

Günter Ropohl

Die Dualität von Verfahren und Sachen in der Allgemeinen Technologie

1 Einleitung

Vor einem Vierteljahrhundert ist die „Allgemeine Technologie“ nur Wenigen bekannt gewesen. Bloß ganz gelegentlich war der Name in dem einen oder anderen Aufsatztitel aufgetaucht. Dann plötzlich erschienen mit kurzem Abstand gleich drei Monographien, eine in Leipzig (vgl. Wolffgramm 1978, 1994/95), eine in München (vgl. Ropohl 1979, 1999) und eine in Wien (vgl. Hölzl 1984, 1989); sie erfuhren in den letzten Jahren überarbeitete Neuauflagen. Etliche Tagungen wurden zum Thema veranstaltet, die sich in entsprechenden Berichtsbänden niederschlugen (z. B. Banse 1997; Banse/Müller 2001; Banse/Reher 2002; Bayerl/Beckmann 1999; Müller/Troitzsch 1992). „Allgemeine Technologie“, 1806 von Johann Beckmann in einer schmalen Schrift eingeführt und über 150 Jahre in Vergessenheit geraten, ist wie ein Phönix aus der Asche auferstanden.¹

Freilich hat diese Neubelebung verständlicher Weise auch zu facettenreichen Diskussionen darüber geführt,

- wie eine modernisierte Allgemeine Technologie aufzufassen ist;
- ob sie als einheitliche und geschlossene Lehre vorgestellt werden kann oder ob sie sich in gewisse Teilgebiete gliedert;
- wie sie sich zur Vielfalt der Technikwissenschaften verhält oder verhalten sollte;
- ob sie eine lediglich deskriptiv-systematisierende Rolle für die Strukturierung des technischen Wissens oder auch eine präskriptiv-fundierende Rolle für die Regulierung des technischen Handelns spielen kann.

In diesem Beitrag will ich lediglich auf *eine* der zahlreichen Meinungsverschiedenheiten eingehen, auf die zweitgenannte Frage nämlich: Lässt sich die

1 Das gilt freilich nur für die literarische Forschungsdiskussion. Institutionell will die Wissenschaftspolitik den Phönix erneut verbrennen, indem sie die wenigen einschlägigen Professuren wegen angeblicher Sparzwänge offenbar zu kassieren beabsichtigt.

Allgemeine Technologie in eine *Allgemeine Verfahrenswissenschaft* und eine *Allgemeine Technikwissenschaft* unterteilen, wie es in der Ankündigung zu diesem Symposium und u.a. von Hubert Laitko (vgl. Laitko 2002) und Ernst-Otto Reher (vgl. Reher 2002) nahe gelegt wird? Oder ist die Allgemeine Technologie als einheitliche und geschlossene Wissenschaft von allen grundlegenden Prinzipien der Technik zu verstehen, in der technische Verfahren und technische Sachen von vorn herein als Phänomene konzipiert werden, die notwendig auf einander bezogen und mit einander verknüpft sind?

Um die Spannung nicht übermäßig zu steigern, will ich gleich jetzt erklären, dass ich für die zweite Alternative eintrete. Technische Verfahren und technische Sachen sind die beiden Seiten ein und derselben Münze. Dafür werde ich im Folgenden einige Gründe nennen. Zunächst werde ich einen kurzen Rückblick geben, wie es zu der merkwürdigen Dichotomisierung von Verfahren und Sachmittel, von Prozess und Substanz kommen konnte (2). Dann werde ich einen Seitenblick auf die gegenwärtig modischen Versuche werfen, die Technik zu entdinglichen, indem man sie auf reine Prozessualität reduziert (3). Gegen solche Missverständnisse werde ich die Dualität von Verfahren und Sache, von Prozess und Substanz auf systemtheoretischer Basis begründen (4). Mit diesen differenzierten Modellvorstellungen wird es dann ein Leichtes sein, abschließend für die Einheit der Allgemeinen Technologie zu plädieren (5).

2 „Verfahren“ und „Sachmittel“ – ein Rückblick

Für die Klassiker der Technologie hat der Zusammenhang von Verfahren und Sachmitteln außer Frage gestanden. Beckmann bestimmt zum Inhalt der Allgemeinen Technologie „ein Verzeichniß aller der verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und Künstler bey ihren verschiedenen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichniß aller der Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen“ (Beckmann 1806, S. 465). Wenig später wird er noch klarer, wenn er als den Gegenstand der Allgemeinen Technologie „die Arbeiten der sämtlichen Handwerke und Künste und die dazu gehörigen Werkzeuge und Maschinen“ angibt (Beckmann 1806, S. 483). Damit verallgemeinert er, was er früher schon in seinen Einzeldarstellungen ausgeführt hatte; beispielsweise beschreibt er im Kapitel über die „Wollenweberey“ gleichermassen die Verfahren und die Werkzeuge und Maschinen dieser Technik (Beckmann 1777, S. 37ff.). Ganz in diesem Sinn sagt auch Karl Karmarsch, die Technologie habe „die Aufgabe, den Gang des Verfahrens zu beschreiben

[...]; sie muss also die Mittel, Werkzeuge und Maschinen hierzu [...] angeben und erklären“ (Karmarsch 1872, S. 866).

Das gleiche Verständnis für den Zusammenhang von Verfahren und Sachen beweist Karl Marx, der von den Klassikern der Technologie mehr gelernt hat, als gemeinhin bekannt ist (vgl. Kusin 1970; Müller 1981): „Die einfachen Momente des Arbeitsprozesses sind die zweckmässige Tätigkeit oder die Arbeit selbst, ihr Gegenstand und ihr Mittel“ (Marx 1971, S. 193). Während heute „Prozess“ und „Verfahren“ oft synonym verwendet werden, ist für Marx der „Prozess“ der Oberbegriff, der „die Arbeit selbst“, also das Arbeitsverfahren, und die gegenständlichen Mittel als gleichrangige „Momente“ umfasst. Im berühmten 13. Kapitel, in dem sich Marx ausdrücklich auf die Technologie beruft (vgl. Marx 1971, S. 392f., 510f.), analysiert er sowohl die Arbeitsverfahren wie die „Maschinerie“. Marx hat also keineswegs, eben so wenig wie Beckmann, eine Dichotomie von Verfahren und Sachmitteln ins Auge gefasst. Eher hat er sie – seiner eigenen Denkform entsprechend – als dialektische Einheit gesehen.

Wohl erst Ende des 19. Jh.s setzte die Verengung des Technologiekonzepts auf eine „Verfahrenslehre“ ein, neben der sich mehr und mehr ein davon unabhängiger „Maschinenbau“ entwickelte. Möglicherweise ist das besonders in der Chemischen Technologie geschehen, deren Gegenstandsfeld in Deutschland, abweichend vom englischen „chemical engineering“, in den 1930er Jahren mit dem unseligen Ausdruck „Verfahrenstechnik“ belegt wurde (vgl. Rumpf 1967). Klaus Krug weist darauf hin, dass die Zweiteilung zwischen „Verfahren“ und „Apparaten“ in diesem Bereich auch wissenschaftssoziologische Hintergründe hatte: Für die „Verfahren“ fühlten sich die akademischen Chemiker zuständig, während die „Apparate“ von praktizistischen Maschinenbauern zusammen „gebosselt“ würden (vgl. Krug 2002). Gewiss ist überdies einzuräumen, dass „verfahrenstechnische“ Systeme häufig nicht derart verfahrensspezifisch sind wie etwa Fertigungs- oder Energiesysteme, die im Allgemeinen nur ein einziges ganz bestimmtes Verfahren realisieren; verfahrenstechnische Reaktoren sind meist multifunktional (vgl. Wolffgramm 1997, S. 204f.). Gleichwohl sollte man sich vom einseitigen Sprachgebrauch der „Verfahrenstechnik“ nicht dazu verleiten lassen, Verfahren schlechthin zum Gegenstand einer allgemeinen Wissenschaft zu machen.

Allgemein nämlich bezeichnet ein „Verfahren“ die besondere, meist von expliziten Regeln geleitete Art und Weise, in der eine Handlung oder ein Vorgang ausgeführt wird, ganz gleich in welchem Gegenstandsbereich dies geschieht. So gibt es Beweisverfahren, Rechenverfahren, Prognoseverfahren,

Testverfahren, Organisationsverfahren, Gerichtsverfahren und vieles andere mehr. Eine „allgemeine Verfahrenswissenschaft“ wäre dann nichts Anderes als eine „allgemeine Handlungswissenschaft“ oder „Praxeologie“. Mit der Technik im prägnanten Sinn des Wortes hätte sie nur in schmalen Teilbereichen zu tun, es sei denn, man würde einen übermäßig weiten Technikbegriff unterstellen, der die Menge aller möglichen Handlungsregeln umfasste. Das hat z. B. Max Weber getan und dann eine lange Liste von Beispielen genannt, die von der Gebetstechnik bis zur erotischen Technik reicht (vgl. Weber 1921, S. 32), und tatsächlich erweist sich etwa das siebentägige Liebesritual im indischen Tantrismus als ein minutiös programmierter Verfahrensalgorithmus. Ein derart weiter Technikbegriff aber widerspräche den historischen Wurzeln der Technologie.

Geht hingegen eine „allgemeine Technikwissenschaft“ von einem mittelweiten Technikbegriff aus, der die technischen Sachen und das sachbezogene Handeln einschließt (vgl. VDI 3780, 2), dann ist die Teilmenge der „technischen Verfahren“, wie Zerkleinerungsverfahren, Fertigungsverfahren usw. usw. ganz selbstverständlich darin enthalten. Den allgemeinen Verfahrens begriff hingegen auf bestimmte Vorgehensweisen bei der Änderung von Stoffeigenschaften einzuengen, wie bei der Bezeichnung „Verfahrenstechnik“ geschehen, ist ein ärgerliches Beispiel für die terminologische Insuffizienz im Ingenieurwesen.

Schließlich verdient, beiläufig bemerkt, auch eine Begriffstradition der Wirtschaftswissenschaften Kritik, die zwischen „Prozess- und Produktinnovationen“ unterscheidet (siehe z. B. Krol/Schmid 2002, S. 129). Kriterium für die Unterscheidung ist allein die ökonomische Rolle, die eine neue Technik im Unternehmen spielt. Verbessert sie als marktfähiger Output der Produktion die Absatzchancen des Unternehmens, heißt sie „Produktinnovation“. Verbessert sie dagegen die Wirtschaftlichkeit der Produktion selbst, heißt sie „Prozessinnovation“, obwohl sie sich in der Regel ebenfalls als Produkt darstellt, wenn auch als Produkt der vorgelagerten Produktionsstufe der Produktionsmittelherstellung, also als neuartige oder verbesserte Arbeits- oder Werkzeugmaschine. In techniktheoretischer Sicht ist diese ökonomische Begriffsunterscheidung abwegig.

Die Dichotomie zwischen „Verfahren“ und „Sachsystemen“ hat schließlich auch in den technologischen Diskussionen der DDR eine Rolle gespielt. Zwar hat G. Korb recht früh die „Auffassung“ als „nicht akzeptabel“ zurück gewiesen, „technische Verfahren als einer anderen Kategorie, z. B. dem Prozess, zugehörig“ anzusehen, und erklärt: „Technische Verfahren und techni-

sche Gebilde sind zwei Seiten des technischen Systems, die unabhängig voneinander undenkbar sind“ (Korb 1971, S. 303). Doch Wolffgramm beispielsweise, der bezeichnender Weise zunächst über die chemische Produktion gearbeitet hatte (vgl. Wolffgramm 1961; vgl. auch Wolffgramm 1978, S. 93), hat sich, trotz all seiner Verallgemeinerungsleistung, jener „verfahrenstechnischen“ Tradition der chemischen Technologie nicht wirklich entziehen können. Besonders deutlich kommt das in der Neuauflage seines Werkes zum Ausdruck: Band 1 und 2 (vgl. Wolffgramm 1994, 1995) behandeln unter dem Titel „Allgemeine Technologie“ vor Allem eine allgemeine Verfahrenslehre. Band 3 und 4 (vgl. Wolffgramm 1997, 98) widmen sich unter dem Titel „Technische Systeme“ den Maschinen, Apparaten und Anlagen, in denen die technischen Verfahren ablaufen. Wie theoretisch zu erwarten war (vgl. Ropohl 1997), erweisen sich die beiden späteren Bände als weitgehend symmetrische Widerspiegelung der beiden ersten.

Beispielsweise bespricht Wolffgramm in Band 1 den Verfahrenstyp „Trennen“ und listet Verfahren wie das Stossen bzw. Hobeln, das Drehen oder das Bohren auf (vgl. Wolffgramm 1994, S. 111ff.). Erst in Band 3 aber beschreibt er die Hobel-, Dreh- und Bohrmaschinen, die in der modernen Fertigungstechnik eingesetzt werden, um die entsprechenden Verfahren auszuführen (vgl. Wolffgramm 1997, S. 159ff.). Insbesondere das Verfahren des Drehens lässt sich ohne maschinelle Einrichtung überhaupt nicht bewerkstelligen, und umgekehrt ist eine Drehmaschine genau dadurch definiert, dass sie das Verfahren des Drehens realisiert. In einem weiteren Beispiel, diesmal aus der Energietechnik, behandelt Wolffgramm die Verfahren zur Umformung mechanischer Energie in Band 1 (vgl. Wolffgramm 1994, S. 191ff.), die dafür erforderlichen Wandlungssysteme, die Getriebe, aber erst in Band 4 (vgl. Wolffgramm 1997, S. 252ff.), obwohl in diesem Fall noch zwingender als in der Fertigungstechnik, die immerhin ihre handwerklichen Vorläufer hat, das Verfahren seine sachtechnische Realisierung voraussetzt. Wie gesagt: Verfahren und Maschine sind notwendig auf einander bezogen, und das Eine gäbe keinen Sinn ohne das Andere. So demonstriert Wolffgramm publikationspraktisch, was ich die Dualität von Prozess und Substanz nenne: Sachsysteme sind eben nichts Anderes als die Substrate von Prozessen.

3 Wider die Entdinglichung der Technik

Wenn man die Verfahren künstlich von den Sachsystemen ablöst, die sie doch zur Realisierung notwendig brauchen, dann fördert man ein techniktheoretisches Missverständnis, das man derzeit vermehrt beobachten kann

und das ich als *Entdinglichung der Technik* kritisiere. Da ich mich an anderer Stelle ausführlich dazu geäußert habe (vgl. Ropohl 2002a), will ich es hier mit einem kurzen Exkurs bewenden lassen.

Die Kernthese dieser Technikdeutung besagt, dass in der gegenwärtigen Entwicklung die gegenständlichen Artefakte ihre Bedeutung zu Gunsten algorithmischer Abläufe und Prozesse verlieren; nicht Gegenständlichkeit, sondern Prozessualität charakterisiere die moderne Technik. Schon die Wortwahl ist irritierend: So lange man von „Verfahren“ spricht, sind eindeutig menschengemachte Abläufe gemeint; Niemand käme auf den Gedanken, es gäbe auch „natürliche Verfahren“. Anders verhält es sich mit dem Wort „Prozess“, das unter der Hand als Synonym für „Verfahren“ eingeführt wird. Selbstverständlich gibt es nun aber Naturprozesse, die ohne jede menschliche Mitwirkung ablaufen. Bezeichnet man hingegen technische Verfahrensabläufe ohne unterscheidenden Zusatz als „Prozesse“, so läuft man Gefahr, genau davon abzulenken, was das Besondere „technischer Prozesse“ ist: dass sie nämlich von Menschen gestaltet werden. Von Grenzfällen abgesehen, in denen Menschen natürliche Prozesse lediglich auslösen, erfordern menschengemachte Prozesse immer auch menschengemachte Substrate, in denen der Prozess abläuft, nämlich Sachsysteme.

Um es noch einmal an einem ganz einfachen Beispiel aus dem Alltag zu verdeutlichen: Das Mahlen von Kaffeebohnen ist ein Zerkleinerungsprozess, der den Ausgangszustand eines Stoffs mit Korngrößen von 5 bis 10 mm in einen Endzustand transformiert, in dem die Korngrößen nurmehr 0,1 mm und weniger betragen. Diese Transformation ist ein technischer Prozess. In der Natur kommt er mit der erforderlichen Geschwindigkeit üblicher Weise nicht vor, und ein Mensch kann ihn allein mit seiner organischen Ausstattung praktisch nicht ausführen. Der Prozess kann nur in einem Schlag- oder Mahlwerk verwirklicht werden und wäre daher lediglich eine utopische Idee, wenn nicht das Mahlwerk erfunden worden wäre; andererseits hätte das Mahlwerk keinen Sinn, wenn nicht das Verfahren des Mahlens darin ablief. Technisches Verfahren und sachtechnisches Artefakt gehören mithin zusammen wie der Schlüssel und das Schloss.

Die These von der Dominanz der Prozesse wird vor Allem mit der Computertechnik begründet. Nach meiner Einschätzung ist das aber bloß ein Alibi, um die traditionelle Sachblindheit der Geistes- und Sozialwissenschaften zu rechtfertigen. Richtig daran ist lediglich, dass der Computer die Objektivierung und Algorithmisierung von Arbeits-, Handlungs- und Denkprozessen verlangt, die zuvor naturwüchsig und intuitiv ausgeführt worden waren. Mit

einem Wort: Diese Prozesshaftigkeit hat es immer gegeben, und wenn sie heute von Geistes- und Sozialwissenschaftlern bemerkt wird, dann bloß darum, weil deren Algorithmisierung erforderlich wird, damit informationstechnische Sachsysteme damit umgehen können. Nicht die Prozesshaftigkeit ist das dominante Phänomen, sondern die informationstechnischen Sachsysteme, die jetzt eine objektivierende Analyse und programmierende Vergegenständlichung der immer schon existierenden Verfahren und Prozesse erzwingen.

Die ein-eindeutige Zuordnung von Verfahren und Artefakt betrifft, ich wiederhole es, natürlich nur die verfahrensspezialisierten Sachsysteme, die freilich in der Technik einen bedeutenden Anteil ausmachen. Daneben gibt es in gewissem Umfang auch verfahrenstyporientierte Sachsysteme, die, wie ein chemischer Reaktionsbehälter oder ein Computer, verschiedenartige Verfahren bewältigen können, die aber doch grundsätzlich einem bestimmten Typ unterzuordnen sind. Mit einem chemischen Reaktor kann man keine Drehbewegung umwandeln, und mit einem Computer kann man keine Kaffeebohnen zerkleinern. Vor Allem aber gilt immer das *technologische Grundgesetz*, dass ein Verfahren nur in einem entsprechenden System zu realisieren ist. Einfache Rechenalgorithmen kann man zur Not mit Bleistift und Papier abarbeiten; die höchst komplexen Algorithmen hingegen, die von der Informatik – im Englischen zu Recht „Computer-Wissenschaft“ genannt – entwickelt werden, lassen sich nur mit dem Computer beherrschen.

Tatsächlich geht die Algorithmisierung und Automatisierung früher naturwüchsiger Arbeits- und Denkprozesse einher mit einer gewaltigen Vermehrung gegenständlicher Informationsspeicher und Verarbeitungssysteme, die überhaupt erst den Anlass zur Objektivierung der Prozessalgorithmen gegeben haben. Die Prozessthese aber könnte davon ablenken, dass zur Zeit gerade auch die Menge der künstlichen Sachen in ungeahntem Ausmaß wächst und damit die Herausforderung potenziert, all diese Sachen nach Ende ihrer Gebrauchsfähigkeit dann umweltgerecht zu entsorgen. Die Beispiele zeigen zweifelsfrei, wie abwegig es wäre, die Verfahren losgelöst von den technischen Sachen zu behandeln, in denen sie ablaufen, oder technische Sachen unabhängig von den Verfahren zu betrachten, die in ihnen realisiert werden. Die technologische Einheit von Verfahren und Sache, die ich absichtlich noch einmal ganz konkret gezeigt habe, verweist auf eine ehrwürdige philosophische Streitfrage, die, jedenfalls für die Technologie, zu überwinden ist. Es geht um die Streitfrage der Ontologie, ob „die Welt“ ausschließlich aus Prozessen oder ausschließlich aus Dingen besteht (vgl. Lensink/Kanzian 1999).

Hans-Joachim Petsche spricht von der „bisher ungelösten Aufgabe [...], die in der Überwindung der Dichotomie zwischen *substanziellem* und *prozessualer* Technikbegriff besteht“ (Petsche 2004, S. 181). Wenn Petsche meinen Technikbegriff als „artefaktzentriert“ kennzeichnet (vgl. Petsche 2004, S. 180), dann hat er offenkundig übersehen, dass ich das Sachsystem immer schon zugleich als substanziellen Gegenstand wie als Träger von Prozessen aufgefasst habe. Sein Lösungsansatz, Substanzen auf Prozesse zu reduzieren, wirkt freilich angesichts der oben diskutierten Beispiele wenig plausibel. Weder sind Prozesse und Substanzen als getrennte Seinsklassen aufzufassen, noch scheinen reduktionistische Ontologien überzeugend, die das Eine auf das Andere zurückzuführen versuchen. Tatsächlich sind das Verfahren und die Sache, der Prozess und die Substanz auf einander bezogene Erscheinungen einer dialektischen Einheit: Prozesse sind nichts Anderes als die Verhaltensweisen von Substanzen, und Substanzen sind die Träger von Prozessen. So erweist sich die von Petsche behauptete „Dichotomie“ tatsächlich als Dualität (vgl. auch Herrmann 1974). Das ist das Dualitätsprinzip, wie es beispielsweise auch in der modernen Physik für das Verhältnis von Welle und Korpuskel gilt.

4 Systemtheoretische Lösung: Das Dualitätsprinzip

Ich habe die Dichotomisierung von Verfahren und Sachen, von Prozessen und Substanzen zurückgewiesen, weil sie technische Phänomene verschiedenen Welten zuweist, die in Wirklichkeit lediglich unterschiedliche Modellperspektiven ein und derselben Welt darstellen. Dieses Dualitätsprinzip ist in der Allgemeinen Systemtheorie als *Dualität von Funktion und Struktur* verallgemeinert worden. Auf die Allgemeine Systemtheorie kann ich hier nicht im Einzelnen eingehen, sondern muss auf andere Arbeiten verweisen (vgl. z. B. Ropohl 1999, S. 71–88, S. 311–338). Ich muss aber betonen, dass „Systeme“ in dieser Theorie lediglich Modelle sind, mit denen irgendwelche Phänomene der „Wirklichkeit“ abgebildet werden. So ist es denn nur eine ungenaue Redeweise, technische Gebilde als „Sachsysteme“ oder „technische Systeme“ zu bezeichnen; will man präzise sein, muss man klar stellen, dass man damit technische Phänomene meint, in so weit man sie mit Hilfe eines Systemmodells beschreibt.

Dieses Systemmodell gewinnt man formal, indem man das mathematische Konzept des Relationengebildes zweifach interpretiert. Ein Relationengebilde umfasst eine Menge von Elementen und eine Menge von Relationen. Interpretiert man die Elemente als Attribute (Inputs, Outputs, Zustände) und

die Relationen als Funktionen zwischen den Attributen, erhält man ein *Funktionssystem*

$$\Sigma F = (\alpha, \varphi)$$

mit der Menge α der Attribute und der Menge φ der Funktionen. Interpretiert man dagegen die Elemente als Teile und die Relationen als Beziehungen zwischen den Teilen, erhält man ein *Struktursystem*

$$\Sigma S = (\kappa, \pi)$$

mit der Menge κ der Teile und der Menge π der Relationen zwischen den Teilen. Das gesamte *System* ergibt sich als Quadrupel aus diesen vier Mengen:

$$\Sigma = (\alpha, \varphi, \kappa, \pi) .$$

Während die ersten beiden Mengen die Funktionen eines Systems abbilden, repräsentieren die letzten beiden Mengen seine Struktur. Da der Funktion dasselbe formale Bildungsprinzip zu Grunde liegt wie der Struktur, besteht zwischen Funktion und Struktur offensichtlich eine *Dualität* (siehe Abb. 1).

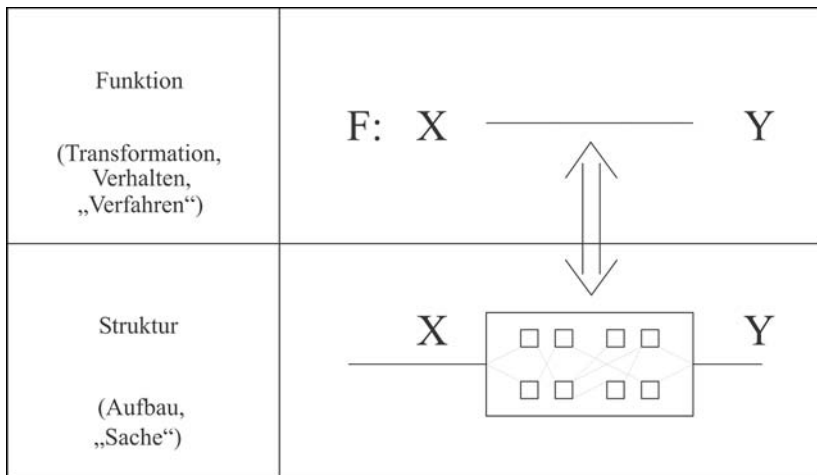


Abb. 1: Systemtheoretische Dualität von Funktion und Struktur

Dieses abstrakte Modell kann ich nun für beliebige Erfahrungsfelder realistisch interpretieren. Betrachte ich z. B. in der Technologie das Zerkleinerungssystem, das ich oben beschrieben hatte, dann kann ich streng systemtheoretisch dessen Funktion und dessen Struktur unterscheiden. Die Funktion besteht in der Transformation eines grob gekörnten Stoffes als Input in einen fein gekörnten Stoff als Output; das ist nichts Anderes als das tech-

nische *Verfahren*, das in diesem Fall angewandt wird. Die Struktur dagegen setzt sich aus zweckmäßig verknüpften gegenständlichen Gebilden zusammen, dem Mahlwerk, dem Antrieb, der Eingabe- und der Ausgabevorrichtung; das ist nichts Anderes als die technische *Sache*. Während die Funktion das *Verhalten* des Sachsystems darstellt, beschreibt die Struktur seinen *Aufbau*. Die formale Dualität von Funktion und Struktur spiegelt sich in der realen Dualität von Verfahren und Sache wider.

Bis jetzt habe ich allerdings meinerseits eine Reduktion vorgenommen, indem ich wie Wolffgramm allein die sachtechnisch realisierbaren Verfahren und die ihnen entsprechenden Sachsysteme betrachtet habe. Das würde die Unterstellung implizieren, die Sachsysteme würden ohne jede Mitwirkung von Menschen, also völlig automatisch arbeiten. Da freilich diese Unterstellung weithin unrealistisch ist, betone ich, anders als Wolffgramm, in meiner Konzeption der Allgemeinen Technologie, dass die Sachsysteme und die darin verkörperten Verfahren grundsätzlich in menschliche Handlungssysteme integriert sind und mit diesen gemeinsam *soziotechnische Systeme* bilden. Aber auch dann gilt sinngemäß das Dualitätsprinzip: Die Funktion eines soziotechnischen Systems ist ein Handlungs- oder Arbeitsverfahren, das einer zumindest partiellen Technisierung zugänglich ist (siehe Abb. 2).

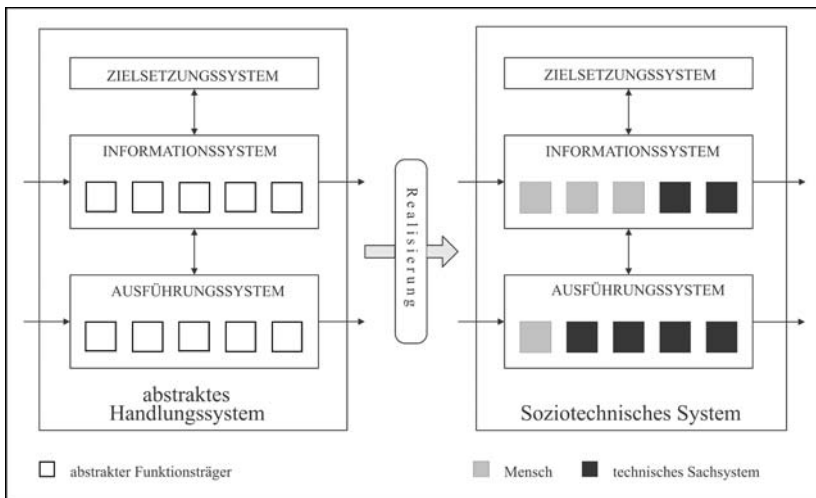


Abb. 2: Soziotechnische Systembildung

Ein solches Handlungs- oder Arbeitsverfahren ist in der linken Hälfte von Abb. 2 als „abstraktes Handlungssystem“, also als Funktionssystem schematisch dargestellt. Über das bisher Gesagte hinaus gehend, zerlege ich analytisch die Gesamtfunktion in bestimmte Teilfunktionen, die Zielsetzung, die Informationsverarbeitung und die Handlungs- oder Arbeitsausführung; die zuletzt genannten Funktionen können in weitere, zunächst abstrakte Funktionsträger (symbolisiert durch die kleinen Vierecke) zerlegt werden. Wenn man so will, ist dies eine abstrakte Funktionsstruktur.

Auch diesen Gedankengang verdeutliche ich noch einmal am Beispiel des Kaffeemahlens, eines Arbeitsverfahrens, das einerseits im Regelfall der menschlichen Mitwirkung bedarf und andererseits seinen Sinn ja nicht in sich selbst hat, sondern in Wirklichkeit eine Teilarbeit innerhalb der Gesamthandlung „Zubereitung von Kaffeegetränk“ darstellt. Die abstrakte Funktionsanalyse listet nun alle Teilfunktionen auf, die bewerkstelligt werden müssen, damit die Arbeit erfolgreich ausgeführt werden kann: Zielsetzung (Bestimmung der Kaffeesorte und der gewünschten Korngröße des Kaffeepulvers), Informationsverarbeitung (Dosierung des Mahlgutes, Auslösen des Mahlvorgangs) und Ausführung (Energieeinsatz, Zerkleinerung und Entnahme des gemahlten Pulvers). In so weit kann man das Arbeitsverfahren beschreiben, ohne schon die konkrete Realisierung im Auge zu haben.

Das geschieht erst im Übergang zur konkreten Strukturbestimmung des soziotechnischen Systems, das in der rechten Hälfte von Abb. 2 zu sehen ist. Dabei werden Teilfunktionen identifiziert, die mit sachtechnischen Einrichtungen geleistet werden können oder, wie im Fall der Zerkleinerung, auf jeden Fall sachtechnisch realisiert werden müssen. Andere Teilfunktionen dagegen werden, aus prinzipiellen Gründen wie bei der Zielsetzung oder aus tatsächlichen Gründen, etwa wegen zu hohen Technisierungsaufwandes, vom Menschen ausgeführt. Im letztgenannten Fall besteht jedoch grundsätzlich eine erhebliche Gestaltungsfreiheit; so erfolgt die Dosierung bei der hausüblichen Kleinmühle nach menschlichem Augenmass, während sie bei automatisierten Espressomaschinen unter Umständen mit einer elektronisch gesteuerten Zuteileinrichtung vorgenommen wird.

Wie auch immer sich das soziotechnische System aus menschlichen und sachtechnischen Funktionsträgern zusammensetzt, ist doch seine Struktur so beschaffen, dass es das vorbestimmte Handlungs- oder Arbeitsverfahren zu realisieren in der Lage ist. Die Dualität von Funktion und Struktur gilt also auch für das soziotechnische Modell. Im vortechnischen Grenzfall mag ein Arbeitsverfahren, etwa die manuelle Gestaltung einer Tonfigur, gar keine

sachtechnische Entsprechung haben; dann ist es der menschliche Organismus, der das Verfahren strukturell verwirklicht. Die meisten relevanten Arbeitsverfahren aber bedienen sich seit Jahrhunderten zumindest sachtechnischer Werkzeuge, und inzwischen gibt es wohl nur noch wenige Arbeitsverfahren, die ohne den Einsatz stoff-, energie- und informationswandelnder Strukturen auskämen. Auch diese Überlegung spricht dagegen, Verfahren losgelöst von den soziotechnischen Strukturen zu behandeln, in denen sie sich realisieren. Verfahren und Prozesse sind abstrakte Funktionsschemata, die in menschlichen, sachtechnischen oder soziotechnischen Systemen realisiert werden. Verfahren sind im Grunde nichts Anderes als Abstraktionen von den menschlichen, sachtechnischen und soziotechnischen Entitäten, die deren Ablauf besorgen.

5 Einheit der Allgemeinen Technologie

Nach diesen Überlegungen sehe ich keinerlei Grund, die Allgemeine Technologie in eine „Allgemeine Verfahrenswissenschaft“ und eine „Allgemeine Technikwissenschaft“ künstlich aus einander zu dividieren. Diese Zweiteilung, die in der technologischen Diskussion gelegentlich behauptet wird, ist sprachlich, sachlich und theoretisch nicht sonderlich überzeugend. Beckmanns Grundidee, die Marx begriffen und gewürdigt hat, bestand darin, die gewaltige Vielfalt technischer Phänomene mit wissenschaftlichen Mitteln überschaubar, verstehbar und beherrschbar zu machen. Es war die Idee, die Einheit in der Vielfalt zu begreifen und in einer Wissenssynthese zu bewältigen (vgl. Ropohl 2002b). Dies aber sollte nach wie vor das Programm der Allgemeinen Technologie bleiben. Jede spezialistische Aufspaltung in gesonderte Disziplinen würde dieses Programm gefährden. Eine „Verfahrenswissenschaft“ im weiten Sinn hätte nicht viel mit Technologie zu tun. Im eingeschränkten Sinn technischer Verfahren aber ist sie ein konstitutiver Teil der Allgemeinen Technologie.

So stelle ich abschließend noch einmal fest: Allgemeine Technologie umfasst generalistisch-interdisziplinäre Technikforschung und Techniklehre. Sie ist die Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien technischer Sachsysteme und ihrer sozioökonomischen und soziokulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge. Die Funktionsprinzipien betreffen vorwiegend die Prozesse, die Strukturprinzipien vorwiegend die Substanzen. Prozess und Struktur aber bilden in ihrer Dualität eine dialektische Einheit, die man begreifen muss, wenn man wirklich die Allgemeine Technologie fördern will.

Literatur

- Banse, G. (Hg.) (1997): *Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen*. Berlin
- Banse, G.; Müller, H.-P. (Hg.) (2001): *Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff*. Münster
- Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.) (2002): *Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*. Berlin (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, Jg. 2001, H. 7)
- Bayerl, G.; Beckmann, J. (Hg.) (1999): *Johann Beckmann (1739–1811). Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung des Begründers der Allgemeinen Technologie*. Münster
- Beckmann, J. (1777): *Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufacturen [...]*. Göttingen
- Beckmann, J. (1806): *Entwurf der algemeinen Technologie*. Göttingen 1806; auch in: Beckmann, J.: *Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände*. Göttingen 1806, S. 463-533
- Herrmann, Th. (Hg.) (1974): *Dichotomie und Duplizität: Ernst August Dölle zum Gedächtnis*. Bern/Stuttgart/Wien
- Hölzl, J. (1984, 1989): *Allgemeine Technologie*. Wien, 1. Aufl., 2. Aufl.
- Karmarsch, K. (1872): *Geschichte der Technologie*. München
- Korb, G. (1971): *Zur Entwicklung einer Allgemeinen Technologie stoffwandelnder Prozesse*. In: *Die Technik*, H. 5, S. 302–307
- Kornwachs, K. (Hg.) (2004): *Technik – System – Verantwortung*. Münster
- Krol, G.-J.; Schmid, A. (2002): *Volkswirtschaftslehre*. 21. Aufl.
- Krug, K. (2002): *Technologie und Chemieingenieurwesen aus historischer Sicht*. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*. Berlin, S. 175-185 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, Jg. 2001, H. 7)
- Kusin, A. A. (1970): *Karl Marx und Probleme der Technik*. Leipzig
- Laitko, H. (2002): *Zum Bedeutungsfeld des Terminus „Allgemeine Technologie“*. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*. Berlin, S. 79–82
- Lensink, J.; Kanzian, Chr. (1999): *Philosophie XI: Ontologie*. In: Sandkühler, H. J. (Hg.): *Enzyklopädie Philosophie*. Hamburg, S. 1140–1154
- Marx, K. (1971): *Das Kapital*. Bd. 1 [1867]. In: Marx, K.; Engels, F.: *Werke*. Bd. 23. Berlin
- Müller, H.-P. (Hg.) (1981): *Marx, Karl: Die technologisch-historischen Exzerpte. Historisch-kritische Ausgabe*. Berlin
- Müller, H.-P.; Troitzsch, U. (Hg.) (1992): *Technologie zwischen Fortschritt und Tradition. Beiträge zum Internationalen Johann Beckmann-Symposium Göttingen 1989*. Frankfurt am Main u. a.

- Petsche, H.-J. (2004): Technikbegriff und formale Prozessontologie. In: Kornwachs, K. (Hg.): Technik – System – Verantwortung. Münster, S. 173–188
- Reher, E.-O. (2002): Ansätze zur Entwicklung einer Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 87–101 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, Jg. 2001, H. 7)
- Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München/Wien
- Ropohl, G. (1997): Diskussionsbeitrag. In: Banse, G. (Hg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin, S. 147–148
- Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. München/Wien (2. Aufl. von Ropohl, G.: Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München/Wien 1979)
- Ropohl, G. (2002a): Wider die Entdinglichung im Technikverständnis. In: Abel, G.; Engfer, H.-J.; Hubig, Ch. (Hg.): Neuzeitliches Denken. Festschrift für Hans Poser. Berlin/New York, S. 427–440
- Ropohl, Günter (2002b): Die Idee der synthetischen Philosophie als Quintessenz kybernetisch-systemtheoretischer Ansätze. In: Zeitschrift für Humanontogenetik, Nr. 1, S. 17-27
- Rumpf, H. (1967): Die Mechanische Verfahrenstechnik auf dem Weg zur Wissenschaft. Karlsruhe (Karlsruher Akademische Reden, NF, Nr. 25). Nachdruck in: Lenk, H.; Moser, S.; Schönert, K. (Hg.): Technik zwischen Wissenschaft und Praxis: Aus dem Nachlass von Hans Rumpf. Düsseldorf 1981, S. 379–399
- Verein Deutscher Ingenieure (Hg.) (1991): Richtlinie 3780: Technikbewertung, Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf
- Weber, Max (1976): Wirtschaft und Gesellschaft [1921]. 5. Aufl. Tübingen
- Wolffgramm, H. (1961): Allgemeine Begriffe und Prinzipien der chemischen Produktion. Berlin
- Wolffgramm, H. (1978): Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig
- Wolffgramm, H. (1994, 1995): Allgemeine Technologie. 2 Bde. Hildesheim (Neuausgabe von: Wolffgramm, H.: Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig 1978)
- Wolffgramm, H. (1997, 1998): Technische Systeme. 2 Bde. Hildesheim