

Wolfgang Fratzscher

Technikwissenschaften und Technologie

I

In der Einladung zum Symposium wurde zu recht vermerkt, dass sich das Paradigma, Technik als angewandte Naturwissenschaft zu betrachten, überlebt hat. Aber das ist keineswegs heute bereits ein Gemeingut, und das resultiert vordergründig aus der Tatsache, dass in der Vergangenheit tatsächlich Technik und auch die Technikwissenschaften vordergründig und fast ausschließlich mit den von ihr geschaffenen Artefakten gleichgesetzt wurden. Diese Position wurde nicht nur von außen, also aus dem Blickwinkel der Natur- und Geisteswissenschaften vertreten, sondern auch von den Ingenieuren selbst. Das zeigt sich z.B. in der Fachrichtungsgliederung im Maschinenbau noch Mitte des vergangenen Jahrhunderts. An der TH Dresden beispielsweise waren die folgenden Fachrichtungen vertreten:

- Kraft- und Arbeitsmaschinen;
- Strömungsmaschinen;
- Wärmetechnik;
- Verfahrenstechnik;
- Verbrennungsmotoren, Kraftfahrzeuge;
- Werkzeugmaschinen;
- Feinmechanik, Regelungstechnik;
- Textilmaschinenkonstruktion;
- Landmaschinentechnik;
- Fördertechnik;
- Verarbeitungsmaschinen.

Man erkennt, sie sind fast ausschließlich an bestimmte Maschinen und Apparate, also letzten Endes Artefakte, gebunden. Diese Art der Betrachtung bedeutet eine Reduktion. Eine solche Reduktion legt es nahe, Technik als angewandte Naturwissenschaft zu interpretieren, da zur Berechnung der Artefakte und zur Beschreibung ihrer Funktion ausschließlich naturwissenschaftliche Kategorien erforderlich sind. Diese Art der Beschränkung findet

sich auch in Geschichtsbüchern und Technikmuseen. Bestenfalls bieten so gewisse ästhetische Gesichtspunkte Ansätze für eine gesellschaftliche Einordnung und damit auch Verbindungen zu kultur- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen.

Die Technik muss sich aber auf jedem Fall auseinandersetzen mit dem Betrieb der Artefakte, mit ihrem Verhalten. Das erfordert eine gesellschaftliche Einordnung in alle entsprechenden denkbaren Dimensionen. Dieser Gedanke und dieser Anspruch waren auch in der Vergangenheit im Bereich der Technik immanent. Nur wurden die damit verbundenen Aufgaben nicht mit dem gleichen Gewicht und Niveau eingeordnet wie die für die Schaffung der Artefakte. Der Satz „Der Konstrukteur ist der König der Produktion, die Technologie macht der Meister“ ist Ausdruck dieser Einstellung. Es ist nun interessant, dass sich im Maschinenwesen an zwei Stellen eine Aufweichung dieser Position vollzog und eine Erweiterung der Betrachtung angestrebt wurde. Das war im Bereich der Wärmetechnik und der Fertigungstechnik der Fall, die sich später auch als Fachrichtungen etablierten. In beiden Gebieten rückte gegenüber den jeweiligen Artefakten, den Arbeitsmitteln, der Arbeitsprozess und damit der Arbeitsgegenstand zunehmend in den Mittelpunkt der Betrachtung. Später war eine solche Orientierung auch die Grundlage der Herausbildung der Verfahrenstechnik und der Verarbeitungstechnik, die sich sogar über Fachrichtungen hinaus zu gleichberechtigten Grundstudienrichtungen neben dem Maschinenbau entwickeln konnten.

Blieben wir zunächst bei der Fertigungstechnik. Es ist nicht zufällig, dass dieser Gedanke im Bereich der Fertigungstechnik Fuß fasste und dann auch zu entsprechenden institutionellen Konsequenzen an den Technischen Hochschulen führte. Neben den konstruktiv orientierten Fachrichtungen bildete sich die Fertigungstechnik als eine erste technologisch orientierte Fachrichtung heraus. Das bedeutete, dass der Arbeitsorganisation eine wesentliche Aufmerksamkeit gewidmet werden musste. So ist es wohl nur logisch, dass Günter Spur, der ja letztendlich aus diesem Bereich kommt, Technologie und Management in ursächliche Verbindung bringt (vgl. Spur 1998). So ist es auch folgerichtig, wenn in einer Prognose der Technologieentwicklungen, die in den VDI-Nachrichten veröffentlicht wurde, auch der Problemkreis Produktions-/Managementtechnik aufgeführt und durch die folgenden Überschriften gekennzeichnet wird:

- Managementtechniken und Personalführung;
- Modellbildung für die Produktion;

- Fertigungsleittechnik;
- Produktionslogistik;
- umwelt- und ressourcenschonende Produktion;
- Forschungsgebiet Verhaltensbiologie;
- Ethik in Forschung und Technologie.

Damit wird augenfällig, dass zum Bereich der Technik nicht nur die Artefakte selbst gehören, sondern auch die Modelle der Artefakte, die zur Betriebsführung erforderlich sind. Und das sind nicht nur naturwissenschaftliche Modelle, sondern, da sie den Menschen und seine gesellschaftliche Umgebung einbeziehen, auch solche, die zunächst verschiedene sozialwissenschaftliche Kategorien enthalten müssen.

Das Gewicht dieser Orientierung erklärt sich natürlich aus der industriellen Bedeutung. Die Autoindustrie als der klassische Arbeitsgegenstand der Fertigungstechnik erfordert Betriebe mit mehreren Tausend Beschäftigten, deren Eingliederung in den Arbeitsprozess eine hochentwickelte Arbeitsorganisation voraussetzt. Das war zunächst in anderen Industriebereichen, die sich gleichfalls am Arbeitsprozess orientierten, nicht so augenfällig. Für den Betrieb eines Kraftwerkes oder einer Chemieanlage sind im Normalfall nur wenige Arbeitskräfte erforderlich. Aber auch in diesen Bereichen sind im zunehmenden Maße Tendenzen wie in der Fertigungstechnik zu erkennen. Zum 5. Oktober 2007 hatte ProcessNet – eine Vereinigung von VDI-GVC und DECHEMA – zu einem Workshop eingeladen, der Betriebsingenieure der chemischen und artverwandten Industrie ansprechen sollte. Auf diesem Workshop wurde das Arbeitsfeld dieser Ingenieure zwischen Anlagensicherheit und Wirtschaftlichkeits- und Verfügbarkeitsanforderungen behandelt. Es wurde mit den Begriffen „Reliability“ und „Maintenance Engineer“ überschrieben. Als Problemkreise wurden genannt:

- Kostenschätzmethoden der Instandhaltung und für Investitionsprozesse;
- unbürokratische Anlagenänderungen;
- Lagerhaltung, Standardisierung;
- Werkstättenzugriff, Werkstätten-Benchmark;
- Montageplanung, Unterstützung und Nachverfolgung, Dokumentation;
- EDV-Tools für einfache Auslegungsmethoden;
- Gewerke übergreifende Lösungen und Auftragskombination in der Instandhaltung;
- Checkliste für Verträge;
- Anlagendokumentation und Pflege, gesetzliche Regelwerke.

Die Übereinstimmung mit der Problemliste aus der Sicht der Managementtechnik ist sicher nicht zufällig. Weiter kennzeichnet man als Zielsetzung unter dem Begriff „Automatisierung“ die Schaffung von Produktionssystemen, in die die Energiesteuerung, erforderliche Sensoren und die gesamte Prozesskontrolle integriert sind und die dann den „mannlosen“ Fabrikbetrieb charakterisieren. Schließlich spricht man über die Betriebsgrenzen hinaus z.B. von einer Chemielogistik und meint damit die Organisation der Umschlag- und Transportprozesse insbesondere unter Einbeziehung des Containertransportes.

In gleicher Weise werden selbstverständlich zur Technik nicht nur der Betrieb der Artefakte, sondern auch deren Entwurf und ihre Materialisierung gezählt, d.h. ihr Aufbau oder ihre Errichtung. Auch die damit verbundenen Aufgaben wurden in der Vergangenheit gegenüber der Schaffung der Artefakte als von geringerer Bedeutung eingeschätzt. Erst später hat das Problem der Organisation der Entwurfs- und Projektierungsarbeit und vor allem der Baustellenorganisation ein selbständiges Gewicht erlangt in Verbindung mit der Entwicklung der Rechentechnik und auch der Förder- und Verkehrstechnik. Erst kürzlich wurde ein Lehrstuhl für Montagetechnik ausgeschrieben. Im Bauingenieurwesen spielen diese Aufgaben wohl schon immer eine größere Rolle. Alle diese Aufgaben, insbesondere natürlich der Entwurf, erfordern eine Vielzahl von Modellen der Artefakte, angefangen von der bildnerischen und geometrischen Darstellung über empirische Abhängigkeiten, ökonomische und ökologische Aussagen sowie von den Grundlagen her bis zu entsprechenden Differentialgleichungssystemen. In den Phasen der Errichtung und des Aufbaus kommen darüber hinaus noch eigenständige Artefakte mit allen entsprechenden Konsequenzen hinzu. Nun muss weiterhin berücksichtigt werden, dass zur Projektierung große Büros und zur Errichtung viele Tausende von Menschen in einer hochentwickelten Organisation erforderlich sein können. Und das führt auch diese technischen Artefakte in eine Dimension, die Erfahrungen und Modellaussagen aus vielen gesellschaftlichen Bereichen notwendig machen. So lässt sich auch aus diesem Blickwinkel Technik nicht auf die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge allein reduzieren. Wenn man als auf ein altes Beispiel an die Errichtung der Pyramiden denkt, so ist für ihre Errichtung eine Organisation erforderlich gewesen, die nur mit militärischen Operationen verglichen werden kann. Deren Größenordnung kann offensichtlich mit der Organisation des Manhattan-Projekts gleichgesetzt werden.

In jüngster Zeit und mit zunehmender Bedeutung gehört zum Bereich der Technik auch die Verantwortung und Realisierung für die Beseitigung und den Abbau der Artefakte nach ihrer Nutzung. Damit umfasst der Gegenstand der Technik den gesamten Lebenszyklus der Artefakte – Entwurf und Errichtung, Betrieb und Beseitigung. Der Vollständigkeit halber sei vermerkt, dass natürlich nicht nur der Normalbetrieb, sondern auch Störungen, Ausfälle und Havarien in den Kreis der Betrachtungen einzubeziehen sind.

Auch die Beseitigung und der Rückbau technischer Artefakte erfordern spezielle technische Einrichtungen, Arbeitsprozesse und Organisationsformen. Die Lösung der damit verbundenen Aufgaben setzt wiederum ein Modellinstrumentarium voraus, das nicht nur naturwissenschaftliche, sondern auch ökonomische und im besonderen Maße ökologische Kategorien und Aussagen enthält. So erfordern die Beseitigung und der Abbau von Kernkraftwerken einen Aufwand, der sowohl vom zeitlichen Umfang als auch von den materiellen Anforderungen her mit den Betriebs- und Aufbauleistungen vergleichbar ist. Die personellen Anforderungen übersteigen die des Normalbetriebes.

Zusammenfassend gilt festzuhalten, dass durch die Verantwortung der Technik für den Betrieb, die Errichtung und die Beseitigung der von ihr geschaffenen Artefakte natürlich unter dem Primat von deren Funktionalität eine Reduzierung auf angewandte Naturwissenschaft eine höchst unvollständige Interpretation darstellt. Vielmehr erweist sich so Technik samt der Modelle zur Beschreibung der Artefakte, d.h. den Technikwissenschaften, als eine Symbiose der Natur- und Geisteswissenschaften und damit als die Auflösung des Widerspruches zwischen den beiden Kulturen nach C. Percy Snow (vgl. Snow 1959). Die naturwissenschaftlichen Aussagen sind die Grundlage der Funktionalität der Artefakte; die im weitesten Sinn geisteswissenschaftlichen Kategorien sind verantwortlich für das Wirken der Artefakte in der Gesellschaft, ihre Organisation und Einordnung in die Phasen des Reproduktionsprozesses, d.h. für den gesamten Lebenszyklus der Artefakte.

Eine solche Betrachtung führt dann auch zwanglos zum Problemkreis „Technikfolgenabschätzung“, der von der Einbeziehung sozial- und kulturwissenschaftlicher Kategorien lebt. Ein weiterer interessanter Problemkreis kann unter dem Begriff „Technikgenese“ zusammengefasst werden, bei der es um die Entstehungsgeschichte von Technologien geht. Hierzu ist direkt vom kulturellen Kontext, von bestimmten gesellschaftlichen Leitbildern auszugehen, um konkrete technische Entwicklungen verstehen und einordnen zu können.

II

Damit erscheint es logisch, als das ursächliche Arbeitsfeld der Technik in der gesamten Breite die Technologie zu bezeichnen. Diese Feststellung schließt natürlich primär die Artefakte ein, bleibt aber nicht allein auf sie beschränkt. Die primäre Bedeutung der Artefakte liegt nicht nur darin begründet, dass sie die gewünschte Funktion gewährleisten müssen, sondern auch, dass in der Phase des Entwurfs, der Konstruktion auch alle Freiheitsgrade vorhanden sind, die ihre Herstellung festlegen und die Effizienz bestimmen. In den nachfolgenden Phasen sind z.B. die Freiheitsgrade zur Beeinflussung der Effizienz wesentlich kleiner. Die Technologie dient der Befriedigung von Bedürfnissen – individuellen, industriellen oder auch gesellschaftlichen – oder auch der Erzeugung neuer Bedürfnisse. Die Technologie T kann damit als ein gesellschaftlicher Arbeitsprozess verstanden werden, der als der Durchschnitt der Mengen Arbeitsmittel M, Arbeitsgegenstand G und Arbeitskraft K aufgefasst wird (vgl. Fratzscher 2004):

$$T = \cap(M, G, K).$$

Die Teilmengen lassen sich so als die Elemente der Technologie auffassen:

- $M \in T$ kennzeichnet die Arbeitsmittel und damit auch deren Konstruktion und die entsprechenden Werkstoffe. Dieser Bereich umfasst den klassischen Maschinenbau, die Elektrotechnik und auch das Bauwesen.
- $G \in T$ kennzeichnet den Arbeitsgegenstand mit dem Stoff- und Energiefluss und der Informationsverarbeitung. Dahinter stehen die Verfahrens- und Energietechnik sowie die Prozess- und Automatisierungstechnik oder allgemein die Informationstechnik.
- $K \in T$ kennzeichnet die in die Technologie eingebundene Arbeitskraft. Dahinter stehen im Allgemeinen die Arbeitswissenschaften mit vielen Teilgebieten und Bezügen zu den verschiedensten Sozial- und Geisteswissenschaften.
- Auch die Durchschnitte von Teilmengen lassen sich bestimmten Bereichen und Aufgaben zuordnen, wie
- $M \cap G$ als den üblichen Bereich der Artefakte, der vordergründig durch naturwissenschaftliche und im engeren Sinn technische Kategorien geprägt sein kann;
- $M \cap K$ als Bereich, der vordergründig mit ergonomischen und sicherheitstechnischen Problemen zusammenhängt;

- $G \cap K$ als Bereich, der vordergründig an Fragen des Arbeits- und Umweltschutzes orientiert sein kann.

Die Einbeziehung der Arbeitskraft betrifft demnach häufig sicherheitstechnische und arbeitsschutztechnische Probleme für den normalen Betrieb der Artefakte. Für größere Störungen oder gar Havarien ist eine Dekomposition der Darstellung nicht möglich. In diesen Fällen muss die Wechselwirkung aller drei Teilmengen berücksichtigt werden.

Zur Beherrschung der mit den genannten Gegenständen verbundenen Aufgaben und Problemen in allen Phasen des Reproduktionsprozesses, also für

- Entwurf,
- Errichtung,
- Betrieb und
- Beseitigung

der technischen Artefakte bedient sich die Technik der unterschiedlichsten Modelle und Modellvorstellungen. Dabei spielt das Kategorienpaar Empirie – Theorie eine zentrale Rolle, da eine theoretische Erfassung und Beschreibung aller möglichen Einflussfaktoren prinzipiell nicht möglich ist. Der Inhalt der technischen Betrachtung besteht in der Konzentration auf die wesentlichsten Einflussfaktoren. Die Gesamtheit aller Modelle und Modellvorstellungen, deren Pflege und Entwicklung stellen den Inhalt der Technikwissenschaften dar. Da die Modelle und Modellvorstellungen von den künstlerischen und ästhetischen Auffassungen zur Technik, z.B. beim Entwurf, über deren ökonomische, ökologische und sonstige gesellschaftliche Auswirkungen natürlich bis hin zu den die Funktion der Artefakte beschreibenden naturwissenschaftlichen Sachverhalten reichen, stellen die Technikwissenschaften von ihrem Gesamtgegenstand her tatsächlich eine Einheit der zwei Kulturen, eine Einheit von Natur- und Geisteswissenschaften dar. Danach sollte man sinnvoll die Technikwissenschaften neben die Natur- und Geisteswissenschaften stellen. Eine Allgemeine Technologie lässt sich als ein zentrales Arbeitsgebiet der Technikwissenschaften einordnen, wie auch z.B. eine allgemeine Konstruktionswissenschaft oder auch eine allgemein Werkstoffwissenschaft. Eine Aufspaltung zwischen den Technikwissenschaften einerseits und einer Allgemeinen Technologie andererseits würde die letztere ihrer kennzeichnenden Artefakte berauben. Die Technologie würde zu einem geisteswissenschaftlichen Substrat entarten, das durch den Wegfall

auf den expliziten Bezug der Eigenschaften der Artefakte sich wesentlicher Kategorien für die Systematisierung und Vergegenständlichung enthält.

Angemerkt sei noch, dass eine solche Auffassung von Technikwissenschaften und Technologie auch wesentliche Schlussfolgerungen für die Gestaltung der Ingenieurausbildung haben könnte. Gegen den Wildwuchs der Bachelor- und Masterstudiengänge könnten für das Grundstudium vier oder fünf Studiengänge gesetzt werden. Diese müssten ein für alle späteren Spezialisierungen sicheres Grundlagenwissen und Verständnis der Ingenieure untereinander bieten sowie eine zukünftig notwendige Flexibilisierung ohne Schwierigkeiten ermöglichen. Sie könnten angelehnt werden an die „big four“ der amerikanischen Ausbildung. Das wären

- das mechanical und das civil engineering als die Richtungen, die Artefakte schaffen;
- das process engineering, das vordergründig am Arbeitsgegenstand orientiert ist;
- das electrical engineering, das vielleicht zweckmäßig zu teilen wäre (die Starkstromtechnik ordnet sich in den Bereich ein, der sich für die Arbeitsmittel verantwortlich fühlt, die Schwachstromtechnik dagegen in den Bereich, der sich an die Arbeitsgegenstände anlehnt).

Damit hätte man drei Grundstudienrichtungen, die im engeren Sinn konstruktiv orientiert wären, und zwei oder drei, die durch eine Prozess- oder Technologieorientierung geprägt wären. Hinzu käme vielleicht noch ein social engineering als die Grundlage für alle Studienrichtungen, das sich mehr oder weniger mit der Arbeitskraft im technologischen Prozess auseinander zu setzen hätte.

Soviel als ein erstes Beispiel, welche Konsequenzen aus einer Annahme, wie sie vorstehend skizziert worden ist, abgeleitet werden könnten. In Verbindung damit könnten dann auch Lehrbücher und andere Ausbildungsmaterialien angestrebt werden, die von einer Verallgemeinerung der speziellen Technikwissenschaften geprägt werden könnten, wie das auch von der Zielstellung unserer Veranstaltung von einer Allgemeinen Technologie verlangt wird. Aus einer solchen Position könnten dann auch wesentliche Impulse für eine Erhöhung der Effektivität und der Qualität der Ausbildung auf dem Gebiete der Technik insgesamt abgeleitet werden, angefangen von der Gestaltung der Facharbeiterausbildung über die Rolle der Technik in den Schulen bis hin zur Hochschulausbildung. Auch der Charakter und die Organisation des

wissenschaftlichen Austausches könnte von derartigen Positionen gesteuert und gelenkt und damit vielleicht auch qualifiziert(er) werden.

Literatur

- Fratzscher, W. (2004): Zur Stellung und Struktur der Technikwissenschaften. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft in Großbothen, Sonderheft 18, S. 8-31
- Snow, C. P. (1959): *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge
- Spur, G. (1998): *Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaften*. München/Wien

