

Fridericiana

Zeitschrift der Universität Karlsruhe
Heft 15 Jubiläumsband



Variation zu einem Thema von Max Bill

Fridericiانا

Zeitschrift der Universität Karlsruhe

Heft 15 Jubiläumsband

150 Jahre Universität Karlsruhe

1825 — 1975

Inhalt

5

Geleitwort

Professor Dr. Dr. h. c. Heinz Draheim

Rektor der Universität Karlsruhe

7

Staat, Technik und Gesellschaft

Zur Geschichte der Fridericiana

im 19. Jahrhundert

Prof. Dr. Walter Bußmann, Dr. Klaus Neumaier

23

Über die geschichtliche Entwicklung

und den Sinn technischen Handelns

Prof. Dr.-Ing. Hans Rumpf

75

Der Bildungswert der Naturwissenschaften

Prof. Dr. Wolfgang Ruppel

93

Technik im Brennpunkt

interdisziplinärer Reflexion

Prof. Dr. Hans Lenk, Dr. Günter Ropohl

»Der Mensch ist gewohnt, in Zeitabschnitten zu denken. Die runde Zahl spricht seinen Sinn für Harmonie an, er sieht die Masse der Zeit, deren endloser Ablauf ihn oft genug beunruhigt, gegliedert vor sich.« (Friedrich Sieburg)

Diese Sätze, die man durchaus als ausreichende Begründung für Jubiläumsveranstaltungen ansehen kann, stehen in der Biographie eines Mannes, der als Dichter, Politiker, Philosoph, Weltreisender, Journalist — kurz als eine Art Zeitgeist — im Jahre 1825, dem Gründungsjahr der heutigen Universität Karlsruhe, unter dem Motto »Die Welt ändert sich« immer wieder auf die Umgestaltung der Gesellschaft durch die aufkommende Industrie hinwies. François-René de Chateaubriand (1768—1848), der Zeitgenosse Tullas und Weinbrenners, deren Fachschulen den Grundstock für die nach dem Vorbild der Pariser Ecole Polytechnique gegründeten Polytechnischen Schule bildeten, die als die älteste Technische Hochschule Deutschlands gelten kann, Chateaubriand, an dessen Totenbett die »jungen Männer des Polytechnikums« in ihren Paradeuniformen die Totenwache hielten, sah den echten Wandel, der keine Rückkehr zu den Verhältnissen der Zeit vor Napoleon und der französischen Revolution zuließ:

»Das Universum wandelt sich rings um uns; neue Völker erscheinen auf der Bühne der Welt; erstaunliche Entdeckungen kündigen eine baldige Umwälzung in den Künsten des Krieges und des Friedens an. Religion, Politik, Sitten, alles nimmt einen anderen Charakter an. Nehmen wir diese Bewegung wahr? Marschieren wir mit der Gesellschaft? Folgen wir dem Gang der Zeit? Bereiten wir uns darauf vor, unseren Rang in der umgestalteten oder anwachsenden Gesellschaft zu bewahren?« Und weiter: »Republiken halten einen unermesslichen Teil der Erde an den Ufern der beiden Ozeane besetzt. Bei diesen Völkern, die in voller Jugendkraft stehen, in diesen noch jungfräulichen Ländern wird die

perfekionierte Zivilisation des alten Europa einer machtvollen und energischen Natur Hilfe leisten. Die Maschinen Englands werden die Minen Amerikas ausbeuten. Dampfschiffe werden die Ströme hinaufgehen, in den als undurchdringlich verrufenen Wäldern werden die Eisenbahnen verkehren ... der Isthmus, der das eine Amerika mit dem anderen verbindet, wird seine Schranken durchbrechen. Die neue Marine, die ihre Bewegung dem Feuer verdankt, bietet den Meeren Trotz, es gibt keine Strömungen, Monsune oder Gegenwinde mehr. Geschosse von unbekannter Form und Gestalt werden erfunden ... Was tun wir inmitten dieser Weltbewegung?«

Die Visionen des Romantikers Chateaubriand sind Realitäten geworden. Die Gesellschaft hat sich unter dem Einfluß der Technik »qualvoll, aber unaufhaltsam« (Sieburg) umgestaltet. »Man kann den Einbruch der modernen Technik und ihrer Folgen für schlechthin alle Lebensfragen gar nicht überschätzen« (Jaspers, 1955). Ohne naturwissenschaftlich-technische Forschung und Bildung in eigenständigen Hohen Schulen hätte das »technische Zeitalter« wohl noch auf sich warten lassen.

Es liegt nahe und ist auch legitim, anlässlich von Jubiläen den eigenen Anteil an dieser Entwicklung herauszustellen, so wie dies letztmalig aus Anlaß der 125-Jahr-Feier der Technischen Hochschule Fridericiana in einer Festschrift geschehen ist. Diese Festschrift erschien in einer Zeit, die wie die Gründerjahre unserer Hochschule eine Zeit des Umbruchs war. Auch heute ändert sich die Welt mehr als in normalen Zeiten üblich. Ruppel weist in seinem Beitrag zu dieser Festschrift darauf hin, daß der Mensch nur mit großem Beharrungsvermögen auf die aus Wandlungen der technischen Umwelt entstehenden Bildungsnotwendigkeiten reagiert. Diese Feststellung dürfte auch allgemeiner gelten. Und so ist es nicht verwunderlich, daß die Festschrift des Jahres 1950 neben der Be-

standsaufnahme vor allem »die bedeutendsten Männer ihrer Zeit« würdigt, die als Lehrer und Forscher an der Fridericiana gewirkt haben. Es ist keine Mißachtung der Rolle der Persönlichkeiten, die auch heute noch trotz aller struktureller Veränderungen entscheidend für die Bedeutung einer Universität sind, wenn die Jubiläumsveröffentlichungen zum Jahre 1975 allgemeinere Betrachtungen in den Vordergrund stellen, als Versuch, in einer Zeit, in der die Universitäten heftiger, meist abwertender Kritik ausgesetzt sind, eine sachliche Selbstdarstellung anzubieten.

In diesem ersten, dem Jubiläum gewidmeten Heft der Fridericiana wird versucht, einen Beitrag zur Einschätzung der Rolle von Technik und Naturwissenschaften aus dem Blickwinkel einer Hohen Schule der Technik zu leisten. Koordiniert vom Historiker Walter Bußmann, der zusammen mit Klaus Neumaier den Hintergrund der Gründungsmotive und Ziele des Karlsruher Polytechnikums zeichnet, befaßt sich der Ingenieur Hans Rumpf nach einer Darlegung des technischen Hintergrundes mit der Sinnfrage technischen Handelns, versucht der Physiker Wolfgang Ruppel mit der Frage nach dem Bildungswert der Naturwissenschaften am Beispiel der Physik das »komplizierte, verkrampfte

und affektbeladene Verhältnis« zur geisteswissenschaftlichen Bildung zu versachlichen, und versuchen der Philosoph Hans Lenk und der Ingenieurwissenschaftler Günther Ropohl, die moderne Technik, »diese technische Kultur, die unser Zeitalter prägt«, einer fachübergreifenden Synthese zuzuführen.

Diesem ersten Heft zum Jubiläum 1975 werden zwei weitere folgen, in denen sich die Fakultäten darstellen, wobei der Blick mehr auf Gegenwart und Zukunft als in die Vergangenheit gerichtet ist. Wenn dabei von den großen strukturellen Veränderungen der letzten Jahre vor diesem Jubiläum kaum die Rede sein wird, dann geschieht dies nicht, weil die Universität Karlsruhe diese als eine zu vernachlässigende Episode betrachtet, sie hat vielmehr durch ihr Verhalten in den letzten kritischen Jahren deutlich gemacht, daß sie den Wandel sieht und anerkennt. Bei aller Bedeutung von Gesetzen, Grundordnungen und Organisationen kommt diesen jedoch nur eine dienende Funktion zu: Sie geben den Rahmen ab, in unseren Jubiläumsveröffentlichungen soll vom Inhalt die Rede sein.

Heinz Draheim

Rektor der Universität Fridericiana Karlsruhe

Staat, Technik und Gesellschaft. Zur Geschichte der Fridericiana im 19. Jahrhundert

von Walter Bußmann und Klaus Neumaier

7

Aus der Sicht der modernen Geschichtswissenschaft erscheint die Historie der Fridericiana wenig erforscht.¹ Vornehmlich sind jene Motive und Kräfte zu betrachten, die im 19. Jahrhundert zur Zweiteilung des deutschen Bildungswesens führten und dadurch bis heute das Verhältnis von Technik und Gesellschaft bestimmen.

Die fortschrittsgläubig bejubelte und kulturpessimistisch umstrittene Rolle der Technik und der technischen Wissenschaften in der Gesellschaft entbehrt keineswegs dieser historischen Dimension. Die besonderen Bedingungen und das Wirksamwerden von Erfindungen und Entdeckungen beim Zusammenspiel naturwissenschaftlicher und technik-wissenschaftlicher Forschung erscheinen ebenso wesentlich wie die Feststellung, daß man zum Beginn der Neuzeit danach strebte, exaktwissenschaftlich Naturzusammenhänge zu erkennen und zu begründen.² Daß die Technik zu einer lebensnotwendigen Funktion des Menschen werden konnte, entspringt jedoch nicht nur dem Säkularisierungsprozeß,³ dem das Welt- und Gesellschaftsbild seit dem Mittelalter unterliegt. Die im 19. Jahrhundert vom Transzendentalen ins Diesseits gewendete Vorstellung von einem ewigen Fortschreiten des Menschengeschlechts zur Vervollkommenung, der eine zielgerichtete lineare Anschauung von Entwicklung zugrunde liegt, beflügelt vom Gedanken eines Wohlfahrtsstaates, der das Glück dem Tüchtigen zuteil werden läßt, kann nicht allein den Aufschwung der Technik zur industriellen Macht, die Entstehung der technischen Wissenschaften, deren Lehrbarkeit und Ausprägung zu einem eigenständigen Bildungswesen erklären. Bevölkerungsstatistiken und Erhebungen zur wirtschaftlichen Entwicklung im 19. Jahrhundert zeigen den Zug zur Industrialisierung an.⁴ Neue Lebens- und Arbeitsformen forderten neue Ausbildungsmöglichkeiten, deren Struktur von der Einheit der Technik als Organisationsprinzip bestimmt wurde.⁵ Die politische und ökonomische Theorie des Liberalismus schuf im deut-

schen Staatenbund den geistigen Boden, auf dem das Universitätswesen reformiert und zugleich das Technische Hochschulwesen begründet werden konnte.⁶ Krieg und Revolution, oft als Väter der Technik apostrophiert,⁷ sind deshalb für die Begründung der Polytechnischen Schule zu Karlsruhe nicht unmittelbar maßgebend gewesen, weil durch den Ruf nach »Konstitution und Maschine« ein gesamtgesellschaftlicher Umschichtungsprozeß evolutionär gesteuert werden sollte.

1. Technik und technische Wissenschaft

Die Geschichte der Universitäten und die Geschichte der Technik reichen bis in die Antike zurück. Bis heute ist jedoch nicht geklärt, weshalb nicht schon damals die Technik zur industriellen Macht werden konnte und nicht auf Hochschulebene gelehrt wurde. Wohl nutzte man die Technik zu militärischen und spielerischen Zwecken, jedoch nicht zur Massenfertigung von Gütern im heutigen Sinne oder gar etwa den Dampf zu einer allgemeinen nutzbaren Energiegewinnung.⁸ Brachte auch das Mittelalter manche technische Neuerung, so konnte doch im Rahmen einer ständischen Welt- und Gesellschaftsanschauung bei einer europäischen Ritterkultur mit transzendentelem Bewußtsein kein Arbeits- und Marktbegriff entwickelt werden, der als Basis moderner Technik den Übergang von der Bedarfs- zur Überfluggesellschaft einleitete.⁹ Erst im Laufe des 17. und des beginnenden 18. Jahrhunderts wandelte sich der Bedeutungsgehalt des Begriffs Technik in diesem Sinn. Das Wort, aus dem Griechischen ins Neulateinische und von hier wieder in die modernen Einzelsprachen entlehnt, war zuerst als praktisches Vermögen des Menschen im Sinne von »Können« verstanden worden. Davon spaltete sich bis 1800 der heute überwiegende Bedeutungsgehalt ab, daß Technik die Gesamtheit der Produktionsmittel, -instrumente und

-methoden in Handwerken, Gewerben, Manufakturen und Fabriken benennt, die sich aus vielen Herstellungsverfahren zusammensetzen, je nach den dabei angewandten Methoden und Zielen der Ver- oder Bearbeitung.¹⁰

Die Philosophischen Fakultäten der Universitäten sind als Keimzellen der Naturwissenschaften bekannt. Abgesehen von der Frage, ob sich hier oder außerhalb der Hohen Schulen die naturwissenschaftliche Forschung entwickelt habe,¹¹ ist die Hinwendung zur experimentellen Methode mit ihrem auf meßbare quantitative Verhältnisse ausgerichteten Erkenntnisinteresse zu dem Angelpunkt geworden, von dem das Wechselspiel zwischen Naturwissenschaft und Technik herrührt.¹² Die breite Nutzung der Naturkräfte war jedoch erst dann möglich, wenn die Verfügungsgewalt über sie weltimmanent einem menschlichen Prometheus zugesprochen wurde, »sich die Welt untertan zu machen«.¹³ Die Anerkennung der Be- und Verarbeitungskunst mit ihrer Nutzung zu wissenschaftlichen Zwecken machte die Technik mit zur Wegbereiterin moderner Naturwissenschaft. Durch einen Rückkoppelungsprozeß erlangte die Technik eine Priorität, die in der experimentellen Systematik mitbegründet war. Diese neue Funktion der Technik drückte sich darin aus, daß die Kenntnis der Naturwissenschaften nur noch vorbereitenden Charakter bei der technischen Ausbildung haben sollte.¹⁴ Systematisches Finden statt zufälligen Entdeckens wurde zum Leitgedanken der technisch-wissenschaftlichen Ausbildung. Die dazu notwendige beliebige Wiederholbarkeit von Vorgängen im Experiment war aber erst durch die »Maschine« möglich.¹⁵

So erscheint Technik und technische Wissenschaft mehr als nur angewandte Wissenschaft, mehr als ein rein zweckrationales Handeln.¹⁶ Dem Humboldtschen Universitätsgedanken mit dem Ideal individueller Selbsterziehung und -bildung durch zweckfreies Erkenntnisstreben schien die Zweckrationalität der Technologie

zuwiderzulaufen. Geist und Materie, formale und materiale Bildung schienen unvereinbar, weil das eine auf das Individuum, das andere auf die Gesellschaft zielte. Trug man damit wohl der Eigengesetzlichkeit der Technik Rechnung, so schloß man sie damit ursprünglich doch aus dem Kanon der Universitäts-Wissenschaften aus.

Der hundertjährige Kampf um die institutionelle und damit soziale Anerkennung der Technik und ihrer Wissenschaftlichkeit war von ständigen Auseinandersetzungen zwischen den Universitäten und den Technischen Hochschulen geprägt.

Den »productiven Klassen«, wie Nebenius das Bürgertum nannte, sollte diese Schule dienen und der mittelbaren Förderung der wirtschaftlichen Wohlfahrt des Landes.¹⁷ Das Bürgertum als neue Adressatengruppe der bildungspolitischen Bemühungen schien Fertigkeiten und Fähigkeiten zu benötigen, die im traditionellen Bildungswesen nicht zu vermitteln waren. Die Anerkennung sozialer Ebenbürtigkeit konnte es jedoch erst erringen, wenn im bildungspolitischen »Zwei-Wege-Streit« des 19. Jahrhunderts die Technik exaktwissenschaftlich auf mathematisch-physikalischer Grundlage als organisatorische Einheit mit Hochschulstatus verankert wurde. So mußte ein von niederen technischen Lehranstalten über Real- oder Mittelschulen, höhere Bürgerschulen und Lyceen zum Polytechnikum als Technischer Hochschule führender Ausbildungsweg inhaltlich und institutionell konstituiert werden. Daß zuerst ein Polytechnikum als Staatsanstalt gegründet wurde, erschien natürlich, da dessen Aufgabe die Ausbildung von Lehrern für die übrigen Schularten neben der »Erziehung zur Industrie« sein sollte.¹⁸ Anfänglich ein Zentrum für Vor-, Aus- und Fachbildung wurde die polytechnische Schule dadurch zur Technischen Hochschule, daß ihre Aufnahmebedingungen sich änderten, daß man nicht nur lehrte, sondern forschte, daß man die Tribute einer Hoch-

schule wie Fakultätengliederung, Selbstverwaltung, Berufsrecht, Privatdozententum, Diplomierungs- und Promotionsrecht errang.¹⁹ In Karlsruhe war Ferdinand Redtenbacher²⁰ die Persönlichkeit, die der Technik als Wissenschaft zum Durchbruch verhalf. Er fand nachträglich die Konstruktionsgesetze für den Turbinen- und Ventilatorenbau und faßte sie auf mathematischer Grundlage zusammen.²¹ Die Keimzellen technisch-wissenschaftlicher Forschung wurden die mechanisch- und chemisch-technischen Werkstätten und Laboratorien, deren Einteilung auf ihn zurückgeht. Aus dieser Schule gingen die berühmten Eisenbahnkonstrukteure und Fabrikanten der Zeit wie Emil Keßler hervor.²² Redtenbachers Nachfolger Franz Grashof hat dann konsequent mit dem Verein deutscher Ingenieure für das Polytechnikum den Hochschulstatus gefordert, der im Organisationsstatut von 1865 schließlich ausdrücklich benannt wurde.²³ Doch erst zum 100jährigen Jubiläum der Hochschule konnte neben dem auf die technischen Wissenschaften beschränkten Promotionsrecht zum Doktor-Ingenieur auf Graduierungsmöglichkeiten auch der Allgemeinen Abteilung verwiesen werden.²⁴

2. Humanismus und Realismus. Gelehrtenwesen und technische Intelligenz

Der Technik und den technischen Wissenschaften wurde in der bildungspolitischen Diskussion des 19. Jahrhunderts im Sinne klassisch-neuhumanistischer Erziehung kaum Bildungswert zugesprochen. Gründe dafür — der Wandel in Staat, Gesellschaft und Wirtschaft und erste Ansätze einer Wissenschaftstheorie der Technik — wurden bereits angedeutet. Aus staatlicher Sicht verbot sich für die technische Ausbildung ein Humboldtsches Universitätsideal, da sie sozial gebunden vornehmlich der mittelbaren Wirtschaftsförderung dienen sollte, während die preußische Hochschulreform, heute

als Reaktion gegen eine beginnende staatliche Übermacht im Bildungswesen zumeist verstanden, der Wissenschaft einen Freiraum gewinnen wollte.²⁵

Die Kluft zwischen diesen Bildungsvorstellungen für die Technik und für die Wissenschaft suchte man einerseits zu begründen, andererseits zu überwinden. Diese Anschauungen wurden im Rahmen einer ambivalenten Deutung der Technik geprägt, die schon zur Zeit der Anfänge des technischen Hochschulwesens stattfand.²⁶ Sie erschien als Hoffnung und Gefährdung des Menschen, als ökonomische, politische und soziale Emanzipationsmöglichkeit wie als Materialisierung und Mechanisierung des Lebens und der Menschen selbst.²⁷ Die einen wollten sie durch Hereinnahme neuhumanistischen Bildungsguts und geistesaristokratischer Gelehrsamkeit läutern,²⁸ die anderen betonten ihren lebenspraktischen Bezug, dem ein Gelehrtenwesen überkommener Prägung widerspreche.²⁹ Dabei war die soziale Rolle des »Ingenieurs« noch keineswegs festgelegt.³⁰ Der »Realismus« war die bildungsgeschichtliche Bewegung, die »technische Intelligenz« hinsichtlich ihrer Stellung und Funktion in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft zu beschreiben.

In Deutschland hatte sich die Wirtschaft bis vor 1750 nicht gänzlich von den Auswirkungen des Dreißigjährigen Krieges erholt.³¹ So ergab sich beim Vorrang Englands ein wirtschaftliches Gefälle über Frankreich, Belgien und Holland zum Osten und Süden des Reiches hin. Diese letzteren Gebiete waren vorwiegend agrarisch strukturiert. Darauf zielten auch die physiokratischen Reformversuche des aufgeklärten Monarchen Karl Friedrich von Baden und seines mehr wirtschaftsliberal gesinnten Beamten­tums.³² Die von der »Maschine« bestimmte industrielle Revolution³³ Englands konnte nicht in gleicher Weise in Baden und Deutschland stattfinden, da im zersplitterten deutschen Staatenbund und gebietsmäßig vergrößerten Großherzogtum Baden zuerst die Zollschränken und

der *Circulus vitiosus* der Schutzzollpolitik fallen, die Staatsfinanzen geordnet und eine zentrale Verwaltungsbürokratie aufgebaut werden mußten.³⁴ Bei fehlendem Kapital konnte das Bemühen, sich neue Technologien anzueignen, kaum gelingen. Deshalb sollte die Heranbildung einer »technischen Intelligenz« der Wettbewerbsfähigkeit auf einem Industriemarkt dienen, der nach der Aufhebung der Napoleonischen Kontinentalsperre und den Agrarkrisen zu Beginn des 19. Jahrhunderts vorwiegend von englischen Waren beherrscht wurde.³⁵

Die polytechnische Schule zu Karlsruhe wirkte für die frühindustrielle, bürgerliche Gesellschaft als Mobilitätsfaktor. Im Zuge der Verstädterung strömte die ländliche Bevölkerung zu Handwerksberufen. Im Generationswechsel stellten diese das Reservoir für Pfarrer und Lehrer dar, die wieder vorwiegend die Mitglieder des öffentlich und freiberuflich tätigen Akademikertums stellten.³⁶ Die »Assoziationen« der Zeit, Gewerbevereine und vornehmlich der 1856 gegründete Verein Deutscher Ingenieure, arbeiteten für die soziale Anerkennung der zwischen Unternehmern und Arbeitern stehenden Berufsgruppe der Ingenieure und Techniker, die technologische Kenntnisse zur Daseinserleichterung der Menschen beim Bergbau und der Eisenverhüttung, in der Maschinenkonstruktion, der Energiegewinnung durch Dampf, Elektrizität oder Verbrennung von Kohle, Gas und Erdöl anwenden sollten.³⁷ Straßen-, Schienen- und Flußbau, Eisenbahn, Auto und Dampfschiff waren noch keine Selbstverständlichkeit, um das Land verkehrsmäßig zu erschließen und dadurch der Industrie Transportmöglichkeiten zu eröffnen, die den Handel zur Blüte bringen konnten, neuen Industriezweigen Lebensmöglichkeiten und Menschen Arbeits- und Verdienstmöglichkeiten verschaffen sollten.

Die auf Realbildung zielende »Erziehung zur Industrie« wegen notwendiger Gewerbeförderung wurde gemeinhin zu dem Mittel, die Ökonomie der Technik zu einer gesellschaftlichen

Macht zu erheben, so daß sie schließlich die politischen Denkweisen beeinflussen konnte.³⁸ In Baden hielt Nebenius eine Teilung des Unterrichtswesens in gelehrte und realistische Bildung deshalb für nötig, weil die »Beförderung der Production und der Nationalwohlfaht« ... »directe Maßregeln zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse« fordere, um »für alle Theile der Gesellschaft in allen Zweigen« ertragreich zu sein.³⁹ »Die fortschreitende Vervollkommnung des allgemeinen Volksunterrichts, und ein von dieser Grundlage ausgehender technischer Unterricht, der alle Zweige und Grade der technischen Bildung umfaßt, ist in der ökonomischen Lage (Sp. d. Verf.), in welcher sich die Gesellschaft in allen Ländern Europas befindet, die unerläßliche Bedingung ihres fernern Wohls, oder der Verbesserung ihres Zustandes, die dringendste und wichtigste Aufgabe der Regierungen.«⁴⁰ Dabei sollte die neue Bildungsmöglichkeit Klassenschranken überbrücken, nicht vertiefen. Auch die »Angehörigen gebildeter Classen« sollten am »Gebiete productiver Thätigkeiten« Anteil nehmen.⁴¹ Die Hebung der »Bildung der grossen Masse des Volkes« sei nicht nur von Vorteil, sondern auch eine Forderung der Gerechtigkeit, wenn man die öffentliche Sorge für die gelehrten Unterrichtsanstalten betrachte. »Ist das Interesse der Gesellschaft bei den Zwecken, wofür diese letzten Anstalten gegründet sind, zu sehr beteiligt, als daß man deren Erstrebung der Privatunternehmung überlassen könnte, und ist in der That kein Zweifel, daß in dem damaligen gesellschaftlichen Zustande die Mitwirkung der Gesamtheit zur sichern und befriedigenden Erreichung jener Zwecke mittelst Gründung öffentlicher Anstalten nicht entbehrt werden kann, so gilt beides auch von den technischen Unterrichts = Anstalten.«⁴²

Nebenius sieht das gesamte Unterrichtswesen als organisches Ganzes, das »in seinen Abstufungen und Verzweigungen mit dem gesellschaftlichen Zustande in allen Beziehungen in

Harmonie« stehen müsse.⁴³ So schließt er die humanistische Menschenbildung bei der realen Berufsbildung nicht aus, aber er begrenzt sie und stuft sie nach gesellschaftlichen Bedürfnissen ab. Weil die Gesellschaft in die beiden Klassen der Gelehrten, die für die Pflege der »innern Güter der Gesellschaft« berufen sind, und die Klasse der in der Volkswirtschaft Tätigen, die weit zahlreicher sei, zerfalle, sei eine institutionelle Trennung der Bildungsorganisationen notwendig. »... eine Trennung jener Anstalten gestattet dagegen, in der Wahl des Lehrstoffes und der Methode die verschiedene Richtung der geistigen Thätigkeit zu berücksichtigen, welche in den Gebieten der Production und in den Berufen, wozu das academische Studium befähigt, sich äußert.«⁴⁴

Somit werden die beiden Hauptzweige des öffentlichen Unterrichts geschaffen, die zum Universitätsstudium oder zu den technischen Lehranstalten führen, begründet aus einem Gesellschaftsbild, das vom ökonomisch geprägten Klassenbegriff und nicht mehr vom rechtlich geformten Standesbegriff ausgeht. Das Bildungswesen reagiert wie ein Seismograph auf den gesellschaftlichen Wandel, der sich vollzogen hat. Wohl klingen noch traditionelle Vorstellungen an, wenn jede Klasse ihrem Stand gemäß geistige Reife besitzen solle und entsprechende Bildung. Auf solche Weise erst können die Teile der Gesellschaft zusammen funktionieren. Aber gerade polarisierte unterschiedliche Funktionen fordern getrennte Ausbildungsgänge.

3. »Konstitution und Maschine«. *Demokratie und Technik im 19. Jahrhundert*

War die Gründung der Technischen Hochschule auch ein Ausfluß der Notsituation, die den Zeiten der Wirtschaftskrisen und Konjunkturfällen zu Beginn des 19. Jahrhunderts entsprang, so daß man sagen konnte:

»Wir auf dem Kontinente sind gezwungen, durch intelligente Kraft und wissenschaftliche Einsicht das mangelnde Geld und die eingeschränkte Erfahrung zu ersetzen oder zu unterstützen«,⁴⁵ so verfehlte der zugunsten eines bürgerlich liberalen Nationalstaats einsetzende Umbruch im politischen Denken der Zeit keineswegs seine Wirkung auf die Ausformung der technischen Bildung. Der Ruf nach »Konstitution und Maschine« als den zeitgenössischen Schlagworten, die die Landtagsdiskussionen beherrschten, ist »Lebenszweck des Bürgertums«.⁴⁶

Die Architektonische Zeichenschule, eingerichtet 1768, die 1774 dem Lyceum angegliederte Realschule und die 1807 gegründete Ingenieurschule Tullas⁴⁷ waren Bausteine zu dem im Dezember 1825 eröffneten Polytechnikum in der Residenzstadt Karlsruhe. Sah Major Tulla in den seit 1808 zu dessen Errichtung geschmiedeten Plänen die Tätigkeit von Ingenieuren als wesentlich für Ackerbau und Handel eines gebildeten Landes,⁴⁸ die Residenzstadt deshalb als günstigsten Standort an, weil hier die zentrale Verwaltung zusammengefaßt war, so argumentierte Oberbaudirektor Weinbrenner, daß »ein jeder nach seiner Fähigkeit zum Wohl und zum Vorteil des Staates« durch eine »systematische Erziehungsanstalt« gebildet werden solle, da »nur Industrie und Gewerbefleiß die größten und besten Zweige von dem Wohl des einzelnen Bürgers und des Staates ausmachen«.⁴⁹ Dem Finanzministerium schien jedoch für die Bedürfnisse und Verhältnisse des Landes noch keine einheitliche technische Bildungsanstalt vonnöten. Vielmehr sollte der Handwerkerstand in seiner Form erhalten werden. »Der arbeitssame, still wirkende Trieb, die bescheidene Einschränkung auf das gewählte oder angewiesene Geschäft, die dieser Bürgerklasse so gut ansteht, geht durch die Erweckung solcher, ohnehin nur unvollkommen erreichter wissenschaftlicher Studien verloren.«⁵⁰ Noch identifizierte man Ingenieure und Baumeister mit

Handwerkern und Gewerbetreibenden. Der aufgeklärte Absolutismus Karl Friedrichs (1746 bis 1811) geriet jedoch ins Wanken.⁵¹ Erst damit setzten sich Anschauungen durch, die einen sozialkulturellen Wandel durch Bildung des Volkes ermöglichten. Das Dezennium zwischen den ersten Vorschlägen zur Gründung einer polytechnischen Lehranstalt vom Jahr 1808 und der Weiterführung dieser Pläne in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts ist die Zeit, in der in Baden der bürgerliche Geist erwacht und zur sozialen und politischen Macht wird.⁵²

Der gemäßigt liberale Jurist und Nationalökonom Nebenius ist der eigentliche Schöpfer der badischen Verfassung von 1818.⁵³ Vom absolutistischen Beamtengeist geprägt, befürwortete er im Sinne des Wohlfahrts- und Rechtsstaates begrenzte bürgerliche Freiheiten und ständische Vertretungen. Die Erörterungen in den neu geschaffenen Kammern des Landtags zeigen, welche Funktion der Polytechnischen Schule in der konstitutionellen Monarchie Badens zugeordnet war. Der Abgeordnete der 2. Kammer, Schmidt, Stadtrat und Arzt zu Freiburg, erklärte 1822 im Landtag, daß es eine Forderung sei, »welche unmittelbar aus dem Wesen unserer Konstitution hervorgeht, und zu deren Erfüllung der Staat durchaus verpflichtet ist«, »daß der Staat dem Bürgerstande den Weg eröffne zu höherer Ausbildung.«⁵⁴ Die Bildung sollte jedoch noch der Konsolidierung der Stände dienen, nicht der Verwischung von Standesschranken. So fragt Schmidt rhetorisch: »Soll nur demjenigen unserer Söhne, welcher hinaustritt aus dem Stande seiner Väter, der Zugang zu höheren Kenntnissen vergönnt seyn?«⁵⁵ Der Geheime Rat und Regierungsdirektor Kern aus Freiburg wollte durch die Schule ein Bildungsbürgertum erzogen wissen, das für den konstitutionellen Staat wirkte: »Insbesondere dürften polytechnische Institute nicht fehlen in konstitutionellen Staaten, in welchen die Ergreifung eines nährenden Erwerbszweiges nicht mehr genüge, sondern zur

regern Theilnahme an dem gemeinen Wohle, zur Ausbildung für das öffentliche Leben größere Aufklärung des Verstandes und vielseitige Kenntnisse erfordert würden. Die polytechnischen Schulen könnten und müßten die bürgerlichen Pflanzenschulen für das Parlament werden, und seyn in dieser Hinsicht von der höchsten Wichtigkeit.«⁵⁶ Dabei hatte man jedoch versäumt, die Zuständigkeiten für das Bildungswesen im Sinne der Volksvertretung festzulegen. 1825 widersprach Staatsrat Boeckh im Landtag einem Abgeordneten, der meinte, daß die Gründung eines solchen Instituts Sache der Gesetzgebung sei, Ort, Art und Weise durch Gesetz bestimmt werden müsse. »Diese Beschränkung der Regierung sei durchaus nicht in der Verfassung gegründet, und der Regent sey nirgends beschränkt, als wo es die Verfassung namentlich und bestimmt ausspreche. Eine solche Anstalt gehöre nicht in den Bereich der Gesetzgebung. Die Unterthanen würden dadurch nicht zu Handlungen verbunden. Die Bewilligung der Mittel dazu sey allein Sache der Stände.«⁵⁷ Die »Verfassungslücke« enthob damit die Stände einer unmittelbaren Einflußmöglichkeit auf die Regierungspläne, wenn auch die »Budgetbewilligung« als Bremskraft wirken konnte. Dabei pochte die Volksvertretung weiterhin auf den von ihr den technischen Lehranstalten gegebenen Sinn. So behandelte die Budgetkommission den Reorganisationsantrag von Staatsrat Nebenius positiv und begründete die Mittelbewilligung:

»Die vorangeschrittene Bildung der sogenannten gelehrten und höheren Stände, für welche der Staat so große Summen verwendet, fordert gebieterisch im Namen der Gerechtigkeit, ja im Interesse der Freiheit und der Verfassung, daß auch der bürgerliche Stand eine Bildung erhalte, die mit der ersteren fortschreitet; denn nimmer kann Freiheit und ächt constitutionelles Leben in Wahrheit bestehen, wo die Bildung und das Wissen nur das Eigentum einzelner Klassen ist...«⁵⁸ So war der konstitu-

tionelle Staat geschaffen, ohne mehrheitlich parlamentarisch durch die Legislative die Gestaltung des technischen Bildungswesens zu bestimmen. Der schwelende Konflikt zwischen der nur als Opposition angesehenen Volksvertretung und der Regierung barg absolutistische Kräfte, die noch den Freiraum der Wissenschaft beengten. Zu sehr war die Anstalt als »etwas Nützliches, Zweckmäßiges, das dem ganzen Lande wirklich zu gut kommt«⁵⁹ gedacht, die Technik noch ganz vom utilitaristischen Prinzip her betrachtet.⁶⁰ Die Polytechnische Schule wurde direkt dem Innenministerium unterstellt. Sie wurde eine Schule mit »Verwirklichungszweck«.⁶¹

4. Motive und Ziele im Verlauf der Gründungsgeschichte

Vor dem Hintergrund dieser allgemeinen Entwicklung lassen sich Gründungsmotive und -ziele des Karlsruher Polytechnikums veranschaulichen und gedanklich vertiefen. So soll in diesem Abschnitt die »historische Umwelt« geschildert werden, deren Kenntnis erst das Verständnis für die Entstehung höherer technischer Lehranstalten ermöglicht.

Das Polytechnikum ist im Vormärz des Großherzogtums Baden unter bestimmten politischen, sozialgeschichtlichen wie wirtschaftspolitischen Gesichtspunkten entstanden. In Baden hat sich der deutsche Liberalismus frühzeitig und auf eindrucksvolle Weise entwickelt und entfaltet.⁶² Die mit dem Namen Nebenius verbundene Verfassung von 1818 eröffnete ein konstitutionelles Leben, dessen Fortschrittlichkeit für die deutsche Staatenwelt vorbildlich geworden ist. Franz Schnabel, dem die Geschichtswissenschaft der zwanziger und dreißiger Jahre entscheidende Impulse verdankt — die unter den damaligen Verhältnissen nur eine beschränkte Wirkung erreichen konnten — und der zur Geschichte der Fridericiana im Zusammenhang der allgemeinen Geschichte noch

heute nicht überholte Beiträge geliefert hat, schreibt in seiner Geschichte des 19. Jahrhunderts dazu:

»Es wird wohl kaum ein Problem des modernen westeuropäischen Konstitutionalismus geben, das nicht in der Vergangenheit vor dem Forum der badischen Kammer immer wieder diskutiert und in seiner wissenschaftlichen und politischen Bedeutung dargelegt worden ist. Die Verhandlungen der badischen Landtage wurden in diesem Sinne vorbildlich für ganz Deutschland.«⁶³

Die Rechtfertigung dieser Aussage liegt in den Voraussetzungen und in den besonderen Bestimmungen der badischen Verfassung. Sie steht in einem inneren gemeinsamen Zusammenhang mit den süddeutschen Verfassungen.⁶⁴ Die Gründe für die konstitutionellen Zugeständnisse der Fürsten lagen zunächst nicht so sehr im »Zeitgeist« als vielmehr den Bedürfnissen der Staatsraison.

Der Großherzog Karl Friedrich (1746—1811) hatte 1771 die Markgrafschaften Baden-Baden und Baden-Durlach vereinigen können, 1803 im Reichsdeputationshauptschluß eine breite Gebietsarrondierung weiterführen, im Preßburger Frieden nochmals 2500 qkm erwerben und durch den Eintritt in den Rheinbund ein ganz neues Baden schaffen können, das nun statt 3500 qkm mit 190 000 Einwohnern zur Zeit seines Regierungsantritts eine rund vierfache Ausdehnung mit einer zehnfachen Bevölkerungszahl umfaßte.⁶⁵ Dieses geographisch nicht einheitliche und historisch nicht organisch gewachsene Land mußte wirtschaftlich und finanziell gesunden, institutionell und konstitutionell geeignet werden. Unter Großherzog Karl (1811 bis 1818) und dessen Nachfolger, seinem Oheim Ludwig (1818—1830), wurden diese Aufgaben in Angriff genommen. Dabei begünstigte die fehlende gesamtstaatliche Kontinuität die Gewährung einer noch obrigkeitstaatlich verordneten Verfassung.⁶⁶ Die territorialen Veränderungen seit der napoleonischen Ära mach-

ten Maßnahmen notwendig, die geeignet waren, die neuen Staatseinheiten zu stabilisieren. An der administrativen Vereinheitlichung von alten und neuen Gebieten hatte das Beamtentum — von dem Teile dem »Geheimratsliberalismus« zuzuzählen sind — den bedeutendsten Anteil. »Die Staatsbildung in den süddeutschen Staaten war eine ausgesprochene Verwaltungsleistung; sie war ein Prozeß administrativer Integration . . .«⁶⁷ Vom Standpunkt der Staatsraison sowie vom Standpunkt des dynastischen Interesses wurde es darüber hinaus wichtig, das Bewußtsein einer allgemeinen Staatsbürgerschaft hervorzurufen und zu pflegen. Für eine Beschleunigung dieses Prozesses schien eine gewählte Volksvertretung am ehesten geeignet. Das Repräsentativsystem diente in Süddeutschland der staatlichen Einigung, und die »administrative Integration« wurde durch die »parlamentarisch-repräsentative Integration« ergänzt.⁶⁸ Das Vorbild der Charte constitutionelle von 1814 wies den Weg, auf dem monarchische Souveränität und Konstitutionalismus — so verschieden auch die zeitgenössischen Interpretationen dieses politischen Begriffes waren — miteinander in Einklang gebracht werden konnten. Dieses Vorbild erklärt auch bei aller Unterschiedlichkeit in den Details den einheitlichen Zusammenhang in den süddeutschen Verfassungen. Ein doppelter Sachverhalt kann schon an dieser Stelle angedeutet werden: So wie von der Charte Frankreichs die Anregungen für die deutsche Konstitutionelle Bewegung ausgegangen sind, so hat auch im technisch-industriellen Bereich die École polytechnique auf die deutschen technischen Lehranstalten anregend gewirkt. Bürgerlichkeit, mit dem Verlangen nach Konstitutionen, und Frühindustrialisierung, mit dem Bedürfnis nach wissenschaftlicher Bildung, sind in einem Zusammenhang zu sehen.

Unter den süddeutschen Verfassungen entsprach die badische Verfassung am ehesten den konstitutionellen Ideen: In Baden wurde

ein Wahlrecht ohne Bevorzugung des niederen Adels oder des Großgrundbesitzes und mit nur beschränktem Zensus eingeführt. Modern an dieser Verfassung, deren geistiger Vater Nebenius in der Frühgeschichte der Fridericiana eine ebenfalls maßgebende Rolle spielen sollte, war vor allem die Bestimmung, daß entsprechend der französischen Charte die Wahlen rein örtlich in Städten und Bezirken und nicht in korporativen Verbänden durchgeführt wurden. Der Großherzog berief die Kammern alle zwei Jahre, vertagte und schloß sie. In ihren Tätigkeitsbereich gehörte vor allem die Zustimmung zum Erlaß neuer Gesetze, zur Erhebung der direkten Steuern, zur Erhöhung von bereits bestehenden sowie zur Erhöhung von neuen indirekten Steuern und zur Aufnahme von Staatsschulden. Diese Bestimmungen über die »Finanzgewalt« entsprechen überdies dem englischen Vorbild der konstitutionellen Doktrin, und sie betrafen nach genuin liberaler Auffassung das Kernstück in der Werteskala der Liberalen, nämlich das Eigentum. —

In Anknüpfung an die Tradition der Erklärung der Menschenrechte von der amerikanischen und französischen Revolution bis zur Charte von 1814 wurde ein Katalog von Grundrechten gewährt, der dem Bedürfnis nach einer »staatsfreien Sphäre« entgegenkam. Sie garantierten u. a. die Gleichheit aller vor dem Gesetz, die Freiheit der Person, der Meinung und die Sicherheit des Eigentums; ferner die Gleichberechtigung der drei Konfessionen und das Verbot willkürlicher Verhaftung. So wie die Grundrechte aber einen sozialen Zustand fixieren oder auch versprechen, so wurde auch in diesen Katalogen den Bedürfnissen der bürgerlichen Gesellschaft Rechnung getragen: »Die Gewährleistung der Grundrechte hatte in der frühkonstitutionellen Epoche den institutionellen Sinn der Sozialgestaltung; sie war ein Stück der großen Staats- und Sozialreform.«⁶⁹ Die süddeutschen Verfassungen, und in unserem Zusammenhang besonders diejenige des Groß-

herzogtums Baden, haben in der Geschichte des deutschen Parlamentarismus eine staatspädagogische Aufgabe erfüllt. Und die liberalen Zeitgenossen der Reichsgründungszeit haben mit Recht in dieser Phase der Volksvertretung eine politische Erziehungsmöglichkeit erblickt, die in den beiden deutschen Großstaaten, Preußen und Österreich, nicht vorhanden war. Die öffentliche Meinung Deutschlands richtete sich auf die Diskussionen der badischen Kammern.

Bevor aber die Motive und Ziele für die Gründung eines Polytechnikums in Karlsruhe sowie die frühindustrielle Situation beschrieben werden, sei noch die Frage nach dem Selbstverständnis der liberalen Opposition im Vormärz gestellt. Sie geht auf dieser Stufe der konstitutionellen Entwicklung von dem Gedanken eines grundsätzlichen Dualismus zwischen Regierung und Parlament aus — ein Gedanke, der den Liberalismus in der Geschichte des monarchischen Parlamentarismus im Grunde stets begleitet und auch gehemmt hat. Carl von Rotteck, der neben Welcker als Vertreter der Freiburger Universität der Ersten Kammer angehörte, hat die Funktion des Parlaments in diesem Sinne folgenreich definiert. Er hat in der Frühgeschichte des badischen Liberalismus einen festen Platz. Auf das allgemeine liberale Denken in den Jahren vor 1848 haben seine Werke und Reden einen kaum zu überschätzenden Einfluß ausgeübt. Das Staatslexikon,⁷⁰ das er zusammen mit Welcker seit den dreißiger Jahren herausgab, ist in breite Schichten des deutschen Lesepublikums eingedrungen. Rottecks Bedeutung hängt weniger mit der Originalität seiner Gedanken als mit dem Verbreitungsgrad zusammen, den diese Gedanken besaßen. Seine neunbändige »Allgemeine Geschichte« prägte lange das bürgerliche Geschichtsbild, mochte auch die Darstellung selbst längst von einer neuen kritischen Geschichtswissenschaft überholt sein. Im Jahre 1866 erschien eine 25. Auflage dieses Werkes, und ein Auszug »Allgemeine Weltgeschichte für alle Stände« kam zu

Beginn der siebziger Jahre in 7. Auflage heraus. Diese Auflageziffern machen deutlich, daß Rotteck als ein charakteristischer Repräsentant des Frühliberalismus auch in einer geistig und politisch veränderten Welt immer noch gelesen wurde. Seine Ideen bewahrten über den Wechsel der Epochen hinweg das Erbe der Aufklärung und wirkten unter der Oberfläche in den Schichten des mittleren und kleinen Bürgertums länger fort, als eine politische Ideengeschichte in ihrer Wanderung von einem zum anderen Gipfel des intellektuellen Lebens erkennen läßt. Eine Kenntnis des geistigen Arsenal, das Rotteck seiner politischen Zeitgenossenschaft gleichsam zur Verfügung stellte, eröffnet erst den Zugang zur Erkenntnis von Motiven und Ideen, die im Zusammenhang eines für die »bürgerlichen Stände« bestimmten Polytechnikums bedeutungsvoll gewesen sind. In seinen »Ideen über Landstände« (1819) hatte er definiert: »Landstände sind ein das gesamte zum Staat vereinte Volk (oder einen Teil desselben) vorstellender . . . Ausschuß, beauftragt, die Rechte dieses Volkes (oder Volksteiles) gegenüber der Regierung auszuüben.« »Nur die Gesamtheit der Abgeordneten repräsentiert die Gesamtheit des Volkes, der einzelne Abgeordnete allernächst nur eine Klasse oder seinen Bezirk.« Die »Realisten« unter den Liberalen waren sich allerdings auch über die Nachteile einer grundsätzlichen und geschlossenen Opposition des Parlaments gegenüber der Regierung im klaren. Wenn Rotteck argumentiert hatte, daß die »Ordnung des vernünftigen Rechtes« sich gleichsam naturnotwendig gegen das »historische Recht« durchsetzen werde, so traf doch — und besonders im Großherzogtum und vor allem seit der Julirevolution — eine Reihe von Faktoren zusammen, die eine Kooperation zwischen liberalen Abgeordneten und der Regierung ermöglichte. Der allmähliche soziale Aufstieg des Bürgertums trug zur Bereitschaft, mit den fortschrittlichen Kräften der Bürokratie zusammenzuarbeiten, erheblich bei.

So entwickelte sich ein Pragmatismus, der die gemäßigte Auffassung förderte, daß sich Kontrolle, Ermittlung eines »vernünftigen Gesamtwillens« und konstruktive Mitarbeit durchaus nicht ausschlossen. Dieser Sachverhalt trifft vornehmlich auf die Gestaltung des wirtschaftlich-industriellen Bereichs zu, und die angedeutete Rolle des aufgeklärten Beamtentums wird gerade an einer Persönlichkeit wie Nebenius deutlich, und zwar ebenso an seinem Wirken auf dem Gebiet der Konstitution, auf dem der Wirtschaft wie auf dem der Förderung der gehobenen Schulen. Wenn einmal festgestellt wurde, die »autoritäre Bürokratie« habe sich »als Verteidiger der Freiheit gegenüber der auf Freiheitsbeschränkungen zielenden Verbandspolitik« verhalten, so trifft diese Charakteristik exakt auf Nebenius zu. Friedrich von Weech, der gute Kenner des Lebens und Werkes von Nebenius, nennt dessen 1820 erschienenes Werk über den »öffentlichen Credit« »ein klassisches Werk«, und er zitiert Treitschke, der es »auf eine Stufe mit dem Werke Ricardos« stellt und »als eine unschätzbare Quelle streng methodischen Denkens rühmt«, und Roscher, der es »als die beste Monographie in der volkswirtschaftlichen Schule Deutschlands« bezeichnet.⁷¹ Er kann sicher nicht als Schöpfer des Zollvereins bezeichnet werden, aber seine Gedanken und Anregungen gehören gleichwohl in die Vorläuferschaft eines einheitlichen Handels- und Zollvereins. Ihm erschien, abgesehen von dem richtigen Zeitpunkt des Anschlusses Badens an den preußischen Zollverein, seit 1819 eine Zolleinigung Deutschlands mit Verkehrsfreiheit im Innern, Grenzzöllen nach außen unter Einführung eines gemeinsamen Mautsystems an den Grenzen als ein Mittel, die wirtschaftliche Krisis seit 1815 zu überwinden und Industrie und Handel zu fördern. Er hat seine Gedanken gegen die öffentliche Meinung seines Landes und gegen so bedeutende liberale Repräsentanten wie etwa Rotteck oder Sander vertreten. Er vermochte seine Denkschrift dazu

aus dem Jahre 1819 unverändert 1833 zu veröffentlichen. Schließlich kam seine hohe Bildung und sein Sachverstand seit 1831 der Organisation der Universitäten sowie der Gründung von höheren Gewerbe- und Bürgerschulen und der Umwandlung einer technischen Lehranstalt in die erste Technische Hochschule Deutschlands zugute, auch wenn das Karlsruher Polytechnikum erst 1865 ausdrücklich diesen Namen verliehen bekam.

Daß die »Beamtenschaft« das tragende Element im Staate war, wurde erwähnt. Es genügt indes weder, den Blick auf den Landtag zu konzentrieren, wie wir es bislang vornehmlich getan haben, noch in Anknüpfung an die Bemerkungen über Nebenius Staat und Gesellschaft zu untersuchen, sondern es ist erforderlich, im Zusammenhang mit diesen Problemkreisen die Anfänge einer Industrialisierung Badens zu berücksichtigen. Von einer ausgesprochenen Industrialisierungspolitik kann noch keine Rede sein, wohl aber von gewissen Förderungsmaßnahmen und bestimmten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entscheidungen, denen feste Grundsätze und wenigstens punktuell planerische Gesichtspunkte zugrunde lagen.⁷² Die Arbeit der Staatsverwaltung war auf die Stärkung des Mittelstandes gerichtet; d. h. in engerem Sinne auf die Förderung der Gewerbepolitik und in größerem Zusammenhang auf die Verkehrserschließung, d. h. im Falle Badens auf die Erschließung des langgestreckten Staatsgebiets durch den Bau einer Eisenbahn. Letzterer geschah weniger aus Rücksicht auf Industrieanlagen oder auf Fremdenverkehr, sondern aus Sorge, daß der Eisenbahnbau frei bleibe von ausländischen privatwirtschaftlichen Interessen. Der Eisenbahnbau konnte allerdings nur durch die öffentliche Hand gesichert werden, und die einheimischen wirtschaftlichen Kräfte reichten nicht aus, ihn durchzuführen. Was in die Zukunft zu weisen schien, geschah aus der wirtschaftlichen Notsituation der damaligen Gegenwart heraus. Dem Bau der Nord-

Südbahn ging überdies noch die Sorge um Schiffbarmachung und -erhaltung des Rheins voraus, für die der badische Staat mit der Rheinregulierung Tullas Beachtliches geleistet hat.⁷³ Ein Doppeltes wird in der Geschichte des Frühkonstitutionalismus sichtbar. Die Durchsetzung liberaler Ideen erfolgte wohl am reinsten in Baden, und so ist bei der Beurteilung der volkswirtschaftlichen Vorgänge auch immer wieder der Rückgriff auf die Rolle der Liberalen sowohl im Landtag als auch in der Staatsverwaltung notwendig. Es kommt noch hinzu, daß die Abkehr von merkantilistischen Methoden nicht nur mit dem Wechsel volkswirtschaftlicher Theorien zusammenhängt, sondern vielmehr mit praktischen Erfahrungen. Die Staatsverwaltungen verfügten nämlich nicht mehr über die materiellen Mittel, unternehmensfördernd zu wirken. »Diese Erkenntnis setzte sich zwischen 1770 und 1830 in den deutschen Staatsverwaltungen schrittweise durch; in Baden beginnt sie relativ früh, früher wahrscheinlich als in Preußen, schon unter Karl Friedrich ...«⁷⁴ Es hängt damit zusammen, daß alte Privilegien abgeschafft werden und daß die »Konzessionspolitik« immer stärker aufgelockert wird. So wurde die Wirtschaft zur Angelegenheit des Bürgers in eigener Verantwortung. Dieses Verfahren schließt nicht etwa grundsätzlich die staatliche Förderung von alten und auch neuen Industrien aus, aber das Ziel staatlicher Aufmerksamkeit gilt der »Förderung des Gewerbefleißes« und »des Nahrungsdenkens« in der Bevölkerung. In der Praxis galt die Sorge darüber hinaus, d. h. über die Förderung des Klein-gewerbes hinaus, der Erhaltung der drei größten Fabriken des Landes: der Zuckerfabrik Waghäusel, der Spinnerei und Weberei Ettlingen und der Maschinenfabrik Keßler in Karlsruhe. Regierung und Landtag gewährten eine Zinsgarantie für deren Gläubiger, »um nicht ihren Bestand zu gefährden und dadurch — und das ist ... der entscheidende Punkt — mehr als zweitausend Arbeitern ihren Arbeits-

platz zu rauben.«⁷⁵ Aus praktischen Erwägungen also ergaben sich die ersten Ansätze einer Industrialisierung, die die »Kunstfertigkeit« der Schwarzwälder dazu benutzen sollte, mit Hilfe neuer Maschinen die Wohlfahrt des »Mittelstandes« zu fördern. Der Gedanke an eine Förderung der »Kunstfertigkeit« der Schwarzwälder durch die Gründung eines technischen »Etablissements« stellt sich bezeichnenderweise in einem Referentenentwurf des Finanzministeriums ein, wenn darin eine Fabrik in St. Blasien unter Berücksichtigung der angedeuteten Gesichtspunkte für besonders förderungswürdig erachtet wird: »Zuverlässig also läßt sich erwarten, daß ein Etablissement, welches als eine vortreffliche technische Schule betrachtet werden muß, den heilsamsten Einfluß bei einem Volke von solcher Empfänglichkeit auf die Verbesserung der Werkzeuge und der Vorrichtungen vieler Gewerbe, folglich auf die Erhöhung der Nationalindustrie haben werde.«⁷⁶ Der Gedanke setzte sich schließlich im Vormärz durch, daß »die Industrie ein unentbehrlicher Bestandteil des Wohlstandes und der Hilfsquellen der Nation geworden« sei.⁷⁷ Im ganzen darf man mit Wolfram Fischer sagen, daß in der Fürsorge für den Mittelstand die typischen Grundsätze eines gemäßigten Liberalismus zum Ausdruck kommen. Es handelt sich um eine Fürsorge, die nur in seltenen Fällen in die industrielle Entwicklung aktiv eingreift, sich aber der sittlichen Pflicht der Erziehung zur Hebung der Wohlfahrt bewußt ist.

Diese Überlegungen haben auch einen festen Stellenwert in der Gründungsgeschichte des Polytechnikums Karlsruhe. Hier tauchte wiederholt der Gedanke auf, das Polytechnikum einer der Landesuniversitäten zu Heidelberg oder Freiburg anzugliedern oder sogar zugunsten der Neugründung eine dieser Universitäten aufzuheben. Die Überzeugung von der innigen Verbindung zwischen Technik, Bürgertum und Konstitution hat dabei unter den Liberalen, die diesen Plan befürworteten, eine erhebliche

Rolle gespielt. Im Gründungsdekret Großherzog Ludwigs vom 7. Oktober 1825 sind bereits jene Motive enthalten, die unter verschiedenen Gesichtspunkten schon erörtert worden sind. Es geht um »die Sorge für die Bildung Unseres lieben und getreuen Bürgerstandes, und überhaupt eines jeden, der sich den höhern Gewerben widmen, dazu die nöthigen Vorkenntnisse, vorzüglich aus der Mathematik und aus den Naturwissenschaften sich erwerben...« will.⁷⁸ In dem »ausgebreiteten Gebiet der Gewerbsthätigkeit« sollen — ein echt liberaler Gedanke — »mit den kleinsten Mitteln die größten Wirkungen« hervorgebracht und der Wettbewerb mit dem Auslande »durch die Vorzüglichkeit der Erzeugnisse in Form und Stoff« erleichtert werden. In den vorausgegangenen Debatten wurde die innige Verbindung zwischen Konstitutionalismus, Bürgertum und öffentlichem Leben immer wieder betont: »Insbesondere dürften polytechnische Institute nicht fehlen in konstitutionellen Staaten, in welchen die Ergreifung eines nährenden Erwerbszweiges nicht mehr genüge, sondern zur regern Theilnahme an dem gemeinen Wohle zur Ausbildung für das öffentliche Leben größere Aufklärung des Verstandes und vielseitige Kenntnisse erfordert würden. Die polytechnischen Schulen könnten und müßten die bürgerlichen Pflanzschulen für das Parlament werden, und seyen in dieser Hinsicht von der höchsten Wichtigkeit.«⁷⁹ Ein eigentümlicher Sachverhalt wird in der Gründungsgeschichte sichtbar: Während aus den Humboldtschen Reformen die Universität und das Gymnasium als feinste Blüten des deutschen Geisteslebens hervorgingen, entwickelte sich aus liberal-konstitutioneller Gesinnung das Polytechnikum als Vorstufe der Technischen Hochschule. Die klassische deutsche Universität und das Gymnasium haben indes den Widerspruch zwischen dem Ideal der Republik als der höchsten und schönsten Staatsform der Antike und der politischen Gesinnung der monarchistisch gestalteten Gegenwart nicht lösen können. Das Polytechnikum

hingegen befand sich in seiner Wissenschaftsauffassung und Wissensvermittlung wie in seinem Selbstverständnis in einer echten Übereinstimmung mit der Herausforderung der Gegenwart. In den Debatten des Landtags wurde der Zusammenhang zwischen technischer Bildung und konstitutioneller Staatsverfassung deutlich betont. So sagte der Oberbürgermeister von Ettlingen, der Abgeordnete Dr. Buhl, am 17. 6. 1822: »... Eine solche Anstalt solle, wie mit Recht bemerkt worden, eine Pflanzschule des konstitutionellen Lebens, eine Pflanzschule der parlamentarischen Tätigkeit seyn. Darum seye nötig, daß in dieser Anstalt zugleich Gesetzeskunde und Staatsrecht — Geschichte und Geographie und überhaupt alle Wissenschaften gelehrt würden, welche nicht rein doktrinell seyen, als Theologie, Medizin und Jurisprudenz.«⁸⁰ Im Verlaufe der Debatten wurden übrigens Argumente in bezug auf Universitäten und technische Anstalten angewandt, die in unserer gegenwärtigen Bildungsdiskussion geradezu aktuell sind. Gemeint ist die Überschätzung einer Universitätsbildung und die Unterschätzung von Fachhochschulen. Der Anspruch auf Bildung wurde von Nebenius, der das entscheidende Organisationsstatut von 1832 für das Karlsruher Polytechnikum vorbereitete und dessen Formulierung wesentlich übernahm, in den Vordergrund der Argumentation gerückt. Nachdem er die Ausdehnung des »Unterrichtes« als notwendig bezeichnet hatte, fuhr in seinem Sinne die 2. Kammer des Landtags fort: »... denn alle Klassen des Bürgerstandes — und er ist doch die Seele und das Leben des Staates — haben gleiche Ansprüche auf denselben und tragen zu den Kosten bei: Es ist, will man gerecht gegen das Volk und seine Söhne sein, eine bürgerliche Hochschule im vollen Umfange des Wortes nötig geworden.«⁸¹

Abschließend dürfen wir im Hinblick auf die Entwicklung des Polytechnikums zur Technischen Hochschule und zur Universität (1967) sagen, daß die aufsteigende bürgerlich-liberale

Bewegung des 19. Jahrhunderts der Wissenschaft und der Technik in hohem Maße zugute gekommen ist. Ein besonderes Problem, das hier nicht mehr untersucht werden kann, aber ein echtes Forschungsanliegen darstellt, liegt in der Frage nach der Stellung der marxistisch-sozialistischen Bewegung zu Naturwissenschaft und Technik. Es bleibt die in der Literatur umstrittene Frage, ob die an den Hochschulen auf wissenschaftlicher Grundlage erforschte und gelehrte Technik etwa im Sinne des 19. Jahrhunderts die »optimistische Annahme einer Konvergenz von Technik und Demokratie« bestätigt oder die »pessimistische Behauptung, als sei Demokratie durch Technik ausgeschlossen« rechtfertigt.⁸² Die geschichtlichen Erfahrungen, über die wir verfügen, lehren, daß zwischen Technik und gesellschaftlicher wie staatlicher Ordnung besonders empfindliche Wechselbeziehungen bestehen. Die soziale Stellung des Ingenieurs kann erst aus der Kenntnis solcher Wechselbeziehungen richtig gewürdigt werden. Weder bloßer Berufsstand noch »pressure groups« für eine allgewaltige Technokratie sind die Ingenieure heute. Ihr Selbstverständnis und die sie fremd bestimmenden Faktoren führten vom Leitbild eines himmelstürmenden Fortschritts weg zu einer Neubesinnung und Mitbestimmung eines anders reflektierten Bildungsziels, das die Brücke zwischen Geistes-, Natur- und Technikwissenschaften schlagen könnte.

1 Materialien zur Hochschulgeschichte finden sich: Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung des Großherzogs Friedrich von Baden . . . Dargebracht von der Technischen Hochschule in Karlsruhe, 1892; Die Großherzogliche Technische Hochschule Karlsruhe, Festschrift zur Einweihung der Neubauten im Mai 1899, 1899; Festschrift anlässlich des 100jährigen Bestehens der Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe, 1925; Die Technische Hochschule Fridericiana Karlsruhe, Festschrift zur 125-Jahrfeier, 1950; Die Fridericiana 1963. Gedanken und Bilder aus einer Technischen Hochschule, Hans Freudenberg zum 75. Geburtstag, 1963; Universität Karlsruhe (th), bilder, texte, zahlen, 1972; einen Überblick mit zahlreichen Statistiken bietet: Rebmann, E.: Das Großherzogtum Baden, 1. Bd. 2. Aufl. 1912, S. 913 ff.; weitere Darstellungen: Fritz, B.: Technische Hochschule Karlsruhe, in: Die deutschen Technischen Hochschulen, Ihre Gründung und geschichtliche Entwicklung, 1941; am besten erforscht sind die ersten

Jahrzehnte der Polytechnischen Schule: Schnabel, F.: Die Anfänge des technischen Hochschulwesens, 1925; ergänzend dazu: Fischer, W.: Der Staat und die Anfänge der Industrialisierung in Baden, 1. Bd. 1962, S. 161 ff.; Manegold, K.-H.: Universität, Technische Hochschule und Industrie, 1970; Herrn Wolfgang Irrgang ist an dieser Stelle für die Überlassung seiner maschinenschriftlich gefertigten Arbeit: Die wissenschaftlich-technische Ausbildung an der Polytechnischen Schule Karlsruhe zur Zeit der Frühindustrialisierung, TU Hannover 1972, zu danken. Quellen zur Geschichte der Hochschule finden sich im Generallandesarchiv Karlsruhe Abt. 448 (Akten der Technischen Hochschule) und Abt. 235 (Akten des Kultusministeriums), im Stadtarchiv, im Universitätsarchiv; ebenso wären die Karlsruher Akademischen Reden u. d. Zeitschrift der Universität Fridericiana, mit heranzuziehen. Zu Forschungsdesiderata vgl. Schnabel, a.a.O. S. 41 ff.; Rürup, R.: Zur Geschichte der Technischen Hochschule Karlsruhe, in: Ventil, Studentenzeitung (Karlsruhe) Jg. 14 (1966) Nr. 4, S. 15 f.; zur allgemeinen Technikgeschichte vgl.: Timm, A.: Einführung in die Technikgeschichte, 1972 mit weiterführenden Literaturangaben; aus westlicher Sicht: Treue, W.: Die Geschichte des Technischen Unterrichts, in: Festschrift zur 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule Hannover, 1956, S. 9–60; aus östlicher Sicht: Ley, H.: Beitrag zur Geschichte der Technischen Hochschule Dresden, in: 125 Jahre Technische Hochschule Dresden, Festschrift 1953, 13–76; zur Situation der Technikgeschichte allgemein siehe den Forschungsbericht von Rürup, R.: Die Geschichtswissenschaft und die moderne Technik, Bemerkungen zur Entwicklung und Problematik der technikgeschichtlichen Forschung, in: Aus Theorie und Praxis der Geschichtswissenschaft, Festschrift für H. Herzfeld zum 80. Geburtstag, 1972, S. 49–85

2 Auf die Bedeutung des Wandels des Naturbegriffs sei nur hingewiesen, ohne hier ausführlich darauf eingehen zu können.

3 Vgl. Borkenau, H.: Vom feudalen zum bürgerlichen Weltbild, Zur Geschichte der Philosophie der Manufakturperiode, Paris 1935; Lüthy, H.: Der entgleiste Fortschritt, 1973

4 Siehe die obengenannte Literatur in Anm. 1; des weiteren Lütge, F.: Deutsche Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 3. Aufl. 1966; für Baden Liebel, H.: Enlightened Bureaucracy versus Enlightened Despotism in Baden, 1750–1792, in: 1965 S. 40 ff. American Philosophical Society, Transactions, n. s. Bd. 55, Tl. 5,

5 Vgl. Manegold a.a.O. S. 34 ff.

6 Vgl. zum Liberalismus Bußmann, W.: Zur Geschichte des deutschen Liberalismus im 19. Jahrhundert, in: HZ 186 (1958) S. 527–557

7 So Treue a.a.O. S. 9 u. ö.; Lüthy a.a.O. S. 31; Wussing, H.: Die »École Polytechnique« — eine Errungenschaft der Französischen Revolution, in: Pädagogik Jg. 13 (1958) H. 9, S. 642–662

8 Zum Problem der Technik in der Antike vgl. u. a. Feldhaus, F. M.: Die Technik der Antike und des Mittelalters, 1931; Kiechle, F.: Sklavenarbeit und technischer Fortschritt im Römischen Reich, 1969

9 Siehe White, Lynn, jr.: Die mittelalterliche Technik und der Wandel der Gesellschaft, 1968

10 Seibicke, W.: Technik. Versuch einer Geschichte der Wortfamilie um »techn« in Deutschland vom 16. Jahrhundert bis etwa 1830, 1968, S. 276, 285 ff.

11 Vgl. dazu die Literaturberichte, die jedoch nur Auswahl bieten bei Nitsch, W.: Die soziale Dynamik akademischer Institutionen, Trend-Report zur sozialwissenschaftlichen Hochschulforschung, 1973, 92 ff., 625 ff., 704 ff.

12 Die Wissenschaftstheorie von Francis Bacon gab hierzu einen maßgeblichen Anstoß, siehe Lord Franz Bacon, Über

- die Würde und den Fortgang der Wissenschaften, ver-
deutscht und mit dem Lebenslauf des Verfassers und eini-
gen historischen Anmerkungen hrsg. v. D. Johann Hermann
Pflingsten, Pest 1783 (Nachdruck Darmstadt 1966) bes.
S. 303 ff.
- 13 Allgemein sei auf die Sturm- und Drangperiode, Goethes
Prometheus-Dichtung und auf die Aufklärungsphilosophie
hingewiesen.
- 14 In diesem Sinne bezeichnet 1908 in der 8. Sitzung der
1. Kammer des Badischen Landtags am 6. März Professor
Windelband die Funktion der Mathematik und Physik an der
Technischen Hochschule als Vorbereitungswissenschaft,
deren Abteilungen kein allgemeines Promotionsrecht zu-
gestanden werden könne. GLA 235 / 30 772
- 15 Den Begriff der Maschine hier abzuhandeln, würde zu weit
führen. Grundlegend ist Karl Marx' Abschnitt hierzu in sei-
ner Schrift »Kapital«. W. Treue meint, daß die industrielle
Revolution durch die »Maschine« ausgelöst worden sei,
vgl. Treue, W.: Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen
der Erfindung Watts, in: 200 Jahre industrielle Revolution,
Deutsches Museum, Abh. und Berichte 37 (1969) H. 1,
S. 45 ff.
- 16 Vgl. zu dieser modernen Richtung der Technikphilosophie
Lenk, H. und Moser, S. (Hrsg.): Techné, Technik, Techno-
logie, 1973 mit weiterführender Auswahlbibliographie
- 17 Siehe Nebenius, C. F.: Über technische Lehranstalten, 1833
- 18 Goldbeck, G.: Technik als geistige Bewegung in den An-
fängen des deutschen Industriestaates, Diss. Karlsruhe,
1934, S. 5; Iren, K.: Die Industriepädagogik des 18. Jh.,
1929
- 19 Vgl. zum Kampf um das Promotionsrecht der Technischen
Hochschulen insbesondere Manegold, a.a.O., S. 249 ff.
- 20 Zur Biographie Redtenbachers vgl. Fuchs, W. P.: Die ge-
schichtliche Gestalt Ferdinand Redtenbachers, in: ZfGO 107
(1959) 205—22
- 21 Redtenbacher, F.: Theorie und Bau der Turbinen und Ven-
tilatoren, 1844
- 22 Vgl. Goldbeck a.a.O. S. 16 ff.; zu Keßler siehe Bad. Biogr.
1 (1875) 460—462; zu weiteren Schülern Redtenbachers
siehe Kellers Festrede: in: F. Redtenbacher, Bericht über
die Feier seines 100. Geburtstages, 1909, S. 17 ff.
- 23 Großherzoglich Badisches Regierungs-Blatt VIII (1865),
Febr. 20, S. 86: »Die polytechnische Schule ist eine tech-
nische Hochschule und bezweckt die wissenschaftliche
Ausbildung für diejenigen technischen Berufsfächer, welche
die Mathematik, die Naturwissenschaften und die zeichnen-
den Künste zur Grundlage haben.«
- 24 Vgl. Akten des GLA 235 / 4283
- 25 Vgl. dazu Rumpf, H.: Technik und Bildung, in: VDI — Zeit-
schrift 114 (1972) Nr. 17, S. 1249
- 26 Vgl. allgemein dazu die Arbeit von Goldbeck
- 27 Aus der Fülle der Zeugnisse sei hier nur verwiesen auf die
Werke Max Maria von Webers, auf die Schrift von Harkort,
F.: Bemerkungen über die Hindernisse der Civilisation und
Emanzipation der unteren Klassen, 1844. Auf die auf Stu-
dienreisen angefertigten Tagebücher und Reisebeschrei-
bungen über England und auf das Problem der Kinder-
arbeit. Sinnfällig dargestellt wird das Problem von Mensch
und Menschmaschine in der zeitgenössischen Karikatur,
siehe Wettich, H.: Die Maschine in der Karikatur. Ein Buch
zum Siege der Technik, 1916
- 28 So plädierte Friedrich Thiersch: Über den gegenwärtigen
Zustand des öffentlichen Unterrichts, Bd. 1 (1838) 319, für
die Integration der technischen Bildung in die Universität,
damit dadurch die Technik durch freie Bildung und geistige
Veredelung auf die gleiche Stufe wie die Universitätswis-
senschaften gehoben werde, vgl. Manegold a.a.O. S. 45 ff.
- 29 Vgl. Goldbeck a.a.O. S. 7, 15, 20, 25
- 30 Vgl. Goldbeck, a.a.O., S. 26 ff.; Biedenkapp, G.: Die soziale
Wertung des Ingenieurs, in: Der Ingenieur, seine kulturelle,
gesellschaftliche und soziale Bedeutung, mit einem histo-
rischen Überblick über das Ingenieurwesen, 1910, S. 24 ff.;
Hortleder, G.: Das Gesellschaftsbild des Ingenieurs, Zum
politischen Verhalten der Technischen Intelligenz in
Deutschland, 1970; zum Wort siehe: Mackensen, L.: Inge-
nieur — eine Wortbetrachtung, in: Ztschr. Die berufs-
bildende Schule 1962, S. 666
- 31 Liebel, H.: Der aufgeklärte Absolutismus und die Gesell-
schaftskrise in Deutschland im 18. Jahrhundert, in: Absolu-
tismus, hrsg. v. W. Hubatsch, 1973, S. 488—544, hier S. 510
(= Wege der Forschung CCCXIV)
- 32 Vgl. Liebel, H.: Enlightened Bureaucracy versus Enlightened
Despotism in Baden 1750—1792, in: American Philosophical
Society, Transactions, n. s., Bd. 55, Tl. 5, 1965, S. 40 ff.
- 33 Vgl. zur Frage der Periodisierung und Begriffsbildung
Timm, a.a.O. S. 44 ff.
- 34 Diese notwendigen Maßnahmen erkannte und betrieb vor
allem Nebenius, siehe dazu Andreas, W.: Aus den Anfän-
gen von Carl Friedrich Nebenius, in: ZfGO 67 (1913) 7—24;
Wolf, Franz: Carl Friedrich Nebenius als Nationalökonom,
Diss. Freiburg/Br. 1922 (masch.) Kap. IV zum Zollverein;
Schmitt, B.: Beiträge zur finanzpolitischen Tätigkeit von
Nebenius, Diss. phil. masch. Heidelberg 1924; ebd. S. 10
wird die Situation geschildert: 1808 betrugen die Staats-
ausgaben 195 000 Gulden, 1820 1 084 000 Gulden. Gestei-
gerten Ausgaben standen unsichere Einnahmen gegen-
über. Gerade die reformierte Steuergesetzgebung ist aber
als Vorläuferin der bürgerlichen Freiheit zu betrachten,
ebd. 18
- 35 Vgl. auch Anfg. Kap. 3 der vorliegenden Arbeit
- 36 Vgl. Mitgau, H.: Soziale Herkunft der deutschen Studenten
bis 1900, in: Universität und Gelehrtenstand 1400—1800,
hrsg. v. H. Rössler, G. Franz, 1970, S. 233—268
- 37 Vgl. den Tätigkeitsbericht von G. Brenken in: VDI-Nach-
richten 22 (1960) S. 4; Hortleder allgemein. Für Baden:
Körting, J.: Geschichte der Gewerbeförderung in Baden
bis 1933, 1965
- 38 Auf das damit angesprochene Problem der Technokratie
kann in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen
werden. Es ist jedoch sicherlich die Frage dabei zu lösen,
ob Demokratie ein organisches Staatswesen oder eine von
mechanischen Vorstellungen geprägte Staatskonstruktion
sei.
- 39 Nebenius, Über technische Lehranstalten, 1833, S. 34 f.
- 40 Nebenius, a.a.O. S. 51
- 41 Nebenius, a.a.O. S. 59
- 42 Nebenius, a.a.O. S. 61
- 43 Nebenius, a.a.O. S. 63 f.
- 44 Nebenius, a.a.O. S. 69
- 45 Redtenbacher, F.: Die Polytechnische Schule, in: Die Resi-
denzstadt Karlsruhe, Festgabe zur 34. Versammlung der
deutschen Naturforscher und Aerzte, 1858, S. 125
- 46 Terminus nach Schnabel, F.: Deutsche Geschichte im
19. Jahrhundert, Bd. 6: Die moderne Technik und die
deutsche Industrie, 1965, S. 14
- 47 Siehe Schnabel, Anfänge des technischen Hochschul-
wesens, S. 19 ff.
- 48 Lang, H.: Geschichte der Gründung der Technischen Hoch-
schule, in: Festgabe ... 1892, S. 270
- 49 Zit. n. Lang, a.a.O. S. 270
- 50 GLA 237 / 8848 Finanzministerium an Innenministerium
(31. 12. 1808)
- 51 Vgl. Luckenbach, H.: Abriß der Badischen Geschichte, 1924,
S. 10 ff. s. unten
- 52 Vgl. Heinrich, H.: Über den Einfluß des Westens auf die
Badische Verfassung von 1818, in: Baden im 19. und

20. Jahrhundert, hrsg. v. K. S. Bader, 1948, S. 25—80 (= Verfassungs- und Verwaltungsgeschichtliche Studien Bd. 1); s. unten
- 53 Heinrich, a.a.O. S. 25
- 54 Verhandlungen der Ständeversammlungen des Großherzogtums Baden 1822, 3. Band, 1822; Verhandlungen der 2. Kammer, 27. Sitzung vom 10. 6. 1822, S. 196 f.; s. unten.
- 55 Verhandlungen . . . a.a.O., S. 196 f.
- 56 Verhandlungen der Ständeversammlung des Ghzgt Baden 1822, 5. Band, 1822, Verhandlungen der 2. Kammer, 52. Sitzung vom 20. 7. 1822, S. 391; s. unten
- 57 Verhandlungen der Ständeversammlung des Ghzgt Baden 1825, 2. Kammer, 7. Heft, 22. Sitzung vom 30. 4. 1825, S. 121
- 58 Zit. n. Heunisch, A. J. V.: Das Großherzogtum Baden, historisch-geographisch-statistisch-topographisch beschrieben, mit Beilagen von J. Bader, Heidelberg 1857, S. 586
- 59 Verhandlungen 1825, 2. Kammer, 22. Sitzung vom 30. 4. 1825, 7. Heft S. 110, zit. n. Irrgang, a.a.O. S. 26
- 60 Man beachte etwa die Auffassung von Lodomus, J. F.: Über technische Lehranstalten, 1824, S. 6, wo er schreibt, daß die Technik im Gegensatz zur Wissenschaft bewußt nützen wolle.
- 61 Terminus nach Schnabel, Deutsche Geschichte im 19. Jahrhundert, Bd. 6: Die moderne Technik und die deutsche Industrie, 1965, S. 113
- 62 Ein jüngst erschienenes Buch behandelt den Liberalismus als regierende Partei zwischen Restauration und Reichsgründung, siehe Gall, L.: Der Liberalismus als regierende Partei, Wiesbaden, 1968
- 63 Schnabel, F.: Deutsche Geschichte im 19. Jahrhundert, Bd. 2, 2. Aufl. 1949, S. 226
- 64 Vgl. bei E. R. Huber: Deutsche Verfassungsgeschichte seit 1789, Bd. 1, 519, 1957
- 65 Luckenbach, H.: Abriß der Badischen Geschichte, 1924, S. 10 ff.
- 66 Siehe das oben bereits zitierte Werk von Heinrich. S. 9, Anm. 8
- 67 Huber a.a.O., Bd. 1, 1957, S. 317
- 68 Ebd.
- 69 Ebd., S. 351
- 70 Encyklopädie der sämtlichen Staatswissenschaften für alle Stände . . . hrsg. v. Carl von Rotteck und Carl Welcker, 1834—43; vgl. insbesondere ebd. Bd. 12 (Ergänzungsband 1848) S. 407, die Bemerkungen über den gegen den Stand der Gebildeten abgesetzten »Bürgerstand«.
- 71 Bad. Biogr. 2 (1875), S. 101 und ADB 23 (o. J.), S. 352
- 72 Vgl. Fischer, W.: Wirtschaft und Gesellschaft im Zeitalter der Industrialisierung, Kritische Studien zur Geschichtswissenschaft Bd. 1, 1972, S. 75 f.
- 73 Ebd., S. 76
- 74 Ebd., S. 77
- 75 Ebd., S. 78
- 76 Ebd., S. 81
- 77 Ebd., S. 82
- 78 Großherzoglich Badisches Staats- und Regierungs-Blatt XXIII (1825 Okt. 25), S. 154
- 79 Verhandlungen der Ständeversammlung des Großherzogtums Baden 1822, 5. Band 1822; Verhandlungen der 2. Kammer, 52. Sitzung vom 20. 7. 1822, S. 391
- 80 Ebd., S. 395 f.
- 81 Zit. n. Heunisch a.a.O., S. 586
- 82 Habermas, J.: Technischer Fortschritt und soziale Lebenswelt, 1965, S. 117

Über die geschichtliche Entwicklung und den Sinn technischen Handelns

von H. Rumpf

23

1. Einführung

Der Erlaß des Großherzogs Ludwig vom 5. Oktober 1825, mit dem die Polytechnische Schule gegründet wurde, für »diejenigen . . . , welche sich Mathematik und Naturwissenschaftliche Kenntnisse nicht bloss zu ihrer wissenschaftlichen Ausbildung aneignen, sondern diese Wissenschaften zum künftigen Gebrauch in dem Leben und für das Leben studieren wollen, es sey nun zur Baukunst oder zum Wasser- und Straßenbau, oder zum Bergbau, oder zur Forstkunde, oder wie die auf diesen Wissenschaften ruhenden Gegenstände des öffentlichen Dienstes heißen mögen . . .«, fiel zeitlich fast zusammen mit einem überall besprochenen Ereignis, das eine neue Zeit ankündigte: Am 27. September war die erste dampfgetriebene und auch dem Personenverkehr dienende Eisenbahnstrecke zwischen Stockton und Darlington in Durham, Nordengland, eingeweiht worden. Zwar hielt sich noch lange Zeit die mit Pferden betriebene Schienenbahn, doch mußten schon auf der 1830 eingeweihten ersten großen Städteverbindung zwischen Liverpool und Manchester die Pferde der von George und Robert Stephenson gebauten »Rocket« weichen. 1830 liefen auch in USA die ersten Eisenbahnen für den Passagierverkehr in Baltimore und South Carolina.

In Deutschland hatte Franz Josef Gerstner, der Gründer der Polytechnischen Schule Prag, der späteren Technischen Hochschule, eine noch mit Pferden betriebene Eisenbahn von Linz nach Budweis gebaut. Es folgten 1835 Nürnberg—Fürth; 1838 Wien—Wagram, Braunschweig—Wolfenbüttel als erste deutsche Staatsbahn, 1839 Leipzig—Dresden, Augsburg—München; dann zu Beginn der 40er Jahre eine zunehmende Zahl meist privater Eisenbahnen, so die Berliner Bahn nach Potsdam, Anhalt und Stettin und die badische Staatsbahn von Mannheim nach Basel, die 1843 zwischen Karlsruhe,

Heidelberg und Mannheim eröffnet wurde. (Bild 1)

Die Epoche der Eisenbahnen war angebrochen. Weitschauende Ingenieure, Geschäftsleute und Staatsökonomten waren ihre Vorkämpfer in Deutschland, so der rheinische Industrielle Friedrich Harkort, dessen Aufsatz über die Dampfeisenbahn 1825 erschien, und vor allem Friedrich List, in Baden C. F. Nebelius. Gemeinsam war die Erkenntnis, daß sich ungewöhnliche Möglichkeiten zur Überwindung räumlicher und zeitlicher Grenzen eröffneten. Die Motive waren unterschiedlich. Fr. List hatte die Chancen einer wirtschaftlichen und nationalen Einigung vor Augen, in den Staatsregierungen schaute man auf die Entwicklung der eigenen Volkswirtschaften, während das Eisenbahnfieber der Gesellschaftsgründungen sich am erhofften Gewinn entzündete.

Für die Bürger war die Eisenbahn das Symbol des Fortschritts. Fortschritt war ein Inbegriff der Hoffnung. Er versprach nicht nur neue und erweiterte Lebensmöglichkeiten mit Hilfe der Technik, man erhoffte sich auch gesellschaftliche Emanzipation, wirtschaftliche Liberalisierung und Entfaltung, die Erringung politischer, vor allem konstitutioneller Rechte und ein Voranschreiten zur ersehnten nationalen Einigung. (Der Beitrag von W. Bußmann/K. Neumaier in dieser Festschrift befaßt sich vertieft mit den historischen Zusammenhängen der Fortschrittserwartungen in Politik und Technik.) Der Fortschritt, den die Eisenbahn brachte, wurde unmittelbar erlebt, denn die Postkutsche, wieviel Romantik sie auch später umwehen mochte, war weder schnell noch bequem noch zuverlässig. Die Karlsruher konnten seit 1820 mit einer Diligence zwei- bis dreimal wöchentlich über Graben nach Mannheim kommen, seit 1823 dreimal wöchentlich nach Heidelberg. Die Fahrtdauer war nach Mannheim acht Stunden, nach Stuttgart im Eilwagen zehn Stunden, nach München zwei Tage und zwei Nächte.¹ Die Eisenbahn Mannheim—Karlsruhe verkehrte be-

reits 1843 viermal täglich. Moltke berichtete über die Zeit um 1815: »Ein Besuch von Berlin aus nach Potsdam erforderte die Zurichtung einer Reise, Frankfurt an der Oder lag zwei Tagesreisen entfernt; man nahm Abschied von den Freunden und richtete sich auf alle Beschwerlichkeiten üblicher Witterung, schlechter Nachtquartiere und umgeworfener Wagen ein. Ganze Herden von Pferden keuchten über steile Höhen und durch tiefe Täler, überall wurden Pflaster-, Brücken- und Geleitgeld erhoben. Wirklich waren die Landstraßen vom Mittelalter fast unverändert bis zu uns gekommen, nur daß die Raubritter durch die legale Wegelagerung der Zollstätten verdrängt waren« (zit. aus ²). Nicht weniger umwälzend war die Eisenbahn für die Post und den Gütertransport. Es waren ja nicht nur die Menschen in ihrer — sehr von der Klassenzugehörigkeit abhängigen — Beweglichkeit an die Leistungsfähigkeit der Pferde gebunden, sondern auch die Güter. Eine regionale Mißernte bedeutete bis dahin Hungersnot. J. von Baader³ berechnete 1822, daß die Einsparung der im Königreich Bayern allein für den Gütertransport erforderlichen 200 000 Pferde landwirtschaftlichen Boden zur Ernährung von einer Million Menschen verfügbar machen würde.

So ist das Gründungsjahr der Karlsruher Polytechnischen Schule zugleich ein bedeutungsvolles Datum für die neue Technik. Zwar war der Wandel, der in der Folge der Zeit alle Bedingungen des gesellschaftlichen und persönlichen Lebens erfassen sollte, in Frankreich und England bereits seit längerem im Gange. In Deutschland war alles noch mehr in den Anfängen, so daß die 150 Jahre seit 1825 den Zeitraum der industriellen und technischen Umwälzung weitgehend umfassen, die allerdings dann, mit dem Ausbau des Eisenbahnnetzes, stürmisch einsetzte.

Die Technik hat nicht nur die äußeren Lebensbedingungen von Grund auf verändert, sondern in Verbindung mit der fortschreitenden wissenschaftlichen Erkenntnis, dem politischen Ge-

schehen, den beiden Weltkriegen und einem grundlegenden Wandel gesellschaftlicher Strukturen den gesamten Raum menschlichen Erlebens und geistiger Erfahrung einem ständigen und tiefgreifenden Szenenwechsel ausgesetzt. Technik und Wissenschaft, mit deren Hilfe sich der Mensch von naturhaften Bindungen befreit, haben sich als Schicksalsmächte erwiesen, die neue, wohl noch schwerer zu durchschauende und zu überwindende Abhängigkeiten und existentielle Gefahren mit sich gebracht haben. Das schicksalhaft Bedrohliche liegt darin, daß hinter den Befreiungen neue Verstrickungen lauern, daß die Menschen als einzelne und in Gemeinschaften das Geflecht und die Auswirkungen ihrer eigenen Handlungen nicht durchschauen.

Das war immer menschliches Verhängnis. Die Aufklärung setzte ihre Hoffnung in die dem wissenschaftlichen Denken entspringende Vernunft. Wenn wir vernünftig sind, müssen wir aber heute zugeben, daß diese Rechnung noch nicht aufgegangen ist. Die Wissenschaften haben sich zwar in einer unvorhersehbaren Fruchtbarkeit entfaltet und eine exponentiell anwachsende Flut von Ergebnissen hervorgebracht; sich dabei aber immer weiter aufgesplittet: Jeder kleine lebensfähige Trieb wuchs weiter zum Zweig und Baum, so daß heute auch der erfahrene Fachwissenschaftler nur einen Teil des eigenen Fachgebietes wirklich kennt. Dieser Erkenntnisprozeß ist selbst ein Teil des Geschehens, das es zu erkennen und zu meistern gilt, und es ist nicht abzusehen, wie das zwar alle Dinge erfassende, aber zugleich aufgegliederte partikularistische Wachstum des Wissens in eine allgemeine Vernunft einmünden soll.

Vernunft im Sinne der Aufklärung bedeutet übergeordnete Urteilsfähigkeit über die Lebensverhältnisse und setzt voraus, daß man deren Sinn erkennt. Unser Sinnverständnis ist aber heute nicht einheitlich, sondern pluralistisch. Wohl bedarf Urteilsfähigkeit auch des Sach-

25

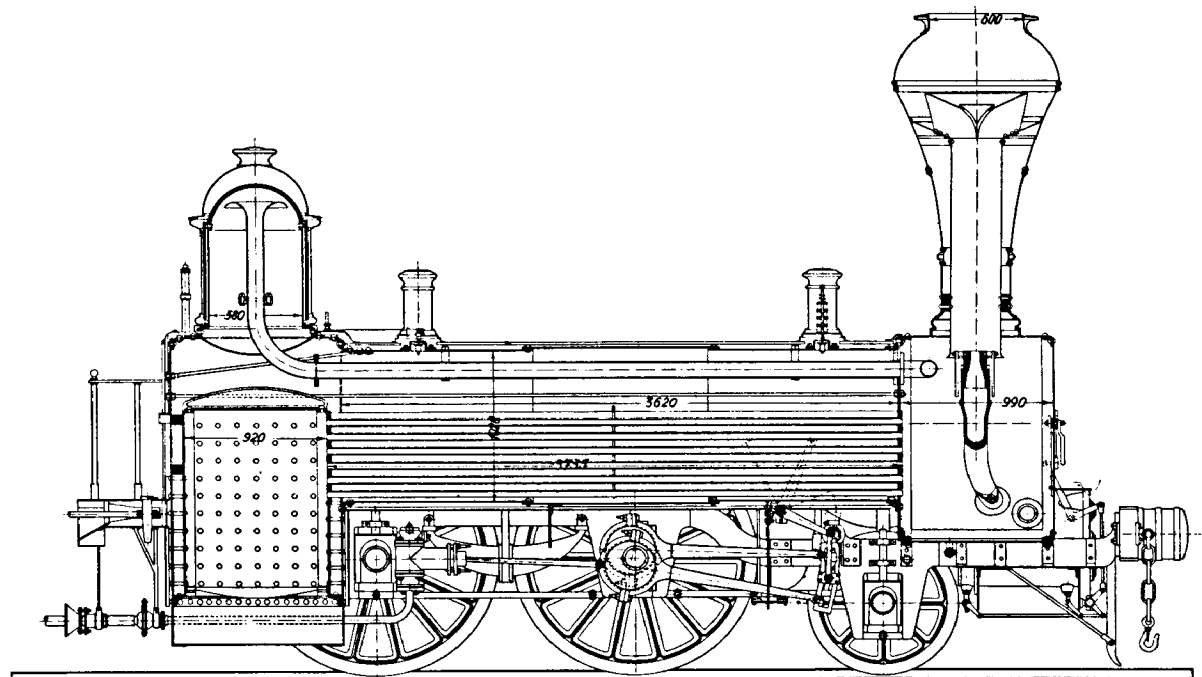
verständnisses und somit der Wissenschaft. Diese verliert aber in der Sinnfrage immer irgendwann ihre Verbindlichkeit und findet somit eine Grenze ihres Urteilsvermögens.

Jedermann nimmt heute am technischen Handeln teil, allein dadurch, daß er die Technik nutzt, ob er dieses will oder nicht. Berührt ihn die Frage nach dem Sinn seines persönlichen Handelns oder geht es um den Sinn gesellschaftlichen Handelns, immer ist damit auch die Frage nach dem Sinn technischen Handelns einbezogen. Ob allerdings solches Fragen am Ablauf des Geschehens viel ändert, mag ungewiß sein. Trotzdem meldet sich die Sinnfrage bei jedem bewußten Handeln, selbst wenn sie verdrängt oder noch so bequem und banal beantwortet wird.

Begeht nun eine Hochschule, die 150 Jahre lang Ingenieure und Naturwissenschaftler ausgebildet und mit ihren Forschungen einen nennenswerten Beitrag zur Entwicklung der Tech-

nik geleistet hat, dieses Jubiläum, so nicht nur in dem Selbstgefühl des Jubilars und in dem Grundgefühl menschlicher Schicksalsverbundenheit und Zeitverlorenheit, das uns veranlaßt, Geburtstage und Jubiläen zu feiern um zurückzuschauen, sondern auch in dem Bewußtsein, als gesellschaftliche Institution den Erwartungen der Zeit entsprochen und die heutigen Lebensbedingungen der Gesellschaft mitgestaltet zu haben. Die Fridericiana feiert nicht ihr Jubiläum, damit man im Zorn zurückblicke. Aber sie kann auch nicht die kritischen Stimmen überhören, die die technische Entwicklung begleiten und sich heute verstärkt äußern. Sie muß sich der Frage nach dem Sinn des technischen Fortschritts, dem sie dient, stellen.

Für viele Ingenieure ist diese Frage mehr dekorativ als notwendig (deshalb ist sie auch zum Jubiläum am Platze). Die technischen Aufgaben liegen ja auf der Hand und bedürfen keiner grundsätzlichen Rechtfertigung. In ihre



Lösungen gehen ökonomische und andere gesellschaftliche Entscheidungen ein, aber schwerlich solche zum technischen Rückschritt. Die Sinnfrage betrifft mehr die Orientierung innerhalb des technischen Fortschritts als diesen selbst.

Um so mehr hat sich die gesellschaftswissenschaftliche Theorie dieser Grundsatzfrage angenommen. Das ist legitim. Nur ist zu befürchten, daß die Sinnerfahrungen technischen Handelns, die bei dem Handelnden keiner Worte bedürfen und folglich auch nicht hinreichend reflektiert und mitgeteilt werden, allzuleicht übersehen werden. Das dürfte sogar für viele Sozialtheoretiker selbst gelten, denn es ist oft nicht wahrscheinlich, daß ihr eigenes technisches Handeln und dessen Sinnerfahrung den entwickelten Theorien entspricht.

Technisches Handeln ist ein ursprüngliches Element menschlichen Seins. Es ist uns im Laufe von Millionen Jahren (Werkzeuggebrauch seit 2—3 Millionen Jahren) angewachsen wie Sprache und Bewußtsein. Auch im Umgang mit der modernen Technik lebt dieses ursprüngliche Humanum weiter. Man muß versuchen, es zu entdecken und von inhumanen Verklammerungen zu befreien. Nur so kann man der Technik gerecht werden. Ist man dagegen bei der Betrachtung der Technik nur auf deren inhumane Züge fixiert und glaubt, Humanität nur außerhalb ihr zu finden, so verdrängt man ein tief menschliches Element und kann meines Erachtens die gesellschaftlich-kulturelle Neurose damit nur verstärken. Man kann ihr nicht gerecht werden, wenn man dieses menschliche Element in der Technik nicht entdeckt.

Das moderne technische Handeln ist nicht bruchlos aus der handwerklichen Technik vorangegangener Kulturepochen hervorgegangen. Vielmehr vollzog sich ein grundlegender Wandel in der industriellen Revolution, die etwa in der Mitte des 18. Jahrhunderts begonnen hat.

Das heutige technische Handeln hat sich in einer Evolutionsphase von über 200 Jahren herausgebildet. Will man es verstehen, so muß man seine geschichtliche Entwicklung verfolgen. Dieses wird im ersten umfangreicheren Teil des Aufsatzes unternommen, mit der Beschränkung auf die erste Phase der industriellen Revolution, die in Europa in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ausläuft. Bei einer historischen Betrachtung, die letztlich den Sinn technischen Handelns im Blick haben will und zumindest es aus seinen Bedingungen heraus verstehen will, stehen wir allerdings einem so unübersehbaren Geflecht von geschichtlichen Tatsachen, möglichen Systemzusammenhängen, Sinnbezügen und Deutungen gegenüber, daß jede Äußerung, die nicht auf einer sehr eingehenden geschichtlichen und fachspezifischen wissenschaftlichen Forschung beruht, den Charakter laienhafter Impression haben muß. Eigene Quellenstudien liegen der Abhandlung nicht zugrunde (Herrn Dr. K. Neumaier verdanke ich eine Reihe von Hinweisen auf die Originalliteratur und Auszüge aus historischen Quellen). Sie stützt sich hauptsächlich auf vorliegende historische, vor allem technisch-wirtschaftsgeschichtliche Untersuchungen und enzyklopädische Zusammenstellungen. Insofern wird nichts Neues mitgeteilt. Beabsichtigt ist, in einer Auswahl von geschichtlichen Darstellungen, Tatbeständen und persönlichen Äußerungen skizzenhaft zu zeigen, wie die verschiedenen Arten technischen Handelns sich unter den unterschiedlichen historischen Bedingungen in den verschiedenen Phasen und Produktionsbereichen der aufkommenden Industrie entwickelt haben können. Diese synoptische Orientierung möge eine Zusammenfassung aus vorhandener Literatur rechtfertigen. Sie soll auch die Anfangsbedingungen der Fridericiana in solcher Sicht vor Augen führen und zur anschließenden Betrachtung der Sinnzusammenhänge heutigen technischen Handelns hinleiten.

2. Die industrielle Revolution in England und die neuen Rollen technischen Handelns

2.1 Begriff und Entstehungsbedingungen der industriellen Revolution

Der Begriff »industrielle Revolution« wird nicht eindeutig gebraucht. Inhaltlich wird darunter nach Böhme⁴ »jene Phase beschleunigter technologischer, ökonomischer und sozialer Veränderungen verstanden, durch die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts England und seitdem fast alle europäischen und nord-amerikanischen Staaten sowie Japan den Schritt von einer relativ statischen Agrargesellschaft in eine zu gesteigerter wirtschaftlicher Expansion fähige Industriegesellschaft getan haben«. Technologisch ist die industrielle Revolution in Europa von einem ersten Entwicklungsschub begleitet, dem mit dem Ausbau der chemischen und elektrotechnischen Industrie und schließlich mit Kernenergie, Computer und Halbleiter ein zweiter und dritter Schub oder, wie auch gelegentlich gesagt wird, eine zweite und dritte industrielle Revolution folgten.

Im englischen Verständnis umfaßt »The Industrial Revolution« etwa die Epoche von 1750 bis 1850. Ihr ist der 4. Band von »A History of Technology«⁵, eines Standardwerkes der Technikgeschichte, gewidmet. In Deutschland setzt der Wandel zur beginnenden Industriegesellschaft 50—70 Jahre später ein, endet aber mit einer kleineren Phasenverschiebung, zwischen 1860 und 1900, je nach der Betrachtungsweise.

Diejenige von Forbes⁶: »Outside Britain the revolution was far from complete even by 1880; thus Germany cannot be said even to have entered the industrial stage before the 1870s« — dürfte etwas zu einseitig sein (vergl. auch Tabelle 1).

Wir interessieren uns für die Entwicklung technischen Handelns. Hierbei ist die englische industrielle Revolution zunächst maßgeblich. Sie ist es aber nicht allein, denn die Umwand-

Tabelle 1

Eisenbahnnetz ⁷	Deutschland	Großbritannien
1840	549 km	348 km
1870	19 575 km	24 999 km
1880	33 838 km	28 854 km
1910	61 148 km	37 579 km
Außenhandel ⁷	Einfuhr/Ausfuhr	
1885	3,1/3,1	7,6/5,5 Mill. Mark
1910	9,5/8,1	13,8/10,9 Mill. Mark
Ausfuhr von Eisen ⁸	Dtl. n. GB.	GB. n. Dtl.
1899	4,3	35,9 Mill. Mark
1900	7,9	54,9 Mill. Mark
1901	27,8	15,7 Mill. Mark
1902	49,4	7,2 Mill. Mark

lungen wiederholten sich nicht auf dem Kontinent, sondern gewannen sowohl in Frankreich als in Deutschland jeweils eigene Ausprägungen. Die geschichtlichen Bedingungen waren in vieler Hinsicht andere.

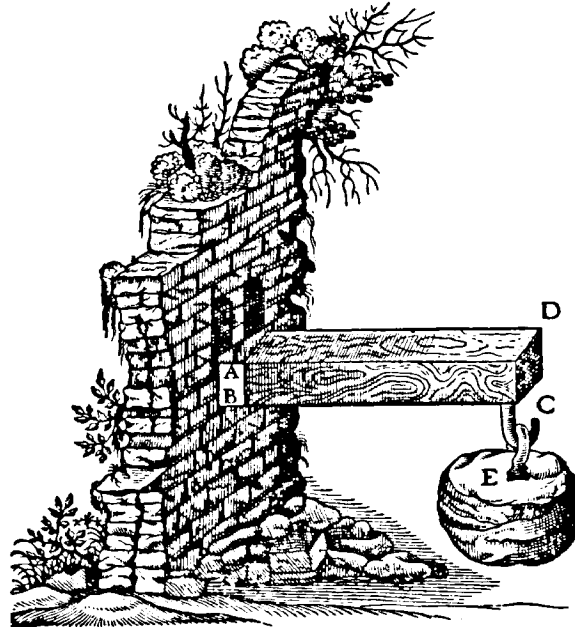
Der frühkapitalistische Nährboden, der in England das Wachstum der industriellen Revolution so sehr begünstigte, konnte sich in den noch weitgehend feudalistisch dirigierten deutschen Kleinstaaten vor der Zolleinigung — erst in der Neujaarsstunde am 1. 1. 1834 fielen die Zollschränken — nicht allgemein ausbreiten. Danach war die technische, wirtschaftliche und soziale Konstellation, allein infolge der inzwischen entwickelten Technik und der englischen Konkurrenz, mit den englischen Ausgangsverhältnissen nicht mehr vergleichbar. Wir werden also die Differenzierungen, die sich folglich auch in der technischen Entwicklung ergeben haben, verfolgen müssen und werden sehen, daß sowohl in Frankreich als auch in Deutschland das technische Bildungswesen hierbei einen bedeutenden Einfluß ausübte.

Die industrielle Revolution ereignete sich zuerst in England, weil ihr dort die Verhältnisse im 18. Jahrhundert am günstigsten waren. Dort

erhielt sie ihr Gesicht und ihre frühkapitalistische Prägung. Aber sie war in ganz Mitteleuropa vorbereitet. Sie mußte kommen. Es ist nicht denkbar, daß sich im Europa des 18. Jahrhunderts die durch die Wissenschaft gewonnenen technischen Möglichkeiten auf spielerische Demonstrationen beschränkt hätten, auch wenn die Freude am Dilettieren und Spielen mit naturwissenschaftlichen Experimenten, technischen Errungenschaften und Kuriositäten zur Lebensart des Barock hinzugehörte. Die Spielfreude begünstigte die Erfindungen. Die merkantilistischen Staatsverwaltungen der Fürstenhöfe förderten die Manufakturen und waren insoweit auch an der praktischen Nutzung technischer Neuerungen interessiert. Andererseits waren gerade in den politischen und ökonomischen Verhältnissen auf Seiten der absolutistischen Fürsten wie des auf seine Rechte bedachten Adels Hemmungen begründet, weil man die gesellschaftlichen Verschiebungen befürchtete, die mit den Neuerungen verbunden waren.

Die entscheidende Vorbedingung der industriellen Revolution war der in der Mitte des 18. Jahrhunderts erreichte Stand der experimentellen Naturwissenschaften. Sie hatten sich seit zwei Jahrhunderten an vielen Stätten entfaltet. Die großen Namen beweisen, daß die Naturwissenschaft und die mit ihr Hand in Hand gehende Mathematik eine nicht auf ein Land begrenzte, allgemeine europäische Leistung war. Sie mündeten, wie Dijksterhuis⁹ großartig dargelegt hat, in die Mechanisierung des Weltbildes, in eine Naturphilosophie, die alle Naturerscheinungen auf mechanische Ursachen zurückführte (einschließlich aus der Entfernung wirkender Kräfte bei Newton).

Die Mechanik stand im Zentrum. Nachdem die Grundgesetze gefunden waren, wurde sie mathematisch ausgebaut und erreichte Ende des 18. Jahrhunderts einen hohen Abstraktionsgrad. Dabei war sie auf die technische Anwendung hin orientiert. Mit der Festigkeitstheorie der Balkenbiegung hatte sich bereits



2

Galilei (1564—1642) befaßt und nach ihm Hooke, Mariotte, Leibniz, Jakob Bernoulli, Parent, bis sie von Euler (1707—1783) und Coulomb (1736—1806) abgeschlossen und die klassische lineare Elastizitätstheorie dann von Navier (1785—1836) und Cauchy (1789—1857) vollendet wurde.¹⁰ (Bild 2)

Die Entwicklung der experimentellen Naturwissenschaften war zugleich eine solche des Instrumentenbaus. Einige Instrumente gab es schon im Mittelalter, vor allem Uhren (erste mechanische Uhr im 13. Jahrhundert, erste astronomische Uhr von Dondi 1348—1362 und am Straßburger Münster 1354), ferner Waagen, den Kompaß, Zirkel, Distanzmesser etc. Andere entstanden neu, vor allem optische Instrumente, das Mikroskop und Fernrohr (Janssen 1590 und 1604, Galilei), optische Gläser, Quadranten, Pendel, Teilungsmaschinen, mathematische Instrumente, Rechenmaschinen (Schickard, Pascal), Vermessungsinstrumente, Navigationsinstrumente, die Thermometer, Manometer, Barometer, Luftpumpen, chemische Glasapparaturen

etc. Ein hoher Stand der Perfektion und Kunstfertigkeit wurde erreicht. Dabei wurden auch Vorrichtungen und Werkzeugmaschinen entwickelt, insbesondere für den Uhrenbau. Der Instrumentenbau kam im 17. und 18. Jahrhundert in England zu besonderer Blüte. Es gab Zusammenschlüsse der Clockmaker, Spectaclemaker (opt. Instrumente), den Mathematical Instrument Makers Club u. a. Ihre Werkstätten und Läden waren Treffpunkte der Wissenschaftler und Amateure, schon lange bevor die Royal Society gegründet war.

Die Bildung wissenschaftlicher Gesellschaften war ein Ausfluß der gemeinsamen Bestrebungen und des Bedürfnisses nach Erfahrungsaustausch unter den Wissenschaftlern. Nach den bereits im 13. und 14. Jahrhundert bestehenden italienischen Akademien wurden die ersten naturwissenschaftlichen Akademien im 16. und 17. Jahrhundert in Italien gegründet (Neapel 1560 und 1624, Madrid 1575, Rom: Accademia del Lincei 1603, Florenz, Accademia del Cimento 1657). Es folgten Gründungen in vielen europäischen Städten, darunter 1662 die der Royal Society aus den bereits seit 1645 stattfindenden Treffen des »Invisible College of London and Oxford«, der Académie des Sciences in Paris, die auch aus zunächst privaten Zusammenkünften von Descartes, Pascal u. a. entstanden war und 1669 von Colbert am Louvre eingerichtet wurde, die der Leopoldina in Halle 1687 und der beiden von Leibniz ins Leben gerufenen Akademien der Wissenschaften in Wien 1676 und Berlin 1700. Die Denkweise war offen. Die Entwicklung der Naturwissenschaften schloß ihre Anwendung keineswegs aus. Diese war vielmehr im allgemeinen in die Bestrebungen einbezogen und von einigen, auch von Leibniz und insbesondere von Francis Bacon, Baron of Verulam (1561—1626), bewußt gefördert. Bacon hat keine eigenen naturwissenschaftlichen Leistungen vollbracht, auch hat seine Theorie der wissenschaftlichen Induktion konkret wenig Anklang gefunden, und doch

muß, wie Dijksterhuis⁹ es herausstellt, »der Einfluß seiner allgemeinen Denkrichtung und der damit zusammenhängenden Betrachtungen über das zu erstrebende Ziel sehr hoch angeschlagen werden«. Formulierungen wie »Natura non nisi parendo vincitur« (Man überwindet die Natur nur, indem man ihr gehorcht), »Nam ipsa scientia potestas est« (daraus wurde: »Wissen ist Macht«) prägten sich tief ein. Das Endziel der Wissenschaft ist für Bacon die Verbesserung der Lebensbedingungen, Erleichterung und wenn möglich Vertreibung von Not, Sorge und Leid. Bacon wurde in England stets hoch in Ehren gehalten, die Royal Society folgte bewußt seinen Ideen.

Kennzeichnend für die Verschwisterung von naturwissenschaftlichem und technischem Interesse in der damaligen Zeit sind die Bemühungen um die Kraftmaschine. Durch die Versuche von Torricelli, Pascal und Otto von Guericke hatte man erkannt, welch große Kraft der atmosphärische Druck auf ein evakuiertes Gefäß ausübt, und verfolgte viele Ideen, diese Druckdifferenz zum Antrieb eines Kolbens zu nutzen. Huygens versuchte, das Vakuum unter dem Kolben dadurch zu schaffen, daß nach einer Pulverexplosion das Gas ausströmte und zugleich gekühlt wurde. Sein Assistent war Denis Papin, der zuvor Medizin und Naturwissenschaft studiert hatte und sehr geschickt und ideenreich war. Huygens, der auch die Federunruhe der Uhr erfunden hatte, schickte Papin mit einer Empfehlung nach London, um eine Taschenuhr zu überbringen. Dort wurde er von Boyle als Gehilfe angestellt, konnte die Versuche mit Vakuum fortsetzen, verbesserte die Luftpumpe und erfand, da er auf Grund seiner Beobachtungen mit Vakuum eine weitere Steigerung der Siedetemperatur bei Druck erwartete, den Dampfkochtopf. Er stellte auch ein Näherungsgesetz über den Zusammenhang von Dampfdruck und Siedetemperatur auf. Die Royal Society nahm ihn auf. 1688 wurde er auf Einladung des Landgrafen von Hessen Profes-

sor für Mathematik in Marburg, machte dort auf Veranlassung des Landgrafen, allerdings unter sehr ungünstigen materiellen Bedingungen, Versuche mit der Huygensschen Explosionsmaschine und kam dabei auf die geniale Idee, das Vakuum unter dem Kolben durch kondensierenden Dampf zu erzeugen. Die atmosphärische Dampfmaschine war erfunden. Papin veröffentlichte 1690 die »neue Methode, die stärksten Triebkräfte mit leichter Mühe zu erzeugen«.¹¹

Papin selbst bemühte sich vergebens. Seine Maschine, in der der Dampf innerhalb des Zylinders abwechselnd gebildet und kondensiert wurde, konnte noch keinen Erfolg haben. Er brachte noch Verbesserungen an Saverys Maschine an, auf die ihn Leibniz aufmerksam gemacht hatte, hatte aber auch in London kein Glück mehr und starb verarmt und vergessen.¹²

Den Erfolg erzielte dann Thomas Newcomen dadurch, daß er einen Dampfkessel mit dem Zylinder verband und zum Kondensieren die Dampfzufuhr abstellte und Wasser einspritzte. Newcomen war ein Eisenhändler, der die Zinnminen in Südengland mit Eisenwaren und Werkzeug belieferte und dabei sicher auch handwerkliche und Ingenieuraufgaben ausführte. Zusammen mit seinem Assistenten, dem Klempner Calley, brachte er 1712 seine erste funktionierende Dampfmaschine in einer Mine in Dudley Castle in Staffordshire zum Laufen. Sie pumpte in 12 Huben in der Minute je 10 Gallonen (ca. 45 l) Wasser etwa 46 m hoch, entsprechend 5,5 PS Nutzleistung.

Newcomen mußte sich mit Severy verbinden, der 1698 das erste Patent auf eine Dampfmaschine zum Pumpen von Wasser erhalten, sein Modell dem König und der Royal Society vorgeführt und später auch eine Patentverlängerung erwirkt hatte. Er war der erste Hersteller und Lieferant von Dampfmaschinen. Saverys Maschinen hatten keinen Kolben. Das Wasser wurde im ersten Takt vom Vakuum angesaugt

und im zweiten Takt von Dampf unter Druck weitergefördert.

Savery verkaufte dann Newcomens Maschinen. Seine Erben dürften den Hauptnutzen daraus gezogen haben. Ab 1725 war die Newcomen-Maschine allgemein in Gebrauch, bereits 1722 wurde eine Maschine in Ungarn aufgestellt, 1726 die nächste in Paris und dann weitere in den europäischen Staaten, sogar in Sibirien.

Damit sind wir bei der Industrial Revolution angelangt. Der Bestand an technischem Wissen war schon vor dem ausgehenden 18. Jahrhundert so erhöht, daß, wie Borchardt¹³ meint, »im Zeitraum der industriellen Revolution gleichsam nur ein Stau beseitigt worden ist, der zuvor der breiten Nutzung des Wissens im Wege stand. Einem Dammbruch gleich muß sich die Fülle angestauten Wissens in die aufnahmebereiten Verwendungen ergossen und so den beträchtlichen Sprung nach vorne ermöglicht haben«.

Diese Hypothese mag für das von der Wissenschaft bereitgehaltene Wissen gelten, nicht jedoch für das technische Wissen, das Know how, das bis in alle Details der Verwirklichung reichen muß und erst durch die industrielle Revolution selbst entwickelt werden konnte.

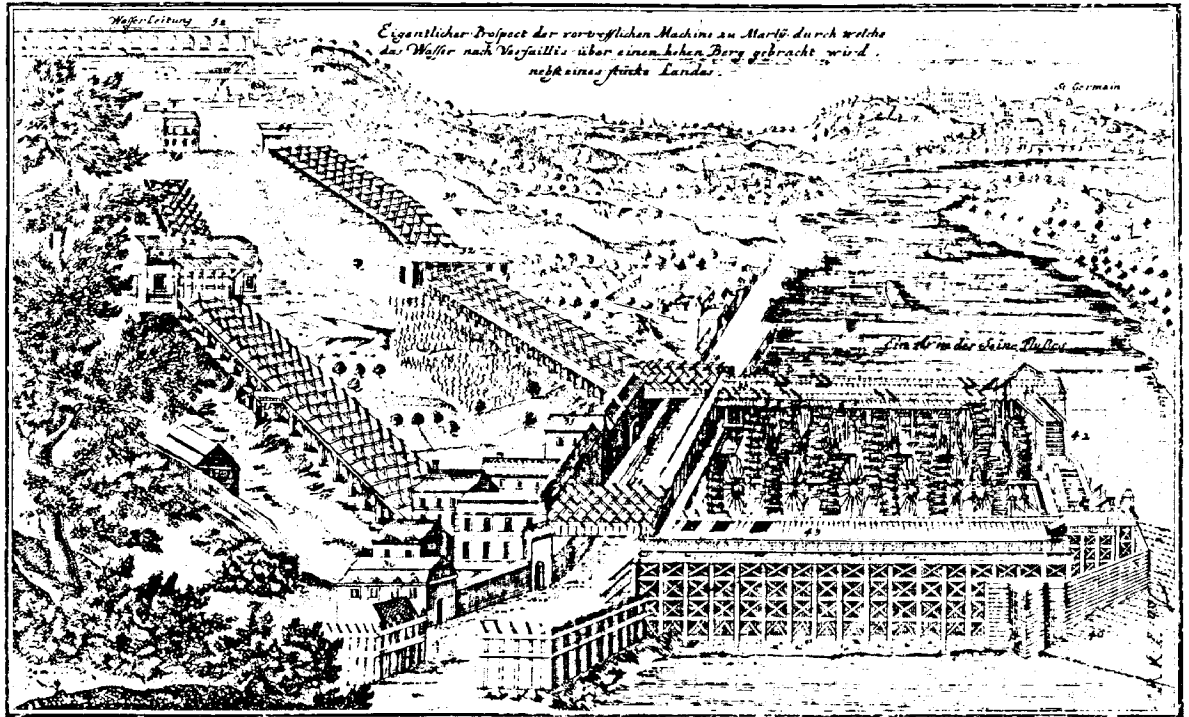
Zur industriellen Revolution in England haben folgende Faktoren hauptsächlich beigetragen (im wesentlichen nach ¹⁴, ferner ², ⁴, ⁷):

1. Verringerte Sterblichkeit und zunehmende Geburtenziffer, im Ergebnis seit 1780 eine sprunghafte Bevölkerungszunahme. Der Rückgang der Sterblichkeit wird mit der Erhöhung der landwirtschaftlichen Erzeugung in Verbindung gebracht. Ein größerer Einfluß wird der Geburtenzunahme beigemessen, die durch eine Herabsetzung des Heiratsalters um ein bis zwei Jahre und größere Kinderzahlen je Familie bedingt war, welche ihrerseits als eine Folge sowohl der Umwandlungen in der Landwirtschaft als auch des Arbeitsplatzangebotes der expansiven Industrie wie der Arbeitsbedin-

3
Die Maschine von Marly für
die Wasserkünste von Ver-
sailles, erbaut 1681—1685
(Kupferstich). 14 Wasser-
räder, 12 m im Durchmesser,
trieben 221 Pumpen, um das

Wasser der Seine in drei
Stufen 162 m zu heben;
Leistung 80 PS

31



gungen und der veränderten Gewohnheiten und Mentalitäten angesehen werden müssen.

2. Die tiefgehenden Umwandlungen und Fortschritte in der Landwirtschaft (Einhegungen).

Eine landwirtschaftliche Revolution begleitete die industrielle Revolution bzw. ging ihr voraus. Sie beruhte auf einer neuen Technik der kontinuierlichen Feldbestellung anstelle des Brachlandverfahrens. Das abgeerntete Land konnte nicht mehr, wie es bis dahin allgemeines Recht war, als Brachland zum Weiden freigegeben werden, sondern wurde erneut mit Futterfrucht bestellt und mußte deshalb eingehegt werden. Neues Land wurde hinzugewonnen. Von 1760 an machten die Einhegungen schnelle Fortschritte. Neue Fruchtfolgen, die z. T. aus den Niederlanden übernommen waren, wurden eingeführt. Der Übergang zu einer intensiven Landwirtschaft brachte eine bedeutende Produktionssteigerung. Die englischen Getreide-

exporte verdoppelten sich zwischen 1700 und 1766. Der Viehbestand wuchs. Andererseits waren zwischen 1650 und 1750 in ganz Europa die Ertragspreise gefallen. Hierdurch und durch die Exportchancen nach Europa wurde der englische Landadel zu einer rationelleren Bodenbestellung angeregt. Die Einhegungen, die Produktionssteigerung und der Export waren mit einem erhöhten Bedarf an Eisenwaren und technischen Leistungen verbunden bis zu Kanalbau und Schifffahrt. Die verarbeitenden Industrien wie Mülereien, Brauereien, Brenneien wurden ausgeweitet. Der industrielle Fortschritt wirkte sich seinerseits auf die Entwicklung verbesserten Geräts und landwirtschaftlicher Maschinen aus. Sämaschinen, Erntemaschinen, Dreschmaschinen (ab 1811 mit Dampfkraft von R. Trevithick eingerichtet), Dampfpflüge u. a. wurden entwickelt. (Der Wettbewerb englischer Dampfpflüge auf ägyptischen Baum-

wollplantagen gab Max Eyth, der 1863—1867 dort tätig war, Anlaß zu seiner vergnüglichen Erzählung in »Hinter Pflug und Schraubstock«.)

3. Energiebedarf, Holzmangel und Kohlenreichtum.

Die Muskelkraft von Mensch und Tier, auch wenn sie in Tretmühlen noch so rigoros ausgenutzt wurde, reichte nicht aus, um die im 17. und beginnenden 18. Jahrhundert zunehmenden technischen Unternehmungen mit Energie zu versorgen. Die Wasserräder konnten nicht beliebig vergrößert werden, auch stand in England nur begrenzte Wasserkraft zur Verfügung. In manchen Gruben wurden, wie Matschoß¹¹ mitteilt, im 18. Jahrhundert bis zu 500 Pferde beschäftigt, um das Wasser zu heben. Die Gewerbeentwicklung war durch diese Energiegrenze blockiert. (Bild 3)

Dies macht verständlich, warum eine so unwirtschaftliche Maschine wie die Dampfmaschine von Newcomen allgemein angewendet wurde und schließlich bis zu einer Zylindergröße von 1,8 m Durchmesser und 3,2 m Höhe bei 18 m Höhe des Maschinenhauses gebaut wurde. »Man braucht eine Eisengrube, um sie herzustellen und eine Kohlengrube, um sie zu betreiben«, sagte ein zeitgenössischer Kritiker. In ihrer von Smeaton systematisch vervollkommenen besten Ausführung erreichte die Newcomen-Maschine einen Wirkungsgrad von ca. 1 Prozent. Erst Watts Erfindung öffnete der industriellen Revolution die Tore.

4. Die Entwicklung des Binnen- und Außenmarktes.

Trotz Bevölkerungszunahme vergrößerte sich das reale Sozialprodukt pro Kopf der Bevölkerung. Der Binnenmarkt war aufnahmefähig für alle Arten von Gebrauchsgütern (in Manchester wurden in 20 Jahren 2000 neue Häuser gebaut).

Die englische See- und Kolonialherrschaft begünstigte den Ausbau des Außenhandels. Das britische Kolonialreich war 1740 ausgebaut und die Grundlage der wirtschaftlichen Herrschaftsstellung Englands in der Welt. Von

1750—1770 verzehnfachten sich die britischen Baumwolllexporte. Die Expansion der Textilindustrie erfolgte unter dem Bedarfsdruck des europäischen und amerikanischen Außenmarktes.

Die Sklaven trugen zur Begründung und Blüte der Baumwollindustrie bei, denn Kattun wurde von den Händlern gekauft, um ihn an der afrikanischen Küste einzutauschen, und von den amerikanischen Pflanzern, um die Sklaven zu kleiden, die in den Baumwollplantagen arbeiteten.

5. Das freiheitliche Wirtschaftssystem und der Geist des Unternehmertums.

Das britische Kolonialreich war unter einer merkantilistischen Staatsgesinnung aufgebaut worden. Nun kämpfte ein liberales junges Bürgertum um Freiheit. Der von Adam Smith (1723 bis 1790) theoretisch begründete wirtschaftliche Liberalismus setzte sich durch. Er wurde von einem wagemutigen Unternehmertum getragen. Sein Feld war in erster Linie die Textilindustrie. Viele technische Neuerungen erforderten vergleichsweise geringe Erstinvestitionen. Das Kapital wurde durch Eigenfinanzierung und stille Gesellschafter beschafft, laufende Mittel wurden mit Wechseln finanziert. Eine moderne Gewinnauffassung verzichtete auf große Gewinnspannen zugunsten großen Absatzes. Eine asketische, auf Arbeit und Erfolg bedachte Lebensführung entsprach der protestantischen Grundhaltung (Max Weber). Die emporschießende Textilstadt Manchester gab der frühkapitalistischen Ära den Namen.

6. Die erbarmungslosen Konkurrenz- und Arbeitsbedingungen.

Dieses düstere Kapitel der Geschichte geht zu Lasten des Manchestertums. Es begünstigt den Starken: den Unternehmer gegenüber dem Arbeiter, solange Arbeit knapp ist; den Kapitalkräftigeren gegenüber dem Ärmern; das reichere und leistungsfähigere Land gegenüber dem unentwickelten.

7. Das Patentwesen.

Es gewährte den notwendigen Schutz für Investitionen in neue Techniken. Patente galten üblicherweise 14 Jahre lang, konnten aber verlängert werden (z. B. bei Savery, Watt).

8. Die sozialpolitische Lage.

Zum Aufstieg in das Unternehmertum standen dem Handwerk, dem Kleinbürgertum und sogar unvermögenden Landleuten keine ständischen Schranken entgegen.

9. Die neue Arbeitsorganisation der Arbeitsteilung und

10. Wissenschaft, Erfindungen und die Entwicklung technischen Wissens und Könnens.

Die Punkte 9 und 10 sind selbstverständlich entscheidende Faktoren, auf die im folgenden noch eingegangen wird. Inwieweit die übrigen Faktoren jeweils Ursache und Wirkung sind, ist schwerlich auszumachen. Das wechselseitige Zusammenspiel aller Faktoren schuf zusammen mit den individuellen Leistungen und Geschehnissen, die in der Geschichte nun einmal bestimmende Einflüsse ausüben und sich nicht in allgemeinen Trends auflösen lassen, die industrielle Revolution in England.

An dieser ersten revolutionären Phase der Wandlung von der Agrar- in die Industriegesellschaft läßt sich erkennen, daß technisches Handeln sich auf sehr verschiedene Rollen verteilt. Die Rollenverteilung unterscheidet sich auch in den einzelnen Industriezweigen. Dadurch entwickelten diese ihren eigenen Stil technischen und kaufmännischen Verhaltens und jeweils charakteristische Arbeitsbedingungen. Da dann auch die Technik ihren eigenen Konservatismus ausgebildet hat, haben sich solche frühen Handlungsmuster und die damit verbundenen Anschauungen jedenfalls in der Intention lange erhalten, auch wenn die Verhältnisse sich faktisch sehr gewandelt haben.

Es sollen nun einige charakteristische Züge und Entwicklungstendenzen der Frühepoche betrachtet werden. Dabei werden unterschiedliche Stilmerkmale der Industriezweige viel-

leicht stärker betont, als es ein Zeitgeschehen rechtfertigt, das im großen ganzen eine einheitliche Richtung verfolgte. Es ist mehr eine Frage der Betrachtung, ob man mehr auf das Gemeinsame oder die Unterschiede achtet. Letzteres ist notwendig, wenn das Handlungsspektrum profilierter in den Blick kommen soll.

2.2 Die Entwicklung der Textilindustrie: Unternehmertum und Industrieproletariat, Mechanisierung und Arbeitsteilung (Hauptsächlich Quellen ⁶, ¹¹, ¹², ¹⁵, ¹⁶)

Zu Beginn der Industrialisation mußte der Bedarf an Waren und Energie nicht erst geschaffen werden. Er war vorhanden. Die Bevölkerung wuchs, ihre Versorgung war unzureichend, der Drang nach Befreiung aus der Lebensenge, aus Orts- und Standesgebundenheit und die Hoffnung auf Glück trieben die Gesellschaft voran. Der Erfindungsgeist war herausgefordert.

Es gab ein wohlausgebautes Textilgewerbe und einen leistungsfähigen Tuchhandel. Bei der Ausweitung der Industrie scheint aber der unternehmerische Impuls hauptsächlich von den aus einfachen Verhältnissen aufsteigenden Männern ausgegangen zu sein. Nach W. Cunningham¹⁷ waren nur »wenige Männer, die dieses Geschäft reich begannen, erfolgreich. Sie vertrauten andern zu viel und sich selbst zu wenig, während . . . die erfolgreichen Männer durch ihre eigenen Anstrengungen groß wurden . . . Sie trieben ihren Aufstieg durch unaufhörliche Anstrengungen voran; sie hatten nur sehr wenig und auch manchmal kein Kapital für den Anfang außer ihrer eigenen Arbeit . . . Manche dieser Selfmademen waren nicht abgeneigt, auf ihren Erfolg stolz und zugleich hart und verachtungsvoll gegenüber demjenigen zu sein, der so wenig Energie gezeigt hatte, daß er in der Arbeiterklasse verblieben war, als wäre es weniger dessen Mißgeschick als sein Fehler«.

Der Weg zum erfolgreichen Unternehmer führte über die Maschine, die die manuelle Arbeit ersetzte. In der Zeit zwischen etwa 1760 und 1850 wurden die zahlreichen Operationen bei der Vorbereitung sowie dem Spinnen und Weben der verschiedenen Textilien mechanisiert. Es begann mit der Baumwolle, die am leichtesten mechanisch zu spinnen ist und bei der der Bedarf besonders groß ist. Arkwright (1732—1792, Patent 1769) und Heargraves (Patent 1767) erfanden fast gleichzeitig die ersten Baumwollspinnmaschinen, Crompton (1753—1827) nutzte 1779 die Vorteile beider Vorgänge in seiner Spinnmaschine, die deshalb »mule« genannt wurde und um 1790 weit verbreitet war. Auch die Vorbereitungsprozesse waren mittlerweile mechanisiert worden, vor allem durch Arkwright. Zum Antrieb diente Wasserkraft. Arkwright stellte die erste Dampfmaschine in seiner Fabrik in Manchester auf, eine Newcomen-Maschine, die das Wasser zum Antrieb seiner Textilmaschinen pumpte. Der unmittelbare Antrieb durch eine von Boulton und Watt aufgestellte Dampfmaschine wurde 1785 eingerichtet. Ab 1790 breitete sich der Dampfantrieb schnell aus. (Bild 4)

Der Spinnprozeß ließ sich noch verhältnismäßig leicht mechanisieren. Keiner der ersten Spinnmaschinenerfinder war Mechaniker. Heargraves war Weber, Crompton hatte schon als Kind Baumwolle gesponnen und Arkwright, zunächst Friseur und Perückenmacher, war offensichtlich ein Universalgenie und auch unternehmerisch so erfolgreich, daß er schließlich — als Sir Richard — viele Fabriken besaß und steinreich wurde.

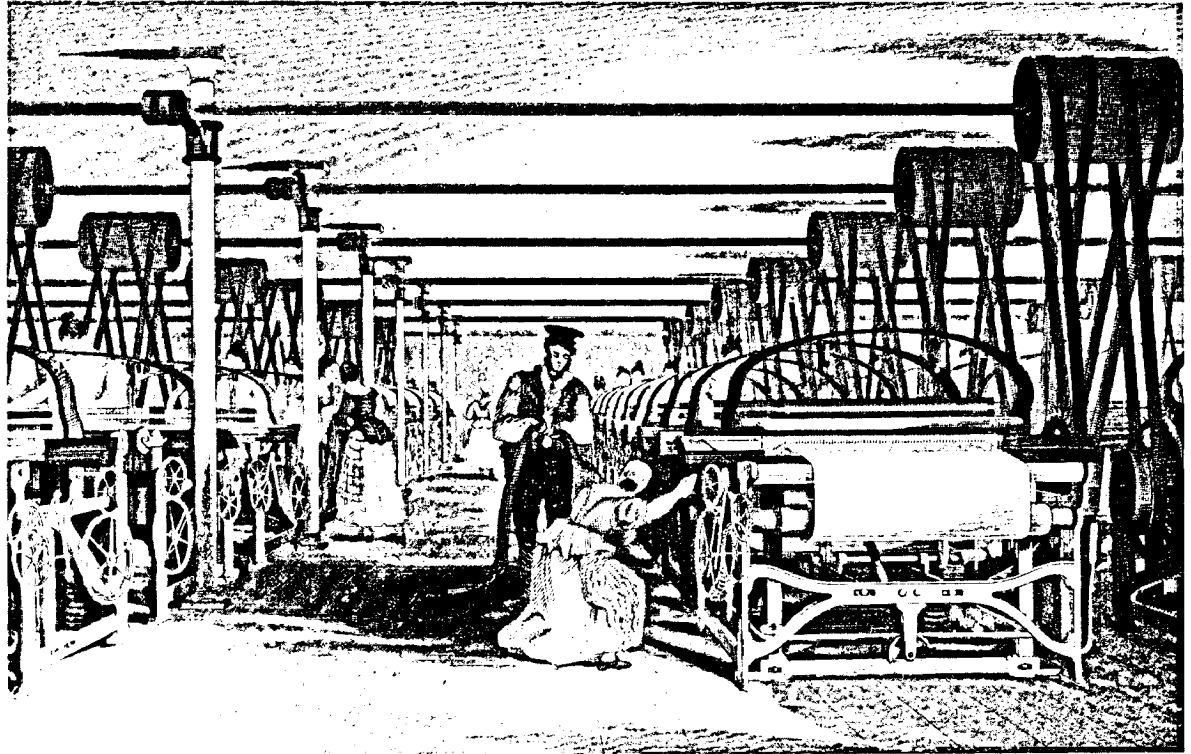
Je weiter die Mechanisierung fortschritt, desto größer wurden die maschinentechnischen Ansprüche. Der von Cartwright (1743—1823), einem Pfarrer, 1785 erfundene erste mechanische Webstuhl wurde trotz mancher Verbesserungen zunächst kein Erfolg. Es entstanden verschiedene andere Modelle, und schließlich stieg die Anzahl der in England aufgestellten

mechanischen Webstühle zwischen 1783 und 1820 von 2400 auf 14 150. Sehr erfolgreich scheint eine zwischen 1825 und 1830 von Roberts entwickelte Konstruktion gewesen zu sein. Roberts hatte bei Maudslay in London, dem hervorragenden Mechaniker und Werkzeugmaschinenbauer (s. Kap. 2.4), als Dreher und Monteur gearbeitet und sich in Manchester als Maschinenbauer niedergelassen. Sein erster großer Erfolg war eine verbesserte Spinnmaschine, die »self acting mule«. Die Textilmaschinenherstellung ging zu Beginn des 19. Jahrhunderts in die Hände des Maschinenbaus über.

Die Entwicklung der Textilmaschinen hatte in der französischen Seidenindustrie ein zweites Zentrum. Joseph Maria Jacquard (1752 bis 1839) erfand in Lyon einen mechanischen Seidenwebstuhl und entwickelte insbesondere die Musterweberei. 1812 waren 1100 Jacquard-Webstühle in Frankreich in Betrieb.

Kennzeichnend für die Textiltechnik ist, daß eine vorhandene, von Hand ausgeübte Technik von der Maschine übernommen wird, ohne daß ein wesentlich neues Produkt entsteht. Das Baumwolltuch ist sich gleichgeblieben. Ähnliches gilt bis heute für andere Zweige der Technik, bei denen alte Handfertigungen industrialisiert wurden, die ursprüngliche Bedürfnisse erfüllen: in der Lebensmittelindustrie, Möbelindustrie, keramischen Industrie und anderen. Neben der Massenfertigung behalten die handgefertigten Erzeugnisse ihren individuellen Wert, als Kunstgewerbe oder im Haushalt (hausgemachte Spätzle). Das industrielle Erzeugnis hat vielfach keinen der Technik zu verdankenden Eigenwert, außer den der gleichmäßigen Qualität. Etwas anderes ist es, wenn neue Werkstoffe und Verarbeitungsverfahren auch neue Produktwerte schaffen, wie es u. a. die Kunststofftechnik heute leistet.

Wenn im Produktwert keine Unterschiede bestehen, sind die Herstellkosten der entscheidende Wertmaßstab der technischen Leistun-



4
gen. Der Ersatz der Handarbeit durch die Maschinenarbeit und der Wasserkraft durch Dampfkraft mußte Einsparungen bringen. Die zahlreichen Unternehmer machten einander Konkurrenz. Arbeitskraft wurde angeboten. Es galt das Gesetz des freien Marktes, zunächst ohne einschränkende Sozialgesetzgebung. So entstand zu Lasten der Schwachen und Abhängigen eine Produktionsweise, die die Zeitgenossen erschreckte. Alexis de Tocquevilles Notizen über eine Reise nach England (1835) geben das Bild eines neuzeitlichen Infernos wieder. Das ausführliche Zitat in 7 endet mit den Sätzen:

»... Aus diesem schmutzigen Pfuhl fließt das reine Gold. Hier erreicht der menschliche Geist seine Vollendung und hier seine Erniedrigung; hier vollbringt die Zivilisation ihre Wunder, und hier wird der zivilisierte Mensch fast wieder zum Wilden ...«

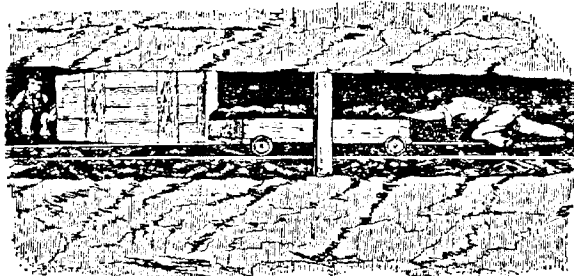
Die Arbeitszeit in den Fabriken betrug bis über 16 Stunden, auch Kinder haben so lange gearbeitet. Das Parlament untersuchte die Zustände und erließ 1833 das Fabrikgesetz, das die Beschäftigung von Kindern unter 9 Jahren — ausgenommen in der Seidenproduktion — verbot und die Arbeitszeit für 9—12jährige auf 9 Stunden, für 13—18jährige auf 12 Stunden festsetzte. Ein Gesetz für die Bergwerke von 1842 verbot die Beschäftigung von Jungen unter 10 Jahren und die Arbeit von Frauen und Mädchen unter Tage. (Bild 5)

Weil der Hungerlohn eines Arbeiters für die Familie nicht ausreichte, mußten die Frauen und Kinder für noch weniger Geld auch arbeiten. Es wird behauptet, daß deshalb die Kinderzahl anstieg. Die Kinder konnten die einfachen Handgriffe an den Spinnmaschinen ausüben und Frauen die mechanischen Webstühle be-

dienen. Cunningham¹⁷ berichtet (1907), daß in Bergwerken 6—7 Jahre alte Kinder bis zu 12 Stunden unter Tage waren, obwohl die Arbeitslöhne der Bergarbeiter beträchtlich höher waren als in anderen Berufen. Die Eltern ließen auch dann ihre Kinder arbeiten.

Als ein weiteres Kennzeichen der technischen Produktion gilt die Arbeitsteilung. Adam Smith¹⁸ bringt das berühmte Beispiel der Herstellung von Stecknadeln. Anstelle eines Naders arbeiten bis zu 18 angelernte Arbeiter an Maschinen, auf die die Herstellung in 18 Operationen aufgeteilt ist. Dadurch wird die Produktion je Arbeiter um den Faktor 400—5000 erhöht.

Unter heutigem Aspekt ist eine solche auf 18 Personen aufgeteilte Maschinenfertigung noch eine sehr unvollkommene Lösung im Vergleich zum Automaten, der nur zu beaufsichtigen ist und noch nicht einmal eine Arbeitskraft voll in Anspruch nimmt. Verrichtet er noch andere Tätigkeit, so ist an die Stelle der Arbeitsteilung eine Arbeitsakkumulation getreten. Die Übertragung der Arbeit an die Maschine bedarf der Aufteilung in alle erforderlichen Teiloperationen. Hinsichtlich des menschlichen Handels darf aber der Begriff der Arbeitsteilung nicht a priori als Charakteristikum der Technik ange-



sehen werden, wie es oft kritiklos geschieht. Hier ist eine genauere und differenzierende Analyse angebracht.

Die rings um Manchester aus dem Boden schießende Textilindustrie gab der industriellen Revolution in England zunächst ihr Gesicht und ihren stärksten Antrieb. Die tragenden und

neuen Rollen technischen Handelns spielten der Unternehmer und der Erfinder auf der einen Seite mit einem Heer ungelernter und angelernter Arbeiter einschließlich der Frauen und Kinder auf der anderen Seite.

Die Übertragung der Handarbeit in einen maschinellen Vorgang dürfte hauptsächlich ein Ergebnis genauer Beobachtung, des erfinderischen Einfalls und der Nutzung aller verfügbaren mechanischen Mittel und der mit ihnen gemachten Erfahrungen gewesen sein. Die Wissenschaft war wahrscheinlich wenig beteiligt, eher bei den chemisch-physikalischen Prozessen des Bleichens und Färbens. Der aus dem Mechanikerhandwerk hervorgegangene Maschineningenieur wurde bald wichtig zum Bau der Textilmaschinen.

2.3 Die Entwicklung der Dampfmaschine im Zusammenspiel von Handwerk und Wissenschaft, von Erfahrung und Erfindung

Wir haben gesehen, daß die atmosphärische Dampfmaschine aus der wissenschaftlichen Erforschung des Vakuums und aus der Idee entstanden war, die Differenz zwischen dem atmosphärischen Druck und dem durch Kondensation des Dampfes unter dem Kolben entstehenden Unterdruck zur Abwärtsbewegung des Kolbens zu nutzen. Diese Bewegung wurde mittels einem »Balancier« und dem Gestänge auf den Pumpenkolben des Wassers übertragen. Newcomen korrespondierte mit Robert Hooke über die Möglichkeit der Vakuumerzeugung¹⁵, wird also Papins Verfahren gekannt haben. Newcomen kam von der Bergwerkserfahrung her. Im Bergwerk bestand seit dem Mittelalter eine handwerkliche Ingenieurtradition, wie wir vor allem von Agricola wissen. Die »Kunstmeister« verstanden sich auf die vielfältige Bergwerkstechnik. Sie betreuten mehrere Bergwerke und hatten die Anlagen einzurichten und instand zu halten. Diesem traditionellen Aufgabenbereich dürfte auch Newcomens Ge-

schäft als Eisenhändler zuzuordnen sein. In seiner Maschine verband sich nun die handwerkliche Ingenieurkunst mit wissenschaftlichen Prinzipien. Damit änderte sich auch die Rolle des Kunstmeisters in den folgenden 100 Jahren. Er hatte jetzt Dampfmaschinen einzubauen und in Gang zu halten und bildete sich zu einem praktischen, in der neuen Technik kenntnisreichen Maschineningenieur, der aber zugleich Handwerker blieb, d. h. die Arbeiten selbst ausführen konnte. Die Newcomen-Maschinen wurden an Ort und Stelle aus den Einzelteilen zusammengebaut. Saverys Patentrechte liefen 1733 aus, und manche Kunstmeister werden die Maschinen in eigener Regie geliefert und aufgebaut haben.

Mit James Watt setzt eine andere Entwicklungslinie ein. Er war »Mathematischer Instrumentenmacher« der Universität Glasgow, d. h. Mechaniker in einer in England zu höchstem Stand gebrachten und in enger Nachbarschaft zur Wissenschaft stehenden Disziplin. Watt war seiner Veranlagung nach Wissenschaftler. »Alles wurde zur Wissenschaft in seinen Händen« bezeugen die mit ihm befreundeten Universitätsprofessoren. Seine Freundschaft mit dem Chemieprofessor und Thermodynamiker Joseph Black, der die latente Wärme des Dampfes erkannt hatte, kam seinen Arbeiten an der Dampfmaschine sehr zugute.

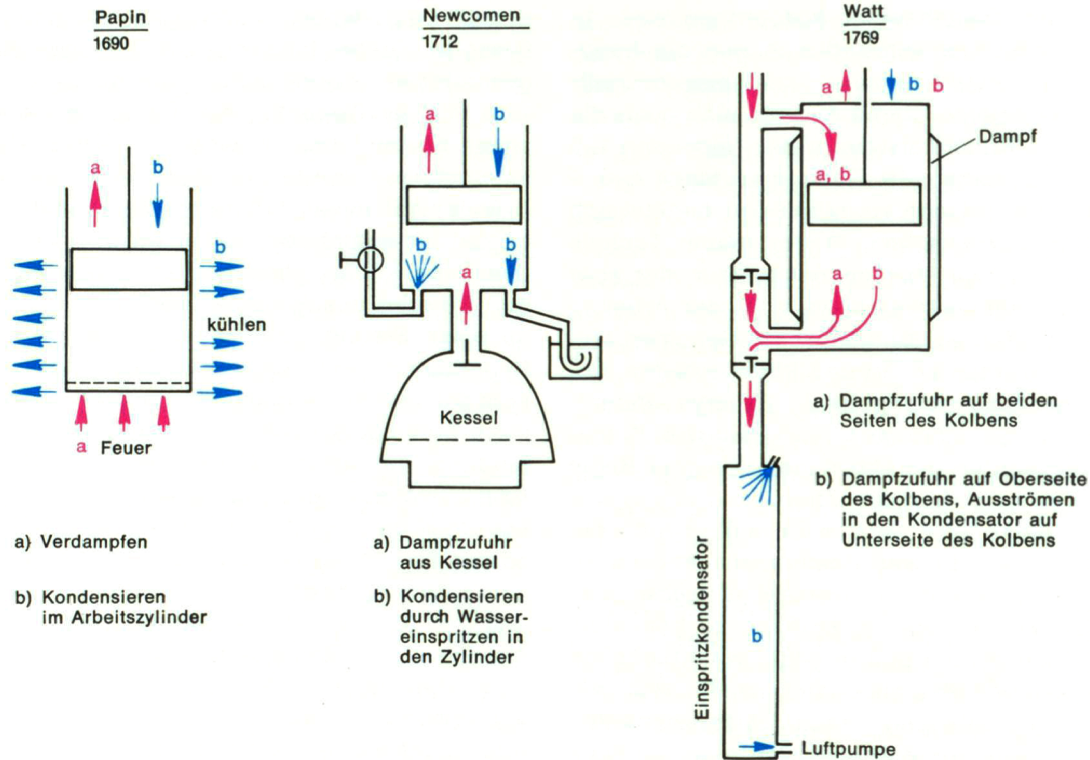
Diese wurden ausgelöst durch den Auftrag, das Modell der Newcomen-Maschine der Universität wieder in Gang zu bringen. Dabei fiel ihm auf, daß sie »ein wahrer Dampffresser« war. Er begann Versuche mit Dampf, stellte die großen Volumenunterschiede von Dampf und Wasser fest; er entdeckte, daß der Dampf eine viel größere Wärmemenge enthält als das Wasser und erkannte die Ursachen des großen Wärmeverlustes der Newcomenschen Maschine, deren Zylinder durch den Dampf auf Siedetemperatur erhitzt und sodann durch den inneren Wasserstrahl wieder abgekühlt wurde. Nach langem Grübeln kam ihm, seiner eignen Schilderung

gemäß, auf einem Sonntagsspaziergang in Glasgow Green blitzartig die Lösung, einen gesonderten Kondensator anzubringen: »Es kam mir der Gedanke, daß Dampf, ein elastischer Körper, sich in einen luftleeren Raum hineinstürzen würde und daß, wenn man den Zylinder mit einem luftleeren Raum verbände, er dort hineinströmen müßte, wo man ihn kondensieren könne, ohne daß es notwendig sei, den Zylinder abzukühlen« (Bericht von J. Watt an einen Freund, zitiert aus ¹²). Hier wird der fruchtbarste und folgenreichste Vorgang im konzeptionellen technischen Handeln offenbar: die Erfindung, der schöpferische Einfall in Verbindung mit streng logischem Denken und methodischem wissenschaftlichem Vorgehen. Man muß sich vor Augen halten, daß die Newcomen-Maschine seit etwa 50 Jahren und bis zu riesigen Abmessungen in Gebrauch war und daß der große Kohleverbrauch als enorme ökonomische Belastung empfunden wurde, ohne daß der von Watt eingeschlagene Weg von jemandem entdeckt worden war. Aus heutiger Sicht war er naheliegend, aus der damaligen nicht, denn man war ja auf das Papinsche Prinzip fixiert, unterhalb des Kolbens durch Dampfkondensation Vakuum zu erzeugen. (Bild 6 u. 7)

Watts Maschine war dagegen eine Niederdruckdampfmaschine mit getrenntem Kondensator, die auch oberhalb des Kolbens mit Dampf anstelle der Atmosphäre beaufschlagt wurde. Er erhielt 1769 ein umfassendes Patent, das später, als sich zeigte, wie schwierig die technische Verwirklichung war, nach erbittertem Patentstreit bis 1800 verlängert wurde. Eine Hauptschwierigkeit bestand in der erforderlichen, seither nicht gekannten Bearbeitungsgenauigkeit für die Stopfbüchsendurchführung und vor allem für die Zylinderbohrung. Glücklicherweise hatte der Eisenhüttenbesitzer John Wilkinson eine Zylinderbohrmaschine entwickelt, die die notwendige Genauigkeit lieferte.

6
Erzeugung des »Vakuums«
im Arbeitszylinder zum
Antrieb durch den Überdruck
der Atmosphäre bzw. bei
Watt durch zusätzlichen
Dampfüberdruck (Der Rückhub

erfolgt durch das Gewicht
des angeschlossenen
Pumpengestänges)



6

Der Kampf gegen alle rechtlichen und geschäftlichen Schwierigkeiten lag nicht in Watts Natur und konnte auch nur durchgestanden werden, weil Watt in dem bedeutenden Unternehmer und Maschinenfabrikanten Matthew Boulton einen hervorragenden Geschäftspartner gefunden hatte. Dann allerdings beherrschten die Dampfmaschinen von Watt und Boulton bis 1800 unangefochten den europäischen Markt. Der Kohleverbrauch war nur etwa ein Drittel bis ein Viertel desjenigen der atmosphärischen Maschine. Nun war der Weg erst frei zur Anwendung für alle Arten fester Antriebe.

Der nächste Schritt zur Hochdruck-Expansionsdampfmaschine ohne Kondensator wurde von Richard Trevithick aus Cornwall und Oliver Evans in USA getan. Trevithick war Bergwerksingenieur (Kunstmeister) und wurde der eigentliche Pionier des Hochdruckdampfes. Seine

Maschinen zur Wasserhaltung setzten den Kohleverbrauch gegenüber der Wattschen Maschine von 1800 wiederum auf ein Drittel bis ein Viertel herab. Schon 1801 konstruierte er den ersten Dampfwagen, 1804 lief seine erste Lokomotive. Trevithick, der »Riese von Cornwall« war einer der kraftvollen, von unerschöpflichem Ideenreichtum und unermüdlicher Unternehmungslust erfüllten Ingenieure aus der Jugendzeit der Technik, der sein Glück in seiner schöpferischen Tätigkeit fand und wie viele andere es nicht zu Reichtum gebracht hat. (Bild 8)

Die Hochdruckdampfmaschine (5–6 atü) ermöglichte den Bau von Lokomotiven für den Bergbau. Es war allerdings noch strittig, ob die Reibung Stahlrad auf Stahlschiene zum Antrieb ausreichte oder ob ein Zahnradantrieb erforderlich sei, wie ihn Blenkinsop einführte. George

Huygenssche Schießpulvermaschine, 1673. Eigenhändige Skizze. — Aus: Huygens, Oeuvres completes, To. 7 (La Haye 1897). Nach der Explosion des in die

Kapsel C gelegten Schießpulvers strömen die Gase bei F aus. Infolge ihrer kinetischen Energie entsteht am Ende des Ausströmvorgangs im Arbeitszylinder ein

Unterdruck (nach Angabe von Huygens ca. $\frac{1}{2}$ Atm). Die Schlauchventile E, F schließen sich, und der äußere atmosphärische Druck treibt den Kolben nach unten.

39

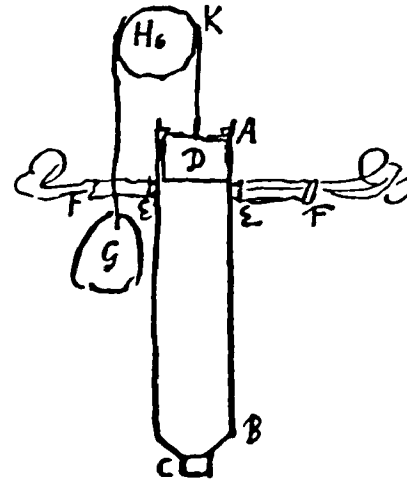
Stephenson wählte den Reibungsantrieb. Seine erste Lokomotive »Blücher« erwies sich als leistungsfähig. Stephenson baute von 1815 an Lokomotiven und Eisenbahnen, darunter die Bahnen Stockton—Darlington und Manchester—Liverpool. Den Lokomotivbau übernahm später hauptsächlich sein kongenialer Sohn Robert. George Stephenson, im nordenglischen Kohlenbezirk als Sohn eines Kohlenarbeiters geboren, hatte sich vom Grubenarbeiter zum Maschinenmeister und technischen Leiter der Kohlengruben hochgearbeitet. Er vollbrachte seine bedeutenden technischen Leistungen — auch eine Sicherheitslampe gehörte dazu — ohne wissenschaftliche Vorbildung dank seiner ungewöhnlichen Intelligenz und technischen Begabung. Sein Sohn erhielt eine ausgezeichnete Erziehung. Er war ein hervorragender Ingenieur und nicht nur der Schöpfer der Lokomotiven, die zuerst den Schienenstrang eroberten. Robert Stephenson baute auch große Stahlbrücken. So entwarf er die 2740 m lange Brücke über den St.-Lorenz-Strom bei Montreal. Er und sein Freund und Rivale Brunel waren im Brückenbau Pioniere der Metallbauweise.

Die Entwicklungsgeschichte der Dampfmaschine läßt folgende geistigen Strukturelemente technischen Handelns deutlich hervortreten:

- exakte wissenschaftliche Forschung und die Nutzung ihrer Ergebnisse,
- die genaue Beobachtung und Berücksichtigung der Erfahrungstatsachen,
- eine selbständige, die Tradition bewußt in Frage stellende und sich gegen die Vorherrschaft des bis dahin üblichen Denkens und Wissens auflehrende schöpferische Denkhaltung,
- Ausdauer auf einem Weg von Schwierigkeiten und Mißerfolgen, deren systematische Analyse neue Erkenntnis und neue Ideen zeitigt und den weiteren Weg weist.

Die Geisteshaltung der Kritik und Entdeckerfreude, die zugleich die Erfahrungstatsachen

anerkannt und auf das genaueste analysiert, haben moderne Technik und die Erfahrungswissenschaften gemeinsam. Bei der Technik kommen Erfindung und Gestaltung hinzu, der Drang und die Lust, Neues zu schaffen und die Genugtuung, an einer fortschrittlichen Veränderung der Welt mitzuwirken. Dieser Fortschrittsglaube war jedenfalls in der Anfangsphase der Technik noch ungebrochen.



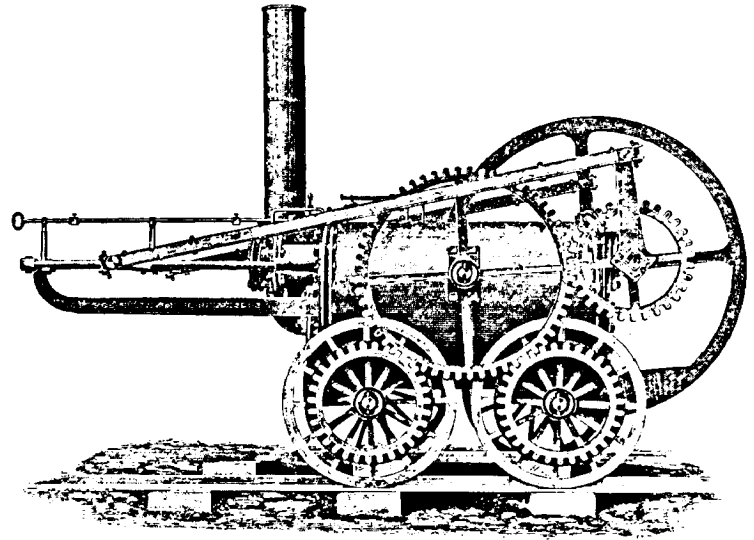
7

Der lange Weg von Papins Dampfmaschine bis zur Lokomotive zeigt auch, daß die dabei erfolgreichen Ingenieure im Handwerk und in der Praxis verankert waren und sein mußten.

2.4 Die Entwicklung der Fertigungstechnik: Werkzeugmaschine und Industriehandwerk

Wie bereits erwähnt wurde, hatte der Instrumentenbau eine lange, in das Mittelalter zurückreichende fertigungstechnische Tradition und im 17.—18. Jahrhundert in England einen besonders hohen Stand erreicht. Die bis zum Beginn der industriellen Revolution bestehende Maschinentechnik stellte noch keine hohen Ansprüche an die Metallbearbeitung. Es gab z. B. Geschützbohrmaschinen und einfache handgetriebene Drehbänke, an denen nach Drechslerart ohne feste Werkzeugführung ge-

dreht wurde. Die erreichbaren Genauigkeiten waren gering. Zwischen 1775 und 1850 wurden die wichtigsten Werkzeugmaschinen zur Metall- und Holzbearbeitung entwickelt. Der schon erwähnte Eisengießer John Wilkinson (1728 bis 1808) brachte die von ihm gebaute Horizontalbohrmaschine zum Ausbohren der großen Dampfmaschinenzylinder auf eine Genauigkeit von $\frac{1}{8}$ Zoll (3 mm). Der Tischler Bramah (1748 bis 1814) gründete in London eine Werkstatt zur Fertigung des von ihm erfundenen Sicherheitsschlusses. Er erfand unter anderem noch die Holzhobelmaschine, die hydraulische Presse und gewann vor allem in Henry Maudslay (1771 bis 1831) einen genialen und ungewöhnlich geschickten Mitarbeiter und Werkstattleiter. Unter strenger Geheimhaltung entwickelte er die Fertigungstechnik für das Sicherheitsschloß, wobei die verschiedenen Flächen und Schlitzte in genauer Justierung gedreht, gefräst (eine Flächenfräsmaschine entstand aus einer Drehbank) und gestoßen werden mußten. Maudslay gründete 1797 eine eigene Werkstatt. Er galt als einer der geschicktesten Metallarbeiter Englands. Er baute eine selbständige Drehbank, die »englische Drehbank« mit zwangsläufiger Supportführung, auch eine Leitspindel-drehbank zum Gewindedrehen und nutzte generell eine genaue Flächenführung des Werkzeuges oder des Werkstückes parallel oder senkrecht zur Achse für die verschiedenen Bearbeitungsvorgänge des Drehens, Bohrens, FlächenfräSENS. Maudslay war ein glänzender Erzieher und hat mit seiner Werkstatt, in der viele später führende Metallarbeiter und Maschinenbauer gearbeitet haben, eine hervorragende Schule der Fertigungstechnik und des Maschinenbaus geschaffen. Aus seiner Werkstatt gingen unter anderen Nasmyth (1808 bis 1890, Dampfkammer, Shapingmaschine), Roberts (1789—1864, Stoßmaschine, Gewindedrehbank, s. auch Spinnmaschine), Whitworth (1803—1887, Hobelmaschine, Drehbank, Gewindesystem) hervor.



8

Nasmyth hat über Maudslay berichtet¹⁹: »Einer von Maudslays Lieblingsgrundsätzen war: »Gewinne erst einmal eine klare Vorstellung von dem, was du bewerkstelligen willst, dann wird es dir aller Wahrscheinlichkeit nach auch gelingen, es auszuführen« es sollte das, was Herr Maudslay (Gleichförmigkeit der Schrauben) einföhrte, fast eine Revolution im Gebiete der mechanischen Technik genannt werden. Vor seiner Zeit war keinerlei System . . . Jede Schraubenspindel und -mutter war eine Besonderheit für sich . . . Überragende Geschicklichkeit oder hohes technisches Können waren bei ihm im weiten Maße Wissenschaft. Jedes Werkstück wurde nach unerschütterlichen Grundsätzen betrachtet, die im Hinblick auf den Gebrauch und die Behandlung der Werkstoffe angewandt wurden. Das war es, was seinem Umgang mit Werkzeugen und Werkstoffen so viel Reiz und Genuß verlieh. Er liebte diese Art der Arbeit weit mehr um ihrer selbst willen als wegen ihrer materiellen Erträge. . . . Die angeborene Wahrheitsliebe und Genauigkeit, die Herrn Maudslay auszeichneten, ließen ihn in hohem Maße bei den Handwerkern jene Art technischer Genauigkeit beachten, die

sie befähigte, Einzelteile von Maschinen und Mechanismen herzustellen, bei denen vollkommen ebene Oberflächen erforderlich waren. . . . Zuweilen wurde das mit Hilfe von Drehbank und Support bewirkt. Aber in den meisten Fällen kam man zum Ziele durch den geschickten Gebrauch der Feile, so daß das Planfeilen damals, wie noch heute, eine der höchsten Fertigkeiten des gewandten Handwerkers war. Nicht einer von allen, mit denen ich je zusammentraf, konnte Henry Maudslay im geschickten Gebrauch der Feile übertreffen. Mit wenigen meisterlichen Strichen konnte er ebene Flächen erzeugen, so sauber, daß sie bei Überprüfung ihrer Genauigkeit mit einer Standard-Ebene absoluter Richtigkeit niemals für mangelhaft befunden wurden . . .«

Maudslays Standard-Schieblehre mit Mikrometer hatte eine Genauigkeit von 0,0025 mm.

So entstand unter Maudslays bestimmendem Einfluß ein neuer Beruf, der des Metallhandwerkers im Maschinenbau. Er wurde ein Rückgrat der entstehenden neuen Technik.

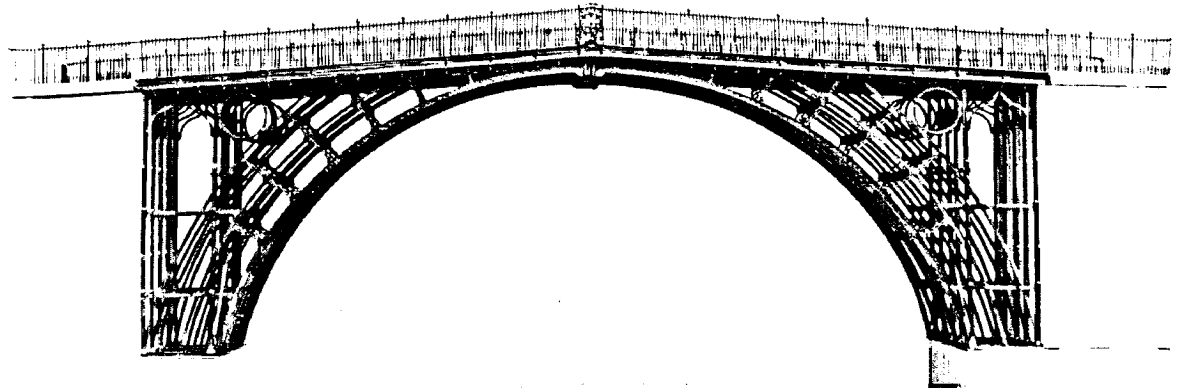
2.5 Stoffumwandlungstechniken: Eisenhüttenwesen, Chemische Industrie, Keramik etc.

Eine Reihe entscheidender Neuerungen veränderte die Eisenindustrie in England zwischen

1750 und 1850 grundlegend. Abraham Darby (1677—1717) begann 1709 Eisenerz mit Koks in Hochöfen zu erschmelzen, zunächst für Gußeisen; etwa um 1750 gelang es auch seinem Sohn Abraham Darby II (1711—1763), ein für die Weiterverarbeitung zu Schmiedeeisen in Schmiedehämmern geeignetes Eisen zu liefern. Der Kupolofen wurde entwickelt, um Grauguß aus Roheisen zu gießen. Kurz vor 1750 gelang Benjamin Huntsman (1704—1767) auch die Erzeugung von Gußstahl.

Dank der Wattschen Dampfmaschine konnten die Gebläse verstärkt werden, von Nasmyth wurden die Dampfhämmer eingeführt. Um 1813 wurden neun Zehntel des Eisens in England mit Koks erschmolzen. Damit war die knappe und teure Holzkohle ersetzt. Eine umstürzende Neuerung war ferner das von Henry Cort (1740 bis 1800) 1784 erfundene Puddelverfahren, bei dem Roheisen in einer Ofenwanne umgerührt (to puddle) und dadurch mit Luft zu schmiedbarem Flußeisen gefrischt wurde. Das Puddelverfahren beherrschte die Stahlerzeugung, bis 1856 Henry Bessemer sein Windfrischverfahren erfand.

Die Darbys und mehrere um das Eisenhüttenwesen verdiente Unternehmer waren sittenstrenge und arbeitsame Quäker, denen auch die Hebung des Wohlstandes der armen Bevöl-



kerung am Herzen lag. (Nach einem Brief von Abiah Darby, der Frau des jungen A. Darby, aus 19.) (Bild 9)

Bei den Verbesserungen im Eisenhüttenwesen verbinden sich die von der Erfahrung kontrollierte Methode des »trial and error« mit zunehmender wissenschaftlicher Erkenntnis. Insbesondere die chemische Industrie, die in der Epoche zwischen 1750 und 1850 einen ersten bedeutenden Aufschwung erlebte, wurde von der gleichzeitigen Entwicklung der chemischen Wissenschaft beeinflusst und befruchtet.

Gegenüber der im 17. Jahrhundert wissenschaftlich einwandfrei begründeten und inzwischen weiter ausgebildeten Mechanik lag die Chemie zu Beginn des 18. Jahrhunderts noch weit zurück. Eine damals sehr beachtete erste generalisierende Theorie, die Phlogiston-Theorie des hallischen Medizin- und Chemieprofessors G. E. Stahl war Spekulation. Die mechanische Betrachtungsweise R. Boyles (*The Sceptical Chemist*, 1661) war demgegenüber fruchtbarer: Er schuf maßgebliche Grundlagen der im 18. Jahrhundert fortgesetzten experimentellen Forschung, die zum Verständnis der Verbrennung durch J. Black 1756, K. W. Scheele 1772 und J. Priestley 1774 und der chemischen Verbindungen aus Elementen durch A. L. Lavoisier führten. Lavoisier (1743—1794, enthauptet in der franz. Revolution) gilt als der Vater der modernen Chemie. Bedeutende wissenschaftliche Beiträge stammten ferner u. a. von Cavendish (1731—1810), J. Dalton (1766—1844), Berthollet (1748—1822), Gay-Lussac (1778—1850), Avogadro (1776—1856), Berzelius (1779—1848), Gmelin (1788—1853), J. v. Liebig (1803—1873), F. Wöhler (1800—1882) und Kekulé (1829 bis 1896) gehören zu einer nächsten Chemikergeneration. —

Als wegweisender präparativer Chemiker des 17. Jahrhunderts ist parallel zu Boyle noch der Deutsche J. R. Glauber (1604—1670) zu nennen, dem die Mitteilung zu danken ist, daß Blei von Schwefelsäure nicht angegriffen wird. Sie

sollte für die weitere technische Entwicklung sehr bedeutsam sein.

Die zentralen Produkte der sich entfaltenden chemischen Industrie waren nämlich Schwefelsäure und Soda. Soda wurde in großer Menge gebraucht, u. a. für die Textilindustrie, für Glas und Seife, nachdem Pflanzenasche (Pottasche), das seither verwandte Alkalikarbonat, bei weitem nicht mehr ausreichend beschafft werden konnte. Ein Preisausschreiben der Pariser Académie des Sciences von 1775 hatte Leblanc zur Entwicklung seines Verfahrens veranlaßt, das bis etwa 1870 die Sodaherstellung bestimmte. Schwefelsäure wurde durch das von J. Roebuck und S. Garbett ab 1746 in England eingerichtete Bleikammerverfahren ein großes Produkt als Ausgangsstoff anderer Produktionen, so vor allem für das Leblanc-Sodaverfahren, für die Textilindustrie und ab 1845 für die Phosphatdüngemittel.

Ein Hauptabnehmer von Chemikalien war die Textilindustrie, deren Verfahren des Bleichens, Färbens und Druckens dank der Leistungen der chemischen Wissenschaft wesentlich weiterentwickelt und industrialisiert wurden. So entdeckten der schwedische Chemiker C. W. Scheele 1774 die Darstellung von Chlor und der französische Chemiker Berthollet 1785 dessen Bleichwirkung. Der englische Bleicher und spätere Fabrikant Ch. Tennant entwickelte daraufhin ab 1789 Chlorkalk als Bleichmittel, wodurch die Textil-Bleichverfahren revolutioniert wurden.

Etwa das erste Gaslicht brannte 1784 in der Universität von Louvain im Hörsaal von Professor J. P. Minkelers, der Leuchtgas vor allem zum Füllen von Ballons verwenden wollte, später u. a. 1792 im Hause von W. Murdock, Chefindgenieur von Boulton und Watt, die dann die Gasbeleuchtung in ihrer Fabrik einführten. Murdock, der Franzose Lebon und der Deutsche F. A. Winzer sind Pioniere der Gasbeleuchtung, wobei letzterer als F. A. Winsor in London die Initiative zur Einrichtung der Straßen- und

Hausbeleuchtung ergriff. Diese wurde ab 1812 von mehreren englischen Gesellschaften in den englischen Großstädten und 1826 auch in Berlin eingeführt, 1828 in Dresden durch die erste von Blochmann gegründete deutsche Gesellschaft.

Chemische Reaktionen laufen selbsttätig in Reaktionsapparaten ab, wenn die reagierenden Stoffe unter den geeigneten physikalischen Bedingungen (Druck, Temperatur, Vermischung, Relativbewegung) zusammengebracht werden. Menschliche Arbeit ist nur erforderlich für die Einstellung der physikalischen Bedingungen, d. h. für die Bedienung der Apparate, gegebenenfalls auch für die Vermischung und den Transport der Stoffe. In der Anfangszeit der chemischen Technik wurden fast alle Produktionen chargenweise geführt, d. h. eine bestimmte Menge (Charge) der Stoffe wurde in die Öfen, Kessel oder andere Reaktionsapparate eingefüllt, dann fand die Reaktion statt, und anschließend wurden die Reaktionsprodukte wieder aus dem Reaktionsraum herausgebracht. Erst die moderne chemische Technik dieses Jahrhunderts hat die kontinuierliche Betriebsweise mit stetigem Stofftransport durch den Reaktionsraum mehr und mehr eingeführt. Folglich war die chemische Technik anfänglich mit viel Transportarbeit, vor allem für die festen Stoffe verbunden.

Immer ist auch die Vor- und Nachbehandlung der Produkte ein wichtiger, meistens vielstufiger Teil der Produktion. Diese Stoffbehandlungen sind physikalischer Art, entweder mechanisch (zerkleinern, agglomerieren, mischen, filtrieren, zentrifugieren u. a.) oder thermisch (kristallisieren, destillieren, extrahieren, adsorbieren, trocknen). Die thermischen Prozesse verlaufen wie die chemischen Prozesse automatisch, wenn die geeigneten Bedingungen eingestellt werden. Eine Verdampfung kann man nur mit Erwärmen oder Evakuieren, nicht aber von Hand zuwege bringen. Bei den mechanischen Prozessen wurden in den traditionellen

Gewerben und Manufakturen die erforderlichen Antriebskräfte möglichst mit Wasserkraft oder von Tieren oder Menschen ausgeübt. Charakteristisch für einen hohen Anteil mechanischer Arbeit waren die keramischen Manufakturen. In England wurde unter dem maßgeblichen Einfluß von Josiah Wedgwood (1730—1795) die Umstellung auf Dampfantrieb und die Mechanisierung der Vorgänge betrieben. Dadurch erfaßte die industrielle Revolution in England auch die keramische Industrie, deren Umsatz sich von 1725—1777 verfünffachte. 1787 waren etwa 20 000 Personen beschäftigt. Wedgwood war bestrebt, alle Vorgänge wissenschaftlich zu erfassen und systematisch zu führen. Dank dieser Rationalisierung wurde eine Spitzenstellung in der Produktion erreicht. In England setzte sich auch das unter Zugabe von Knochenasche leichter herstellbare sogenannte Knochen-Porzellan als Standardware durch, zum Unterschied vom übrigen Europa, wo ja gerade die Porzellanmanufakturen unter dem ehrgeizigen Wettbewerb der Fürstenhöfe ihr »Arcanum«, d. h. die Zusammensetzung der Massen und Glasuren sowie die Brennbedingungen ängstlich geheimhielten und hochwertige Qualitäten, aber meistens in verhältnismäßig kleinen Mengen, herstellten.

Technisches Handeln beruht in den Stoffumwandlungstechniken primär auf dem Wissen, wie die Prozesse geführt werden müssen. Dieses ist einerseits Erfahrungswissen, das oft nach Alchimistenart streng geheimgehalten und von Meistern gehütet wird, und andererseits ein Ergebnis wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Bedienung der Apparate erfordert erlernbare Kenntnis, Intelligenz und Zuverlässigkeit, weniger besondere Handfertigkeit, obwohl auch diese zuweilen wichtig ist. Manuelle Transportarbeiten sind meistens einfache Hilfsarbeiten. Zusätzliche Belästigungen durch Hitze, Geruch, Staub, Lärm je nach Betriebsart und auch gesundheitliche Beeinträchtigungen sind unter Umständen schwer zu vermeiden. Heute wer-

den sie möglichst durch mechanisierte Prozesse ersetzt.

3. Entwicklungen auf dem Kontinent

3.1 Der Merkantilismus²⁰

Auf dem Kontinent vollzog sich die technische Entwicklung unter der Förderung und dem Dirigismus der Staatsgewalt.

Die Wirtschaftspolitik der Fürsten war seit Ludwig XIV. und Colbert vom Merkantilismus bestimmt: Der Staat suchte in eigenen Unternehmungen oder mit Beteiligungen und Subventionen die Wirtschaft zu fördern. Die merkantilistische Wirtschaftspolitik sollte einerseits der Dynastie die Mittel zu Prachtentfaltung und Kriegführung beschaffen, andererseits aber auch eine wirtschaftliche Blüte des Landes herbeiführen und dadurch sowohl den Bewohnern zugute kommen als auch die Wirtschaftskraft und politische Potenz des Staates stärken. Diese Ziele waren widersprüchlich, denn zahlreiche Kriege und übergroße Staatsausgaben ließen eine wirtschaftliche Prosperität nicht aufkommen. Der französische Staat war 1715 mit 2936 Millionen Livre, d. h. mit der Einnahme von 18 Jahren verschuldet.²⁰

Zum Schutz der noch schwachen eigenen Wirtschaftskräfte und um die Staatseinnahmen zu erhöhen, wurden Zollschranken errichtet, die insbesondere in den vielen kleinen deutschen Staaten einen weitergespannten Handel erdrosselten.

In der Förderung der Industrie verfolgten Merkantilismus und der englische Wirtschaftsliberalismus grundsätzlich gleiche Ziele. Eine Kombination der Art, daß das eigene Wirtschaftsgebiet von fremder, d. h. englischer Übermacht geschützt und im Inneren weitgehend liberalisiert worden wäre, gegebenenfalls auch bei Subventionierung bestimmter Zweige, hätte dem Aufbau der Industrie in den größeren kontinentalen Räumen sehr gedient. Friedrich List hat im 19. Jahrhundert eine solche liberale und

ationale Wirtschaftspolitik verfochten. In Preußen war seit Friedrich II. eine liberale Tendenz der Gewerbeförderung mit einer auf die Staatsfinanzen konzentrierten dirigistischen Wirtschaftspolitik verbunden.

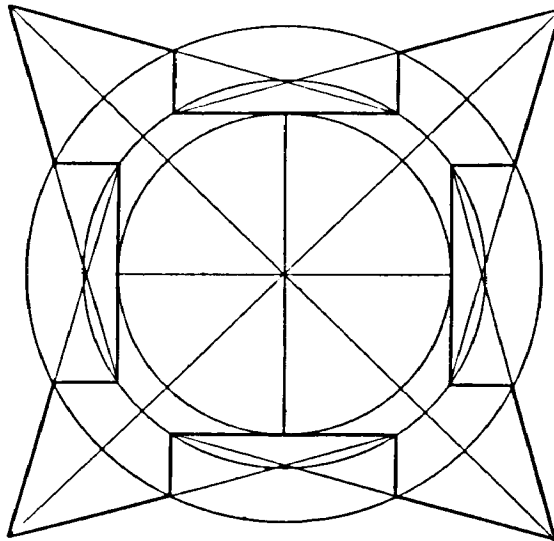
Im Ancien Régime Frankreichs hatte sich seit 1750 unter dem Einfluß der Physiokraten in Opposition zum Colbertismus eine staatsunabhängigere, freiheitlichere Wirtschaftsauffassung mit der konservativen Begünstigung des Großgrundbesitzes verbunden. Die Revolution stärkte wieder die staatsdirigistischen neomerkantilistischen Tendenzen. Es galt, den Staat, der nun die gefährdete Republik war, auch mit Hilfe der Industrie zu stützen. Napoleon versuchte, im Interesse des Staates die Industrie und das Maschinenwesen nach Kräften zu fördern und ein autarkes französisches bzw. dann kontinentales Wirtschaftssystem zu schaffen.

Zu Beginn der Industrialisierung schuf in Frankreich, wie es Treue²⁰ schildert, »das weitverzweigte System der Privilegien und Monopole, der Subventionen und Produktionen trotz mancher Mängel im ganzen durch Gründung von Manufakturen und Heranbildung einer Schicht von Facharbeitern, durch Sammlung von Kenntnissen und Erfahrungen für die künftige Großindustrie ähnlich eine Basis wie die verwandten Maßnahmen Friedrichs des Großen in Preußen, besonders in Berlin«. Der Unterschied zwischen England auf der einen und der Mehrheit der Kontinentalstaaten unter Frankreichs Führung und Vorbild auf der anderen Seite lag in »privatwirtschaftlicher industrieller Revolution und der staatlich gelenkten industriellen Evolution, wobei die letztere zwar anfangs in mancher Hinsicht voraus war, auf die Dauer aber von der anderen weit überholt wurde«.

Im 18. Jahrhundert lag Frankreich noch mit an der Spitze des industriellen Wachstums und der industriellen Produktion. Die Eisenproduktion war größer als in England. Andererseits wurde die Mechanisierung mit der Hilfe engli-

scher Arbeiter und englischer Maschinen (Newcomen-Dampfmaschine ab 1732) vorangetrieben, so vor allem in der Baumwollindustrie.

In der Seidenindustrie kamen die entscheidenden Fortschritte aus Frankreich. Der geniale J. de Vaucanson (1709—1782) hatte sich in Paris durch seine drei automatischen Figuren,



10

einen Flötenspieler, einen Tamburinspieler und eine Ente als Mechaniker einen Namen gemacht und war 1741 zum Inspektor der Seidenmanufakturen ernannt worden. In dreißig Jahren führte er eine große Zahl von Verbesserungen ein, erfand u. a. eine Spinnmaschine und einen Seidenwebstuhl, der aber nicht angewandt wurde. Er benutzte bereits eine Leitspindel-drehbank, eine Bohrmaschine und ähnliche Werkzeugmaschinen und reformierte den Textilmaschinenbau. Seine Sammlung eigener Meisterstücke und der interessanten Maschinen seiner Zeit wurde später die Grundlage des »Conservatoire National des Arts et Métiers«. J. M. Jacqard (1752—1834) sah dort den Vaucansonschen Webstuhl, der ihn bei der Ent-

wicklung seines eigenen, sehr erfolgreichen mechanischen Webstuhls inspirierte.

3.2 Das Geniewesen und die wissenschaftliche Ingenieurausbildung ^{21, 22, 12, 15}

(»génie«, von dem Anfang des 18. Jahrhunderts im Deutschen »Genie« entlehnt wurde, hat im Französischen auch die Bedeutung »Ingenieurwesen« und bezeichnete bis ins 18. Jahrhundert die Kriegsbaukunst. Entsprechend bezeichnete »Ingénieur« bis ins 18. Jahrhundert den Kriegsbaumeister. Duden.)

Das Militärwesen erforderte Festungen, Straßen, Brücken, Kanonen, Handfeuerwaffen, Pulver und Ausrüstungen aller Art. Hierfür wurden in Frankreich seit dem 16. Jahrhundert technische Beamte eingesetzt, 1604 hatte Sully ein erstes Ingenieurkorps für Straßen und Festungsbau gebildet. Die Anlage der Bastionen war ein mathematisches Problem, mit dem sich bedeutende Wissenschaftler wie der Niederländer Simon Stevin (1548—1620) befaßten. Die Festungsanlagen des berühmten französischen Festungsbauers und Ingenieurs du Roi Vauban (1633—1707) bestimmen das Stadtbild vieler französischer Städte. Vauban gründete das Corps des Ingénieurs militaires, 1716 kam das Corps des Ponts et Chaussées hinzu. 1747 wurde die École des Ponts et Chaussées in Paris, 1748 die École des Ingénieurs in Mézières und 1752 die École militaire in Paris zur Ausbildung der Ingenieuroffiziere gegründet. Parallel war schon 1717 in Wien die Gründung einer ersten Schule für Militäringenieur erfolgt, und 1747 wurden unter Maria Theresia alle Kriegsschulen zur Ingenieurakademie in Wien vereinigt. (Bild 10)

Auch außerhalb des militärischen Bereiches entstanden im Europa des 18. Jahrhunderts dank der merkantilistischen Industriepflege und eines allgemeinen Interesses an Wissenschaftsanwendung und Technik technische Ausbildungsstätten verschiedener Art (s. Kap. 3.3).

Aber in der Französischen Revolution kam die Symbiose von Mathematik, Naturwissenschaft und Ingenieurwissenschaft mit der Gründung der École Polytechnique zu ihrer vollen Blüte. Sie war 1794 als École centrale des Travaux publics gegründet und 1795 in »École Polytechnique« umbenannt worden, da sie die Aufgabe haben sollte, »ingénieurs de tous genres« auszubilden. Lazare Carnot, ein Ingenieuroffizier und bekannter Wissenschaftler, von dem die Theorie des unelastischen Stoßes stammt, hatte als Konventsmitglied, als Organisator des »levée en masse« — »Organisateur de la victoire« — großen politischen Einfluß. Er berief Monge (1746—1818), der in Mézières Mathematik- und Physikprofessor gewesen war und die darstellende Geometrie begründet hatte, der dann 1792 Marineminister geworden war und nun in Übereinstimmung mit Carnot die École Polytechnique aufbaute. Die École Polytechnique unterstand auch kurze Zeit Laplace, den Napoleon 1799 zum Innenminister ernannt hatte, aber nach sechs Wochen doch wieder entließ, weil er »den Geist der Infinitesimalrechnung in die Verwaltung brachte«, und in den Senat erhob. Aber dieser Geist blieb in der École Polytechnique maßgeblich. Die Mathematiker Monge, Poinsot, Fourier, Poisson, Poncelet lehrten an ihr, ferner unter anderen Gay-Lussac, mit dem Alexander von Humboldt 1804/05 gemeinsam experimentierte, und Ampère, der den Elektromagnetismus begründet hat. Fresnel (1788—1827) und Lazares Sohn Sadi Carnot (1796—1832), der große Thermodynamiker, haben dort studiert.

Die École Polytechnique war eine militärische Einrichtung. Die aus ihr hervorgegangenen Genieoffiziere haben entscheidend zu den Erfolgen Napoleons beigetragen, zu seinen Siegen, zum Flottenbau, Straßenbau, der Kartographie und zum Ausbau der Industrie.

Ein Genieoffizier in Diensten des badischen Markgrafen Carl Friedrich war auch Johann Gottfried Tulla (1770—1828). Der Markgraf

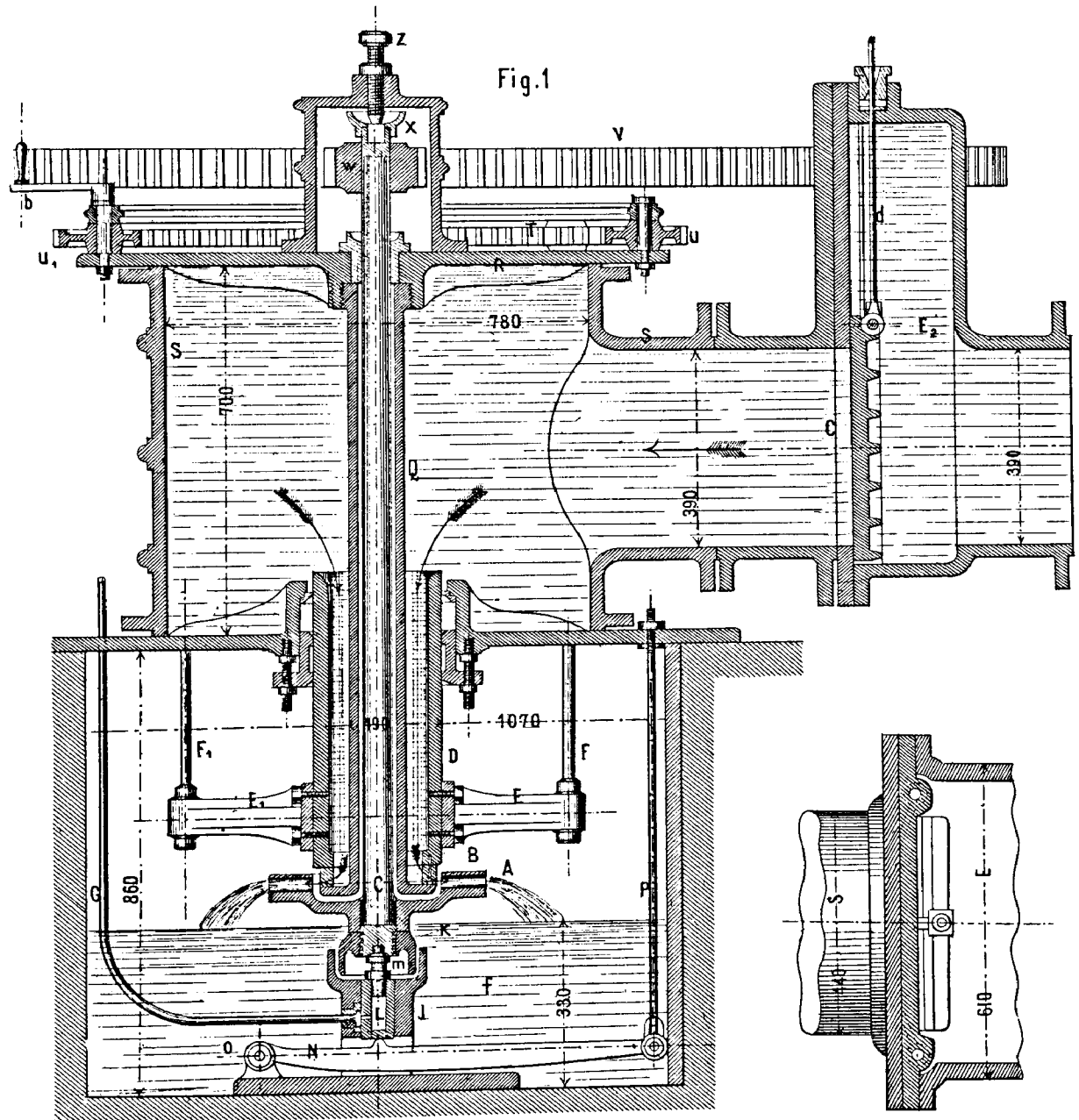
sorgte für seine Ausbildung, zunächst bei einem in seinen Diensten stehenden englischen Ingenieur, dann bei dem Mathematiker Langsdorf in Gerabronn bei Ansbach; er schickte ihn auf Reisen zur Bergakademie Freiberg, an den Niederrhein und von Juli 1801 bis Januar 1804 an die École Polytechnique nach Paris. Tulla gründete 1807 seine Ingenieurschule in Karlsruhe, nachdem er 1805 den ihm vom Großherzog angebotenen Lehrstuhl an der Universität Heidelberg abgelehnt hatte, mit dem eine Ingenieurausbildung verbunden werden sollte. Er schrieb, diese Anstalt könne nur in Karlsruhe errichtet werden, »auch wären selbst die gewöhnlichen Vorlesungen der Mathematik nicht hinlänglich, Ingenieure zu bilden, sondern man müsse notwendig verschiedene Lehrarten für Ingenieure und diejenigen, welche es nicht werden wollten, wählen«... Aus Tullas Ingenieurschule und Weinbrenners Bauschule entstand 1825 die Karlsruher Polytechnische Schule.

Der wissenschaftliche Ingenieur war in erster Linie Bauingenieur. Die Genieoffiziere bauten Festungen, Straßen, Brücken, Kanäle. Sie beherrschten das Vermessungswesen. Tulla war Vermessungsingenieur und Wasserbauer. Auch in Holland und England waren die »engineers« ursprünglich Wasserbauer und Bergleute. Als aber auch die Lokomotivführer und Werkmeister sich engineer nannten, wählten die wissenschaftlich ausgebildeten Techniker die Berufsbezeichnung »civil engineer«.²³ 1793 wurde die »Society of Civil Engineers« gegründet.

Der Maschineningenieur, den die industrielle Revolution in England hervorgebracht hat, war — wie wir gesehen haben — anderer Prägung. Er fand seine spezifische Aufgabe in der Entwicklung einer völlig neuen Maschinenteknik in engster Bindung an Handwerk und Praxis.

Natürlich haben die französischen, an den »grands Écoles« ausgebildeten Ingenieure auch bedeutende maschinenbauliche Leistungen vollbracht. Die Wasserturbine wurde in

47



Frankreich von B. Fourneyron (1802—1867) geschaffen, nach Ideen seines Lehrers Burdin an der École des Mineurs in St. Etienne, der 1824 auch den Namen Turbine zuerst gebrauchte.^{24 12} Fourneyrons erste Reaktionsturbine lief 1827 mit 6 PS Leistung und 83 % Wirkungsgrad. Viel bewundert wurde die 1840 in der v. Eichthalschen Fabrik in St. Blasien eingebaute Turbine, eine Fourneyronsche Turbine zur Ausnutzung des bis dahin als unfassbar erschienenen Gefälles von 108 m mit zwei Laufrädern von je 60 PS bei 2300 U/min und 550 mm Laufraddurchmesser. Sie wurde von der Maschinenfabrik Escher-Wyss in Zürich gebaut, die 1805 als Maschinenspinnerei begonnen hatte und in der angegliederten Maschinenwerkstätte Spinnmaschinen baute und u. a. seit 1836 zum Bau von Dampfschiffen und Lokomotiven übergegangen war. (Bild 11)

1834 erteilte die Société d'Encouragement pour l'Industrie National den elf Jahre zuvor für die Entwicklung einer Turbine ausgesetzten Preis von 6000 Frs. an Fourneyron. Auch an der weiteren Turbinenentwicklung haben französische Ingenieure, u. a. Jonval (1841 Unterwasser-Reaktionsturbine mit Saugrohr, gleichzeitig von C. A. Henschel in Kassel), L. D. Girard (1837 Freistrahlturbine, 1856 Aktionsturbine) neben anderen, vor allem dem Engländer Francis (1855), dem Amerikaner Pelton (1829—1918) und dem Österreicher Kaplan (1876—1934) bedeutenden Anteil. Verschiedene Theorien der Wasserturbinen wurden aufgestellt, unter denen, abgesehen von den grundlegenden Arbeiten Eulers und Untersuchungen Poncelets (1838), die Werke Redtenbachers für die praktische Anwendung (1844 und 1846)^{24 25} bahnbrechend waren.

3.3 Die »Technologen« und die technische Ausbildung in Deutschland im 18. Jahrhundert

Das 18. Jahrhundert hat noch eine andere Richtung technischer Wissenschaft hervorge-

bracht, das enzyklopädische Wissen. Es verdankt seine Entfaltung sowohl dem rationalistischen Wissens- und Erkenntnisstreben als auch der merkantilistischen Pflege der »Handwerks- und Fabrikwissenschaften«. Diese lehrte der Göttinger Professor Johann Beckmann (1739 bis 1811) und prägte dafür 1772 die Bezeichnung »Technologie«, deren Anleitung er »zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufakturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirtschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehn«, veröffentlichte. Die damalige mechanische und chemische Technologie wie auch die hochangesehenen enzyklopädischen Darstellungen, so die große Enzyklopädie Diderots, ferner die »Description des arts et métiers«, ein unumstrittenes Standardwerk für alle »Technologen« als »Schauplatz der Künste und Handwerke oder vollständige Beschreibung derselben«, auch das achtbändige »Technologische Wörterbuch« von J. K. G. Jacobson aus den Jahren 1781—1791, waren einerseits eine wichtige Stufe in der Entfaltung des wissenschaftlich-technischen Geistes, brachten aber inhaltlich vorwiegend ein an der traditionellen handwerklichen Technik orientiertes Erfahrungswissen der Stoffverarbeitung. Die Technologie war ein Vorläufer der systematischen, empirisch orientierten Verfahrenskunde. (Bild 12)

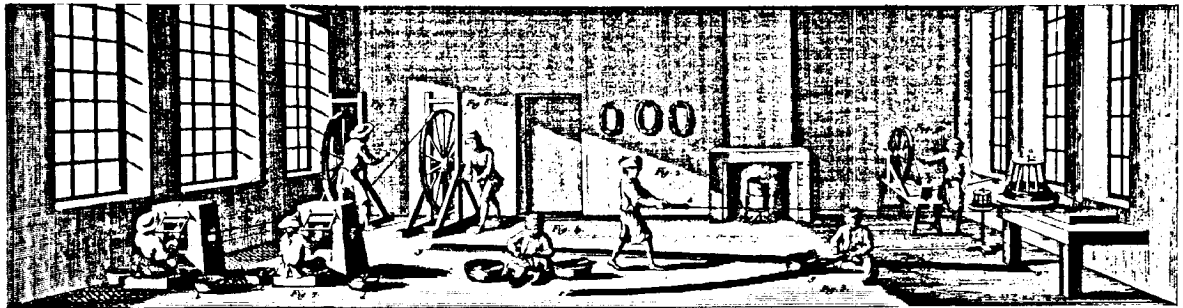
Wie weit die technologische Lehre die Technik selbst befruchtet hat, ist schwer auszumachen. Der Erfinder der Schnellpresse Friedrich König schrieb 1816 aus London: »Unsere Gelehrten schreiben zwar viel über dieses Fach, ich zweifle aber, ob der Gegenstand dadurch viel gefördert wird. Es ist bei uns ein eigenes Mißverhältnis zwischen der Theorie und der Praxis; man sucht mit Eifer Alles nur zu Papier zu bringen und über die Erfindungen aller Nationen sorgfältig Buch und Rechnung zu halten. Dabei bleibt es aber auch meistens.«²⁶

Die reine Gelehrsamkeit ohne Vermittlung der Methoden, aus denen technisches Handeln

49

gewachsen ist, nämlich des handwerklichen Könnens auf der einen und des mathematisch-naturwissenschaftlichen Vorgehens auf der anderen Seite, wird wenig mehr ausgerichtet haben, als das allgemeine Interesse zu fördern und Erfahrungswissen zugänglich zu machen. Wurde aber ein solches Wissen aus der persönlichen Erfahrung technischen Wirkens gespeist

gen zu fertigen und verstand Häuser, Rohrleitungen oder Wasserrinnen zu bauen und konnte vielerlei Arbeiten ausführen, die jetzt von Bauingenieuren geleistet werden. ... In einem primitiveren Gesellschaftszustand lebend als wir heute, gab es wohl nie eine nützlichere und selbständigere Menschenklasse als diese ländlichen Mühlenbauer. Das ganze me-



12

und systematisch gesammelt, so konnte es auch für den Praktiker nützlich und für die technische Ausbildung förderlich sein.

Es gibt keine technische Erfahrung ohne die des Mißerfolges. Sie durchdringt das praktische technische Wissen wie ein allwirksames Elixier. Eine Modelldarstellung funktionierender Technik, in die diese Erfahrung nicht eingeht, ist trügerisch und erweist sich für den Anfänger oft als gefährliche Täuschung.

Vom Mittelalter bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts hießen die meisten herumziehenden Mühlenbauer »Mühlenärzte«. Sie hießen wohl so, weil die technischen Einrichtungen häufig ihre Gebrechen hatten, weil ein solcher erfahrener praktischer Arzt sie zu heilen verstand. Der aus diesem Stande hervorgegangene englische Ingenieur W. Fairbairn schreibt:²⁷ »So war der Mühlenarzt des vergangenen Jahrhunderts ein umherziehender Ingenieur und Mechaniker, der hohes Ansehen genoß ... Er konnte Geschwindigkeit, Widerstandsfähigkeit und Kraft der Maschinen berechnen; er wußte Risse und Schnittzeichnun-

chanische Wissen des Landes fand in ihnen seinen Mittelpunkt.«

Praktische Fertigkeit und theoretisches Wissen vereinigten sich in dem Leipziger Mechaniker Jakob Leupold (1674–1727). Er stammte aus dem Handwerkerstande, war aber selbst körperlich zu schwach für schwere Arbeit, studierte auf der Gelehrtenschule in Zwickau, dann auf den Universitäten Jena, Wittenberg und Leipzig Theologie und Mathematik, erteilte selbst Unterricht in der Zivilbaukunst und eröffnete 1699 in Leipzig eine Mechanikerwerkstätte. Weltbekannt wurde er durch seine Bücher. Nach seiner Meinung soll »eyn Mechanicus eine Person sein, die nicht nur alle Hand-Arbeit wohl und gründlich versteht, sondern auch nach denen mechanische Wissenschaften und Regeln eine jede verlangte Proportion oder Effekt nach vorhandener oder gegebener Kraft oder Last anordnen kann« ...¹¹ Er entwickelte eine Lehre der Federn, Schrauben, Zahnräder, Kolben u. a., also der Maschinenelemente. Seine Bücher, insbesondere das »Theatrum machinarum generale« waren weit verbreitet.

J. Watt lernte Deutsch, um sie zu studieren.¹⁹ Leopold wurde Mitglied der Berliner Akademie und preußischer Kommissar für den Bergbau. Als solcher regte er die Gründung eines Gymnasium Metallico-Mechanicum an.

Im Bergfach war vor allem das Interesse an der wissenschaftlichen Erforschung der Mineralogie und Geologie lebendig. Aus diesen Bestrebungen entstanden 1766 die Freiburger und 1775 die Clausthaler Bergakademie. Sie waren als wissenschaftliche Hochschulen eigener Prägung angelegt und, vor allem Freiberg, Zentrum der Wissenschaftspflege der Mineralogie und anderer für den Bergbau wichtiger Wissenschaften.²¹

In Braunschweig hatte der Abt und Hofprediger J. F. W. Jerusalem 1745 das Collegium Carolinum gegründet, da er auf seinen holländischen Reisen die Notwendigkeit einer Ausbildung auf breiter wissenschaftlicher Basis unter Einschluß der Mathematik und technischen Fächer erkannt hatte. Das Collegium Carolinum sollte neben Theologie, Geschichte, Rechtsgelehrtheit, Natur- und Sittenlehre und Philosophie auch »denen nützlichen Wissenschaften, die bisher gar nicht oder nicht auf gehörige Art vorgebracht, nicht nur eine neue Pflanzschule, sondern ein Mittel zwischen den Schulen und Universitäten sein«.²⁸

An vielen Orten wurde im 18. Jahrhundert in Gymnasien und »Akademien« schulmäßig oder im akademischen Stil oder in allgemein zugänglichen Vorträgen naturwissenschaftliche und technische Ausbildung vermittelt. Auch die naturwissenschaftlichen Vorlesungen in dem 1724 in Karlsruhe errichteten Gymnasium und das mit ihm verbundene physikalische Cabinet gehören hierher.²⁹ Der junge Markgraf Carl Friedrich wurde hier ausgebildet. Seine Gemahlin Caroline Luise hat mit einem im Cabinet befindlichen Quadranten geodätische Messungen ausgeführt. J. L. Boeckmann baute das Cabinet aus und hielt seit 1776 Freitag nachmittags öffentliche Vorträge über die Fort-

schritte der Physik (im Hinblick auf Faradays berühmte Freitagsvorlesungen).

G. F. Wucherer, der 1821 zum Direktor des Großh. Physikal. Cabinets und Professor der Physik am Lyceum nach Karlsruhe berufen und ab 1825 der erste Direktor der Polytechnischen Schule wurde, hatte zuvor als Physikprofessor an der Freiburger Universität versucht, eine von ihm gegründete technische Lehranstalt mit dieser zu verbinden.

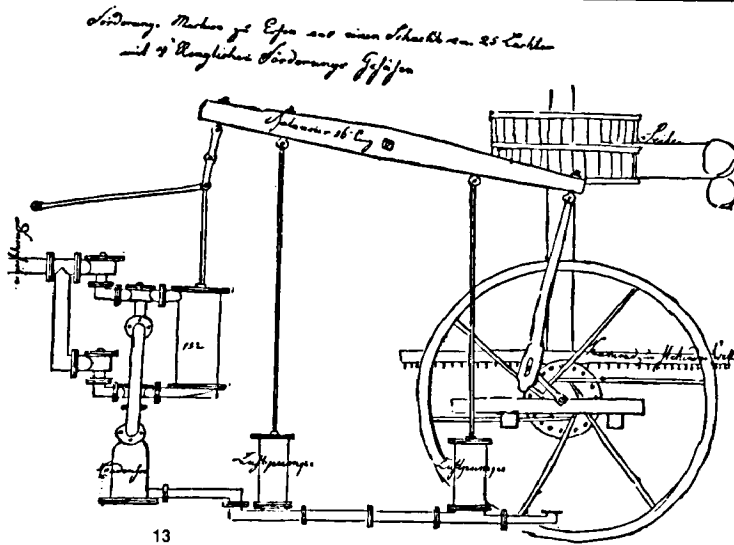
Aber trotz dieser vielen Bemühungen um technische Ausbildung lag das Herzstück der industriellen Revolution, der Maschinenbau, in Deutschland noch weit zurück.

3.4 Der Maschinenbau in Deutschland

Das in engen Zunftgrenzen denkende und organisierte traditionelle Handwerk war als solches nicht fähig für den Maschinenbau. Es waren auch in Deutschland zunächst einzelne, die sich aus diesen Grenzen lösten und dann aus dem Handwerkerstand in den des Unternehmers wechselten. Franz Dinnendahl (1775 bis 1826), ein solcher Unternehmer, berichtet, wie er 1801 eine Dampfmaschine nach Newcomen baute:

»... andere prophezeiten mir, weil es mir als gemeinem Handwerker jetzt wohl ging, meinen Untergang, weil ich mich in Dinge einließ, die über meine Sphäre hinausgingen. Freilich war es ein wichtiges Unternehmen, besonders, weil in der hiesigen Gegend nicht einmal ein Schmied war, der imstande gewesen wäre, eine ordentliche Schraube zu machen, ... Indessen schmiedete ich fast die ganze Maschine mit eigener Hand, selbst den Kessel; so daß ich 1—1½ Jahre fast nichts anderes als Schmiedearbeiten verfertigte und ersetzte also den Mangel an Arbeitern der Art selbst ...«.³¹ (Bild 13)

Der Aufbau des Maschinenbaus in Deutschland in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist solchen Pionierleistungen zu verdanken. Die Bedingungen waren ungewöhnlich schwierig.



Es fehlten nicht nur Ingenieure, sondern vor allem auch die für den Maschinenbau erforderlichen Handwerker. Es mangelte an geeigneten Werkzeugen. Die erforderlichen Materialien standen nicht zur Verfügung, grundlegende Techniken wie die Gießerei waren noch nicht entwickelt. Die Erfahrungen und Berichte Friedrich Königs²⁶ geben hiervon den lebendigsten Eindruck. Der Eislebener Buchdrucker hatte sich viele Jahre lang erfolglos bemüht, die von ihm erfundene Flachdruckmaschine auf dem Kontinent einzuführen, bis er 1807 in London Geldgeber fand und dort sowohl seine Flachdruckmaschine als auch die erste Zylinderdruckmaschine entwickelte und zusammen mit dem aus Stuttgart gebürtigen Mechaniker A. F. Bauer für die Times baute. Am 24. 11. 1814 erfolgte der erste Maschinendruck der Times. Der bis dahin mehr oder weniger der Gutenberg'schen Methode folgende Druck auf der Handpresse war aber noch lange nicht abgelöst. König und Bauer kauften 1817 das säkularisierte Kloster Oberzell bei Würzburg, um dort ihre Schnellpresse zu bauen. Sie hatten mit unermeßlichen Schwierigkeiten zu kämpfen, nicht nur weil man der neuen Druckmethode mit Zurückhaltung begegnete, sondern weil der

fränkische Boden für den Maschinenbau zunächst völlig unfruchtbar war. »Wir sind hier so vielen Enttäuschungen und Hindernissen begegnet«, schreibt König, »daß jeder nicht an allerhand Schwierigkeiten Gewöhnte davon niedergedrückt werden müßte. Der Hauptübelstand aber ist im Mangel geeigneter und tüchtiger Arbeiter begründet. Hier im Lande befinden sich die Geschäfte noch in dem Zustande, in welchem sie in England vor 70 oder 100 Jahren waren; — die Modellmacher sind Zimmerleute, die Eisen- und Messingarbeiter Schlosser oder Grobschmiede. Sie vereinigten sich in Zünften und wandern im Land umher, von einem kleinen Meister zum anderen. Wir hatten im vorigen Jahr deren eine Anzahl zusammengebracht, aber nachdem wir zehnmal mehr Unverschämtheit, Einbildung, Verkehrtheit und Puscherei hatten über uns ergehen lassen, als sich irgendein englischer Meister gefallen lassen würde, fanden wir es doch unerträglich, mit diesen Menschen weiter zu arbeiten. . . . Wir haben seitdem zu einem anderen System gegriffen. In nächster Nähe unseres Klosters befindet sich ein großes Dorf mit 1200 Einwohnern, und aus diesem nehmen wir jetzt junge Leute, um ihnen unser Geschäft zu lehren, ein Aushilfsmittel, das sich in der Tat recht gut bewähren zu wollen scheint. Herr Bauer unterrichtet von früh bis spät in den Werkstätten gleich einem Schulmeister . . .«

König mußte Eisen, auch Gußeile, alle möglichen für den Maschinenbetrieb wichtigen Waren aus England beziehen. Der Ärger mit dem aus England mitgebrachten Facharbeiter blieb auch nicht aus. Eine Eisen- und Messinggießerei mußte schließlich eingerichtet werden. Der Koks wurde aus England in Zuckerfässern bezogen. Königs Erfahrungen mit einheimischen Gießereien schlugen sich in sehr abfälligen Äußerungen nieder: »In England ist das Eisengießen (wegen der Vortrefflichkeit des Materials) eine alte Weiberkunst, die Jedermann treibt; Kaffeekochen geräth da weniger

als Eisengießen; hier ist es ein Hexenprozeß ...«. Schon zuvor hatte er aus England geschrieben: »Vor zehn Jahren gab es in Deutschland nichts Ähnliches, wie ich zu meinem großen Schaden erfahren habe. In dem berühmten Fabrikorte Suhl wußten die geschicktesten Arbeiter nicht, daß Gußeisen gedreht und bearbeitet werden kann.«

Damit in Deutschland die Maschinenindustrie Eingang fand oder gar, wie es Fr. König mit der Schnellpresse gelang, eine Vorrangstellung einnahm, bedurfte es des erfinderischen Genies und einer ungewöhnlichen unternehmerischen Befähigung und persönlichen Tatkraft und immer auch genauer Kenntnis der englischen Technik. Georg Reichenbach, der in München in Verbindung mit Fraunhofer den mathematischen Instrumentenbau zu bedeutender Höhe brachte und auch ein Wegbereiter des Maschinenbaus war, hatte sich von 1791—1793 in England aufgehalten und den dortigen Instrumenten- und Maschinenbau studiert.

Die Konkurrenz der Engländer war im allgemeinen übermächtig. Sie besaßen das Know how und schützten es im eigenen Land durch Patentrecht und nach außen durch strenge Gesetze gegen den Export von Fachleuten, wodurch deren Preis stieg. Die anderen spionierten und bauten nach.

Friedrich Krupp, der mit der Gußstahlfabrikation in Deutschland begonnen hatte, starb 1826, 39 Jahre alt, in völliger Armut. Sein Sohn Alfred baute das Werk unter größten Schwierigkeiten auf, das erst von der Jahrhundertmitte an zu florieren begann, vor allem, weil die Eisenbahn Großabnehmer für Kruppschen Gußstahl wurde. Auf der ersten Weltausstellung in London 1851 stellte er einen 4300 Pfund schweren Gußstahlblock aus — 2400 Pfund war das englische Gegenstück. Auf der Pariser Weltausstellung zeigte er einen Gußstahlblock von 5 Tonnen, 1862 in London von 20 Tonnen und schließlich 1873 in Wien von 53 Tonnen. Der Kruppsche Stahl wurde so zu einem Sinnbild

für die wachsende Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie.

Einer der frühen Pioniere des deutschen Maschinenbaus war Friedrich Harkort, der in seiner 1819 eröffneten »Mechanischen Werkstätte Harkort u. Co« alles Erdenkliche herstellte: Zahnräder und Grabkreuze, gußeiserne Walzen, Treppengeländer, Öfen, Maschinenteile, Dampfmaschinen, Textilmaschinen, 1826 kam nach Cockerillschem Vorbild ein Puddel- und Walzwerk hinzu. Zehn Jahre nach der Gründung beschäftigte er in der Maschinenfabrik, die in der alten Burg Wetter über der Ruhr eingerichtet worden war, kaum 10 Angestellte und 100 Arbeiter. Die Anfangsverhältnisse waren überall bescheiden. Die Bedeutung Harkorts liegt in den vielseitigen Anregungen, die von der Burg Wetter ausgingen und in seiner schriftstellerischen und politischen Tätigkeit. Als Unternehmer scheiterte er an seiner Vielseitigkeit und mußte 1834 aus dem Werk ausscheiden.

Die erste große Maschinenfabrik in Baden wurde 1809 von dem Schweizer Mechaniker J. G. Bodmer im Kloster St. Blasien errichtet und bald von dem Hofbankier David Seligmann, dem späteren Baron von Eichthal übernommen, aber zunächst noch von Bodmer geleitet. Bei mustergültiger Organisation wurden 1821 im Textilmaschinenbau, einer Gewehrfabrik und einer Baumwollspinnerei bereits 800 Arbeiter beschäftigt. Bodmer ging um 1822 nach England und war maßgeblich bei der Entwicklung der Werkzeugmaschinen beteiligt (Karusselldrehbank 1839). Er war ein ungewöhnlich genialer Ingenieur, den es von Erfindung zu Erfindung trieb, von denen aber viele nicht ausgeführt wurden.⁴¹

Im 19. Jahrhundert hatte die Erzgießerei für die Entwicklung der Gießereiindustrie Bedeutung. Sie kam vom Glockenguß her. Die im Auftrag König Ludwigs in Ferdinand Millers Gießerei gegossene Bavaria war ein technisches Wunderwerk der Handwerkskunst. Man denkt an die 600 Jahre zuvor und noch früher gegos-

senen japanischen und chinesischen monumentalen Buddha-Statuen. Carl Anton Henschel war Glockengießer, sein Bruder Werner war Zunftmeister und Bildhauer zugleich. Sie gossen das Bonifaziusdenkmal in romantisch-klassizistischem Stil, stellten Glocken, Öfen, Leuchten und Kanonen her, zu denen der befreundete Wilhelm Grimm sinnige Inschriften verfaßte.² Carl Anton Henschel war aber auch ein bedeutender und vielseitiger Ingenieur. Er schuf aus dem handwerklichen Unternehmen die bedeutende Maschinenbauanstalt, baute unter anderem Hochdruckdampfmaschinen bis 100 PS Leistung, eine neuartige Wasserturbine, die später nach Jonval benannt wurde,¹¹ und begann den Lokomotivbau in Kassel. Sein Enkel C. A. Oskar Henschel studierte am Polytechnikum in Karlsruhe als Schüler Redtenbachers. 1859 wurde er Teilhaber, 1861 alleiniger Unternehmensleiter. Er stellte das Unternehmen ganz auf den Lokomotivbau um. Die Belegschaft wuchs von 1860—1875 von 350 auf 2200 Mann, bis zu Oskar Henschels Tod (1894) wurden etwa 4200 Lokomotiven gebaut.

Zu den führenden badischen Fabrikanten zählten Jakob Meßmer und Emil Kessler.³⁰ Meßmer, als Sohn des Straßburger Hoftheatermeisters 1889 in Karlsruhe geboren, besuchte dort das Lyceum und die Polytechnische Schule. Er war zunächst als Mechaniker am physikalischen Cabinet beschäftigt, richtete 1832 die bei der Nebeniusschen Neuorganisation dem Polytechnikum angegliederte mechanische Werkstätte ein und erhielt durch Nebenius 1833 eine Lehrstelle für praktische Mathematik am Polytechnikum. Auf Reisen besucht er 1833 Paris und 1834 England (Bekanntschaft mit George Stephenson), erfüllt mehrere technische Aufträge und wird 1835 Vorstandsmitglied des Gewerbevereins der Gewerbeschulkommission. Sein Wohnzimmer und die von ihm errichtete Werkstätte im Abreschen Haus in der Erbprinzenstraße wird ein Zusammenkunftsort für die Professoren der

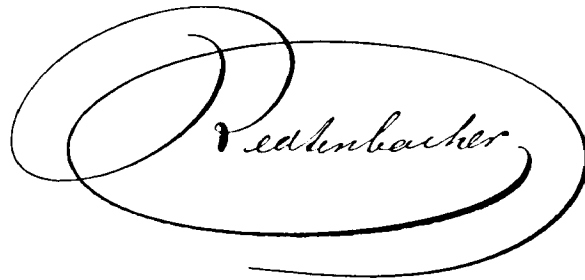
Polytechnischen Schule (G. Schreiber, Keller, Holtzmann u. a.), und des auf Holtzmanns Anregung gegründeten wissenschaftlichen Vereins. Im Auftrag des Bankhauses Haber besucht er zusammen mit Kessler Spinnereien und Maschinenfabriken und fertigt Pläne für eine Spinnerei und eine Zuckerfabrik, die dann in Waghäusl gebaut wird. 1837 tritt er in eine Straßburger Firma ein und begründet die bekannte Maschinenfabrik Grafenstaden bei Straßburg und eine Bildungsanstalt, um die Industrie heimisch zu machen. Grafenstaden stellt Brückenwagen (80 000 bis 1875), Winden, Waggons (6000), Lokomotiven (380), große Werkzeugmaschinen, Holzbearbeitungsmaschinen und andere Maschinen her. 1867 übergibt Meßmer die Fabrik seinem Schwager Brauer.

Emil Kessler, 1813 als Sohn eines badischen Majors in Baden-Baden geboren, war u. a. ein Schüler von Meßmer am Polytechnikum, in dessen mechanische Werkstätte er 1833 eingetreten war. 1837 wird er zusammen mit dem Mitschüler Martensen mit der Ausführung und Einrichtung der mechanischen Arbeiten für die Zuckerfabrik Waghäusl beauftragt und errichtet vor dem Ettlinger Tor eine Werkstätte. Seitdem der Bau von Eisenbahnen durch das Bankhaus Haber unterstützt wird, erweitern sie die Fabrik. Der Engländer Bailli (Lok.ing.) und der Mechaniker Erhard werden eingestellt. 1841 wird die Lokomotive »Badenia« für die Badische Eisenbahn geliefert, 1842 geht die »Karlsruhe« zur Industrieausstellung nach Mainz, 1845 ist die beachtliche Jahresproduktion von 45 Loks erreicht. 1846 gründet Kessler auf Wunsch der Württembergischen Regierung und der dortigen Industriellen eine Lokomotivfabrik in Eßlingen und in Ulm eine Zweiganstalt für Schiffbau. In Eßlingen wird er auch Mitbegründer der Baumwollspinnerei und -weberei, die bis nach Ostindien liefert. Nach seinem Tod wird 1870 in Eßlingen unter seinem Sohn die 1000ste Lokomotive hergestellt.

Die Beispiele weisen bereits auf die wichtige Rolle der Polytechnischen Schule für die Entwicklung des Maschinenbaus in Baden hin. Sie reichte weit über das engere Land hinaus, nachdem Ferdinand Redtenbacher am Polytechnikum lehrte. Er gilt als der Begründer des wissenschaftlichen Maschinenbaus in Deutschland.

Nach vierjähriger Assistentenzeit am Wiener Polytechnischen Institut und siebenjähriger Lehrtätigkeit für Mathematik und geometrisches Zeichnen und dann als Professor für angewandte Mathematik am Züricher Polytechnikum war F. Redtenbacher 1841 dem Ruf an das Karlsruher Polytechnikum gefolgt. Vom Jahre 1836 an haben sich seine Notizbücher erhalten, die aus der Schweizer Zeit Studien über Wasserräder, Turbinen, Dampfmaschinen und Schiffsmaschinen der Firma Escher-Wyss und anderer Fabriken enthalten.³¹ H. C. Escher und seine Ingenieure gaben ihm die Gelegenheit zu Beobachtungen und Versuchen. Er gewann später nacheinander die Ingenieure J. Trick, Moritz Schröter und G. Veith als Mitarbeiter in Karlsruhe, von wo Schröter und Veith zur Maschinenfabrik Esslingen gingen und anschließend Professoren in Stuttgart und Zürich wurden: Beispiele der an den Polytechnischen Schulen sich bildenden Tradition, im Lehrkörper eine Synthese aus Wissenschaft und praktischer Erfahrung zu pflegen. Redtenbacher verfolgte den Plan, »das ganze Maschinenfach auf sichere, leicht anwendbare Regeln zurückzuführen«. Die ersten bahnbrechenden Veröffentlichungen, die seinen Ruf begründeten, waren die bereits erwähnten Werke über Theorie und Bau der Turbinen (1844) und der Wasserräder (1846). Die Turbine in St. Blasien wird ihn angeregt haben, ob schon während des Baues, ließ sich nicht eruieren. Weitere für den wissenschaftlichen Maschinenbau grundlegende Veröffentlichungen waren: »Resultate für den Maschinenbau« (1848), eine zur Unterstützung des konstruktiven Unterrichts dienende Sammlung von Formeln, Regeln und Skizzen, die so-

fort weite Verbreitung fand, die »Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus« (1852), die »Luft-Expansionsmaschinen« (1833), »Gesetze des Lokomotivbaus« (1855), »Bewegungsmechanismen« (1857) und »der Maschinenbau« (1. Band 1862, 2. und 3. Band posthum). Nach Grashof²⁵ zeigen die »Prinzipien« Redtenbacher



in seiner Eigentümlichkeit als Lehrer. »Er begann seinen Unterricht mit einer Darstellung der für die Maschinenlehre wichtigsten Begriffe und Sätze der reinen Mechanik, und ließ darauf eine allgemeine Einleitung in die Maschinenlehre folgen, worin er auf meisterhafte Weise allgemeine Gesichtspunkte zur Beurteilung der Maschinenthätigkeit entwickelte und durch philosophische Betrachtungen über das Wirken der Naturkräfte und deren beispielsweise Anwendung auf bekanntere Vorgänge das Interesse der Zuhörer in steter Spannung erhielt.« Seine theoretischen und praktischen Studien hatten ihn zu entscheidenden Resultaten gebracht. Über seine Methode schreibt er in »Gesetze des Lokomotivbaus«. ³² »Ich habe mich dabei so benommen, wie wenn praktische Erfahrungen über den Lokomotivbau gar noch nicht gemacht worden wären, habe mich ganz und gar den Grundsätzen der Mechanik überlassen und wollte einmal sehen, was dabei herauskommt.« Er hoffte, »den Leuten noch den Beweis unter die Nase zu halten, daß die Mathematik kein Luxus ist und daß man mit derselben in dem Maschinenbau etwas leisten kann, vorausgesetzt, daß man vom Praktischen was versteht und genau weiß, was für's Leben notwen-

dig ist.« (Aus einem Brief an seinen Freund Raabe in Zürich vom Sommer 1842, zitiert aus³¹.)

Die Bedeutung Ferdinand Redtenbachers ist nicht allein in seiner wissenschaftlichen Leistung zu sehen — seine Theorien waren noch unvollständig und wurden von seinem Nachfolger verbessert —, sondern in ihrer unmittelbaren, äußerst befruchtenden Wirkung auf den praktischen Maschinenbau, dadurch, daß er in einer begeisternden Lehre eine große Zahl von Schülern zu wissenschaftlichen Ingenieuren heranzog.

Aus Redtenbachers Hörsaal, so schreibt Schnabel, seien alle großen Maschineningenieure der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hervorgegangen. »Von nun an begann man bewußt zu unterscheiden, ob man Handwerker und Werkmeister oder Zeichner, Konstrukteure, Ingenieure und Fabrikanten bilden wollte: Das Polytechnikum entwickelte sich zur Technischen Hochschule, der Name Ingenieur bürgerte sich erst jetzt ein, vorher hatte man vom Mechaniker und vom Maschinenwesen gesprochen.«²

K. Keller³³ nennt eine Reihe von Redtenbachers Schülern: darunter den Freund und

mit N. Otto dessen Verbrennungsmotor entwickelt hat; die Fabrikanten O. Henschel und G. Sulzer. In Kellers Liste fehlt Carl Benz, der in seinen Lebenserinnerungen³⁴ berichtet, daß er zu den Studenten des Polytechnikums gehörte, die den Sarg ihres verehrten Lehrers Redtenbacher getragen haben. Er schreibt von Redtenbacher: »In seinen Vorlesungen hörte man gleichsam die Maschinen laufen. Als besäße er die Kunst, seiner Mechanik dramatisches Leben einzuhauchen, so begeistert und begeisternd unterrichtete er. Unter seinen Zuhörern saßen nicht nur junge Leute aus allen Teilen Deutschlands. Auch aus Schweden, Österreich, England und Amerika waren sie gekommen, um den großen Meister zu hören«. Die Anziehungskraft des Karlsruher Polytechnikums spiegelte sich auch in den Studentenzahlen (siehe Tabelle 2).

Durch die Wissenschaft emanzipierte sich die Technik von der überlegenen Herrschaft des rein empirischen Know-how. Sie ging nun in Deutschland einen eigenständigen Weg, der mehr und mehr von wissenschaftlichen Gedanken und Methoden bestimmt war, die sich mit der Erfahrung verbanden. Träger der techni-

Tabelle 2: Studentenzahlen Polytechnischer Schulen³⁵

	1832/33	1841/42	1851/52	1854/55	1857/58	1860/61	1863/64
Karlsruhe	276	427	332	421	665	876	630
Berlin	94	159	558	509	641	851	848
Hannover	128	171	290	270	384	460	411
Zürich					276	499	748

Vetter Max Gritzner, der später in Wien als Revolutionär zum Tode verurteilt wurde, nach Amerika floh und nach seiner Rückkehr in Durlach die Nähmaschinenfabrik Max Gritzner gründete; Franz Reuleaux, der als Professor in Zürich und dann in Berlin als einer der bedeutendsten Ingenieurwissenschaftler Redtenbachers Bestrebungen fortsetzte; Eugen Langen, Reuleaux' Studienfreund, der zusammen

schen Bildung und der technischen Wissenschaften waren — außer den Bergakademien Clausthal (1775), Freiberg (1776) und der Berliner Bauakademie (1799) — die Polytechnischen Schulen. Sie waren meistens aus technischen Bildungsanstalten mit begrenzter Zielsetzung und oft bescheidenem Niveau hervorgegangen, aus Bauschulen, Ingenieurschulen, technischen Gymnasien, höheren Gewerbe-

schulen, und hatten nicht selten eine an Widerständen reiche Entwicklungsphase durchgemacht, bis der Status der Polytechnischen Schule erreicht war. Dieser war nach dem Vorbild von Paris, Wien und Karlsruhe im allgemeinen Verständnis mit einer umfassenden Pflege der technischen Wissenschaften verbunden. Das Prinzip der Eigenständigkeit und inneren Geschlossenheit der technischen Wissenschaften war bereits bei der Planung (1810) und Gründung (1815) des Wiener Polytechnischen Institutes von J. J. Precht klar vertreten worden, in Verbindung mit der völligen Freiheit des akademischen Studiums und der äußeren Gleichstellung mit der Universität. Aus dem Wiener Institut kamen Redtenbacher und Karmarsch, der die polytechnische Idee in Hannover verwirklichte.³⁵ Die Gründungs- und Umwandlungsdaten der Polytechnischen Schulen sind — mit unvermeidbaren Unschärfen — nachfolgend zusammengestellt (erste Jahreszahlen Vorgründungen, letzte Jahreszahl Polytechnische Schule): Prag (1806), Wien (1815), Karlsruhe (1768, 1807, 1825), Braunschweig (Collegium Carolinum 1745, 1835, 1862), München (1827—1833, 1868), Dresden (1828, 1851), Hannover (1831, Name Polyt. Sch. 1847), Zürich (1833, 1855), Darmstadt (1836, 1868), Aachen (1870) und das von Beuth 1821 in Berlin gegründete Gewerbeinstitut. (Eine knappe Zusammenfassung der wissenschaftlichen Entwicklung gibt A. Hertwig.³⁶)

Die Polytechnika verfolgten systematisch den Weg zu wissenschaftlichen Hochschulen und erhielten vor allem dank der Initiative von Franz Grashof, des Nachfolgers von F. Redtenbacher und Mitbegründers des VDI zwischen 1865 (Karlsruhe) und 1885 auch das volle Selbstverwaltungsrecht mit universitätsgleichem Organisationsstatut und den Namen Technische Hochschule (Karlsruhe 1885). Ein bedeutender Schritt war die Einrichtung von Laboratorien, Prüfanstalten (zuerst 1868 von Bauschinger, München) und der experimentellen Ingenieur-

forschung. Sie erfolgte allgemein erst nach den Aachener Beschlüssen des VDI (1894) in den 90er Jahren³⁵ (Karlsruher Maschinenlaboratorium 1899). Zur Verleihung des Promotionsrechtes bedurfte es bei dem Widerstand der Universitäten gegen die »Alteration der akademischen Würde« eines höchstpersönlichen Erlasses des Kaisers Wilhelm II. im Jahre 1899. Der Kaiser liebte es, sich persönlich an funkentelegraphischen Versuchen in der TH Charlottenburg zu beteiligen. Die Rektoren der Berliner Universität protestierten: »Unser Doktorgrad hat mit Handfertigkeiten und praktischen Geschicklichkeiten nichts zu tun, während diese für die Techniker allein im Vordergrund stehen.« Die Königsberger Universität hatte sogar Kant bemüht, um eine völlige wissenschaftliche Disqualifikation der Technischen Hochschulen nachzuweisen.³⁷

Inzwischen war in Deutschland eine mächtige Industrie aufgeblüht. Die Fesseln der Abhängigkeit vom ausländischen Vorbild aus den Zeiten des Jahrhundertbeginns waren abgestreift, in einigen Gebieten war eine führende Position gewonnen worden. Hieran hatte die Wissenschaft bedeutenden Anteil, wofür neben dem Maschinenbau die neu entstandene chemische und elektrotechnische Industrie eindrucksvolle Beweise bieten.

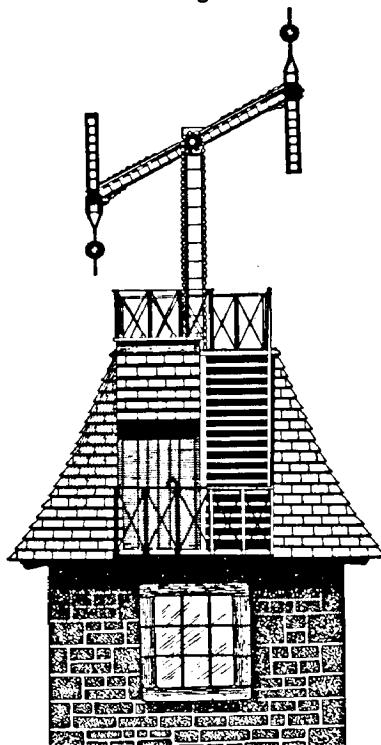
3.5 Elektrotechnik und Chemie

Nur einige Hinweise auf den Beginn der in Deutschland zu großer Blüte gelangenden elektrotechnischen und chemischen Industrie müssen hier genügen.

Die elektrotechnische Industrie begann in Deutschland um die Jahrhundertmitte, als Werner Siemens zusammen mit dem Mechaniker Halske die Telegraphenanstalt Siemens und Halske gründete. Zuvor wurden Nachrichten mit dem optischen Telegraphen übertragen, den der französische Geistliche Claude Chappe 1791/92 erfunden hatte. Die erste Linie Paris—

57

Lille mit 22 Stationen wurde 1794 eröffnet. Die optischen Telegraphen brachten Napoleon einen beispiellosen Vorsprung in der Nachrichtenübertragung. In Deutschland war es der Karlsruher Physiker J. L. Böckmann, der als erster den französischen Telegraphen benutzte und am 22. 11. 1894 ein Glückwunschtelegramm an den Markgrafen sandte.¹⁶ (Bild 14)



14

Die erste elektrische Telegraphenverbindung wurde 1833 von Gauß und Weber in Göttingen zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Laboratorium eingerichtet. Die industrielle Anwendung durch Siemens und Halske basierte auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen, die W. Siemens besaß, auf seiner genialen technischen Begabung und dem handwerklichen Können J. G. Halskes. Die Anfänge waren bescheiden. Ende der 50er Jahre dehnte sich das Telegraphenwesen vor allem längs der Eisenbahnlinien rasch aus.³⁸

Die drahtlose Telegraphie ist der mathematischen Theorie der elektromagnetischen Wellen von Maxwell (1864), ihrem experimentellen Nachweis, der dem Physiker Heinrich Hertz erstmalig in Karlsruhe 1888 gelungen ist, und schließlich dem genialen Erfinder Marconi (Patent 1896) zu verdanken, der dabei u. a. den Hertzschen Versuchen folgte. Schon 1901 gelang ihm die drahtlose Signalübertragung über den Atlantik. Am 18. Mai 1899 sagte E. Arnold anlässlich der Einweihung des von ihm gegründeten Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe:³⁹ »Die auf die Technik angewandte physikalische Wissenschaft kann in der Funkentelegraphie einen ihrer höchsten Triumphe feiern. Die Zeit ist wahrscheinlich nicht mehr fern, in der die menschliche Stimme selbst, den Raum überwindend, drahtlos auf große Entfernungen übermittelt werden kann.« Bereits 1900 gelang dies R. A. Fessenden in USA über 1 Meile Entfernung und 1906 über mehrere 100 Meilen sowie Telefunken über 25 Meilen.¹⁵

Die Starkstromtechnik begann 1866 mit der Entdeckung und Anwendung des dynamoelektrischen Prinzips durch Werner Siemens. Der belgische Modelltischler Th. Gramme baute 1871 die erste brauchbare Dynamomaschine mit dem nach ihm genannten Ringanker, 1872 folgten Siemens und Halske mit einem leistungsfähigeren Trommelanker, 1875 baute der Mechaniker Schuckert in Nürnberg eine erfolgreiche Dynamomaschine. Weitere Stationen sind die elektrische Beleuchtung, die elektrische Kraftübertragung, der Elektromotor, die elektrischen Bahnen (1899 in 77 deutschen Städten) und die Elektrometallurgie und Elektrochemie. E. Arnold, der hierüber berichtet, hat selbst das grundlegende Werk über die Wechselstromtechnik und die Gleichstrommaschine geschrieben. Von 80 industriellen Gesellschaften, die nach seinem Bericht 1899 bestanden, wurden 69 seit 1890 gegründet; die AEG, Siemens und Halske sowie Schuckert be-

schäftigten insgesamt über 27 000 Arbeiter und Angestellte.

In wenigen Jahrzehnten war aus den Errungenschaften der Wissenschaften in Verbindung mit Erfindung und Unternehmertum eine kraftvolle Industrie entstanden. Die erste elektrotechnische Vorlesung an einer deutschen Hochschule war bereits 1857 in Heidelberg über »die Elektrizität und ihre technischen Anwendungen« von Meidinger gehalten worden, der sich in Heidelberg als Physiker für Technologie habilitiert hatte und 1874 den Lehrstuhl für technische Physik an der TH in Karlsruhe übernahm, wo er schon ab 1865 die neugegründete Gewerbehalle leitete.⁴⁰ Der erste Lehrstuhl für Elektrotechnik wurde 1882 in Darmstadt gegründet.

Der bedeutende Aufschwung der chemischen Industrie und das Gründungsjahrzehnt der späteren großchemischen Werke beginnt um 1860. Zuvor hatte 1856 der 18jährige Chemiestudent W. H. Perkin, ein Schüler des großen Chemikers A. W. von Hofmann, dem die Anilinsynthese gelungen war, den brillanten Teerfarbstoff Mauvein entdeckt und damals als einer der ersten mit der technischen Herstellung begonnen. Für die weitere Entwicklung war entscheidend, daß Kekulé 1865 die Ringstruktur des Benzols aufdeckte. Damit gewannen die Chemiker den Zugang zum Verständnis der aromatischen Kohlenstoffchemie, die nun in Wissenschaft und Technik einen unerhörten Aufschwung nahm. In schneller Folge wurden viele synthetische Teerfarbstoffe entdeckt und von 1860 bis 1875 die europäische Farbstoffindustrie gegründet, darunter die Stammwerke der Höchster Farbwerke (1862), von Bayer Leverkusen (1863) und die BASF (1865). Der Schwerpunkt der Farbstoffproduktion verschob sich immer mehr zur deutschen chemischen Industrie, die 1913 ca. 90 % der Welterzeugung erreichte. (Bild 15)

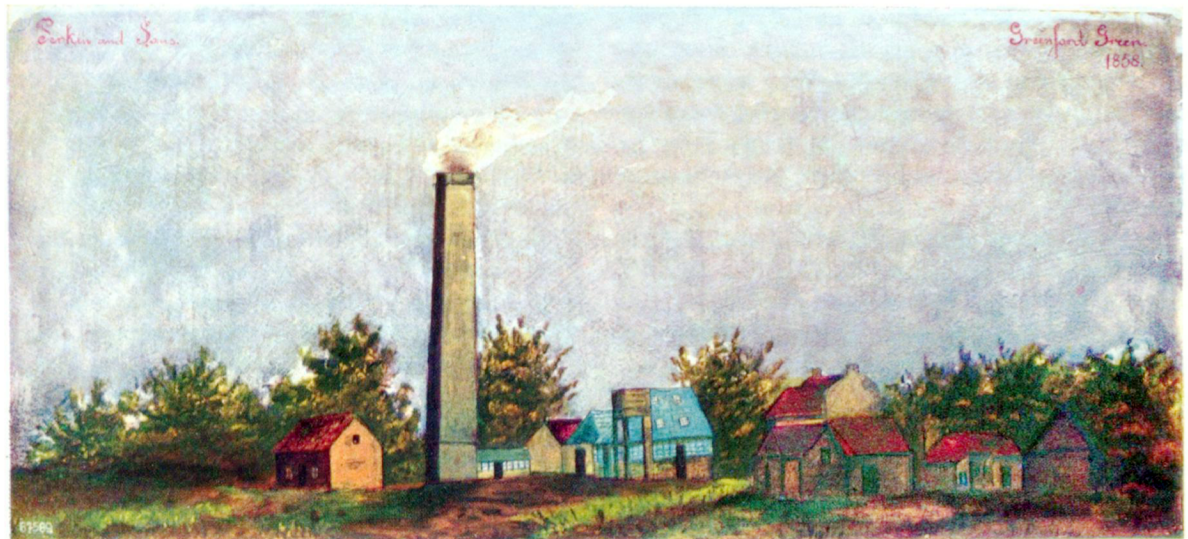
Am Anfang dieser Entwicklung stand der Erste Internationale Chemikerkongreß, der unter

dem Vorsitz des Karlsruher Chemieprofessors Carl Weltzien 1860 in Karlsruhe stattfand und unter dem Einfluß Kekulés zur Klärung der damals umstrittenen theoretischen Grundlagen der Chemie wesentlich beitrug.

So wurde die chemische Industrie derjenige Zweig der industriellen Technik, der sich in seinem Kern, der chemischen Reaktion und der Entwicklung neuer chemischer Verbindungen nahezu ausschließlich auf wissenschaftliche Forschung gründet. Die Werke bauten große eigene Forschungslaboratorien aus und sicherten sich dadurch ihren industriellen Vorsprung. In der apparativen Technik herrschte anfangs das technologische Erfahrungswissen und Meisterwissen vor. Erst im 20. Jahrhundert entwickelten sich das Chemical Engineering und die Verfahrenstechnik als eigenständige Wissenschaft der Stoffumwandlungstechniken. Eine Keimzelle war die Karlsruher Technische Hochschule.

Große neue technische Aufgaben, die vor allem auf der Werkstoffseite ohne wissenschaftliche Methoden nicht zu lösen waren, stellte die Hochdruck-Ammoniaksynthese und die in der Folge sich entwickelnde chemische Hochdrucktechnik. Die katalytische Hochdrucksynthese von Ammoniak war von Fritz Haber in Karlsruhe aus seinen Arbeiten über das Ammoniakgleichgewicht von 1904—1911 entwickelt worden. Die technische Verwirklichung erfolgte unter Carl Bosch in der BASF.

Ein anderer, seit Gründung der städtischen Gasbeleuchtung traditioneller Zweig der chemischen Technik, die Gastechnik, erhielt von Hans Bunte, der 1887 als Nachfolger Karl Englers den Lehrstuhl für Chemische Technologie übernahm, an der Technischen Hochschule Karlsruhe ein bedeutendes wissenschaftliches Zentrum. Karl Engler, der 1876 nach Karlsruhe berufen worden war und 1887 die Professur für reine Chemie übernahm, gilt als ein Altmeister der Erdölchemie, die in der chemischen Industrie überragende Bedeutung gewonnen hat.



15

So holte die Industrie in Deutschland mit Hilfe der Wissenschaft gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit Riesenschritten auf. Noch 1876 charakterisierte Fr. Reulaux als deutscher Reichskommissar für die Weltausstellungen die Leistungen der deutschen Aussteller in Philadelphia als »billig und schlecht«. Entsprechend gering war das Ansehen deutscher Erzeugnisse, auch in Deutschland, wie W. v. Siemens berichtet.³⁸ Die Weltausstellungen waren ja die große Schaubühne der Technik des 19. Jahrhunderts. In Melbourne, 1880, stand nach Reulaux' Urteil die deutsche Qualität bereits über dem Durchschnitt. Für die politischen Komplikationen, die unvermeidlich mit diesem Auf- und Überholen verbunden waren, fehlten allerdings Weitblick und Sinn. (Bild 16)

4. Über den Sinn technischen Handelns

Mit der Sinnfrage wird nun der noch einigermaßen tragfähige Boden der geschichtlich belegten Fakten verlassen. Auch die empirische Sozialwissenschaft vermag hier bestenfalls bis zu einem gewissen Punkt zu helfen, weil Sinnerfahrungen sich einer statistisch signifikanten Erfassung allzuleicht entziehen.

Deshalb sind die nachstehenden Betrachtungen auch frei von jedem wissenschaftlichen Anspruch. Sie sind Gedanken eines Ingenieurs über Dinge, die ihn angehen.

4. 1 Zweck und Sinn

Es wird oft behauptet, technisches Handeln sei durch seine Zweckhaftigkeit charakterisiert. Irgendwelche Zwecke sind aber bewußt oder unbewußt fast mit jedem Handeln verbunden. Wenn also technisches Handeln durch seine Zweckhaftigkeit besonders ausgezeichnet sein soll, so kann dies nicht darin liegen, daß es auch Zwecke hat, sondern nur darin, daß es ausschließlich Zwecken dient, daß es sich in seiner Zweckhaftigkeit erschöpft. Das jeweils optimale technische Handeln müßte sich dann im Prinzip aus seinem Zweck vollständig ableiten lassen. Technisches Handeln wäre rein »zweckrational«.

Das trifft aber keineswegs zu. Es trifft nur zu, solange der Zweck technischen Handelns entsprechend eingeeengt definiert wird, d. h., wenn er grundsätzlich als Optimierungsaufgabe innerhalb eines abgeschlossenen Systems von meßbaren Variablen beschrieben werden kann, die

mit rein technischen Mitteln beeinflusst werden. In dieser Weise müssen die Ingenieurwissenschaften ihre technischen Aufgaben behandeln, denn streng wissenschaftliche Lösungen lassen sich nur innerhalb eines abgeschlossenen Systems meßbarer technischer Möglichkeiten finden.

Aber ein derart eingeengt formulierter Zweck genügt sich nicht selbst. Sonst wäre die ihm dienende Wissenschaft ein rein geistiges Spiel. (Das ist sie übrigens nicht selten, und es zeigt sich, daß geistige Spiele, z. B. abstrakte Mathematik, ihrerseits bedeutende technische Auswirkungen haben können.) Die Lösung des wissenschaftlichen Problems dient weiteren Zwecken. Sie liefert Möglichkeiten zur technischen Verwirklichung, die immer zusätzliche Probleme mit sich bringt, auch wenn der Zweck noch der »rein technische« der Herstellung bestimmter Gegenstände ist. Hinter den »rein technischen« Zwecken stehen andere Zwecke: wirtschaftliche, politische, persönliche Ziele verschiedener Art. Je weiter man der Folge der Zwecke nachgeht, desto mehr gerät man in ein diffuses Feld gesellschaftlicher Antriebe und persönlicher Beweggründe. In ihm sind die zweckhaften Teilhandlungen eingebettet. Es ist auch nicht so, daß der eine Zweck sich im anderen rückstandslos auflöst. Denn jede Handlung hat Eigenwerte und bringt Erfahrungen mit sich, die über die Zweckrationalität hinausgehen. Mit solchen Unauflöslichkeiten sind Sinnerfahrungen verbunden.

Weil technisches Handeln heute mit allen Phasen gesellschaftlichen Handelns verflochten ist, enthalten die Gesellschaftstheorien implizit oder explizit auch Theorien des technischen Handelns. Jedoch sind diese Theorien einseitig, wenn sie technisches Handeln nur in seiner Zweckhaftigkeit sehen und dessen weitere Sinnerfahrungen weitgehend ausklammern.

Der Begriff Sinn ist hier nicht erkenntnistheoretisch als hermeneutisch erkannte Wahrheit, sondern als ein Attribut des Handelns ge-

meint, das, obwohl es Zwecke einschließen kann, der reinen Zweckhaftigkeit gegenübergestellt wird. Statt einer präzisen Definition möge genügen, wenn in vier Punkten angedeutet wird, in welcher Bedeutungsrichtung Sinn hier gebraucht wird. (N. Luhmann⁴² führt Sinn als Grundbegriff seiner systemtheoretischen Soziologie ein: Soziologie als Wissenschaft vom sozialen Handeln hat es mit Systemen in einer komplexen Welt, d. h. einer Überfülle von Möglichkeiten des Erlebens und Handelns zu tun. Sinn ist die Ordnungsform des Erlebens. Jedes gesellschaftliche Handeln ist mit vielen Sinnbezügen, d. h. Erlebnismöglichkeiten beladen. Auf die sehr abstrakte Gesellschaftstheorie kann hier nicht eingegangen werden. Wichtig ist bei Luhmann der Grundgedanke, daß die überwältigende Komplexität der Welt in der Sinnerfahrung reduziert wird, d. h., daß man sie vereinfacht und dabei die Gefahr eingeht, daß man sich täuscht und daß Erwartungen nicht erfüllt werden. Wichtig scheint mir auch zu sein, daß dieses jeweils ordnende Sinnerlebnis in die Handlungstheorie einbezogen wird. In unserem Fall bedeutet dies, daß technisches Handeln nicht nur vom rein technischen Zweck her, sondern auch vom Sinnerlebnis her in das Gesellschaftsbild eingeht.)

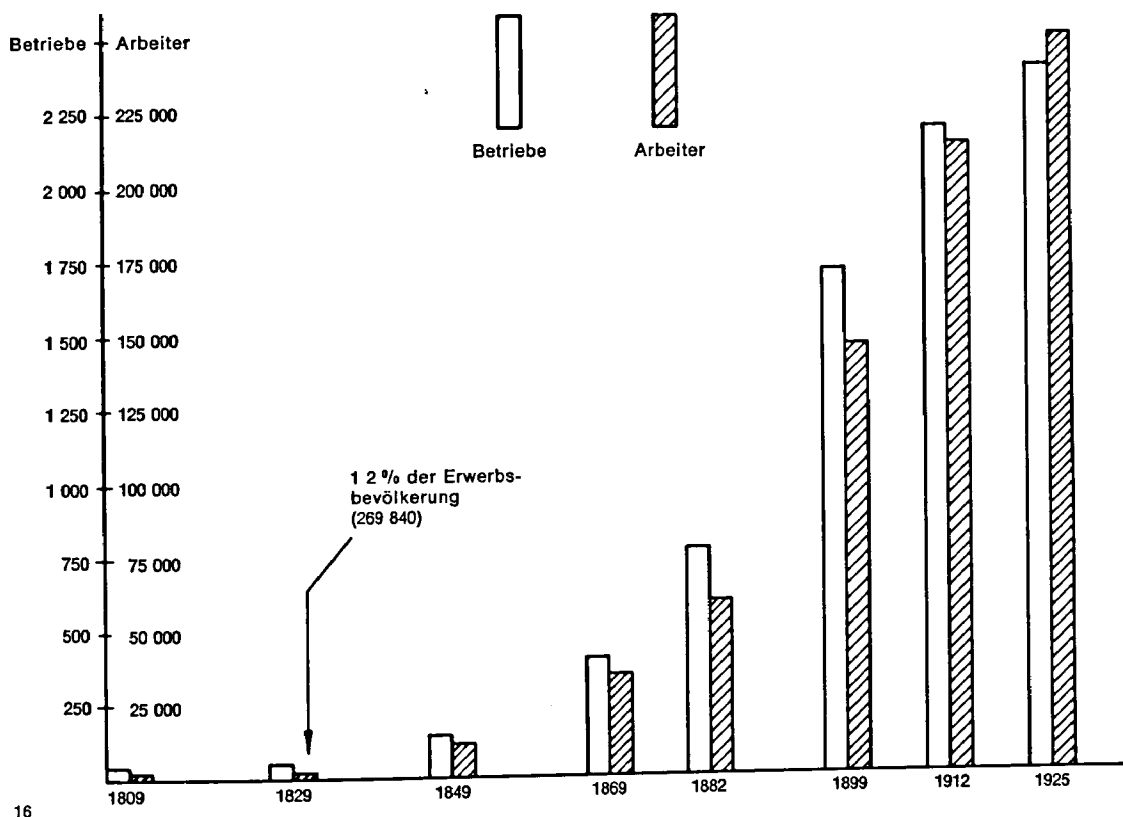
1. Die Sinnbeziehung ist erlebbar. Sie ist auf den Menschen bezogen. Der reine Tatbestand oder naturgesetzliche Systemzusammenhang ist als solcher noch nicht sinnerfüllt. Auch wenn man unterstellt, daß einem Ding sein Sinn als Idee innewohne oder ein Wesen, Gott, der absolute Geist, seinen Sinn in sich selbst trage, der dem Menschen letztlich unzugänglich sei, so wird etwas, nämlich »Sinn« postuliert, das aus dem menschlichen Erleben stammt.

2. Sinnerleben ist so vielfältig, wie es eben die Erlebnismöglichkeiten und Bewußtseinsassoziationen sind. Eine Begebenheit, die sich äußerlich identisch wiederholt, kann von völlig verschiedenen, wenn nicht kontroversen Sinnerlebnissen begleitet sein.

61

3. Trotz aller Vielfältigkeit der Sinnbezüge hat das menschliche Empfinden das Bestreben, Sinn als Ganzes zu erleben. Solches Erleben ist persönlich, es macht geradezu die Person aus, deren Individualität sich im Laufe der Zeit

einen zentralen Sinn ihres Lebens erfahren haben. Dabei fühlten sie sich im Einklang mit einem inneren Sinn ihrer Zeit, einem Vorwärtstreben der Menschheit, und waren auch tatsächlich von einer allgemeinen Zeitströmung



bildet und verändert, je nachdem wie in der jeweiligen Lage, im Tun und Denken eigenständig Sinn erfahren wird. Bei manchen prägen mehr die Umstände die Person in ihrer jeweils augenblicklichen Erscheinung, bei anderen bildet sich ein richtunggebender Lebenssinn, an dem sich die einzelnen Sinnbezüge wie in einem Magnetfeld einheitlich orientieren. Die Entwicklung der Technik ist von kraftvollen Persönlichkeiten vorangetrieben worden, die in ihrem Handeln als Erfinder und Unternehmer

getragen, selbst wenn sie mit ihren Neuerungen der Zeit vorausliefen und zunächst Ablehnung und Hohn erfuhren. Somit gilt als weiteres wesentliches Charakteristikum:

4. Persönliches Sinnerleben sucht die Resonanz mit dem Sinnempfinden anderer, eines Partners, der Kollegen, Genossen, Vereinsfreunde usw. Es kommuniziert mit den Bewußtseinstendenzen der Gesellschaft, die sich ihrerseits aus den Sinnerfahrungen der Individuen bilden.

4. 2 Zwei Beispiele: »Technik und Wissenschaft als Ideologie« von J. Habermas und die Entwicklung des Automobils

J. Habermas⁴³ führt in seiner vielbeachteten gesellschaftstheoretischen Abhandlung zwei Kategorien des Handelns ein, um die Wirkungen des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts auf den »institutionellen Rahmen der Gesellschaft«, d. h. das gesellschaftliche Rollenspiel, zu beschreiben: »Arbeit« und »Interaktion«. Unter »Arbeit« oder »zweckrationalem Handeln« versteht Habermas instrumentales Handeln nach technischen Regeln und die rationale Entscheidung nach Strategien aufgrund einer korrekten Beurteilung möglicher Verhaltensalternativen. »Interaktion« ist kommunikatives Handeln nach gesellschaftlichen Normen, über die man sich umgangssprachlich verständigt. In der Sicht dieses Handlungsschemas behauptet und befürchtet Habermas, daß im Laufe der soziokulturellen Entwicklung die gesellschaftlichen Institutionen von den Sub-Systemen zweckrationalen Handelns aufgesogen werden. Es entwickelt sich eine Eigen-gesetzlichkeit des technisch-wissenschaftlichen Fortschrittes. Sie produziert — der sogenannten Technokratiethese zufolge — die Sachzwänge, denen die Politik folgen muß. In dieser technokratischen Lösung sieht Habermas gerade die Gefahr. Er behauptet mit Marcuse, daß darin Technik und Wissenschaft selbst zur Ideologie würden: Die Wissenschaft sei zum Fetisch gemacht, die Sittlichkeit als Kategorie für Lebensverhältnisse werde verdrängt, der Mensch wird verdinglicht. Der Homo faber könnte schließlich als Homo fabricatus seinen technischen Anlagen selbst integriert werden.

Als Therapie fordert Habermas »die öffentliche uneingeschränkte und herrschaftsfreie Diskussion über handlungsorientierende Grundsätze und Normen auf allen Ebenen der politischen und zu politisierenden Willensbildungsprozesse«. Er setzt daher seinem Begriff des

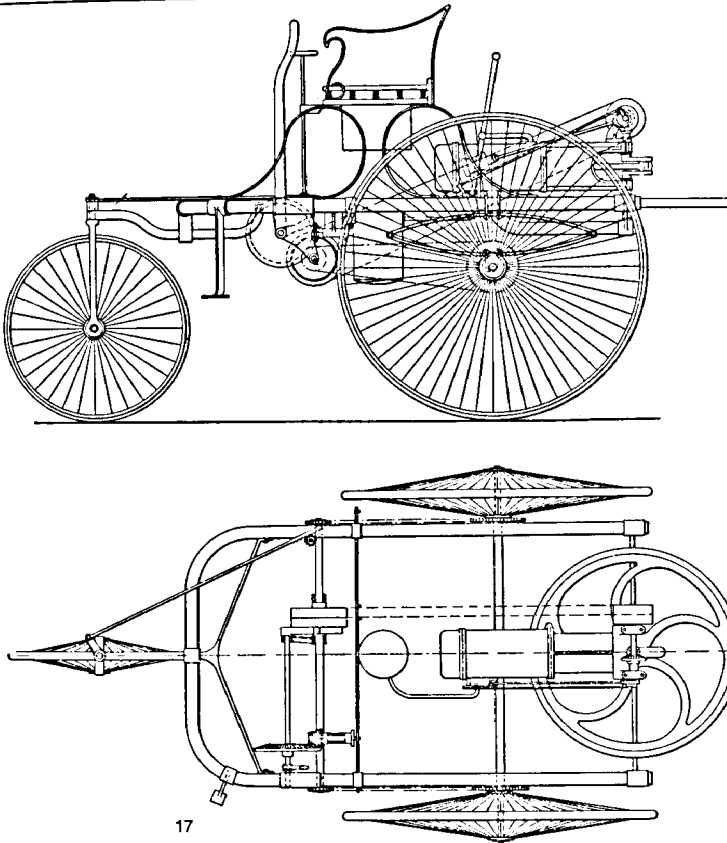
zweckrationalen Handelns einen zweiten Begriff von Rationalität entgegen: herrschaftsfreie Diskussion und Kommunikation über die Ziele der Lebenspraxis.

Auf der Grundlage neu entwickelter Erziehungstechniken, die die Fetischisierung des zweckrationalen Handelns nicht mehr einschließen, »könnte sich ein prinzipielles Unverständnis für die sinnlose Reproduktion überflüssiger Tugenden und Opfer herausbilden — ein Unverständnis dafür, warum das Leben des einzelnen trotz des hohen Standes der technologischen Entwicklung nach wie vor durch das Diktat der Berufsarbeit, durch die Ethik des Leistungswettbewerbes, durch den Druck der Statuskonkurrenz, durch Werte der possessiven Verdinglichung und der angebotenen Surrogatbefriedigungen bestimmt ist, warum der institutionalisierte Kampf ums Dasein, die Disziplin der entfremdeten Arbeit, die Tilgung von Sinnlichkeit und ästhetischer Befriedigung aufrechterhalten werden«.

Dies ist eine äußerst verkürzte Wiedergabe einiger Gedanken von Habermas. Es kommt uns auf die Technikinterpretation an, zumal die Habermassche Denkweise hierin von vielen geteilt wird und in der Bildungswelt sehr verbreitet ist.

Das zweidimensionale theoretische Interpretationsschema ist notwendig unscharf. Wie soll es gelingen, konkrete gesellschaftliche Handlungen auf die beiden Handlungstypen »Arbeit« und »Interaktion« eindeutig zurückzuführen? Als konkretes Beispiel sei die Entwicklung des Automobils betrachtet, die fraglos einen dominierenden Einfluß auf die gesellschaftlichen Verhältnisse ausgeübt hat.

»Es können Wagen hergestellt werden, die von keinem Tier gezogen werden und mit unglaublicher Gewalt daherfahren«, hat Roger Bacon bereits 1257 allerdings ohne nähere Erklärung behauptet.⁴⁴ Mittelalterliche Science-fiction, die in den folgenden Jahrhunderten in den Köpfen vieler Erfinder, auch Leonardo da



17

Vincis, wiederkehrte. Der selbstbewegliche Wagen war eine Herausforderung an den erfinderischen Geist der Menschen. Was zunächst entstand, von Menschenhand angetriebene Fahrzeuge und Segelwagen, waren Kuriositäten. Sobald der Dampf als Antriebskraft entdeckt war, konstruierte und baute man Dampf- wagen. Auch Savery, Watt und Murdock versuchten sich daran. Cugnots berühmter, mit einer Zweizylinder-Newcomen-Maschine ausgerüsteter dreirädriger Dampfswagen aus den Jahren 1768—1770 blieb unbenutzt. Auch die Hochdruckdampfmaschinen waren als Antrieb für Straßenfahrzeuge zu schwer.

Der erste Kraftwagen mit Explosionsmotor (1807) war für seinen Erfinder Isaac de Rivas mehr eine Spielerei.⁴⁵ Lenoirs mit seinem Gas- motor ausgestattetes Automobil (1863) schei-

terte an dem Gewicht des Motors. Das Auto des Mecklenburger Mechanikers Markus wurde nach ersten Fahrversuchen in Wien des großen Geräusches wegen verboten. Von all dem wußte der 1844 in Karlsruhe geborene Carl Benz nichts. Sein Vater hatte die Lokomotive der ersten Eisenbahnstrecke Karlsruhe—Heidel- berg geführt, und er träumte bald davon, einen selbstbeweglichen Wagen zu bauen. Der Enthu- siasmus des jungen Studenten bei Redten- bacher und Grashof spricht aus den Lebens- erinnerungen des 81jährigen:³⁴ »Über allem aber stand die Sonne der Begeisterung für das ersehnte Studium. Da wurde entworfen, kon- struiert, differenziert und integriert, daß es eine Freude war.« Danach lernt er 2½ Jahre lang in der Karlsruher Maschinenbauanstalt als Hand- arbeiter die Praxis des Lokomotivbaus von Grund auf und bringt die Abende nach 12stün- diger harter Arbeitszeit noch damit zu, sich theoretisch weiterzubilden und an seinen Ent- würfen zu arbeiten. Nach weiterer Ingenieur- tätigkeit gründet er eine eigene Werkstatt. Er entwickelt einen Gasmotor, der von einer Aktiengesellschaft mit Erfolg gebaut wird. Als seine Geschäftspartner mit seinem langverfolg- ten Plan, einen Motorwagen zu bauen, nicht einverstanden sind, tritt er kurzerhand aus dem gutgehenden Geschäft aus. Mit einem neuen Geldgeber wird das Unternehmen Benz u. Co. Rheinische Gasmotorenfabrik Mannheim, unter der Bedingung gegründet, daß auch der Motor- wagen gebaut wird, wenn das Motorengeschäft floriert. 1885 fährt das erste dreirädrige Benz- Automobil durch die Straßen Mannheims, unter Spott und Gelächter, so daß Benz sich die un- belebte Ringstraße in der Dämmerung für wei- tere Versuchsfahrten aussucht. Unabhängig von C. Benz baute G. Daimler 1885 das erste Motor- rad und rüstete 1886 eine Kutsche mit dem von ihm entwickelten ersten schnellaufenden Motor aus. (Bild 17)

Nachdem die ersten technischen Schwierig- keiten überwunden sind, kommt die Enttäu-

schung, daß das neue Fahrzeug in Deutschland kein Interesse findet. Der Pferdewagen leistet ja alles viel besser, und Pferde gibt es genug. Sport und Spleen verschaffen dem Auto schließlich einen Markt. Später kommt das Prestige hinzu, und wesentlich später wohl erst die Zweckmäßigkeit der schnellen und beliebigen Fortbewegung in einem für viele erschwinglichen Fahrzeug, das H. Ford mit seinem Model T (1909) schafft. In der Anfangszeit trugen die mondänen und populären Autoren in Frankreich entscheidend zur Einführung und Entwicklung des Automobils bei. Paris beherrschte den Automobilmarkt und die Automobilmode in Europa. 1906 führte Frankreich für 130 Millionen Franken Autos aus und für weniger als 8 Millionen ein, Deutschland führte für 21 Millionen aus und für 20 Millionen ein.³⁴

Was dominierte nun bei dieser zukunftssträchtigen technischen Entwicklung: regelhaftes Handeln oder kommunikative Interaktion? Beide Begriffe von Habermas greifen nicht. Aus nur regelhaftem Handeln wäre das Auto nie geworden, wäre überhaupt keine Technik entstanden. In allen Handlungsphasen ist Irrationalität (gemeint ist: keine eindimensionale Zweckrationalität, sondern komplexe Gründe, deren Erklärung schwierig ist) bestimmend beteiligt. Nicht der nüchterne Zweck, noch nicht einmal das Geschäftsinteresse, sondern die Freude am technischen Gestalten, eine bis zum Starrsinn gesteigerte Verbissenheit in eine erfinderische Idee auf der einen Seite und Sport- und Sensationslust, Mode und Prestige auf der anderen Seite, natürlich auch Ehrgeiz und Rivalität, waren die antreibenden Kräfte.

Ein so umwälzendes geschichtliches Geschehen wie die industrielle Revolution kann nicht in das Korsett einer einheitlichen Tendenz passen, schon gar nicht in das der Zweckhaftigkeit. Immerhin bestand, wie wir gesehen haben, bei einer Reihe von technischen Neuerungen ein dringender Bedarf, z. B. an der Dampfmaschine. Aber an einem selbstbeweglichen Straßenfahr-

zeug, das dem Pferdewagen offensichtlich unterlegen war, bestand außer dem Reiz der Neuheit effektiv kein »gesellschaftlicher Bedarf«. Den behördlichen Vorstellungen von der Lebensqualität entsprechend waren Verbote am Platz, so das Wiener Verbot wegen des Lärms, ein badischer Landtagsbeschluß, daß das Fahren mit elementarer Kraft verboten sei (erst als die im Benzschen Auto abgeholten Ministerialräte vom Milchfuhrmann überholt wurden, fiel die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 6 km/h,³⁴ und die Londoner Parlamentsakte von 1865, daß jedem Dampfswagen in 60 Yards Entfernung ein Mann mit roter Flagge vorangehen müsse, die dem Dampfomnibus den Garaus machte.⁴⁴

Das hat sich geändert. Das Auto ist ein Bedarfsgegenstand geworden. Die Mobilität ist heute für viele nicht nur eine berufliche Notwendigkeit, sondern auch ein Lebenswert, der als unentbehrlich empfunden wird.

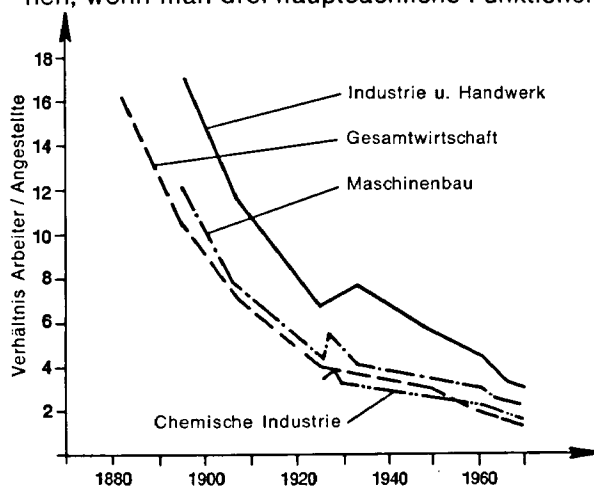
4. 3 Die Verschiebung der Schwerpunkte technischen Handelns

Die Nutzung der Technik ist nur eine Seite technischen Handelns. Ihr steht die Erzeugung gegenüber. Die heutige Massenfertigung von Autos hat mit der Werkstätte von Vadder Benz nicht mehr viel gemein. Haben sich die Arten technischen Handelns nicht grundlegend verändert?

Einen ersten Anhaltspunkt über die im Laufe des letzten Jahrhunderts stattgefundenen Aufgabenverlagerung bietet die Statistik des Verhältnisses von Arbeitern und Angestellten. Es fällt von 1880 bis 1970 ungefähr um den Faktor 10. Bei den Arbeitern nimmt der Anteil der weiblichen Arbeitskräfte nur von 21,5 auf 27,6 % zu, bei den Angestellten dagegen von 18,8 auf 48,8 %. Die Unterscheidung in Arbeiter und Angestellte ist tariflich und arbeitsrechtlich definiert. Sie ist aber keinesfalls eindeutig, sondern zunehmend unscharf hinsichtlich der Handlungsfunktionen. Trotzdem kann natürlich

65

die Abnahme des Arbeiter-Angestellten-Verhältnisses um eine Größenordnung als Indiz für eine gravierende Verlagerung der Handlungsfunktionen angesehen werden. Der allgemeine Trend läßt sich zusammenfassend kennzeichnen, wenn man drei hauptsächliche Funktionen



18

unterscheidet, deren verästelt ineinandergreifendes Wechselspiel technisches Handeln ausmacht: Konzeption, Verwirklichung (einschließlich ausführender Tätigkeit) und Nutzung. (Bild 18)

Die Nutzung besteht selbstverständlich nicht nur in dem Gebrauch des Endproduktes, also z. B. dem Autofahren, sondern kommt in jeder Teilphase des aufgegliederten wissenschaftlich-technischen Prozesses vor, etwa der Nutzung eines Meßgerätes, eines Werkstoffes, überhaupt irgendwelcher Leistung.

Entsprechend sind die meisten Akte der Verwirklichung mit Ausnahme rein automatischer Tätigkeiten mit Überlegungen verbunden, enthalten also ein konzeptionelles Moment. Umgekehrt schließen konzeptionelle Funktionen auch zahlreiche Verwirklichungen ein: Zeichnen und Pausen einer Zeichnung, Schreiben eines diktierten Briefes, Bau einer Versuchseinrichtung, Ausführung von Messungen, von Rechnungen etc.

Die Nutzung liefert entscheidende Erfahrungen in den konzeptionellen Raum zurück. Allerdings wird dieser zurückfließende Wissensstrom bei der technischen Nutzung oft durch Geheimhaltungen gedrosselt.

Nur bei globaler Betrachtung industrieller Prozesse entspricht die Unterscheidung von Konzeption und Verwirklichung angenähert betriebswirtschaftlichen Kategorien: Forschung, Entwicklung, Planung, Konstruktion etc. gegenüber der Produktion. Die verfeinerte Betrachtung kann bei jeder einzelnen Tätigkeit fragen, in welchem Ausmaß sie konzeptionell, Verwirklichung oder Nutzung ist.

Offensichtlich geht die Entwicklung dahin, daß der Raum konzeptionellen Handelns sich gegenüber der Verwirklichung ausweitet. Gleichlaufend erfolgt eine Zunahme der Arbeitsproduktivität. Im Deutschen Reich waren 1907 von 62 Millionen Einwohnern insgesamt 15,2 Millionen Erwerbstätige in der gewerblichen Wirtschaft beschäftigt, 1969 in der Bundesrepublik 19,9 Millionen von 60,8 Millionen Einwohnern. Berücksichtigt man die Verkürzung der Arbeitszeit, so dürfte die Zahl der insgesamt geleisteten Arbeitsstunden etwa die gleiche sein. Die Gütererzeugung läßt sich nicht quantitativ vergleichen. Rundfunk, Fernsehen, Computer, Kunststoffe und vieles andere existierten 1907 noch nicht, die meisten sonstigen Erzeugnisse haben sich nach Art und Qualität verändert. Vergleichbar ist z. B. die Steinkohlenförderung. Sie betrug 1900—1910 rund 1100 kg je Mann und Schicht und 1973 4320 kg. Selbstverständlich setzt die Steigerung der Arbeitsproduktivität entsprechende Kapitalinvestitionen voraus, beruht also darauf, daß ein Teil der Arbeit der Herstellung von Produktionsmitteln dient. Letztlich ist diese Entwicklung aber darauf zurückzuführen, daß die gedankliche Arbeit neue Verwirklichungsmöglichkeiten schafft und daß sie auf dem Umweg über die Maschine an die Stelle der manuellen und ausführenden Arbeit tritt oder mit Hilfe des

Reaktionsapparates die manuelle Produktion überhaupt umgeht.

4. 4 Persönliche Sinnerfahrungen aus technischem Handeln

1. Jedes Handeln vermittelt unmittelbare Gefühlserlebnisse. Auch bei technischem Handeln reicht die Bandbreite der Gefühlsreaktionen von Verzweiflung, Wut, Ärger, Depression, Lethargie, Abgestumpftheit, Gleichgültigkeit bis zu Interesse, Zufriedenheit, Freude, gespanntester Teilnahme, befreiendem Selbstgefühl und höchstem Glück. Von der Augenblicksreaktion müssen wir absehen. Nachhaltig positive Sinnerfahrungen hängen davon ab, in welchem Maße sich der Handelnde mit seinem Tun identifiziert. Die innere Übereinstimmung kann eine Person im tiefsten ausfüllen wie bei Carl Benz, dessen Lebenserinnerungen bezeugen, daß er im Wirken als Ingenieur und in der Entwicklung des Automobils seine Lebenserfüllung gefunden hat. Wir sahen, welche Ausstrahlung von Redtenbachers Begeisterung für die Technik und die Wissenschaft des Maschinenbaus ausging. In der Anfangsphase unserer Technik haben mit Sicherheit auch viele unbekannte Techniker und Wissenschaftler sich ähnlich mit ihrem Handeln identifiziert. Die Optik der Technikgeschichte vergrößert die Leistungen der Erfolgreichen. Am Fortschritt der Technik sind aber viele beteiligt, sei es konkurrierend oder zusammenarbeitend, erfolgreich oder weniger glücklich. Mißerfolge sind eine notwendige Quelle des Erfolges. Ähnlich wie Papin scheiterten viele, weil sie zu sehr in ihre Projekte verbissen waren. Der Erfinder und »Projektmacher« war in der Zeit der industriellen Revolution keine Einzelercheinung.

Heute ist die prozentuale Chance geringer, daß einer allein spektakuläre Neuerungen zuwege bringt. Deshalb gehört die Figur des »Erfinders« mehr der Vergangenheit an. Aber die technisch-wissenschaftliche Methodik hat

die schöpferischen Möglichkeiten nicht beschränkt, sondern mächtig erweitert. Die Zahl der Probleme ist mit der Technik gewachsen. Sie sind nicht weniger interessant als früher. Dabei muß es sich nicht um spektakuläre Gebiete handeln, die wie eine Goldgräberstadt magnetisch anziehen. Gerade in den unbeachteten Gebieten liegen oft die reizvollen Funde für den mit wissenschaftlichen Methoden ausgerüsteten Ingenieur.

In der Problemlösung selbst liegt ein sinngebendes Moment, eine »intrinsic motivation«, wie man heute sagt. Man könnte von einem endogenen Sinn des Handelns sprechen, der aus den Eigenwerten entspringt, die das Handeln für den Handelnden besitzt. Sie können gerade den Techniker so fesseln, daß äußere Zwecke darüber vergessen werden. Diese Zweckvergessenheit wird dem Techniker im ökonomischen und politischen Handlungszusammenhang oft angelastet, obwohl ohne sie kein technisches Meisterwerk gelingt.

Technische Lösungen müssen praktisch funktionieren. Sie schließen die Verwirklichung und Nutzung ein. Dabei gewinnen alle Faktoren, die im theoretischen System und Versuch nicht erfaßbar sind, vermeintliche Kleinigkeiten, sogenannte Dreckeffekte, aber auch die ganze Kenntnis der anwendungstechnischen Varianten entscheidendes Gewicht. Hierin bewährt sich der Praktiker. Er weiß nicht nur, was funktioniert — das sollte man auch in Protokollen festhalten können —, sondern ist auch erfahren darin, wo die Tücken verborgen sind, auf welche Details es ankommt und was nicht geht. Bei Störungen weiß er, was zu tun ist, kennt die Handgriffe, behält die Nerven, fühlt sich oft erst in seinem Element. Hier wurzelt sein Selbstgefühl und ein Bewußtsein der Überlegenheit über den reinen Theoretiker.

Ein weiteres Moment ist die Gestaltungsfähigkeit, ein synthetisches Vermögen, das nicht nur Ideen und Einfälle voraussetzt, sondern auch die Vorstellung davon, wie ein Gan-

zes aus Teilen gefügt werden kann und zusammenwirkt, und ein erfahrenes, oft gefühlsmäßiges Urteil für zulässige Vereinfachungen und stimmende Proportionen.

Die vier genannten Qualitäten, Wissenschaftlichkeit, Erfahrung, Einfallsreichtum und Gestaltungsfähigkeit, zu denen (siehe Kap. 2.4) eine Geisteshaltung der Kritik, der Entdeckerfreude und gegebenenfalls gute Nerven gehören, müssen nicht in einer Person vereinigt und nicht überragend sein, damit technisches Schaffen innerlich befriedigt. Kommen sie zusammen, wie z. B. in ungewöhnlichem Maße bei Werner von Siemens, so entsteht höchstes technisches Können.

2. Technisches Können zeigt sich nicht weniger bei der manuellen Verwirklichung und bei der Nutzung. Seine Wirkung reicht zwar nicht entfernt so weit wie schöpferische geistige Tätigkeit, dafür bestimmt sie im engeren Umkreis an sehr vielen Stellen des technischen Prozesses Erfolg oder Mißerfolg.

Was Nasmyth über Maudslay sagte (Kap. 2.4), kennzeichnet das technische Können des Industriehandwerkers. Es beruht auf Genauigkeit, Handfertigkeit, Erfahrung und einem notwendigen, oft nicht geringen Maß theoretischen Wissens. Der Feilenstrich ist vielleicht nicht mehr ein entscheidendes Merkmal der Meisterschaft, obwohl der erfahrene Monteur vom Feilen am Schraubstock mit senkrecht zueinander gestellten Füßen in Gang und Haltung noch immer charakteristisch geprägt sein kann. Der Monteur komplizierter Maschinenanlagen, man denke nur an eine Papiermaschine, Druckmaschine, Hochleistungsdampfturbine etc., ist im gesamten Maschinenbau eine Schlüsselfigur. In ihm verschmilzt höchstes handwerkliches Können mit ingenieurmäßigem Wissen und der erfahrenen Urteilskraft in schwierigen, äußerst vielseitigen Entscheidungslagen. Er ist sich seines Wertes bewußt, zuweilen eigenwillig und selbstherrlich, aber zuverlässig, wenn es auf ihn ankommt. Niemand wie er hat das

Zusammenwirken der verschiedenen Teile im Griff, weiß die zweckmäßige Aufeinanderfolge der Montageoperationen, kennt die Auswirkungen von Passungen, Unwuchten und bei der Montage ausgeübten Kräften auf Genauigkeit und Laufverhalten, ferner die Feinheiten des Betriebsverhaltens und die Ursachen möglicher Störungen.

Entsprechendes charakteristisches Können ist in jedem Industriehandwerk anzutreffen, beim Feinmechaniker, Werkzeugmacher, Dreher, Modellschreiner, Handformer, Schmied, Elektromonteur und Elektroniker, Glasbläser, Chemiewerker etc. Auf die unterschiedlichen Rollen der Handwerker in den verschiedenen Industrie- und Gewerbebezügen sei hier nicht eingegangen. Betont sei aber, daß gerade die Rationalisierung der industriellen Fertigung eine Verstärkung aller Funktionen mit sich bringt, die mit der Einrichtung, Instandhaltung, Überwachung, Steuerung und Regelung komplizierter Anlagen, mit dem Modell- und Vorrichtungsbau und dem Versuchs- und Entwicklungswesen zu tun haben, und daß diese Funktionen in erhöhtem Maße den qualifizierten Facharbeiter, Laboranten und Techniker erfordern, in dem theoretischen Wissen, Erfahrung und manuelle Geschicklichkeit bzw. handwerkliches Können vereinigt sind.

3. Wenn die Nutzung als besondere Kategorie technischen Handelns eingeführt wurde, so braucht damit nicht der ganze Umgang mit der Technik gemeint zu sein, der heute auf Schritt und Tritt wie selbstverständlich erfolgt. Wenn man verschmutzte Luft einatmet, ist das nicht Nutzung, aber Folge der Tatsache, daß man Ölheizungen, Autos und Kraftwerke nutzt. Endogene Sinnerfahrung hängt davon ab, wie der Mensch die Technik meistert, wie er mit der technischen Umgebung, der Apparatur, der Maschine zurechtkommt. Der heutige Mensch hat einen Instinkt für diese neue Umgebung entwickelt, eine feinnervige intellektuelle Sensibilität, er versteht die komplizierten Zeichen

technischer Information und besitzt ein Sensorium für die Maschine. Man muß nicht Rennfahrer sein und nicht die Macht über die Maschine bis zur Lebensgefahr auskosten. Auch der Maschinist, der eine Apparatur bedient, spielt sich auf ihren Rhythmus ein, empfindet den technischen Prozeß mit.

4. Je primitiver die Arbeit ist bzw. empfunden wird — denn die Ansprüche sind hierbei maßgeblich —, desto weniger enthält sie stimulierende und befriedigende Momente. Auch die Fließbandarbeit (nach einer Schätzung des Allensbacher Instituts arbeiten in der Bundesrepublik etwa 5 % der gewerblichen Arbeiter, das sind ca. 300 000, am Fließband) im Rhythmus der Maschine kann solche Momente noch enthalten. Das Spektrum endogener Sinnerfahrungen endet bei quälender Eintönigkeit und physischer wie psychischer Überlastung. Es ist dann zu fragen, ob die größere Arbeitsproduktivität diese Sinnentleerung rechtfertigt und ob ihre Kompensation durch mehr Freizeit wirklich die einzig sinnvolle gesamtgesellschaftliche Lösung ist.

Die Veränderung der Arbeitssituation mit zunehmender Rationalisierung folgt nicht einem einzigen Trend. Das in einer sehr informativen Studie von Kern und Schumann⁴⁶ gewonnene Bild ist unterschiedlich und vielgestaltig. Eine gewisse Polarisierungstendenz ist feststellbar: Ein Teil der mit fortschreitender Mechanisierung noch erforderlichen Arbeiten wird primitiver, die übrigen werden hochwertiger. In den stoffumwandelnden Industrien überwiegt der positive Trend, vor allem in den Funktionen der Steuerung und Kontrolle. Dies liegt daran, daß die großen kontinuierlich produzierenden Anlagen der chemischen und anderer stoffumwandelnder Industrien bei Störungen nicht abgestellt werden, sondern daß diese während der laufenden Produktion behoben und korrigiert werden müssen. Dagegen werden maschinelle Fertigungsaggregate der stoffverformenden Industrie oft nach dem Verriegelungsprin-

zip gefahren, d. h. sie stellen sich bei größeren Störungen selbsttätig ab. Die individuelle Kontrollfunktion wird dadurch reduziert.

Ein erstaunlich hoher Prozentsatz der Arbeiter ist mit der eigenen Arbeitssituation zufrieden. Hierin äußern sich allerdings auch Anpassung, Selbstbestätigung und Resignation. Bei der Meßwartentätigkeit sind die Äußerungen zu über 90 % positiv auch hinsichtlich der Auswirkung der Mechanisierung auf die Arbeitsqualität. Im allgemeinen Bewußtsein der Arbeiter über die Auswirkungen der technischen Entwicklung überwiegen die ambivalenten Urteile.

5. Alles technische Handeln geschieht im sozialen Medium, im Miteinander, Nebeneinander, Füreinander und Gegeneinander von Menschen, Gruppen und gesellschaftlichen Institutionen. In der menschlichen Wechselwirkung potenziert sich oder verkümmert das Wirken des einzelnen. Gelingt es, Bedingungen zu schaffen, unter denen der einzelne sich mit seinem Handeln im Rahmen des Ganzen identifiziert und sich bestätigt fühlt, so entsteht eine stimulierende Resonanz, die die Bewältigung größerer gemeinsamer Aufgaben ermöglicht. Das Ganze gewinnt Sinn für den einzelnen, allein aus dem Handlungszusammenhang. Natürlich kommt es auch auf die Ziele an. Die reine Proklamierung von Zielen bewirkt aber nicht viel, ist »sinnlos«, wenn nicht entsprechende Handlungsbedingungen entstehen.

Auch ein »gutes Arbeitsklima« kann täuschen, wenn die damit verbundenen Annehmlichkeiten nicht den Kern der Sache betreffen: die Identifizierung des einzelnen mit seinem Handeln und die wechselseitige Anregung und Bestätigung. Hierzu muß sich mit dem technischen Können die Kunst der Führung und ein partnerschaftliches Fair play verbinden. Ein äußerlich gutes Arbeitsklima kann sogar ein innerlich böses Arbeitsklima verdecken, wenn es nicht gelingt oder nicht beabsichtigt ist, die in Konkurrenzsituationen und Abhängigkeits-

verhältnissen angelegten Egoismen durch die positiven Sinnerfahrungen loyalen Zusammenspiels auszugleichen. Die »rauhe Industriepaxis« hat für nicht wenige qualifizierte Absolventen der Hochschule an Attraktivität eingebüßt, nicht wegen eines Leistungsdruckes, dem sie sich durchaus unterwerfen, sondern weil sie sich — neben anderen Vorlieben — mit einer hochwertigen Arbeit in einen sinnvollen Zusammenhang einfügen wollen und es ihnen zweifelhaft ist, ob dieses gelingt. Daß dabei sehr viel an einem selbst liegt, übersieht man gerne.

6. Technischem Handeln wohnt eine pragmatische »Moral« inne: Die Verwirklichung entscheidet über den Wert. Ausschluß bleibt Ausschluß, auch wenn die Theorie ausgezeichnet und die Absicht die beste war. Andererseits ist das Mißlingen der große Lehrmeister. Mißlingt ein Lösungsversuch trotz aller Voraussicht, findet man mit der Ursache möglicherweise erst den vorher verborgenen neuen und aussichtsreichen Weg. Die Erfahrung solchen fruchtbaren Mißlingens, des experimentellen Vorgehens und der schrittweisen Korrektur gehört zu den wichtigen Sinnerfahrungen technischen Handelns wie auch naturwissenschaftlichen Forschens. Ihr entspricht im sozialen Handeln eine undogmatische Grundhaltung, eine Bereitschaft, die eigenen Prämissen und das weitere Vorgehen zu korrigieren, wenn die praktischen Ergebnisse den Erwartungen widersprechen. Mit Grundsätzen ist ein solcher Pragmatismus sehr wohl verträglich, nicht aber mit apodiktischen Theorien über die Abläufe sozialen Geschehens.

7. Im technischen Handeln schärft sich aus dem Mitempfinden, aus der Nähe zum Mitarbeitenden und der Einsicht in dessen Lage das Verantwortungsgefühl für den anderen. Der Unfallschutz, das technische Überwachungswesen sind hierfür Beispiele. Der Techniker wird aber nicht davon zu überzeugen sein, daß dem Handeln Grundsatzdiskussionen vorausgehen müssen. Die pragmatische Moral stellt

im Notfall das entscheidende Tun vor das »richtige« Denken.

8. Persönliche Sinnerfahrungen entspringen selbstverständlich nicht nur dem Handeln als solchem: der Problemlösung, dem eigenen Können und den Bedingungen der Zusammenarbeit, sondern sind auch mit allen Zwecken und sonstigen Umständen des Handelns verbunden. Dieser Komplex ist zu umfangreich, um hier behandelt werden zu können. Er schließt die Vielfalt der persönlichen Lebensbedingungen und Absichten, den Arbeitszusammenhang und die tangierten wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Fragen ein.

Hierzu nur eine triviale Bemerkung: Technisches Handeln ist nicht anders als das Handeln eines Arztes oder Rechtsanwaltes ein käufliches Wirtschaftsobjekt. Als wirtschaftliches, in Geld meßbares Gut und Teil eines ökonomischen Optimierungsprozesses wird es zweckrational im Habermasschen Sinne. Es verliert dadurch so wenig seine Eigenwerte und sonstigen Sinnzusammenhänge wie das Handeln des Arztes.

Noch eine das Bewußtsein des Ingenieurs angehende Problematik soll erwähnt werden, weil sie die Kehrseite der erwähnten Identifikationen darstellt: die sogenannte Fachidiotie. »Sich wie kaum ein anderer Beruf mit dem Tätigkeitsfeld identifizierend, wurden sie (die Ingenieure) das, was sie in ihrer Mehrzahl bis heute geblieben sind: Fachleute ohne Sinn für die Folgen eigenen Handelns«, schreibt der Soziologe G. Hortleder.⁴⁷ Die Kühnheit dieser Sinnaussage über die Mehrzahl der ca. 350 000 bis 400 000 Ingenieure der Bundesrepublik und über die anderen Berufe kennzeichnet die Unbefangenheit nicht nachprüfbarer Urteile. Hortleders viel beachtete Dissertation über das Gesellschaftsbild des Ingenieurs⁴⁸ befaßt sich hauptsächlich mit dem VDI. Aus dessen Geschichte und Verlautbarungen, aus Äußerungen von Technikern und soziologischen Veröffentlichungen

über diese werden etwa folgende kritische Gedanken entwickelt:

- Der Ingenieur, der sich als Schöpfer der Technik fühlt, leitet hieraus Führungs- und Kulturanprüche ab, besitzt aber andererseits kein eigenständiges, sondern ein von anderen Intelligenz-Gruppen entlehntes (H. P. Bahrdt) bzw. verkürztes (Hortleder) gesellschaftliches Bewußtsein, weil die Geschichte des Ingenieurberufs mit dem Aufstieg der Angestellten ohne eigene Bildungstradition verbunden sei.
- Hiermit hänge zusammen:
- Patriotismus, illusionäre Negation des Politischen und politische Verführbarkeit (in der Vergangenheit);
- Identifikation mit der bestehenden Wirtschaftsordnung, wobei der Ingenieur noch heute dem Unternehmer näher stehe als dem Arbeitnehmer;
- technokratische Tendenzen und Objektivitätsansprüche; der Ingenieur fühle sich nicht ausgebeutet, sondern unausgeschöpft;
- das Fehlen eines wirklichkeitsnahen Handlungsbegriffes; die im technischen Handeln aufgewandte Energie fehle bei nichttechnischen Problemen. Geschichte sei für den VDI rückwärtsgewandte Utopie, es fehle die Vorstellung von der Geschichte als einflußbarem Prozeß;
- Empfänglichkeit für Irrationalität aus dem Überdruß an technischer Rationalität.

Hortleder geht es um die Politisierung der technischen Intelligenz und die Interessenvertretung der Ingenieure. Man sollte seine Kritik ernst nehmen, ohne dem Trugschluß zu verfallen, sie gäbe ein vollständiges und in ihrer Verallgemeinerung zutreffendes Bild. Seine Belege sind ausgewählte Äußerungen. Sie sind Beispiele für seine Hypothesen, aber keine Beweise. Es gibt genügend Gegenbeispiele. Aber es ist an sich fragwürdig, in der pluralistischen Gesellschaft das Gesellschaftsbild einer großen und nicht homogenen Berufsgruppe festlegen

zu wollen, und darüber hinaus inkonsequent, dieses Bild hauptsächlich durch Äußerungen des VDI zu belegen, dem gleichzeitig abgestritten wird, für die Ingenieure repräsentativ zu sein. Die Beurteilung gesellschaftlicher Zusammenhänge wurzelt bei den Ingenieuren in einer unmittelbaren Erfahrung der Arbeitswelt. Sie schlägt sich im Handeln nieder, zutreffender als in individuellen Meinungsäußerungen. Hortleders Gesellschaftsbild wird mindestens soviel zur Verwirrung wie zur Aufklärung beitragen.

4. 5 Zum Sinnproblem technischen Handelns in der Gesellschaft

Seit dem Beginn der industriellen Revolution setzen sich die bedeutendsten Geister und der einfache Mann mit dem Sinn des »Maschinenwesens«, wie es noch bei Goethe heißt, und der »Technik«, wie der nicht mehr abgrenzbare Komplex heute genannt wird, auseinander. Ein wichtiger geistesgeschichtlicher Beitrag hierzu ist die Untersuchung von Goldbeck.⁴⁹

Von Anfang an sind die Antworten auf die Sinnfrage ambivalent und widersprüchlich. Das kann kaum anders sein. Daß die Technik ein fragwürdiges Menschenwerk ist, daß sie menschliche Möglichkeiten im Guten wie im Bösen steigert, offenbarte sich schon in der industriellen Revolution in voller Kraßheit. Ihrem Schöpfer, dem Menschen, zeigt sie ein doppeltes Gesicht. Sie ist Herr und Diener, Gefahr und Hilfe, anonyme Macht, der man sich passiv unterwirft und anpaßt, und ein gefügiges Instrument, das wir machtvoll meistern.

Die konservative Kulturkritik sucht den Sinn in den Werten der Vergangenheit. Freyer, dessen »Theorie des gegenwärtigen Zeitalters«⁵⁰ eine grundlegende soziologische Analyse darstellt, ist einer ihrer überzeugendsten Wortführer. Derjenige, der sich ohne Vorbehalt dem Heute hingibt, lebe bereits im Morgen und erst dadurch mache er mit der Anpassung an das

gegenwärtige System ganz ernst, dadurch, daß er voraussehe und plane. Seine Gegenspieler seien die mit Entschiedenheit Gestrigen. »Sie wissen aus Instinkt oder aus Einsicht, daß dem entfremdeten System, wenn wir ihm gewachsen sein sollen, eine Menschlichkeit entgegengeworfen werden muß, die nicht aus ihm stammt, die vielmehr aus den Reserven unserer Geschichtlichkeit geschöpft werden muß«.

Der Verheißungshorizont der »fortschrittlichen« Kulturkritik liegt dagegen in der Zukunft. Ihr sind die Verweigerungsbewegungen zuzurechnen, die von einem rigorosen antitechnischen Affekt aufgeladen sind. Ihre Losung ist das »nachindustrielle« Zeitalter. Es lebt in letzter Konsequenz (Herbert Marcuse) von einer so perfekten Technik, daß sie alle materiellen Bedürfnisse erfüllt, ohne zu stören, fast ohne dazusein. Sie hebt sich selbst auf wie bei Marx der Staat.

Das Problem wird zur Existenzfrage dadurch verschärft, daß die Endlichkeit der Erde dem Wachstum von Bevölkerung und Produktion eine Grenze setzt. Wo sie im einzelnen verlaufen wird, werden wir im Laufe der Zeit besser erkennen. Man sollte aber nicht vergessen, daß entscheidende Anstöße zu solchem Denken und zu solchen konkreten Untersuchungen aus der Wissenschaft und Technik selbst gekommen sind. Das Nachdenken über die Grenzen des Machbaren gehört zum technischen Schaffen. Dieser »technokratischen Vernunft« bedarf es bei der Beurteilung des Möglichen und Machbaren.⁵¹

Viel schwieriger ist das Handeln in unseren komplexen Systemen. Wie kann es gelingen, bei knapper werdenden Ressourcen stabile und zugleich menschenwürdige Lebensbedingungen zu sichern? Hier ist der Sinn technischen Handelns in der Gesellschaft zu suchen.

Im Gegensatz zu den beiden Kulturkritiken sollte man von der Hypothese ausgehen, daß es Lösungen des gesellschaftlichen Existenzproblems gibt, die mit sinnvollem technisch-

gesellschaftlichen Handeln verbunden sind. Diese Lösungen lassen sich nicht am Reißbrett konstruieren, weil man gleichsam die Herstellmethoden nicht genügend kennt und beherrscht. Die Mechanismen gesellschaftlichen Handelns sind zu wenig vorhersagbar.

Folglich sollte man im Rahmen der demokratischen Ordnung die Methoden erarbeiten, die die größten Chancen bieten, uns den Lösungen näher zu bringen. Dies ist ein Thema, über das viel geschrieben und diskutiert wird und das hier nicht abgehandelt werden kann. Ausweitung des Individualraumes und Eindämmung ausufernder Bürokratien dürften vor allem wichtig sein. Nur wenige unsystematische Randbemerkungen seien als Abschluß erlaubt, um einige technisch induzierte Probleme und Mechanismen anzudeuten.

1. Neue Tabus

Die erlebten und befürchteten Mißstände und Gefährdungen der Lebenssphäre rufen Abwehrreaktionen hervor. Es bildet sich ein zwar uneinheitlicher, aber wirksamer Bewußtseinsdruck mit einem Minimalkonsens: Bestimmte Auswüchse dürfen nicht sein. Das sind die neuen Tabus.

2. Emotionaler Antrieb und sachliche Lösungen

Der Bewußtseinsdruck liefert energetische Antriebe für politisches Handeln, für die notwendigen Entscheidungen, die Opfer verlangen. Er liefert keine Lösungen. Seine emotionalen Komponenten können diese vielmehr massiv erschweren. Hier wird eine prinzipielle Schwierigkeit sichtbar: die gleichzeitige Notwendigkeit und weitgehende Unverträglichkeit von emotionalen gesellschaftlichen Antrieben und versachlichten Lösungen. Die Konsequenz sollte ein bewußtes »trial and error«-Verfahren sein, das allerdings voraussetzt, daß »error« zulässig ist.

3. Planung und Verwirklichung

Sachliche Lösungen verlangen sorgfältige Planungen. Auch im politisch-gesellschaft-

lichen Bereich weitet sich der konzeptionelle Raum. Die Planung zielt auf Verwirklichung und sollte an ihr kontrolliert werden. Dieser in der Technik selbstverständliche Regelmechanismus wird bei gesellschaftlich-politischen Planungen oft außer Kraft gesetzt, weil die Verwirklichung ohnedies selten planungskonform ist und sich deshalb auch gleich von der Planung lösen kann. Diese wird dann wertlos und entartet zu einem sinnlosen Planungsfetischismus.

4. Person und Institution

Wenn der Mensch nicht im gesellschaftlichen Rollenspiel aufgeben soll, muß Verantwortung von ihm als Person getragen werden, innerhalb des persönlich überschaubaren Bereiches. Die gesellschaftlichen Institutionen tragen ihrerseits die Verantwortung dafür, daß der Individualbereich nicht verschüttet wird. Sie kommen dabei in einen Konflikt mit ihren eignen Zielen, die dazu verführen, die Menschen als Kollektive zu bewerten und das gesellschaftliche Leben nach statistischen Kriterien zu regeln. Dieser Konflikt ist für unsere komplexe Gesellschaft existenziell.

5. Kompetenz des Redens und Könnens

Habermas weist der herrschaftsfreien Diskussion eine maßgebliche Rolle zu, damit der technischen Eigengesetzlichkeit menschlich sinnvolle Handlungsorientierungen gefunden werden. Er postuliert eine kommunikative Kompetenz zur diskursiven Entfaltung von Wahrheit und gesellschaftlichen Normen. Die Diskussion ist aber mit der Technik verschwägert. Es besteht ein Diskussionsbedürfnis wie ein Warenbedürfnis. Die herrschaftsfreie Diskussion ist heute zweifelsohne ein äußerst wichtiges Mittel zur inneren Belebung sozialer Strukturen und zur Handlungsorientierung. Aber es ist nicht bewiesen, daß die Redebegabten und Diskussionskompetenten eine besondere moralische und Wahrheitskompetenz mitbrächten. Andererseits gibt es Kompetenzen des Könnens, des moralischen Handelns und Urteilens, die zur

Erkenntnis und Normenbildung unerläßlich sind und sich nicht auf die Redekompetenz zurückführen lassen.

6. Mensch — Maschine = System

Norbert Wiener sagt in *God & Golem, Inc.*⁵²: »Render unto man the things which are man's and unto the computer the things which are the computer's . . . What we now need is an independent study of systems involving both human and mechanical elements.«

So Erstaunliches der Computer vermag, es wäre unverantwortlich riskant, ihm Entscheidungen zu überlassen, die Sinnerfahrungen, individuelle Beurteilung und persönliche Verantwortung erfordern. Hoffen wir, daß die von Norbert Wiener empfohlene Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik dazu führt, die »Verfremdung« zu mildern. Im übrigen wäre es im Interesse des Sinnverständnisses unserer hochkomplexen technischen Welt höchste Zeit, die beiden Begriffe »Arbeitsteilung und Verfremdung«, die Karl Marx wie ein Prophet des alten Bundes der industriellen Revolution als Erbsünde gepredigt hat, kritisch zu überdenken und zu entmythologisieren.

- 1 Die Stadt Karlsruhe, Festschrift zur Erinnerung an das 200jährige Bestehen der Stadt. C. F. Müller, Karlsruhe 1915, S. 429
- 2 Fr. Schnabel: Deutsche Geschichte im 19. Jh., Bd. 6, Die moderne Technik und die deutsche Industrie. Herder Bücherei, Freiburg 1965, S. 187
- 3 J. Ritter von Baader: Neues System der fortschaffenden Mechanik, München 1822, zitiert aus 8)
- 4 H. Böhme: Industr. Revolution in Revolution und Gesellschaft, Theorie und Praxis d. Systemveränd. Hsg. v. Th. Schieder, Freiburg 1973, Herder, S. 47/63
- 5 A History of Technology, Hsg. Ch. Singer, E. J. Holmyard, A. R. Hall, Tr. J. Williams, Oxford, Clarendon Press, 5 Bände
- 6 A History of Technology, a.a.O., Bd. 4, S. 148
- 7 W. Köllmann: Die industrielle Revolution. Quellen- u. Arbeitshefte z. Geschichte und Politik, Nr. 4231, Klett, Stuttgart 1972
- 8 K. H. Ludwig: Der Aufstieg der Technik im 19. Jh., Quellen- u. Arbeitshefte, Nr. 4271, Klett, Stuttgart S. 84
- 9 Dijksterhuis: Die Mechanisierung des Weltbildes. Springer, Berlin 1956
- 10 J. Szabo: Die Grundlegung der linearen Elastizitätstheorie homogener u. isotroper Körper. Technikgeschichte Bd. 40 (1973) Nr. 4

- 11 C. Matschoß: Große Ingenieure. J. F. Lehmann, München 1954
 - 12 Die berühmten Erfinder, Physiker und Ingenieure. Antis Verlag Deubner u. Co., Köln. Orig. franz.: »Inventeurs Célèbres«, L. Mazenod, Paris, zuerst 1946
 - 13 K. Borchardt: Technikgeschichte im Lichte der Wirtschaftsgeschichte. Technikgeschichte Bd. 34 (1967) Nr. 1
 - 14 Fischers Weltgeschichte Bd. 26: Das Zeitalter der europäischen Revolutionen 1780—1848, 1. Kap. Die industrielle Revolution in England am Ende des 18. Jh. von L. Bergeron, F. Furet, R. Koselleck
 - 15 Enzyklopaedia Britannica
 - 16 F. M. Feldhaus: Die Technik, Lexikon, Heinz Moos Verlag München, 1970
 - 17 W. Cunningham: The Growth of English Industry and Commerce in Modern Times, Bd. 2, Cambridge 1970. Zitiert aus 7)
 - 18 Adam Smith: Untersuchung über das Wesen und die Ursachen des Volkswohlstandes, übers. v. F. Stöpel, Bd. 1 Berlin 1878, s. auch 7)
 - 19 F. Klemm: Technik, Verlag Karl Alber Freiburg/München 1954, S. 289
 - 20 W. Treue: Wirtschaftsgeschichte der Neuzeit, Bd. I, Kröner, Stgt. 1973
 - 21 W. Treue: Die Geschichte des techn. Unterrichts. Festschrift zur 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule Hannover, Hannover 1956
 - 22 F. Schnabel: Die Anfänge des technischen Hochschulwesens. Festschrift anl. des 100jährigen Bestehens der TH Karlsruhe 1925
 - 23 W. Treue: Ingenieur und Erfinder. Zwei sozial- u. technikgeschichtl. Probleme
 - 24 G. Meißner: Theorie u. Bau d. Turbinen- u. Wasserräder. Jena, H. Costenoble, 1880
 - 25 F. Grasshof: Redtenbachers Wirken zur wissenschaftl. Ausbildg. d. Maschinenbaus, Festschrift zur Enthüllg. des Denkmals v. Ferdin. Redtenbacher. Verlag Bassermann, Heidelberg 1866
 - 26 Th. Goebel: Friedrich König und die Erfindung der Schnellpresse. Stuttgart Gebr. Kröner, 1883, S. 173
 - 27 W. Fairbairn: Treatise on Mills and Millwork. London 1861, zit. aus 19), S. 238/39
 - 28 Die Techn. Hochsch. Braunschweig, i. Auftr. d. Senats der Carola-Wilhelma. Herausgeg. v. W. Schneider, Länderdienst-Verlag 1963, Berlin/Basel
 - 29 O. Lehmann: Geschichte des Physikal. Instituts. Festgabe d. Techn. Hochsch. z. Jubiläum d. 40jährigen Regierung des Großherzogs Friedr. v. Baden, Karlsruhe 1892
 - 30 Badische Biographien 1 (1875), 460—62
 - 31 Rudolf Redtenbacher: Ferd. Redtenbacher, Biographische Skizze anläßl. des 70. Geburtstages von F. Redtenbacher, München, Verl. Bassermann, 1879
 - 32 F. Redtenbacher: Gesetze des Lokomotivbaus, Mannheim 1855
 - 33 Festschrift anläßlich des 100. Geburtstages von F. Redtenbacher, G. Braun, Karlsruhe 1909
 - 34 Carl Benz: Lebensfahrt eines deutschen Erfinders. V. Hase u. Kochler Leipzig, 1940
 - 35 K. H. Manegold: Universität, Techn. Hochschule u. Industrie. Drucker u. Humblot, Berlin 1970
 - 36 A. Hertwig: Der geistige Wandel der Techn. Hochschulen in d. letzten 100 Jahren u. ihre Zukunft. Deutsches Museum, Abh. u. Ber., Oldenbourg, Mü. 1950
 - 37 K. H. Manegold: Techn. Forschung u. Promotionsrecht. Technikgeschichte. Bd. 36 (1969), Nr. 4, S. 291/300
 - 38 W. v. Siemens: Lebenserinnerungen. Prestel Verlag München 1966
 - 39 E. Arnold: Die Entwicklung der Elektrotechnik in Deutschland. Festrede Karlsruhe, W. Jahraus, 1899
 - 40 J. Körting: Geschichte d. Gewerbeförderung i. Baden bis 1933. Hsg. v. Landesgewerbeamt. Verl. O. Borenz, Karlsruhe 1965
 - 41 W. Fischer: Der Staat u. d. Anfänge der Industrialisierung i. Baden 1800—1850. Drucker u. Humblot Berlin 1962
 - 42 N. Luhmann: Sinn als Grundbegriff der Soziologie — in Habermas/Luhmann Theorie der Gesellschaft oder Sozialtheorie — Suhrkamp Theoriediskussion 1971, s. S. 32
 - 43 J. Habermas: Technik u. Wissenschaft als Ideologie. edition Suhrkamp 287 4. Aufl., Frankfurt 1970
 - 44 R. Bacon: Opera, Ausg. v. Brewer, London 1859 S. 533, zitiert aus 16)
 - 45 W. Bade: Das Auto erobert die Welt. Zeitgeschichte — Verlag W. Andermann Berlin 1938
 - 46 H. Kern u. M. Schumann: Industriearbeit u. Arbeiterbewußtsein. 8. Bd. d. RKW Forschungsprojektes »Wirtschaftliche und soziale Aspekte d. technischen Wandels i. d. Bundesrep. Deutschl.« Europ. Verlagsanst. Frankfurt 1970
 - 47 G. Hortleder: Der Ingenieur und die Revolution. Merkur Okt. 73, 920—932
 - 48 G. Hortleder: Das Gesellschaftsbild d. Ingenieurs. Zum polit. Verhalten d. technischen Intelligenz i. Deutschland. ed. Suhrkamp 394, Frankfurt 1970
 - 49 G. Goldbeck: Technik als geistige Bewegung i. d. Anfängen d. deutschen Industriestaates. VDI-Verlag Düsseldorf 1968
 - 50 H. Freyer: Theorie d. gegenwärt. Zeitalters. Dt. Verlagsanstalt Stgt. 1955 u. 1967
 - 51 H. Rumpf: Über die Verantwortung für die Zukunft im technischen Zeitalter. ETH-Symposium Zürich 12.—15. November 1973 »Technik für oder gegen den Menschen« — erscheint demnächst.
 - 52 N. Wiener: God & Golem, Inc. MIT Press Cambridge Mass. 1964
- Quellenhinweise zu den Abbildungen
- Abb. 1: Richard von Helmholtz, Die historischen Lokomotiven der Badischen Staatseisenbahnen, Text und Tafeln, Karlsruhe 1936
- Abb. 2, 5 und 7: F. Klemm, Technik. Eine Geschichte ihrer Probleme. Freiburg/München 1954
- Abb. 3, 4, 13, 15: Deutsches Museum München
- Abb. 6 und 18: eigene Darstellungen
- Abb. 8: E. Fiebig Katalog der Ausstellung »Naivität der Maschine« Biermann + Boukes
- Abb. 9: The science Museum South Kensington London, SW 7 2 DD
- Abb. 10, 14 und 17: A History of Technology, Vol. III, IV, V. Oxford 1958
- Abb. 11: G. Meißner, Theorie und Bau der Turbinen und Wasserräder. Jena 1880
- Abb. 12 Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences des Arts et des Métiers. Paris 1751—1780 Verlag?
- Abb. 16: Aus W. Fischer: Der Staat und die Anfänge der Industrialisierung in Baden. Band 1 Dunker und Humblot, Berlin 1962

Der Bildungswert der Naturwissenschaften

von Wolfgang Ruppel

75

1. Einleitung

Unsere Universität feiert ein Jubiläum. Neben dem Blick auf das Erreichte ist es für den akademischen Jubilar auch ein Anlaß zur Besinnung, die Aufgabe, die Bestimmung, den Zweck der Universität, und zwar den einer technisch-naturwissenschaftlichen, wie man heute sagt, zu »hinterfragen«.

Man muß nicht lange hinterfragen, bis man auf das Wort »Bildung« stößt. Die Universität vermittelt Bildung, sie ist eine Stätte der Bildung. Alle Gesetze und Ordnungen, die die Universität betreffen, sprechen in ihren Präambeln und ersten programmatischen Paragraphen von der Bildung als Aufgabe der Universität, meist in irgendeinem der Komposita Ausbildung, Fortbildung, Weiterbildung. Das ist bei der Grundordnung so, ebenso wie beim Hochschulgesetz und jedem Entwurf zum Hochschulrahmengesetz.

Nicht umsonst tritt die Bildung, wo sie zu konkreter Aufgabe wird, in Komposita auf. Natürlich müssen »Bildungsstätten« ausbilden, heranbilden, fortbilden, weiterbilden. Die konkreten Probleme sind darum, in welchen Formen das am besten geschieht, etwa in denen der Gesamtschule oder Gesamthochschule. Daran aber, und daran geknüpft, hängen die komplizierten und vielfältigen Probleme der Lehrinhalte, Studiengänge, Curricula, die den akademischen Alltag heute mit bestimmen. Davon sei hier nicht die Rede, sondern von dem Gemeinsamen aller Aus-, Heran-, Fort- und Weiterbildung, nämlich der Bildung. Von ihr ist in Gesetzen, Erlassen und Ordnungen bezeichnenderweise wenig zu lesen. Sie tritt allerdings sicher auf, wenn der politische Aspekt aller Ausbildungsprobleme zutage tritt, etwa in der Forderung des »Rechts des Bürgers auf Bildung«. Daß die Bildung hier in den politischen Alltag gestellt wird, ist nur insofern neu, als sie als Forderung auftritt. So abstrakt und zugleich verschwommen sich nämlich der Begriff der

Bildung dem Zugriff des Denkens entzieht, so konkret und wirksam bestimmt er als »der Gebildete« unsere gesellschaftliche Wirklichkeit. Bildung ist Waffe im Daseinskampf. Der Bundesminister für Bildung und Wissenschaft bezeichnete in einer Rede Bildungsfragen als Machtfragen, Interessenfragen, Klassenfragen. Bildung gibt die Möglichkeit zur Einordnung dort, wo man seine Intentionen am besten verwirklichen zu können glaubt, da sie den Schlüssel zum Begreifen der Umwelt gibt. Der gebildete Mensch ist der geprägte Mensch, und zwar gemäß den Vorstellungen der jeweiligen Epoche. Der Prägestempel für die großen Münzen ist die Universität, und ein Jubiläum mag Anlaß sein, über den Wert der Währung »Bildung« nachzudenken. Soll die Universität sie hüten? Ist sie nur noch Spielgeld in Heiratssuchanzeigen? Zahlt sich Bildung noch anders aus als im Ansehen der Umwelt? Ist Bildung noch verwandt mit Harmonie, gibt es ein »Glück der Erkenntnis«, oder ist das alles überholtes Gerede?

Dabei muß man vorsichtig sein bei allen vordergründigen und üblichen Behauptungen über den Wert der Bildung. Bildung ist ein Privileg, und wie jedes Privileg wird auch dieses von seinen Besitzern hartnäckig verteidigt, und zwar am wirksamsten mit den von der Gesellschaft erfahrungsgemäß als »sachlich« akzeptierten Argumenten. Alle Diskussionen um Ausbildungsfragen in der Öffentlichkeit machen das deutlich. Sie werden vorgegebenermaßen »sachlich« geführt, aber die Sache ist oft nur Vor-Wand, wohinter sich die wahren Wünsche, Ängste, Befürchtungen, Beklemmungen und Sehnsüchte verbergen. Alles das, was hinter der Wand steht, wenn wir über Bildung reden, braucht uns nicht bewußt zu sein, es ist aber darum nicht weniger wirksam. Ein akademisches Jubiläum mag die Gelegenheit geben zu versuchen, beim Nachdenken über die Universität ein wenig hinter diese Wand zu blicken, sich etwas von den Zusammenhängen zu ver-

gegenwärtigen, die im täglichen Getriebe gerne überspielt werden.

Dabei geht es uns hier nur um die Naturwissenschaft, aber nicht um deren Inhalt, Wichtigkeit und Bedeutung für unser Leben heute. Die sind bekannt und einer Universität der Struktur einer ehemaligen Technischen Hochschule nicht nur an ihrem Jubiläumstag bewußt. Es geht hier vielmehr um das Verhältnis der Naturwissenschaft zu jenem merkwürdigen Agens »Bildung«, das heute wie eh und je Akzente und Werte in unserem Leben setzt. Das Verhältnis ist dabei auch heute nicht einfach von Vernunft und Einsicht bestimmt, auch nicht durch die Bedeutung der Naturwissenschaft, sondern es ist kompliziert, ja verkrampft und affektbeladen. Um es zu verstehen, muß man zunächst einen Blick in die Geschichte tun; denn unser wertendes Verhältnis zur Wissenschaft, unser Maß an Bereitschaft, der Wissenschaft, also auch der Naturwissenschaft, Bildungswert zuzuerkennen, ist historisch gewachsen und bedingt. Um unsere Gegenwart zu verstehen, nur allein mit ihrem Problem der Gesamthochschule und dem Zustrom auf die Universitäten, kommt man nicht viel weiter, wenn man nicht nach den Wertvorstellungen und damit nach dem Prestige fragt, das die Gesellschaft der Bildung und den sie verkörpernden Institutionen beimißt. Die Gestaltung unserer Zukunft ist ein rationales Problem erst dann, wenn alle Wertvorstellungen von der Bildung, so wie sie gewachsen und überkommen sind, von der überlegenden Ratio erkannt und ergriffen werden. Mancher Schritt etwa zur Entlastung des Zustroms an die Universitäten, sei es die Gründung von Akademieringen oder die Änderung der Zugangsvoraussetzungen zu den Fachhochschulen, macht die Rechnung ohne den Wirt, weil er einer zu vordergründigen Rationalität aufsitzt. Die Naturwissenschaften machen es uns dabei nicht leichter als die Geistes- und Sozialwissenschaften. Ihr Objekt, die Natur, ist zwar wertfrei, ihre Ausübung jedoch geschieht durch den

Menschen. Die Gesellschaft erkennt ihr einen Bildungswert und damit einen gesellschaftlichen Stellenwert zu, der den praktischen Nutzen der Naturwissenschaft und ihre Bedeutung für die heutige Zivilisation mitunter sehr merkwürdig abwägt.

Der Bildungswert der Naturwissenschaft werde in den Betrachtungen dieses Aufsatzes an der Physik exemplifiziert. Der Leser sehe dem Autor diese Einseitigkeit und Beschränkung nach; der Autor ist Physiker. Titel und Anspruch dieses Aufsatzes mögen trotzdem gerechtfertigt bleiben. Die Situation ist, was den Bildungswert betrifft, wohl in den einzelnen Naturwissenschaften ähnlich. Beispiele, aber auch Gegenbeispiele aus anderen Naturwissenschaften als der Physik werden dem Leser bei der Lektüre ebenso in den Kopf kommen wie Einschränkung und Widerspruch zu den hier geäußerten Gedanken. Zustimmung wie Widerspruch erfüllen dabei beide die Absicht dieses Aufsatzes, nämlich am Jubiläum einer Universität anzuregen zum Nachdenken über den Wert der Nahrung Bildung, die die Alma mater heute wie ehedem ihren Alumnus spendet.

2. Rückblick

2. 1. Tiefe Wurzeln

Die heutigen Vorstellungen über den Bildungswert der Naturwissenschaften sind nur aus der Geschichte und Überlieferung zu verstehen. Auf »Sachzwänge« wie auf die aus Wandlungen der technischen Umwelt entstehenden Bildungsnotwendigkeiten reagiert der Mensch nur mit großem Beharrungsvermögen. Änderungen der Bildungsbewertung in Zeiträumen, die kleiner sind als der einer Generationendauer des Menschen, sind ihm schon ganz zuwider. So leben wir in unserer technischen Umwelt in einem gesellschaftlichen Rahmen, der lange vor ihr gefertigt ist.

Bis an unsere Tage heran ist Bildung diktiert von »Humanisten«. Man mag über die »Wiege des Abendlandes« als Klischee lächeln, die Struktur unseres Schulunterrichts, vor allem dessen an höheren Schulen und damit eben unserer Anforderung an Bildung, sind davon geprägt. Die zentrale Rolle in der formalen Bildung gehört selbst heute kaum der Mathematik oder den Naturwissenschaften, sondern den alten Sprachen, vor allem dem Latein. Nicht nur die römischen Schriftsteller wären wohl über die Bildungsrolle erstaunt, die sie bei der Jugend Germaniens Jahrtausende später zu spielen haben, selbst auch Erasmus hat Latein nicht als Bildungswerkzeug, sondern vor allem als Verständigungsmittel der Wissenschaft, also als Sprache, so wie heute Englisch diese Funktion übernommen hat, gesehen. Wer in die Akademie, etwa zu Platon, eintreten wollte, der, so stand über dem Eingangstor zu lesen, dürfe nur eintreten, wenn er der Geometrie kundig sei. Ist an diesem Satz heute wirklich nur noch die Grammatik bemerkenswert?

Die Bedeutung der Mathematik war den Griechen von den Ägyptern überkommen, denen die Geometrie zur Landvermessung und die Astronomie zur Aufstellung von Kalendern gedient hatte. Die Physik hat die Griechen stärker als Ausdruck mathematischer Harmonie und Ordnung in der Natur interessiert als in ihren Möglichkeiten zur Anwendung und womöglich Konstruktion von Maschinen; billige Maschinen hatte man in Sklaven und Kriegsgefangenen. Die mathematische Harmonie der Welt zeigte sich der pythagoräischen Schule in den Verhältnissen kleiner ganzer Zahlen der Frequenzen bei harmonischen Klängen schwingender Saiten. Platon sah die Planetenbahnen auf den Kugelflächen, die den von regelmäßigen Vielecken begrenzten Körpern einbeschrieben und umbeschrieben waren. Das physikalische Wissen der Griechen wurde zusammengefaßt von Aristoteles unter systematischer Unterscheidung himmlischer und irdischer Vorgänge.

Die aristotelische Scheidung in himmlische und irdische Mechanik lebte im Christentum bis übers Mittelalter hinaus fort. Ihre Überwindung kam erst durch Newtons allgemeines Gravitationsgesetz. Die aristotelische irdische Mechanik fand ihre christliche Entsprechung in der von Gott abgefallenen geschaffenen Schöpfung. Der Mensch, für den Bildung in Bindung, nämlich Religion, mündet, wird sich damit von der Natur als Schöpfung abwenden. Der Drang, die Natur doch noch als von Gott erfüllt zu empfinden, der Panentheismus, ist als Ketzerei honoriert worden.

»Natur und Geist — so spricht man nicht zu Christen.

Deshalb verbrennt man Atheisten,
Weil solche Reden höchst gefährlich sind.

Natur ist Sünde, Geist ist Teufel,
Sie hegen zwischen sich den Zweifel
Ihr mißgestaltet Zwitterkind«

verkündet der Kanzler in der Kaiserlichen Pfalz
zu Beginn des zweiten Teils des Faust.

Naturwissenschaft und die Möglichkeit zu ihr ist auf die Neuzeit in doppelter Schale eingeschlossen gekommen: einmal eingeschlossen in die Philosophie, und diese wieder nur als philosophia ancilla theologiae. Der erste Emanzipationsprozeß war der der Philosophie aus der Theologie. Er ist abgeschlossen, und die Naturwissenschaften können heute frei, ohne philosophische Eierschalen, ein neues Gespräch mit ihrer alten Einhüllenden, der Theologie, beginnen.

2. 2. Emanzipation aus der Philosophie

Die Emanzipation der Naturwissenschaft aus der Philosophie ist im wesentlichen im 19. Jahrhundert geleistet worden. Die Bildungsfolgen des Einschlusses der Naturwissenschaft in die Philosophie wirken sich allerdings noch heute stark aus. Wir werden darauf im folgenden Ab-

schnitt näher eingehen. Hier interessiert uns der historische Vorgang des Durchbruchs des heutigen Charakters der Naturwissenschaft im vorigen Jahrhundert. Sicher wird zu Recht die Entstehung der exakten Naturwissenschaften lange vor das 19. Jahrhundert datiert, etwa mit Galilei identifiziert. Das ist völlig in Ordnung bei allem Vorbehalt, den man bei einer gerechten historischen Betrachtungsweise dem einsamen Herausstreichen einzelner Namen machen muß. Noch in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts gehört aber auf der anderen Seite die bekannte Anekdote über Hegel, der auch die Physik aus philosophischer Höhe deduzierte, über seine Reaktion auf die Entdeckung des Planeten Neptun durch Leverrier und Adams. Neptun war der achte bekannte Planet; in Hegels System hatten jedoch nur sieben Platz. Einen Blick durchs Fernrohr auf Neptun, weil die Existenz dieses Planeten einfach beobachtete Tatsache sei, im Gegensatz zu den aus seinem System deduzierten Folgerungen, verweigerte Hegel mit der Bemerkung: »Um so schlimmer für die Tatsachen«.

Der gewaltigste Triumph der empirischen Naturwissenschaft war zweifellos an der Wende zum 20. Jahrhundert Einsteins Erkenntnis, daß Raum und Zeit keine absoluten Begriffe sind, also nicht a priori vor aller empirischen Naturerkenntnis stehen. Für Newton — bei ihm sieht man es in der Formulierung physikalischer Gesetze am deutlichsten — ist zunächst der Raum da, der »absolute Raum«, und alle Dinge befinden sich in ihm. Der Raum ist das Innere des großen Kastens »Welt«, in dem sich das Weltgeschehen abspielt. Raum ist für ihn, und das ist das Wesentliche, denkbar auch ohne alle Gegenstände und Objekte der physikalischen Beschreibung. Diese Auffassung wurde über die englischen Empiristen bis zu Kant hin philosophisch präzisiert, bei dem Raum und Zeit als »Anschauungsformen a priori« erscheinen. Durch Einstein wissen wir jedoch, daß sie das nicht sind. Die Struktur des Raumes, also seine

Geometrie, seine »Metrik«, ist vielmehr durch die Verteilung der physikalischen Größen Energie und Impuls festgelegt. Das Erfahrungsobjekt »Raum« und das physikalische System »Feld« sind ein und dasselbe. Einfacher gesprochen, wo keine Energie ist, dort ist auch kein Raum. In direktem Bezug auf Newtons und Kants Begriffe heißt das, daß es einen absoluten Raum nicht gibt und daß ebenso eine a priori-Anschauung des Raumes eine Illusion ist, solange sie sich — und nur davon können wir reden — bezieht auf »die Welt, in der wir leben«. Das tut der Größe weder von Newton noch von Kant Abbruch, aber es zeigt das ganze Ausmaß der Aussagekraft naturwissenschaftlicher Empirie. Es steht nämlich nicht einfach Aussage gegen Aussage, sondern durch merkwürdige und höchst unanschauliche Meßergebnisse gesicherte Erfahrung steht gegen eine scheinbar offenkundige und auch durch Gewöhnung vertraut gewordene Vorstellung.

Das 19. Jahrhundert gibt den Schlüssel zum Selbstverständnis der heutigen Naturwissenschaft, also auch zu ihrer eigenen Vorstellung ihres Bildungswertes. Die Naturwissenschaft wird geboren von der Magd Philosophie, zu deren und derer Herrin Mißvergnügen allerdings ein zu gesundes selbstbewußtes Kind. An den Universitäten beanspruchen die Naturwissenschaften bald eine fünfte, eigene Fakultät. Aber auch mit der Technik schließen sie schnell Freundschaft. Und wenn beispielsweise bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts Dampfmaschinen, auch von James Watt, ungetrübt von jeder im heutigen Sinne wissenschaftlichen Einsicht konstruiert und gebaut wurden, so ändert sich das plötzlich. Zwar blieben die schon um 1820 von Carnot gewonnenen Erkenntnisse über Jahrzehnte kaum beachtet, aber die Entdeckung des ersten und zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik und die Schaffung des Begriffs der Entropie führten wesentlich mit zu dem bekannten Aufschwung des Maschinenbaus und mit ihm zu dem Anbruch

des technischen Zeitalters. Die Naturwissenschaften finden ihren festen Platz auch in den Technischen Hochschulen, deren älteste in Deutschland ja bereits vor 150 Jahren, also 1825, in Karlsruhe gegründet worden war.

Der Emanzipation aus der Philosophie folgt schnell ein Auftrumpfen der Naturwissenschaften. Man sehe einmal wieder in Ernst Haeckels »Welträtsel«, die den erwachenden Bildungsanspruch der Naturwissenschaften wie kaum ein anderes Werk demonstrieren. Das Buch ist zwar durch viele Auflagen bis an die Zeit des ersten Weltkrieges ein Bestseller, aber sein Anspruch, daß nun die Naturwissenschaften und nicht mehr Theologie und Philosophie die Antworten oder Antwortversuche auf die »Welträtsel« zu geben hätten, wird vom lesenden Bildungsbürger als Gebaren eines Parvenus empfunden. Doch die Erfolge von Naturwissenschaft und Technik sind unübersehbar. Auch auf akademischem Terrain gewinnen sie an Boden. Zu Ende des vorigen Jahrhunderts erhält unser Jubilar das Promotionsrecht, allerdings, wie Herr Stössel in seinem Artikel über die Fakultät für Physik zum Jubiläum berichtet, zunächst nur für die Ingenieurdisziplinen und nicht für die Naturwissenschaften. Die Entwicklung ist begünstigt durch so kleine glückliche Umstände wie etwa den, daß S. M. die Forscheit hat, sich für die jüngst erfundene drahtlose Telegraphie zu interessieren. Doch ganz reibungslos geht die Entwicklung nicht voran. Hier in Baden weiß man sich zu erinnern, daß Ordinarien der philosophischen Fakultät der Universität Heidelberg sich geweigert haben sollen, in einem Cortège ihren Platz einzunehmen neben »Kollegen aus Karlsruhe, die Vorlesungen halten über den Bau von Lokomotiven«.

Als Reaktion auf den Bildungsanspruch der Naturwissenschaften sticht man gern mit der Bezeichnung »Banause« zurück, einem Begriff, der zu Anfang des 19. Jahrhunderts aus dem griechischen Wort für Handwerker geschaffen

worden war. Sachlich ist gegenüber dem Bildungsanspruch der Naturwissenschaften im wesentlichen nur Ratlosigkeit verbreitet. Die Naturwissenschaften sind schwer zu erlernen und schwer zu verstehen. Ihr Erfolg wirkt sich in der Technik aus; aber haben sie darum Bildungswert? Heinrich Mann fängt in seinem »Untertan« die Hilflosigkeit des Bürgertums in wenigen Worten ein. Ein Student wird von einer Tante seiner Braut gefragt: »Was studieren Sie denn, junger Mann?« »Physik«. »Ach so, Chemie«. »Nein, Physik«. »Ach so«. — Diese kleine Szene spielte also um die Jahrhundertwende. Liegt sie wirklich schon so weit zurück? Ist die Situation heute so ganz anders?

3. Gegenwärtige Situation

3. 1. Der Bildungswert der Naturwissenschaft In Staat und öffentlichem Leben

Naturwissenschaftler haben es immer schmerzlich empfunden, daß ihrer Wissenschaft nicht der gleiche Bildungswert wie den Geisteswissenschaften, der Literatur und den schönen Künsten beigemessen wird, mag ihre Bedeutung für unser Leben und unsere Zivilisation, ja auch ihr Beitrag zu unserer Kultur sein, wie sie wollen. Es ist zwar ein Klischee, aber es ist einfach so, daß »ein gebildeter Mensch« zwar nicht zu wissen braucht, woraus das Salz auf seinem Tisch besteht, daß er aber gut daran tut, sich in einer Unterhaltung über die Dramen unserer Klassiker zurückzuhalten, wenn er zu Verwechslungen der Autoren neigt. Gute Leistungen in den naturwissenschaftlichen Fächern der Schule oder überhaupt Interesse für Naturwissenschaft werden von der gebildeten Gesellschaft gern in erster Linie nicht mit Intelligenz in Verbindung gebracht, sondern lieber mit einer »naturwissenschaftlichen Begabung«. Die Erwähnung von Begabung hat hierbei vor allem den Unterton, daß sie nicht billigerweise bei jedem Gebildeten erwartet werden könne.

Unser öffentliches Leben kennt kaum eine andere Bewertung der naturwissenschaftlichen Bildung, als sie die gebildete Gesellschaft nun seit gut hundert Jahren, also seit dem Aufschwung der Naturwissenschaften, stets gehabt hat. Immerhin geht Unruhe durch die Naturwissenschaftler, wenn, wie vor einigen Jahren in den »Saarbrückener Rahmenvereinbarungen« der Kultusminister, der naturwissenschaftliche Unterricht an den höheren Schulen reduziert wird. Man bemerkt dann, nicht ganz ohne vorwurfsvollen Unterton, daß alle Kultusminister Juristen, Philologen oder Theologen seien. In der Tat ist in allen Ländern der Bundesrepublik meines Wissens seit ihrem Bestehen wohl erst einmal ein Naturwissenschaftler für kurze Zeit Kultusminister gewesen, der Schulsenator Evers in Berlin.

Ist diese Situation des Bildungswerts der Naturwissenschaft auf unser Land begrenzt, oder ist sie ein allgemeines Phänomen aller zivilisierten Länder? Ein Land, in dem Technik, Naturwissenschaft, Gesellschaft und Bildung sicher eine ganz andere Entwicklung genommen haben, ist Rußland. Zu unserem Thema gibt einen bemerkenswerten Hinweis die geradezu hysterische Verzückung, in die die Menge dort beim erfolgreichen Abschluß des ersten Erdsatelliten »Sputnik« geriet. War das atheistischer Religionsersatz, so wie es die dumme Bemerkung eines späteren sowjetischen Astronauten, er habe bei seinem Flug von der Erde fort im Weltraum keinen Gott angetroffen, nahelegt anzunehmen? Eine sowjetische Kollegin hat mir eine klügere Auskunft gegeben: Hier wurde das erste Mal vor den Augen der ganzen Welt demonstriert, daß die Sowjetunion eine technische Leistung vollbracht hatte, die keinem anderen Land, allen voran den Vereinigten Staaten, trotz aller Anstrengung gelungen war. Ein Volk, das durch Jahrhunderte hindurch in seiner zivilisatorischen Entwicklung hinter den westlichen Ländern hinterhergehinkt war, auch entsprechend

von ihnen angesehen war und sich schließlich selbst so eingeschätzt hatte, erlebte seinen größten technisch-zivilisatorischen Triumph. Technik und Naturwissenschaft dienen hier nationaler Selbstbestätigung. Die hohe Bildungsbewertung, die die Naturwissenschaft in der Sowjetunion genießt, ist in erster Linie aus dieser Zuordnung und der zu den großen technischen nationalen Aufgaben des Landes zu verstehen, verbunden mit einer bewußten Lösung von der Vergangenheit, die unser Bildungsverständnis bestimmt.

Der Sputnik hatte übrigens eine unmittelbare Auswirkung auf die in Bildungsdingen ohnehin pragmatischen Vereinigten Staaten: Man wurde sich jäh der nationalen Folgen der nicht im gleichen Maß wie in der Sowjetunion forcierten naturwissenschaftlichen Ausbildung, besonders der Physik, bewußt. Den größten Physikern des Landes wurde nahegelegt, sich um eine Verbesserung der physikalischen Ausbildung der Schüler und Studenten zu kümmern. Es entstanden die »Feynman Lectures on Physics«, der »Berkeley Physics Course« bis heute hin zum »Physical Science Study Committee« für höhere Schulen.

Für unser Land hatten auch schon die Explosion der Atombomben und die Erfindung des Radar im Krieg demonstriert, wie die Physik auf unerwartete Weise ihren Elfenbeinturm verlassen hatte. Die Physik war plötzlich nicht länger nur, wie in Sonntagsreden apostrophiert, »die Grundlage der Technik von morgen«, sondern unmittelbare und zwar möglicherweise sogar bedrohliche Gegenwart. Mit einem Mal war viel von der öffentlichen Verantwortung der Naturwissenschaftler die Rede, und in Theaterstücken erschauerte man bei der Vision, daß dämonische Physiker den Erdball zerplatzen lassen könnten.

Bei Zähmung der in der Atombombe frei werdenden Energie taten sich neue großartige Möglichkeiten für die Energieversorgung aus der Kernenergie auf. Die Bundesrepublik

schaffte sich ein eigenes Atomministerium, das heutige Ministerium für Forschung und Technologie. Es entstanden große Kernforschungszentren wie hier in Karlsruhe. Die riesigen Teilchenbeschleuniger, die in Europa wie in den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion entstanden, wurden schnell zu den »Kathedralen unseres Jahrhunderts«. Dieser Vergleich will erstens einmal einfach den in diese Experimentieranlagen investierten Aufwand illustrieren. Zweitens aber entbehrt er nicht der Ironie. Es klingt der Verdacht der Nutzlosigkeit da an, wo das »Ad maiorem Dei gloriam« des Kathedralenbaus nicht mehr glaubhaft ist. Und nicht weit davon ist eine gewisse Wehmut angesiedelt angesichts dessen, wie leicht ein riesenhafter Aufwand getrieben wird, wenn er nur von den dringenden Problemen des Lebens hinreichend losgelöst ist. Ein wenig davon mag der große Teil der heranwachsenden Jugend empfinden, der sich anstatt der Naturwissenschaft und Technik lieber pädagogischen und sozialen Berufen und damit dem Menschen zuwenden will.

3. 2. *Bildung und Gesellschaft*

Fragt man nach dem Bildungswert der Naturwissenschaften, so darf man, um seine Möglichkeiten gerecht abzuschätzen, nicht nur fragen, wie es heute tatsächlich mit ihm steht und wie es voraussichtlich in der Zukunft aussehen wird. Man muß sich vielmehr auch die Möglichkeiten vor Augen halten, die die Natur für den Menschen, der sich mit ihr beschäftigt, als Bildungswert immer bereitgehalten hat, Chancen, die aber bisher nicht genutzt sind, aber ja vielleicht noch einmal genutzt werden können, so daß erst dann die Möglichkeiten des Bildungswerts der Naturwissenschaften wirklich ausgeschöpft werden.

Diese für die Naturwissenschaften typischen Möglichkeiten ihres Bildungswertes liegen im unvoreingenommenen Herantreten an die Natur,

also in einem Forschen, das nur auf Einsichtsfähigkeit baut, empirisch vorgeht, nicht dogmatisch gebunden ist. Es kommt bei den Naturwissenschaften weniger auf angelerntes Wissen an als auf die Fähigkeit, Einsichten begrifflich zu fixieren. Selbständigkeit sollte daher mehr gefragt sein als blinde Ergebenheit in Autoritäten oder Berufung auf sie. Kritikfähigkeit ist ebenso wertvolle Voraussetzung zu naturwissenschaftlicher Forschung, wie sie als Bildungswert eine willkommene Konsequenz der Beschäftigung mit den Naturgesetzen ist.

Die genannten Attribute kommen den Naturwissenschaften in höherem Maße zu als anderen Wissenschaften. Das wurde schon im vorigen Jahrhundert klar. Sie hätten einen ganzen Umsturz der überkommenen Bildungswerte oder wenigstens eine Revision von ihnen auslösen können. Sie ist ausgeblieben. Es finden sich nur einige dieser Einsichten in harmloser Verpackung. So werden darin die Naturwissenschaften als nomothetisch bezeichnet, die Geisteswissenschaften dagegen als ideographisch. Auch hat sich bis heute in den Naturwissenschaften eine oft ganz irreführende Klassifizierung in induktives und deduktives wissenschaftliches Vorgehen erhalten, die verkennet, daß empirische Wissenschaften, wie eben Naturwissenschaften, grundsätzlich Neues niemals auf deduktivem Wege erhalten können. Was die eigentlichen Bildungswerte der Naturwissenschaften angeht, so begnügt man sich weitgehend mit der Hoffnung, der Umgang mit der »unbestechlichen Natur« werde den Menschen ehrlicher machen. Enttäuschungen an dieser hohen Erwartung kennt wohl jeder.

Die Naturwissenschaften, die sich ja dem Studium der Struktur und der Vorgänge in der belebten und unbelebten Natur widmen, hatten zunächst das Verhalten des Menschen von ihren Betrachtungen ausgenommen. Man fragte noch vor hundert Jahren nicht, wie sich das sicherlich interessanteste Objekt der Forschung, der Mensch, eigentlich verhält, was

ihn zu seinem tagtäglichen Tun und Treiben veranlaßt, motiviert, anregt. Man fragte also nicht, wie es Wissenschaft tun sollte, wie der Mensch sich wirklich verhält, sondern es interessierte nur, wie er sich verhalten soll. Die Fragestellung war normativ, und Antwort gab daher nicht die Wissenschaft, sondern gaben Moralthologie und Ethik. Es ist immerhin eine gewisse mit den Naturwissenschaften aufkommende Wandlung des Bildungswertes, die ganz langsam auch die Frage nach dem Menschen, wie er ist, und nicht nur, wie er sein soll, aufkommen läßt. Der erste große Schritt auf diesem Wege war die Psychoanalyse und die Einsichten, die ihr zugrunde liegen. Späte Früchte sind die Ergebnisse der Verhaltens-, Konflikts-, Aggressions- und Friedensforschung, in die wir heute unsere Hoffnungen auf die Zukunft des Menschen in seinem Sozialverhalten setzen.

Warum ist aber die mit dem Aufkommen der Naturwissenschaften gegebene Chance, daß geistige Selbständigkeit, Kritikfähigkeit, Einsichtsfähigkeit aus selbst gewonnenen und kombinierten Beobachtungen zu neuen Bildungswerten werden, im wesentlichen ungenutzt geblieben? Dazu muß man sich vor Augen halten, daß Bildungswerte eben nicht in erster Linie durch das Aufkommen und Absterben von Wissenschaften verändert werden. Wie Bildung bewertet wird, ist vielmehr ein eminent gesellschaftliches Problem. Mit der Bildung erwirbt man sich Ansehen und Anrechte in der Gesellschaft. Ausmaß und Art der Gebildetheit läßt ferner Herkunft, Erziehung, Sitte und Moral erkennen. Sie erlaubt, im anderen den Verwandten oder den Fremden zu erkennen, ihn nach Stand und Rang einzuordnen. Sie hilft, seinesgleichen unter jeden Umständen zu finden, und sie ermöglicht auf der anderen Seite, als derjenige erkannt zu werden, zu dem man sich »gebildet« hat. Diese Funktion der Möglichkeit zur Identifizierung des Menschen in den unübersehbaren Ausprägungsformen gesell-

schaftlichen Lebens hat immer und in allen Kulturen die Bildung gehabt. Warum sollte nicht auch die Naturwissenschaft hier ihren Platz finden? Das hieße aber, daß alle die Einsichten, die uns die Beschäftigung mit der Natur gibt, nur Wert gewinnen, indem sie zur gesellschaftlichen Funktion der Bildung beitragen. Wenn das so ist, dann ist in der Tat der Bildungswert der Naturwissenschaften nicht etwas Besonderes, nicht etwas von dem der Geisteswissenschaften, Literatur und Kunst Abgehobenes. Naturwissenschaftliches Wissen tritt einfach neben geisteswissenschaftliches Wissen; das Aufkommen der Naturwissenschaften verändert nichts an den Bildungswerten, so wie sie die Gesellschaft kennt.

Es nimmt danach nicht wunder, daß die Naturwissenschaften die Rolle der Bildung und ihre Bedeutung in unserer Gesellschaft nie ernsthaft in Frage gestellt haben. Die Naturwissenschaften wurden vielmehr schnell an das gesellschaftliche Funktionsschema der Bildung angepaßt; sie wurden »integriert«. Wir haben uns daran gewöhnt, daß es schon einigen Nachdenkens, ja sogar einiger Phantasie bedarf, um noch zu entdecken, daß dieser Zustand in einem eigentümlichen Widerspruch zu dem steht, was uns die Natur eigentlich zu sagen hat.

Deutlich zeigt das ein Aspekt der Bildung, den ich ihren »Parolencharakter« nennen möchte. Der Soldat erkennt an der Parole, auch ohne hinzusehen, Freund und Feind. Freund und Feind zu erkennen, die Herkunft, Erziehung, politische Couleur, dazu dient im Leben ohne Uniform die Bildung. Die Bildung hat sich auf diese ihre Rolle eingestellt; sie hat sie angenommen. Zuverlässiger als einst die Schmissee den Akademiker weist die Parole »Latein« den Gebildeten aus. Die Erfüllung des Wunsches, Arzt zu werden, hat zwei Voraussetzungen, einmal überhaupt sehr gute Noten in der Schule wegen des Numerus clausus, zum anderen die, Latein gelernt zu haben. So bleibt der Ärzte-

stand nach Zahl und Herkunft erhalten. Begründen läßt sich jahrelanges Lernen von Latein »sachlich« damit, die anatomischen Namen und andere Ausdrücke des Fachs erforderten das, just wie zu des Galenus oder des Paracelsus Zeiten.

Lernen, ohne daß sich die Frage nach der Möglichkeit von Einsicht dabei stellte, ist das Merkmal aller Bildung, die zur Elite prädestiniert. Reine Einsichten, etwa in die von Abläufen der Natur, so wie sie die Naturwissenschaft untersucht, sind im Prinzip jedem zugänglich, nicht dagegen die Kenntnis von Vokabeln, Texten, Ritualen. Gesellschaftlich herausgehobene Funktionen, soweit sie ständischen Eliten vorbehalten bleiben, sind daher immer daran geknüpft, durch eine Schule wie durch ein langes Ritual gegangen zu sein. Das Latein mag als Beispiel dienen. Ein anderes Beispiel ist die Orthographie. Welch eine Quelle subtiler Bildungsbewertbarkeit sprudelt hier! Ein Psychiater hält sich in seinen Memoiren über Seiten bei allen den Variationen auf, die die ungebildeten unter seinen Patienten für eben das Wort »Psychiater« gefunden haben, und ein gebildetes Publikum delectiert sich mit ihm in hohen Auflagen daran. Thomas Mann wird im »Zauberberg« nicht müde, eine neureiche Person der Ungebildetheit stets aufs neue dadurch zu überführen, daß er sie irgendwelche Fremdwörter verwechseln oder falsch aussprechen läßt. Wie tief allgemein das Bildungskriterium der Orthographie heute noch sitzt, kann man an den Begleiterscheinungen des Tauschens um das Groß- und Kleinschreiben ablesen; vor allem aber daran, daß die Gegner der großen Buchstaben die überkommene starre Ordnung durch eine neue, aber darum nicht weniger starre ersetzen wollen. Stimmen, der orthographischen Bildungstyrannie dadurch zu Leibe zu rücken, daß man jedermann mehr Willkür einräumt, sobald er mit dem Stift an den Anfang eines neuen Wortes gerät, sind in diesem Konzert nur zaghaft zu hören.

Ist die naturwissenschaftliche Bildung ein weiteres Beispiel für die Sammlung von Parolen für eine bestimmte gesellschaftliche Elite? Ist das naturwissenschaftliche Studium das Ritual, das die Parolen vermittelt? Diese Fragen lassen sich wohl nicht ganz verneinen, wenn man davon ausgeht, daß Naturwissenschaft Einsicht vermitteln könnte, anstatt ihre Jünger mit gängigen Schlagworten, eben den Parolen, auszustatten, die letzten Endes nur den Zweck haben, im Leben Türen zu öffnen. In der Forderung nach »Lernen durch Forschen«, in der Warnung vor Verschuldung der Universitäten (als ob eine Schule an sich etwas Böses sei) klingt die Überzeugung mit, daß man dem Bildungswert der Naturwissenschaften nicht gerecht wird, ja ihn mißbraucht, wenn von Verstehen und Einsicht nur noch das Erlernen eines gesellschaftlich effektiven Umgangs mit wirksamen Parolen übrigbleibt. Schmerzlicher noch allerdings als auf den Hochschulen muß es einen berühren zu sehen, wie der Bildungswert der Naturwissenschaften schon bereits für die Kinder in der Schule nur eine Spielart des Anpassungsdrills an die Gesellschaft darstellt. Wir müssen, wenn wir später noch einen Blick auf die Schulen werfen wollen, darauf noch einmal unser Augenmerk richten.

3. 3. Bindung des Bildungswerts der Naturwissenschaften in Transzendenz

Gibt es neben aller gesellschaftlichen Bedeutung des Bildungswerts der Naturwissenschaften nicht aber auch ein ganz ursprüngliches Interesse des einzelnen Menschen an der Natur und ihrem wissenschaftlichen Begreifen, gibt es Harmonie und ein Glück der Erkenntnis für den Menschen in seiner Zuwendung zur Natur?

Alle Kulturen seit jeher enthalten Beobachtungen und Deutungen von Naturvorgängen, und zwar eingebunden in einen transzendentalen Überbau, die Religion. Für die Naturwis-

senschaft ist die schon in früheren Jahrhunderten gelegentlich aufkeimende Kritik aus der Eingebundenheit heraus seit ihrer Säkularisation im vorigen Jahrhundert vollends umgeschlagen in Rivalität zur Religion. Sie wurde deutlich mit der Emanzipation aus der Philosophie, als die Naturwissenschaft auch die Hülle der Theologie um sich abschüttelte. Haeckels schon genannte »Welträtsel«, Büchners »Kraft und Stoff« markieren diese Epoche ebenso wie Feuerbachs — heute würde man sagen »Slogan« —: »Ohne Phosphor kein Gedanke.«

Naturwissenschaft und Theologie haben sich seitdem so weit voneinander entfernt, daß die Aufnahme eines Gesprächs nicht zu befürchten lassen braucht, die Gesprächspartner könnten noch weiter auseinander gehen. Sicher hat Unverständnis auf beiden Seiten dazu verholfen, daß es dorthin gekommen ist. Die Frage an den sowjetischen Astronauten, ob er im Weltraum Gott angetroffen habe, ist gewiß witzlos. Auf der anderen Seite aber wirkt etwa die Spekulation eines Theologen darüber, ob die Heisenbergsche Unschärferelation einen indeterminierten Wirkungsbereich für die Willensfreiheit und für die Entscheidungsfreiheit zum Glauben übriglasse, in ihrer präventiven Ignoranz ebenso nichts als peinlich. Für denjenigen Gebildeten, in dessen Weltbild Naturwissenschaft wie Theologie ihren festen Platz haben, ist deren Auseinanderklaffen eine offene Wunde geblieben. Vor etwa dreißig Jahren sprach der angesehene naturwissenschaftliche Pädagoge Bernhard Bavink mit dem Titel einer Schrift »Die Naturwissenschaften auf dem Wege zur Religion« einem breiten Bildungsbürgertum aus dem Herzen. Manchem etwas kleingläubigen Christen hilft es in seiner Schwachheit auf, wenn er einen großen Physiker wie Max Planck in dessen Vorträgen auf diesem Weg sieht oder er in den Vereinigten Staaten einen Nobelpreisträger der Physik, Charles Townes, aus seiner Tätigkeit in der Kirchgemeinde berichten hört.

Dabei sieht es heute schon so aus, als ob gerade die Rivalität zwischen Naturwissenschaft und Theologie sich überlebt hätte. Gewiß, nebeneinanderher zu leben ohne Diskussion und Gespräch ist sicher schlimmer, aber gerade dieses Gespräch bahnt sich heute vielerorts so zwanglos und selbstverständlich an wie etwa dasjenige zwischen Christen und Marxisten. So wenig sich die Theologie heute darin empfindlich zeigt, ob das buchstäbliche Für-wirklich-geschehen-halten der Schöpfungsgeschichte oder eines der Wunder den Glauben ausmacht, ebensowenig ist der Glaube, nämlich das Bewußtsein der Geborgenheit des Menschen über den Tod hinaus und die Annahme der Heilsbotschaft des Evangeliums, davon tangiert, welche Begriffe man zweckmäßig zur Beschreibung der uns umgebenden Natur wählt und welche Verknüpfung dieser Begriffe uns die Natur diktiert. Im Gegenteil, die Gegenüberstellung zur Naturwissenschaft zwingt den Gläubigen, seine Bildung zu sortieren: Gott zu geben, was seines ist, nämlich den Glauben, und der Natur zu geben, was ihrer ist, nämlich die Wissenschaft.

Wenn so der Bereich des Glaubens als der personale Bezug zu Gott vom Bereich des Wissens abgrenzbar ist, so bleibt doch die Bewunderung für die Schöpfung, für Struktur und Ordnung der Natur. Das ursprüngliche Interesse an der Natur galt in allen Kulturen und allen Religionen zuerst der Ordnung und dann erst der Verwertbarkeit der Naturerscheinungen. Die Ägypter hatten bereits einen unglaublich genauen Kalender. Das Bemühen um sehr viel genauere Kalender, als sie für die jeweiligen Lebensumstände erforderlich waren, kannten übrigens nicht nur die Ägypter, wir finden es auch in unserer unmittelbaren eigenen Geschichte, wie jeder vom julianischen und gregorianischen Kalender her weiß. Das Privileg des Zugangs zu astronomischen Erkenntnissen und damit dem genauen Kalender war den Priestern vorbehalten, in Ägypten ebenso wie im Mittel-

alter den Päpsten. In ihm drückte sich der höchste Bildungswert aus, den die Naturwissenschaft zu vergeben hatte, nämlich die Teilhabe an der himmlischen Mechanik. Der Sternhimmel ist Sinnbild der Ordnung und göttlicher Determiniertheit des Ablaufs allen Naturgeschehens. Hieraus versteht man Furcht und Schrecken, die ein Komet verbreitet als Störer dieser himmlischen Ordnung.

Wo die Beschäftigung mit der Naturwissenschaft nicht von der Notwendigkeit der Anwendung diktiert ist, wendet sich auch heute ein ursprüngliches Interesse den, wie es scheint, Grundpfeilern der Struktur der Natur zu, nämlich Raum und Zeit. Das zeigt der große Widerhall, den die Relativitätstheorie an Zustimmung und Widerspruch gefunden hat. Der aus tiefem Unwohlsein aufkommende Widerspruch, den die Relativitätstheorie stets aufs neue bei zahllosen Liebhaber-Naturwissenschaftlern hervorruft und der sich in Privatdrucken und Briefen an Professoren niederschlägt, rührt sicher hauptsächlich daher, daß in der Relativitätstheorie Raum und Zeit von ihrem a priori-Primat entthront werden und zu empirischen Gegebenheiten herabgewürdigt werden. Daß Raum und Zeit eben empirische Größen sind, ihnen also außerhalb der Erfahrung ebensowenig absolutisierbare Realität zukommt wie jeder anderen physikalischen Größe, ist eine Einsicht, die dem Bedürfnis nach Absolutisierbarkeit und Transzendenz, die hinter dem Absoluten liegt, zuwiderläuft. Die Naturwissenschaft geht hier Wege, die mitzugehen schwer ist.

Billiger Ersatz und Alternativen bieten sich an, und so wie sich unsere Großväter an der »Hohlwelttheorie« oder der »Welteislehre« erbaut haben, saugt heute ein erschreckend großes gebildetes Publikum seinen Honig aus den Blüten eines Herrn von Däniken. Aber selbst auch manchem Physiker ist anscheinend die Physik mit einem Mal nicht mehr genug. So spricht alle gesicherte Erfahrung dafür, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im

Vakuum die größte Geschwindigkeit ist, mit der physikalisch meßbare Größen transportiert werden. Die Lichtgeschwindigkeit ist nach Überzeugung der Physiker eine Grenzgeschwindigkeit. Da postuliert man nun Teilchen, die schneller fliegen als das Licht. Man hat zwar keinerlei experimentellen Hinweis auf deren Existenz, aber wenigstens einen Namen für sie: Tachyonen. Man braucht sich nicht zu wundern, wenn sich an solche Spekulationen gleich der Transport von »Psychoenergie« anhängt, von der Parapsychologen ohnehin längst vermuten, daß sie sich sehr schnell ausbreiten kann. Zu der »überphysikalischen« Ausbreitung gesellen sich natürlich übernatürliche Kräfte, und wenn sie schon ein Uri Geller nicht hat, so tun sie sich im Exorzismus kund, der wieder über die Welt geht.

Traurig und sehr bedenklich stimmt es, daß es die »orthodoxe« Naturwissenschaft offenbar nie fertigbekommen hat, das starke ursprüngliche Interesse an der Natur, das sich hier anzeigt, in den Griff zu bekommen und es für sich einzunehmen. Sind die Naturwissenschaften zu schwierig, oder haben sie es einfach bisher noch nie richtig verstanden, einem breiten gebildeten Publikum klarzumachen, daß die Ergebnisse der Naturwissenschaft viel aufregender und interessanter sind als die aller Surrogate? Ein weiteres aktuelles Beispiel mag gerade diesen Aspekt der gegenwärtigen Situation verdeutlichen: Kaum ein Zweig der Physik hat im letzten Jahrzehnt einen so gewaltigen Fortschritt erlebt wie die Astrophysik. Wir haben tiefe neue Einblicke gewonnen in die Entwicklung der Sterne und Sternensysteme und können einen Blick zurück tun bis in die Anfangszeit des Weltalls. Strahlungsquellen sind entdeckt worden, die Pulsare und Quasare, die uns weit mehr Information schicken, als wir sie je aus dem Anblick der altbekannten Fixsterne und Planeten haben ermitteln können. Von alledem ist einer breiten Öffentlichkeit fast nichts bekannt. Statt dessen wird ihr unablässig er-

zählt, wir erzielten in der Tat Fortschritte in der Kenntnis unserer Welt außerhalb der Erde, und zwar durch die Mondflüge. Der enorme Kostenaufwand für militärische Zwecke und nationales Prestige wird mit dem Feigenblatt »Wissenschaft« versehen. Die Naturwissenschaftler können wohl kaum diesen Mißbrauch der Wissenschaft verhindern, aber sie können darauf hinweisen, daß die Naturwissenschaft, und gerade die Astrophysik in jüngster Zeit, ungleich bedeutendere Ergebnisse erzielt hat als das Einsammeln von Mondgestein, und zwar mit einem Bruchteil des Aufwands eines Mondflugs.

Die Naturwissenschaften, ihre Bedeutung und ihren Bildungswert für unsere Gesellschaft heute zu erkennen und ins rechte Licht zu setzen, ist in der Tat ein schwieriges Problem. Eine große Chance hat besonders das Fernsehen. Gute naturwissenschaftliche Sendungen können auf ein weites Interesse hoffen und finden es auch. Hauptsächlich aber ist es natürlich Aufgabe der Schulen und Universitäten. Darauf wollen wir im noch verbleibenden Teil dieser Betrachtungen etwas näher eingehen.

4. Schule und Universität

Der Ort, an dem Bildungsfragen entschieden werden, ist die Schule. Eine Erörterung des Bildungswerts der Naturwissenschaften kann nicht an der Rolle vorbeigehen, die die Naturwissenschaft im Schulunterricht, besonders in dem der höheren Schule, spielt. Dabei ist es nicht nötig, den naturwissenschaftlichen Schulunterricht hier zu beschreiben: Jeder Leser wird ohnehin gemäß der Stärke und Nachhaltigkeit des Eindrucks von seiner eigenen Schulzeit seinen Erinnerungen den Vorzug vor jeder Beschreibung geben. Das Andenken an den eigenen Lehrer und den miterlebten Unterricht, mag er typisch gewesen sein oder nicht, wird das Urteil bestimmen, auch wenn dabei die gehaltenen Leiden vor den gehaltenen Freuden verblasen. Wer über seine Kinder vom Schulunterricht

heute erfährt, wird feststellen, womöglich sich entsetzen darüber, wie sich die Umgangsweise gegenüber der eigenen Schulzeit verändert hat. Im Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern ist inhaltlich natürlich dem Fortschritt der Naturwissenschaften entsprechend manches hinzugekommen, auch haben moderne Schulbauten zweckmäßige und gut eingerichtete Laboratorien, in denen es sich gut arbeiten läßt. Und doch hat sich der Tenor, mit dem Naturwissenschaft unterrichtet wird, auch ihr Verhältnis gegenüber den Geisteswissenschaften, nicht wesentlich geändert. Allein die Fächer, die unterrichtet werden, sind seit eh und je dieselben. Auf den ersten Blick erscheint das selbstverständlich, aber mancher mag sich schon gefragt haben, ob er es für sich und seine Kinder nicht vorzöge, anstatt beispielsweise über die magnetischen Wirkungen elektrischer Ströme etwas zu lernen und vielleicht das Gesetz von Biot und Savart zu kennen, nicht lieber etwas mehr medizinische Kenntnisse zu haben. Ein anderer hätte gerne nach der Schule seine Kenntnis vom Unterschied des mathematischen und physikalischen Pendels gegen den von Aktie und Anleihe eingetauscht. Wie dem auch sei, diese Bemerkungen sollen hier nur illustrieren, daß der naturwissenschaftliche Unterricht an seinem überkommenen Bildungsgut festhält und Angriffe darauf und auf den Umfang des Unterrichts, wie die schon genannten Saarbrückener Rahmenvereinbarungen der Kultusminister, mit Unmut quittiert.

Die Situation der Naturwissenschaften in der Schule wurde in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts fixiert und ist wie die Ausprägung unseres gesamten Schulsystems an den Namen Humboldts geknüpft. Humboldt schwebte für die Schule Vermittlung von Bildung statt Speicherung von Kenntnissen vor. Bildung bedeutete für ihn dabei »Entfaltung der Innerlichkeit, nicht nur des Verstandes«. So sah Humboldt in der Schule, wie übrigens auch in der Universi-

tät, durchaus nicht eine Einrichtung zur Berufsvorbildung. Drei Aspekte hatte der Unterricht in der ihm vorschwebenden Einheitsschule, einen linguistisch-philosophischen, einen mathematischen und einen historischen. Keiner dieser Aspekte schien Humboldt ganz vernachlässigt werden zu sollen. Besonders wichtig schien ihm die formale Bildung, die er allerdings nur im Sprachunterricht, und zwar dem der alten Sprachen, verwirklicht sah, und nicht in dem der Mathematik.

Das Übergewicht des Sprachunterrichts, besonders eben dem der alten Sprachen, über den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hielt sich sowohl über die Gründung der ersten naturwissenschaftlichen Seminare um die Jahre um 1830 herum als auch über den etwas späteren großen Aufbruch der Technik hinaus. Eine Revision der Bildungswerte durch das Aufblühen von Naturwissenschaft und Technik fand nicht statt. Die Naturwissenschaften paßten sich vielmehr ihrerseits an die überkommenen Bildungsvorstellungen an. Über den Grund der gesellschaftlichen Funktion der Bildung haben wir schon gesprochen. Die Naturwissenschaften steuerten in ihrem Unterricht ebenso Parolen zum Erkennen des »Gebildeten« bei, wie das die Geisteswissenschaften ihnen vormachten. Die Struktur des Unterrichts in Physik, Chemie, Biologie war nicht viel anders als die des Lateinunterrichts. Statt Einsicht in Naturnotwendigkeiten und Naturvorgänge erwartete man vom Schüler Erlernen und Handhabung von naturwissenschaftlichen Begriffen wie von Vokabeln.

Die höhere Schule gibt keine Berufsausbildung. Das war nicht nur Humboldts Forderung, die höhere Schule hat dem gewiß auch in keiner programmatischen Erklärung widersprochen. Das heißt denn aber auch, daß der naturwissenschaftliche Unterricht an alle gerichtet sein muß, also nicht nur keine Berufsausbildung, sondern auch nicht in erster Linie Berufsvorbildung sein darf. Nur wenige Schüler einer

Klasse werden später Ingenieure oder Naturwissenschaftler. Der Unterricht muß sich also an alle die anderen wenden, die später ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse kaum pfleglicher behandeln werden als die meisten derjenigen, die nicht gerade Philologen werden, mit ihren Sprachkenntnissen, die sie auf der Schule gewonnen haben, umgehen. In einem Wort, der naturwissenschaftliche Schulunterricht hat sich an die späteren Nicht-Naturwissenschaftler zu wenden. Nur darin, wie er sich ihnen gegenüber bewährt, zeigt sich der Bildungswert der Naturwissenschaften, den die Schule vermittelt. In Anbetracht dieser Situation macht es schon erstaunen zu sehen, wie stark die naturwissenschaftlichen Lehrbücher an unseren höheren Schulen auch heute noch Exzerpte, Auszüge und gekürzte Versionen der akademischen Fachlehrbücher sind, wiewohl selbstverständlich zugestanden sei, daß die moderne Didaktik diesen Übelstand nicht nur erkannt hat, sondern ihm auch schon abzuhelpen beginnt. Vorbildlich ist dabei die Mathematik. Hier ist mehr »Aufarbeitung« für die Schulen als in irgendeiner Naturwissenschaft bereits geleistet worden. Die Resultate dieser Bemühungen erzeugen allerdings, wie man am Echo über die Mengenlehre in der Schule hört, nicht überall eitel Freude. Wenn aber Ärzteverbände fragen und es einen schon von Titelseiten illustrierter Zeitschriften her fragt, ob Mengenlehre krank mache, kann man sich des Verdachts nicht erwehren, hier ein schönes Beispiel dafür zu haben, daß in Bildungsfragen »Sachlichkeit« oft nur ein Vorwand ist, hinter dem gesellschaftliche Differenzen ausgetragen werden über die Konsequenzen einer »Umwertung aller Werte«, auch wenn es sich dabei nur um scheinbar so harmlose Werte handelt wie eben den Bildungswert der Naturwissenschaft.

Wie kann der Bildungswert der Naturwissenschaften in der Schule besser zur Geltung kommen? Das möge an einem Beispiel erläutert

werden, und zwar an der Behandlung der Geschichte der Naturwissenschaft.

Das Beispiel ist dabei einfach deswegen gewählt, um den Bildungswert der Naturwissenschaften in Ergänzung und Kontrast zu dem der Geisteswissenschaften darzustellen.

4. 1. Geschichte der Naturwissenschaft

Die naturwissenschaftliche Lehre ist immer in der Gefahr, dogmatisch zu werden. Das ist verständlich angesichts der großen Erfolge der Naturwissenschaften. Unsere heutige naturwissenschaftliche Beschreibung ist der Natur so hervorragend angepaßt, daß man gerne darüber vergißt, daß alle naturwissenschaftlichen Begriffe von Menschen erdacht sind, aber auf der anderen Seite die Natur die Verknüpfung dieser Begriffe angibt. In unserer heutigen Naturwissenschaft, wenigstens in der Physik, wird die Verknüpfung der Begriffe durch mathematische Relationen zwischen ihnen dargestellt. Den Reiz der Naturwissenschaft macht gerade dieses Wechselspiel aus zwischen menschlichem Scharfsinn, der sich im Erfinden und Ausdenken stets neuer Begriffe äußert, und der Natur, die als Richter über die Zweckmäßigkeit und damit über die Qualität eines Begriffs befindet. Naturwissenschaftliche Bildung ist damit dialektischer Natur. Sie ist Fähigkeit zu Entwicklung, Wandlung, Vervollkommenung.

Ein Blick in die Geschichte der Naturbeschreibung hilft, um sich diese grundlegende Struktur der Naturwissenschaft deutlich zu machen. Jeder Schüler wird willig in der Geschichte oder besser in der Entwicklung zurückgehen bis zur animistischen Naturbeschreibung, in der das Wetter mit Regen, Donner und Blitz auf Zwistigkeiten in Götterfamilien zurückgeführt wird. Er wird selber finden, daß es bessere Beschreibungsweisen für Naturerscheinungen und ihre Abläufe gibt, wobei er lernt, daß besser hier so viel heißt wie zweckmäßiger und auf eine größere Vielfalt von Vor-

gängen in der Natur anwendbar. Fortschritt in der Naturwissenschaft besteht nämlich im Ausdenken von Begriffen, die Abläufe in der Natur einfacher und in einem größeren Zusammenhang zu beschreiben erlauben. Geradezu spannend zu verfolgen ist, wie sich aus einer Unzahl von Beobachtungen, Mutmaßungen und Spekulationen über das »Wesen« von Bewegungsabläufen der Impulsbegriff herausgeschält hat, im heutigen Sinne beginnend bei Descartes über Huygens zu Newton. In d'Alemberts Auseinandersetzung mit Leibniz spielt der noch nicht klar erkannte Unterschied zwischen Impuls und kinetischer Energie hinein. Erst als in den Erhaltungssätzen für die Größen Impuls und Energie zum Ausdruck kommt, wie weit diese Begriffe über die Mechanik hinausreichen, wird ihre Bedeutung für die ganze Physik, alle Naturwissenschaften, die Technik, die Wirtschaft und damit unser aller tägliches Leben offenbar.

In den historischen Schwierigkeiten, die Quantitas motus und die Vis viva zu den heutigen Begriffen Impuls und kinetische Energie zu fixieren, wird jedermann seine eigenen Schwierigkeiten beim Verständnis dieser Begriffe wiederfinden. Ähnliche Schwierigkeiten, wie man sie selber empfindet und womöglich als eigene Unzulänglichkeit erlebt, bei den Großen der Wissenschaft oder anderer Lebensbereiche zu sehen, hat ja immer etwas Tröstliches und bringt alle Proportionen, die einem beim Lernen und Studieren angesichts des ungeheuren und unübersehbaren Wissens leicht entgleiten, wieder auf jenes endliche Maß zurück, das auch das Lernen am Bildungswert der Naturwissenschaften teilhaben läßt.

Auch die kluge Erfahrung, daß sich gerade aus den Irrtümern der Großen besonders viel lernen läßt, bestätigt die Geschichte der Naturwissenschaft. Das illustriere ein kleines Beispiel. Galilei glaubte durch folgende Überlegung »beweisen« zu können, daß alle Körper gleich schnell fallen. Diese Überlegung gilt

auch für den Fall in Luft oder in überhaupt einem viskosen Medium, wo das ja nun ganz zweifellos nicht stimmt. Die Überlegung verlangt anzunehmen, es fielen zwei verschieden große Körper nicht gleich schnell, vielmehr falle der größere Körper schneller als der kleinere. Galilei zeigt, daß das zu einem Widerspruch führt. Denken wir uns nämlich die beiden Körper zusammengebunden, so bilden sie ja zusammen einen noch größeren Körper als jeden der beiden einzelnen. Zusammengebunden müßten also die beiden Körper noch schneller fallen als sogar der schnellere der beiden einzelnen Körper. Andererseits sieht man klar, daß zusammengebunden der kleinere Körper den größeren bremst, so daß sie zusammengebunden mit einer Geschwindigkeit fallen, die zwischen den Geschwindigkeitswerten der beiden einzelnen Körper liegt. Diesen Widerspruch gibt es in Galileis Überlegung nur dann nicht, wenn man von vornherein voraussetzt, daß die beiden verschieden großen einzelnen Körper gleich schnell fallen. Wo steckt der Fehler?

Erst die geschichtliche Betrachtung läßt die gegenwärtige Situation im richtigen Licht erscheinen. Diese Binsenweisheit gilt sicher auch für die Naturwissenschaften. Welche Faszination geht vom Atom aus, einem im übrigen physikalisch schwer zu verstehenden System. Doch das tut nichts zur Sache, es steht als Antwort auf Fausts Sehnsucht, »daß ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält«. Merkwürdig ist, daß die für das Rätsel Welt entscheidenden wissenschaftlichen Antworten immer im volumenmäßig Kleinen gesucht werden. Das sollte keineswegs selbstverständlich sein. So käme es uns eigenartig vor, wenn die Psychologie bei der Suche nach Antwort auf die Frage nach dem Verhalten des Menschen ihre Begriffe im volumenmäßig Kleinen ihres Objekts, des Menschen, anzusiedeln versuchte. Auch die unbelebte Natur entzieht sich unserem Fragen nach dem Geschehen im räumlich

immer Kleineren und lenkt unsere Aufmerksamkeit in ganz andere Richtung: Elementarteilchen wandeln sich ineinander um, wobei das Räumliche überhaupt keine Rolle spielt. Mit dem Fortschritt der Wissenschaft können also ganz neue Kategorien der Naturbeschreibung in den Vordergrund rücken und alte tief verwurzelte, ja vielleicht sogar als Denknottwendigkeiten empfundene Vorstellungen sich als Vorurteile entpuppen.

Geschichte der Naturwissenschaft ist schließlich nicht ablösbar von der allgemeinen geschichtlichen Entwicklung. Kenntnisse naturwissenschaftlicher und technischer Entwicklungen geben oft erst das Verständnis für bestimmte soziale Entwicklungen, wie auch der wissenschaftliche Fortschritt eng mit der gesellschaftlichen Entwicklung verknüpft ist. So ist das Aufkommen der Naturwissenschaften nach dem Mittelalter verbunden mit der Loslösung des Bürgertums aus der Feudalstruktur, wobei die Beherrschung und Verwertung der Naturgesetze eine wichtige ökonomische Hilfe war (vgl. F. Tomberg: »Was heißt bürgerliche Wissenschaft« in »Das Argument«, Oktober 1971, Seite 461). Auch der Zusammenhang zwischen sozialen und technischen Revolutionen ist ein wichtiger Schlüssel zum Verständnis unserer Geschichte und damit unserer Gegenwart. Naturwissenschaftliche Entdeckungen, wie z. B. die der elektromagnetischen Induktion, führen das Ende einer Epoche herbei und lösen neue industrielle Epochen aus, wobei der Übergang von tiefen wirtschaftlichen und sozialen Krisen gekennzeichnet sein kann. Geschichte der Naturwissenschaft geht nahtlos über in allgemeine Geschichte. Der Bildungswert der Naturwissenschaften ist hier besonders deutlich gerade auch für den Nicht-Naturwissenschaftler, womit das Thema des nächsten Abschnittes unserer Betrachtungen, auch andere als im engeren Sinne fachwissenschaftliche Gesichtspunkte in den Unterricht einfließen zu lassen, bereits angeschnitten ist.

4. 2. Die integrierende Funktion der naturwissenschaftlichen Bildung

Unsere Gesellschaft ist pluralistisch. Auch unsere Bildung spiegelt diesen Pluralismus wider. Wo Pluralismus ist, muß abgewogen werden. Pluralität sollte nur Gewichte geben, Schwerpunkte setzen, aber keiner Ausschließlichkeit das Wort reden. Auch jede Ausbildung muß als Teil auf eine Ganzheit hinführen. In ihrer Bildungsfunktion kann keine einzelne Wissenschaft und kann kein einzelnes Unterrichtsfach Selbstzweck sein. Physikunterricht und Chemieunterricht in der Schule erschöpfen sich nicht als Einführung in die Wissenschaften Physik und Chemie. Sie müssen vielmehr ein wesentlicher Beitrag zur Bildung sein. Es müssen im Unterricht Werte geweckt und gefördert werden, von denen wir schon sprachen, Einsichtsfähigkeit, Kritik, Selbständigkeit des Denkens, Urteilkraft. Die Methode des Unterrichtens und Lernens sollte dazu, wo immer es geht, von einer dogmatischen Anhäufung von Kenntnissen loskommen und sich dem nähern, was Forschung ausmacht, hier allerdings nicht einer möglichst effektiven Vermehrung des »objektiven Wissens«, sondern einer Bereicherung des Wissens des einzelnen durch Einsicht und Überzeugung, so wie der naturwissenschaftliche Pädagoge M. Wagenschein das in zahlreichen Büchern und Aufsätzen für den Schulunterricht entwickelt hat. Wenn auf der anderen Seite das »forschende Lernen« verächtlich gemacht wird als »ideologische Parole« und »purer Dilettantismus« (Th. Nipperdey in »Die Zeit« vom 30. 11. 73), darf man dem getrost entgegenhalten, daß »dilettare« heißt, sich zu erfreuen, und daß die Freude (auch »Primärmotivation« genannt) sicher ein besserer Antrieb zum Lernen ist als etwa die Angst vor schlechten Noten.

Die Naturwissenschaften lehren den Schüler und Studenten an ihrem Teil, die Macht des Begriffs zu erkennen. So wie moralische und

soziologische Begriffe, aber auch nationale Parolen, Ordnung und Kohärenz in das Verhalten der Menschen bringen, lassen die naturwissenschaftlichen Begriffe Ordnung und Struktur in der Natur erkennen. Der naturwissenschaftliche Unterricht sollte daher dem Deutschunterricht nahe verwandt sein. Beide sind bemüht, die Empfindung von der Logik des Ausdrucks, ob Sprache oder Formel, zu schärfen.

Bei alledem ist der Unterricht in den Naturwissenschaften, ähnlich wie besonders der Sprachunterricht, der Gefahr einer übertriebenen Rationalisierung zu einer vermeintlichen Steigerung der Effektivität ausgesetzt. Der Naturwissenschaft müssen bei ihrem Erlernen ebenso wie bei ihrem Ausüben, so wie jeder menschlichen Tätigkeit, ihre affektiven Werte belassen bleiben. Früher nannte man das einfach »Liebe zur Natur«; heute ist mit der »intrinsischen Motivation« wohl etwas Ähnliches gemeint. Zu denjenigen »affektiven Komponenten«, die bei Evaluationen über Lernerfolge nicht immer so recht zur Geltung kommen, gehört sicher auch das persönliche Verhältnis Lehrer—Schüler. Es darf bei den Naturwissenschaften so wenig verloren gehen wie das Meister—Schüler Verhältnis in Kunst und Handwerk. Ist der Erlebniswert des Lernens verloren, ist auch der Bildungswert des Gelernten vertan.

Gegenstand des Physikunterrichts in der Schule nun darf nicht nur Physik im engeren Sinne sein und das um so weniger, als der Physikunterricht sich ja in erster Linie an den Nicht-Naturwissenschaftler wendet. Hier muß auch der künftige Politiker, der Verwaltungsjurist von der Technik so viel gelernt und verstanden haben, daß er später Entscheidungen in Fragen des Umweltschutzes, vielleicht die Stationierung eines Kernkraftwerks oder die Vergrößerung einer Ölraffinerie, nicht ohne jede fachliche Kompetenz treffen muß. Der Berufsforscher Brinkmann (»Analysen«, Heft 3, 1974, S. 16) beklagt, daß technische und naturwissenschaftliche Arbeit gegenwärtig im öffentlichen

Dienst noch weit unterschätzt wird. Er glaubt zwar nicht, daß das »Juristenmonopol«, das 80 Prozent der höchsten Führungsstellen besetzt, durch das Monopol einer anderen Ausbildung ersetzt werden solle, fordert aber die Mitwirkung von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern, die auch politisch zu denken verstehen. Wir waren darauf ja bereits in anderem Zusammenhang zu sprechen gekommen. Dem wäre auch hier an sich nichts hinzuzufügen, es sei denn eine bedauerliche Feststellung der Bundesanstalt für Arbeit vor einigen Jahren, daß in einer Erhebung über Flexibilität und Anpassung an neue Berufsnotwendigkeiten ausgerechnet die Physiker sich als die starrsten erwiesen hätten!

Der Bildungswert der Naturwissenschaften wird sich in der Zukunft mehr als in der Vergangenheit in seinen Wechselwirkungen mit anderen Bildungswerten zu bewähren haben. Die naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten werden auf der einen Seite, wie sie das immer getan haben, Forschung treiben und den naturwissenschaftlichen Nachwuchs für staatliche und industrielle Forschungs- und Entwicklungsarbeit heranbilden. Daneben bilden sie in jetzt schon sich verstärkendem Maße die naturwissenschaftlichen Lehrer für die höheren Schulen aus. Dazu ist es Aufgabe des »Reflexionspotentials« der Universitäten, beständig nach dem Bildungswert der Naturwissenschaften und seiner Ausprägung in der Schule ge-

meinsam mit ihren Studenten, den zukünftigen Lehrern, zu fragen.

Die Universitäten sind Stätten naturwissenschaftlicher Forschung, aber sie müssen ihre Erkenntnisse auch »aufarbeiten«, damit deren Bildungswert sichtbar wird. Diese Aufarbeitung geschieht beispielsweise schon im Verhältnis zu den technischen Fakultäten für die physikalische Ausbildung der Ingenieurstudenten. Dazu gehört die Eingewöhnung in oft unanschauliches naturwissenschaftliches Denken, das für den Ingenieur indessen so unentbehrlich ist wie konstruktives Geschick. Ein kleines Beispiel dafür, wie ein angeblich unanschaulicher physikalischer Begriff technisches und sogar allgemeines Bildungsgut geworden ist, ist die Energie. Noch vor kurzem wurde sie als »Hilfsbegriff« über den als anschaulicher und grundlegender empfundenen Begriff der Kraft im Unterricht eingeführt.

Unsere Universität feiert ihr 150jähriges Jubiläum. Die Naturwissenschaften haben von Anfang an zu ihr gehört. Die naturwissenschaftlichen Fakultäten sind sich der Bedeutung und Verantwortung, die sie in der künftigen Entwicklung unserer Universität zum Wohle unserer gesamten Gesellschaft haben, bewußt. Möge das Jubiläumsjahr unserer Fridericiana dazu dienen, die Rolle der Universität für die Zukunft deutlich zu machen und zum ständigen Nachdenken über ihren Bildungsauftrag anzuregen.

Technik im Brennpunkt interdisziplinärer Reflexion

von Hans Lenk und Günter Ropohl

93

1. Einleitung

»Wegen der Größe der Frage, was damit aus dem Menschen werden kann, ist die Technik heute vielleicht das Hauptthema für die Auffassung unserer Lage. Man kann den Einbruch der modernen Technik und ihrer Folgen für schlechthin alle Lebensfragen gar nicht überschätzen« (Jaspers 1955, S. 98). Man mag es für einseitig halten, wenn Jaspers in der Technik das Hauptthema der Gegenwart sieht, doch ohne Frage stoßen wir hier auf *ein* Hauptthema der gegenwärtigen und künftigen Welt. Und nicht umsonst wird die gegenwärtige Epoche schlagwortartig als »technisches Zeitalter« etikettiert.

Wenn die moderne Technik, dem Wort von Jaspers zufolge, »schlechthin alle Lebensfragen« tangiert, so wird man die Probleme der Technik, ihrer Voraussetzungen und ihrer Folgen mit Sicherheit nicht nur einer einzelnen Wissenschaft aufgeben können. Technikwissenschaften, Verhaltenswissenschaften, Sozialwissenschaften, Geschichtswissenschaften und die Philosophie sind in gleicher Weise aufgerufen, diese technische Kultur, die unser Zeitalter prägt, analysierend und reflektierend, beschreibend, erklärend und verstehend geistig zu bewältigen. Aber auch eine Anhäufung verschiedenartiger einzelwissenschaftlicher Untersuchungen über die Technik reicht dafür nicht aus, solange sie unverbunden und beziehungslos nebeneinander stehen und keiner fachübergreifenden Synthese zugeführt werden.

Von wem aber und auf welche Weise kann solch eine Integration heterogener Erfahrungen, Erkenntnisse und Einsichten geleistet werden? Für die Begegnung beispielsweise der Philosophie mit der Technik hat Moser gefordert, der »ideale ›Philosoph der Technik‹ müßte ein produktiv philosophischer Denker und ein tätiger Ingenieur« zugleich sein (Moser 1958, 1973, S. 11). Zunächst erscheint solch eine Personalunion technischer und philosophischer

Kompetenz als ideal: Während dem technologischen Experten die Einsicht in den aktuellen Stand der philosophischen und wissenschaftstheoretischen Diskussion und umgekehrt dem Philosophen der Einblick in die fachlichen Probleme und die praktische Erfahrung im technischen Bereich fehlen, könnte jener ideale Technikphilosoph aus beiden Quellen zugleich schöpfen. Beispiele (Dessauer 1927, 1956; s. u.) erweisen jedoch, daß auch die Personalunion des praktisch tätigen Technikers und Naturwissenschaftlers mit dem Philosophen nicht die Gefahr fachegoistischer Scheuklappen und ideologisch gesteuerter Fehlorientierungen völlig verbannen kann; auch diese so seltene, geradezu ideal erscheinende Verbindung der Kompetenzen garantiert kein ausreichendes Korrektiv gegen Einseitigkeiten. Freilich sollte die Bedeutung einer derartigen Personalunion des Naturwissenschaftlers oder Technikwissenschaftlers mit dem Philosophen oder Sozialwissenschaftler in keiner Weise geschmälert werden: Kein philosophischer Universalist oder sozialwissenschaftlicher Generalist kann sich ohne eine gewisse Mitsprachekompetenz im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, also ohne intensive Sekundärinformation über die Probleme dieser Bereiche, erfolgreich mit der Problematik der Technik auseinandersetzen; man sollte Personalunionen dieser Art durchaus dringlichste Förderungswürdigkeit zusprechen, zumal sie gegenwärtig allzu selten vorzufinden sind. Dennoch erscheint eine solche Personalunion, beschränkt auf einzelne interdisziplinäre Bereichsüberbrückungen, nicht ausreichend für die multidisziplinären Probleme in hochkomplexen sozio-technisch-ökonomischen Systemen, wie sie für die moderne Industriegesellschaft kennzeichnend sind. Auch die umfassend interessierte und orientierte Persönlichkeit bleibt dennoch auf perspektivische Ausschnitte beschränkt; Universalgenies à la Leibniz sind angesichts der heutigen Wissens- und Informationsexplosion und der weitreichenden

multidisziplinären Verflechtungen entscheidender Faktoren in Wissenschaft und Technik, Wirtschaft und Politik nicht mehr denkbar.

So scheint die relativ beste Lösung des multidisziplinären Integrationsproblems darin zu liegen, daß in interdisziplinärer Kooperation und ständiger, d. h. institutionalisierter und projektorientierter Diskussion von Technikwissenschaftlern, Naturwissenschaftlern, Philosophen und Sozialwissenschaftlern die Probleme des Technischen immer wieder neu erörtert werden. Ist interdisziplinäre Zusammenarbeit und Diskussion bereits für die Grundlagen Diskussion und für viele theoretische Probleme der einzelnen Fachwissenschaften unverzichtbar geworden, so gilt dies um so mehr für angewandte Wissenschaften, die, wie die Technik- und Systemwissenschaften, die Grenzen vieler Fachbereiche übergreifen. Natürlich ist es für eine solche inter- und multidisziplinäre Diskussion über Technikprobleme höchst kommunikationsfördernd, wenn jeder Partner neben seinem eigenen fachlichen Schwerpunkt über gewisse Erfahrungen und Informationen aus dem Bereich des fachfremden Partners verfügt, wenn alle oder wenigstens viele der Beteiligten eine Personalunion der genannten disziplinübergreifenden Art mit je einem anderen perspektivischen Ausschnitt repräsentieren. Gleichzeitigkeit, Gemeinsamkeit und wechselseitige Durchdringung dieser vielen Perspektiven und Erfahrungen könnten die Ansichten und Ansätze wesentlich fruchtbarer und praxisnäher gestalten und einen Multiplikatoreneffekt ausüben. Neben die Doppel- oder gar Mehrfachkompetenz des einzelnen generalistischen Forschers aber muß die institutionalisierte und nach Möglichkeit projektnahe und methodologisch konkretisierte ständige Kooperation der Forscher, Planer und Entscheider treten, wenn die komplexen soziotechnischen Systemprobleme der Gegenwart und der nahen Zukunft geistig aufgearbeitet und praktisch bewältigt werden sollen.

Wenn die Philosophie als Fach an einer technischen Universität noch eine fruchtbare disziplinübergreifende Funktion erfüllen kann, so ist es hier. Der philosophische Universalist, der »Spezialist für das Allgemeine«, braucht keinem elitären Führungsanspruch zu verfallen, wenn er sich als Kristallisationskern für interdisziplinäre Konfrontation, Kooperation und wechselseitige Korrektur verstehen lernt. Mit einer bloßen Schreibtischphilosophie des einsamen Denkers ist es nicht mehr getan. Angesichts des ohnehin unumgänglichen Zwangs zur personbedingten Lückenhaftigkeit können, dürfen und sollten philosophische Universalisten sich heute konstruktiv, kritisch und kühn den Herausforderungen stellen, die im Neuland kaum abgrenzbarer Probleme zwischen Wissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft, zwischen Forschung, Planung und Politik, zwischen kultureller Orientierung und Personidentität hervortreten. Allzu lang haben sich die Philosophen in vornehmer Distanz im Villenviertel des rein Geistigen eingenistet und ausschließlich Vergangenheitsschätze gehegt, unbekümmert um das Getümmel auf dem Marktplatz gegenwärtiger Lebenspraxis, ihrer Planungs- und Entscheidungsprobleme, ihrer Meinungs- und Machtkämpfe, ihrer moralischen und ideologischen Orientierungskrisen. Die Philosophie muß wieder herabsteigen vom hohen Kothurn snobistischer humanistisch-geisteswissenschaftlicher Distanz und sich bescheiden und nüchtern mit Analyse und Reflexion, mit Konstruktion und Kritik den Problemen der »wissenschaftlich-technischen Welt« und der öffentlichen Lebenspraxis zuwenden. Eine säkularisierte und pragmatische Philosophie tut not. Dies gilt vor allem auch für philosophische Untersuchungen der Technik und verwandter Bereiche. Der Philosoph sollte sich auch heute nicht feiner dünken als einst Sokrates, der auf den Markt ging und seine Mitmenschen — besonders auch die Experten aller Richtungen — ins Gespräch zog. Als Brennpunkt interdisziplinärer

närer Diskussion und als Kristallisationskern generalistischer und disziplinübergreifender Fragen kann und sollte die Philosophie auch künftig ihre sokratische Aufgabe wahrnehmen.

Die folgenden Ausführungen mögen für dieses Programm als Exempel dienen. Sie sollen philosophische und technologische Beschreibungs-, Erklärungs- und Deutungsversuche, die den Grundproblemen der Technik gewidmet sind, vorstellen und zusammenführen, um Ausgangspunkte für die künftige interdisziplinäre Reflexion und Manipulation der Technik zu markieren.

2. Traditionelle philosophische Ansätze

Angeichts der Allgegenwart technischer Hervorbringungen und ihrer Dominanz in Lebens- und Arbeitswelt müßte man eigentlich erwarten, daß sich auch die Philosophen besonders intensiv den Problemen der Technik im »technischen Zeitalter« gewidmet hätten. Wenn die Philosophie den »Zeitgeist« — was immer das heißen mag — in Begriffe fassen und kritisch reflektieren soll, so müßte sie sich auch dieses zentralen Themas der modernen Industriegesellschaft annehmen — einer Gesellschaftsformation, die gerade mittels technischer Innovationen in zunehmender Entwicklungsgeschwindigkeit dabei ist, zur Weltgesellschaft zu werden. Philosophische Auseinandersetzungen mit den Problemen des Technischen, der Technik, der Technologie, der technischen Welt, des technologischen oder »technetronischen« Zeitalters und der technischen Intelligenz sollten Schwerpunkte philosophischer Gegenwartsarbeit sein (Lenk 1971). Unverständlicherweise ist dies auch nicht im entferntesten der Fall. Wahrscheinlich läßt sich dieses Defizit nur historisch verstehen und auf die humanistisch-geisteswissenschaftliche Tradition zurückführen, die der Welt des Technischen, Ökonomischen und Lebenspraktischen stets relativ distanziert gegenübergestanden

hat. Wohl wurden Grundlagenprobleme der Naturwissenschaften bereits seit Beginn der Philosophie erörtert. Die griechischen Hylemorphisten und Naturphilosophen setzten hierzu bereits Beispiele, denen sich die nachfolgende Philosophie in ihrer zweieinhalbtausendjährigen Geschichte nicht entziehen konnte. Auch hatten Plato ebenso wie Aristoteles einen Begriff der *Techne* entwickelt, der nicht die unmittelbare, unreflektierte Lebenspraxis und ihre Regeln bezeichnete, sondern durchaus die logisch und wissenschaftlich durchdrungene, regelgeleitete Operation, die in einer »technischen Wissenschaft« zu analysieren bzw. zu begründen ist. »*Techne*« ist geradezu »*Episteme*« (d. h. Wissenschaft). Während unter diesen allgemeinen Begriff der *Techne* auch arithmetische Operationen fallen, sind technische Verfahren im engeren Sinne unter dem Begriff der herstellenden *Techne* (*Techne poietike*) zu begreifen. »Damit ist ... klar ..., daß nach Sokrates und Platon *Techne Logos* und *Episteme* ist, also nicht bloß »jedem technischen Vollzug Wissen vorangeht« (Dessauer 1956, S. 134), daß vor allem aber *Techne* auf einer prinzipiell höheren Ebene liegt als Erfahrungskönnen, Übung und Routine, die noch nichts mit technischem Wissen und Verständnis zu tun haben« (Moser 1958, 1973, S. 49).

Um so unverständlicher bleibt es, daß nur sehr wenige philosophische Denker Phänomene und Probleme des Technischen und der Technik überhaupt behandeln — und wenn, dann nur beiläufig. Wurde, unter Mißdeutung der antiken griechischen Konzeption der herstellenden *Techne*, dennoch Technik mit handwerklicher, unreflektierter und unsystematischer Routineerfahrung gleichgesetzt? Lediglich in der Renaissance und in der Epoche der Aufklärung, insbesondere in Diderots Enzyklopädie, scheint diese fehlerhafte Gleichsetzung vermieden worden zu sein. Man fragt sich freilich, ob technisches Denken und technische Verfahren nicht auch hier eher zur spielerischen

und anregenden Faszination und Illustration Verwendung fanden, ohne daß grundlegende philosophische Deutungen berührt worden wären. Dies wäre verständlich für eine Epoche, die dem sogenannten technisch-industriellen Zeitalter voranging und in der das Ausmaß noch in keiner Weise übersehen werden konnte, in dem technische Verfahren die künftige Welt einmal prägen sollten. Kaum mehr verständlich allerdings dürfte diese philosophische Abstinenz gegenüber dem Technischen seit dem Beginn der Industrialisierung sein, seit sich technische Innovationen infolge der industriellen Produktionsausweitung mit ihren Auswirkungen nahezu allem gesellschaftlichen Leben eindringlich aufzuprägen begannen. Lediglich Karl Marx (s. u.) hat sich mit den anthropologischen, den ökonomischen und gesellschaftlichen Problemen der »Maschinerie« (wie er Technik und Technologie nannte) eingehend beschäftigt und ihre weltverändernde Kraft voll auf gesehen. Aber auch in der marxistischen Diskussion trat in der Folgezeit der technikphilosophische Aspekt hinter den ökonomischen zurück und ist erst in der jüngsten Vergangenheit wieder »entdeckt« und eingehender Reflexion zugeführt worden (Marcuse 1967, Kusin 1970, Marachow 1972, Autorenkollektiv 1972, Autorenkollektiv 1973).

Außerhalb der marxistischen Tradition haben nur wenige Philosophen Probleme und Phänomene des Technischen diskutiert. Der Heidelberger Philosophieprofessor Ernst Kapp, der in seinen »Grundlinien einer Philosophie der Technik« (Kapp 1877) die Theorie ausarbeitete, Werkzeuge und Maschinen seien als effektverstärkende Organverlängerungen bzw. Organprojektionen des Menschen zu deuten, blieb eine Ausnahme. So konnte sich die Philosophie der Technik nicht als besondere philosophische Teildisziplin entwickeln, obwohl, von einer recht verstandenen Theorie der antiken »Techne poietike« ausgehend, eine solche Philosophie des Technischen durchaus nahegelegen hätte.

Statt dessen behielt die Philosophie der Technik, falls sie überhaupt skizziert wurde, fast stets den Charakter des Nebensächlichen, Eingestreuten, im Grunde Uninteressanten, das je nach Grundhaltung des jeweiligen Autors nur Argumente zur Apologie oder Kritik der Kultur lieferte. So gerieten die wenigen Arbeiten von Technikphilosophen und philosophierenden Ökonomen und Technikwissenschaftlern in der Mehrzahl recht pauschal und verstrickten sich in unfruchtbarer Begrifflichkeit. In der Regel begann oder endete man mit der eigenen, einen und einzigen Definition der Technik oder des Wesens der Technik. Assoziierend und spekulierend leitete man aus dem »Begriff der Technik« alle Wesensaussagen über technische Phänomene ab, indem man begriffliche Explikationen mit empirisch gehaltvollen Aussagen verwechselte und theoretische Konstrukte als reale Wesenheiten hypostasierte. Aufgrund des Mangels an wissenschaftstheoretischer Information wurde nicht gesehen, daß weder Begriffe noch deren Definitionen theoretische Konzeptionen ersetzen können. Begriffe sind keine Hypothesen, sondern lediglich notwendige Instrumente zur Formulierung von allgemeinen Aussagen und Theorien.

In dieser Weise wurde sogar noch 1969 in Becks »Philosophie der Technik« die Technik bestimmt »als Veränderung der Natur durch den Geist«, als »wesenhafte Beziehungseinheit« zwischen Objekt und Subjekt, dargestellt als Indienstnahme des Objekts durch das Subjekt (Beck 1969, S. 29, S. 51). Man fühlt sich an Hegel erinnert, wenn hier die Technik weltgeschichtlich dargestellt wird als »ein vierfaches Aus-sich-heraus-und-ineinander-hineingehen: 1. der Natur aus sich heraus und in den Geist hinein, 2. des Geistes aus sich heraus und in die Natur hinein, 3. der Natur aus sich heraus und in sich selbst hinein, 4. des Geistes aus sich heraus und in sich selbst hinein« (Beck 1969, S. 76 f). »Technik vollzieht sich als ein Ereignis wechselseitiger Offenbarung, Her-

ausforderung und Hervorholung, wechselseitiger Aufnahme und Verwirklichung, des Auseinander- und Ineinanderseins und -wirkens durch gegenseitige akthafte Teilhabe in (unvermischender und die Unterschiede nicht verwischender) Annäherung durch Abstand« (Beck 1969, S. 77). Mit begriffsrealistischen Lyrismen ist freilich den schwierigen Problemen des hochkomplexen sozialen Phänomens »Technik« ebensowenig auf die Spur zu kommen wie ihren interdisziplinären Verflechtungen zu anderen Lebensbereichen, von den methodologischen Aspekten der Technikwissenschaften ganz zu schweigen. Stellt ein Begriff zur rechten Zeit sich ein, so sind in der Nachfolge idealistisch hochfliegender Wesensdeutungen noch immer viele europäische Philosophen geneigt, das begriffliche Etikett bereits für eine theoretische Analyse zu halten.

Auch die einst repräsentative und vielbeachtete umfassende Monographie Dessauers (Dessauer 1956) beruht auf wesensphilosophischen und begriffsrealistischen Denkmustern der geschilderten Art. Zwar war Dessauer nicht nur Technikphilosoph, sondern zugleich praktizierender Forschungsingenieur, der als erster Lehrstuhlinhaber für physikalische Grundlagen der Medizin, später für Radiologie und Biophysik, selbst entscheidend an der Entwicklung von Geräten und Verfahren der Röntgenkinematographie beteiligt war, der dementsprechend mit natur- und technikwissenschaftlichen Theorien praktisch arbeiten konnte und die Struktur realwissenschaftlicher Gesetzhypothesen aus eigener Erfahrung kannte; dennoch war dieser, nach Mosers Forderung »ideale ›Philosoph der Technik‹« (Moser 1958, 1973, S. 11), der naturwissenschaftliche, technikwissenschaftliche und philosophische Kompetenz in Personalunion verkörperte, offensichtlich nicht in der Lage, den Fallstricken hypostasierender Spekulation zu entgehen. Er definierte »Technik« als »reales Sein aus Ideen durch finale Gestaltung und Bearbeitung aus natur-

gegebenen Beständen« (Dessauer 1956, S. 234). Der Ausdruck »aus Ideen« wurde von ihm so mißdeutet, daß in einem transzendenten »Reich« der eindeutig »prästabilisierten Lösungsgestalten« nach göttlichem Plan jede technische Lösung schon vorgegeben sei und durch die Entdeckung des technischen Erfinders oder Konstrukteurs lediglich noch enthüllt werden müsse. Die Geschichte des technischen Fortschritts mit ihren zahlreichen Parallelentwicklungen, mit ihrem Auf und Ab zeitweilig verworfener und später wieder auflebender Lösungsprinzipien widerlegt diese These der eindeutig vorgegebenen optimalen Lösungsgestalten ebenso wie der Umstand, daß für die gleiche technische Aufgabe häufig mehrere funktional äquivalente Alternativlösungen verwirklicht werden können und gelegentlich nebeneinander Bestand haben. Einerseits wird in Dessauers Interpretation das Schöpferisch-Konstruktive der technischen Entwicklung gegenüber dem bloßen »Erfinden« unterschätzt, andererseits sieht der Autor in technischen Werken fälschlich eine Fortsetzung des göttlichen Schöpfungsplanes mit anderen Mitteln, eine Art »Weiterschöpfung« göttlichen Urschaffens. Technik ist für ihn daher »Begegnung mit Gott« (Dessauer 1927, S. 31). Moser hat bereits 1958 zu Recht argumentiert (Moser 1958, 1973, S. 29 ff), hier werde die philosophisch überholte platonistisch-scholastische Lehre von ideal präformierten Gestalten auf technische Erfindungsvorgänge in fehlerhafter Weise übertragen. Einer wissenschaftstheoretisch orientierten Philosophie erscheint ein solcher traditioneller Idealismus, wie er in Dessauers Behauptungen über ein transzendentes Reich der eindeutig präformierten technischen Lösungsgestalten gipfelt, natürlich höchst fragwürdig. Diese Thesen ließen sich nicht einmal mehr in der Mitte der fünfziger Jahre vertreten, wenn man den damaligen Stand der wissenschaftstheoretischen Diskussion über Hypothesenbildung und -bestätigung zur Kenntnis genommen hätte.

Eine falsche Analogie zwischen technischer Gestaltung einerseits und der traditionell verstandenen göttlichen Schöpfung aus dem Nichts andererseits wird zum Angelpunkt der theonomen Technikdeutung gemacht: Techniktheorie ist hier Techniktheologie. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß Dessauers christlich-idealistische Technikphilosophie von dem Motiv geleitet wurde, den Ingenieurstand mit höheren Weihen ideologisch aufzuwerten; eine zweifelhafte Strategie, auch wenn man dem Befund zustimmen muß, daß die technischen und ingenieurwissenschaftlichen Berufe in unserer traditionell humanistisch geprägten Bildungsgesellschaft hinsichtlich ihres Sozialprestiges immer noch unterprivilegiert sind. Aber auch aus anderen Gründen ist Dessauers philosophische Deutung der Technik überholt. Es entgehen ihm nämlich die geschichtliche und soziale Bedingtheit alles Technischen und die soziale Verflechtung der Technik mit anderen Lebensbereichen. Auf die Geschichtlichkeit der Technik geht Dessauers Definition vom »Realsein aus Ideen« ebenso wenig ein wie auf die gesellschaftlichen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge technischer Hervorbringungen. Tatsächlich jedoch erweisen sich technische Innovationen indirekt als soziale Wirkfaktoren höchster Relevanz, die über die Formung der Bedürfnisse sogar persönlichkeitsprägend sind. Zwar konnte Dessauer zu seiner Zeit die beschleunigte Entwicklung technischer Systembildungen und die zunehmende Dichte der »systemhaften Zusammenhänge zwischen Technik, Gesellschaft und Umwelt« (Naudascher/Schatzmann 1972) noch nicht klar genug übersehen. Doch der Übergang vom »technischen Zeitalter« zum »systemtechnologischen Zeitalter« zeichnete sich eigentlich schon seit der Entwicklung der Kybernetik und der Systemwissenschaften nach dem zweiten Weltkrieg klar genug ab, um in einer philosophischen Deutung, die stets der Zeit ein wenig voraus sein oder wenigstens auf der Höhe der

Entwicklung des »Zeitgeistes« sein sollte, berücksichtigt werden zu können. Künftig jedenfalls wird eine philosophische Deutung des Technischen an der Interpretation systemtechnischer Zusammenhänge kaum noch vorbeigehen können.

Es würde zu weit führen, die verschiedenen Entwürfe der traditionellen Technikphilosophie hier im einzelnen nachzuzeichnen. Zur Orientierung seien jedoch die definierenden Merkmale, welche die verschiedenen Autoren ihrer jeweiligen Technikdeutung zugrunde legten, wenigstens in Stichworten zusammengestellt (vgl. a. Mitcham/Mackey 1972). »Die« Technik oder auch das »Wesen« der Technik wurde verstanden und gedeutet

1. als angewandte Naturwissenschaft (s. u.);
2. als Komplex von Instrumenten und Hilfsmitteln,
 - a) der zweckneutral ist und als anstrengungersparende Zwischenschaltung oder als Produktionsumweg für beliebige unterschiedliche Ziele einsetzbar ist (Spencer 1910, S. 329 ff; Simmel 1922, S. 547; Spranger 1930, S. 362 ff; Jaspers 1955, S. 199; Tondl 1968; Sachsse 1972, S. 51 ff);
 - b) der seinem Begriffe nach von vornherein der wirtschaftlichen Bedarfsdeckung und Notabwendung dient und naturbeherrschendes Handeln ermöglicht (Gottl-Ottlilienfeld 1923, S. 20);
 - c) der allgemein der Entlastung und Daseinsgestaltung sowie der Existenzvorsorge dient (Gehlen 1957, S. 18 f; Jaspers 1955, S. 97);
3. als Ausdruck menschlichen Machtstrebens und Ausbeutungswillens gegenüber der Natur sowie des organisationsgerichteten Lenkungs- und Steuerungswillens aufgrund des wissenschaftlich erarbeiteten Leistungswissens (Spengler 1931, S. 64; Scheler 1926, S. 143; Ellul 1954; Buchanan 1962);
4. als seinsgeschichtlich sich entwickelndes »Entbergen« und »Stellen« der Natur zur

Energielieferung und zum gelenkten Energietransfer sowie zur kontrollierten Energietransformation und als Aufforderung an den Menschen, die »gestellte« Natur »als Bestand zu bestellen« (Heidegger 1962; S. 5 ff u. S. 37 ff);

5. als das »Realwerden aus Ideen« bzw. als »reales Sein aus Ideen durch finale Gestaltung und Bearbeitung aus naturgegebenen Beständen«, wobei die Problemlösungen aus einem »Reich prästablierter Lösungsgestalten« vom Erfinder ausfindig gemacht und in einem Akte der Nachschöpfung oder Weiterschöpfung göttlichen Urschaffens realisiert werden (Dessauer 1956);
6. als realisierte oder angestrebte säkularisierte Selbsterlösung des Menschen durch sein eigenes Handeln, »durch werktätiges Gestalten der Wirklichkeit« (Brinkmann 1946, S. 105 ff);
7. als Erzeugung des objektiv Überflüssigen, das jedoch den Menschen erst zum Kulturwesen macht, für ihn also im weiteren Sinne nötig ist und somit den Menschen geradezu zum kulturschaffenden »technischen Wesen« macht (Ortega y Gasset 1949);
8. als »Emanzipation von den Schranken der organischen Natur« (Freyer 1929);
9. als Entwurf einer künstlichen Umwelt als Ganzheit sowie als fortschreitender Ersatz der natürlichen Umwelt durch eine »selbstgeschaffene Kulturwelt« (Schilling 1968, S. 205 ff);
10. als Objektivierung menschlicher Arbeit und Leistung und somit als Grundlage und Instrument der mittelbaren Selbstdeutung des handelnden Wesens in seinen Werken, das auf Auslegung, Projektion und Resonanz in »ein Nicht-Ich« angewiesen ist (Gehlen 1957, S. 16 ff).

Es ist hier nicht der Ort, diese Ansätze, Entwürfe und Deutungen im einzelnen zu kritisieren. Die meisten der genannten Varianten hat Moser in der seinerzeit umfassendsten kriti-

schen Auseinandersetzung mit der traditionellen Technikphilosophie überzeugend widerlegt, eingeschränkt oder modifiziert (Moser 1958, 1973). Über Mosers Kritik hinaus ist vor allem zu bedenken: Jeder dieser traditionellen Ansätze zu einer philosophischen Deutung der Technik schränkt sich monolithisch und dogmatisch auf einen einzigen charakteristischen Wesenszug »der« Technik ein. Dies bedeutet eine methodische Selbsteinschränkung; denn der Vielfalt eines derart komplexen und mit fast allen anderen Sozial- und Lebensbereichen verzahnten Phänomens kann man in keiner Weise gerecht werden, wenn man nur einen der erwähnten Ansätze zugrunde legt. Wichtige interareale Verflechtungen und interdisziplinäre Bezüge wurden daher in den traditionellen Technikdeutungen nicht gesehen, müssen jedoch in zeit- und problemgerechten künftigen Entwürfen philosophischer Technikinterpretation, wie noch zu zeigen sein wird, ihren Platz finden.

3. Technologische Ansätze

3.1. Allgemeines

Selten genug hat sich die professionelle Philosophie mit den Problemen der Technik beschäftigt, und ihre Resultate blieben, wie im vorigen Kapitel gezeigt wurde, durchweg recht fragwürdig. Noch seltener jedoch stößt man auf grundsätzliche und allgemeine Beschreibungs- und Erklärungsversuche aus dem Kreise derer, die unmittelbar oder doch mittelbar mit den Phänomenen der Technik alltäglich befaßt sind: der Technikwissenschaftler und der Ökonom. Insbesondere die verschiedenen Technikwissenschaften konzentrieren sich in der Regel zu sehr auf die mannigfaltigen Gegenstände ihres jeweiligen Spezialgebietes, als daß sie in der Lage wären, die Grenzen ihres Bereiches zu überschreiten und generelle Pro-

bleme der Technik ins Auge zu fassen. Eher finden sich solche Tendenzen schon im Grenzgebiet zwischen Technik und Wirtschaft, und einige Ökonomen haben bemerkenswerte Beiträge zur Systematisierung und Generalisierung technischer Phänomene geleistet. Auch das Programm einer allgemeinen Techniklehre (Prion 1930) stammt von einem Ökonomen und ist insbesondere innerhalb der Betriebswirtschaftslehre immer wieder postuliert worden (Zeidler 1949; Riebel 1963), ohne freilich weiterführende Arbeiten damit bewirkt zu haben. Was Moser für die Technikphilosophie konstatierte, gilt gleichermaßen für die Technikwissenschaften und die Ökonomie: Es gibt »keinen Entwurf im großen, der sowohl das Wesen der Technik als auch ihre großen Gebiete betreffen würde« (Moser 1958, 1973, S. 11), der eine »Gesamtbeschreibung der Phänomene der neuzeitlichen Technik« (ebenda) und die Einordnung technischen »Einzelgeschehens in einen größeren Lebens- und Weltzusammenhang« (ebenda, S. 13) in Angriff genommen hätte. Folgerichtig fordert Moser eine theoretische Grundlegung der Technik von der Art, wie sie von Riemann und Cantor für die Mathematik geleistet worden ist; »aber solche Untersuchungen stehen für die Technik noch aus« (ebenda, S. 15) — heute noch genauso wie zur Zeit der ersten Niederschrift dieser Feststellung.

Nichtsdestoweniger ist im folgenden von einigen vereinzelt Ansätzen zu berichten, denen eine solche theoretische Grundlegung der Technik, ist sie erst einmal erfolgt, einiges zu verdanken haben. Im Gegensatz zu den spekulativen Wesensdeutungen der Philosophie zeichnen sich diese Ansätze durch größere Nüchternheit und engeren Realitätsbezug aus. Ausgangspunkte sind insbesondere Fragen der folgenden Art:

- Welche allgemeinen Prinzipien liegen technischen Gebilden zugrunde, und welche charakteristischen Typen von technischen

Gebilden lassen sich aufgrund kennzeichnender Merkmale abgrenzen?

- Wie gestaltet sich die Verwendung technischer Hervorbringungen in Lebenswelt und Arbeitswelt?
- Mit welchen allgemeinen Methoden und Verfahrensweisen werden technische Erfindungen gemacht und in soziotechnischen Institutionen verwirklicht?
- Auf welche Art und Weise sind Herstellung und Verwendung technischer Gebilde durch Informations-, Entscheidungs- und Durchsetzungsprozesse mit wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Zielsetzungen vermittelt? Und schließlich:
- Wie ist der »technische Fortschritt« zu beschreiben, zu erklären und zu steuern?

Wenn die Ansätze, die derartige Fragen zum Gegenstand haben, als technologische Ansätze apostrophiert werden, dann wird »Technologie« hier im weiteren Sinne als Wissenschaft von der Technik und ihren sozioökonomischen Entstehungs- und Verwendungszusammenhängen verstanden (Ropohl 1972 a). Zunächst sollen im folgenden die historischen Quellen eines derartigen Technologiekonzeptes skizziert und in ihrer Bedeutung und Wirkung gewürdigt werden. Des weiteren jedoch ist keineswegs eine lückenlose Geschichtsschreibung generalistischer Techniktheorie beabsichtigt; vielmehr soll anhand ausgewählter Autoren aus Vergangenheit und Gegenwart ein exemplarischer Überblick über bedeutsame Problemstellungen und Lösungsversuche einer in Entwicklung befindlichen allgemeinen Technologie vermittelt werden.

3.2. Ältere Konzepte

Gleichzeitig mit dem Beginn der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert setzten verschiedene Versuche ein, die damals verfügbaren technischen Kenntnisse und Fertigkeiten in

objektivierenden Beschreibungen zu erfassen. In Übereinstimmung mit dem seinerzeitigen technisch-ökonomischen Entwicklungsstand waren es insbesondere die Handwerke und die Manufakturen, die in solchen Darstellungen erfaßt wurden. Neben anderen Autoren (s. Timm 1964, S. 31 ff) war es insbesondere der Kameralwissenschaftler und Ökonom Johann Beckmann, der diese Handwerksbeschreibungen — man bezeichnete sie damals im Hinblick auf das Begriffspaar der »freien« und »mechanischen Künste« auch als »Kunstgeschichte« — zur »Technologie« erhob (Beckmann 1789, S. 18).

Beckmanns »Anleitung zur Technologie oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehen (nebst Beyträgen zur Kunstgeschichte)«, deren erste Auflage 1777 in Göttingen erschien, markiert in der Tat die Geburt der Technologie, ihres Begriffes ebenso wie ihres Wissenschaftsprogramms. Beckmann bestimmt die Technologie als »die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kentniß der Handwerke lehrt« (Beckmann 1789, S. 17), »welche alle Arbeiten, ihre Folgen und ihre Gründe vollständig, ordentlich und deutlich erklärt« (ebenda, S. 19). In der Vorrede (ebenda, ohne Paginierung) nennt er selbst als erkenntnisleitende Interessen: den Kameralisten technische Kenntnisse zur wirtschaftspolitischen Steuerung des Gewerbelebens zu vermitteln; den Rohstoffproduzenten und -händlern Aufschluß über die Bedarfsstruktur ihrer weiterverarbeitenden Abnehmer zu geben; die Erforschung und den Import technischen Wissens aus dem Ausland zu fördern; sowie dem Konsumenten eine praktische Warenkunde zur Verfügung zu stellen, weil technologische Kenntnisse »jedem, er sey, wer er wolle, Gelehrter oder Ungelehrter, sowohl bey dem Ankaufe als Gebrauche der Waaren dienen« (ebenda). Da zu Beckmanns

Zeiten Produktgestaltung und Produktion durchweg noch nicht in arbeitsteiliger Spezialisierung voneinander geschieden waren, umfaßt sein Technologiekonzept konsequenterweise nicht nur die Herstellungsverfahren, sondern auch die daraus hervorgehenden Erzeugnisse, wie die Einzelbeschreibungen einer Reihe von Handwerken deutlich demonstrieren. Der in den Ingenieurwissenschaften heute übliche enge Technologiebegriff (Grünewald 1971) widerspricht also offensichtlich Beckmanns Intentionen. Ausdrücklich erklärt Beckmann, die Technologie solle »keine Tuchweber, keine Brauer, überhaupt keine Handwerker bilden, als welche insgesamt, zu Ausübung ihrer Künste, viele Fertigkeiten und Handgriffe nöthig haben, die alle einzeln, durch langweilige Übung, erworben werden müssen, welche aber denen, welchen ich zu dienen suche, unnöthig sind« (ebenda). Vielmehr geht es ihm um Orientierungswissen, das in der verwirrenden Fülle der konkreten Einzelercheinungen die allgemeinen Grundzüge und die Gemeinsamkeiten aufscheinen läßt. Besonders deutlich wird diese Zielsetzung in Beckmanns »Entwurf der allgemeinen Technologie« aus dem Jahre 1806. Während »der besondere Teil« der Technologie »die Beschreibungen der einzelnen Handwerke« enthält, ordnet die allgemeine Technologie »die Gesamtheit der in den verschiedensten Gewerben vorkommenden einzelnen Verfahrensarten nach der Gleichheit oder Ähnlichkeit ihres Zweckes in Rubriken, deren jede eine Gruppe verwandter Bearbeitungsmittel darbietet, wobei die Art der Materialien, auf welche die Bearbeitung angewendet wird, nur eine Nebenrück-sicht begründet« (Karmarsch 1872, S. 866), mit dem Ziel, »gründliche und allgemeine Begriffe von den Gegenständen, welche sie (die Handwerker) bearbeiten, und von den dazu gebräuchlichen Verfahren (zu) erleichtern, und überhaupt eine Übersicht (zu) gewähren« (Beckmann 1806, S. 19). Mit diesem Programm nimmt Beckmann eine funktionale Betrachtung

tungsweise vorweg, die eine Vielfalt konstruktions- und verfahrenstechnischer Einzellösungen auf die ihnen zugrundeliegenden Grundoperationen oder Grundfunktionen zurückführt und die erst neuerdings in Konstruktionswissenschaft und Systemtechnik (s. unten) als methodisches Konzept in die Technikwissenschaften eingeführt wird. Aber auch die ökonomische, die soziale und die politische Dimension der Technologie erkennt Beckmann in keiner Weise; beschäftigt er sich doch mit Geschichte und Sozialverfassung der Handwerke, mit Fragen der Standortwahl und der Preisbildung sowie mit den Wechselwirkungen zwischen Technik und Staatsverwaltung.

Beckmanns Wissenschaftsprogramm der Technologie fand im 19. Jahrhundert große Resonanz (Karmarsch 1872; s. a. Timm 1964). Karl Karmarsch, Direktor der polytechnischen Schule zu Hannover, veröffentlichte 1872 eine »Geschichte der Technologie« im Rahmen einer umfangreichen Sammlung »Geschichte der Wissenschaften in Deutschland«, mit der er nicht nur eine noch heute lesenswerte technikgeschichtliche Bestandsaufnahme vorlegte, sondern zugleich, freilich ohne diesen Wendepunkt erkennen zu können, den Nekrolog für Beckmanns generalistisches Technologiekonzept absolvierte. In der Folgezeit nämlich geriet die »Technologie« zu einer Spezialdisziplin der Technikwissenschaften, die sich auf eine Verfahrenslehre der Stoffgewinnung und Stoffverarbeitung konzentrierte. Wenn auch schon Karmarsch den Maschinenbau, »die Lehre vom Konstruieren oder Entwerfen der Maschinen für vorgeschriebene Aufgaben« als selbständige Wissenschaft betrachtete (Karmarsch 1872, S. 18) und die Bautechnik in seinem Werk nicht berührte, so trug er doch andererseits der technischen Entwicklung, die seit Beckmann stattgefunden hatte, Rechnung, indem er die Energietechnik (»Bewegungsmaschinen«, ebenda, S. 195 ff; »Erleuchtung und Heizung«, ebenda, S. 840 ff), die Verkehrstechnik (ebenda,

S. 98 ff) und die Informationstechnik (»Posten« und »Telegraphen«, ebenda, S. 124 ff; »graphische Künste«, ebenda, S. 770 ff) in den Gegenstandsbereich der Technologie einbezog. Aufs Ganze gesehen jedoch kann man mit Karmarschs Werk den Zeitpunkt datieren, zu dem die Einheit der Technologie verlorenging und sich im Zuge der Spezialisierung in eine Vielzahl divergierender Technikwissenschaften zersplittete.

Bevor dies geschah, wurde jedoch das technologische Erbe von einem Universalisten und Generalisten rezipiert, der es in seine globale Geschichts- und Gesellschaftstheorie einzuschmelzen verstand: Nachweislich hat sich Karl Marx mit den Arbeiten Beckmanns und seines Schülers J. H. M. von Poppe eingehend auseinandergesetzt (Timm 1964, S. 60; Kusin 1970, S. 12) und seine Einsichten und Schlußfolgerungen in den bislang unveröffentlichten »Heften zur Technologie« (Marx 1861/63; zitiert nach Grigorjan 1963) niedergelegt. Schon aus diesem Grunde scheint es nicht unberechtigt, den Marxschen Beitrag zur Techniktheorie unter die technologischen Ansätze zu subsumieren. Da Protagonisten der gegenwärtigen Marxismus-Renaissance zu gewissen Mißverständnissen neigen (Holz 1974, S. 179), sei ausdrücklich betont, daß die vorliegende Skizze weder Marx auf die Technologie reduzieren noch die Priorität der Technologie gegenüber der politischen Ökonomie reklamieren will; nur neoscholastischer Dogmatismus kann Subordinationsverhältnisse zwischen unterschiedlichen wissenschaftlichen Fragestellungen behaupten, die einander angesichts der Komplexität der behandelten Gegenstandsbereiche eher interdisziplinär zu ergänzen als ideologisch zu bekämpfen hätten. Mit anderen Worten: Die Marxsche Techniktheorie ist ein Element seines Werkes; sie im vorliegenden Zusammenhang in den Mittelpunkt zu rücken, bedeutet weder, ihre Zusammenhänge mit der Marxschen Geschichts- und Gesellschaftsphiloso-

phie zu ignorieren noch diese vorbehaltlos zu akzeptieren.

Anders als viele der oben erwähnten Technikphilosophen ist Karl Marx zumindest im Hinblick auf »die Technik« keinem Begriffsfetischismus verfallen: An die Stelle des Technikbegriffs und seiner Definition treten relativ konkrete Bestimmungen technischer Grundphänomene wie »Maschine«, »Maschinerie«, »Arbeitsmittel« und ähnliche (Kusin 1970, S. 96 ff). Zunächst erscheint die Technik als das Medium, in dem sich der Mensch arbeitend mit der Natur auseinandersetzt, indem er in produktiver Tätigkeit »besondere Naturstoffe besonderen menschlichen Bedürfnissen assimiliert« (Marx, MEW 23, S. 57) und zu diesem Zweck Arbeitsmittel verwendet (ebenda, S. 192 ff). Die meisten Arbeitsmittel, ebenso wie der Großteil vorbearbeiteter Arbeitsgegenstände, sind selber Produkte vorausgegangener Arbeitsprozesse und repräsentieren aus diesem Grunde »vergegenständlichte Arbeit« (ebenda, S. 195), »vergangene, objektivierte Arbeit« (Marx, MEW 13, S. 617). Eindeutig analysiert Marx hier den Doppelcharakter technischer Artefakte als Produkt und Produktionsmittel (Marx, MEW 23, S. 196), ein Phänomen, das von gegenwärtigen techniktheoretischen Untersuchungen noch nicht immer klar genug gesehen wird. Marx bleibt nun aber nicht bei einer ahistorisch-anthropologischen Bestimmung der Produktion von Technik und mittels Technik stehen, so zweckmäßig der Begriff der »Produktion im allgemeinen« als »Abstraktion« (Marx, MEW 13, S. 617) sein mag. Vielmehr ist »alle Produktion Aneignung der Natur von Seiten des Individuums innerhalb und vermittelt einer bestimmten Gesellschaftsform« (ebenda, S. 619). Technik kann also nicht losgelöst von den gesellschaftlichen Bedingungen betrachtet werden, aus denen sie hervorgeht und die sie mitbestimmt; Produktion ist ein — so würde man heute sagen — soziotechnisches System und Technik demnach ein integraler Bestandteil

sozialer Praxis. Aus der Geschichtlichkeit der Gesellschaftsformationen folgt dann zwingend die Geschichtlichkeit der Technik; und einer materialistischen Geschichtsauffassung stellt sich gar »die Entwicklung der materiellen Produktion« als »die Grundlage alles gesellschaftlichen Lebens und daher aller wirklichen Geschichte« dar (Marx, MEW 23, S. 195).

Die Marxsche Techniktheorie leitet sich aus der Analyse des Arbeits- und Produktionsprozesses ab. Ausdrücklich heißt es: »Nicht was gemacht wird, sondern wie, mit welchen Arbeitsmitteln gemacht wird, unterscheidet die ökonomischen Epochen«, und Marx merkt an: »Von allen Waren sind eigentliche Luxuswaren die unbedeutendsten für die technologische Vergleichung verschiedener Produktionsepochen« (Marx, MEW 23, S. 194 f). In dieser Akzentsetzung liegt, bezogen auf die technische Welt der Gegenwart, ohne Zweifel eine beträchtliche Verkürzung. Technik beschränkt sich heute keineswegs mehr auf die Produktionsmittel; ein erheblicher Teil technischer Artefakte, etwa die sogenannte Unterhaltungselektronik, die Hobbytechniken wie Photographie und Schmalfilmtechnik und dergleichen mehr ließen sich wohl nur bei recht gewaltsamer Interpretation mit dem Arbeitsprozeß in Zusammenhang bringen, »worin der Mensch seinen Stoffwechsel mit der Natur durch seine eigene Tat vermittelt, regelt und kontrolliert« (ebenda, S. 192), sondern erscheinen in der Tat als »Luxuswaren«, die gleichwohl für die soziotechnische Situation der gegenwärtigen Epoche von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind. Von dieser Einschränkung abgesehen, erbringt jedoch die Marxsche Analyse technischer Phänomene eine Reihe von grundlegenden Einsichten, die von Automatisierungstheoretikern und Systemtechnikern, sofern sie Marx ignorierten, erst in den letzten Jahren von neuem erarbeitet werden mußten. »Die ganz moderne Wissenschaft der Technologie« beruht auf dem »Prinzip, jeden Produktionsprozeß, an

und für sich und zunächst ohne alle Rücksicht auf die menschliche Hand, in seine konstituierenden Elemente aufzulösen«, und »entdeckte ... die wenigen großen Grundformen der Bewegung, worin alles produktive Tun ... notwendig vorgeht« (ebenda, S. 510). Eine solche Betrachtungsweise läßt sich nicht von der vordergründigen Mannigfaltigkeit gerätetechnischer Ausführungsformen irritieren, sondern identifiziert allgemeine Grundfunktionen, die aller Maschinerie gemeinsam sind: Antrieb, Energieübertragung und Arbeitsbewegung (ebenda, S. 393), wobei diese Grundfunktionen ebenso von personalen wie technischen Funktionsträgern realisiert werden können (ebenda, S. 394). Wenn nun immer mehr Grundfunktionen des Produktionsprozesses auf technische Einrichtungen übergehen, so tritt »an die Stelle der einzelnen selbständigen Maschinen ein eigentliches Maschinensystem, wo der Arbeitsgegenstand eine zusammenhängende Reihe verschiedener Stufenprozesse durchläuft, die von einer Kette verschiedenartiger, aber einander ergänzender Werkzeugmaschinen ausgeführt werden« (ebenda, S. 400). Die technische Entwicklung tendiert zu umfassenden Systembildungen, die mit der Automatisierung Hand in Hand gehen: Das »automatische System der Maschinerie« ist »nur die vollendetste adäquateste Form derselben und verwandelt die Maschinerie erst in ein System« (Marx 1953, S. 584).

Diese verallgemeinernde Beschreibung technischer Erscheinungen findet ihre notwendige Ergänzung in Untersuchungen der Verwendungs- und der Entstehungszusammenhänge der technischen Gebilde, insbesondere der Arbeitsmittel. Im Vordergrund steht das Mensch-Maschine-System der Produktion und seine technik- und sozialgeschichtlichen Wandlungen. Das Verwendungsverhältnis, das sich dem technologischen Diagnostiker des 19. Jahrhunderts darbot — und auch gegenwärtig noch keineswegs überwunden ist —, ist vorwiegend

durch »die Herrschaft der vergangenen Arbeit über die lebendige« gekennzeichnet, dadurch, »daß nicht der Arbeiter die Arbeitsbedingungen, sondern die Arbeitsbedingungen den Arbeiter anwenden« (Marx 1861/63, zitiert nach Grigorjan 1963). Ganz allgemein, hier über die Arbeitswelt hinausgehend, erkennt Marx, daß die Produktion, also die Art und Weise, wie technische Artefakte verwirklicht worden sind, »auch der Konsumtion ihre Bestimmtheit, ihren Charakter, ihren Finish« gibt. »Nicht nur der Gegenstand der Konsumtion, sondern auch die Weise der Konsumtion wird daher durch die Produktion produziert« (Marx, MEW 13, S. 623 f). Die aus der Produktion hervorgehenden Artefakte inkorporieren in der Regel gewisse Verwendungsprogramme, die ein bestimmtes Benutzerverhalten und somit eine Art »Sachzwang« nahelegen (Linde 1972). — Während Marx über die Entstehung einzelner technischer Lösungen sehr wenig sagt, lediglich in einer Fußnote die individualistische Deutung der Erfinderpersönlichkeit verwirft (»Eine kritische Geschichte der Technologie würde überhaupt nachweisen, wie wenig irgendeine Erfindung des 18. Jahrhunderts einem einzelnen Individuum gehört«, Marx, MEW 23, S. 392), findet die technische Entwicklung im ganzen in Übereinstimmung mit Marxens Technikbegriff natürlich größere Beachtung. Im Marxschen Geschichtsmodell spielen die »Produktionsverhältnisse« und »Produktivkräfte« sowie deren Wechselwirkungen eine zentrale Rolle. Wenn man, wie dies in der neueren marxistischen Literatur durchweg geschieht (Grigorjan 1963; Autorenkollektiv 1973), die Technik den Produktivkräften subsumiert, so treten Technikgeschichte und allgemeine Geschichte in den engsten Zusammenhang: »Die Handmühle ergibt eine Gesellschaft mit Feudalherren, die Dampfmühle eine Gesellschaft mit industriellen Kapitalisten.« (Marx, MEW 4, S. 130). Der nachgerade »technokratische« Charakter dieses Zitates wird zwar durch die Annahme eines »dialektischen« Wechselwir-

kungsverhältnisses zwischen »Produktivkräften« und »Produktionsverhältnissen« relativiert; aufs Ganze gesehen bleiben jedoch die Determinationsbeziehungen zwischen beiden Komponenten zu unklar, als daß man hier bereits von einem hinlänglich bewährten theoretischen Modell sprechen könnte (Ropohl 1973 b; im Gegensatz dazu Holz 1974), ganz abgesehen davon, daß der Begriff der Produktivkräfte selbst in der innermarxistischen Diskussion noch keineswegs völlig geklärt ist (Marachow 1972; Autorenkollektiv 1972, S. 34 ff). Allerdings erkennt Marx bereits jene beiden gegensätzlichen »Mechanismen« der technischen Entwicklung, die heutige Autoren als »Bedarfsinduktion« und »autonome Induktion« bezeichnen (Pfeiffer 1971, S. 95 ff): Einerseits resultieren neue Erfindungen aus vorhandenen Bedürfnissen (Kusin 1970, S. 78), andererseits führt »das befriedigte erste Bedürfnis selbst, die Aktion der Befriedigung und das schon erworbene Instrument der Befriedigung zu neuen Bedürfnissen« (Marx/Engels, MEW 3, S. 28); »die Produktion liefert dem Bedürfnis nicht nur ein Material, sondern sie liefert dem Material auch ein Bedürfnis« (Marx, MEW 13, S. 624). Allerdings teilt dieses Konzept seine Unschärfe mit jeder Sowohl-als-auch-Theorie: Solange nicht präzisiert wird, wann dieser und wann jener »Mechanismus« in Kraft tritt, sind derartige »Gesetzhypothesen« weder zur Erklärung vergangener noch zur Prognose künftiger technischer Entwicklungen besonders nützlich. — Mit dieser, zugegebenermaßen bruchstückhaften Skizze der Marxschen Technologie soll es sein Bewenden haben; und wenn auch, um dies zu wiederholen, nicht die Absicht bestand, das Marxsche Werk auf die Technologie zu reduzieren, so würde man sich andererseits wünschen, daß mancher heutige Marxist in solchem Maße auch Technologe wäre, wie es K. Marx unzweifelhaft gewesen ist.

Während die Technologie im weiteren Sinne mit Karl Karmarsch zunächst ihren Abschluß

gefunden hatte, tauchte wenig später der ganz anders geartete Versuch auf, eine »Theorie des Maschinenwesens« mit Hilfe der Kinematik, der physikalischen Lehre von den Bewegungsformen, aufzubauen (Reuleaux 1875); dabei nimmt Reuleaux ausdrücklich für sich in Anspruch, seine Leistung liege »fast ganz, sei es direkt oder sei es indirekt, auf dem logischen und philosophischen Gebiete, namentlich dem ersten« (ebenda, S. IX). Sein Ziel ist es, »die Maschinenwissenschaft der Deduktion zu gewinnen« und »deren Lehrgebäude so zu gestalten, daß es sich auf wenigen, ihm eigentümlichen Grundwahrheiten erhebt. Auf deren Ernst und Einfachheit muß der ganze Gestaltenreichtum zurückführbar sein, aus ihnen muß er umgekehrt entwickelbar sein« (ebenda, S. 26). So wird die dem französischen Mechaniker Poncelet zugeschriebene (ebenda, S. 13) und auch von Marx (s. oben) übernommene funktionale Dreiteilung der Maschine in Antrieb, Transmission und Werkzeug kritisiert und durch eine rein kinematische Deutung ersetzt (ebenda, S. 472 ff), derzufolge eine Maschine »eine Verbindung von widerstandsfähigen Körpern ist, welche so eingerichtet ist, daß mittelst ihrer mechanische Naturkräfte genötigt werden können, unter bestimmten Bewegungen zu wirken« (ebenda, S. 492); auch Antriebsaggregate und Werkzeug-Werkstück-Verknüpfungen sind nach Reuleaux nichts weiter als »geschlossene kinematische Ketten« (ebenda, S. 491). Reuleaux' Plan, eine axiomatische Theorie des Maschinenwesens zu begründen, der nicht nur der Beschreibung und dem Verständnis bereits bekannter Mechanismen dienen, sondern auch »die Mittel enthalten« sollte, »mittelst deren man zu neuen Mechanismen gelangen kann«, die »also an die Stelle des Erfindens im bisherigen Sinne treten« könnten (ebenda, S. 23), — dieser Versuch nötigt in seinen Intentionen noch heute Respekt ab, wenn auch die Einseitigkeit seiner Ausführung offen zutage liegt: Nicht genug damit, daß Technik auf angewandte

Naturwissenschaft reduziert wird, beschränkt sich der Entwurf von Reuleaux auf die Mechanik und da auch noch auf deren Teilgebiet, die Kinematik. Kein Wunder, daß solch szientistische Blickverengung im Kapitel »Bedeutung der Maschine für die Gesellschaft« (ebenda, S. 514 ff) zu der skurrilen Schlußfolgerung führt, die Konzentration der Industrie und die damit einhergehende Vorherrschaft des Kapitals beruhe lediglich auf der Aggregatgröße der als Energiequelle erforderlichen Dampfmaschinen und lasse sich rückgängig machen, wenn man der »Kleinmeisterei« und der »Hausindustrie« »kleine, mit geringen Kosten betreibbare Kraftmaschinen« zur Verfügung stelle (ebenda, S. 527).

Schließlich ist noch — in einer dem Gehalt seines Werkes sicher nicht angemessenen Kürze — auf einen Autor hinzuweisen, der eine äußerst elaborierte Prinzipienlehre der Technik vorgelegt hat: Gottl-Ottlilienfeld (1923) hat, ebenso wie Marx die Technik in der Produktion begründend, die Struktur der Produktion analysiert und daraus eine Systematik technischer Prinzipien abgeleitet (Gottl-Ottlilienfeld 1923, S. 64—129), die, wohl nicht zuletzt infolge ihrer eigenwilligen Terminologie, in der Folgezeit und bis heute viel zu wenig Beachtung gefunden hat. Es führte zu weit, diesen Ansatz hier im einzelnen zu referieren und zu würdigen; als Andeutung möge genügen, daß technische Prinzipien wie Normung, Automatisierung, Kontinuierung (Rotationsprinzip; Fließprinzip), ja, selbst das gegenwärtig so aktuell werdende Prinzip des »recycling« (»Prinzip der Regeneration des Verbrauchten«; ebenda, S. 78) in diesem theoretischen Entwurf ihren Platz gefunden haben. Darüber hinaus hat man Gottl-Ottlilienfeld die terminologische Abgrenzung der »Realtechnik« (i. e. »das abgeklärte Ganze der Verfahren und Hilfsmittel des naturbeherrschenden Handelns«; ebenda, S. 9) von anderen »Techniken« sowie eingehende Untersuchungen über den technischen Fortschritt als

Zuwachs technischen Könnens und den technologischen Fortschritt als Zuwachs technisch-wissenschaftlichen Wissens (ebenda, S. 165 ff) zu verdanken, wenn freilich auch eine gewisse Dominanz wirtschaftlicher Kategorien in diesen Betrachtungen durchaus der kritischen Auseinandersetzung bedarf.

3.3. Aktuelle Tendenzen

Gegenüber den vereinzelt Ansätzen zu einer generalisierenden Techniktheorie in der Vergangenheit kann man seit etwa 20 Jahren eine ständig wachsende Anzahl technologischer Verallgemeinerungsversuche registrieren, die mehr oder minder aus den Ingenieurwissenschaften selbst erwachsen. Diese Erscheinung muß ohne Zweifel mit den grundlegenden Tendenzen der gegenwärtigen technischen Entwicklung (Ropohl 1974, S. 1 ff) in Verbindung gebracht werden, die von marxistischen Autoren unter dem Schlagwort »wissenschaftlich-technische Revolution« zusammengefaßt werden (Richa 1971; Autoren-Kollektiv 1972; Autoren-Kollektiv 1973). Diese Ansätze, die bezeichnenderweise kaum noch einzelnen Autoren zugerechnet werden können, kristallisieren sich nur allmählich und zum Teil noch wenig profiliert aus einer Fülle technikwissenschaftlichen und auch praxisbezogenen Diskussionsmaterials heraus. Die Gliederung, die im folgenden vorgenommen wird, kann daher einer gewissen Willkür nicht entbehren und soll lediglich der vorläufigen Orientierung dienen.

Zunächst ist hier die sogenannte Konstruktionswissenschaft zu nennen, an deren Entwicklung Autoren wie Kesselring (1954), Hansen (1965) und Mitarbeiter, Rodenacker (1970), Beitz (1970), Koller (1973) und andere beteiligt sind (als Überblick vgl. Scharf 1974). Das technische Konstruieren als geistige Antizipation künftiger Lösungsgestalten bediente sich bislang durchweg intuitiver Vorgehensweisen.

Demgegenüber versuchen die Vertreter der »Konstruktionssystematik« bzw. des »methodischen Konstruierens« die »Kunst« des Konstruierens in eine lehrbare Wissenschaft zu überführen, indem sie die sonst zum Teil unbewußt und unkontrolliert ablaufenden Prozesse der Ideenfindung als objektivierbare Prozeduren in heuristischen Algorithmen (Müller 1970) transparent machen und präzisieren. Ähnlich der Methodenlehre wissenschaftlichen Erkennens, wie sie von der Wissenschaftstheorie entwickelt wurde, entsteht hier eine Methodologie technischen Gestaltens, die dem praktisch tätigen Konstrukteur, dem Studenten der Technikwissenschaften wie auch dem technischen Laien ein besseres Verständnis konstruktiver Entwurfs- und Entwicklungsarbeit zu vermitteln verspricht. Einschränkend sei allerdings vermerkt, daß es sich, wie in der Wissenschaftstheorie, so auch in der Konstruktionswissenschaft teilweise um idealtypische oder auch quasi-normative, rationale Rekonstruktionen praktischer Problemlösungstätigkeit handelt, deren deskriptive Analyse zu einem nicht unerheblichen Teil der Psychologie kreativer Prozesse zukäme. Nichtsdestotrotz sind derartige rationale Rekonstruktionen nicht nur von theoretischem Wert, sondern können auch als intersubjektive Regulative bei der Ideenfindung dienen und erleichtern darüber hinaus die Identifizierung und Ausgliederung geeigneter Teilprozeduren, die beim »rechnergestützten Konstruieren« der maschinellen Datenverarbeitung übertragen und auf diese Weise automatisiert werden können.

Die verschiedenen Vorschläge und Varianten der Konstruktionsmethodik können hier natürlich nicht im einzelnen dargestellt werden. Statt dessen muß ein geraffter Überblick genügen, der gewissermaßen den gemeinsamen Nenner all dieser Tendenzen deutlich machen mag. Der Grundgedanke besteht wohl darin, nicht die erstbeste Lösung, die dem Konstrukteur vielleicht durch Intuition oder durch das

Vorbild bewährter Standardkonstruktionen nahegelegt wird, auszuarbeiten, sondern zunächst eine beträchtliche Anzahl alternativer Prinziplösungen, manche sprechen sogar von der Totalität aller denkbaren Lösungen, aufzufächern, damit aus diesem Spektrum dann die optimale Lösung ausgewählt werden kann. Diese »Lösungsstrategie der totalen Suche« (Lipp 1970) bedient sich unter anderem mehrdimensionaler Klassifikationsmethoden (Ropohl 1972 b), in denen die möglichen Lösungsvarianten zunächst nicht in bildhaft-gegenständlicher Konkretion, sondern als Kombinationen abstrakter Grundfunktionen oder physikalischer Effekte aufscheinen. Natürlich erfordert dieses methodologische Konzept als materiale Substanz eine ausgearbeitete Systematik technischer Funktionsprinzipien und technisch verwertbarer physikalischer Effekte, die ganz offensichtlich in die eingangs erwähnte allgemeine Techniklehre einmünden könnte. Aber auch das Bewertungs- und Auswahlproblem, daß sich beim methodischen Konstruieren infolge der Fülle der ermittelten Lösungsalternativen gegenüber der konventionellen Konstruktionspraxis erheblich zuspitzt, erfährt infolgedessen zunehmende Beachtung und methodologische Reflexion. Die Auseinandersetzung mit Zielkonkurrenzen zwischen technischen und wirtschaftlichen Zielen, die Berücksichtigung qualitativer Nutzenkategorien in der sogenannten Wertanalyse und dergleichen mehr schärfen das Bewußtsein für den normativen Aspekt technischer Tätigkeit. Schließlich hat sich herausgestellt, daß man mit den erwähnten methodischen Prozeduren nur dann innovationsträchtige Lösungskataloge gewinnt, wenn man die Konstruktionsaufgabe auf einem möglichst hohen Abstraktionsniveau formuliert. Immer deutlicher erkennt man in diesem Zusammenhang den Nutzen systemtheoretischer Beschreibungsmodelle; darin kündigt sich eine Verbindung zwischen Konstruktionswissenschaft und Systemtechnik an.

Hatte schon Gottl-Ottlilienfeld mit seiner These von der Verflechtung aller einzelnen Fortschritte zur Gesamtbewegung der Technik und der systemhaften Integration des technikwissenschaftlichen (»technologischen«) Fortschritts (Gottl-Ottlilienfeld 1923, S. 174 ff) auf die Interdependenz der Teilsysteme einer von der Technik geprägten Gesellschaft hingewiesen, hatte auch schon Freyer (1929) vom »Ineinandergreifen der einzelnen technischen Mittel und Verfahrensweisen« gesprochen, »so daß sich ein lückenloses Netz der Naturbeherrschung ergibt«; so ist doch die Notwendigkeit systemhafter Integration über technische Spezialbereiche hinaus erst in jüngster Zeit generalistisch orientierten Technikwissenschaftlern, Systemtechnikern, Planungswissenschaftlern und Ökonomen vollends deutlich geworden. Nicht nur konnten technische Großprojekte mit nationaler Zielsetzung wie etwa die Entwicklung neuer Waffensysteme oder das Mondlandeprogramm der Vereinigten Staaten nur mit Hilfe einer großangelegten interdisziplinären Planung, mit Hilfe entscheidungssteuernder Theorien und systemanalytischer Methoden ermöglicht werden; auch bei eher traditionellen Planungsprojekten wurde mit zunehmender Bereichsausdehnung und Komplexität sowie mit wachsender Anzahl der Trägerinstitutionen eine disziplinübergreifende Systemperspektive immer dringlicher — nicht nur in der Bau- und Landesplanung, in der Stadt- und Regionalentwicklung, in der Infrastruktur und Transportsystemgestaltung, sondern auch in der kontinentalen oder gar planetarischen Krisenbewältigung des Umweltschutzes oder der Energieversorgung. Angesichts einer nahezu lawinenartigen Entwicklung der sogenannten Systemtechnik scheint es, bei aller gebotenen Reserve gegen Schlagworttitel, nicht übertrieben, in dieser weltweiten Entwicklung den Übergang vom technischen bzw. technologischen Zeitalter zum systemtechnologischen Zeitalter zu diagnostizieren; dabei deutet das

Wort »systemtechnologisch« nicht nur die immer umfassender werdende multidisziplinäre systemhafte Verflechtung und Verzahnung der entsprechenden wissenschaftlichen Disziplinen und der betroffenen Bereiche an, sondern soll auch die im Zusammenhang damit notwendig wachsende Bedeutsamkeit der Informationstechniken und der Informationssteuerung betonen.

Unter Systemtechnik ist eine »Menge von Denkmodellen, Arbeitsmethoden und Organisationsformen« zu verstehen, »die sich auf Planung, Gestaltung und Betrieb komplexer technischer Systeme in ökotechnischen und soziotechnischen Zusammenhängen beziehen« (Ropohl 1974, S. 69). Bei vordergründiger Betrachtung treten zunächst eine Reihe neuerer, insbesondere formaler Planungs- und Entscheidungsverfahren und Organisationstechniken in Erscheinung. Dringt man jedoch tiefer ein, so erweist sich, über solche Arbeitsverfahren und Hilfsmittel hinaus, das Besondere der Systemtechnik in ihrem neuen Denkstil, der sich dadurch auszeichnet, nicht nur zukunftsorientierte, komplexe technische Großprojekte, sondern auch bekannte Einzelercheinungen in neuem Zusammenhang zu sehen und dadurch besser zu verstehen und zu beherrschen (vgl. hierzu und zum folgenden Ropohl 1974). Ein Schlüssel zu diesem besseren Verständnis technischer Grundprobleme liegt im Systemdenken selbst, das, auf Kybernetik und allgemeiner Systemtheorie fußend, den generalisierenden und multidisziplinären Zugang zu den komplexen Interdependenzen zwischen Technik, Umwelt und Gesellschaft gestattet.

Mit systemtheoretischen Mitteln läßt sich ein allgemeines Beschreibungsmodell formulieren (ebenda S. 34 ff; Ropohl 1973 b, S. 160 ff; Hubka 1973), das sich nicht nur, wie oben postuliert, für die Aufgabendefinition in der Konstruktionswissenschaft eignet, sondern auch die Möglichkeit eröffnet, die Totalität aller denkbaren technischen Artefakte (Hübner 1968) in

genereller Form zu beschreiben und zu klassifizieren; eine solche Systematik technischer Sachsysteme bietet nicht nur dem Systemingenieur eine Orientierungs- und Verständigungsbasis bei der interdisziplinären Arbeit an komplexen technischen Projekten, sondern erweist sich auch als ordnungs- und verständnisstiftendes Skelett einer allgemeinen Techniklehre; auch »für eine Philosophie der Technik scheinen ... zuerst einmal vordergründige, phänomenologische Beschreibungen der ›Sachen‹ der Technik notwendig zu sein« (Moser 1958, 1973, S. 81), die sich mittels systemtheoretischer Formulierungen in der erforderlichen Präzision bewerkstelligen lassen. Neben den technischen Sachen selbst sind die Handlungssysteme ein zweiter Gegenstand der Systemtechnik, jene Systeme von Maßnahmen und Einrichtungen, aus denen die technischen Artefakte hervorgehen. Ähnlich der Konstruktionswissenschaft bemüht sich in diesem Zusammenhang auch die Systemtechnik um eine allgemeine Methodenlehre planvollen Sachgestaltens, die allerdings weniger mit dem einzelnen technischen Gerät, sondern vorzugsweise mit den höheren und höchsten Rangstufen technischer Systemhierarchien befaßt ist, die zum Teil bereits die Gestalt globaler Aggregatverbünde und Beziehungsnetze angenommen haben. Neben rational-systematischen Methoden wie in der Konstruktionswissenschaft bezieht die Systemtechnik allerdings auch intuitiv-assoziative Problemlösungsverfahren in ihre heuristischen Algorithmen ein. Bei ihren Planungs-, Entwicklungs- und Optimierungsprozessen läßt sich die Systemtechnik von dem Grundsatz leiten, daß technische Sachsysteme prinzipiell in natürliche und gesellschaftliche Systemumgebungen eingebettet sind, und sie bemüht sich, die daraus resultierenden öko-technischen und soziotechnischen Interdependenzen theoretisch wie praktisch in den Griff zu bekommen. Solchermaßen ist die Systemtechnik auf dem Wege, jenes umfassende und

allseitige Verständnis der Technik, das die »Väter der Technologie« (Karmarsch 1872, S. 879) und auch Karl Marx anvisiert hatten, in aktualisierter Form wieder einzuholen. Nichts zeigt das deutlicher als die zunehmende Zielreflexion in systemtechnischen Projektierungszusammenhängen, die, über technikimmanente und einzelwirtschaftliche Zielsetzungen hinausgehend, auch gesamtwirtschaftliche, gesellschaftliche und politische Zielkomplexe nicht länger ignorieren kann.

Beschäftigt sich die Systemtechnik schwerpunktmäßig mit der Planung, Entwicklung und Gestaltung einzelner technischer Systeme, so richtet sich die technische Prognostik, auch als »technological forecasting« oder »technische Zukunftsforschung« bekannt, auf die Gesamtentwicklung technischer Hervorbringungen, den sogenannten technischen Fortschritt (Steinbuch 1971; Blohm/Steinbuch 1972; Staudt 1974; Fischer 1974). Zunächst aus den Informationsbedürfnissen staatlicher und industrieller Forschungs- und Entwicklungsplanung geboren, erscheint mit der technischen Prognostik nun auch die Geschichtlichkeit der Technik wieder auf der Tagesordnung der Technologie: In gewissem Sinne ist technische Prognostik nichts anderes als eine Verlängerung der Technikgeschichte in die Zukunft (Hübner 1971; Conze 1972). Diese Feststellung darf natürlich nicht so pauschal und simpel verstanden werden, als rechtfertige sie die häufig unreflektierten oder gar willkürlichen Trendextrapolationen mancher technischen Prognosen. Doch auch Prognosen größeren methodischen Raffinements unterstellen durchweg und meist implizit gewisse Annahmen über »Gesetzmäßigkeiten« der technischen Entwicklung, die doch erst von einer expliziten »Theorie der technischen Entwicklung« (Pfeiffer 1971) zu formulieren und an Hand der bisherigen Technikgeschichte zu überprüfen wären. Unterscheidet man zwischen »explorativen« und »normativen« Prognosen (Jantsch 1967, S. 113 ff), so läßt sich jener tech-

nikgeschichtliche Aspekt eher den explorativen Prognosen zuordnen, während normative Prognosen, die nicht davon ausgehen, was sein kann, sondern davon, was sein soll, die Virulenz soziotechnischer Wert- und Normenproblematik ins Bewußtsein rücken, auf die weiter unten noch einzugehen sein wird. Hier sei lediglich auf das sogenannte »technology assessment« (z. B. Stöber/Schumacher 1973) verwiesen, den planmäßigen und systematischen Versuch, neue technische Entwicklungen und ihre Folgen und Nebenwirkungen im Hinblick auf ihren Beitrag zur »Lebensqualität« zu bewerten, ein Ansatz, der mit der technischen Prognostik in engem Zusammenhang steht.

3. 4. *Perspektiven einer allgemeinen Technologie*

Die in den letzten beiden Abschnitten skizzierten älteren und aktuellen Ansätze zur Beschreibung, Erklärung, Deutung und Beherrschung allgemeiner und grundlegender Phänomene und Probleme der Technik scheinen geeignet, in einen »neuen Entwurf der allgemeinen Technologie« (Ropohl 1973 b) einzumünden. Eine solche allgemeine Technologie läßt sich vorläufig nur in vagen Konturen vorstellen, so daß auch ihr künftiger wissenschaftlicher Status noch keineswegs auszumachen ist. Deutlich zeichnen sich jedoch bereits heute eine Reihe zentraler Problemkreise ab, die etwa zu umfassen hätten:

- die allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien der technischen Sachsysteme sowie deren Systematisierung;
- die Verwendung technischer Sachsysteme in Arbeitswelt und Lebenswelt;
- die Entstehung einzelner technischer Gebilde (technische Ontogenese), insbesondere die Methoden und Verfahren der Entwicklung, Konstruktion und Herstellung;
- die Entstehung der Gesamtheit technischer Gebilde (technische Phylogenese), also der

technische Fortschritt, seine »Gesetzmäßigkeiten« und seine Beherrschung zugunsten humaner Zielsysteme.

Alle diese Problemkreise sind in den vorliegenden Ansätzen bereits angesprochen; es scheint an der Zeit, sie einer kohärenten wissenschaftlichen Systematisierung zuzuführen, damit ein Integrationspotential für die multidisziplinäre Bewältigung der Technik und ein solides Fundament für die technologische Aufklärung der Öffentlichkeit entsteht (Ropohl 1973 a). Es bleibe offen, ob eine künftige allgemeine Technologie eher der Sozial- und Technikphilosophie zuzurechnen sein wird, oder ob sie die Chance hat, sich zu einer Grundlagenwissenschaft der Technikwissenschaften herauszubilden; auf keinen Fall jedoch wird sie der Philosophie die metatheoretische Aufgabe streitig machen, um ihre ideologiekritische Reflexion und ihre wissenschaftstheoretische Fundierung besorgt zu bleiben.

4. *Neuere wissenschaftstheoretische und sozialphilosophische Ansätze*

In der wissenschaftstheoretischen Diskussion um die Technik taucht immer wieder die Frage auf, ob die Technik als angewandte Naturwissenschaft aufzufassen sei. So plausibel diese Gleichsetzung auf den ersten Blick erscheinen mag, als so oberflächlich stellt sie sich bei genauerer Analyse heraus. Moser (1958, 1973, S. 11 ff) hat als einer der ersten dieses Quidproquo mit Argumenten kritisiert, die später von Agassi (1966), Jobst (1968), Rapp (1973), Skolimowski (1968), Tondl (1966) und anderen wieder aufgenommen und weiter ausgeführt wurden.

Einerseits ist deutlich: Neu entdeckte und entwickelte physikalische Effekte ermöglichen neue Technikbereiche, und neue Präzisionsgeräte eröffnen ganz neue Experimentiermöglichkeiten. Andererseits ist ebenfalls nicht zu übersehen, daß die unterschiedliche Zielset-

zung der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung und der technischen Entwicklung doch zu methodologischen und forschungsorganisatorischen Unterschieden von nicht zu vernachlässigender Bedeutsamkeit führen. Reichweite der Theorien, Präzision und Präzisierbarkeit, Wahrheitsnähe und Vermeidung von Anomalien, theoretische Tiefe der Fragestellung, Möglichkeiten der umfassenderen Theorienverschmelzung, experimentell zu findende Entscheidungen zwischen Konkurrenztheorien, riskante theoretische, z. T. eher spekulativ entworfene Neuansätze und sogar philosophische und wissenschaftstheoretische Grundparadigmen sind als Kriterien von erheblicher Bedeutung für den Fortschritt in den Erfahrungswissenschaften. Bei technischen Entwicklungen, so sehr sie auf erfahrungswissenschaftlichen Grundlagenanalysen basieren, werden in einer deutlichen Akzentverschiebung demgegenüber eher Haltbarkeit, Verlässlichkeit, Standardisierung und Routinisierung, Schnelligkeit und Effektivität, Praktikabilität und Übersichtlichkeit, funktionale Erfordernisse, die Erfahrung mit Modellkonstruktionen — insbesondere beim Bau und der Beurteilung von Prototypen — und unter Umständen Gesichtspunkte späterer Kosteneffektivität betont. Daher unterscheiden sich die Kriterien des wissenschaftlichen Fortschritts und seiner Beurteilung — insbesondere in naturwissenschaftlichen Grundlagendisziplinen — doch erheblich von den Kriterien des technischen und technikwissenschaftlichen Fortschritts. So ist die erfolgreiche Anwendung einer technikwissenschaftlichen theoretischen Modellkonzeption nicht notwendig gleichzusetzen mit einem erfahrungswissenschaftlichen Test einer naturwissenschaftlichen Grundagentheorie, obwohl das erstere natürlich nur unter Rückgriff auf solche Theorien und somit auch auf deren Bestätigung möglich ist. Doch die technologische Bewährung einer komplizierten Prototypkonstruktion ist nicht mit der wissenschaft-

lich-experimentellen Theoriebestätigung einer universellen Grundagentheorie zu verwechseln: Meistens ist bei technologischen Prototypentwicklungen nicht die Möglichkeit gegeben, alle beteiligten Variablen analytisch sauber voneinander zu isolieren; oft müssen in technologischen Entwicklungen mehrere, logisch nicht miteinander integrierte verschiedenartige Theorien zur Behandlung von Teilaspekten des komplexen Phänomens herangezogen werden, die nur durch Anwendung von Erfahrungswerten und Routineregeln aufeinander hingeordnet wurden. Beispielsweise gibt es noch keine vollständig durchstrukturierte exakte Theorie des Verbrennungsmotors, die gestattet, etwa im Stile der klassischen Mechanik eines Einpunktmassensystems, alle relevanten Phänomene des Explosionsmotors theoretisch einwandfrei zu beherrschen. Ähnliches gilt z. B. noch heute für Turbulenzerscheinungen an Strömungsgrenzschichten in Kanälen unterschiedlichster Gestalt. Trotz eines hochentwickelten Präzisionsniveaus in der Messung von Eingangs- und Ausgangsvariablen kann die ungeheure Komplexität der Turbulenzphänomene theoretisch noch nicht vollständig erfaßt werden, so daß etwa der Bau von Strömungsmaschinen ebenfalls nicht ausschließlich auf theoretischen Grundlagen beruhen kann, sondern weitgehend auf Erfahrungsregeln gestützt wird. Technologisches Know-how in der Entwicklung ist nicht dasselbe wie theoretisches Gesetzeswissen, obwohl das erstere zweifellos das letztere notwendig berücksichtigen muß; es kann jedoch nicht vollständig darin aufgehen. Praktischer Erfolg technischer Entwicklungen ist nicht die Wahrheitsgarantie einer naturwissenschaftlichen Grundagentheorie; erfolgreich anzuwendende technologische Regeln der geschilderten Art sind eben nicht theoretische Naturgesetze, wiewohl sie nach Möglichkeit auf Naturgesetzen und theoretischem Wissen gegründet werden; ohne eine solche Grundlegung wäre ihre erfolg-

reiche Verwendung nicht möglich. Umgekehrt jedoch führt kein eindeutiger Weg von den technologischen Know-how-Regeln und ihrer erfolgreichen Verwendung zum theoretischen Gesetzeswissen; effektive technologische Regeln sind nämlich unter Umständen mit unterschiedlichen Naturgesetzen verträglich bzw. auf verschiedenartige Gesetze zu stützen — dies hat Bunge in überzeugenden wissenschaftstheoretischen Analysen technologischer Regeln nachgewiesen (Bunge 1966).

Unterscheidet man zwischen technikwissenschaftlicher Grundlagenforschung und technologischer Entwicklung, so kommt noch folgender Gesichtspunkt hinzu: In der technischen Entwicklung werden neue reale Artefakte nach Entwürfen, Zwecksetzungen und naturgesetzlichen Bedingungen geschaffen. Die »neue Realität« entsteht gleichsam erst nach dem Entwurf. Die unterschiedliche Akzentsetzung der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung und der technologischen Entwicklungsforschung drückt Skolimowski in folgender Weise aus: »Während die Wissenschaft sich dem widmet, was ist, orientiert sich die Technikwissenschaft an dem, was sein soll« (Skolimowski 1968, S. 554). Obwohl auch beim naturwissenschaftlich-hypothetischen Konstruieren von Theorien und Modellen der schöpferische Entwurf eine entscheidende Rolle spielt, meint Tuchel (1968, S. 583 f), das zweckorientierte »technisch-materielle Konstruieren« unterscheidet sich wesentlich von ersterem, da es in besonderer Weise auf nicht vollständig er-rechenbare Konzeptionen und Formgebungen ausgerichtet ist, die im schöpferisch konstruktiven Vorausdenken und in der Modellkonstruktion erarbeitet werden müssen. Hier wird man wieder auf die methodologischen Probleme einer Konstruktionswissenschaft und deren Heuristik verwiesen (s. o.), die von verschiedenen Autoren nicht mit der Wissenschaftstheorie, sondern mit praxeologischen Disziplinen einer allgemeinen Heuristik des effektorientierten

systematischen Handelns in Verbindung gebracht wird.

Idealtypisch hebt Rapp (1973, S. 127 f) die methodologischen Unterschiede in der Akzentsetzung zwischen Technik- und Naturwissenschaft dadurch hervor, daß er von der »projektiv-pragmatischen Methode« der Technik im Unterschied zur »hypothetisch-deduktiven Methode« der Naturwissenschaften spricht. Diese pointierte Unterscheidung erst gestattet dann, die enger werdenden Wechselbeziehungen zwischen technischer und naturwissenschaftlicher Fortentwicklung differenzierter nachzuzeichnen, etwa wie im einzelnen die Technisierung der Naturwissenschaften insbesondere bei der hochentwickelten Gerätetechnik mit der Verwissenschaftlichung der Technik im Sinne zunehmender Verwendung naturwissenschaftlicher Grundlagenresultate zusammengeht, ohne daß beides schlechthin ineinanderfällt. Technik und Technikwissenschaften stehen zwar in vielfachen Wechselbeziehungen und in einer immer intensiver werdenden Verzahnung mit der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung, doch keineswegs befinden sie sich in völliger Abhängigkeit etwa in dem Sinne, daß nur technologische Prototypenentwicklungen vorgenommen werden könnten, deren Phänomene man theoretisch mit den Grundlagenansätzen der Naturwissenschaften rechnerisch völlig beherrschte.

Rumpf (1973) hat gezeigt, daß auch sehr deutlich zwischen Technik und Technikwissenschaft unterschieden werden muß, was gerade bei angelsächsischen Autoren vermutlich aufgrund der Doppeldeutigkeit des Ausdrucks »technology« oft nicht geschieht. So ist keineswegs die Entwurfstätigkeit des Konstruktionsingenieurs im Maschinenbau repräsentativ für alles technische und technikwissenschaftliche Arbeiten überhaupt, obwohl Worte wie »Technik« von ihrer Geschichte und traditionellen Bedeutung her vor allem die Vorstellung von Maschinen- und Bautechnik betonen. Rumpf

hat darauf verwiesen, daß die chemische Technologie in der Forschungsmethodik der naturwissenschaftlichen Grundlagenmethodologie viel näher steht als etwa die Maschinenkonstruktion. Zwar benutzt die technikkwissenschaftliche Grundlagenforschung in vielen Bereichen »grundsätzlich die gleichen Methoden« (Rumpf 1973, S. 98) wie die naturwissenschaftliche Forschung, zwar kann in manchen Naturwissenschaften wie etwa der Astronomie und Geologie auch keine saubere analytische Variablentrennung in komplexen Systemen durchgeführt werden, doch dürfte sinnvollerweise zumindest die technologische Grundlagenforschung von der konstruktiven Entwicklung methodisch getrennt werden müssen. Fortschritte in der wissenschaftstheoretischen und methodologischen Durchdringung der Technikwissenschaften werden sich nur erzielen lassen, wenn diese besonderen Verhältnisse differenziert berücksichtigt werden.

Daß jedoch die methodologische Durchforschung technikkwissenschaftlicher Problemkomplexe — besonders auch im Zusammenhang mit angewandten System- und Planungswissenschaften — eines der wichtigsten Ziele wissenschaftstheoretischer Arbeit in den nächsten Jahren sein dürfte, ist nicht zu bezweifeln, wenn man die Wichtigkeit methodologischer Fragen und Problemlösungen im Felde der zunehmenden interdisziplinären Verzahnung der angewandten Technik- und Systemwissenschaften bedenkt. Dies zu betonen, ist um so wichtiger, als die traditionelle, »seriöse« Wissenschaftstheorie, die sich ausschließlich an den Konzeptionen der exakten Naturwissenschaften und ihrer Grundlagenforschung orientierte, diese neue Herausforderung der angewandten Technik- und Systemwissenschaften überhaupt noch nicht entdeckt hat. Weitere begriffliche Differenzierungen sind jedenfalls unbedingt nötig; man kann sich weder methodologisch noch inhaltlich auf Dichotomien wie »Technik vs. Naturwissenschaft« stützen, son-

dern muß die Begriffe dem Fortschritt der zunehmend sich differenzierenden Analysen anpassen. Von ersten Orientierungen wie der erwähnten ausgehend, sind verfeinerte, objekt- und projektnahe wissenschaftstheoretische und methodologische Untersuchungen technikkwissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklung fortzuführen. Die Suche nach projekt- und gegenstandsnahen methodologischen Verallgemeinerungen und interdisziplinären Vergleichen im Technikwissenschaftlichen ist auch insofern von Bedeutung, als eine allgemeine Methodenlehre in technikkwissenschaftlichen Grundlagenstudien eingeführt werden sollte. Lehrveranstaltungen zur »Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften« könnten die Aufgeschlossenheit der Studenten für methodologische und wissenschaftstheoretische Grundlagenfragen ihrer eigenen Disziplin in gleicher Weise fördern, wie dies etwa in der theoretischen Physik seit Jahren notwendigerweise geschieht. Versuche, hier schrittweise zu einer gewissen Reintegration der Technikwissenschaften auf methodologischem Gebiet und im Bereich der Lehre zu kommen, können sinnvoll und fruchtbar sein, ohne daß man unterstellen müßte, eine allgemeine Techniktheorie sei bereits erreicht.

Die Multidisziplinarität und die systemhafte Verflechtung technischer Probleme erfordert aber nicht nur methodologische Grundlagenreflexion, sondern auch die interdisziplinäre Kooperation mit sozialwissenschaftlichen Experten und Generalisten. Immer wieder ist darauf hingewiesen worden, daß nicht nur die enge Verzahnung der technischen Entwicklung mit ökonomischen Faktoren zu beachten sei, sondern ebenso die Verkopplung mit kulturellen Traditionen sowie sozialpsychologische, sozialhistorische und politische Faktoren. Gehlens These von den relativ undurchsichtigen »Superstrukturen«, in denen »Wissenschaft, technische Anwendung und industrielle Auswertung« im funktionellen Zusammenspiel sich gleichsam

selbst automatisieren (Gehlen 1957, S. 13, 54), betont eine Eigendynamik von nur interdisziplinär anzugehenden Systemzusammenhängen. Eine methodologisch präzisere Analyse solcher Eigengesetzlichkeits- und Sachzwangthesen fehlt noch. Bisher wurde die entsprechende Problematik meist im Zusammenhang der politischen Planungsprobleme von Politologen und Soziologen unter dem Stichwort »Technokratie« erörtert (Lenk 1973). Wissenschaftstheoretische und technikwissenschaftliche Beiträge zu dieser Diskussion blieben bisher spärlich. So wurde diese Diskussion fast ausschließlich von Soziologen und Politologen bestritten.

Dabei waren nicht mehr die klassischen Technokratieprogramme einer industriellen Honoratiorenherrschaft im Staate (Saint Simon) oder der politischen Herrschaft der Ingenieure (Ingenieurokratie nach Veblen und Scott) aktuell, die beide von der Voraussetzung ausgingen, Ingenieure und Unternehmer seien die Experten der Optimierung und Wirkungsgrad-erhöhung, welche die große Staatsmaschine effizienter kontrollieren, steuern und bedienen könnten. Aktuell blieb statt dessen die These von der Expertokratie, von einer Verschwörung und Machtkonzentration der Experten im komplexen Geflecht der Entscheidungsfindungsprozesse mit der Gefahr eines Absterbens der demokratischen Kontrolle über die Entscheider und Entscheidungen. Ferner entstand die These von der Sachzwangdominanz und der Herrschaft des Apparates: Nicht die Sachverständigen, sondern die Sachen selbst gewannen die Herrschaft, indem keine Person oder Personengruppe mehr herrsche, sondern nur eine Apparatur »sachgemäß bedient« werde (Schelsky 1961). Schelskys Modell des technischen Staates behauptete, daß technische und organisatorische Problemlösungen politische Entscheidungen ersetzen, daß die Mittel technischer Verfahren festlegen würden, was hergestellt, produziert, »gemacht« wird: Die Mittel bestimmen gleichsam die Ziele. Die Per-

fektionierung der Mittel sei noch das einzige Ziel, und hergestellt werde alles, was technisch und organisatorisch gemacht werden kann (Normativität technologischer Möglichkeiten).

Als Resultate der weitgehend abgeschlossenen sozialwissenschaftlichen Technokratiediskussion dürfen folgende kritische Bemerkungen festgehalten werden: Die Technokratiedebatte war eine Fortsetzung der kulturkritischen Technikkritik der zwanziger Jahre. Sie stand fast ausschließlich unter skeptischen oder pessimistischen Akzenten. Kaum einmal wurden die großen Möglichkeiten der Humanisierung der Daseinsbedingungen aller oder sehr vieler Menschen durch technische Entwicklungen betont. Die These vom Absterben der Politik bzw. der demokratischen Kontrolle beschreibt die Realität in keiner Weise zutreffend, obwohl einzelne Trends durchaus richtig bezeichnet wurden: so etwa das Problem des Informationsmangels der politisch verantwortlichen Entscheider angesichts besonderer komplexer Gesetzgebungsvorhaben — etwa im Rahmen der Europäischen Gemeinschaft, wo ministerialbürokratische Experten den zuständigen und verantwortlichen Ministern, welche die Komplexität der Probleme praktisch kaum übersehen können, fertig vorfabrizierte Lösungsvorschläge machen, die jene kaum nach Gesichtspunkten umfassender Sachinformation beurteilen können. Dennoch führte die Privilegierung der Experten keineswegs zu einem Absterben der Machtprobleme, der Verfilzungen von Interessengruppen und Herrschaftsstrukturen. Das vorhergesagte Absterben der Politik und der demokratischen Repräsentation und Kontrolle fand nicht statt und kann nicht stattfinden. Bahrnt diagnostizierte demgegenüber ein »pluralistisches Durcheinander« und ein Zusammenspiel verschiedener »Verbands-, Partei- und Unternehmensbürokratien« in der Art eines dynamisch-gleichgewichtigen Wechselspiels anstelle einer Machtkonzentration beim Staat, der ausschließlich von ministerialen Experten

gesteuert würde (Bahrtdt 1961). Politische Entscheidung läßt sich nicht in technologischer Rezeptanwendung im Sinne eines »best one way« auflösen; schon diese Ideologie des »best one way« ist ein Zerrbild von technikwissenschaftlicher und systemwissenschaftlicher Exaktheit, »wie sie der Geisteswissenschaftler bei den Naturwissenschaftlern vermutet« (ebda.) — ein Modell, das nicht einmal auf technologische Großprojekte Anwendung finden kann, wo zum Teil nur bis auf funktionale Äquivalenz geplant werden kann und strategische Alternativen berücksichtigt werden müssen. Das Modell der durchgängigen Technokratie ist zu soziologisch-formalistisch, zu ungeschichtlich, zu allgemein anthropologisch, um konkrete gesellschaftliche Erscheinungen adäquat erfassen zu können — ganz abgesehen von dem Ungenügen des Modells in technikwissenschaftlicher und naturwissenschaftlicher Hinsicht. Die Unauflösbarkeit politischer Entscheidungen durch technische Problemlösungen ließ sich mit methodologischen und sozialphilosophischen Argumenten hinreichend untermauern (Lenk 1973). Es wird keine reine Verkörperung des »technischen Staates« und kein reines »Zeitalter der Technokratie« geben, wie es Schelsky und der Technokratietheoretiker Frisch meinten. Die Technokratiedebatte in der klassischen Form könnte abgeschlossen werden.

Freilich gibt es eine aktuelle neue Variante, die bald Bedeutsamkeit gewinnen wird. Führt die Systemtechnik zu einer Art »Systemtechnokratie«? »Systemtechnokratie« — diese neue spezielle Variante der Technokratiediskussion könnte künftig ein um so wichtigeres Thema bilden, je deutlicher sich das »informations- und systemtechnologische Zeitalter« mit seinen Gefahren (etwa umfassender Informationssysteme für diktatorische Regierungen), aber auch mit seinen Humanisierungschancen realisiert. Systemsteuerung, Systemplanung, Systemtechnik — diese neuen Richtungen technik- und sozialwissenschaftlich zu erfassender

Phänomenverzahnungen dürften auch künftig für akute Probleme auf diesem Felde sorgen. Sozialphilosophen, Wissenschaftstheoretiker und Technikwissenschaftler dürfen dabei nicht wieder den Politologen und Soziologen allein das Feld überlassen. Sie alle sind gemeinsam zur Mitarbeit aufgerufen. Nur so könnte die sozialwissenschaftliche Einbettung und die nötige historische Analyse technischer Entwicklungen in interdisziplinärer Perspektive adäquat geleistet werden. Nur so könnte z. B. der entscheidende Fehler der strukturell-funktionalen Soziologie vermieden werden, den Linde (1972) nachgewiesen hat: Jene jahrzehntelang herrschende Richtung der Soziologie hatte die Bedeutsamkeit der Sachen, der technischen Artefakte und Geräte — also der gesamten Realtechnik — praktisch völlig vergessen. Nur sehr wenige Techniksoziologen und Sozialphilosophen hatten eine auf Lorenz von Stein und Marx zurückgehende »Soziologie der Sachen« noch aufrechterhalten. Dieses Vergessen der Sachen kann nur als bezeichnende Folge einseitiger fachdisziplinärer Orientierung angesichts interdisziplinärer Probleme verstanden werden (Niederwemmer 1973). Ein Kuriosum in einem Zeitalter, das als das technische bezeichnet wird!

Der sozialwissenschaftlichen Einbettung interdisziplinärer Untersuchungen über technische Phänomene sollten auf philosophischer Seite sozial- und geschichtsphilosophische Deutungen entsprechen. Die Technik als geschichtsphilosophisches Problem ist zwar verschiedentlich schon Gegenstand der Analyse gewesen. So hatte beispielsweise Freyer (1929) die »weltgeschichtliche Bedeutung der modernen Technik« hervorgehoben und eine inhaltliche »Geschichtsphilosophie der Technik« gefordert, da offensichtlich »kulturphilosophische Strukturbegriffe, die die Technik als reines Mittelsystem im Dienste anderer Kulturwerte auffassen wollen«, diesem komplexen Phänomen mit all den erwähnten Eigendynamiken

nicht gerecht werden können. In der Philosophie ist zwar diese Geschichtlichkeit der Technik nicht völlig vergessen worden; so hatten beispielsweise Ortega y Gasset (1949) und Heidegger (1962) den Bereich des Technischen als geschichtlich geprägten untersucht, wenn auch im ersten Fall zu anthropologisch-kulturphilosophisch und im zweiten Fall in überspitzter ontologisch-seinsgeschichtlicher Stilisierung. Bense hatte 1949 »die technischen Traditionen« und ihre Phasenabfolge des mechanischen, thermodynamischen, elektrodynamischen sowie des atomaren und hochfrequenztechnischen Stadiums in die »geistigen Traditionen der abendländischen Intelligenz«, besonders der naturwissenschaftlichen Paradigmenentwicklung, eingebettet. Blumenberg (1963, S. 20 ff) suchte darüber hinaus, Technisierungsprozesse in der Lebenspraxis durch eine Deutung und Fortführung von Husserls später Lebensweltphilosophie »aus einem Verhältnis zur Geschichte« zu interpretieren; der Philosophie falle dabei die Aufgabe zu, die in den Technisierungsprozessen verlorenen, übersprungenen oder auch nur gefährdeten »Sinnstrukturen« zu erhalten und zu verwalten. — Doch alle diese Interpretationen bleiben Einzelansätze, die keine zentrale philosophische Interpretation des »Zeitgeistes« kennzeichnen konnten.

Erst parallel mit dem Wiederaufstieg der Technikgeschichte als akademischer und wissenschaftlicher Disziplin wie auch im Zusammenhang mit der Entwicklung der Geschichte der Naturwissenschaft wird neuerdings die Geschichtlichkeit der Technik und ihre geschichtliche Bedingtheit wiederentdeckt und umfassenderen Analysen zugrunde gelegt. Hübner (1973) versucht, das Gesamtphänomen »Technik geschichtlich (zu) verstehen, ... ihre Geschichte als eine solche ihrer grundlegenden Zwecke und Normen zu begreifen« und in eine von ihm entwickelte geschichts- und kulturphilosophische Lehre über die Abfolge ge-

schichtlicher Systeme und deren Mutation und Explikation einzupassen sowie dem geisteswissenschaftlichen Erklären oder Quasi-Erklären zugänglich zu machen. Er schließt dabei an die Versuche Gottl-Ottlilienfelds an, Systembegriffe in der technikphilosophischen Deutung anzuwenden, und weitet diese Interpretation zu einer Geschichtsphilosophie im engeren Sinne aus, zu einer Art logischem Historismus. Die weitere Ausarbeitung dieser Ansätze bleibt eine Aufgabe für die Zukunft; dies um so mehr, als die philosophische Bearbeitung der erwähnten Systemprobleme und Systemperspektiven durchaus erst am Beginn steht. Man hat gerade erst begonnen, so etwas wie eine »systems philosophy« (Laszlo 1972) zu entwickeln, eine von wissenschaftstheoretischen Problemstellungen ausgehende und der allgemeinen Systemtheorie zugeordnete philosophische Teildisziplin, die über erste, noch tastende Anfangsschritte kaum hinausgelangt ist. Doch nicht nur bei der Analyse soziotechnischer Systeme aus geschichtsphilosophischer, kulturphilosophischer, anthropologischer und wissenschaftstheoretisch-methodologischer Perspektive ist die Philosophie aufgefordert, künftig deutende Beiträge beizusteuern, sondern dies gilt insbesondere auch für die sozialphilosophische Interpretation von Wert- und Normenproblemen, die sich im Zusammenhang mit der immer dringlicher werdenden verantwortlichen Planung und Bewertung technischer Entwicklungen verbinden.

Während nämlich eine erfahrungswissenschaftliche Einheitstheorie soziotechnischer Systeme, die technische Gebilde und Prozesse mit Hilfe von umfassenderen Systembegriffen zu analysieren und einem empirischen Test zu unterwerfen gestattet, wie oben angedeutet, weitgehend noch einer detaillierten Ausarbeitung harret, sind sozialphilosophische Interpretationen sehr viel leichter zu leisten. Sie können und müssen sich bewußt auf ausgewählte Modellzüge einschränken, können pointiert

Tendenzen herausheben und müssen nicht notwendig schon in eine geschlossene einheitliche Theorie eingebettet werden, die möglichst hohen empirischen Gehalt hat. Sozialphilosophische Modelldeutungen können und werden eher Leitlinien stilisieren und Grundzüge herausarbeiten, als daß sie zur Erklärung empirischer Details herangezogen werden könnten. Im übrigen dürfte manch ein Ansatz, der sich als verstehende makrosoziologische Interpretation der Technik gibt, eine solche sozialphilosophische Deutung sein. Gehlens erwähnte These von den »Superstrukturen« ist durchaus von dieser Art. Auch die traditionellen philosophischen Deutungen der Technik, wie sie oben erwähnt wurden, lassen sich zum Teil unter diesen Typ einordnen, insoweit sie die soziale Prägung und die sozial-historische Entwicklung des Technischen überhaupt berücksichtigen. Freilich wird man sich nicht mehr damit begnügen können, einen einzigen monolithischen Grundzug hervorzuheben, der gleichsam das Wesen der Technik kennzeichnen könnte. Komplexe soziale Phänomene dieses Umfangs lassen sich nur in multifaktoriellen und multidisziplinären Ansätzen erfassen (s. o.). So können die traditionellen technikphilosophischen Ansätze durchaus als partielle Deutungsmodelle nebeneinander bestehenbleiben und in eine multifaktorielle Modellinterpretation technischer und soziotechnischer Systeme eingehen. Nur unter Berücksichtigung vieler Modellzüge und vieler Perspektiven ist die Multidimensionalität der technischen Phänomene und ihrer Vorbedingungen und Folgen zu erfassen. Um diese Multidimensionalität wenigstens versuchsweise systemhaft zu vereinheitlichen und zu integrieren, sollte kühnere sozialphilosophische Konstruktion als heuristisches Gebot gefordert sein.

Von der sozialphilosophischen Deutung zur wert- und normenphilosophischen Beurteilung soziotechnischer Phänomene ist es nur ein kleiner Schritt — zumal, wenn unter alternativen

Planungsstrategien bei beschränkten Ressourcen Prioritätsentscheidungen anhand von systematischen Präferenzordnungen nötig sind. Probleme der humanen und vernünftigen Beurteilung technischer Entwicklungen und Innovationen, ihrer Ziele und Folgen, der moralischen Verantwortlichkeit und der immer wieder neu in einer kulturellen und gesellschaftlichen Gesamtsituation zu interpretierenden Wertvorstellungen, werden nicht nur von Sozialwissenschaftlern und Politikern, sondern auch von reflektierenden Planern, Systemanalytikern und Technikwissenschaftlern als Probleme empfunden, die eine situationsadäquate Lösung erfordern. Ozbekhan (1969), Steinbuch (1971), Feinberg (1968) und andere Repräsentanten der technischen Intelligenz fordern schon seit einigen Jahren die Entwicklung neuer Wertkonzeptionen, neuer Orientierungsleitlinien für die Langfristplanung, neuer Führungsgrößen für den technischen Fortschritt. Zwar reduziert sich das Verlangen nach dem konstruktiven Beitrag des Wert- und Moralphilosophen oft auf die Forderung, eindeutige Rezepte für planetarisch umfassende Entscheidungen aus irgendwelchen für sicher angenommenen Prämissen abzuleiten. Dies bedeutet eine hochfliegende Überschätzung der philosophischen Arbeit, die nach dem Zusammenbruch des »Deutschen Idealismus« sehr viel bescheidener geworden ist — etwa im Sinne des kritischen Rationalismus, der keine Letztbegründungen mit sicherer Garantie mehr zu geben verspricht. Andererseits ist die Einschränkung der philosophischen Tätigkeit auf eine bloß redaktionelle und sprachanalytische Bearbeitung umfassender Moralumfragen eine ebenso extreme Unterschätzung ihrer Fachkompetenzen, wie sie sich in deutlicher Ausprägung bei dem Physiker Feinberg in der Konzeption seines »Prometheusprojektes« findet. Das kritische Sondieren von Alternativen und Szenarios im Lichte von grundlegenden Normen und Wertvorstellungen, das Erarbeiten von Vergleichs- und Angemessen-

heitsurteilen anhand voraussehbarer Konsequenzen ist weder absolut sichere Letztbegründung noch dogmatisch-willkürliches Befehlen. Begründetes, rational und systematisch erarbeitetes Vorschlagen ist weder willkürliches Vorschreiben noch das Vortäuschen absolut sicherer Erkenntnis.

Auch zur normen- und wertphilosophischen Diskussion der soziotechnischen Probleme ist bisher nur relativ wenig Fundiertes beige-steuert worden. Dieser Mangel dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die traditionelle Technikphilosophie zu lange den Extremen einer pessimistischen Kulturkritik einerseits und einer euphorischen Technikapologie andererseits gehuldigt hat. Eines der ersten und umfassenden interdisziplinären Projekte (Baier/Rescher 1969) behandelte im wesentlichen den Einfluß technischer Veränderungen auf die Wertsysteme und ist auch als informationelle Beratungsgrundlage für politische Entscheider und Regierungsinstanzen gedacht. Immerhin sind in diesem Band interessante Ausblicke auf künftige Wertänderungen zu finden — wenn auch zu-meist in Einschränkung auf amerikanische Verhältnisse —, die zum Teil in der Zwischenzeit deutlich sichtbar geworden sind. Trendextrapolationen und Szenariobeschreibungen von wahrscheinlichen Werteinstellungsänderungen wurden durch interdisziplinäre Expertengremien zum Teil nach der Delphi-Methode erstellt. Charakteristisch bleibt allerdings auch für diese Arbeit ein Mangel: Wissenschaftstheoretische und analytisch-philosophische Methoden sowie Modelle der Wertlogik werden bei Fragen der inhaltlichen Wertdiskussion, der Dynamik der Wertänderungen und der Prognose wahrscheinlicher Wertprioritäten für die nächsten Dekaden überhaupt nicht herangezogen; methodologisch bleiben die zweifellos notwendigen, unorthodoxen sozialwissenschaftlichen Methoden unanalysiert. Zu den praktischen Problemen sozialer Wertsysteme ist bisher von seiten der logisch präzisen, analytischen Philo-

sophie und der Wissenschaftstheorie noch relativ wenig beige-steuert worden, soweit es sich nicht um rein logische Probleme etwa der Widerspruchsfreiheit oder um die Analyse von Mittelunvereinbarkeiten bei gegebenen theoretischen Voraussetzungen in gegebenen Situationen handelt. Bei komplexen Problemen der Alltagspraxis nutzen die abstrakten wertlogischen Modelle und normenlogischen Verfahren noch allzu wenig, weil sie von teils utopischen Prämissenkonstellationen — etwa der Unterstellung vollständig bekannter Zustandswahrscheinlichkeiten oder explizit angegebbarer Wertmetriken — ausgehen.

Der Natur- und Technikwissenschaftler Sachsse (1972) hat kürzlich mit Recht die Bedeutung ethischer und normenphilosophischer Probleme im systemtechnologischen Zeitalter hervorgehoben: Nicht nur »die Lösungen der technischen, sondern die der ethischen Probleme werden unsere Zukunft bestimmen« (ebenda, S. 122). Er schildert eine Reihe dieser Probleme, die aufgrund von technologischen Innovationen und technischen Neustrukturierungen der Situation eine normative Neuorientierung erfordern: So ist insbesondere der Begriff des Eigentums noch allzu sehr am klassischen Güterbesitz und an der Substanzkategorie ausgerichtet und verfehlt die Probleme der Informationsverbreitung und -kontrolle. Nach der Verbreitung bleibt dem Sender die Information durchaus erhalten, doch unter Umständen sinkt mit der Verbreitung ihr Wert. Die moralischen Probleme und die Pressions-, Manipulations- und Kontrollmöglichkeiten, die durch ein monopolistisches Informationssystem einer machtbesessenen Regierung eröffnet werden, deuten auf Mißbrauchsgefahren, die durch die wachsende technische Effektivität der Informationssysteme drastisch erhöht werden.

Dringlich ist der Bedarf an neuen moralischen Orientierungsnormen auf dem Gebiet der Genetik und Medizin (etwa in der Antikon-

zeption), beim Umgang mit unpersönlichen Institutionen oder insbesondere angesichts der möglichen Anwendung technischer Großvernichtungswaffen. Es ist deutlich, daß die meisten unserer herkömmlichen Moralbegriffe, besonders aber die schwach ausgeprägten moralanalogen Hemmungen, zu sehr an den Bedingungen des face-to-face-Kontaktes orientiert sind, um wirksam einen Knopfdruck verhindern oder auch nur vernünftig beurteilen zu können, durch den möglicherweise Zehntausende dem Atomtod oder atomarem Siechtum ausgeliefert würden. Während es für die meisten Menschen erhebliche Hemmungen gibt, einen anderen Menschen mit den bloßen Händen zu töten, stößt der Knopfdruck auf keine biologische Hemmschwelle. Hier wird wieder deutlich, wie im Umgang mit technologischen Fernwirkungen neue Durchsetzungsmittel und Ausführungsbestimmungen für Moralegebote nötig sind, die freilich auf alten Wertvorstellungen beruhen. Das Tötungsgebot ist nicht neu; schon in der christlichen Ethik war es eines der wenigen Gebote, das völlig bezugsgruppenfrei formuliert war, ja, das sinngemäß sogar auf Lebewesen überhaupt bezogen werden konnte, auf unnötiges Töten überhaupt oder gar auf jedes Quälen der Kreatur. In der Tat geht es zumeist nicht um neue Grundwerte, sondern um neuumschriebene Anwendungsmöglichkeiten und Bedingungen in der technischen Welt. Auch bei der viel beschworenen »Qualität des Lebens« handelt es sich keineswegs um eine sehr neue Wertvorstellung: Das Ideal des guten Lebens beherrschte schon die ethischen Diskussionen der Antike. Ähnliches gilt für die angeblich neuen Werte des ökologischen Gleichgewichts auf dem Planeten Erde (Ozbekhan) wie auch für die Sicherung der Privatsphäre im Massenzeitalter. Man kann sagen, die Möglichkeiten der überkommenen philosophischen Wertsysteme sind mitnichten ausgeschöpft. Die Probleme liegen eher darin, Reichweite, Anwendungsbereich und Ausführungsmodalitäten sowie

normative Regelungen der Sekundärwerte zu diskutieren oder zu regeln. Über die letzten Fundamentalwerte, die institutionen-, gruppen- und kultursichernden, ist man sich sehr oft einig. Eine gewisse weltweite Einheit der Moral beginnt sich auch mit der Ausbreitung der abendländischen Kultur zu einer Art Weltkultur empirisch auszuprägen oder wenigstens anzudeuten. Die Einheit der Moral scheint eine aposteriorische Angelegenheit der Entwicklung zur Weltgesellschaft zu sein, nicht eine naturrechtlich oder absolut zu fundierende Einsicht. Einem Eskimo ist angesichts garantierter Vorsorge im Fernsehzeitalter wohl beizubringen, daß die überkommene Stammesmoral, die Alten müßten sich zur Entlastung der Sippenversorgungsprobleme selbst töten, nicht mehr zu rechtfertigen ist.

Wenn Ozbekhan freilich angesichts der Abstinenz der Philosophie bei der Behandlung von Moralanwendungsproblemen mittlerer Reichweite nunmehr seinem Ruf nach neuen Werten eine selbstgestrickte Wertphilosophie für das Zeitalter planetarischer Verflechtungen und Planungen folgen läßt, so bleibt dieses Unternehmen doch allzu offenbar einem methodologischen und philosophischen Dilettantismus verhaftet. Daß die Wissenschaft unter dem Wert der Wahrheit, die Technik unter dem der Nützlichkeit und der soziale Verkehr unter dem der guten alten Nächstenliebe steht, sind keine so umwälzenden neuen Einsichten mehr. Selbst Ozbekhans angeblich neuer Grundwert der Ethik im planetarischen Zeitalter, jener des »ökologischen Gleichgewichts« auf unserem Raumschiff Erde, ist wohl kaum der neue Fundamentalwert aller künftigen Ethiken, sondern ein ableitbarer Sekundärwert — ableitbar aus dem Wert eines zu sichernden menschenwürdigen Überlebens der Menschheit.

Wenn Ozbekhan meint, die Technologen hätten ihre Schuldigkeit getan, nun seien die Philosophen an der Reihe, so ist der erste Teilsatz sicherlich falsch, so richtig der letzte allerdings

ist. Wenn die moral- und sozialphilosophische Diskussion angesichts der Herausforderung des systemtechnologischen Zeitalters keine absolut gesicherten inhaltlichen Rezepte und Rechtfertigungsmethoden apriorisch-rationalistischer Art geben kann (dies dürfte ein kaum bezweifelbares Ergebnis der analytischen Philosophie der letzten Jahrzehnte sein), so muß doch auch die Philosophie im interdisziplinären Konzert die Herausforderung wieder aufnehmen und neue konstruktive Entwürfe wagen. Sie muß heraustreten aus dem Elfenbeinturm der Seminarphilosophie, ohne falsche Sicherheiten zu versprechen. Soziale und überdisziplinäre Probleme des Technischen gerade in seiner Verzahnung mit anderen Lebensbereichen sind zu wichtig, als daß man sie allein den Technikwissenschaftlern überlassen könnte: Sie sind eben soziale, politische und Wertprobleme. Aber genauso, wie die multidimensionalen Probleme der technologischen Welt nicht ohne die Beteiligung sozialwissenschaftlicher Generalisten und philosophischer Universalisten mit einiger Aussicht auf Erfolg angegriffen werden können, genausowenig können sie ohne das entscheidende realistische Korrektiv der technikwissenschaftlichen Experten, der Systemanalytiker und Systemplaner problemadäquat und realitätsnah gelöst werden. Eine fruchtbare und realistische Zusammenarbeit über die veralteten Fakultätsgrenzen hinweg, insbesondere zwischen Natur- und Geisteswissenschaften, zwischen Sozial- und Technikwissenschaften, ist heute nötiger denn je.

Literaturhinweise

- Agassi, J.: *The Confusion between Science and Technology in the Standard Philosophies of Science*. Technology and Culture (1966), S. 348—366
- Autorenkollektiv: *Die gegenwärtige wissenschaftlich-technische Revolution*. Berlin 1972
- Autorenkollektiv: *Man — Science — Technology*. Moskau/Prag 1973
- Bahrdt, H. P.: *Helmut Schelskys technischer Staat*. Atomzeitalter (1961), S. 195 ff
- Beck, H.: *Philosophie der Technik*. Trier 1969
- Beckmann, J.: *Anleitung zur Technologie*. Wien 1789 (1. Auflage Göttingen 1777)
- Beckmann, J.: *Entwurf der allgemeinen Technologie*. Göttingen 1806
- Bense, M.: *Technische Existenz*. Stuttgart 1949
- Beitz, W.: *Systemtechnik in der Konstruktion*. DIN-Mitteilungen 49 (1970) 8, S. 295—302
- Blohm, H. und K. Steinbuch (Hrsg.): *Technische Prognosen in der Praxis*. Düsseldorf 1972
- Blumenberg, H.: *Lebenswelt und Technisierung unter Aspekten der Phänomenologie*. Turin 1963
- Brinkmann, D.: *Mensch und Technik*. Bern 1946
- Buchanan, S.: *Nature, Science and Technology*. Technology and Culture (1962), S. 535 ff
- Bunge, M.: *Technology as Applied Science*. Technology and Culture (1966), S. 329—347
- Conze, W.: *Die prognostische Bedeutung der Geschichtswissenschaft, Möglichkeiten und Grenzen*. In: *Technikgeschichte — Voraussetzung für Forschung und Planung in der Industriegesellschaft*. Schriften des Deutschen Verbandes Technisch-Wissenschaftlicher Vereine DVT Nr. 2, Düsseldorf 1972, S. 16—26
- Dessauer, F.: *Philosophie der Technik*. Bonn 1927
- Dessauer, F.: *Streit um die Technik*. Frankfurt 1956
- Ellul, J.: *La technique ou l'enjeu du siècle*. Paris 1954
- Feinberg, G.: *The Prometheus Project*. Garden City/N. Y. 1968
- Fischer, M.: *Die Bedeutung technischer Prognosen für die industrielle Langfristplanung*. In Ropohl 1974, S. 79—104
- Freyer, H.: *Zur Philosophie der Technik*. Blätter für Deutsche Philosophie 3 (1929), S. 192 ff
- Gehlen, A.: *Die Seele im technischen Zeitalter*. Hamburg 1957
- Gottl-Ottlilienfeld, F. von: *Wirtschaft und Technik*. Tübingen 1923
- Grigorjan, S.: *Karl Marx über den technischen Fortschritt im Kapitalismus*. Wirtschaftswissenschaft 11 (1963) 12, S. 1873—1886
- Grünwald, H.: *»Technologie« und »Technik«*. VDI-Nachrichten 25 (1971) 8, S. 10
- Hansen, F.: *Konstruktionssystematik*. Berlin 1965
- Heidegger, M.: *Die Technik und die Kehre*. Pfullingen 1962
- Holz, H. H.: *Technik und gesellschaftliche Wertordnung*. Blätter für Deutsche und Internationale Politik 19 (1974) 2, S. 175—188
- Hübner, K.: *Von der Intentionalität der modernen Technik*. Sprache im technischen Zeitalter (1968), S. 27—48
- Hübner, K.: *Philosophische Fragen der Zukunftsforschung*. Studium Generale 24 (1971), S. 851 ff
- Hübner, K.: *Philosophische Fragen der Technik*. In Lenk/Moser 1973, S. 133—151
- Hubka, V.: *Theorie der Maschinensysteme*. Berlin/Heidelberg/New York 1973
- Jantsch, E.: *Technological Forecasting in Perspective*. Paris 1967
- Jaspers, K.: *Vom Ursprung und Ziel der Geschichte*. Frankfurt/Hamburg 1955
- Jobst, E.: *Spezifische Merkmale der technischen Wissenschaft in ihrem Wechselverhältnis zur Naturwissenschaft*. Deutsche Zeitschrift für Philosophie 16 (1968), S. 928—935
- Kapp, E.: *Grundlagen einer Philosophie der Technik*. Braunschweig 1877
- Karmarsch, K.: *Geschichte der Technologie*. München 1872
- Kesselring, F.: *Technische Kompositionslehre*. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1954
- Koller, R.: *Eine algorithmisch-physikalisch orientierte Konstruktionsmethodik*. VDI-Zeitschrift 115 (1973) 2, S. 147—152 und 4, S. 309—317
- Kusin, A. A.: *Karl Marx und Probleme der Technik*. Leipzig 1970
- Lazslo, E.: *Introduction to Systems Philosophy*. New York/London/Paris 1972
- Lenk, H.: *Philosophie im technologischen Zeitalter*. Stuttgart 1971, 1972²

- Lenk, H. (Hrsg.): *Technokratie als Ideologie*. Stuttgart 1973
- Lenk, H. und S. Moser (Hrsg.): *Techne — Technik — Technologie*. Pullach bei München 1973
- Linde, H.: *Sachdominanz in Sozialstrukturen*. Tübingen 1972
- Lipp, H. M.: Problemlösen und Erkennen aus der Sicht der Nachrichtenverarbeitung. In Steinbuch/Moser 1970, S. 156—162
- Marachow, W. G.: *Struktur und Entwicklung der Produktivkräfte in der sozialistischen Gesellschaft*. Berlin 1972
- Marcuse, H.: *Der eindimensionale Mensch*. Neuwied/Berlin 1967
- Marx, K.: *Hefte zur Technologie*. Unveröffentlichte Manuskripte 1861/63. Zentrales Parteiarchiv des Instituts für Marxismus-Leninismus beim ZK der KPdSU, Fonds I, Inventarliste 1; zitiert nach Grigorjan 1963
- Marx, K.: *Grundrisse der Kritik der Politischen Ökonomie*. Berlin 1953
- Marx, K. und F. Engels: *Die deutsche Ideologie*. Marx/Engels: Werke (= MEW) Bd. 3, Berlin 1959
- Marx, K.: *Das Elend der Philosophie*. In MEW Bd. 4, Berlin 1959, S. 63—182
- Marx, K.: *Einleitung zur Kritik der Politischen Ökonomie*. In MEW Bd. 13, Berlin 1961, S. 615—642
- Marx, K.: *Das Kapital*, Bd. 1. MEW Bd. 23, Frankfurt 1972
- Mitcham, C. u. R. Mackey (Hrsg.): *Philosophy and Technology*. New York/London 1972
- Moser, S.: *Metaphysik einst und jetzt*. Berlin 1958; insbesondere S. 231—294; Nachdruck unter dem Titel: *Kritik der traditionellen Technikphilosophie*. In Lenk/Moser 1973, S. 11—81
- Müller, J.: *Grundlagen der Systematischen Heuristik*. Berlin 1970
- Naudascher, E. und M. Schatzmann: *Mensch — Technik — Zukunft*. Deutsche Universitätszeitung (1972), Nr. 3
- Niederwemmer, U.: *Programmatistische Skizze für eine Sozialphilosophie der Technik*. In Lenk/Moser 1973, S. 173—197
- Ortega y Gasset, J.: *Betrachtungen über die Technik*. Stuttgart 1949
- Ozbekhan, H.: *Toward a General Theory of Planning*. In: Jantsch, E. (Hrsg.): *Perspectives of Planning*. Paris 1969, S. 143 ff
- Pfeiffer, W.: *Allgemeine Theorie der technischen Entwicklung*. Göttingen 1971
- Prion, W.: *Ingenieur und Wirtschaft: Der Wirtschaftsingenieur*. Berlin 1930
- Rapp, F.: *Technik und Naturwissenschaften — Eine methodologische Untersuchung*. In Lenk/Moser 1972, S. 108—132
- Reuleaux, F.: *Theoretische Kinematik*. Braunschweig 1875
- Richta, R. und Kollektiv: *Politische Ökonomie des 20. Jahrhunderts*. Frankfurt 1971
- Riebel, P.: *Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht*. Wiesbaden 1963
- Rodenacker, W. G.: *Methodisches Konstruieren*. Berlin/Heidelberg/New York 1970
- Ropohl, G.: *Was heißt »Technologie«?* VDI-Nachrichten 26 (1972) 6, S. 11 (a)
- Ropohl, G.: *Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der morphologischen Methode in Forschung und Entwicklung*. WiSt-Wirtschaftswissenschaftliches Studium 1 (1972) 11, S. 495—499 und 12, S. 541—546 (b)
- Ropohl, G.: *Gesellschaftliche Perspektiven und theoretische Voraussetzungen einer technologischen Aufklärung*. In Lenk 1973, S. 223—223 (a)
- Ropohl, G.: *Prolegomena zu einem neuen Entwurf der allgemeinen Technologie*. In Lenk/Moser 1973, S. 152—172 (b)
- Ropohl, G. (Hrsg.): *Systemtechnik — Grundlagen und Anwendung*. München/Wien 1974; darin derselbe: *Einleitung in die Systemtechnik*. S. 1—77
- Rumpf, H.: *Gedanken zur Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften*. In Lenk/Moser 1973, S. 82—107
- Sachsse, H.: *Technik und Verantwortung*. Freiburg 1972
- Scharf, P.: *Konstruktion als Systemsynthese*. In Ropohl 1974, S. 151—178
- Scheler, M.: *Die Wissensformen und die Gesellschaft*. Leipzig 1926
- Schelsky, H.: *Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation*. Köln/Opladen 1961
- Schilling, K.: *Philosophie der Technik*. Herford 1968
- Simmel, G.: *Philosophie des Geldes*. München/Leipzig 1922
- Skolimowski, H.: *On the Concept of Truth in Science and Technology*. In: *Akten des XIV. Internationalen Kongresses für Philosophie*. Wien 1968, Bd. II, S. 553—559
- Spencer, H.: *The Principles of Sociology*. Vol. III, New York/London 1910
- Spengler, O.: *Der Mensch und die Technik*. München 1931
- Spranger, E.: *Lebensformen*. Halle 1930
- Staudt, E.: *Struktur und Methoden technologischer Voraussetzungen*. Göttingen 1974
- Steinbuch, K.: *Über die Kontrolle des technischen Fortschritts*. In: *Wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkungen des technischen Fortschritts*. Hrsg. vom Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf 1971, S. 219—248
- Steinbuch, K.: *Mensch — Technik — Zukunft*. Stuttgart 1971
- Steinbuch, K. und S. Moser (Hrsg.): *Philosophie und Kybernetik*. München 1970
- Stöber, G. J. und D. Schumacher (Hrsg.): *Technology Assessment and Quality of Life*. Amsterdam 1973
- Timm, A.: *Kleine Geschichte der Technologie*. Stuttgart 1964
- Tondl, L.: *Über die Abgrenzung der Naturwissenschaften und der technischen Wissenschaften*. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Dresden* 15 (1966) 4, S. 865—867
- Tuchel, K.: *Herausforderung der Technik*. Bremen 1967
- Tuchel, K.: *Zum Verhältnis von Kybernetik, Wissenschaft und Technik*. In: *Akten des XIV. Internationalen Kongresses für Philosophie*. Wien 1968, Bd. II, S. 578—585
- Zeidler, F.: *Gedanken zu einer allgemeinen Techniklehre*. In: Sommer J. (Hrsg.): *Technik und Wirtschaft im Fortschritt der Zeit*. München 1949, S. 138—147

Walter Bußmann

Dr. phil., o. Professor für Geschichte an der Universität Karlsruhe. Geboren 1914 in Hildesheim. Studium der Germanistik und der Geschichtswissenschaft in Heidelberg und Göttingen. 1939 Promotion. 1949 Habilitation in Mittelerer und Neuerer Geschichte.

Hans Lenk

Dr. phil., o. Professor für Philosophie an der Universität Karlsruhe. Geboren 1935 in Berlin. Studium der Philosophie in Freiburg und Kiel. 1961 Promotion. 1966 Habilitation in Philosophie.

Klaus Neumaier

Dr. phil. Bis Ende Juli 1974 Wissenschaftlicher Angestellter der Universität Karlsruhe. Geboren 1945 in Bad Wiessee. Geschichtsstudium in München. 1971 Promotion.

Günter Ropohl

Dr.-Ing., Wissenschaftlicher Assistent an der Universität Karlsruhe. Geboren 1939 in Köln. Studium des Maschinenbaus in Stuttgart. 1970 Promotion.

Hans Rumpf

Dr.-Ing. D. Tech. h. c. (Bradford), o. Professor für Mechanische Verfahrenstechnik an der Universität Karlsruhe. Geboren 1911 in Bad Langenschwalbach/Taunus. Studium des Maschinenbaus in Darmstadt und Dresden. 1939 Promotion. 1966–1971 Rektor der Universität Karlsruhe. 1968–1971 Präsident der Westdeutschen Rektorenkonferenz.

Wolfgang Ruppel

Dr. rer. nat., o. Professor für Angewandte Physik an der Universität Karlsruhe. Geboren 1929 in Hamburg. Studium der Physik in Karlsruhe, Grenoble und Braunschweig. 1955 Promotion. 1964 Habilitation in Physik.

Impressum

Erschienen im Dezember 1974

Library of Congress Catalog
Card. Number: 79 - 90856

Herausgegeben von Rektor und Senat der
Universität Karlsruhe (Technische Hochschule)
mit Unterstützung der Karlsruher Hochschul-
vereinigung e. V.

Redaktion dieser Ausgabe:
Walter Bußmann, Adolf Herlitzka

Anschrift der Redaktion:
Pressestelle der Universität Karlsruhe,
75 Karlsruhe 1, Kaiserstraße 12

Gestaltung:
Rolf Lederbogen, Jochen Schmitt

Umschlaggestaltung:
Rolf Lederbogen

Verlag C. F. Müller, 75 Karlsruhe 21,
Rheinstraße 122, Postfach 21 0729