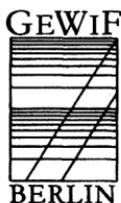
nes Orchesters verglichen. Der Dirigent ist dafür verantwortlich, dass aus den unterschiedlichsten Tönen der einzelnen Musiker eine musikalische Darbietung wird, wie es sich der Komponist und der Dirigent selbst vorstellen. [...] Dabei hat jeder Dirigent besondere Fähigkeiten, wie er die genannten Instrumente einsetzt.

Nun gibt es auch Orchester ohne Dirigenten, die ‚trotzdem‘ gute und erfolgreiche Musik machen. Zum Beispiel das Orpheus Chamber Orchestra aus New York. Die 27 Musiker organisieren sich selbst. Und sie tun es so gut, dass viele Manager aus Unternehmen sich in den Proben ansehen, wie das funktioniert. [...] Inzwischen berät das Orchester auch direkt interessierte Manager.⁴⁰

Als Synthese ergibt sich, dass es zumindest im Bereich der „multiperspektivischen“ Technikforschung und zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften sowohl auf den (ideenreichen und engagierten) „Dirigenten“ als auch auf das (interdisziplinäre) „Orchester“ ankommt.

40 URL: <http://www.business-wissen.de/de/newsletter-archiv/newsletter48.html> [25. Oktober 2006]. Als weiterführende Quellen werden <http://www.wirtschaftspsychologie-abo.de> und <http://www.business-bestseller.com> genannt.

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Heinrich Parthey
Günter Spur (Hrsg.)

**Wissenschaft und Technik
in theoretischer Reflexion**

**Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2006**

Mit Beiträgen von:

*Gerhard Banse · Klaus Fischer
Klaus Fuchs Kittowski · Siegfried Greif
Karlheinz Lüdtke · Heinrich Parthey
Günter Spur · Rüdiger Wink*



PETER LANG

Frankfurt am Main · Berlin · Bern · Bruxelles · New York · Oxford · Wien

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <<http://www.d-nb.de>> abrufbar.

Gedruckt auf alterungsbeständigem,
säurefreiem Papier.

ISBN-10: 3-631-55523-7
ISBN-13: 978-3-631-55523-1

© Peter Lang GmbH
Europäischer Verlag der Wissenschaften
Frankfurt am Main 2007
Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages
unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die
Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany 1 2 3 4 5 7

www.peterlang.de