Geleitwort

Die allgemeine Erkenntnis der prinzipiellen Ambivalenz von Technik, wie sie sich etwa seit den siebziger Jahren gesellschaftlich durchgesetzt hat, hat eine Fülle wissenschaftlicher Ansätze angeregt, sowohl in praktischer Hinsicht im Hinblick auf eine gesellschaftliche Technikgestaltung als auch in theoretischer Hinsicht als Reflexion von Technik und ihres Verhältnisses zur Gesellschaft. Ein Ziel der theoretischen Bemühungen liegt dabei – über die rein explanatorischen Aspekte hinaus – stets in einer Orientierung der praktischen Technikgestaltung. Theorie und Praxis sind nicht getrennt, sondern aufeinander angewiesen. Diese Erkenntnis steht Pate für das gemeinsame Interesse der Leibniz-Sozietät und des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) im Forschungszentrum Karlsruhe an der Allgemeinen Technologie, aus dem dieses Buch hervorging. Stichworte aus dem Inhaltsverzeichnis wie Humanität, ethische Herausforderungen, arbeitswissenschaftliche Aspekte und gesellschaftliches Wissensmanagement zeigen deutlich die Relevanz der Allgemeinen Technologie für die praktische Gestaltung von Technik in der Gesellschaft. Diesen Überlegungen zu allgemeinen Fragen im Verhältnis von Technik und Gesellschaft stehen im vorliegenden Band Analysen zu technikinternen Fragen gegenüber, wie etwa zu Analogien in den Transformationen von Stoffen, Information und Energie durch Technik oder zur Verallgemeinerung mechanismentheoretischer Schemata. Auch diese sind von Bedeutung für praktische Fragen von Technik, eröffnen sie doch die Möglichkeit von Lernprozessen durch Übertragungen von Erkenntnissen aus einem Bereich in andere.

Ich wünsche dem vorliegenden Buch in diesem fruchtbaren Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis eine weite Verbreitung und gute Resonanz.

Professor Dr. Armin Grunwald
Direktor des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse,
Forschungszentrum Karlsruhe

Vorwort

Technologie ist nach altem Begriff zu verstehen als logos, die Lehre von techné, der Kunst, etwas zu produzieren oder, allgemeiner ausgedrückt, etwas hervorzubringen und zu gestalten. Die spätere Gewerbekunde hat sich auf die Produktionstätigkeit, auf die wissenschaftliche Darstellung, die Beschreibung und Erklärung der in verschiedenen Gewerben vorkommenden Apparate, Werkzeuge und Verfahrensweisen ausgerichtet. Heute zeigt sich die Technologie in so vielfältiger Gestalt, dass der Versuch einer allgemeinen Systematisierung wohl angebracht ist.

Im Symposium „Allgemeine Technologie“ sind wir ausgegangen von der Entwicklung der Technologie in der Vergangenheit über Beckmann und Karmarsch und sind zu den vielseitigen Aspekten dieser Wissenschaft in der Gegenwart gekommen, haben Bilanz gehalten und nach der Weiterentwicklung in der Zukunft gefragt. Die Aufgabe, die dazu angemessen erscheint und die im Symposium erörtert wurde, ist die Suche nach den allgemeinen Prinzipien der Technologie, Prinzipien, in die sich die verschiedensten Gesichtspunkte der heutigen Entwicklung einordnen, Prinzipien, die dadurch gekennzeichnet sind, das Fundament der zukünftigen Entwicklung zu bilden. Ist die Lösung dieser Aufgabe in der Herausbildung einer allgemeinen Prozesstechnik und einer allgemeinen Systemtechnik zu finden, was naheliegend erscheint, oder wird diese Einteilung in einer höheren Verallgemeinerung aufgehoben? Das sind Fragen, deren Lösung wohl nicht in einem einzigen Symposium gefunden werden kann, die aber durch dieses erste Symposium im Rahmen der Leibniz-Sozietät und des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe Technik und Umwelt in Angriff genommen wurden. Durch Betrachtung von Vergangenheit und Gegenwart haben wir auf die zukünftige Entwicklung geschlossen.

Die veröffentlichten Vorträge zeugen von dem großen Bogen, der gespannt wurde, von der vielgestaltigen Wissenschaft Technologie, ihrer Bewertung und den sich daraus ergebenden Folgerungen für die zukünftige Ausbildung. Sie sind Bilanz und regen zum weiteren Nachdenken an.

Professor Dr. Lothar Kolditz
Vizepräsident der Leibniz-Sozietät

Einleitung

Als Johannes Beckmann im Jahre 1806 die „Allgemeine Technologie“ veröffentlichte, hatte er schon Jahre zuvor in der 1777 erstveröffentlichten „Anleitung zur Technologie“ eine Analyse und Systematik der verschiedenen existierenden Gewerbe vorgenommen und der Öffentlichkeit vorgestellt. Angeregt zu dieser Systematik wurde er durch seinen mehrjährigen Aufenthalt in Schweden bei dem Biologen Carl von Linné. Linné löste die Aufgabe, Pflanzen und Tiere wissenschaftlich zu klassifizieren, in seinem Werk „Systema naturae“ (1735) dadurch, dass er eine ganz geringe Anzahl von Merkmalen zur Grundlage der Systematik machte. Beckmann verfuhr gewissermaßen analog zu Linné, was ihn zu seiner Technologiesystematik führte. Die „Allgemeine Technologie“ beinhaltet Darstellungen zu Rohstoffen, zur Herstellung und zur Ware. Damit wurde schon damals deutlich gemacht, dass die Allgemeine Technologie ein überaus interdisziplinäres Objekt darstellt. Bedingt durch die fortschreitende Arbeitsteilung in den folgenden Jahrzehnten (z.B. Karl Karmarsch im Bereich der mechanischen Technologie und Friedrich L. Knapp im Bereich der chemischen Technologie u.a.) geriet der Gedanke einer Allgemeinen Technologie etwas aus dem Blickfeld.

Im vergangenen Jahrhundert entwickelten sich auf der Grundlage der mechanischen Technologie die Fertigungstechnik, der chemischen Technologie die Verfahrenstechnik und der Gebrauchsgüter-Technologien die Verarbeitungstechnik als methodenorientierte Ingenieurwissenschaften der Stoffformung und -wandlung.

In den letzten zwanzig Jahren ist nun das Interesse an einer Allgemeinen Technologie wieder erwacht. Einerseits führten Analogiebetrachtungen unter technologischen Gesichtspunkten zwischen Stoff, Energie und Information zu mehreren Neuansätzen einer Allgemeinen Technologie. Genannt seien vor allem (in chronologischer Anordnung):

- Wolffgramm, H.: Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig 1978 (2. erw. Auflage: Allgemeine Techniklehre. 4 Bände. Hildesheim 1994ff.)
- Ropohl, G.: Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München, Wien 1979 (2. Aufl.: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. München, Wien 1999)

- Hölzl, J.: Allgemeine Technologie. Wien 1984 (2. Aufl. 1989)
- Müller, H.-P; Troitzsch, U. (Hrsg.): Technologie zwischen Fortschritt und Tradition. Beiträge zum Internationalen Johann Beckmann-Symposium, Göttingen 1989. Frankfurt a.M., Bern, New York, Paris 1992
- Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997
- Spur, G.: Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaft. München, Wien 1998
- Banse, G.; Meier, B.; Wolffgramm, H. (Hrsg.): Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Karlsruhe (FZK) 2001

In diesen Arbeiten wurde der Rahmen von technischen Sachsystemen über soziotechnische Systeme bis hin zu politischen, ökologischen u.a. Systemen gespannt. Sie richteten sich vor allem an Lehrer (z.B. im Bereich der Polytechnik und der Arbeitslehre/Technikkunde), Ökonomen, Philosophen, Soziologen, Politiker u.a. „Begleiter" konkreter technologischer Lösungen. Natur- und Technikwissenschaftler als „Schöpfer" von Technologien gehörten nicht zu den vorrangigen Rezipienten. Das bedeutet jedoch nicht, dass sie keinen Nutzen an diesen Arbeiten haben konnten bzw. hatten (siehe Abbildung 1).

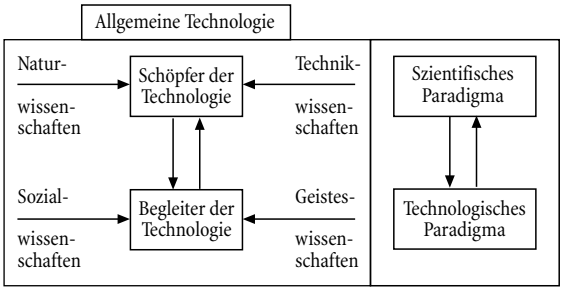

Abbildung 1: „Schöpfer" und „Begleiter" der Technologie[1]

[1] „Szientifisches" und „technologisches Paradigma" werden hier im Sinne von Günter Ropohl verstanden: Im szientifischen Paradigma werden Technik und Technikwissenschaften auf angewandte Naturwissenschaft reduziert; das technologische Paradigma dagegen bedeutet, die Wechselbeziehungen von technischen Sachsystemen, Mensch, Gesellschaft und Umwelt zum Ausgangs- bzw. grundlegenden Bezugspunkt zu machen.

Andererseits mehrten sich zugleich wissenschaftliche Veranstaltungen, deren Anliegen auch oder vor allem die Allgemeine Technologie war, ihr Anspruch, ihr Entwicklungsstand und ihre Perspektiven.[2] Genannt seien vor allem (in zeitlicher Reihung):

- Konferenz „Johann Beckmann und der wissenschaftlich technische Fortschritt heute“ (1989; URANIA – Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse in Kooperation mit der TU „Otto von Guericke“ Magdeburg)
- Internationales Johann Beckmann-Symposium (1989; Beckmann-Gesellschaft in Kooperation mit der Universität Göttingen)
- Wissenschaftliche Tagung „Von der enzyklopädisch-beschreibenden Technologie zur praktikablen Technikwissenschaft – das Beispiel der Polytechnischen Schule Stuttgart“ (1993; Beckmann Gesellschaft)
- Symposium „Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie“ (1996; Brandenburgische Technische Universität Cottbus)
- Konferenz „Selbstverständnis der Technikwissenschaften“ (1999; Klasse Technikwissenschaften der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Kooperation mit dem Konvent für Technikwissenschaften)
- Interdisziplinäres Fachgespräch „Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse“ (2000; Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe in Kooperation mit dem Institut für Arbeitslehre/Technik der Universität Potsdam)

Ein Symposium mit dem Thema „Allgemeine Technologie – Vergangenheit und Gegenwart“, im Oktober 2001 gemeinsam von der Leibniz-Sozietät und dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe Technik und Umwelt (FZK) durchgeführt, hatte es sich zur Aufgabe gemacht, Überlegungen zu Verallgemeinerungen und Ganzheitsbetrachtungen im Sinne einer Allgemeinen Technologie vorzustellen, die sowohl dem Bereich der Technik- und Naturwissenschaften als auch dem der Sozial- und Geisteswissenschaften zuzuordnen sind (siehe Abbildung 2).

[2] Auch von diesen Aktivitäten fühlten sich vorrangig nicht die „Schöpfer“ von Technologien angesprochen. Eine Ausnahme bildete das Projekt der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften zum „Selbstverständnis der Technikwissenschaften“ aus den Jahren 1998 und 1999 (mit der abschließenden, in der Auflistung genannten Konferenz 1999), das sich explizit an Technikwissenschaftler richtete und einbezog, jedoch keine inhaltliche Fortsetzung fand.

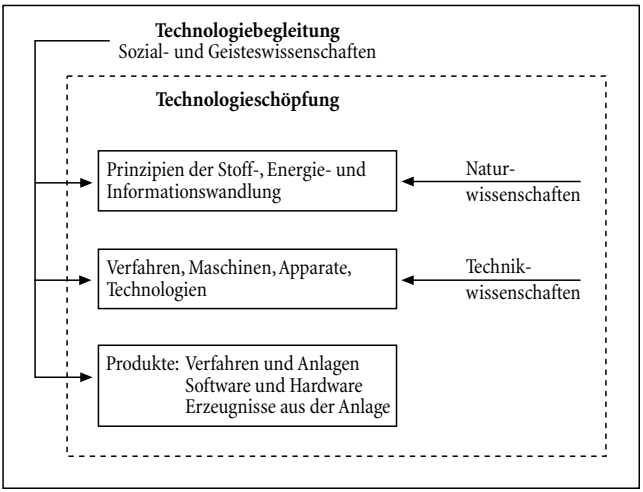

Abbildung 2: Zusammenwirken von Technologie„schöpfung“ und Technologie„begleitung“[3]

Die Vortragenden waren bemüht, aus ihren speziellen Fachgebieten heraus an allgemeintechnologische Überlegungen, wie sie von Johann Beckmann bzw. von Horst Wolffgramm, Günter Ropohl, Josef Hölzl, Günter Spur u.a. bisher vorgezeichnet wurden, anzuschließen und durch Beiträge auf verschiedenen Hierarchieebenen zu konkretisieren. Hintergrund waren die Bemühungen der Leibniz-Sozietät, Forschungen zur Allgemeinen Technologie zu einem langfristigen interdisziplinären Vorhaben werden zu lassen. Sie will – unterstützt vom ITAS des FZK – dazu beitragen, mit ihren spezifischen Möglichkeiten eine Bestandsaufnahme im Bereich der Allgemeine Technologie vorzunehmen und sie unter Einbeziehung unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen im Beckmannschen Sinne weiter auszugestalten.

Das Kolloquium, an dem ca. 40 Interessierte teilnahmen, wurde vom Vizepräsidenten der Leibniz-Sozietät Lothar Kolditz eröffnet, der auf die Aktualität der Thematik aufmerksam machte und besonders die Auflistung technologischer Erkenntnisse zu einer höheren Aggregierung hervorhob, die in dem Konzept der Allgemeinen Technologie ihren Niederschlag finden kann. Es folgten zwei Referate, acht Beiträge und eine rege Diskussion, in denen historische wie aktuelle Problemstellungen einer Allgemei-

[3] Die Abbildung soll auch verdeutlichen, dass Technologieschöpfung und die Technologiebegleitung in allen Stadien technischer Entwicklung eng aufeinander bezogen werden (sollten).

nen Technologie u.a. aus wissenschaftstheoretischer, philosophischer, technikwissenschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Sicht behandelt sowie Konsequenzen für Zukünftiges abgeleitet wurden.

Die in diesem Band der Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät vereinten Beiträge gehen zumeist auf dieses Symposium zurück: die Referate von Gerhard Banse und Herbert Hörz, die Beiträge von Ernst-O. Reher, Klaus Hartmann, Heinz Bartsch, Klaus Fuchs-Kittowski, Rolf Löther, Klaus Krug und Wolfgang Fratzscher. Günter von Sengbusch sah sich – bedingt durch dringende dienstliche Obliegenheiten – leider nicht in der Lage, seine durch Bilder eindrucksvoll veranschaulichten Darlegungen in eine schriftliche Fassung zu bringen. Deshalb wurden nur seine zum Symposium vorgelegten Thesen in diesen Band aufgenommen. Auf seine Anregung geht aber der gegenüber dem Symposium veränderte Untertitel des Buches zurück, denn es gelte, so von Sengbusch, nicht nur „Vergangenheit und Gegenwart“ zu reflektieren, sondern „Vergangenheit – Gegenwart – Zukunft“. Die Beiträge von Hubert Laitko und Wolfgang Eichhorn basieren auf Anmerkungen während der Diskussion auf dem Symposium. Zusätzlich aufgenommen wurde ein Artikel von Vitaly Gorokhov, dessen inhaltliche Thematik zur Abrundung dieses Bandes beiträgt.

Auf dem Symposium wurde sichtbar, dass eine durchgehende Gestaltung der Disziplin „Allgemeine Technologie“ auch für die „Technologiemacher“ (homo faber) noch in weiter Ferne liegt – wobei noch nicht klar ist, ob es überhaupt möglich sein wird, ein derartiges Ziel zu erreichen. Nichts desto trotz wurde eine Arbeitsgruppe „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät unter Leitung eines der Herausgeber (Ernst-Otto Reher) ins Leben gerufen, die Vorschläge für Weiteres in ein realistisches und realisierbares Arbeitsprogramm umsetzen soll. Es gilt, auf den Hierarchieebenen Realtechnik (technische Sachsysteme), Mensch-Maschine-System, Soziotechnik (Technik als soziotechnisches „Phänomen“) sowie Technik als kulturelles „Phänomen“ weitere Beiträge in die wissenschaftliche Diskussion einzubringen. „Nahziel“ ist die Vorbereitung eines Interdisziplinären Beckmann-Symposiums im Jahr 2004 in Karlsruhe gemeinsam mit dem Wissenschaftlichen Collegium Johann Beckmann und dem ITAS. Mögliches Thema könnte der Einfluss wissenschaftlich gerechtfertigter Reduktionen bzw. wissenschaftlich nicht gerechtfertigter Reduktionen (Reduktionismus) sein, die sie auf die mit Technik, Technikwissenschaften und Allgemeiner Technologie verbundenen Paradigmen haben (können). Sowohl die Leibniz-Sozietät mit ihren zwei Klassen als auch das Institut für Technikfolgenabschätzung und System-

analyse mit seinen interdisziplinäre Erfahrungen bieten für derartige fachübergreifende Projekte ausgezeichnete Voraussetzungen. Die Herausgeber hoffen, dass mit dieser Publikation noch mehr Kolleginnen und Kollegen vor allem innerhalb, aber auch außerhalb der Leibniz-Sozietät angeregt werden, sich an der Arbeit der Arbeitsgruppe „Allgemeine Technologie“ zu beteiligen, um die Vielfalt der Facetten, die zur Allgemeinen Technologie gehören, noch besser sichtbar machen zu können.

Dieser Band wäre nicht zustande gekommen, wenn die Autoren nicht bereit gewesen wären, den zahlreichen Wünschen der Herausgeber – z.B. hinsichtlich Terminstellung, Manuskriptumfang, Präzisierungen – nachzukommen. Dafür herzlicher Dank. Dank gilt auch dem Designbüro form-L1, Berlin, bei dem die Gestaltung dieses Bandes in besten Händen lag.

Karlsruhe und Halle (Saale), April 2002

Gerhard Banse
Ernst Otto Reher

Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart

Gerhard Banse

1 Problemstellung

Allgemeine Technologie ist gegenwärtig mehr ein Programm denn ein aus- bzw. durchgearbeitetes Konzept. Gerade deshalb ist es angezeigt, eine disziplinübergreifende Bestandsaufnahme als Grundlage für weiterführende Überlegungen vorzunehmen. Die nachfolgenden Darlegungen verstehen sich als ein Beitrag in dieser Richtung aus einer technikphilosophischen Perspektive.[1] Zunächst wird der diesbezügliche Ansatz von Johann Beckmann einschließlich seiner Weiterungen im 19. Jahrhundert charakterisiert (2). Sodann werden unterschiedliche konzeptionelle Neuansätze der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts vorgestellt, die bewusst auf Beckmann zurückgreifen (3). Allgemeintechnologische Überlegungen zielen auch auf adäquate Begriffsbildungen bzw. auf angemessene Verständnisse lebensweltlicher Bereiche. Das wird exemplarisch für das „Technikbild“ (4) sowie für kognitive und methodologische Grundlagen der Technikwissenschaften (5) deutlich gemacht. Schließlich wird – da im Kontext von Allgemeiner Technologie vielfach kaum berücksichtigt – auf die Konstruktionswissenschaft als einer allgemeintechnologischen Ausprägung eingegangen (6). Der Beitrag endet mit einem kurzen Fazit (7).

2 Der Ansatz von Johann Beckmann

Im Jahre 1806 hat der Göttinger Professor für „Weltweisheit“ (Philosophie) und Ökonomie Johann Beckmann (1739-1811) im „Dritten Stück“ seines „Vorraths kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände“ einen kurzen Text publiziert, den man als die „Geburtsurkunde“ einer Allgemeinen Technologie bezeichnen kann: gemeint ist der „Entwurf der Algemeinen Technologie“. Um die diesbezüglichen Gedankengänge besser einordnen zu können, ist ein kurzer Rückblick erforderlich.

[1] Das Nachfolgende basiert weitgehend auf Banse 1997b, 1999b, 2000, 2001.

In der 1777 veröffentlichten „Anleitung zur Technologie oder zur Kenntniss der Handwerke, Fabriken und Manufakturen ...“ fasst Beckmann Technologie nicht – wie bis dahin üblich[2] – als „Kunstlehre“, sondern verstand darunter „die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntniß der Handwerke, lehrt“, eine Wissenschaft, „welche alle Arbeiten, ihre Folgen und ihre Gründe vollständig, ordentlich und deutlich erklärt“ (Beckmann 1780, S. 17).[3] In diesem ersten Schritt auf dem Wege zu einer stärker theoretisch fundierten Technik ging es ihm zunächst um eine Systematisierung der verschiedenen Arbeiten der Handwerke und Fabriken, die über eine bloß aufzählende Beschreibung der Mittel und Verfahren hinausgeht.[4] Dazu forderte er die stärkere Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und eine einheitliche – und damit auch vereinheitlichende – Terminologie.

Beckmann ging es bei seinen Bemühungen um die Begründung der Technologie als Wissenschaft – allgemeine Entwicklungen der Wissenschaft im Verlauf des 20. Jahrhunderts antizipierend –, um die – wie er es nannte – Verbindung von „wahren Grundsätzen“ und „zuverlässigen Erfahrungen“. Unter „wahren Grundsätzen“ sind die wissenschaftlichen Grundlagen zur theoretischen Durchdringung technologischer Prozesse zu verstehen, während mit „zuverlässigen Erfahrungen“ die stabilen Elemente des lebensweltlich Erworbenen, technisches gestalterisches Können auf der Grundlage weitergegebener Erfahrungen gemeint sind. Diese „zuverlässigen Erfahrungen“ sind für Beckmann das in Jahrhunderten erworbene praktische Wissen (und Kön-

2 Vgl. beispielsweise folgenden Lexikoneintrag aus dem Jahre 1748: *„Technologie, Kunst-Wörter-Lehre*, Lat. Technologia, heißt die Lehre von den Kunst-Wörtern, wodurch man insgemein solche Wörter versteht, welche Sachen bedeuten, die in einem gewissen Stande sich befindenden Personen eigen sind. ... Man kan sie in *ungelehrte und gelehrte* theilen, davon jene in den Handwercken und gemeinen Künsten: Diese in den gelehrten Wissenschafften vorkommen... Wer mit einer solchen Wissenschaft umgehen will, und solche Wörter verstehen, nicht daß er vermittelst derselben hinter die Wahrheit komme, sondern andere, wenn sie sich dieser künstlichen Sprache bedienen, verstehen lerne.“ (Zedler 1744).

3 „Ich habe es gewagt, Technologie statt der seit einiger Zeit üblichen Benennung Kunstgeschichte zu brauchen, die wenigstens ebenso unrichtig, als die Benennung Naturgeschichte für Naturkunde ist. Kunstgeschichte mag die Erzählung von der Erfindung, dem Fortgang und den übrigen Schicksalen einer Kunst oder eines Handwerks heißen; aber viel mehr ist die Technologie, welche alle Arbeiten, ihre Folgen und ihre Gründe ordentlich und deutlich erklärt.“ (Beckmann 1780, S. 17).

4 Dazu schreibt Karl Karmarsch (1803-1897), dass Beckmann das Verdienst gebührt, Begründer der Technologie zu sein, „nicht etwa bloß, weil er den Namen, sondern auch, weil er die Sache und die Form schuf, letztere freilich nur erst in unvollkommener Weise, wie es im Beginn kaum anders möglich war“ (Karmarsch 1872, S. 864).

nen), das nur selten bis zu quantifizierenden Erfahrungsregeln verallgemeiner- und entsubjektivierbar ist. In der Ingenieurtätigkeit wie im technischen Wissen ging es immer – und geht es auch heute! – um ein angemessenes („gleichgewichtiges") Verhältnis zwischen diesen beiden Komponenten, das die Besonderheit des Ingenieurberufs wie der Entwicklung der Technikwissenschaften ausmacht. Beckmann steht damit in der konzeptionellen Traditionslinie u.a. eines Pollio Vitruvius (etwa 90-10 v.u.Z.) und eines Leon Battista Albertis (1402-1472), die aus der Bau„kunst" heraus analoge Überlegungen entwickelten. Ging Vitruv als Quelle des Wissens einerseits von der handwerklichen Praxis („fabrica") und andererseits von der auf wissenschaftlicher Bildung beruhenden geistigen Arbeit („ratiocination") aus, ging es Alberti um die Vereinigung von - wie es damals genannt wurde – „Buchwissen" (d.h. wie auch immer (!) begründete Einsichten) und mit dem „Verwirklichungszweck" verbundene praktische Erfahrungen.

„Gleichgewichtigkeit" und „Angemessenheit" der Relation bedeutet nun aber nicht – das sei hier nur kurz vermerkt –, dass sie zu allen Zeiten gleich und unveränderlich war sowie einheitlich „konzeptualisiert" und bewertet wurde. Das wird einsichtig, wenn man berücksichtigt, daß man die „wahren Grundsätze" (sicherlich nicht ganz korrekt) als identisch mit dem theoretisch Vorausgesagtem, die „zuverlässigen Erfahrungen" als Ergebnis der gegenständlichen Auseinandersetzung mit der lebensweltlichen Wirklichkeit und ihren „Widerständen" und „Widerfahrnissen" ansieht. Eine wichtige Aufgabe der Ingenieur„theorie" (in Sonderheit der Technikwissenschaften) bestand und besteht darin, die immer vorhandene Differenz zwischen theoretischer und praktischer Aneignung der Natur so klein wie möglich zu machen (und zu halten) bzw. Wege zu ihrer Überbrückung zu weisen. Durch neue theoretische Einsichten, empirische Erfahrungen, technische Möglichkeiten und praktische Erfordernisse setzt sich diese „Kluft" jedoch stets neu. Das Problem ihrer Überwindung wie Neusetzung durchzieht die Geschichte des technischen Wissens und der Technikwissenschaften wie ein „roter Faden". Dass Beckmanns Forderung nach einer Neugestaltung der Beziehungen von theoretischen Verallgemeinerungen und Konzeptualisierungen auf der einen Seite und der handwerklich-technischen Praxis und ihrem Erfahrungsschatz auf der anderen Seite nicht von ungefähr kamen, sei nur daran verdeutlicht, daß sich um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert und in den ersten Jahrzehnten danach in der Bewertung der beiden Komponenten die Waage mehr zur Seite des empirischen Erfahrungswissen geneigt hatte. Weit verbreitet war in Technikerkreisen je-

ner Zeit die Devise „Probieren geht über Studieren!“. Die Anfangszeit der „modernen" Technik war weitgehend die Zeit der großen „Praktiker“, die sich vielfach auf langjährige Erfahrungen, handwerkliche Regeln und ein Gespür für das Machbare stützten, und denen theoretische Abhandlungen und eine akademische Ausbildung überflüssig erschienen. Demzufolge witterten in der Anfangsphase der industriellen Revolution diese Praktiker in jedem akademisch Gebildeten, der sich der Technik zuwenden wollte, (sicherlich nicht ganz zu unrecht, bedingt auch durch deren Ausbildungsgang) einen „Windbeutel“ und zur „Spekulation“ Aufgelegten. Wie sehr dieser Empirismus im Denken verwurzelt war, zeigt folgender Ausspruch aus dem Jahre 1800, der Thomas Tredgold (1788-1829) zugeschrieben wird: „Die Stabilität eines Bauwerkes ist umgekehrt proportional zur Gelehrsamkeit seines Baumeisters!“. Obwohl es reizvoll wäre, dieses Problem, seine Entfaltung und seine Lösungsansätze weiter zu verfolgen, sei wieder zu Johann Beckmann zurückgekehrt.

Hatte Beckmann – wie erwähnt – in der „Anleitung zur Technologie ...“ eine Begründung der Wissenschaft Technologie vorgenommen, so ging er im „Entwurf der algemeinen Technologie“ von 1806 einen Schritt weiter. Zunächst nimmt er eine Zweiteilung der Technologie vor, indem er die spezielle Technologie (der „besondere Theil“ der Technologie) von der allgemeinen Technologie (des „ersten oder algemeinen Theils der Technologie“[5]) unterscheidet. Der speziellen Technologie obliege die „Beschreibung der einzelnen Handwerke“ in dem Sinne, wie er es bereits 1777 gefordert hatte. Mit der allgemeinen Technologie geht Beckmann sodann über eine allein vergleichende Systematisierung der für die Realisierung (technischer) Zwecke nutzbaren technisch-technologischen Mittel hinaus, denn sie soll „die gemeinschaftlichen und besondern Absichten der ... Arbeiten und Mittel anzeigen, die Gründe erklären, worauf sie beruhen, und sonst noch dasjenige kurz lehren, was zum Verständniß und zur Beurtheilung der einzelnen Mittel, und zu ihrer Auswahl bey Übertragungen auf andere Gegenstände, als wozu sie bis jetzt gebraucht sind, dienen könnte.“ Und er schreibt weiter: „Dieß würde den Künstlern und Handwerkern gründliche und algemeine Begriffe von den Gegenständen, welche sie bearbeiten, und von dem dazu gebräuchlichen Verfahren erleichtern, und überhaupt eine Uebersicht gewähren, welche erfinde-

5 „Nun wünsche ich ein Verzeichniß aller der verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und Künstler bey ihren verschiedenen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichniß aller Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen. So ein Verzeichniß würde ich den Namen der algemeinen Technologie, oder des ersten oder algemeinen Theils der Technologie geben.“ (Beckmann 1806, S. 465; Beckmann 1990, S. 139).

rische Köpfe zu neuen nützlichen Verbesserungen hinleiten könnte." (Beckmann 1806, S. 465, 480; Beckmann 1990, S. 139, 154) Als wissenschaftlichen „Anlass" dazu – d.h. als „erkenntnisleitendes Interesse" – hebt er hervor: „Wer sich ein Studium daraus gemacht hat, viele Handwerke und Künste kennen zu lernen, und wer sich geübt hat, viele mit einem Blicke zu übersehn, der muß bemerken, daß sehr viele Handwerke, so verschieden auch ihre Materialien und Waaren sind, dennoch manche Arbeit zu einerley Absichten zu verrichten haben; oder daß sie einerley Absicht auf sehr verschiedene Weise zu erreichen wissen." (Beckmann 1806, S. 464; Beckmann 1990, S. 138)

Beckmann will – so wird aus seinen Überlegungen deutlich – erstens das bis dato angesammelte technisch-technologisches Wissen systematisieren, dieses zweitens auf eine sichere theoretische Grundlage stellen und auf dieser Basis drittens das methodische Programm einer Erfindungsheuristik begründen. Für Johann Beckmann war Allgemeine Technologie nur in der Form einer zweckgerichteten Verfahrenswissenschaft denkbar.

Dieser vielversprechende verfahrenssystematische Teil des Beckmannschen Ansatzes fand in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts große Resonanz. Er wurde von zahlreichen Wissenschaftlern aufgegriffen, popularisiert und weiterentwickelt, so z.B. von Sigismund Friedrich Hermbstädt (1760-1833),[6] Johann Heinrich Moritz Poppe (1776-1854),[7] Joseph Prechtl (1778-1854) und Georg Altmütter (1787-1858).[8]

In den Arbeiten von Karl Karmarsch (1803-1879) fand in den siebziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts der Ansatz zur Allgemeinen Technologie in der von Beckmann angestrebten Form (universalistische Perspektive, verbale Darstellung, verglei-

6 Hermbstädt unterscheidet zwischen der „Technologia universalis" (= allgemeine Technologie) als Sammlung des gesamten technologischen Wissens und der „Technologia specialis" (= spezielle Technologie) als Lehre von der „Ausübung der einzelnen Gewerbe in empirischer und rationeller Hinsicht", die die Lehre von den rohen Materialien (Materialienkunde), die Lehre von den zu ihrer Bearbeitung erforderlichen Maschinen und Werkzeugen (Maschinenlehre) sowie die Lehre von den zur Bearbeitung notwendigen Operationen und Handgriffen umfasse.

7 Nach Poppe, einem Schüler Beckmanns, zergliedert die allgemeine Technologie die Gewerbe hinsichtlich der in ihnen vorkommenden „Verarbeitungsakte", die sich hinsichtlich des Zweckes ähnlich sind und in verschiedenen Gewerben vorkommen, während die spezielle Technologie eine Beschreibung jedes einzelnen technischen Gewerbes im Ganzen, d.h. „vom ersten Grade der Verarbeitung an bis an das Ende", wobei der Lehren der allgemeinen Technologie anzeigen, was verbessert und welche Gefahr verhütet werden können.

8 Auf die Überlegungen der „Wiener Schule polytechnischer Wissenschaften" um Prechtl und Altmütter sei hier nur hingewiesen.

chende Betrachtung, systematische Ordnung, auf praktische Anwendbarkeit hin ausgerichtet) einen Höhepunkt und gleichzeitig ein vorläufiges Ende. Karmarsch hatte wohl mehr erahnt denn erkannt, daß die wissenschaftlich begründete (mechanische) Technologie, die über die bloße Beschreibung der Phänomene hinausgeht und die zugrundeliegenden allgemeinen Prinzipien untersuchen will, auf die theoretische Durchdringung von Objekten und Prozessen abzielt, die in ihrer Heterogenität und Ausdifferenzierung für ein einzelnes Individuum nicht mehr leistbar war. Die (mechanische) Technologie ist mit Karmarschs Worten wie folgt zur Ausführung zu bringen: Es seien „wenige große Abschnitte nach dem Prinzip der speziellen Technologie zu bilden, die Einzelbehandlung aber nach der Methode der allgemeinen Technologie (doch wesentlich abweichend von Beckmanns und Poppes Ideen [!]) zu organisieren, dabei den Details große Aufmerksamkeit zu schenken“ (Karmarsch 1872, S. 889).

In der Folgezeit verlor der Ansatz einer Allgemeinen Technologie als ein die gesamte Technik er- bzw. umfassender Entwurf an Bedeutung. Allerdings fehlte es nie an Bemühungen (teilweise zeitgleich mit Karmarsch), für einzelne technische oder technikwissenschaftliche Bereiche mehr oder weniger umfassende Verallgemeinerungen vorzunehmen. Verwiesen sei exemplarisch auf den stärker (konstruktions-)methodisch ausgerichteten Ansatz von Franz Reuleaux aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (vgl. etwa Reuleaux 1861, 1875) sowie auf die Arbeiten zu den „unit operations“ und „unit processes“ aus den zwanziger und dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, die man als Grundlage bzw. Grundlegung einer Allgemeinen Chemischen Technologie bewerten kann (vgl. Hartmann 1997, S. 80ff.; Krug 2002).

3 Neuansätze

In den vergangenen dreißig Jahren ist nun die Diskussion um eine Allgemeine Technologie erneut belebt worden: es wurden verallgemeinernde und generalisierende Überlegungen bzw. Ansätze zu einer Allgemeinen Technologie von verschiedenen Wissenschaftlern aus der Sicht unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen vorgelegt.[9] Was wird dabei unter Allgemeiner Technologie verstanden? Im „Wörterbuch Philoso-

[9] Vgl. z.B. (in chronologischer Reihenfolge!) Ropohl 1973b; Reichmann, Thiele 1973; Wolffgramm 1978; Ropohl 1979; Hölzl 1984 (2. Aufl. 1989); Banse 1990; Wolffgramm 1994, 1995; Kornwachs 1995, 1996; Banse 1997a; Wolffgramm 1997a, 1997b, 1998; Ropohl 1997, 1998, 1999; Spur 1998. Siehe auch Bayerl, Beckmann 1999; Müller, Troitzsch 1992.

phie und Naturwissenschaften“ heißt es dazu u.a.: „Die allgemeine Technologie befasst sich mit dem Vergleich technologischer Prozesse und ihrer Bestandteile auf unterschiedlichen Ebenen und Niveaus mit dem Ziel, das Allgemeine und Wesentliche (nicht nur das Invariante) technologischer Erscheinungen zu erfassen, um Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und Prinzipien, Vorschriften, Empfehlungen und Methoden zur Gestaltung der materiell-technischen Seite des Produktionsprozesses für die Anwendung bereitzustellen, deren Aussagen für alle bzw. eine abgrenzbare Summe technologischer Prozesse gültig sind und die in mehreren Bereichen und Zweigen der industriellen Produktion genutzt werden können. Das betrifft z.B. Aussagen über den Stoff-, Energie- und Informationsfluß in technisch-technologischen Systemen, die Gliederung des technologischen Prozesses in Subprozesse ... u.a.m.“ (Banse, Thiele 1991, S. 884)

In diesen allgemeintechnologischen Ansätzen kommt es somit zur Erfassung des Allgemeinen technischer Objekte und Prozesse in technischen Prinzipien, Grund- und Leitsätzen, Regularitäten, Aussagen über Wirkpaarungen und -anordnungen u.ä. Hinsichtlich der Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie ist zu unterscheiden ist, ob sie

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

Als Beispiel für die erste Position kann folgende Aussage von Günter Ropohl dienen: „Wenn technologische Aufklärung im Speziellen das Allgemeine hervortreten lassen, wenn sie die innere Einheit technischer Problemstellungen und Lösungen verständlich machen soll, so muß sie sich auf eine »systematisch geordnete Menge von Aussagen« über den Bereich des Technischen schlechthin stützen können: Technologische

Aufklärung bedarf einer systematisierenden und generalisierenden, allgemeinen Techniktheorie als fachdidaktische Basis.“ (Ropohl 1973a, S. 227f.)[10] Für die zweite Position sind die Überlegungen von Günter Spur exemplarisch: Allgemeine Technologie „ist als Grundwissenschaft der Technik zu verstehen. Sie beinhaltet das Streben nach Erkenntnis des Zusammenhangs von Technik und Kultur, aber auch den Wirkungen des technischen Fortschritts auf die Entwicklung der Gesellschaft“. Sie „will ein neues Selbstverständnis der Technikwissenschaft entwickeln und damit aus der Hülle der sachorientierten Funktionswelt Technik heraustreten“ (Spur 1998, S. 68ff.). Es ist einsichtig, dass beide Positionen gleich bedeutsam sind. Es ist auch einsichtig, dass beide Positionen nicht absolut zu trennen sind, sondern aufeinander Bezug nehmen. Deshalb sind sie m.E. auch nur im Zusammenhang weiter ausgestaltbar. Allerdings sind differierende Ansprüche unübersehbar: Allgemeine Technologie als Grundlage für technische (Allgemein-)Bildung orientiert sich vor allem an den Akteuren der Verwendungs- bzw. Nutzungszusammenhänge, während Allgemeine Technologie als technische „Grundlagendisziplin“ vor allem auf die Akteure der Herstellungszusammenhänge zielt.

Für die Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie gibt es idealhaft zwei Vorgehensweisen, die als deduktiv-konkretisierend und als induktiv-generalisierend bezeichnet seien. Deduktiv-konkretisierend bedeutet hier, von einem umfassenden theoretisch-philosophischen Entwurf („Gesamtschau“) auszugehen und in Richtung konkreter technischer Einzelheiten zu untersetzen bzw. zu präzisieren. Induktiv-generalisierend soll dagegen eine Vorgehensweise bezeichnen, die von den einzelnen technischen Gegebenheiten ausgeht und aus diesen (z.B. vergleichend und klassifizierend) Gemeinsamkeiten („Allgemeines“) ableitet. Jede konkrete „allgemeintechnologische Hervorbringung“ basiert m.E. auf einer Kombination dieser beiden Vorgehensweisen, braucht Abbild des Konkreten und Entwurf des Übergreifenden. Unterschiedlich ist gewiss das „Maßverhältnis“ zwischen beiden, so dass dem einen ein Ansatz zu spekulativ erscheint, der einem anderen noch zu sehr dem Konkreten verhaftet

[10] Der Denkansatz der Aufklärung kann hier nicht dargelegt werden. Auf Technik bezogen vgl. Banse 1999a, S. 23ff. Festzuhalten ist, dass sich die Forderung nach Aufklärung nicht allein auf kognitive Problemlagen („Umfang der Erkenntnis“, ein „Mehr“ an Wissen) beschränkt, sondern dass dabei normative Aspekte („Wichtigkeit“ in Bezug zur „Bestimmung des Menschen“) gleichgewichtig einbezogen sind. Wer also „Aufklärung“ allein mit mehr Informationen, mehr Transparenz usw. gleichsetzt, erfüllt den ursprünglichen Ansatz der Aufklärung nur zum Teil, da wertende Aussagen hinzukommen müssen, die sich auf den Menschen als Individuum wie als Bürger eines bestimmten Staates beziehen. Vgl. auch Hörz 1999.

ist. Es gibt aber kein zeitloses Maß, sondern immer nur zweckbezogene Kombinationen beider Vorgehensweisen – deshalb sind vorhandene Ansätze an ihrem jeweiligen Zweck („Anspruch") zu messen.

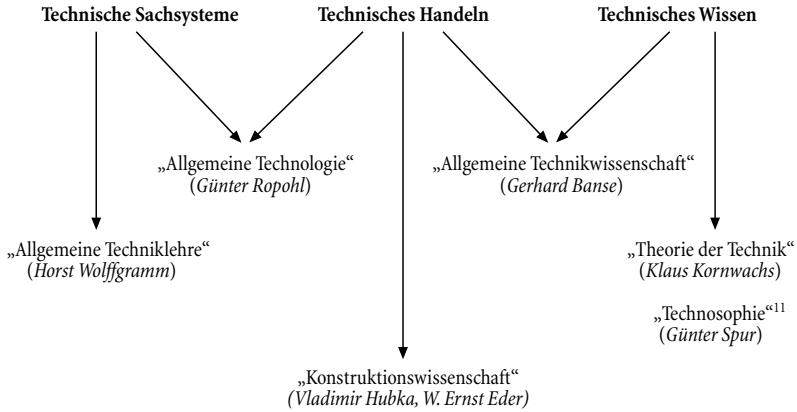

Abbildung 1: Ausgangspunkte allgemeintechnischer Ansätze

Die Begründung bzw. Grundlegung einer Allgemeinen Technikwissenschaft (i.e.S.) kann – in Anlehnung an die Beckmannschen Überlegungen – von drei Ausgangspunkten her erfolgen: ausgegangen werden kann (1.) vom technischen Sachsystem, (2.) vom technischen Handeln und (3.) vom technischen Wissen. Ordnet man dem Autoren zu,[12] dann ergibt sich eine Zuordnung, wie sie in Abbildung 1 dargestellt ist.

Es ist ein Desiderat der weiteren wissenschaftlichen Arbeit, diese unterschiedlichen Konzepte vergleichend zu analysieren, z.B. hinsichtlich des erhobenen Anspruchs, der tatsächlichen Realisierung dieses Anspruchs, der theoretischen Grundlegung usw. Zugleich müssen mindestens folgende zwei Fragen beantwortet werden:

[11] „Technosophie" im Sinne einer „integrativ orientierten Leitdisziplin der Technikwissenschaften", „einer metatechnischen Wissenschaftslehre, die das geistige Rüstzeug für den interdisziplinären Dialog der Wissenschaften mit Wirtschaft und Politik liefert". Die Technosophie umfasst eine historische, eine theoretische, eine methodische, eine kulturelle und eine ethische Dimension (vgl. Spur 1998, S. 67ff.).

[12] Mir ist klar, daß die vorgenommene Zuordnung sehr „grob" ist und nicht in jedem Fall den differenzierten Intentionen der einzelnen Autoren entsprechen muss. Trotzdem stellt sie ein erstes Orientierungsraster dar. Zu Details sei der Interessierte auf die oben genannten Publikationen der einzelnen Autoren verwiesen.

- Welcher lebensweltliche Ausschnitt kann bzw. muss in einem allgemeintechnologischen Ansatz erfasst werden?
- Welche Wissenschaftsdisziplinen sollten bzw. müssen für die Entfaltung allgemeintechnologischer Ansätze berücksichtigt werden?

4 Technikverständnis

4.1 Problemstellung

Die gegenwärtige („abendländische") Kultur gründet sich weitgehend auf der (wissenschaftsbasierten) Entwicklung und umfassenden (teilweise exzessiven) Nutzung technischer Mittel (technischer Sachsysteme). Dieser Prozess wird zunehmend von Diskussionen über seinen „Sinn" oder „Unsinn", sein Tempo und sein Ausmaß, seine Richtung(en) und seine Beeinflussbarkeit usw. begleitet. Technikdebatten entzünden sich in der Regel vorrangig jedoch nicht an der (inneren) Funktion technischer Mittel, sondern einerseits an deren Ziel- bzw. Zwecksetzung und/oder andererseits an deren (möglichen und wirklichen) Folgen, Wirkungen, Effekten usw. in individueller, ökonomischer, sozialer, ökologischer u.a. Hinsicht.

Infolgedessen sind Technikdebatten nicht in erster Linie technische Debatten (wohl auch keine ökonomischer oder machtpolitischer Art), sondern vor allem Geltungskonflikte von Weltbildern (vgl. Huber 1989). Weltbilder sind umfassende, mehr oder weniger „stimmige" (in sich konsistente) Sinn- und Bedeutungsmuster, die sich erstens durch bestimmte Wissens-, Wert- und Glaubensgefüge beschreiben lassen, und die zweitens eine sinnstiftende, zielgebende, orientierende und „steuernde" Funktion aufweisen. Hinzugefügt sei, dass Weltbilder mit bestimmten Menschen-, Technik-, Natur-, Gesellschafts-, Wissenschafts- u.a. -bildern einhergehen und diese zu „Mustern" zusammenführen, womit auch die Allgemeine Technikwissenschaft angesprochen ist, denn sie hat sich die Frage zu stellen, welches Technikbild sie vermittelt.

Das wird deutlich vor dem Hintergrund der Unterscheidung zwischen Verfügungs- und Orientierungswissen. Verfügungswissen bedeutet dabei das von den Wissenschaften erarbeitete fachwissenschaftliche Wissen im engeren Sinne (etwa für die Konzipierung und Herstellung informationstechnischer Lösungen, für die Projektierung von Kommunikationsnetzwerken oder für den Entwurf von Software). Die Wissenschafts- und Technikentwicklung hat nun deutlich gemacht, dass dieses meistens

disziplinär generierte Wissen häufig unzureichend ist. Hinzutreten muss zusätzlich ein Orientierungswissen, das für den Umgang mit den Ergebnissen und Folgen wissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklung bedeutsam ist, da es umfassendere Zusammenhänge verdeutlicht, Ziel- und Zwecksetzungen fundiert sowie mehrperspektivische Sicht- bzw. Herangehensweisen ermöglicht. Philosophisch gesprochen wäre Orientierungswissen ein das unmittelbar technisch Gegebene überschreitende, „transzendierende" Wissen als Grundlage für „Besinnung" und „Deutung", als Fundament für den sinnvollen und selbstbestimmten Umgang auch mit den Möglichkeiten, die die Technikentwicklung bietet (oder auch bieten sollte).

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

Im Folgenden werden vier Konzeptualisierungen mit je unterschiedlich weitem Erklärungsanspruch herausgehoben. Sie deuten zugleich einen Paradigmenwechsel an, der von Günter Ropohl als Übergang vom szientifischen zum technologischen Paradigma beschrieben wurde: das szientifische Paradigma reduziert Technik auf angewandte Naturwissenschaft und entfremde sie dadurch der soziokulturellen Totalität, es beschränkt sich auf die Analyse und Synthese sachtechnischer Gebilde. Das technologische Paradigma berücksichtigt überdies die soziokulturellen und sozioökonomischen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge der Sachsysteme (vgl. Ropohl 1998, S. 2).

4.2 Technik als Realtechnik (Artefakt)

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

- Technik ist etwas vom Menschen „Gemachtes“, „Hervorgebrachtes“, „Erzeugtes“ (im Unterschied zum in der Natur „Gegebenen“); sie ist nicht – im ursprünglichen Sinne des Wortes – „naturwüchsig“ und „fällt auch nicht vom Himmel“, sondern sie muss „geschaffen“ werden, womit einsichtig wird, dass Technik nicht „natürlich“, sondern „künstlich“ ist.
- Technik ist in Zweck-Mittel-Beziehung eingebunden.[13] (Das schließt ein, nicht nur über die Mittel, sondern auch über die Zwecke zu reflektieren[14] – gelegentlich hat es den Anschein, dass zunächst das Mittel vorhanden ist, für das dann ein Zweck zu „erfinden“ ist: Hier ist die Lösung, wo ist das Problem?)
- Technik ist das Produkt eines zielgerichteten (planenden) Handelns (sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Verwendung).
- Berücksichtigung finden vor allem naturale und ökologische, aber auch die ökonomische und politische Aspekte. Der Rahmen des Technischen ist vor allem das Naturgesetzlich-Mögliche, ergänzt durch das Technisch-technologisch-Realisierbares und das Ökonomisch-Machbares.
- Den Hintergrund bildet Technikrecht z.B. hinsichtlich Sicherheit und Gewährleistung der Funktionsfähigkeit.

Damit bleiben jedoch Fragen nach der Entstehung von Technik (Bedingungen, Mechanismen, Phasen, Muster usw.) ebenso ausgeklammert wie die nach den Bedingungen, Voraussetzungen und Effekten der Verwendung. Als Grundlage für die Nutzbarkeit eines technischen Sachsystems zur Realisierung eines vorgegebenen Zwecks ist die „innere Funktionalität“ und damit die Struktur des Systems bedeutsam. Auf den Zusammenhang von Zweck, Verhalten, Funktion und Struktur technischer Lösungen

[13] Dieses Aufeinanderbezogensein von Zweck und Mittel, von Zwecksetzung und Mittel„entwurf“, von „Potentialität“ entworfener Mittel und „Konkretisierung“ („Anpassung“) entsprechend ihrer Eignung für den Zweck, von Zweckerfüllung und Mitteleinsatz erzwingt, die Wechselbeziehungen von Technischem und „Nichttechnischem“ bei der Gestaltung wie der Nutzung technischer Sachsysteme nachzuspüren.

[14] Max Horkheimer prägte 1947 den Begriff „instrumentelle Vernunft“ (vgl. Horkheimer 1947). Mit dieser Bezeichnung wird heute das gegenwärtig vorherrschende Vorgehen kritisiert, allein (oder vorrangig) bei der Erzeugung und Anwendung von (technischen) Mitteln „zweckmäßig“ und „zielorientiert“, mithin „vernünftig“ vorzugehen, die Ziele und Zwecke selbst jedoch aus der rationalen Begründung auszublenden. Technische Instrumentalität ist jedoch stets an Zwecke (und Werte) rückgebunden – und somit sind auch (oder vor allem?) diese Zwecke (und Werte) zu thematisieren, zu begründen und zu rechtfertigen.

kann hier nicht weiter eingegangen werden (vgl. dazu Banse 2000). Das Verständnis der inneren Funktionalität, die weitgehend auf naturwissenschaftlichen Einsichten beruht, hat jedoch einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf das Technikbild bzw. -verständnis. Deshalb seien Stichworte eines „traditionellen" (= „mechanistischen") und eines „modernen" (= „komplexen") Technikbildes genannt:[15]

mechanistisches	⟷	*„komplexes" Technikverständnis*
„Eindeutigkeit"	⟷	„Mehrdeutigkeit"
deterministisches System	⟷	stochastisches System
statisches System	⟷	dynamisches System
exakte Beschreibung	⟷	„unscharfe" Beschreibung
Kontinuum	⟷	Diskontinuum
Einzelheit	⟷	Vielheit / Komplexität
technikzentriert/-orientiert	⟷	anthropo- / humanorientiert

4.3 Technik als Mensch-Maschine-System (MMS)

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

[15] Mit dem Technikbild korrespondiert dann auch ein entsprechendes Menschenbild, das zwischen den beiden idealtypischen Polen „Bild des Akteurs als ‚Störfaktor', dessen ‚Unzulänglichkeiten' technisch oder organisatorisch möglichst ‚auszuschalten' sind" und „Bild des Akteurs, dessen Stärken und Schwächen, seine ‚Lernfähigkeit' und ‚Listigkeit' in technische Verwendungszusammenhänge einbezogen bzw. eingebunden wird" eingeordnet werden kann.

werden." (Stetter 1999, S. 160)[16] Den Hintergrund bildet Technikrecht z.B. hinsichtlich Kriterien der Arbeitsplatz- und der Produktgestaltung.

4.4 Technik als sozio-technisches System

Werden darüber hinaus soziale (vor allem sozio-ökonomische) Zusammenhänge sowohl der Entstehung wie der Verwendung bzw. Nutzung technischer Sachsysteme einbezogen, wird ein in wesentlichen Aspekten verbreitertes Technikbild unterstellt – Technik wird als „sozio-technisches" System unterstellt,[17] Technik mithin als soziales „Phänomen" betrachtet (vgl. auch Banse, Striebing 1991; Ropohl 1993).

So gefasst bezeichnet Technik nicht nur die von Menschen gemachten Gegenstände (technische Sachsysteme, „Artefakte") selbst, sondern schließt auch deren Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge („Kontexte") ein (also das „Gemacht-Sein" und das „Verwendet-Werden"). Damit wird Technik nicht als etwas Statisches angesehen, sondern zu einem Bereich mit Genese, Dynamik und Wandel.[18]

Wenn nun berücksichtigt wird, dass in den genannten Kontexten unterschiedliche Bedingungen (vor allem individueller, wissenschaftlich-technischer, ökonomischer, rechtlicher, politischer, ökologischer und ethischer Art) von einflussnehmender Bedeutung sind, dann ist einsichtig, dass mittels dieses weite(re)n Verständnisses Technik nicht als isolierter, autonomer Bereich lebensweltlicher Wirklichkeit, sondern in seinem Werden, Bestehen und Vergehen als auf das engste mit Individuum und Ge-

16 Damit wird der enge Zusammenhang zwischen Diffusion (Verbreitung) einer technischen Lösung - was einer breiten Nutzung entspricht - und der Kompetenz der Nutzer im Umgang mit dieser technischen Lösung thematisiert, der hier nicht weiter verfolgt werden kann.

17 „Ein soziotechnisches System ist ... ein Handlungs- oder Arbeitssystem, in dem menschliche und sachtechnische Subsysteme eine integrale Einheit bilden." (Ropohl 1999, S. 142).

18 Allerdings sei eine kritische Bemerkung gestattet: Technik ist nicht anders denn als Sozio-technisches, d.h. als Ergebnis zielorientierter menschlicher Aktivitäten (vor allem Erkennen, Zwecksetzen, Bewerten, Entscheiden und praktisch-gegenständlich Handeln) in einem konkreten sozialen Umfeld, das „Inhalt" wie „Form" konkreter technischer Sachsysteme in hohem Maße beeinflusst („strukturiert"), lebensweltliche Wirklichkeit. Im Zuge von selektiven Wahrnehmungsprozessen ist es allerdings möglich, Technik gedanklich so weit aus dieser „gesellschaftlichen Verklammerung" herauszulösen, dass als Resultat unter „Technik" allein die mit der unmittelbaren Funktionserfüllung verbundenen Beziehungen und Zusammenhänge erfasst sind. Wird dann ein solchermaßen reduziertes Verständnis als Ausgangspunkt für umfassendere Fragestellungen genommen – was im Bereich der Technikentwickler nicht unüblich ist –, dann muss zum „Technischen" notwendigerweise das „Nichttechnische" hinzugefügt werden, um das „Sozio-technische" nachträglich rekonstruieren zu können.

sellschaft, mit Politik und Wirtschaft sowie – wie noch gezeigt wird - mit Kultur untrennbar verflochten aufgefasst wird. Auf diese Weise wird es dann möglich, sowohl Richtungen und Verlaufsmuster der Technisierung zu erkunden bzw. zu beschreiben als auch Eingriffsmöglichkeiten aufzudecken. Der Rahmen des Technischen wird in diesem Technikverständnis erweitert um das Gesellschaftlich-Wünschenswertes bzw. -Durchsetzbare („Akzeptable"), das Ökologisch-Sinnvolle sowie das Human-Vertretbare. Konstituierende Elemente dieses Technikbildes sind zusätzlich soziale und ethische Aspekte. Bedeutsam sind noch folgende zwei Sachverhalte:

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

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

4.5 Technik als Kulturprodukt

Diese Einschränkungen lassen sich überwinden, wenn einerseits die „alltägliche Technik" („Technik des Alltags" – vgl. dazu z.B. Joerges 1988), d.h. nicht nur die Produktionstechnik, andererseits kulturelle Zusammenhänge sowohl hinsichtlich der Hervorbringung wie der Verwendung technischer Sachsysteme berücksichtigt werden.[19]

Es gilt zu begreifen, dass Technik „ihren Einsatz und ihren alltäglichen Gebrauch ... in einem sozio-kulturellen Kontext, im Kontext kollektiver Interpretationen und Deutungen" (Hörning 1985, S. 199) findet. Ausgangspunkt ist die Einsicht, dass technische Objekte keinesfalls notwendigerweise so und nicht anders, wie sie uns allgegenwärtig

[19] (Philosophische) Überlegungen, die den Zusammenhang von Technik und Kultur thematisieren, reichen von Auffassungen, in denen Technik als etwas sich außerhalb der Kultur Existierendes gefasst wird, das die Kultur bedrohe oder befördere (Technik als „Hebel zur Hebung der Kultur"), bis zu Ansätzen., Technik als immanenten Bestandteil der Kultur zu konzeptualisieren („Technik ist Kultur"); vgl. auch Dietz, Fessner, Meier 1996.

sind, d.h. aus autonomen technischen Bedingungen, in den Alltag gelangen. Technische Sachsysteme sind in ihrer Entstehung wie in ihrer Verwendung Ausdruck sowohl eigener wie fremder („eingebauter") Absichten und Zwecke. Trotz aller genau eingebauter und eingeschriebener Handlungsanweisungen, deren Befolgung gerade für den Laien die optimale Funktionsnutzung verspricht, bietet auch und gerade die Alltagstechnik oft erhebliche Spielräume der Nutzung: Aufgegriffen von dem einen, schlecht eingesetzt von dem anderen, ignoriert vom dritten – stets jedoch vor dem Hintergrund bestimmter Nutzungserwartungen, beeinflusst durch Wertung und Werbung sowie eingebettet in bestimmte gesellschaftliche und technische „Infrastrukturen". Die „Nützlichkeit von Technik ist immer auch etwas kulturell Interpretiertes" (Hörning 1985, S. 200). Damit wird auch deutlich, dass Kultur über die sie „tragenden" Menschen die Implementierung und Diffusion technischer Lösungen erheblich beeinflusst, indem diese z.B. für die Realisierung von Zwecken genutzt oder nicht genutzt (abgelehnt), Modifizierungen, Nachbesserungen und Anpassungen erzwungen sowie Verhaltens„vorschriften" für Mensch-Technik-Interaktionen gebildet werden.[20]

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

Mit dem Begriff Kultur werden im hier interessierenden Zusammenhang jene Handlungsbereiche bezeichnet, „in denen der Mensch auf Dauer angelegte und den kollektiven Sinnzusammenhang gestaltende Produkte, Produktionsformen, Lebensstile, Verhaltensweisen und Leitvorstellungen hervorzubringen vermag" (Brockhaus 1990, S. 580). Kultur ist somit das Ergebnis menschlicher Lebens- und Daseinsbewältigung in einer Handlungs- und Kommunikationsgemeinschaft, mit anderen Worten die „raum-zeitlich eingrenzbare Gesamtheit gemeinsamer materieller und ideeller Hervorbringungen, internalisierter Werte und Sinndeutungen sowie institutionalisier-

[20] Vgl. auch folgende Bemerkung: „Die technischen und organisatorischen Maßnahmen greifen nur dann, wenn ihnen auch im Alltagshandeln entsprochen wird. Wenn die Techniknutzer diese Sicherungstechnik nicht korrekt verwenden, beispielsweise fahrlässig damit umgehen, nützen die ausgeklügelten Sicherungsmaßnahmen nichts." (Kumbruck 1996, S. 259).

ter Lebensformen von Menschen“ (Schäfers 1986).[21]

Bestimmungsstücke des hier unterstellten Kulturverständnisses sind vor allem: Kultur umfasst erstens sowohl ideelle wie materielle (vergegenständlichte, „verdinglichte“) Bereiche, zweitens tradierte, auf Dauer angelegte Hervorbringungen, drittens sowohl räumlich („Gemeinschaft“) wie zeitlich begrenzte bzw. eingegrenzte (auch: abgegrenzte) materielle und ideelle „Muster“ („patterns“),[22] viertens schließlich die Aspekte, sowohl Produkt von Handlungen als auch konditionierendes Element weiterer Handlungen zu sein.

In diesem weiten Kulturverständnis ist enthalten, dass Technik vor allem durch die „abendländischer“ Kultur wissenschaftlich und technisch „ermöglicht“ wurde. Im Sinne „Kultur als konditionierenden Element“ kann davon ausgegangen werden, dass Technik (vor allem in Form technischer Sachsysteme) nun nicht einfach von diesem „kulturellen Umfeld“ nur quasi „eingeschlossen“ ist (vor allem in Form von Wirkungen und Einflüssen des Umfeldes auf Konzipierung, Gestaltung, Bewertung, Auswahl und Nutzung von technischen Lösungen[23]), sondern die Technik zeitigt – vor allem durch den zweckbezogenen Einsatz – in unterschiedlichster Weise Wirkungen in diese „Umgebung“ hinein, „korrodiert“, beeinflusst und verändert sie direkt und indirekt, in vorhersehbarer wie nicht-vorhersehbarer Weise (man denke nur an „Wandlungen“ der Nutzergewohnheiten, Erschließung neuer Einsatzbereiche, „Anpassung“ des Rechtsrahmens oder Initiierung technischer Neuerungen). In diesem Sinne kann neue oder veränderte Technik „angestammte“ Kultur, d.h. in längeren Zeiträumen aufgebaute, bewährte, „eingeübte“, vertraute Praxen und Verständnisse beeinflussen bzw. Anstöße zu gravierenden und qualitativen Veränderungen in den Wahrnehmungs- und Handlungsmustern geben.

21 Analog versteht Christel Kumbruck unter Kultur „die in einer Deutungsgemeinschaft intersubjektiv vereinbarte Form der Wirklichkeitserfahrung, der Wahrnehmungsweise und Bewertung eines Phänomens, der Handlungsmuster“ (Kumbruck 1996, S. 255).

22 Damit wird klar, dass das unter zweitens genannte Merkmal „auf Dauer angelegt“ auch eine zeitliche Befristung besitzt, aber keine Kurzfristigkeit.

23 Mit dem Hinweis auf Gestaltung, Bewertung und Auswahl ist angedeutet, dass es einerseits einen Bereich wissenschaftlicher wie technischer „Zwangsläufigkeiten“ bzw. „innerer Logiken“ gibt (wenn der „Schritt A“ gegangen wird, dann ergibt sich folgerichtig der „Zustand B“), andererseits einen Bereich, der Variationen zulässt bzw. Möglichkeiten eröffnet, die Bewertungs-, Auswahl- und Gestaltungsnotwendigkeiten implizieren.

5 Kognitive und methodologische Grundlagen der Technikwissenschaften

Hier sollen nur einige Stichworte bzw. kurze Bemerkungen erfolgen, um „Merkposten" für spätere Überlegungen zu benennen. Zu den kognitiven Grundlagen wird hier die gesamte Wissenskomponente gezählt, die erforderlich ist, Technik zu entwerfen, zu konzipieren, zu gestalten und herzustellen. Als methodologische Grundlagen werden jene systematischen Verfahren angesehen, die eingesetzt werden, um systematisch Wissen der genannten Art zu generieren.

5.1 Wissen

Als Wissen kann man die Gesamtheit aller Gedankengebilde bezeichnen, die sich auf Gegenstände, Vorgänge oder Sachverhalte beziehen, diese mehr oder weniger richtig („adäquat") erfassen („abbilden", „widerspiegeln") und somit ein erfolgreiches Handeln und Verhalten ermöglichen. Hauptbestandteile eines mehr oder weniger geordneten Wissenssystems sind (wahre) Aussagen / Behauptungen, Bewertungen (Werturteile), Handlungsanweisungen (z.B. Aufforderungen) und Normen (z.B. Verfahrensregeln). Hauptformen des Wissens sind

- theoretisches oder gesetzesartiges Wissen („Wenn A, so – notwendig, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, unter gewissen Bedingungen, möglicherweise usw. – B.")
- operationales, Projekt- oder Regelwissen („Wenn A hergestellt wird, dann tritt B ein.")

Näher zu charakterisieren sind m.E. die Formen und Darstellungsweisen von technikrelevantem Wissen (vgl. auch König 1995, S. 324ff.). Zu verweisen sind neben den „klassischen" Arten (wie Gesetzesartige Aussagen, Regeln, Tabellen) auf Nomogramme, Zeichnungen und Skizzen sowie Modelle.

Technik basiert auf der „Vergegenständlichung" erstens von „explizitem" wissenschaftlichem Wissen – vor allem naturwissenschaftliches und technisches Wissen vorrangig in mathematisierter Art. Hinzu kommt zweitens Erfahrungswissen, gewonnen im Umgang mit (funktionierender wie nichtfunktionierender) Technik. Drittens

„enthält“ Technik auch sogenannte „außertechnische“ Wissenselemente, womit in erster Linie sozial-, rechts- und wirtschaftswissenschaftliche Kenntnisse gemeint sind. Viertens schließlich ist auch zu berücksichtigen, dass in die Entwicklung von Technik auch „implizites“ Wissen („tacit knowledge“ – vgl. Polanyi 1967, 1985) in unterschiedlicher Weise eingeht. In diesem Zusammenhang wäre dann auch noch weiter aufzuhellen, in wie weit sich das ursprüngliche Verständnis von *techné* und *ars* als „sich auf etwas verstehen“ bzw. als „Kunst“ (man denke dabei auch an „Arte-fakt“) im Technischen wiederfindet.

5.2 Methoden

Allein die Vielgestaltigkeit der in den Technikwissenschaften zu realisierenden Zwecke und Aufgaben legt nahe, von einer methodischen Vielfalt in den Technikwissenschaften auszugehen (vgl. näher Banse, Wendt 1986). Exemplarisch sei dazu lediglich auf inhaltliche Funktionen und methodische Schwerpunkte verwiesen.

Inhaltliche Funktionen:

- Beherrschung technologischer Prozesse,
- Variation von Parametern,
- Optimierung bekannter Strukturen, Prinzipien u.ä.,
- Unterstützung von Entscheidungsprozeduren,
- Erklärung beobachteter Erscheinungen (z.B. Schadensanalyse),
- Objektivierung von Wegen, Bedingungen und Zielen technischen Handelns,
- Überführung theoretischer Erkenntnisse in die technische Praxis,
- Überprüfung von Hypothesen, Theorien, Strategien („Pläne“, „technologische Regeln“, „Handlungsvorschriften“),
- Bildung und Interpretation von Gesetzesaussagen und Theorien (vgl. Banse 1986, S. 139).

Methodische Schwerpunkte:

- Suchen sinnvoller Aufgabenstellungen,
- Auswahl erfolgversprechender Aufgabenstellungen,
- wohlverstandene Präzisierung von Aufgabenstellungen,
- Planen der strategischen Vorgehensweise,

- Auswahl spezifischer Methoden für neue Situationen sowie für schwierige und wichtige Wegstrecken,
- Suchen und Einordnen von (Teil-)Lösungen, Bewerten,
- Bestimmen des Informationsbedarfs,
- Abrufen, Auswählen und Aufbereiten vorliegender Informationen,
- Auswerten, Fixieren und Überführen sachlicher Ergebnisse,
- Auswerten und Speichern der methodischen Erfahrungen (vgl. Müller 1986 a, S. 87).

Berücksichtigen man diese Vielfalt, dann besteht eine erste Annäherung an eine Systematik technikwissenschaftlicher Methoden darin, einerseits zwischen Untersuchungsmethoden (bezogen auf bestehende bzw. vorhandene technische Lösungen) und andererseits Entwurfsmethoden (für verbesserte, optimierte oder neue technische Lösungen) zu unterscheiden. Die in den Bereich der Untersuchungsmethoden gehörenden methodischen Vorgehensweisen dienen in erster Linie der Gewinnung qualitativer und quantitativer Aussagen. Sie ähneln in vielfacher Hinsicht denen in den sogenannten experimentellen Naturwissenschaften: Beobachtung, Messung, Experiment und Simulation sowie die Auswertung von „Betriebserfahrungen“ haben von Anfang an einen festen – wenn auch nicht immer unumstrittenen – Platz auch in den Technikwissenschaften; in der methodischen Abfolge zeigen sich vielfach Analogien zwischen der Vorgehensweise in den Naturwissenschaften und in den Technikwissenschaften (obwohl auch Unterschiede bzw. Weiterungen benannt werden können – für die experimentelle Methode in den Technikwissenschaften hat das z.B. Johannes Müller herausgearbeitet – vgl. Müller 1986b).

Anders hingegen sieht es bei den Entwurfsmethoden aus. Die Schaffung sowohl verbesserter als auch neuer technischer Lösungen unterscheidet sich methodisch nicht nur von der Untersuchung vorhandener Technik, sie unterscheidet auch wesentliche Teile der Technikwissenschaften von den „klassischen“ Naturwissenschaften (vor allem von der Physik). Methodengestützt ist in dieser Hinsicht vor allem zweierlei zu leisten: Erstens ist das für den Entwurfs- bzw. Konstruktionsprozess erforderliche Wissen aus vorhandenen Beständen zu „organisieren“ bzw. fehlendes Wissen zu generieren. Dabei handelt sich sowohl bei dem „Organisierungs-“ als auch bei dem Generierungsprozess um „nichttriviale“ Verfahren der Zusammenführung, Kombination und Integration („Verknüpfung“, nicht „Addition“) unterschiedlicher technischer und nichttechnischer Wissensanteile. (Nichttrivial bedeutet hier, dass es sich dabei in den

seltensten Fällen um schematisch vollziehbare oder routinemäßig abarbeitbare, sondern in hohem Maße um kreative, auch auf Intuition, Phantasie, Erfahrung und Kompetenz gegründete Vorgehensweisen handelt, die somit auch stark individuell geprägt sind.) Zweitens ist der „Übergang" von deskriptivem, beschreibendem (vor allem Gesetzes-)Wissen zu präskriptivem, „handlungsleitendem" oder „-vorschreibendem" prozeduralem Wissen (z.B. in Form von Aufforderungen, Handlungsanweisungen, Prinzip-Vorschriften, Plänen oder Anleitungen) bzw. zum Handeln selbst („Machen", „Herstellen") zu vollziehen. Generell wird für das Entwurfshandeln davon ausgegangen, dass es sich dabei um die (eine) gedankliche Vorwegnahme von (technisch) Neuem, so (noch) nicht Vorhandenem handelt (Antizipation).[24]

Bei aller methodischen Vielfalt in den Technikwissenschaften gilt es, stets folgenden drei methodologischen Erfordernissen zu entsprechen:

- Berücksichtigung der Komplexität technischer Aufgabenstellungen: Diese Forderung rückt die Beachtung der Vielfalt von Einflussfaktoren, Abhängigkeiten, Zusammenhänge, Lösungsvarianten usw. in das Zentrum der Aufmerksamkeit des Problembearbeiters.
- Gewährleistung einer (weitest möglichen) Ganzheitsbetrachtung angestrebter oder realisierter technischer Lösungen: Diese Forderung zwingt dazu, bei der Problembearbeitung und -lösung die gegenseitigen Verflechtungen der einzelnen Struktur- und Prozesseinheiten von der übergreifenden Zielstellung bzw. „Einbindung" her zu analysieren und zu synthetisieren.
- Zugrundelegung einer tätigkeitsbezogenen Herangehensweise an die technische Problemlösung: Dieses Prinzip bedeutet die Bereitstellung solch eines Wissens, das für die auszuführenden Tätigkeiten relevant ist – es ist somit der Prozess der Generierung, Konstruktion, Nutzung und „Entsorgung" technischer Lösungen in der Wechselwirkung von Objekt und Subjekt des technischen Handelns zu erfassen.

6 Konstruktionswissenschaft als allgemeintechnologisches Konzept

Entwurfs- oder Konstruktionshandeln umfaßt den gesamten Prozess des „Findens" (neuer oder verbesserter) technischer Lösungen von der Aufgabenstellung über ihre

[24] Vgl. generell zum Entwurfshandeln bzw. zu gegenwärtigen Ansätzen exemplarisch Hubka, Eder 1992; Müller 1990; Pahl 1994a.

Präzisierung, die Konzeptfindung und die Gestaltfestlegung im Rahmen eines Entwurfs bis hin zur Erarbeitung der endgültigen Fertigungs- und Montageunterlagen mit Gebrauchs- und Entsorgungsanweisungen für ein Produkt – womit also die den Entwurfsprozess „abschließende“ bzw. „vollendende“ gesellschaftliche „Durchsetzung“, die „Bewährung des Neuen am Markt“ keinesfalls ausgeschlossen, sondern immanenter Bezugspunkt dieses Handelns ist.

„Generalisierende“ Denkbemühungen zum Konstruktionshandeln und zum Entwurfsprozess in der Ingenieurtätigkeit haben eine über hundertjährige Tradition in der deutschen Wissenschafts- und Geistesgeschichte. Es seien nur die Namen Franz Reuleaux für die zweite Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts, Max Eyth (1836-1906) und Peter Klimentitsch von Engelmeyer (1855-etwa 1942) für die Jahre um die bzw. nach der Wende vom neunzehnten zum zwanzigsten Jahrhundert, Wilhelm Ostwald (1853-1932) für die erste Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts) sowie Hugo Wögerbauer (1904-1976) und Fritz Kesselring (1897-1977) für die Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts genannt. Danach wäre eine lange Reihe von Namen zu nennen, Namen von Technikwissenschaftlern wie von Philosophen, die im Zusammenhang mit der Entfaltung der Konstruktionswissenschaft stehen.[25] Deutlich wurde nämlich, dass ein angemessenes Verständnis des Entwurfs- bzw. Konstruktionsprozesses nur durch ein echtes multidisziplinäres „Unternehmen“ gewonnen werden kann.

Was ist nun für den philosophisch wie allgemeintechnisch Interessierten das Reizvolle am Entwurfshandeln? Für mich ist es das, was ich die „Unschärfe“ im Entwurfs- und Konstruktionsprozess nennen möchte.

Beim Entwurfs- und Konstruktionshandeln handelt es sich um ein gedankliches Vorgehen, für das es kein logisch begründbares (Schluss-)Verfahren gibt, d.h., aus den vorgegebenen Prämissen (vor allem hinsichtlich des zu erreichenden Ziels, des verfügbaren bzw. zu generierenden Wissens, des Bereichs möglicher Lösungen usw.) ist ein Ergebnis sowohl nicht eineindeutig als auch nicht mit Sicherheit herleitbar. Hinzu kommen weitere Einsichten. Das Konstruktions- und Entwurfshandeln ist erstens ein bewusstes, zur Zielerreichung notwendiges „Überschreiten“ des Vorhandenen (sowohl des „Arte-Faktischen“ wie des „Wissensmäßigen“) in Form eines (planmäßigen, intuitiven, methodenbasierten, heuristischen, ...) „Suchprozesses“. Zweitens erfolgt dieser

[25] Vgl. dazu die (keineswegs Vollständigkeit beanspruchende) Übersicht in Banse 1997b, S. 44ff.

Prozess in der Regel unter Informationsmangel bzw. bei unvollständiger oder „unscharfer“ Information, d.h. zu Beginn des (als Planungsvorgang verstandenen!) Entwurfs- und Konstruktionsprozesses sind z.B. nicht alle relevanten Informationen verfügbar, man muss sich auf sich verändernde (einschließlich neue!) Zielvorgaben oder „Rand“bedingungen vor allem wissenschaftlicher, technischer, politischer, ökonomischer oder juristischer Art einstellen bzw. muß darauf (angemessen) reagieren (eine Situation, die man als „Dynamisierung der Begleitumstände“ bezeichnen kann – vgl. Pahl 1997, S. 40). Hinzu kommt drittens, dass selbst die Vielzahl der zu Beginn des Entwurfsprozesses verfügbaren Informationen (fast stets) reduziert werden muss, um sie „operationalisierbar“ zu machen. Der Problemlösungs- und Planungsprozeß im Bereich des Entwurfshandelns ist viertens mit folgender (erschwerender) Besonderheit konfrontiert: Entwurfs- und Planungsprobleme in Technikwissenschaften und Ingenieurhandeln sind häufig nicht vollständig, sondern oft nur unvollständig formulierte, nicht „exakt“ oder „wohldefinierte“, sondern „schlecht“ defnierte, „bösartige“, „verzwickte“ („wicked“) Probleme, d.h. es liegen „verschwommene Ziele“ und „unklare Bedingungen“ vor. Damit ist eine „Intransparenz von Bearbeitungsvorgängen“ verbunden, die in „unscharfen Entscheidungen“ sowie einer „Hypothetizität“ des Ergebnisses des Problemlösungsprozesses ihren Niederschlag findet.

Die Berücksichtigung dieser Einsichten kann helfen, vereinfachende Auffassungen des Konstruktions- und Entwurfshandelns zurückzuweisen. Vor diesem Hintergrund ist die Vorstellung eines Plans als eindeutige Festlegung (Handlungsanweisung) bzw. der Planung als „geordneter“ (möglichst algorithmischer) Ablauf für das Konstruktions- und Entwurfshandeln zu relativieren; vielmehr ist von einem iterativen Vorgang mit Rückkopplungsschleifenen auszugehen, für den es nur eine „Rahmen“planung geben kann. Unter dem Planungsaspekt bezieht sich Konstruktionshandeln als Entwurfs- bzw. Problemlösungsprozess (auch) auf die Festlegung der sachlichen und zeitlichen Reihenfolge von Handlungen, von Grunwald als Prinzip der methodischen Ordnung bzw. Prinzip der zeitlichen Ordnung genannt (vgl. Grunwald 1986, S. 69).

Hinzukommt ein weiterer Gedanke: Es ist erforderlich, „einer Verabsolutierung des Rationalitätspostulats entgegenzutreten, in der nicht nur unterstellt wird, das alles, was beim Konstruieren abläuft, einmal definitiv beschreibbar sein wird, sondern auch, daß der Mensch am effektivsten arbeitet, *wenn er methodenbewußt arbeitet, wenn er also all sein Wissen rational verwaltet einsetzt.*“ (Müller, Franz 1990, S. 65 - H.d.V., G.B.) Dies bedingt einige methodische Besonderheiten des Entwurfs- und Konstruk-

tionshandelns, von denen hier nur die Heuristik genannt sei (vgl. näher dazu Banse 1997b). Ausgangspunkt für die Unterscheidung von „exakten“ (algorithmischen) und „unscharfen“ (heuristischen) Methoden in gedanklichen Bearbeitungsprozessen in den Technikwissenschaften ist, mit welcher Glaubwürdigkeit zum Zeitpunkt t_o vorausgesagt werden kann, ob das angestrebte Ergebnis (das angestrebte Ziel, der angestrebte Zweck) eintreten wird.

Als Algorithmus bezeichnet man ein eindeutiges gedankliches Verfahren zur Transformation einer gegebenen Größe in eine gesuchte bzw. angestrebte Größe. Mit anderen Worten: mittels der algorithmischen Methode wird ein angestrebtes und gewolltes Ergebnis von gegebenen Anfangsbedingungen her in „normierter“ Weise – und vorhersagbar – in einer endlichen Anzahl von Schritten erreicht. Ein Heurismus unterscheidet sich vom Algorithmus dadurch, dass ihm die Garantie für das Lösen bzw. Finden der Lösung einer gegebenen Aufgabenstellung fehlt. Er ist eine endliche, geordnete Menge von Vorschriften, die, adäquat angewendet, das anzustrebende Ergebnis zwar nicht sicher erreichen lässt, aber doch bewirkt, dass der Bearbeitungsprozess zielstrebiger, sicherer bzw. effektiver verläuft.

Das heuristische Vorgehen stellt somit den Versuch dar, Probleme in der technischen Entwicklungsarbeit methodenbewusst auch dort zu lösen, wo ein strikt algorithmisches Vorgehen nicht mehr (oder noch nicht?) möglich ist. Da Heuristiken dort zur Anwendung gelangen, wo das problembearbeitende bzw. -lösende Vorgehen nicht „zwingend“, „deterministisch“ oder „vorgegeben“, wo es nicht bereits im Voraus festgelegt ist (bzw. festgelegt werden kann), fällt es dem „Bearbeiter“ zu, die möglichen und notwendigen Heurismen selbst zu wählen – mithin ist dieser Auswahl- und Entscheidungsprozess individuell beeinflusst. Er wird stark geprägt von der (durch Ausbildung, praktische Erfahrung usw.) je individuell „geformten“ heuristischen Kompetenz. Darunter wird die Fähigkeit verstanden, „das Handeln den Bedingungen jeweils anzupassen. Erkennen von Wichtigkeit, Erfolgswahrscheinlichkeit und Dringlichkeit sowie Prozesskontrolle und Kontrolle des Anspruchsniveaus sind dabei wichtige Komponenten“ (Pahl 1994b, S. 15).

7 Fazit

Als kurzes Resümee des Vorstehenden lassen sich folgende fünf Einsichten hervorheben:

1. Allgemeine Technologie – als „Aufklärung“ wie als „Metatheorie“ – ist nicht nur möglich, sondern auch notwendig.
2. Trotz vielfältiger Bemühungen sowohl aus technikphilosophischer, allgemeintechnischer wie technikwissenschaftlicher Perspektive ist der aktuelle Ausarbeitungsstand einer Allgemeinen Technologie nicht zufriedenstellend.
3. Die Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie kann nur in einem interdisziplinären Projekt mit „verteilten Rollen“ erfolgen, in dem unterschiedliche – komplementäre? – Ansätze, Forschungsrichtungen und „Paradigmen“ verfolgt werden.
4. Dafür ist das stete Wechselspiel von deduktiv-konkretisierenden und induktiv-generalisierenden Denkbemühungen, von Analyse der lebensweltlichen technischen Wirklichkeit und theoretischem Entwurf wissenschaftlicher Konzepte erforderlich.
5. Der Beitrag der (Technik-)Philosophie sollte in der Analyse relevanter Begriffe, Argumentationen, Begründungsverfahren usw., der Kritik an Argumenten, Positionen, Geltungsansprüchen usw. sowie der wissenschaftstheoretischen, erkenntnistheoretischen und methodologischen Fundierung allgemeintechnologischer Denkbemühungen bestehen.

Literatur

Banse, G. (1986): Funktion, Struktur und Formen der Modellmethode. In: Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin 1986, S. 139-149

Banse, G. (1990): Johann Beckmanns Entwurf einer Allgemeinen Technologie und die Gegen-

wart. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Magdeburg. Heft 3/1990, S. 20-22

Banse, G. (Hrsg.) (1997a): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997

Banse, G. (1997b): Engineering Design. Konstruktionshandeln und Technikphilosophie. In: Banse, G. (Hrsg.): Auf dem Wege zur Konstruktionswissenschaft. Recherchen im Bereich der Konstruktionstheorie und -methodologie aus der Sicht der Technikphilosophie. Cottbus (BTU) 1997, S. 7-82 (Berichte, Heft PT - 03/1997)

Banse, G. (1999a): Die „Informationsgesellschaft" in einer pädagogischen Sackgasse? Sachzwang oder „Kultur der Aufklärung". In: BSI (Hrsg.): Zur Didaktik der IT-Sicherheit. Der Boppard-Diskurs zur Technikfolgen-Abschätzung in querschnittlichen Fragen der IT-Sicherheit. Ingelheim 1999, S. 19-39

Banse, G. (1999b): Die Verbindung „wahrer Grundsätze" und „zuverlässiger Erfahrungen". Zur Möglichkeit und Wirklichkeit von Allgemeiner Technikwissenschaft nach Johann Beckmann. In: Bayerl, G.; Beckmann, J. (Hrsg.): Johann Beckmann (1739-1811). Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung des Begründers der Allgemeinen Technologie. Münster, New York, München, Berlin 1999, S. 329-350

Banse, G. (2000): Konstruieren im Spannungsfeld: Kunst, Wissenschaft oder beides? In Banse, G.; Friedrich, K. (Hrsg.): Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Idee – Entwurf – Gestaltung. Berlin 2000, S. 19-79

Banse, G. (2001): Technikphilosophische und allgemeintechnische Herausforderungen. In: Banse, G.; Meier, B.; Wolffgramm, H. (Hrsg.): Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Karlsruhe (FZK) 2001, S. 19-36

Banse, G.; Striebing, L. (1991): Technik. In: Hörz, H.; Liebscher, H.; Löther, R.; Schmutzer, E.; Wollgast, S. (Hrsg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Neuaufl. Bd. 2. Berlin 1991, S. 871-876

Banse, G.; Thiele, B. (1991): Technologie. In: Hörz, H.; Liebscher, H.; Löther, R.; Schmutzer, E.; Wollgast, S. (Hrsg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Neuaufl. Bd. 2. Berlin 1991, S. 882-885

Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.) (1986): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin 1986

Bayerl, G.; Beckmann, J. (Hrsg.) (1999): Johann Beckmann (1739-1811). Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung des Begründers der Allgemeinen Technologie. Münster, New York, München, Berlin 1999

Beckmann, J. (1780): Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufacturen ... 2. Aufl. Göttingen 1780

Beckmann, J. (1806): Entwurf der algemeinen Technologie. In: Beckmann, J.: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück. Göttingen 1806, S. 463-533 (Auszugsweiser Nachdruck. Hrsg. v. M. Beckert. Leipzig 1990, S. 137-207)

Brockhaus (1990): Kultur. In: Brockhaus Enzyklopädie in 24 Bänden. 12. Bd. Mannheim 1990, S. 580-583

Dietz, B.; Fessner, M.; Maier, H. (1996): Technische Intelligenz und „Kulturfaktor Technik". Kulturvorstellungen von Technikern und Ingenieuren zwischen Kaiserreich und früher Bundesrepublik Deutschland. Münster, New York, München, Berlin 1996

Grunwald, A. (1986): Das lebensweltliche Apriori in der Begründung technikwissenschaftlicher Sätze. In: Banse, G.; Friedrich, K. (Hrsg.): Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln. Berlin 1986, S.51-75

Hartmann, E. (1997): Auf dem Wege zu einer Allgemeinen Chemischen Technologie. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 65-87

Hölzl, J. (1984): Allgemeine Technologie. Wien 1984 (2. Aufl. 1989)

Hörning, K. H. (1985): Technik und Symbol. Ein Beitrag zur Soziologie alltäglichen Technikumgangs. In: Soziale Welt, 36 (1985), S. 185–207

Hörz, H. (1999): Wissenschaft als Aufklärung? – Von der Postmoderne zur Neomoderne –. Berlin 1999

Horkheimer, M. (1947): Eclipse of Reason. New York 1947 (deutsche Übersetzung: Zur Kritik der instrumentellen Vernunft. Frankfurt a.M. 1967)

Huber, J. (1989): Technikbilder. Weltanschauliche Weichenstellungen der Technologie- und Umweltpolitik. Opladen 1989

Hubka, V.; Eder, W. E. (1992): Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Übersicht, Modell, Ableitungen. Berlin, Heidelberg u.a. 1992

Joerges, B. (Hrsg.) (1988): Technik im Alltag. Frankfurt a.M. 1988

Karmarsch, K. (1872): Geschichte der Technologie seit der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. München 1872 (Geschichte der Wissenschaft in Deutschland. Neuere Zeit. Bd. 1)

König, W. (1995): Technikwissenschaften. Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1940. Chur 1995

Kornwachs, K. (1995): Theorie der Technik? In: Forum der Forschung. Wissenschaftsmagazin der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, Heft 1/1995, S. 11-21

Kornwachs, K. (1996): Vom Naturgesetz zur technologischen Regel - ein Beitrag zu einer Theorie der Technik. In: Banse, G.; Friedrich, K. (Hrsg.): Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln. Berlin 1996, S. 13-50

Krug, K. (2002): Allgemeine Technologie und Chemieingenieurwesen. In diesem Band

Kumbruck, Chr. (1996): Psychologische Ergebnisse aus Simulationsstudien zur telekooperativen Rechtspflege. Die Nutzung digitaler Signaturen. In: Büllingen, F. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung und Technikgestaltung in der Telekommunikation. Workshop-Beiträge. Bad Honnef (WIK) 1996, S. 245-275

Müller, H.-P.; Troitzsch, U. (Hrsg.) (1992): Technologie zwischen Fortschritt und Tradition. Beiträge zum Internationalen Johann Beckmann-Symposium Göttingen 1989. Frankfurt a.M., Bern, New York, Paris 1992

Müller, J. (1986a): Spezifische heuristische Verfahren in den Technikwissenschaften. In: Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin 1986, S. 85-101

Müller, J. (1986b): Funktionen und Struktur der experimentellen Methode. In: Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin 1986, S. 129-139

Müller, J. (1990): Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Systematik, Heuristik, Kreativität. Berlin, Heidelberg, New York u.a. 1990

Müller, J.; Franz, L. (1990): Zur dialektischen Wechselwirkung von methodenbewußtem Denken und Operationen im beruflichen Alltagswissen in Problemlösungsprozessen beim Konstruieren. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Magdeburg, Heft 4/1990, S. 63-66

Pahl, G. (Hrsg.) (1994a): Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren. Köln 1994

Pahl, G. (1994b): Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren: Ergebnisse des interdisziplinären Diskurses. In: Pahl, G. (Hrsg.): Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren. Köln 1994, S. 1-40

Pahl, G. (1997): Wissen und Können in einem interdisziplinären Konstruktionsprozeß. In: Putlitz, G. Frhr. zu; Schade, D. (Hrsg.) (1997): Wechselbeziehungen Mensch - Umwelt - Technik. Stuttgart 1997, S. 35-65

Polanyi, M. (1967): The tacit Dimension. Garden City, New York 1967 (deutsche Übersetzung: Implizites Wissen. Frankfurt a.M. 1985)

Reichmann, J.; Thiele, B. (1973): Studienanleitung für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Technologie". Lehrmaterial zur Ausbildung von Diplomfachlehrern für Polytechnik im Fach „Allgemeine Technologie". Hrsg. v. Ministerium für Volksbildung. Berlin 1973

Reuleaux, F. (1861): Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen. Braunschweig 1861

Reuleaux, F. (1875): Lehrbuch der Kinematik. 2 Bände. Braunschweig 1875-1900

Ropohl, G. (1973a): Gesellschaftliche Perspektiven und theoretische Voraussetzungen einer technologischen Aufklärung. In: Lenk, H. (Hrsg.): Technokratie als Ideologie. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz 1973, S. 223-233

Ropohl, G. (1973b): Prolegomena zu einem neuen Entwurf der allgemeinen Technologie. In: Lenk, H.; Moser, S. (Hrsg.): Techné - Technik - Technologie. Philosophische Perspektiven. Pullach b. München 1973, S. 152-172

Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München, Wien 1979 (zweite Auflage: Ropohl 1999)

Ropohl, G. (1993): Technik. In: Brockhaus Enzyklopädie. Bd. 21. Mannheim 1993, S. 672-674

Ropohl, G. (1997): Allgemeine Technologie als Grundlage für ein umfassendes Technikverständnis. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 111-121

Ropohl, G. (1998): Wie die Technik zur Vernunft kommt. Beiträge zum Paradigmenwechsel in den Technikwissenschaften. Amsterdam 1998

Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. München Wien 1999)

Sachsse, H. (1992): Technik. In: Seiffert, H.; Radnitzky, G. (Hrsg.): Handlexikon zur Wissenschaftstheorie. München 1992, S. 358–361

Schäfers, B. (1986): Kultur. In: Schäfers, B. (Hrsg.): Grundbegriffe der Soziologie. Opladen 1986, S. 169

Spur, G. (1998): Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaft. München, Wien 1998

Stetter, Chr. (1999): Schreiben und Programm: Zum Gebrauchswert der Geisteswissenschaften. In: Kerner, M.; Kegler, K. (Hrsg.): Der vernetzte Mensch. Sprache, Arbeit und Kultur in der Informationsgesellschaft. Aachen 1999, S. 157–180

Wolffgramm, H. (1978): Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten

technologischer Systeme. Leipzig 1978 (zweite Auflage: Wolffgramm 1994, 1995)
Wolffgramm, H. (1994): Allgemeine Technologie. Teil 1. Hildesheim 1994
Wolffgramm, H. (1995): Allgemeine Technologie. Teil 2. Hildesheim 1995
Wolffgramm, H. (1997a): Allgemeine Technologie zwischen (technologischer) Aufklärung und (technikwissenschaftlicher) Metatheorie. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 123-139
Wolffgramm, H. (1997b): Technische Systeme. Teil 1. Hildesheim 1997
Wolffgramm, H. (1998): Technische Systeme. Teil 2. Hildesheim 1998
Zedler, H. (1744): Technologie. In: Zedler, H. (Hrsg.): Grosses vollständiges Universal-Lexicon Aller Wissenschafften und Künste ... Zwey und Vierzigster Band. Halle 1744, Sp. 508-509

Technologien zwischen Effektivität und Humanität

Herbert Hörz

1 Problemstellung

Technologien als theoretische und praktische Mittel zur Gestaltung unseres Lebens sind aus allen Bereichen menschlichen Daseins nicht mehr wegzudenken. Sie bestimmen unsere Erwerbstätigkeit ebenso wie unsere Freizeit, unseren Tagesablauf, Gesundheit und Krankheit, Sport und Erholung, Wissenschaft und Bildung. Menschen gestalten, unter Nutzung von Wissen und Technik, ihre Existenzbedingungen zwar immer effektiver und humaner, jedoch unter ständigen Auseinandersetzungen über den Sinn und die Bedeutung technischer Errungenschaften für den Menschen. Manche Neuerung wurde aus Ignoranz, Vorurteilen oder entgegenstehenden Interessen verhindert oder verzögert, Maschinenstürmerei vernichtete Effektivitätsmittel als Ersatz bisheriger Arbeitskraft und konnte die industrielle Revolution doch nicht aufhalten. Schießpulver, die Einführung von Eisenbahnen, der Bau von Autos und viele für uns selbstverständliche technische Mittel waren erst in ihrer Wirkung auf Menschen umstritten. Seit Francis Bacon (1561-1626) geht es um die Einsicht, Wissen befördert Macht und Macht basiert auf Wissen. Die europäische Aufklärung baute sie zu einem universalen Glauben an die Vernunft der Menschen und zu einem einseitigen Rationalismus aus, der den Scientismus des neunzehnten Jahrhunderts und die Hoffnung auf die wissenschaftlich-technische Lösung aller Probleme beförderte, wogegen Zivilisationskritik von Literaten nicht ankam. Das zwanzigste Jahrhundert thematisierte nach Kriegen und vor allem nach dem Bau und dem Abwurf von Atombomben und dann nach den Reaktorunfällen mit ihren schrecklichen Folgen die Verantwortung der Wissenschaftler für die technische Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Das Kernproblem war, wie kann die mit der Entwicklung von Wissenschaft und Technik mögliche Steigerung der Effektivität, d.h. das Erreichen eines höheren Nutzens bei Einsparung von vergegenständlichter und lebendiger Arbeit, Humanität erweitern.

Dieses Verhältnis von Effektivitätssteigerung und Humanitätserweiterung wurde mit den Erfahrungen des zwanzigsten Jahrhunderts immer deutlicher problematisiert. Die Postmoderne hat eine allgemeine Beliebigkeit begründet, in der es nicht

mehr so wichtig ist, woher man kommt und wohin man geht. Wissenschaftliche Wahrheitssuche soll der Dekonstruktion von Positionen weichen, die jedoch nur dann dekonstruiert werden können, wenn sie erst einmal kreativ entwickelt wurden. Sie brach berechtigt aus dem einseitig europäisch geprägten Gesellschafts- und Wissenschaftsbild aus. Das wachsende Identitätsgefühl von Ethnien und Nationen steht dem von der Aufklärung propagierten Universalismus einer Weltkultur entgegen. Es hat dann negative Seiten, wenn es sich gegen die Entwicklung der Menschheit von der gegenwärtigen Katastrophengemeinschaft, die sich zur Lösung aktueller Konflikte findet, zu einer Verantwortungsgemeinschaft, die sich gezielt den globalen Problemen zuwendet, richtet.

Die Perversion menschlichen Erfindergeistes in seinen antihumanen Folgen wird deutlich, wenn eine effektive Logistik für das Zusammenwirken technischer Systeme in Terrorakten menschliche und materielle Werte zerstört und dabei Unschuldige tötet, jedoch auch bei kriegerischen Rachefeldzügen zum Sturz eines vorher unterstützten und nun unbotmäßigen Regimes, bei dem zusätzlich technische Mittel getestet und Finanzen für die Rüstungen gewonnen werden können. Im Verhältnis von Effektivität und Humanität geht es also stets, in Krisen- und normalen Zeiten, bei größeren oder kleineren Begebenheiten, um den Nutzen für wen und unter welchen Bedingungen, wobei der Schaden für andere mit berücksichtigt werden muss.

Wissenschaftskritik, zu der auch die Postmoderne mit der Entzauberung eines einseitigen Rationalismus beigetragen hat, zwingt dazu, die Illusionen von der Aufklärung, die allein zu humanen Zuständen führt, ebenso aufzugeben, wie die Hoffnung, Wissenschaft könne nur produktive Kräfte hervorbringen. Die Postmoderne kritisierte die positivistisch orientierte und pragmatische Herrschaft des Subjekts in seiner grenzenlosen Naturausbeutung, in seinem Drang zum Totalitarismus. Sie propagierte den Tod des Subjekts, die kulturelle Vielfalt der Lebensweisen und Methoden, das Ende der Systeme und der Herrschaft. Nach Moderne und Postmoderne ist in der Neomoderne Aufklärung über konstruktive und destruktive Wirkungen von Entdeckungen und Erfindungen erforderlich. Wir brauchen eine neue Aufklärung mit einem neuen Wissenschaftsverständnis (vgl. Hörz 1999).

Wissenschaft hat die Aufgabe, humane Strategien zur Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts zu entwickeln. Sie ist jedoch nicht leicht zu erfüllen. Vorgegebene und wirkliche Zwänge, Bürokratie, Ignoranz und Dummheit sind echte Hemmnisse. Schon der Satiriker Antioch Dmitrijewitsch Kantemir (1709-1744)

schrieb „Auf die Verächter der Wissenschaft“: „Und jeder, dem der Weisheit Gabe ward zuteil, / Soll ihrer sich erfreuen, / doch halt er sich nicht feil. / Denn will er sie für andere Menschen nutzbar machen, / So erntet er kein Lob. Man wird ihn bös verlachen.“ (Kantemir 1983, S. 13) Seinem Ratschlag „Schweig still Verstand, wenn Du die Narren prahlen hörst“ ist wohl kaum zu folgen. Die Situation ist zu ernst, die Gefahrenpotenziale wachsen, Destruktivkräfte großen Ausmaßes sind entstanden und die Humanpotenziale der produktiven Kräfte, durch neue Technologien hervorgebracht, noch zu wenig erforscht.

Wenn man denen glaubt, die Utopien für überholt halten, dann nimmt man den Menschen ihre Hoffnung auf eine human gestaltete Zukunft. Philosophische Fragen sind zu stellen: Was leistet Technologiebewertung? Welche Programmatik hat eine Allgemeine Technologie? Welche Widersprüche treten zwischen Zivilisations- und Kulturentwicklung auf? Welche Möglichkeiten bietet der vor sich gehende Technologiewandel? Ist der Ruf nach Ethik berechtigt? Sind wir wirklich im Übergang vom technischen zum ethischen Zeitalter? Gibt es einen neuen Humanismus, der die technologische Entwicklung mit dem Wesen der Menschen verbindet, um zu Humankriterien zu kommen? Auf solche Fragen soll eine Antwort versucht werden.

2 Zur humanen Gestaltung von Technologien

Wissenschaftlich-technische Entwicklung in unserer Zeit, der Ausbau von high-tech, der Hochtechnologien, bringt mit vielen theoretischen und praktischen, konstruktiven und ökonomischen, Material- und Verfahrensproblemen auch Tendenzen mit sich, die, unter dem Aspekt von Effektivität und Humanität (vgl. Hörz, Seidel 1984), die Frage nach der humanen Bewertung der Folgen neuer Technologien stellen. Technologien entwerten Fähigkeiten und Fertigkeiten, was eine Neustrukturierung der Arbeit und ihrer Inhalte verlangt. Effektivitätssteigerung dient selten den Sozialprogrammen, dafür mehr der Profitmaximierung. Informationstechnologien liefern neue Wissensquellen, können jedoch auch die Manipulierung des Bewusstseins und die ideologische Instrumentalisierung von Individuen fördern.

Biotechnologien geben den Menschen neue Mittel zur Gestaltung des Lebens und der menschlichen Gattung, beschwören jedoch auch Gefahren herauf. Lust am Erfinden und Gestalten ist nun mit Fragen nach dem geistigen Eigentum und Copyright im multimedialen Zeitalter verbunden (vgl. z.B. Banse, Langenbach 1999). Das ist nur ein

Teil der Probleme, die sich mit neuen Technologien unter humanen Aspekten stellen.

Das 1976 in der BRD und 1980 in der DDR in deutscher Sprache erschienene Buch des erfolgreichen polnischen Schriftstellers Stanisław Lem „Summa technologiae" beförderte damals, unter dem Aspekt von utopischer Literatur, die Diskussion um die Zukunftsgestaltung von Technologien.[1] Im Nachwort bemerkte ich dazu: „Technologie ist das Zauberwort unserer Zeit. ... Technologie befaßt sich mit der Entwicklung, Gestaltung, Verbesserung und Optimierung technologischer Prozesse, d.h. den Verfahren zur Bearbeitung von Gegenständen, zum Transport, zur Lagerung, zur Verpackung und Instandhaltung der Rohstoffe und Produkte, zur Kontrolle der Arbeitsabläufe, der Energie-, Stoff- und Informationsflüsse. Technologie ist das know how, das Gewußt wie. Sie bestimmt das Weltniveau der Produktion. Mit ihrer Hilfe wird Wissen um objektive Gesetze technisch verwertet, zu neuen Lebensbedingungen, zu Produktiv- und Destruktivkräften." (Hörz 1980, S. 618) An dieser allgemein-philosophischen Bestimmung der Technologie hat sich eigentlich nichts geändert, wohl aber an den Beziehungen zwischen Menschen und Technologien. Was bei Lem oft noch science fiction war, wie die Konstruktion von Menschen, ist nun in der aktuellen Debatte als Frage nach der moralischen Berechtigung nicht nur des therapeutischen, sondern auch des reproduktiven Klonens. So sind aus Gedankenexperimenten von Lem realisierte Fakten mit ethischer Relevanz entstanden.

Stanisław Lem machte schon auf die Problematik von Einschätzungen über die Zukunft aufmerksam. So kreidete er der Futurologie als schwerste Sünde die Ballonmethode an. Man nimmt aktuelle Nationaleinkommen, Geburtenraten, das Tempo des industriellen Forschritts usw. und multipliziert sie, als blase man einen Ballon auf: „Die Zukunft aber ist nicht einfach das Fünf- oder Fünfhundertfache des heutigen Nationaleinkommens, nicht eine Million statt der heutigen einhundert Kernkraftwerke und nicht der Küchenroboter statt der Köchin, sondern eine komplexe Lebensqualität, die sich von der unseren unterscheidet und die das uns phantastisch Anmutende für unwichtig hält, weil es bereits Wirklichkeit ist." (Lem 1980, S. 8)

Der 1921 in Lwow geborene Lem denkt weiter über die Entwicklung der Technologien nach, über Evolution, Gentechnik und Internet. Er bedauert, dass Menschen meist schlechten Gebrauch von Erfindungen machen und wendet sich gegen sensa-

[1] Das Buch wurde von 1959 bis 1963 geschrieben und in polnischer Sprache in Krakau 1964 publiziert. 1976 erschien dann in Frankfurt a.M. eine deutsche Übersetzung. Ich konnte durch ein Gutachten die Veröffentlichung in der DDR fördern.

tionslüsterne Verzerrungen der Forschungsergebnisse in den Medien, die er als Metastasen der Dummheit sieht (vgl. Lem 2001). Es ist also, wenn man humane Kriterien für die Zukunftsgestaltung auf der Grundlage wissenschaftlich-technischer Entwicklung bestimmen will, über den derzeitigen Stand der Technologie für eine Erhöhung der Lebensqualität hinauszudenken, um mögliche Folgen ins Visier zu nehmen. Das wurde und wird versucht. Wie weit ist es jedoch überhaupt möglich? Kann man die Chancen und Risiken neuer Technologien abschätzen?

Gerhard Banse verweist auf die Komplexität und die Problematik der Aufgabe, denn von der Technikfolgenabschätzung (TA), vom technology assessment, wird die transparente, nachvollziehbare und nachprüfbare Gestaltung aller Schritte von TA infolge der Vielzahl zu treffender Annahmen und zu fällender Werturteile erwartet (vgl. Banse 2001). Damit sind Fragen nach den Methoden von Voraussagen ebenso angesprochen wie die Grundlagen für die Bewertung der Hypothesen. Soziale Werte sind Bedeutungsrelationen von Sachverhalten für die Menschen, die Nützlichkeit, Sittlichkeit und Schönheit umfassen. Werturteile verlangen also mehr als technologisches Wissen. Wie sind sie zu fundieren? Welche Akzeptanz haben sie? Die Entwicklung der Technologien wird so zu einer Herausforderung, über die Angemessenheit derzeitiger sittlicher Axiome und demokratischer Strukturen nachzudenken.

In einer Studie zur „Technologiefolgenbeurteilung in der Tschechischen Republik" wird auf die Werteverschiebung mit der Kritik eines einseitigen technologischen Optimismus, jedoch auch auf die Sicherung funktionierender demokratischer Institutionen verwiesen (vgl. Provaznik, Machleidt 1998, S. 89). Deutlich wird, wie schwierig das ist, „da fast jeder Staatsbeamte und Unternehmer sich berechtigt fühlt, die Legitimität des ethischen Standpunkts abzulehnen, sofern sie nicht ausreichend durch eine Fachexpertise begründet ist, auch wenn diesen Standpunkt eine bedeutende Anzahl von Bürgern vertritt" (Provaznik, Machleidt 1998, S. 123). Die zugespitzte Formulierung macht das Problem deutlich. Wer beantwortet wie nach welchen Kriterien in einer Demokratie die komplexe Frage, ob das, was wissenschaftlich möglich, technisch-technologisch realisierbar und ökonomisch machbar ist, sich auch als gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar sowie human vertretbar erweist. Es sind nicht nur die technologischen Parameter, sondern auch die demokratischen Strukturen und humanen Werte zu betrachten, wenn wir über das Verhältnis von Effektivität und Humanität nachdenken. Die Autoren sind für ihren Bereich skeptisch. Sie meinen, dass die demokratische Öffentlichkeit im Rahmen des TA nach Harmonie zwischen Human-

werten und dem Wirtschaftsimperativ suche, sollte es jedoch zu einem Zusammenstoß kommen, „dann hat in der Regel die subjektive Nichtakzeptanz der technischen Produkte, die sich lediglich auf die Bewertungsansichten der Bürger stützt, nicht viel Hoffnung auf Erfolg“ (Provaznik, Machleidt 1999, S. 124).

Zu einer Allgemeinen Technologie gehört TA. Jede der damit verbundenen Forderungen wirft Probleme auf (vgl. Banse 2001, S. 66ff.), denn TA (= Technikfolgenabschätzung, Technikbewertung) bedeutet das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das den Stand der Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert, unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt, aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert, Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet, so dass begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können (vgl. VDI 1991).

Damit sind weltanschauliche, erkenntnistheoretische und methodologische Fragen verbunden. Vor allem sind Humankriterien zu bestimmen, an denen Folgen gemessen werden können. Da die Zukunft offen ist und wir nur Trends aufdecken können, ist TA mehr Begleitforschung als wirkliche Folgenabschätzung. Sie ist wichtig, entlässt jedoch niemand aus der Verantwortung für die Folgen seines Tuns. Die Analyse ist ständig neu zu präzisieren, Risiken sind zu bestimmen und Ursachen für mögliche humane oder antihumane Folgen zu betrachten, um von der Folgenverantwortung zur Verursacherverantwortung übergehen zu können.

3 Zur Programmatik einer Allgemeinen Technologie

Um keinen sinnlosen Streit um Worte zu provozieren, möchte ich kurz die Inhalte der von mir gebrauchten Begriffe charakterisieren, die auch anders gefasst werden können (vgl. Hörz 1986).

Technik ist die Gesamtheit der vom Menschen geschaffenen Artefakte zur Beherrschung der natürlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Umwelt und des eigenen Verhaltens. *Technologie* ist die Umsetzung von Entdeckungen der verschiedenen Wissenschaften in Erfindungen als Regeln und Verfahren für die Entwicklung neuer und das Funktionieren bestehender Technik. Sie ist durch Erfahrungen fundiertes prakti-

sches und theoretisch erklärtes Herrschaftsmittel, wobei Technologie als Wissenschaft praktische Erfahrungen bei der effektiven Gestaltung der Natur und Kultur verallgemeinert. Die *Technikwissenschaften* untersuchen Beziehungen und Gesetze der Technik und Technologie in ihren allgemeinen und spezifischen Seiten. Wie das Projekt einer Allgemeinen Technologie zu verwirklichen sein wird, ist nun Gegenstand der weiteren Überlegungen.

Effektivität umfasst das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen. Effektivitätssteigerung verlangt die Einsparung von vergegenständlichter und/oder lebendiger Arbeit, die Realisierung quantitativ umfangreicherer und qualitativ besserer Resultate mit geringerem Aufwand, die Einsparung von Energie und die Wiederverwertung von Produkten. Während *Freiheit* die humane Gestaltung der natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt sowie des eigenen Verhaltens ausdrückt, umfasst *Humanität* die dafür existierenden oder zu schaffenden Bedingungen. *Humanismus*, verstanden als Pflege humaner Traditionen, aber auch als Programm zur Befreiung der Menschheit aus Not, Unterdrückung und Ausbeutung, fordert dazu auf, mit erweiterter Selbstorganisation sozialer Systeme die Bedingungen für den umfassenderen Freiheitsgewinn der Menschen zu schaffen.

Humanisten verschiedener weltanschaulicher Richtungen kämpfen gegen die militärische Lösung von Konflikten, gegen ökologische Katastrophen, gegen die Deformation der Menschen durch Produktions-, Herrschafts- und Bewusstseinstechnologien, gegen rassistische, sexuelle, soziale Diskriminierung und gegen unmenschliche Strukturen. Das allein ist jedoch noch kein konstruktives Programm. Die Zerstörung antihumaner Zustände schafft nicht automatisch Freiheit. Das gilt auch für die Entwicklung von Technologien. Zu viel wird über Verbote gesprochen und zu wenig über die konstruktive Bedeutung zur Befreiung der Menschen von gesundheitsschädlicher Arbeit, von physisch und psychisch kaum zu bewältigendem Stress, von Routine usw. Humanismus ist Zielfunktion des Handelns, Anforderungsstrategie für die Gestaltung von Strukturen und Bewertungskriterium für vergangene und gegenwärtige Taten und für Zukunftspläne. Dafür sind Humankriterien und Humangebote genauer zu bestimmen.

Allgemeine Technologie kann philosophisch als Wissenschaft von den Prinzipien, Gesetzen und Regeln technologischer Prozesse erfasst werden. Bleibt man bei den Konstruktions-, Material- und Verfahrensregeln stehen, dann wird die wachsende Komplexität von Aufgaben und Entscheidungssituationen nicht beachtet, die natürli-

che, technische, gesellschaftliche, kulturelle und mentale Faktoren verknüpft. Technologienentscheidungen sind nicht nur politische und ökonomische, sondern auch kulturelle und soziale Entscheidungen, die die Entwicklung und die Existenz soziokultureller Identitäten prinzipiell beeinflussen. Eine Allgemeine Technologie muss sich auch dem Verhältnis von Humanität und Effektivität widmen. Wie das Projekt zu verwirklichen sein wird, falls es verwirklicht werden soll und kann, ist Gegenstand der weiteren Überlegungen. Ihm steht die Spezialisierung entgegen.

Der Technikphilosoph Günter Ropohl meint: „Die Sektoralisierung der unvollendeten Moderne kann nur durch aufgeklärte Fortsetzung der Aufklärung überwunden werden." (Ropohl 1991, S. 48) Statt allein Sachsysteme zu perfektionieren, gelte es, soziotechnische Systeme zu optimieren, um Humanisierung der Arbeit und Demokratisierung des Wissens zu erreichen. Ropohl plädiert deshalb für eine Allgemeine Technologie, um synthetische Rationalität wirksam einzusetzen und Orientierungswissen zu erhalten. Doch woher kommt es und wohin zielt es? Erst aus der Analyse des Standes der Technologie und der sozio-ökonomisch-technischen Systeme können Zielvorstellungen entwickelt werden, die dem Humanismus als Programm zum Freiheitsgewinn der menschlichen Individuen entsprechen.

Die geforderte Allgemeine Technologie unterscheidet sich wesentlich von der, die von Johann Beckmann als Wissenschaft begründet, die Verarbeitung der Naturalien und die Kenntnis der Handwerke lehrt. Er wollte „erstens das bis dato angesammelte technisch-technologische Wissen systematisieren, dieses zweitens auf eine sichere theoretische Grundlage stellen und auf dieser Basis drittens das methodische Programm einer Erfindungsheuristik begründen. Für Johann Beckmann war Allgemeine Technologie nur in der Form einer zweckgerichteten Verfahrenswissenschaft denkbar" (Banse 1998, S. 11). Banse zeigt in der Analyse des Standes zur Entwicklung verallgemeinerter Konzepte in den Technikwissenschaften, dass bisher wichtige Resultate zur allgemeinen Theorie technologischer Vorgänge (Allgemeine Technologie) und zur allgemeinen Konstruktionswissenschaft erzielt wurden (vgl. Banse 1998, S. 15ff.). In einer Diskussion dazu fragte er Günter Ropohl und Horst Wolffgramm, die wesentlich an diesen Arbeiten beteiligt waren, wie die Allgemeine Technologie zukünftig weiterentwickelt werden solle. Ropohl verwies auf die Theorie technischer Systeme und die Systemtheorie, damit auf unterschiedliche Akzentuierungen, die weiter koexistieren, fragte jedoch auch nach dem wissenschaftlichen Nachwuchs und nach den Bedingungen, die aufgeschlossene Leute zwingen, generalistisch zu denken. Wolffgramm be-

klagte ebenfalls den Mangel an geeigneten Fachkräften und nannte die Ausarbeitung eines Kanons von Grundbegriffen der Allgemeinen Technologie, die explizite Bestimmung allgemeiner Technikgesetze, die Formulierung technologischer Wirkprinzipien und technischer Funktionsprinzipien sowie die Ausarbeitung spezifischer Forschungsmethoden der Allgemeinen Technologie (vgl. Banse 1997, S. 164).

Allgemeine Technologie ist, so kann man festhalten, ein interdisziplinäres Projekt, das auf dem Weg zur Disziplin sein kann, wenn es von engagierten Vertretern unterschiedlicher Disziplinen konsequent weiter verfolgt wird. Merkmale einer wissenschaftlichen Disziplin sind: Spezialwissen über ein Forschungsobjekt; Methoden als Art und Weise, mit bestimmten Regeln und Verfahren die Beziehungen und Gesetze des Objekts zu erfassen, zu modellieren und technologisch verwertbar zu machen; eine spezifische Sprache; Wissenschaftler, die Sprache und Methoden beherrschen und neue Erkenntnisse erarbeiten (vgl. Hörz 1983, S. 597). Das gibt es alles, mindestens in Ansätzen. Leider wird die ebenfalls dafür erforderliche Institutionalisierung nur schleppend vorangebracht. Das jedoch verhindert den weiteren Ausbau der Disziplin, da sich junge Wissenschaftler nicht an einer solchen Institution als Allgemeine Technologen profilieren können.

Die Entwicklung der Allgemeinen Technologie verlangt, die der Effektivitätssteigerung dienende zweckgerichtete Verfahrenswissenschaft in allen ihren Facetten auszuarbeiten. Doch auch da zeigen sich schon neue Aspekte. Technologie ist nicht, wie bei Beckmann, auf Umwandlung von Naturalien begrenzt, sondern umfasst auch Sozial-, Bewusstseins- und menschengestaltende Technologien. Das führt zu völlig neuen Fragen, wie die Ethikdebatte zeigt. Will man die Einengung der Allgemeinen Technologie auf Effektivitätsaspekte aufheben und sie um die Humanitätsforderungen erweitern, dann bedarf es dazu interdisziplinärer Arbeit, die bis zur Lösung transdisziplinärer Probleme geht. Unser Kolloquium könnte ein Anfang für das interdisziplinäre Projekt sein, das durch die Leibniz-Sozietät weiter in allen seinen Aspekten zu bearbeiten ist.

Wichtige Probleme sind zu lösen. Immerhin gibt es keine Einigkeit über die moralischen Anforderungen an neue Technologien, über die Grundsätze humaner Expertisen, über die Akzeptanz, über die Rolle von Betroffenen. Neue Probleme werden auf alte Weise gelöst. Der Streit um die Moralen ist am Klonen von Menschen zwar entbrannt, doch dominiert in Deutschland meist eine religiös geprägte, den Fortschritt der Wissenschaft hemmende Ethik, die biologische Grenzen dort setzen will, wo der Mensch als Krone der Schöpfung verändert werden könnte. Die eigentliche Diskussion

ist jedoch um den neuen Humanismus, um seine Kriterien und Gebote zu führen, die zwar keinen Algorithmus für Entscheidungen liefern, jedoch die Diskussion auf die wesentlichen Punkte orientieren. Humane Expertisen werden nicht selten wie Gefälligkeitsgutachten behandelt oder gar nicht eingefordert, die Akzeptanz soll durch propagandistische Beeinflussung erreicht werden, und die Berücksichtigung der Betroffenen muss eingeklagt werden. So entsprechen die vorherrschenden politischen, rechtlichen und moralischen Bedingungen wohl kaum der Forderung nach humaner Gestaltung der wissenschaftlich-technischen Entwicklung.

Verfolgen wir das theoretische Konzept einer Allgemeinen Technologie weiter, dann ist zu beachten, das die von Ropohl angesprochenen sozio-ökonomisch-technischen Systeme selbst eine Geschichte haben. Sie sind ebenso durch den Stand der Technologieentwicklung und die Fähigkeit der Menschen bestimmt, sie effektiv und human einzusetzen, als durch politische, ökonomische und ideologische Rahmenbedingungen. Technologie ermöglicht Freiheitsgewinn der Individuen, ob er realisiert wird und werden kann, hängt von den Bedingungen ab.

4 Einheit und Unterschiede zwischen Zivilisation und Kultur

In der Entwicklung der Menschheit haben sich verschiedene Kulturkreise herausgebildet, die sich durch ihre Traditionen, Sitten und Gebräuche, ihr Wertesystem, ihre Sprache und Kunst und oft durch ihre Religion unterscheiden. Nun bringt die Globalisierung durch politische, wirtschaftliche und kulturelle Kontakte die Kulturbereiche einander näher. Huntington meint deshalb, dass das einundzwanzigste Jahrhundert nicht durch ideologische und wirtschaftliche Konflikte bestimmt sei, sondern durch Auseinandersetzungen der Kulturkreise (vgl. Huntington 1996, S. 531). Habermas spricht von der „postnationalen Konstellation“, die neue Probleme für die Entwicklung von Freiheit, Demokratie und Recht aufwerfe (vgl. Habermas 1998, S. 140ff., 2001, S. 93.ff.). Zwischen den Parteien der Globalisierung und der Territorialität setzt er in der offensiven Variante eines dritten Weges auf die gestaltende Kraft einer Politik, die den davongelaufenen Märkten auf supranationaler Ebene nachwächst (vgl. Habermas 2001, S. 85ff.). Ob diese Überlegungen realisierbar sind, wird sich erst erweisen. Noch bildet sich vor allem das Europa der Monopole aus, statt der favorisierten europäischen Bürgergesellschaft.

Zu den Rahmenbedingungen für die Entwicklung von Technologien gehört einer-

seits der Siegeszug der Zivilisation durch alle Kulturbereiche und andererseits die Tendenz zur Entwicklung interkultureller Forderungen, wie etwa die Einhaltung der Menschenrechte, die sich mehr oder weniger, ausgehend von den westlichen Traditionen, durchsetzt. Bleibt man beim Kampf der Kulturen stehen und fordert Toleranz gegenüber allen Kulturen, ignoriert und bremst man die Herausbildung interkultureller Werte und damit die Ansätze zu einer für die weitere Existenz der Menschheit wichtigen Weltkultur, die sich der Erhaltung und Gestaltung einer menschenwürdigen natürlichen und sozialen Umwelt verpflichtet fühlt. Das hebt Unterschiede zwischen soziokulturellen Identitäten nicht auf, fordert jedoch gemeinsame Anstrengungen zum Erhalt der natürlichen Lebensbedingungen der Menschen, das Verbot aller Mittel zur Vernichtung der menschlichen Gattung und die kulturell differenzierte Erhöhung der Lebensqualität mit Hilfe der wissenschaftlich-technischen Entwicklungen.

Wir werden dazu zwischen Zivilisation und Kultur differenzieren, um auf einige Probleme bei der Technologieentwicklung und beim Technologietransfer in Länder mit verschiedenem kulturellem Hintergrund aufmerksam zu machen. Ein kleines Beispiel soll das verdeutlichen. In den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurde versucht, das Analphabetentum in bestimmten afrikanischen Ländern mit Methoden der Wissensvermittlung aus Mitteleuropa zu überwinden. Das führte zu Problemen. Vergessen wurde, dass die in Deutschland übliche Schriftsprache, die aus einzelnen Zeichen zusammengesetzt ist, sich prinzipiell von der Bildersprache unterscheidet, die anders erlernt und vermittelt werden muss. Errungenschaften der Zivilisation sind bei ihrer Übertragung auf andere Kulturkreise zu prüfen, wie sowohl die gewünschte Effektivitätssteigerung als auch die angestrebte Humanitätserweiterung zu erreichen sind.

Es taucht die Frage auf: Wie stark berücksichtigen Zivilisatoren (nicht Kolonisatoren) die kulturellen Traditionen und ihre objektiven Bedingungen? Die vom Westen vorangetriebene Zivilisation ist Rationalisierung der Wirklichkeitsaneignung und Technologisierung der Lebenswelt. Sowohl Geber- als auch Nehmerländer, technologiefordernde kulturelle Einheiten und high-tech-Länder müssen sich damit auseinandersetzen, wie sie sowohl zu einem kulturadäquaten Technologietransfer als auch zu einer technologiebasierten Kulturentwicklung kommen können. Weitere Untersuchungen zu diesem komplexen Problem helfen uns vielleicht, Fundamentalismus in seinen Wurzeln besser zu erfassen. Wir leben mit dem Widerspruch zwischen der Tendenz zur universellen Zivilisation und der fehlenden Weltkultur, die in Ansätzen interkultureller Werte spürbar wird. Die These vom Kampf der Kulturen ignoriert den Zivi-

lisationsprozess. Die Feststellung, Terrorismus sei der Krieg gegen die Zivilisation, nimmt die westlichen Kulturwerte als humanistisches Ziel. Solange die Weltzivilisation nicht mit einer Weltkultur verbunden ist, gilt es vor allem die Gewaltspirale zu stoppen und eine Humanisierung der Technologieentwicklung anzustreben. Das erfordert die Achtung der Kulturen unter Beachtung der Menschenrechte als interkulturellen Werten, wozu eine kulturadäquate Modernisierung und eine vorsichtige Kulturerweiterung gehört.

Zivilisation orientiert auf wissenschaftlich-technischen Fortschritt, Kultur auf Freiheitsgewinn der Individuen, auf die Erhaltung von Lebensformen, von Sprache, Kunst, Ritualen und moralischen Haltungen, die den Glücksanspruch der Individuen einer ethnischen Einheit bestimmen. Die Universalität des wissenschaftlich-technischen Fortschritts steht im Widerspruch zur Pluralität sozio-kultureller Identitäten. Deshalb hat Wissenschaft nicht nur zur effektiven Produktion materieller Güter, zu neuen Erkenntnissen und ihrer Vermittlung in der Bildung beizutragen, sondern auch zur Humanisierung von Strukturen sozialer Systeme (vgl. Hörz 1988, S. 63ff.). So geht es um Strategien zur Gestaltung der Zukunft mit neuen Technologien ohne kulturellen Identitätsverlust. Das hebt den Streit zwischen Traditionalisten und Modernisten nicht auf. Sie ringen um das, was erhaltenswert ist und was für die Zivilisation an Kultur erhalten oder preisgegeben werden kann und muss.

Manches löst sich durch neue Lebensbedingungen und durch Generationswechsel, eine kulturelle Uniformierung der Menschheit wäre jedoch nicht nur eine schreckliche Vision, sondern widerspräche auch dem Traditionssinn der Menschen, die sich in Zyklen und im Wechsel der Generationen immer wieder auf eigene kulturelle Traditionen besinnen. Es kommt dann nicht selten zu einem Ausweichen vor dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt, der Menschen seinen technologischen Zwängen unterordnet und zur Suche nach traditionellen Lebensformen, die die Entfaltung der Individualität und das Glück des Einzelnen ermöglichen. Prinzipiell gilt: Die Suche nach kultureller Identität und sozialer Geborgenheit ist Ausdruck des Strebens der Menschen nach Freiheit.

5 Technologiewandel

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat es einen für unsere Betrachtungen wichtigen qualitativen Technologiewandel gegeben, der noch weiter vor sich geht und

neue Lösungen für Probleme mit sich bringt. Freiheitsgewinn hängt von dem Stand der Technologie ab. Während die Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften mit Regularitäten und Gesetzen ihrer Erkenntnisobjekte Möglichkeiten aufdecken, wie die Umwelt und das eigene Verhalten zu regulieren und zu gestalten ist, suchen Technikwissenschaften nach einer zielorientierten Auswahl, um die Frage zu beantworten: Was ist zur Beherrschung von Natur und Kultur zu tun? Technologien sind so die zweckorientierte Nutzung von Erfahrungen und Erkenntnissen, die in anderen Bereichen isoliert gesammelt wurden. Die Komplexität der zu gestaltenden natürlichen und kulturellen Prozesse beschäftigt die Technikwissenschaften, die immer mehr zum Menschen als aktivem Gestalter der Technologien zurückführen. Das ist ein qualitativ neuer Aspekt, der den Technologiewandel in unserer Zeit prinzipiell ausmacht und einen neuen Humanismus herausfordert.

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts nannte Karl Jaspers unter den faktischen Bedingungen des Menschseins als erste die Technik, die zu einer gewaltigen Vermehrung der Menschenmassen und zur Verbesserung ihrer Lebensbedingungen geführt habe, wobei er betonte: „Das technische Zeitalter und dessen Folgen für Arbeitsweise, Arbeitsorganisation und soziologische Ordnung ist im Einzelnen immer klarer, im Ganzen seines Sinns aber ein immer größeres Rätsel geworden." (Jaspers 1962, 30f.) Er konstatierte eine „unnatürliche Arbeitsweise, gemessen an Handwerk und Bauernwirtschaft und an den alten humanistisch durchdrungenen Berufen. Nur wer Spezialist ist, kann heute etwas Rechtes leisten, zumal auch in den modernen Wissenschaften. Die Zwangsläufigkeit des sich nur identisch wiederholenden Arbeitens bis zu der Grenze, wo der Mensch eine Funktion in der Maschine ist, auswechselbar wie Maschinenteile, ist ein Grundzug des Zeitalters" (Jaspers 1962, S. 31). Nach Jaspers führe das zu einem Sichverlieren und Zufriedensein im Unpersönlichen, zur Funktionalisierung aller im Apparat. Da wir das Ganze nicht wissen können, sah er den Ausweg darin, das Leben als Versuch zu wagen, Erfahrungen in der ständigen Ungewissheit zu sammeln. Er meinte: „Der unabhängig denkende Mensch will sich herausziehen aus der Unwahrhaftigkeit, um eigentlicher Mensch zu werden. Er sucht in der Kraft der Liebe, in der Offenheit der Vernunft und in der Bereitschaft zum Lesen der Chiffreschrift der Transzendenz. Dieser lebenswährende Prozeß bedarf nicht für alle der Hilfe der Kirchen. Aber er ist nur möglich mit Hilfe der Transzendenz." (Jaspers 1962, S. 50) Nun sind nach Kant transzendente Grundsätze diejenigen, die die Erfahrung übersteigen (vgl. Kant 1944, S. 382 - A 296). Transzendenz zielt nach ihm auf

das Wesen der Dinge, auf die Dinge an sich, die nicht erkennbar sind. Es ist also nur ein gedanklicher, kein wirklicher Ausweg, den Jaspers bietet. Der ergibt sich m.E. aus der Entwicklung der Technik selbst, aus dem sich vollziehenden qualitativen Technologiewandel, der eine qualitativ neue innere Einheit von Mensch und Technik ermöglicht. Worin bestehen die wesentlichen Aspekte dieses Technologiewandels (vgl. Hörz 1986, S. 15f.)?

Erstens hat die *Roboterisierung und Computerisierung der Fertigungsprozesse* materieller Güter dazu geführt, dass der Mensch immer mehr aus dem eigentlichen Fertigungsprozess heraustritt und die Aufgabe übernimmt, automatische Prozesse zu steuern und zu kontrollieren oder die automatische Steuerung und Kontrolle zu programmieren und zu überwachen. Dadurch entstehen neue Gestaltungsmöglichkeiten für die Technologie durch die Menschen. Immerhin hat auch die Technologisierung der Wissenschaften, Methodologien und Methoden eine neue Qualität erreicht, die die Menschen von Routinearbeit befreien kann.

Zweitens geht es um die *Revolution der Denkzeuge*. Sie hat Kreativitätsvorteile geschaffen, befreit Menschen von Routinearbeiten und fördert die Intelligenz als problemlösendes Verhalten. Das ist auch zu berücksichtigen, wenn man die Mensch-Computer-Beziehung durchdenkt (vgl. Hörz 1996, pp. 253ff.). Es gibt ein wesentliches Argument für die Überlegenheit der Menschen über den Computer. Führt man Stufen der Intelligenz ein, die sich dann als höher erweisen, wenn eine Theorie über die Mechanismen der davor liegenden materialisierten Intelligenzstufe existiert, dann sind Menschen, die auf dem neusten Stand des Wissens stehen, dem Computer immer um eine Intelligenzstufe überlegen, da sie ihn nach einer Theorie produzieren und programmieren. Wären Computer in der Lage, Menschen mit ihrer Geschichte herzustellen, erst dann wäre dieses Argument hinfällig.

Drittens kann durch die weitere Entwicklung der genetischen Gestaltung von Leben auch der *Mensch zum Artefakt* durch andere Menschen werden, denn sie sind nun in der Lage, in ihre eigene Entwicklung einzugreifen. Manches, was man noch vor Jahren zu science fiction zählte, ist inzwischen realisierbar oder schon verwirklicht. Lem diskutierte 1964 das phantastische Projekt, auf genetischem Wege Informationen zu züchten und Menschen zu rekonstruieren. Der Mensch ist für ihn eine Summe von Informationen, die man durch Funksignale verschicken kann. Hat man sie, dann kann man ihn herstellen. Seine Konsequenz war: „Man kann also einen Menschen in viele Richtungen gleichzeitig verschicken. Das heißt nicht, daß er in allen Personen einer

ist. Von ‚ihm' wird es so viele geben, wie atomare Kopien hergestellt wurden. Die vielfache Fortsetzung des Individuums wird zur Tatsache." (Lem 1980, S. 361) Damals beschäftigte mich der Widerspruch in Lems Auffassungen. „Einerseits betont er die Rolle des Zufalls, die zu Schwierigkeiten bei Prognosen führt, andererseits glaubt er den Menschen aus der Kenntnis der Gesetze heraus konstruieren zu können. Wieviel Ausschuß wird dabei eingeplant? Wieviel Fehlentwicklungen wird es geben? Gesetze setzen sich in zufälligen Ereignissen durch. Das gilt auch hier. Damit wird aber für Experimente mit und am Menschen der humane Gesichtspunkt entscheidend." (Hörz 1980, S. 626)

Den versuchte ich unter den damaligen Bedingungen zu konkretisieren. Nun ist vieles schon Realität. Über das Klonen von Menschen, also die Herstellung von genetisch identischen Kopien wird nicht nur gesprochen. Zwar lehnen die Konstrukteure des Schafs Dolly das reproduktive Klonen ab und befürworten nur das therapeutische Klonen (vgl. Wilmut, Campbell, Tudge 2001), doch wird sich der Forscherdrang von Menschen, auch ihr Prestigedenken, als erste etwas erreicht zu haben, nicht unterdrücken lassen. Wir müssen uns also mit der Frage weiter befassen. Dabei verwies Lem auf einen wichtigen Gedanken. Original und Kopie unterscheiden sich durch ihre Geschichte, insofern sind die Kopien nie der Ersatz für das Original, sondern selbständige personale Identitäten. Diesen Gedanken verfolgte er nicht weiter, denn: „Ausschlaggebend für die Kontinuität des Daseins ist somit nicht die Menge der übereinstimmenden Information, sondern die Genidentität (das heißt genetische Identität) der im Laufe des Lebens sogar bedeutenden Veränderungen unterliegenden dynamischen Struktur des Gehirns." (Lem 1980, S. 375)

Für den Humanismus als Programmatik zum Freiheitsgewinn der Individuen ist jedoch gerade der Unterschied zwischen den Menschen entscheidend. Oft ist es der technologische Determinismus, der, wie bei Lem, bei der Entwicklung des Humanismus ein Leerfeld utopischer Erörterungen lässt (vgl. Hörz 1980, S. 626). Immerhin betonte er, „daß sich genetische Möglichkeiten unter bestimmten Bedingungen unterschiedlich realisieren und daß das Individuum nicht vollständig durch seine Gene bestimmt ist" (Hörz 1980, S. 627). Nun sind wir mit dem Ruf nach Ethik im Zusammenhang mit den Biotechnologien konfrontiert.

6 Vom technischen zum humanistischen Zeitalter?

Die Technologiewende fordert neue Überlegungen über die Tendenzen zur Humanisierung der Technologie. Politische Zusammenbrüche und technische Revolutionen sind oft mit dem Ruf nach einer neuen Sittlichkeit verbunden. Immer wieder gibt es Visionen über die Einheit von technologischem Fortschritt als Effektivitätssteigerung und Humanitätserweiterung. Sie umfassen die humane Realisierung technologischer Potenzen. So beendet Theodor Plivier den 1954 veröffentlichten Roman „Berlin" mit der Feststellung: „Erst wenn der moralische Globus und der technisierte Globus eins sind, kann das neue Zeitalter anbrechen. Gerechtigkeit, Weisheit, Tapferkeit, Wahrhaftigkeit, Ehre, Nächstenliebe – ohne Tugenden kann das Reich nicht werden und neues Beginnen ist sittliches Beginnen." (Plivier 1998, S. 738)

Hans Jonas nimmt die neue Dimension der Risiken (vgl. Banse 1992), die sich aus dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt für die Menschen ergeben, als Grundlage dafür, das Prinzip Verantwortung als Lebensstrategie zu thematisieren. Er konstatiert: „Das Neuland kollektiver Praxis, das wir mit den Hochtechnologien betreten haben, ist für die ethische Theorie noch ein Niemandsland." (Jonas 1984, S. 7) Das veränderte Wesen menschlichen Handelns, das seine Existenz global in Frage stelle, habe, nach Jonas, zu einem ethischen Vakuum geführt. Über die „Heuristik der Furcht" kommen wir dann zu einem neuen Verständnis unserer Verantwortung. Jonas wendet sich gegen eine Ethik, die aus der Utopie begründet werden soll. Verantwortung wolle die Humanität des Augenblicks garantieren und nicht auf die Zukunft vertröstet sein.

Das reicht sicher nicht aus. Verschiedene Strategien zur Risikobewältigung ergänzen sich gegenseitig. Wenn Jonas die Würde der Menschen betont und die Deformation der Persönlichkeit in Verantwortung zu verhindern trachtet, so lässt er dabei mögliche neue Strukturen mit größeren Freiheitsräumen, die durch soziales Handeln zu gestalten sind, außer acht. Er hegt berechtigte Zweifel an der Realisierung von Utopien. Aber die Erfahrungen mit bisherigen Reformen und Diktaturen zeigen den Drang der Menschen nach Freiheit. Sie brauchen Ziele und begnügen sich meist nicht, vor allem nicht auf die Dauer, mit der von Jonas betonten Verantwortung des Augenblicks.

Die bisherige Art der Industrieproduktion unterordnete die menschlichen Produzenten der Notwendigkeit des Produktionsablaufs. Das erschwerte die Gestaltung von Freiheitsräumen weil die notwendige Befriedigung der Bedürfnisse die Produktion der entsprechenden Güter verlangte und damit die entsprechenden Zwänge zur Le-

bensgrundlage machte. Wissenschaftlich-technische Revolution und mögliche nichtantagonistische gesellschaftliche Verhältnisse könnten qualitativ neue Freiheitsräume gestalten lassen, in denen Risiken human zu bewältigen sind.

Wir müssen jedoch zwischen Ideal- und Realethik unterscheiden, wie schon die anfangs erwähnte Diskussion um die demokratische und fachliche Legitimation von Bürgerprotesten zeigte. Die Idealethik ist auf eine Solidargemeinschaft aller Individuen orientiert. Sie fordert die Einbeziehung der Betroffenen. Die Realethik muss politische und ökonomische Interessen berücksichtigen. Nehmen wir ein Fallbeispiel. Im August 2001 beschäftigte Öffentlichkeit, Medien und Gerichte eine Vertragsverletzung bei der „Herstellung und Lieferung eines Menschen", wie es der Reporter ausdrückte. Ein kinderloses Anwaltsehepaar aus San Diego in Kalifornien, der Mann in den fünfziger und die Frau in den vierziger Jahren, wollte sich den Kinderwunsch erfüllen. Es schloss mit der englischen Leihmutter, die sie über das Internet kennen lernten, einen Vertrag über das Austragen eines Kindes. Das Ehepaar ist nach kalifornischem Recht dann leibliches Elternpaar des Kindes. Der Vertrag enthielt auch die Klausel, dass die bei der Befruchtung über das eine gewünschte Kind hinausgehenden entstehenden Feten abgetrieben werden müssen. In der achten Schwangerschaftswoche teilte die Mutter dann dem Auftraggeber mit, sie sei mit Zwillingen schwanger und forderte eine Entscheidung. Das Paar verlangte dann leider erst in der dreizehnten Woche die Abtreibung, was die Leihmutter aus Angst um ihre Gesundheit ablehnte. Die Eltern bestanden auf Einhaltung des Vertrags, und so wurde es eine Sache des Gerichts.

In einer Idealethik spielen der erfüllte Kinderwunsch, besorgte Eltern und die Nestwärme der Kinder eine wichtige Rolle. Die Medizin ermöglicht es, diesen Wunsch zu erfüllen. In der Realität handelnder Menschen wird jedoch die Lieferung eines bestellten Kindes oft auch zum Geschäft. Das ist nicht neu. Es gab immer Fälle erkaufter oder erpresster Adoption. Neu ist die Erweiterung des Angebots durch künstliche Befruchtung. Durch PID, präimplantative Diagnostik, wird es sogar möglich, Qualitätsstandards bei der Herstellung und Lieferung von Menschen einzuhalten. Der Idealethiker muss sich empören und wird als erstes Verbote fordern. Der Realethiker wird sich damit nicht einfach zufrieden geben. Immerhin gibt es Eltern, denen die Erfüllung eines Kinderwunsches Glück und für das oder die Kinder Geborgenheit bringt. Das Verbot ist deshalb antihuman. Es müssen jedoch Regeln geschaffen werden, mit denen die neuen technologischen Möglichkeiten human genutzt werden können. So sind in einer Realethik ökonomische Interessen, Prestigewünsche, Intrigen usw. zu be-

achten, die das Handeln von Menschen im Menschenhandel bestimmen. Die Sklaverei wurde nicht deshalb abgeschafft, um sie dann neu zu beleben, weil kinderlose Ehepaare einen jungen Dienstboten brauchen, der bezahlt adoptiert doch noch billiger und abhängiger ist, als ein vom Arbeitsmarkt verpflichteter Gehilfe.

Die Diskussion um das Klonen von Menschen ist durch das Klonen von Tieren entfacht worden. In Deutschland tendiert man zur konservativen Lösung des Problems, keine Eingriffe in das menschliche Erbgut zuzulassen (vgl. Hörz 2001). Es wird um die Pläne der Gruppe um den Italiener Severino Antinori diskutiert, Menschen zu klonen, die auch verwirklicht werden sollen, wenn politische Verbote existieren. Man könne ja Schiffe als Laboratorien in internationalen Gewässern nutzen.

Wichtigster Grundsatz für ethische Überlegungen ist die Freiheit der Menschen, über sich selbst zu entscheiden. Das gilt auch für die Gestaltung seiner eigenen genetisch-biotischen Grundlagen. Welche Gefahren drohen der Menschheit, wenn die Möglichkeiten genutzt werden, durch PID ungewünschte Behinderungen zu erkennen, durch therapeutisches Klonen von Stammzellen Leiden von Menschen zu beheben oder zu lindern, den Kinderwunsch zu erfüllen usw.? Selbst geklonte Menschen sind keine Gefahr für die menschliche Gattung. Die Gefahren lauern an anderen Stellen. Kommerzialisierung der medizinischen Verfahren, Rechtsstreit, Verbrechen wegen der menschlichen „Ersatzteile“ usw. sind nicht durch Verbote für die Forschung zu verhindern.

Für ethische Fragen ist erstens die Rolle des *Zufalls* zu beachten. Die frühere Diskussion um die erweiterte soziale Realisierung aus dem genetisch-biotischen Möglichkeitsfeld (vgl. Hörz 1980, S. 627) hat nun eine andere Dimension. Es geht um die mögliche biotische Realisierung genetisch-biotischer Möglichkeiten. Dabei treten zufällige Abweichungen auf. Schon das Klonen von Dolly hat gezeigt, dass bei den umfangreichen Versuchen sehr viele Embryonen absterben, andere missgebildet oder lebensunfähig zur Welt kommen. Wie verhalten wir uns zu diesem „Ausschuss“, wenn es sich um menschliche Wesen handelt? Dabei ist jedoch zu beachten, dass mit Embryonen schon lange experimentiert wird.

Zweitens gibt es die *Entscheidungsfreiheit der Menschen über den eigenen Körper*. Es ist das Recht der Frau, als eines voll ausgebildeten menschlichen Wesens, über ihren eigenen Körper und ihre Zukunft zu entscheiden, womit sie die Entwicklung potenziellen Lebens garantiert oder unterbindet (vgl. Hörz 1976, S. 185f.). Dabei werden Embryonen getötet oder weiter verwertet. Vor allem die katholische Kirche bezeichnet

das als Mord. Da sie jedes Leben als Ausdruck der Schöpfung erhalten will, muss sie gegen wissenschaftlich-technische Entwicklungen auftreten, die den Menschen als verbesserungsfähig ansehen, ihm Möglichkeiten zur Erhöhung seiner Lebensqualität, auch der Gesundheit, offerieren und ihm Leiden ersparen. Damit schränkt sie die Freiheit der Menschen ein. Die vollständige Ablehnung der PID, des therapeutischen Klonens, der Schwangerschaftsunterbrechung usw. ist die Fortsetzung der Linie, Menschen das Recht abzusprechen, über den eigenen Körper zu entscheiden. Nun ist die Freiheitsauffassung eventuell zu erweitern. Es geht eben nicht mehr im Sinne von Jonas um die Verantwortung für den Augenblick, sondern um die Zukunft von Menschen. Befruchtete Eier mit Zwillingen könnten getrennt werden, wobei der eine jetzt und der andere viel später zum personalen Leben heranwachsen kann. Es taucht die Frage auf: Darf der Mensch die Entwicklung anderer Menschen steuern? Es geht nicht mehr um den homunkulus aus der Retorte, sondern um die Verwirklichung erkannter biotischer Möglichkeiten zum Nutzen der Menschen.

Drittens sind deshalb Experimenten mit und am Menschen human zu gestalten. *Humanität verlangt, alles zu unterlassen, was Menschen in ihrer freien Entscheidung beeinträchtigt, ihre Würde verletzt und sie unterdrückt*. Deshalb sind Experimente mit und am Menschen darauf zu überprüfen, ob die Risiken minimiert, der persönliche im gesellschaftlichen Nutzen gegeben, die Entscheidungsfreiheit der Betroffenen garantiert und das Verantwortungsbewusstsein der Beteiligten gesichert ist. Kein Experiment, das die Integrität der Persönlichkeit und die Würde des Individuums verletzt, darf dann durchgeführt werden, wenn man Humanität anerkennt. Das hebt zwar Selbstexperimente. die der freien Entscheidung des Individuums unterliegen, nicht auf, verbietet aber solche Gruppen- und Gattungsexperimente, mit denen die Würde von Menschen verletzt wird. Verboten sind dann auch Experimente mit und am Menschen, in denen uninformierte Betroffene ihrer Entscheidungsfreiheit beraubt sind oder werden. Denken wir etwa an Experimente mit Gefangenen oder psychisch Kranken, die stattfanden.

Mit *Eingriffen in das genetische Material von Menschen* ist die genetisch-biotische Verbesserung der typischen Individualität, vor allem in Krankheitsfällen, zu bedenken (vgl. Geißler, Hörz, Hörz 1980). Man kann und wird den wissenschaftlichen Fortschritt im Interesse der Menschen nicht aufhalten. Weiter auszuarbeiten sind deshalb die Grenzen für Entscheidungen in *humanen Kriterien*, zu denen die Integrität und Würde der Persönlichkeit gehört. Biologisten forderten dagegen biotische Grenzen,

wie die Keimzellen, oder einfach ungehemmten Fortschritt. Nun müssen Entscheidungen über das Klonen von Zellen und über die Erweiterung der menschlichen Gattung durch Klonen getroffen werden. Sie betreffen nicht mehr nur den eigenen Körper, sondern die Entwicklung der Gattung und dabei nicht mehr nur die natürlichen Existenzbedingungen der Menschen, sondern die genetisch-biotischen Grundlagen von Individuen. Das erfordert weitere moralphilosophische Überlegungen zum Wesen und der Würde der Menschen. Dabei sollte sachlich darüber gestritten werden, ob es andere Wege als die Gewinnung von Stammzellen über Embryonen gibt. Manche bevorzugen die Forschung an adulten Stammzellen, die aus dem Gewebe von Menschen isoliert werden und auch zu unterschiedlichen Zelltypen heranwachsen können.

Insgesamt greift die These von der Einheit von Technologie und Ethik, vom Übergang des technischen zum ethischen Zeitalter zu kurz. Sie orientiert ungenügend auf die Komplexität technologischer und sittlicher Entwicklung in vorgegebenen oder zu gestaltenden sozialen Strukturen. Es geht deshalb um einen dem Technologiewandel entsprechenden Humanismus.

7 Grundlagen eines dem Technologiewandel adäquaten Humanismus

Der neue Humanismus hat grundlegende Werte aus dem Wesen der Menschen zu bestimmen und sie für die derzeitige Situation zu präzisieren. Dabei sind die Humanpotentiale der Wissenschaft zu fördern und ihre Gefahrenpotentiale zurückzudrängen (vgl. Götschl, Klauser 1986). Deshalb wächst auch die Bedeutung humaner Expertisen für neue Technologien. Sie brauchen jedoch Kriterien, mit denen die geforderte Humanität gemessen werden kann.

7.1 Humankriterien [2]

Woran kann man den Freiheitsgewinn als Ausdruck gewachsener Humanität in sozialen Systemen messen? Gesellschaftlicher Fortschritt ist auf jeden Fall mit einer, für das Individuum fassbaren, Erhöhung der Lebensqualität verbunden. Das Maß für die Humanität der Strukturen in sich selbst organisierenden sozialen Systemen kann nicht allein durch eine effektivere Produktion materieller Güter, durch umfassendere Bil-

2 Diese Humankriterien sind ausführlicher dargestellt und begründet in Hörz 1994, S. 210ff.

dung und allgemein durch die Ergebnisse des wissenschaftlich-technischen Fortschritt bestimmt sein. Das menschliche Wesen muss sich in ihnen entfalten können. Freiheitsgewinn ist damit an den wesentlichen menschlichen Verhaltensweisen und Forderungen zu messen, die im Laufe der Geschichte immer besser erkannt und von unterdrückten sozialen Schichten erkämpft wurden. Dazu gehören: Wie kann eine kulturell und individuell sinnvolle Tätigkeit der Menschen gewährleistet werden? Wie ist persönlichkeitsfördernde soziale Kommunikation zu gestalten? Wie kann das materielle und kulturelle Lebensniveau für alle Glieder der Gesellschaft erhöht werden? Wie wird die Entwicklung der Individualität gesichert? Welche Hilfe erhalten Behinderte und wie werden sie in die Gemeinschaft integriert? Mit diesen Fragen sind die Kriterien angesprochen, an denen Freiheitsgewinn in den sozialen Systemen zu messen wäre.

Antworten auf diese Fragen, die auf jeden Fall eine konkrete Analyse des sozialen Systems erfordern, charakterisieren die erreichte Stufe in der Humanität der Strukturen des Systems. Die Analyse zeigt Ziele, und Menschen entnehmen Zielsetzungen ihres Handelns für die Veränderung der existierenden Strukturen aus ihr, um die Bedingungen für den gewollten Freiheitsgewinn zu erweitern. Dazu werden die Potenzen ausgeschöpft, die sich aus den Mängeln der bisherigen Arbeits- und Lebensweise negativ und aus Idealen des Handelns positiv ergeben.

Eine kulturell und individuell sinnvolle Tätigkeit ist für jedes Individuum wichtig, wenn es seinem menschlichen Wesen gerecht werden will. Die Geschichte hat dazu geführt, dass Menschen bisher kaum als Einheit von Produktivkraft und Persönlichkeit existieren konnten. Als Hauptproduktivkraft leisten Menschen unter Nutzung existierender Technologien ihren direkten oder indirekten Beitrag zur effektiven Produktion materieller Güter. Als Persönlichkeiten suchen sie den ihnen entsprechenden Platz in der gesellschaftlichen Ordnung, der es ihnen gestattet, ihre Fähigkeiten zu entfalten und ihren Glücksanspruch zu verwirklichen. Individuell sinnvolle Tätigkeit bringt, trotz körperlicher und geistiger Strapazen, Freude mit sich. Kulturell sinnvoll ist jede Tätigkeit, die der Befriedigung von Bedürfnissen der Gesellschaftsglieder dient. Sind die Arbeitsinhalte der kulturell sinnvollen Tätigkeit individuell nicht sinnvoll, was in der Geschichte meist der Fall war, dann ergeben sich Hemmnisse für die freie Entfaltung der Individuen.

Die Verweigerung des Rechts auf Arbeit widerspricht der Forderung nach Freiheit. Die klassische Trennung in Arbeitszeit und Freizeit drückt die historisch entstandene

und überwindbare Spaltung in zwar kulturell sinnvolle, aber doch die Menschen deformierende, gefährliche und unwürdige gesellschaftlich geforderte Arbeit, und in individuell sinnvolle Tätigkeit, die Freude bereitet und der Reproduktion der Arbeitskraft dient, aus. Freizeit war damit erst die von Unterordnung unter unmenschliche Bedingungen freie Zeit. Sie gab den Freiheitsraum zur Gestaltung eigener Tätigkeiten. Die Forderung nach Freiheitsgewinn verlangt deshalb ein Umdenken für das Verhältnis von Arbeits- und Freizeit. Das ist mit neuen technologischen Bedingungen möglich, wenn die neuen Mittel zum Wohl der Menschen eingesetzt werden. Kulturell sinnvolle Tätigkeit sollte als individuell sinnvolle Tätigkeit angeboten werden. Die Entwicklung neuer Formen der Produktion und Konsumtion, des menschlichen Zusammenlebens, der Bildung und Betreuung bietet viele Möglichkeiten dafür.

Jonas gibt Arbeiten an, die bei der zukünftigen automatisierten Herstellung materieller Güter noch bleiben. Er nennt die Übernahme von Dienstrollen, den notwendigen Stab von Experten und die Diener reiner Grundlagenforschung. Hinzu kommen noch die immateriellen Gesellschaftsdienste und die künstlerische Betätigung. „Der weiter bestehende Unterschied von Könnern und Dilletanten, Talentierten und Untalentierten, Originellen und Banalen, Inspirierten und Schwunglosen wird auch bei diesen Tätigkeiten für eine kleine Auslese derer sorgen, die eine gesellschaftliche Funktion erfüllen, das heißt noch einem weiteren Bedürfnis als dem eigenen dienen - was der wahre Künstler tut, ohne es zu wollen.“ (Jonas 1984, S. 147) Die gewaltige Mehrheit werde jedoch, so Jonas, das Problem der Muße haben. Das könne zur Entwicklung der Steckenpferde beitragen, die aber mit der Spontaneität, wenn durch die Gesellschaft sinnvoll genutzt, den Charakter freier Tätigkeit verlieren würden. Das ist jedoch zu ergänzen. Massenproduktion entspricht keineswegs dem ästhetischen Geschmack vieler Menschen. Sie suchen nach Unikaten. Kreativität kann auf Neues und auf Unikate orientiert werden. Überhaupt ist die Besinnung auf das eigene Leben, statt der Hektik gesellschaftlicher Anforderungen zu folgen, ein wichtiger Grund für neue Bedürfnisse. Arbeit im Garten, Kochen, Gestalten, Wandern, Diskutieren sind sinnvolle Tätigkeiten für die mögliche Muße einer neuen Zeit. Auch die Ökologie wird zu einem neuen Bereich sinnvoller Tätigkeiten, die sich nicht aus den bisherigen Erfahrungen ableiten lassen. Die Hinwendung zur natürlichen Produktion der Lebensmittel erschließt andere Tätigkeiten. Viele mögliche Arbeiten, die von den Individuen als sinnvoll empfunden werden und die ihr Glück ausmachen, werden sich erst herausbilden. Damit wäre statt des von Karl Jaspers anvisierten Auswegs in die Transzendenz ein

wirklicher realisierbarer Weg zur humanen Gestaltung neuer Arbeitsinhalte gefunden. Die Utopie qualitativ neuer sinnvoller Tätigkeit durch das Gestalten von Unikaten und die Entwicklung neuer Bereiche sollte jedoch nicht die wirklichen Probleme automatisierter Produktion und industrialisierter Landwirtschaft verdecken.

Viele Menschen leben mit Hunger und Not, Arbeits- und Obdachlosigkeit, Bildungsnotstand und technischer Rückständigkeit. Sie sind zu überwinden. Dafür könnte das Ideal von den freien assoziierten Produzenten, die ihre Beziehungen zur Natur rational gestalten und sie ihrer menschlichen Würde gemäß einrichten, eine wichtige Rolle spielen. Zumindest wäre die Verwertung der Produkte nicht nach Markt, Profit und Geld zu organisieren, sondern nach Bedürfnissen zu verteilen. Es ist unmenschlich, die Produktion von Gütern aus Profitgründen an der einen Stelle einzuschränken, während die Produkte an anderen Stellen fehlen.

Persönlichkeitsfördernde Kommunikation braucht jeder Mensch, da er nicht nur ein denkendes und handelndes Wesen, sondern auch ein sozial organisiertes kommunikatives Geschöpf ist. Er nutzt Arbeitsteilung und braucht Hilfe in schwierigen Situationen. Zu seinem Wohlbefinden gehört der Dialogpartner, auch wenn gemeinsames Schweigen Verständnis für den anderen signalisiert. Jeder Mensch lebt mit Familie, Freunden und Kollegen. Er sucht Anerkennung und Liebe von Partnern, Solidarität in der Not, Hilfe bei Konflikten. Sicher ist das Bedürfnis, sich mitzuteilen, unterschiedlich ausgeprägt, aber es macht menschliches Dasein aus. Es gibt Über- und Unterforderung durch soziale Kommunikation, die Flucht aus den Zwängen bestimmter Kommunikationen und die Vereinsamung.

Neue Informationstechnologien haben die Möglichkeiten zur Kommunikation qualitativ erweitert. Das hat Vor- und Nachteile. Intelligente Systeme ersetzen den menschlichen Partner nicht, obwohl der Mensch-Maschine-Dialog zur Ersatzbefriedigung für soziale Kommunikation werden kann. Der Partner wird dann nach dem Computer beurteilt, ob er nicht redundant seine Informationen abgibt und ob er seine Problemlösungen effektiv erstellt. Die Maschinen sind kein Ersatz für Menschen und ihre Fähigkeiten. Computerspiele können die gegenständliche spielerische Betätigung als Grundlage kreativer Gestaltung nicht ersetzen. Fernsehen und Videos sollten das vertrauliche Gespräch, den persönlichen Kontakt, die Liebe, den Meinungsaustausch unter Freunden und das Familienleben nicht behindern.

Die individuell spürbare Erhöhung des Lebensniveaus für alle Glieder des sozialen Systems entspricht einer Forderung, die fast jedes moderne politische Programm so-

zialer Gestaltung der Strukturen und ihrer Umgestaltung enthält. Sie ist jedoch selten Grundlage politischer Entscheidungen. Der Anteil am gesellschaftlichen Reichtum ist in jedem sozialen System entscheidend für die Befriedigung der materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Individuen. Sie suchen deshalb mit lauteren und unlauteren Mitteln diesen Anteil zu erhöhen. Nur wenige altruistisch gesinnte Menschen, denen die Nächstenliebe über die Eigenliebe geht, sind mit dem zufrieden, was sie bekommen. Mangel dagegen führt zu egoistischen und kriminellen Formen der Aneignung materieller und kultureller Güter. Neid und Liebe wirken konkret als Triebkräfte für die Aneignung materieller Güter durch Individuen.

Die garantierte und geförderte Entwicklung der Individualität ist nur mit der Existenz und Erweiterung gesellschaftlicher Freiheitsräume zu sichern, die selbstverantwortliche Entscheidungen erzwingen, was Motivationen zum sittlichen Handeln befördert. Dabei ist Individualität genetisch-biotisch determiniert. Sie bildet sich in einer bestimmten natürlichen und gesellschaftlichen Umgebung durch die soziale Realisierung einer Möglichkeit aus dem durch die genetisch-biotischen Prädispositionen bestimmten Möglichkeitsfeld heraus. Doch sind Individuen nicht grenzenlos bildbar. Ausbildung sollte aus den vorhandenen Potenzen schöpfen. Durch soziale Erfahrungen und Einsichten prägt sich der Charakter als spezifische Form des Umgangs mit Lebensproblemen aus. Die Gesellschaft ist zur Hilfe gegenüber sozial Schwachen, Kranken und Hilflosen verpflichtet, wenn sie human sein will. Leider steht dem oft die sachliche Abhängigkeit entgegen, weil sie Menschen von der Pflicht befreit, dem Notleidenden zu helfen. Der Hinweis, Gesetz, Ordnung und Kapital verlangen es so, obwohl man es selbst nicht wolle, ist ein Argument für die Verdrängung menschlicher Liebe und gegen die Solidarität gerichtet.

Der richtige Einsatz von Individuen in gesellschaftliche Tätigkeiten, der ihren Fähigkeiten und Entwicklungspotenzen entspräche, würde soziale Experimente erfordern, in denen die Eignung geprüft werden kann. Da jeder Mensch bestimmte Fähigkeiten besitzt, bedarf es der Suche nach seinem richtigen Platz. Alle bisherigen Entscheidungsmechanismen in sozialen Systemen widersprechen diesem humanen Prinzip. Die Gesellschaft müsste die Ausbildung der Fähigkeiten, die Bewertung der Leistungen und die Suche nach dem richtigen Platz unterstützen.

Die Integration von Behinderten in die sozialen Strukturen einer soziokulturellen Identität zeigt in der Praxis, wie ein soziales System seiner Verantwortung für alle ihre Glieder gerecht wird. Die Diskriminierung von Behinderten verletzt die menschliche

Würde nicht nur der Betroffenen, sondern aller, die das dulden oder gar initiieren, weil Mitmenschen geschmäht werden. Eine Trennung in nützliche und unnütze Mitglieder der Gesellschaft oder gar in lebenswertes und lebensunwertes Leben ist einer humanen Gesellschaft nicht adäquat. Eine solche Unterscheidung, in manchen sozialen Systemen getroffen, drückt Menschenverachtung aus und ist als Antihumanismus zu bekämpfen. Behinderte brauchen spezifische Hilfe, um unter den ihnen vorgegebenen Bedingungen ihren Glücksanspruch verwirklichen zu können.

7.2 Humangebote

Die Humankriterien sind durch Humangebote zu ergänzen, die für die Gestaltung der wissenschaftlich-technischen Entwicklung von Bedeutung sind. Es sind die Gebote zur menschenwürdigen Gestaltung der Natur, zur Erhaltung der menschlichen Gattung, zur Erhöhung der Lebensqualität und zur Achtung der Menschenwürde. Sie könnten sich als interkulturelle Werte in einer Weltkultur herausbilden, die der Spezifik sozio-kultureller Identitäten nicht widerspräche.

Das Gebot zur menschenwürdigen Gestaltung der Natur[3] verlangt die Analyse ökologischer Zyklen, um Erhaltung und Gestaltung der Natur so durchführen zu können, dass die natürlichen Lebensbedingungen der Menschen nicht zerstört werden und dabei die Lebensqualität erhöht wird. Hatte der Technizismus, unterstützt von der biblischen Forderung, sich die Natur untertan zu machen, den Naturbegriff auf die vom Menschen zu beherrschende Umwelt begrenzt, die auszubeuten sei, so steht dagegen ein illusionärer Romantizismus der Naturerhaltung. Zu finden sind Effektivitätsmittel, die eine Einheit von ökonomischen und ökologischen Forderungen verwirklichen, wie kostengünstige und umweltschonende Technologien für die Urbanisierung, zur Energiegewinnung und generell zur humanen Lebensgestaltung, die auch für die armen Länder brauchbar sind, um den Raubbau an den natürlichen Ressourcen zu verhindern. Material- und energiesparende Technologien sind ebenso gefragt, wie Technologien zur Wiederverwertung von Material und Energie. Eine große Herausforderung der menschlichen Schöpferkraft besteht nach diesem Gebot darin, Eingriffe in die Natur so vorzunehmen, dass sie die Selbstorganisation ökologischer Zyklen unterstützen und nicht vernichten. Für die unerschöpfliche Natur ist die Entwicklung vernunftbegabter Menschen auf der Erde nur ein Schmutzeffekt kosmischer Evolution, der ver-

[3] Zur Naturauffassung und zum Umweltsyndrom vgl. Hörz 1988, S. 180ff.

schwinden kann; für die Menschen geht es um ihre Existenzmöglichkeiten.

Das Gebot zur Erhaltung der menschlichen Gattung fordert die Ächtung und das Verbot von Massenvernichtungswaffen, die Abwendung ökologischer Katastrophen und die Risikominimierung bei der Verwertung, der Entwicklung und dem Neueinsatz von Technologien. Menschen sind zwar in der Lage, ihre Selbstvernichtung zu organisieren, sie sollten jedoch ihre Kraft zur Selbsterhaltung einsetzen.

Das Gebot zur Erhöhung der Lebensqualität ist der Ruf nach solchen Technologien, die das Leben erleichtern, Freude an der Produktion materieller und kultureller Güter ermöglichen und Freiheitsgewinn fördern. Bisherige gesellschaftliche Ordnungen haben immer Menschengruppen aus der Befriedigung von Bedürfnissen ausgegrenzt und sie sich selbst überlassen, angewiesen auf die Solidarität anderer Betroffener. Erfolgt die allgemeine Befriedigung der Bedürfnisse nicht unter Berücksichtigung natürlicher und sozialer Ungleichheit, was bisher kaum der Fall war, wenn man bestimmte soziale Leistungen für manche Behinderte ausnimmt, dann ist als wichtiges Kriterium die Leistung entscheidend. Die angemessene Bewertung von Leistungen ist nicht nur schwierig, sondern wird durch Privilegien und Missgunst, durch Macht und Interessen, durch monetäre und bürokratische Beziehungen deformiert. In humanen Gesellschaften sollten die vorurteilsfrei bewerteten Leistungen solange die Grundlage für den Anteil am gesellschaftlichen Reichtum sein, bis die Befriedigung der Bedürfnisse nach sozialen Kriterien erfolgen kann, wobei dann der Bedarf und nicht die Leistung entscheidend wären. Das ist aber nur bei hocheffektiven produktiven Systemen in modernen Gesellschaften möglich, die, wenn sie demokratisch verfasst sind, entsprechende Sozialprogramme verwirklichen können.

Das Gebot zur Achtung der Menschenwürde hat soziale und individuelle Aspekte. Die sozialen Rechte sind mit den Humankriterien angesprochen. In den Forderungen nach einer qualitativen Demokratie zur Förderung der Autonomie und Souveränität der Individuen werden neue Aspekte der Menschenrechte verdeutlicht. Die große Industrie knechtete den Arbeiter durch Einordnung in ihre Zwänge. Frei war er, wenn es die Lebensbedingungen ermöglichten, außerhalb des Drucks durch die technischen Produktivkräfte und als Bauer durch die Naturkräfte, deren Teil er war. Der Technologiewandel wird nicht automatisch zum Freiheitsgewinn führen. Dazu bedarf es der gesellschaftlichen Aktion, des Willens vieler Individuen, um die Bedingungen für die humane Gestaltung der wissenschaftlich-technischen Entwicklung zu schaffen und den Glücksanspruch aller Individuen zu verwirklichen.

7.3 Qualitative Demokratie

Wie kann der Humanismus als Zielfunktion präzisiert werden? Betrachten wir dazu den Versuch von Johann Götschl, die Bedingungen für eine qualitative Demokratie der Zukunft zu bestimmen. Er geht in die von mir genannte Richtung, den Humanismus als Zielfunktion, Anforderungsstrategie und Bewertungskriterium unter Bedingungen des Technologiewandels weiter auszuarbeiten.

Ausgangspunkt sind für Götschl die Charakteristika des neuen evolutiven dynamischen Forschungsparadigmas des einundzwanzigsten Jahrhunderts: „1. Die Konzentration von Analysen auf die Dynamik in Natur und Kultur, 2. Die Konzentration von Analysen auf die Zusammenführung und Vernetzung kognitiver und technischer Wissenschaften, 3. Die Konzentration von Analysen auf die Erweiterung des klassischen induktiven und deduktiven Denkens um die Dimension der ‚statistischen Regel'." (Götschl 2001, S. 112f.) Im Zeitalter der Digitalisierung rücken nach dem evolutiven Ansatz Wissensprozesse und demokratische gesellschaftliche Prozesse näher aneinander: „Insbesondere auch deshalb, weil traditionelle Formen der Produktion von Wissen im allgemeinen und wissenschaftlichem Wissen im besonderen durch intelligente Maschinen weitgehend ergänzt werden, sich Kommunikation und Sozialisation zum Austausch von Information sich wesentlich beschleunigt haben und digitale Medien selbst aktiver Bestandteil unserer Wirklichkeit geworden sind. Diese evolutive Veränderung innerhalb modernen Gesellschaften konnte auf der Grundlage folgender neuer gesellschaftlicher Bedingungen vollzogen werden: verteilte Intelligenz, verteilte Kompetenz und verteilte Verantwortung." (Götschl 2001, S. 130) Damit entstehen nach Götschl Potenzen für eine qualitative Demokratie der Zukunft, „die durch einen Anstieg von Autonomie und Souveränität des Individuums gekennzeichnet ist" (Götschl 2001, S. 131). Götschl zeigt, dass Menschenrechte, Freiheit und Autonomie enger zusammenrücken, denn: „Bereits die Negation von Autonomie des Einzelnen und Verhinderung von Kreativität könnte als ein Angriff auf Menschenrechte gelesen werden, da damit der Einzelne mental paralysiert wird. Ist der Einzelne paralysiert, so verliert eine qualitative Demokratie die Grundlagen ihrer eigenen Existenz. Stärker ausgedrückt, vernichtet ein Gesellschaftssystem ihr eigenes kreatives Potential, so vernichtet es nicht nur den einzelnen, sondern auch sich selbst." (Götschl 2001, S. 132)

Sicher ist es, wenn man die derzeitigen Zustände betrachtet, Götschl sieht sie als quantitative Demokratie, die noch nicht auf die Souveränität des Einzelnen setzt, ein

weiter Weg bis zur qualitativen Demokratie. Doch ohne gegenwärtige Ideale ist Zukunft wohl kaum human zu gestalten.

8 Ausblick

Wie geht es mit der Allgemeinen Technologie weiter? Wesentlicher Bestandteil ist die weitere Ausarbeitung allgemeiner Prinzipien und Regeln zur effektiven Gestaltung vorhandener und zur Entwicklung neuer Technologien. Sie sollten präzisierbar für spezielle Bereiche und doch lehr- und lernbar sein. Ihre Praxisrelevanz erhöht sich, wenn nicht nur post festum konstatiert wird, nach welchen allgemeinen Verfahren man vorging, sondern wenn man heuristisch, d.h. erkenntnisfördernd, wirksam wird. Ein wesentlicher Teil der Arbeit könnte der Konzipierung von Technologien gelten, die das Leben der Menschen entsprechend den Humankriterien und Humangeboten erleichtern. Es geht darum, Kreativität zu fördern, Menschen als aktive Gestalter ihrer Umwelt und des eigenen Verhaltens in die Entwicklung und das Funktionieren der Technik einzubeziehen, eine neue Mensch-Natur-Beziehung aufzubauen und mehr Freiräume für gewünschte Tätigkeiten zu schaffen. Dazu bedarf es humaner Visionen über mögliche Technologien, Arbeitsinhalte und natürliche Lebensweisen. Anzustreben wäre eine qualitative Demokratie, die die Kreativität und Souveränität der Individuen fordert und fördert.

Dem humanen Ziel widersprechen derzeit Hunger, Analphabetentum und Despotie in unterentwickelten Ländern ebenso, wie Arbeitslosigkeit, Existenzangst, sozialer Abbau und neue Armut in modernen Industrieländern. Terrorismus und die militärische Lösung von Konflikten mit ihrem Leid für unschuldige Menschen, mit ihren katastrophalen ökologischen Wirkungen und der Zerstörung wertvoller Kulturgüter ist gegen die Grundinteressen der Menschheit gerichtet. Leider entspricht sie dem Machtstreben bestimmter Kreise, getarnt als Mission der Befreier. Außerdem können damit neue militärische und politische Machtmittel erprobt und eine neue Ordnung erzwungen werden. Die humane Vision soll keine Illusion sein. Sie muss die realen Bedingungen beachten und das Streben der Menschen nach Freiheit berücksichtigen. Humane Ziele setzen sich nicht im Selbstlauf durch, solange keine soziale Struktur existiert, in der die Selbstorganisation des Systems durch die Freiheit der Individuen bestimmt ist. Das Ideal des möglichen Freiheitsgewinns drückt das Streben der Menschen aus, die Existenzbedingungen humaner zu gestalten. Das Erreichen solcher

Ziele hängt von der Fähigkeit und von der Bereitschaft der Menschheit ab, sich als Handlungssubjekt zu konstituieren, um tatsächlich humane Lösungen globaler Probleme durchzusetzen. Regionale und lokale kreative Potentiale sind vorhanden. Sie speisen sich aus dem Konfliktpotenzial, das sich gegen antihumane Formen der Unterdrückung und Entfremdung aufbaut.

Die möglichen gesellschaftlichen und individuellen Potentiale für die Gestaltung humaner Strukturen sozialer Systeme und neuer Technologien brauchen Analyse, gesellschaftliche Organisation und humane Programme, um wirksam zu werden. Eine Allgemeine Technologie kann auf ihrem Gebiet wesentliche Beiträge dazu leisten, wenn sie die Einheit von Effektivität und Humanität im Blick behält.

Literatur

Banse, G. (1992): Risiko – Technik – Technisches Handeln (eine Bestandsaufnahme). Karlsruhe (Kernforschungszentrum) Karlsruhe

Banse, G. (1997): Diskussion. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 140-164

Banse, G. (1998): Die Verbindung „wahrer Grundsätze„ und „zuverlässiger Erfahrungen„. Zur Möglichkeit und Wirklichkeit Allgemeiner Technikwissenschaft nach Johann Beckmann. Cottbus (BTU Cottbus, Lehrstuhl für Technikphilosophie und Arbeitsbereich Allgemeine Technikwissenschaft) 1998, S. 8-34

Banse, G. (2001): Risiko – Technikfolgenabschätzung – Entscheidung. In: Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen e.V. (Hrsg.): Entscheidungen im Spannungsfeld von Naturprozessen und humaner Lebensgestaltung. Leipzig 2001, S. 53-74

Banse, G.; Langenbach, Chr. J. (Hrsg.) (1999): Geistiges Eigentum und Copyright im multimedialen Zeitalter. Positionen, Probleme, Perspektiven. Eine fachübergreifende Bestandsaufnahme. Bad Neuenahr (Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH) 1999

Geißler, E.; Hörz, H. E.; Hörz, H. (1980): Zu Eingriffen in das genetische Material des Menschen. Berlin (Präsidium der Urania, Sektion Biologie) 1980

Götschl, J. (2001): Charakteristika eines evolutiven dynamischen Wissenschaftsbegriffes. Alexander von Humboldt als Vorläufer einer evolutiven Modellierung der Wissenschaftsentwicklung. In: Ette, O.; Hermanns, U.; Scherer, B. M.; Suckow, Chr. (Hrsg.): Alexander von Hum-

boldt – Aufbruch in die Moderne. Berlin 2001, S. 111-136
Götschl, J.; Klauser, Chr. (1986): Herausforderungen an der Jahrtausendwende. Wien 1986
Habermas, J. (1989): Die postnationale Konstellation. Frankfurt a.M. 1989
Habermas, J. (2001): Zeit der Übergänge. Frankfurt a.M. 2001
Hörz, H. (1976): Mensch contra Materie? Berlin 1976
Hörz, H. (1980): Nachwort. In: Lem, St.: Summa technologiae. Berlin 1980, S. 613-628
Hörz, H. (1983): Die Rolle der Wissenschaftlerpersönlichkeit im interdisziplinären Prozeß. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 31 (1983), H. 5, S. 590-603
Hörz, H. (1986): Philosophische Aspekte der Entwicklung von Technik und Technologie. Berlin 1986 (Sitzungsberichte der AdW der DDR, H. 8G/1985)
Hörz, H. (1988): Wissenschaft als Prozeß. Berlin 1988
Hörz, H. (1994): Selbstorganisation sozialer Systeme. Ein Verhaltensmodell zum Freiheitsgewinn. Münster 1994
Hörz, H. (1996): Reflections on a Philosophical Notion of Information. In: Kornwachs, K.; Jacoby, K. (Eds.): Information. New Questions to a Multidisciplinary Concept. Berlin 1996, pp. 245-257
Hörz, H. (1999): Wissenschaft als Aufklärung? - Von der Postmoderne zur Neomoderne -. Berlin 1999 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 28, H. 1)
Hörz, H. (2001): Humane Entscheidungen – Grundlagen, Bedingungen, Bewertung –. In: Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen e.V. (Hrsg.): Entscheidungen im Spannungsfeld von Naturprozessen und humaner Lebensgestaltung. Leipzig 2001, S. 7-34
Hörz, H.; Seidel, D. (1984): Humanität und Effektivität – zwei Seiten der wissenschaftlich-technischen Revolution? Berlin 1984
Huntington, S. P. (1996): Kampf der Kulturen. Die Neugestaltung der Weltpolitik im 21. Jahrhundert. München, Wien 1996
Jaspers, K. (1962): Über Bedingungen und Möglichkeiten eines neuen Humanismus. Stuttgart 1962
Jonas, H. (1984): Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Frankfurt a.M. 1984
Kant, I. (1944): Kritik der reinen Vernunft (1781). Leipzig 1944
Kantemir, A. D. (1983): Im Chaos aber blüht der Geist. Leipzig 1983
Lem, St. (1980): Summa technologiae. Berlin 1980
Lem, St. (2001): Riskante Konzepte. Frankfurt a.M. 2001
Plivier, Th. (1998): Berlin (1954). Augsburg 1998

Provaznik, St.; Machleidt, P. (1998): Technologiefolgenbeurteilung in der Tschechischen Republik. In: Banse, G. (Hrsg.): Technologiefolgenbeurteilung und Wissenschaftsethik in Ländern Ostmitteleuropas. T. II. Bad Neuenahr (Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH) 1998, S. 89-145

Ropohl, G. (1991): Über die Unvermeidlichkeit der technologischen Aufklärung. In: Ropohl, G.: Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie. Frankfurt a.M. 1991, S. 31-50

VDI (1991): VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen". März 1991

Wilmut, J.; Campbell, K.; Tudge, C. (2001): Dolly. Der Aufbruch ins biotechnische Zeitalter. München u.a. 2001

Zum Bedeutungsfeld des Terminus „Allgemeine Technologie“

Hubert Laitko

Der Gedanke, die technische Welt, die die menschliche Lebenswelt durchdringt und dennoch als eine relativ eigenständige Sphäre für sich beschreibbar ist, in ihrer ganzen enormen Vielgestaltigkeit und Dynamik nach ihrem inneren Zusammenhang zu befragen, ist faszinierend. Existiert in dieser Vielfalt ein Allgemeines, das in einer eigenen wissenschaftlichen Theorie entfaltet werden kann, oder ist jener Zusammenhang von solcher Art, dass er lediglich in der technikphilosophischen Reflexion erhellt wird, aber eine besondere (außerphilosophische) Theorie nicht hergibt? Das Programm einer Allgemeinen Technologie geht ersichtlich von der ersteren Annahme aus, und das erscheint vernünftig: Erfolg oder Misserfolg des Programms werden darüber entscheiden, ob die vorausgesetzte Annahme zutreffend ist oder nicht, aber zunächst muss alles daran gesetzt werden, dieses Programm zu entwickeln und zu realisieren. Vorab-Kritiken können von Nutzen sein, sofern sie auf mögliche Fallstricke und Inkonsequenzen aufmerksam machen und auf Übersehenes hinweisen, aber sie können nicht als Schiedsrichter darüber fungieren, ob man ein solches Programm überhaupt verfolgen sollte. Sowohl aufgrund der Vielfalt von Technik und der Diversität ihrer wissenschaftlichen Fundamente als auch aufgrund der Komplexität des vorgestellten Programms, das die Genese-, Funktions- und Wirkungszusammenhänge von Technik samt ihren unbeabsichtigten Neben- und Spätfolgen sowie die Bewertung ihrer Zwecke, Effekte und Folgen einschließt, haben zahlreiche Disziplinen der Sache nach einen Bezug dazu. Eine Institution mit einer so weitgefächerten Multidisziplinarität wie die Leibniz-Sozietät ist daher hervorragend geeignet, ein Programm dieser Art in ihre Agenda aufzunehmen.

In der Frühphase solcher Bemühungen ist es angezeigt, den verwendeten Grundbegriffen erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken, weil von deren Verständnis maßgeblich abhängt, in welchen Richtungen sich das Programm entwickeln wird. Auffällig ist dabei eine nichtexplizierte Dualität im Gebrauch des Terminus „Technologie“. In der Prägung „Allgemeine Technologie“ steht er für ein angestrebtes oder werdendes Wissenschaftsgebiet, das den inneren Zusammenhang der Technikſphäre einschließlich

ihrer Einbettung in das Sozium zum Gegenstand hat; möglicherweise könnte man ohne Bedeutungsverlust dafür auch den Ausdruck „Allgemeine Technikwissenschaft“ verwenden. Andererseits figuriert „Technologie“ aber nicht nur als Bezeichnung für eine Lehre von der Technik, sondern auch als eine Bezeichnung für objektive technische Phänomene. Letzteres ist der Fall, wenn etwa von „Technologiewandel“ oder von „Technologiebewertung“ die Rede ist; in diesen Zusammenhängen geht es ja nicht darum, dass sich die Lehre von der Technik verändert oder dass der Zustand dieser Lehre bewertet wird. In besonderem Maße tritt diese Objektbedeutung dann in den Vordergrund, wenn der Terminus „Technologie“ im Plural verwendet wird; sobald von Technologien gesprochen wird, assoziiert man damit gewiss nicht unterschiedliche Gestalten eines Wissenschaftsgebietes.

Die einfachste Antwort auf diese Schwierigkeit wäre die Annahme, das Wort „Technologie“ träte in zwei wohlunterschiedenen, aber aufeinander bezogenen Bedeutungen auf: „Technologie (1)“ würde dann den Erkenntnisgegenstand bedeuten, mit dem sich die Disziplin „Technologie (2)“ beschäftigt. Diese Art von Doppeldeutigkeit kommt in der Wissenschaftssprache nicht selten vor. Sie bringt keine Verwirrung, weil sie ohne weiteres zu durchschauen ist. So bezeichnen zwar die Substantive „Physik“, „Chemie“ und „Biologie“ eindeutig Wissenschaftsgebiete, aber die zugehörigen Adjektive werden sowohl in Bezug auf diese Gebiete als auch in Bezug auf deren Objektbereiche verwendet. Bezüglich der Objekte spricht man von physikalischen Prozessen, chemischen Verbindungen oder biologischen Systemen, bezüglich der Wissenschaftsgebiete von physikalischen Theorien, chemischen Gleichungen oder biologischen Begriffen. Ähnlich schlicht und unproblematisch verhielte es sich aber mit „Technologie“ nur dann, wenn „Technik“ und „Technologie“ synonym wären. Der gängige Sprachgebrauch scheint aber eine solche Identifizierung nicht ohne weiteres herzugeben. Noch komplizierter wird es, sobald man den deutschen Sprachraum verlässt und beispielsweise im Englischen das Bedeutungsfeld der Termini „technics“, „technique“ und „technology“ auszuloten versucht. Wenn es sich hingegen so verhielte, dass „Technologie (1)“ nur eine Teilklasse der technischen Phänomene bedeutet, die (allgemeine) „Technologie (2)“ aber auf die Gesamtheit der Objekte dieser Sphäre bezogen ist, dann wäre die Verwirrung komplett und eine Revision des Sprachgebrauchs anzuraten.

Vielfach – in einer Manier, die bis auf Beckmann zurückverfolgt werden kann – verwendet man „Technologie (1)“ für den prozessualen Aspekt von Technik, für die

Verfahren, etwas zu produzieren oder zu bewirken, mit ihrer Folge von Stufen und ihrer temporalen Struktur. Die Begriffsbildung der chemischen Technologie mit ihren „unit operations“ und „unit processes“ ist typisch für diese Betrachtungsweise. Aber bereits das, was – lange vor Beckmann – mit dem Aufkommen der neuzeitlichen Naturwissenschaft als „experimentelle Methode“ Gestalt gewann, war in diesem Sinne eine Gesamtheit von Technologien, also von normierten Verfahren unter Einsatz technischer Mittel, nur eben nicht zum Zweck der Erzeugung praktikabler Gebrauchsgegenstände, sondern zum Zweck der Gewinnung von Erkenntnis. Unter Voraussetzung eines sehr engen Technikbegriffs, der unter Technik allein die Artefakte, die „Realtechnik“ versteht, könnte man sich eine Komplementarität der Begriffe „Technik“ und „Technologie (1)“ vorstellen, derart, dass der erstere für den gegenständlichen, der letztere für den prozessualen Aspekt der technischen Welt steht. Aber abgesehen davon, dass dann wiederum ein übergeordneter Begriff für beide fehlte (oder, noch verwirrender, „Technik“ einmal das Ganze und dann wieder nur einen Aspekt dieses Ganzen bedeutete), hat der Technikbe-griff im Bewusstsein der Wissenschaftler und Praktiker eine solche Karriere in Richtung wachsender Komplexität durchlaufen, dass er heute Sachen und Verfahren, Genese, Nutzung und Folgen umfasst. Wenn „Technologie (1)“ die hier erörterte speziellere Bedeutung im Sinne von Verfahren beigelegt würde, dann wäre die Gesamtheit der Technologien nicht das Komplement von Technik, sondern einer ihrer Teilaspekte. Damit wäre allerdings die Symmetrie zwischen den Begriffen „Technologie (2)“ (in dem Sinne, wie er in dem hier vorgestellten Programm einer Allgemeinen Technologie gemeint ist) und „Technologie (1)“ verletzt, weil der letztere lediglich einen Teil der Domäne des ersteren bedeuten würde.

Das hier Erörterte kann leicht als ein bloßes Spiel mit Worten wahrgenommen werden. Dahinter verbirgt sich aber die Divergenz zweier theoretischer Pfade, die allerdings nicht zur Auswahl stehen, sondern jeder für sich eine sinnvolle kognitive Perspektive bieten. Der eine ist das Programm der Allgemeinen Technologie, wie es von Gerhard Banse erörtert wird. Den paradigmatischen Kern dieses Programms bildet die im Abschnitt 4 seines Aufsatzes dargelegte Folge von Komplexitätsstufen des Technikverständnisses (Realtechnik/Artefakt – Mensch-Maschine-System – soziotechnisches System – Kulturprodukt); von Stufe zu Stufe werden immer umfassendere Zusammenhänge berücksichtigt, aber der Bezug auf die Realtechnik bleibt durchgehend erhalten (vgl. Banse 2002). Das konstitutive Prinzip des zweiten Pfades ist die Abstraktion des Verfahrensaspekts. Hier geht die Richtung der Verallgemeinerung über

die Beschränkung auf Artefakte hinaus, wenn beispielsweise lebende Organismen als Mittel fungieren, die in (Produktions)verfahren eingesetzt werden. Die schnelle Einbürgerung des Begriffs der Biotechnologie zeigt, dass eine solche Ausweitung des Technologiekonzepts als etwas ganz Natürliches aufgefasst wird. Der Gang der Verallgemeinerung muss hier noch nicht enden: Genormte Verfahren, die in den unterschiedlichsten Bereichen des menschlichen Lebens eingesetzt werden, haben grundsätzliche Strukturähnlichkeiten mit den Prozessabläufen in maschinellen Produktionssystemen. Verwaltungsprozeduren, wie sie von Bürokratien in Fülle hervorgebracht werden, sind oftmals nicht weniger normiert als die Verfahren zur Herstellung von Schwefelsäure. Zudem pflegen sie seit der universellen Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnik auch notwendig mit technischen Artefakten im genuinen Sinn dieses Begriffs ausgestattet zu sein.

Kurzum: Auf dem ersten Pfad hätte eine „Allgemeine Technologie“ den Zuschnitt einer allgemeinen Technikwissenschaft, wie es der Darstellung von Gerhard Banse entspricht; auf dem zweiten Pfad hätte sie den Charakter einer allgemeinen Verfahrenslehre, also ein querschnittswissenschaftliches Profil. Beide Pfade sind definitiv unterschiedlich, aber beide sind sinnvoll zu beschreiten. Wird dieser Unterschied in der Sache anerkannt, dann ist die Art und Weise der Verfügung über die Termini sekundär und kann letztlich per Konvention geregelt werden.

Literatur

Banse, G. (2002): Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. In diesem Band

Bei ethischen Herausforderungen die Vergangenheit nicht vergessen!

Wolfgang Eichhorn

Herbert Hörz ist auch auf *ethische* Aspekte der Technologieproblematik eingegangen (vgl. Hörz 2002). Dabei wurde deutlich, dass ethische Fragen nicht mehr nur Sache philosophischer Spezialisten oder weihevoller Predigten sein können. Franz Pischinger sprach auf der interakademischen Konferenz in Münchener im Februar 2001 von der Notwendigkeit, das Wissen aus Natur-, technischen, medizinischen und Geisteswissenschaften unter Einschluss der Ethik zusammenzuführen, sie aktiv in das Finden richtiger Entscheidungen der sich entwickelnden Wissensgesellschaft einzubinden. Er ließ dabei auch durchblicken, dass dieses Anliegen eine politikkritische Position einschließen muss, jedenfalls bemerkte er, die heutige zivile Gesellschaft verstehe leider so gut wie nichts von Wissenschaft und Philosophie (vgl. Pischinger 2001). Das ist ein hartes, aber zumindest in Bezug auf die heute vorherrschenden Politik, die sich ja als Repräsentant und Deutungsmacht der zivilen Gesellschaft versteht, weithin gerechtes Urteil.

Weiter ist deutlich geworden, dass es auch in ethischer Hinsicht neuer Fragestellungen und Lösungen bedarf. Im letzten halben Jahrhundert, haben sich die „lebensweltlichen“ Umstände völlig verändert. Es bedarf heute neuer Überlegungen, die zugeschnitten sind auf die vielseitige Entwicklung menschlicher Individualität und Selbstbestimmung in sozial gerechten demokratischen Strukturen angesichts einer ungeheuer dynamischen Welt, die durch die rasche Zunahme wissenschaftlicher Kenntnisse und Verfahren, durch schnell wachsende und sich wandelnde Verflechtungen, durch das Ausmaß produktiv wie destruktiv einsetzbarer Potentiale, durch die extreme Verwundbarkeit und Fragilität der modernen Zivilisation gekennzeichnet ist. Die herkömmlichen Moralanschauungen und -maßstäbe genügen nicht mehr. Aber sie sind dieserhalb nicht obsolet geworden, und darüber möchte ich ein paar Worte verlieren. Denn auch hier können die Zukunftsprobleme, die so viel Imponderabilien in sich bergen, mit dem erforderlichen Minimum an Sicherheit und Überblick nur angegangen werden, wenn man sich des Bewusstseins für das widerspruchsvolle geschichtliche Gewordensein der Gegenwart und folglich für das Fortwirken der ideengeschichtlichen Vergangenheit versichert.

Da müssen nach meiner Meinung zwei Aspekte gesehen werden, die gegensätzlich zueinander stehen. Moralischen Ansichten, Wertungen, Denk- und Verhaltensmustern ist nämlich – oft durch die auf diesem Gebiet beliebte Verklärung verstellt – etwas recht Unangenehmes und doch theoretisch Interessantes eigen: Sie vermögen einerseits Träger wirksamer humaner Lebenskonzepte und Entscheidungsprinzipien zu sein, andererseits aber vermögen sie enorme Potentiale der Täuschung, der Verblendung, der Heuchelei, der Lüge hervorzubringen.

Moralische Ansichten und Werte werden nicht willkürlich ausgedacht. Sie entspringen weder dem befehlenden Wort Gottes, wie seinerzeit der Legende nach auf dem Sinai, oder dem Denken a priori wie bei Kant. Die Menschen produzieren ihre moralischen Ansichten und Normen selbst unter dem Einfluss ihrer Lebensbedingungen und der daraus entspringenden Interessen, Absichten, Wünschen, Vorstellungen und unter dem Einfluss kultureller Traditionen der unterschiedlichsten Art. Daher zeichnet sich in der Retrospektive auch auf diesem Gebiet eine geschichtliche Entwicklung ab.

Man könnte drei Schichten der moralischen Bewusstwerdung der Menschheit unterscheiden. Ich nenne als erstes jene einfachen Regeln, wie man sie in den mosaischen Geboten oder in der Bergpredigt und eigentlich in allen Kulturkreisen findet. Sie drücken die elementaren, ganz verschiedene geschichtliche Epochen übergreifende Erfordernisse eines gedeihlichen Zusammenlebens und -wirkens der Menschen aus. Als zweites können die Ideale der liberalen Menschen- und Bürgerrechte, der staatsrechtlich gesicherten Autonomie der menschlichen Person als Staatsbürger genannt werden. Es handelt sich um emanzipatorischen Denkinstrumente, die die Befreiung der Menschen von den Fesseln patriarchalischer, altorientalischer, serviler, leibeigenschaftlicher Abhängigkeitsverhältnisse ausdrückten und denen die bürgerliche Revolution Bahn brach. Sie fanden ihren allgemeinsten – allerdings auch dem Realleben am weitesten entrückten – Ausdruck in Kants kategorischem Imperativ. Als drittes schließlich verweise ich auf das, was Jörn Rüsen, ein idealistischer Geschichtstheoretiker, unlängst als „Standards sozialer Sicherung menschenwürdiger Existenzbedingungen, die vor allem durch die Arbeiterbewegung errungen wurden“ (Rüsen 2000, S. 178) bezeichnete und von denen er sagte, sie seien – zusammen mit den Grundsätzen menschen- und bürgerrechtlicher Regelung politischer Herrschaft – zu bewahren und zu erneuern und mit den Globalisierungsprozessen zu einer einzigen Zukunftsperspektive zu verschmelzen. Diese Prinzipien der sozialen Befreiung und Existenzsiche-

rung bildeten sich bereits im Schoße der bürgerlich-demokratischen Emanzipationsbestrebungen aus, und sie wurden durch die organisierte Arbeiterbewegung präzisiert und weiterentwickelt. Sie zielen auf die Schaffung der gesellschaftlichen Voraussetzungen und der inneren Triebkräfte für die Entfaltung der individuellen Vielfalt der Menschen, basierend auf der Entwicklung ihrer produktiven Kräfte als ihres gesellschaftlichen Reichtums – und dies aber überall in der Welt und nicht nur auf den paar Wohlstandsinseln. Vorerst hat das Debakel der staatssozialistischen Systeme leider gewisse Tendenzen einer Desavouierung dieser Prinzipien möglich gemacht. Umso mehr ist es angebracht, sie hervorzuheben, denn sie gehören in das reiche Reservoir axiologischer Prinzipien, die auch heute als Werte des Denkens und Entscheidens eingebracht werden müssen.

Vergessen wir aber nicht die bereits erwähnte, üble und hässliche Gegenseite. Die Geschichte der ethischen Konzepte und Moralanschauungen war nicht nur die Geschichte von Lebensmustern, die auch heute in humane Regelungen integrierbar sind und integriert werden müssen, sie war auch immer eine Geschichte der in Gestalt von Moralideen und –codices auftretenden Verklärung, Verdummung und Lüge. Und dem sollte zumindest dort, wo die Wissenschaft am Werke ist und wo wissenschaftlich und verantwortlich gedacht wird über die Gestaltung der Welt, der Weg verbaut werden. Das ist ja brandaktuell. Denken wir nur daran, was alles heutzutage im Namen des Guten und des Kampfes gegen das Böse auftritt. Summiert man die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte, so kommt man zur Annahme, dass die politisch-moralische Verlogenheit, die offenbar mit jeder Art von Machtpolitik verschwistert ist, der Menschheit künftig schwer schaden kann.

Literatur

Hörz, H. (2002): Technologien zwischen Effektivität und Humanität. In diesem Band

Pischinger, F. (2001): Die Antworten der Akademien auf die Herausforderungen in den Technik- und Naturwissenschaften. In: Union der deutschen Akademien der Wissenschaften/Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Die deutschen Akademien der Wissenschaften: Aufgaben, Herausforderungen, Perspektiven. Stuttgart 2001, S. 140-141

Rüsen, J. (2000): Die Zukunft der Vergangenheit. In: Jordan, St. (Hrsg.): Zukunft der Geschichte. Historisches Denken an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. Berlin 2000, S. 173-182

Ansätze zur Entwicklung einer Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung

Ernst-Otto Reher

1 Einführung

Die Allgemeine Technologie ist eine Utopie, der wir uns stets annähern. Sie bleibt aber eine Utopie (vgl. Jobst 1997, S. 145). Jede Verallgemeinerung in der Technologie ist ein Meilenstein in Richtung der Gestaltung einer Allgemeinen Technologie im Beckmannschen Sinne. Somit sollte die Herausarbeitung einer Allgemeinen Theorie (Methodik) der stoffwandelnden Prozesse als ein Beitrag dazu gesehen werden (siehe Abbildung 1)

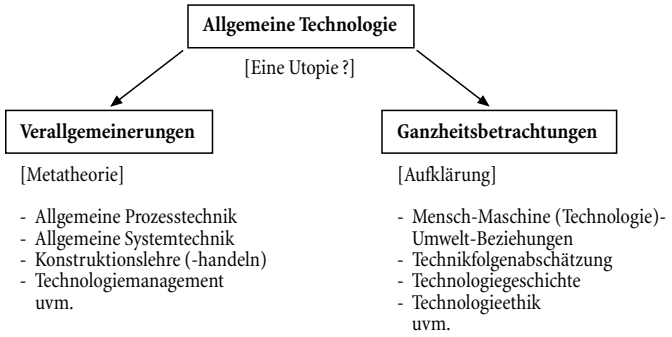

Abbildung 1: Elemente zur Ausgestaltung einer Allgemeinen Technologie

Die in Abbildung 1 dargestellten Beiträge zur Allgemeinen Technologie haben eigenständige Bedeutung und bedürfen nicht unbedingt einer Subsummierung unter die Allgemeine Technologie.

Verallgemeinerungen haben nach vorheriger Differenzierungen stets stattgefunden, so dass sich die methodenorientierten ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen der Stoffwandlung, die Verfahrenstechnik, die Fertigungstechnik und die Verarbeitungstechnik, herausbildeten (siehe Abbildung 2 – vgl. Reher, Banse).

Innerhalb dieser Disziplinen erfolgte dann die hierarchische Problembearbeitung auf den Ebenen „Prozess“ und „System“ (vgl. Autorenkollektiv 1977, 1979). Auf der

Hierarchieebene „Prozess“ lassen sich Beiträge zum szientifischen Paradigma, und auf der Hierarchieebene „System“ lassen sich Beiträge zum technologischen Paradigma entwickeln. Ein Beispiel auf der Ebene „Prozess“ ist in Tabelle 1 dargestellt.

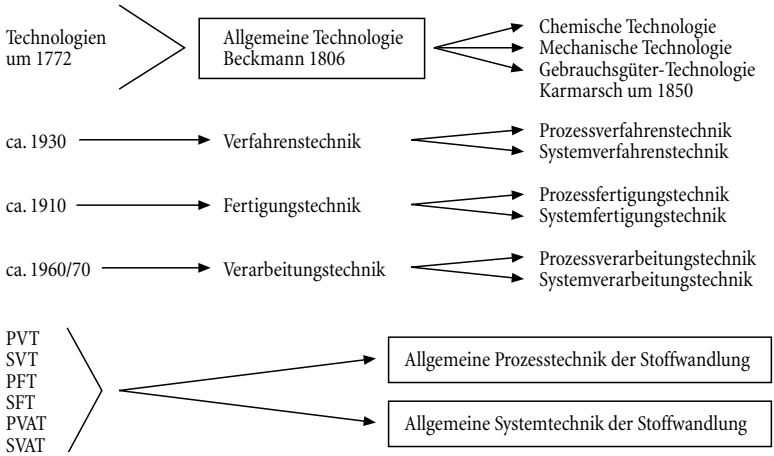

Abbildung 2: Wesentliche Entwicklungsetappen der Stoffwandlungstechnik

Diese Beispiele der PVT, PVAT und PFT lassen das Konzept der Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung sofort erkennen (wenn die Prozessgleichungen formuliert sind, die die mathematischen Modelle ergeben), das genutzt und ausformuliert werden soll und zu einer Theorie (Methodik) stoffwandelnder Prozesse führen kann (vgl. Reher, Banse 2002). Unterschiede in den mathematischen Modellen treten in den Materialgesetzen der zu verarbeitenden Stoffe sowie in den Randbedingungen und in den Restriktionen auf.

Tabelle 1: Beispiele für prozesstechnische Problemlösungen

Prozessverfahrenstechnik	**Prozessverarbeitungstechnik**	**Prozessfertigungstechnik**
Transportvorgänge an fluiden Filmen, umströmten Körpern uvm.	Transportvorgänge im Walzenspalt uvm.	Transportvorgänge beim Spanen uvm.

2 Historischer Abriss zu technologischen Verallgemeinerungen

Als Erster trat Johann Beckmann mit der speziellen und allgemeinen Technologie in Erscheinung (siehe Abbildung 2). Hierbei handelte es sich um qualitative Darstellungen und Verallgemeinerungen (vgl. Beckmann 1780, 1806). Später bildeten sich die chemische Technologie und die mechanische Technologie als eigenständige Linien heraus. Karl Karmarsch vollzog diese Trennung (vgl. Karmarsch 1851). Auf der Basis der chemischen Technologie bildete sich die Verfahrenstechnik heraus, und auf der Basisder mechanischen Technologie die Fertigungstechnik. Die Verarbeitungstechnik erfasste die Gebrauchsgütertechnologien und bildete sich erst später heraus (vgl. Autorenkollektiv 1978).

Innerhalb der Ingenieurdisziplinen Verfahrenstechnik, Fertigungstechnik und Verarbeitungstechnik wurden Verallgemeinerungen im Rahmen der technologischen Grundoperationen bzw. Prozessgruppen realisiert. Die Mechanik und die Grundlagen des Impuls-, Wärme- und Stoffüberganges, die Systemtechnik lieferten hierzu die Voraussetzungen. Aber auch außerhalb der Verfahrenstechnik, Fertigungstechnik und Verarbeitungstechnik gab es Bestrebungen, den Schulterschluss zu benachbarten Ingenieurdisziplinen zu suchen. Beispiele sind die Verfahrenstechnik und die Verarbeitungstechnik, aber auch die Verfahrenstechnik und die Energietechnik, die Fertigungstechnik und die Verarbeitungstechnik. Die Basis für derartige partielle Integrationen der Prozesstechniken der Stoffwandlung war die einheitliche Methodik in der Modellierung, Simulation und Optimierung der Prozesselemente. Anhand der vorzugsweise angewendeten Bilanzgleichungen soll das verdeutlicht werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Anwendung der Bilanzgleichungen in der Stoffwandlungstechnik

Bilanzgleichungen	**FT**	**VAT**	**VT**	**En.T**
Impulsbilanz	notwendig	notwendig	vernachlässigbar in vielen Fällen	vernachlässigbar in vielen Fällen
Mengenbilanz	notwendig	notwendig	notwendig	notwendig
Wärmebilanz	notwendig	notwendig	notwendig	notwendig
Stoffbilanz	vernachlässigbar in vielen Fällen	vernachlässigbar in vielen Fällen	notwendig	notwendig

Mit der Entwicklung der Informationstechnologie und der hierarchischen Problembearbeitung in der Stoffwandlungstechnik ist es möglich geworden, den Integrationsprozess der Ingenieurwissenschaften der Stoffwandlungstechnik fortzusetzen und die Herausbildung einer Allgemeinen Theorie (Methodik) der stoffwandelnden Prozesse voranzubringen. Diese deduktive Vorgehensweise ist der induktiven überlegen und schließt voreilige Vernachlässigungen aus. Die Informationstechnologie ermöglicht heute die komplexe Analyse. Früher war es notwendig die Ausgangsgleichungen für die Modellierung und Simulation soweit als möglich zu reduzieren, um sie noch effektiv lösen zu können. Oft wurden dadurch aber nicht unwesentliche Effekte vernachlässigt und somit nicht erkannt, z.B. Produktschädigungen in Reaktions- und Verarbeitungsräumen bei Vernachlässigung der Impulsbilanz (Annahme idealer Durchmischung, Verdrängung) Vernachlässigung der Schererwärmung usw.

Die Allgemeine Prozesstechnik geht immer von dem allgemeinen Fall aus und analysiert alle Bilanzgleichungen und baut darauf die Berechnungsmodule auf, um allgemeine Lösungen bereitzustellen, die dann den konkreten Gegebenheiten angepasst werden können.

3 Zur Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung

Das Kernstück der Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung ist die Modellierung, Simulation und Optimierung der Prozesselemente der Stoffwandlung sowie die Prozesselementegestaltung unter Beachtung entsprechender Restriktionen (siehe Abbildung 3).

3.1 Dekomposition der Prozesseinheiten zu Teilprozessen, Wirkpaarungen, Mikroprozessen (Fraktalen)

Sehr viele Prozesseinheiten der Stoffwandlungstechnik sind sowohl in der Fertigungstechnik (Metallverarbeitung), der Verarbeitungstechnik (Nichtmetallverarbeitung) alsauch in der Verfahrenstechnik (Flüssigkeiten und Gase) anzutreffen. Eine kleine Auswahl ist in Tabelle 3 aufgezählt.

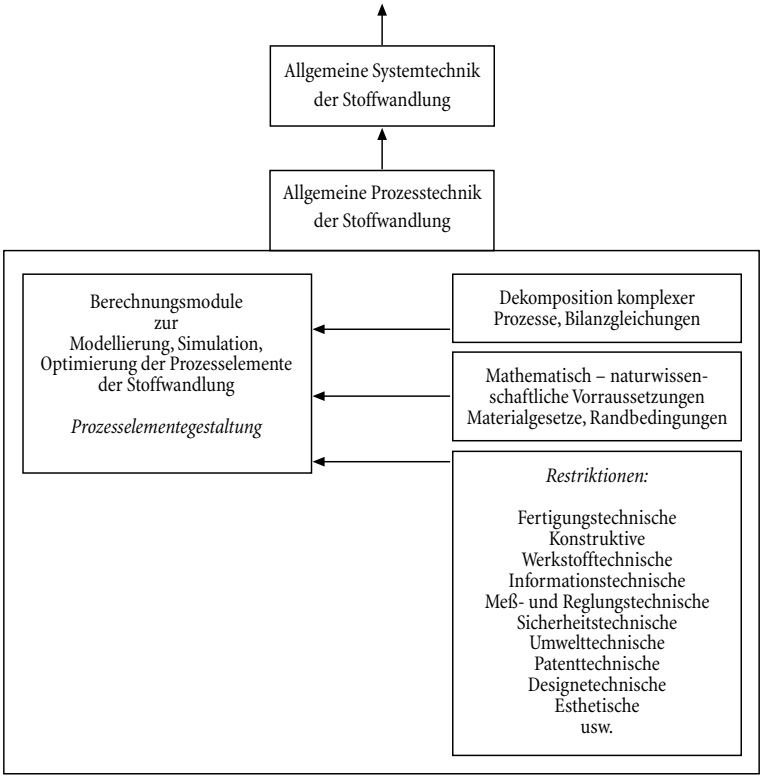

Abbildung 3: Wesentliche Bestandteile der Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung

Tabelle 3: Auswahl technologischer Prozesseinheiten (Makroprozesse)

Prozesseinheit	**Materialien (Auswahl)**
Walzen	Metalle, Kunststoffe, Keramiken, Farben, Gläser
Extrudieren	Metalle, Kunststoffe, Keramiken, Lebensmittel, Gläser
Spritzgießen	Metalle, Kunststoffe, Keramiken, Gläser
Sintern	Metalle, Kunststoffe, Gläser, Keramiken
Schneiden	Kunststoffe, Lebensmittel, Keramiken, Papier, Pappe, Leder
Spanabheben	Metalle, Holz, Erde, Kunststoffe
Fädenziehen	Metalle, Kunststoffe, Seide, Glas, Keramiken
Schweißen	Metalle, Kunststoffe
Versprühen	Metalle, Kunststoffe, Lebensmittel, Pigmente
Kleben	Metalle, Kunststoffe, Gläser, Keramiken, Textilien
Beschichten	Metalle, Kunststoffe, Gläser, Keramiken, Papier, Leder, Textilien
Schmelzen	Metalle, Kunststoffe, Gläser, Keramiken, Lebensmittel

Die Tabelle 3 könnte noch weiter geführt werden. Natürlich gibt es auch sehr spezielle Prozesseinheiten, die nur auf eine technologische Disziplin bezogen sind. In dieser Bearbeitungsphase sollten die Spezialitäten ausgeklammert werden.

Die Dekomposition der Prozesseinheiten kann bis zu dem Niveau durchgeführt werden, wo die differentiellen Erhaltungssätze für den Impuls, die Menge und die Energie ihre Gültigkeit besitzen (siehe Abbildung 4).

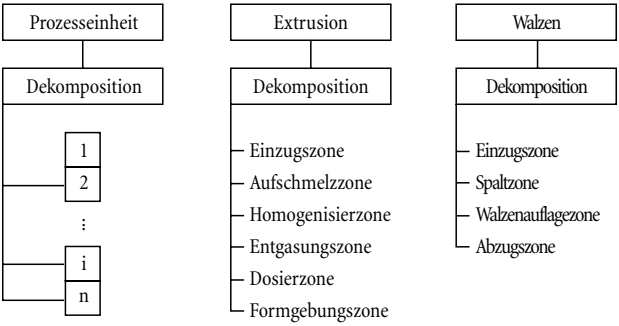

Abbildung 4: Dekomposition der Prozesseinheiten in Teilprozesse

Die Prozesse in den Bilanzräumen, in den Prozesseinheiten (Mikroprozesse, Wirkpaarung, Elementprozess, Prozesszone) werden in der Regel durch die Bilanzgleichungen in differentieller Form beschrieben:

die Menge: $$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0$$

der Impuls: $$\rho \frac{dv_i}{dt} - \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} = \rho f_i$$

die innere Energie: $$\rho \frac{du}{dt} + \frac{\partial q_i}{\partial x_i} = \sigma_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \rho r$$

Im Falle von Stoffumwandlungsprozessen (Reaktionen) sind die Bilanzgleichungen noch zu erweitern (vgl. Autorenkollektiv 1979). Zur Komplettierung der Bilanzgleichungen sind die Materialfunktionen für σ_{ij}, U und q_i erforderlich.

3.2 Materialgleichungen

Die Erfahrung zeigt, dass im Allgemeinen sowohl die Spannung (σ_{ij}) als auch der Wärmefluss (q_i) und die innere Energie (U) von der Dichte (ρ), der Bewegung (v) und der Temperatur (T) abhängig sind, und zwar in materialabhängiger Art und Weise.

Man nimmt an, dass die Materialgrößen σ_{ij}, q_i und U eines materiellen Punktes zur Zeit t abhängen mögen von der Geschichte der Feldgrößen ρ, x_i und T dieser materiellen Punkte sowie von der Geschichte der Bewegung und der Temperatur der unmittelbaren Umgebung.

Falls die dargestellten Materialfunktionale $\sum_{ij}$, Q_i und U

$$\sigma_{ij}(x_A, t) = \sum_{s=0}^{\infty}{}_{ij}\,[\rho\,(x_{A,}\,t - s), x_i(-), F_{iA}(-), T(-), g_A(-)]$$

$$q_i(x_A, t) = \underset{s=0}{\overset{\infty}{Q_i}}\,[\rho\,(x_{A,}\,t - s), x_i(-), F_{iA}(-), T(-), g_A(-)]$$

$$u(x_A, t) = \underset{s=0}{\overset{\infty}{U}}\,[\rho\,(x_{A,}\,t - s), x_i(-), F_{iA}(-), T(-), g_A(-)]$$

bekannt wären (vgl. Achenbach, Streit 2001), so kämen wir im Prinzip in die Lage, die zusätzlichen Felder in den Bilanzgleichungen zu eliminieren und sie durch die gesuchten Felder der Dichte, der Bewegung und der Temperatur auszudrücken. Hierbei gilt:

$$F_{i,A} = \frac{\partial x_i(x_{A,t})}{\partial x_A}$$

$$g_A = \frac{\partial T}{\partial x_{i,A}}$$

f_i und r sind gegeben in dem Falle. Andere Vorgaben sind auch möglich (z.B. die Dichte, und dann kann f_i ermittelt werden).

Die Rheologie bemüht sich, für den Spannungstensor σ_{ij} materialadäquate Materialgleichungen auf der Basis der Kontinuumsmechanik, der statistischen Mechanik und der Thermodynamik zu entwickeln (vgl. Doi, Edwards 1986; Ferry 1970; Giesekus 1994; Vinogradov, Malkin 1980; Tschoegl 1989; Walters 1975).

3.3 In der Praxis zur Zeit verwendete Materialfunktionen

Leider sind wir bis heute nicht in der Lage, die Form der Materialfunktionale vollständig zu kennen. Aus diesem Grunde versucht man Einschränkungen für die Materialfunktionale zu finden. Das Ziel ist, die Allgemeingültigkeiten zu reduzieren, um einfache Materialfunktionen mit weniger Variablen zu finden, die aber wesentliche Eigenschaften des Materials repräsentieren und für praktische Aufgabenstellungen ausreichend geeignet sind (vgl. Tanner 1988).

Zur Bestimmung der reduzierten Materialfunktionen bedient man sich experimenteller Methoden (z.B. Rheometrie), kontinuumsmechanischer (phänomenologischer), molekularer und analogmechanischer Modelle (vgl. Doi, Edwards 1986; Ferry 1970; Giesekus 1994; Vinogradov, Malkin 1980; Tschoegl 1989; Walters 1975).

In den verschiedenen technologischen Disziplinen werden vorwiegend die in Tabelle 4 zusammengestellten Ansätze verwendet.

Tabelle 4: Verwendete Materialgesetze in der Stoffwandlungstechnik

Materialfunktion	Fertigungstechnik	Verarbeitungstechnik	Verfahrenstechnik
σ_{ij}			
Hooke	x	x	-
Neo-Hooke	x	(x)	-
Newton	-	-	x
Nicht-Newton	-	x	(x)
Turbulenz	-	-	x
q_i			
Fourier	x	x	x
Nicht-Fourier	(?)	(x)	-

(x) seltene Fälle, (?) unbekannt, x bekannt, - nicht relevant

3.4 Randbedingungen

Erschwerend für die Prozessmodellierung erweisen sich sehr oft Randbedingungen, die eine Annahme der Wandhaftung der Kontinua nicht zulässt. In dem Falle müssen sogenannte „äußere Materialfunktionen“ bestimmt und in das mathematische Modell

impliziert werden. In der Gegenwart werden drei Mechanismen, die für die Wandphänomene verantwortlich sind, diskutiert:

1. Die äußere Reibung der Kontinua entlang der Prozesswand (Coulombsche Reibung). Sie ist begleitet durch zusätzliche Erwärmung an der Wand und kann mit der Strömung in einer adiabaten Kapillare nachgewiesen werden (vgl. Reher, Bothmer, Schnabel 1988).
2. Das Film„gleiten“ an der Wand. In dem Falle bildet sich ein dünner Gleitfilm aus, der wandhaftend ist und auf dem das „Kontinuum“ abgleitet. Besonders wird dieser Mechanismus bei Dispersionen beobachtet (vgl. Pfannschmidt, Reher 1972a, b).
3. Das Oszillationsgleiten an der Wand (Slip, Stick) bei viskoelastischen Kontinua, begleitet mit Schmelzebruch am austretenden Material. Besonders wird dieser Mechanismus bei viskoelastischen Schmelzen beobachtet (vgl. Vinogradov, Malkin 1980).

Durch die Temperaturführung können der Beginn und die Intensität der Wandphänomene beeinflusst werden. Das hydrostatische Druckniveau kann ebenfalls die Wandphänomene beeinflussen, indem der eine Mechanismus in den anderen übergehen kann (vgl. Göttfert, Reher, Balagula 2000).

Einfache „äußere Materialfunktionen“, die zu Zeit praktische Anwendungen finden, sind bekannt. Sie verknüpfen eine Wandgleitgeschwindigkeit v_g, mit der Schubspannung an der Wand τ_w, einer kritischen Wandschubspannung $\tau_{Krit.}$, bei der der Wandeffekt beginnt, und der Wandtemperatur T_w (vgl. Perwadtschuk, Reher, Jankow 1982):

$$v_g = f\,(\tau_w, \tau_{Krit.}, T_w\,)$$

Diese Funktionen werden experimentell ermittelt und sind materialabhängig (vgl. Göttfert, Reher, Balagula 2000).

3.5 Restriktionen bei der Prozesselementgestaltung

Am häufigsten sind die Bilanzräume der Prozesselemente gegeben (z.B. Filme, Kanäle). Seltener wird der Bilanzraum errechnet (z.B. optimale Schneckengeometrie, Tragfläche,

Düse, Wärmeübertrager). Die Restriktionen sind Nebenbedingungen, die das Lösungsfeld der mathematischen Modelle für das betreffende Prozesselement präzisieren (einengen):

1. Die technischen und technologischen Restriktionen sind durch Funktionalität, Zuverlässigkeit, Machbarkeit, Effektivität, Austauschbarkeit, Wirksamkeit, Sicherheit gekennzeichnet. Sie umfassen fertigungstechnische, werkstofftechnische, thermische, sicherheitstechnische, messreglungssteuerungs-technische, informationstechnische Maßnahmen.
2. Die sozialen und juristischen Restriktionen sind durch Umweltverträglichkeit, Gesellschaftsakzeptanz, Formschönheit, Patentschutz, Lizenzerwerb, Schutzrechtebeachtung gekennzeichnet. Sie umfassen umwelttechnische, aufklärende, juristische, ästhetische Maßnahmen.

Besondere Aufmerksamkeit erfahren in der Gegenwart kernphysikalische (Atomenergie!) und biogenetische (Gentechnik) Stoffwandlungen. Bei Nichtbeachtung der Komplexität der Stoffwandlungen können solche Auswirkungen, wie z.B. BSE in der Gegenwart, für die Menschheit schlimme Auswirkungen haben.

Volle Wirksamkeit erhalten alle Restriktionen jedoch erst im Gesamtverfahren, sie müssen sich aber auch schon im Prozesselement partiell äußern und Beachtung finden.

4 Anwendung der Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung

4.1 Erarbeitung von Berechnungsmodulen

Durch Dekompositionen komplexer Prozesse der Stoffwandlung in Prozesselemente, auf die die Bilanzgleichungen mit praxisrelevanten Materialgesetzen angewendet werden können, werden Lösungen gesucht, die die im Prozesselement ablaufenden Vorgänge adäquat beschreiben. So werden z.B. im Walzenspalt von Walzenmaschinen die Spannungsverteilungen, Druckverteilungen, Geschwindigkeitsverteilungen, Temperaturverteilungen etc. berechnet, die dann wiederum für integrale Größen, wie Walzendrehmoment, Antrieb, ausgewalzte Materialdicke etc. benutzt werden. Dabei ist die Bewegung im Walzspalt analog zu Bewegungsvorgängen in Schneckenmaschinen, in Beschichtungsströmungen unter einem Rakel u.a., so dass „Prozessfamilien“ gefunden werden können, für die ein Berechnungsmodul gefunden werden kann.

Die Berechnungsmodule erfüllen nicht nur alle Forderungen für die Prozesselementgestaltung, sondern sind auch gleichzeitig Elemente für Systeme. Diese sogenannten „scharfen Modelle“ oder „weißen Modelle“ werden in Systembetrachtungen einbezogen und liefern Voraussetzungen für die Systemtechnik.

Zur Gestaltung der Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung sind folgende Problemkreise zu lösen, die nur durch interdisziplinäre Arbeiten erreicht werden können:

1. Ingenieurtechnische Dekomposition verfahrenstechnischer, verarbeitungstechnischer und fertigungstechnischer Prozesse. Formulierung der Bilanzräume und der prozessbedingten Bilanzgleichungen in Form differentieller, integraler oderfraktaler Gleichungssysteme.
2. Ableitung mechanischer, thermodynamischer, kinetischer Materialgesetze zur Komplettierung der Bilanzgleichungen (Nichtlineare Transporttheorie).
3. Entwicklung prozessrelevanter Randbedingungen zur Lösung der mathematischen Modelle.
4. Entwicklung und Gestaltung informationstechnologischer Voraussetzungen zur Anwendung der erhaltenen Lösungen.
5. Formulierung technischer, technologischer, sozialer kultureller Restriktionen als Nebenbedingungen für das Lösungsfeld

Eine Projektgruppe, bestehend aus Ingenieuren, Naturwissenschaftlern, Materialwissenschaftlern, Mathematikern und Informatikern, könnte wesentliche Fortschritte bei der Entwicklung und Anwendung der Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwand lung erreichen.

4.2 Zur Ingenieurausbildung der Stoffwandlungstechnik

Durch die Entwicklung einer Allgemeinen Prozesstechnik (eventuell auch einer Allgemeinen Systemtechnik) ist es möglich, im Grundlagenstudium die ingenieur-theoretischen Disziplinen wie Mechanik, Strömungsmechanik, Thermodynamik, Wärme- und Stoffübergang u.a. zu integrieren und den Studenten schon frühzeitig mit technologischen Aufgabenstellungen vertraut zu machen.

Die Spezialisierung kann dann wie folgt, grob dargestellt, in folgenden Etappen realisiert werden:

A. Basis-Ingenieurausbildung
   - Prozessingenieur
   - Systemingenieur
   - Konstrukteur
   - Anlageningenieur

   Technologie-Ingenieure

   Maschinen-Aparate-Anlagen-Ingenieure

B. Spezialisierung als Diplomingenieur in
   - Naturwissenschaften (z.B. Physik-Ingenieur, Chemie-Ingenieur)
   - Erzeugnisgruppen (z.B. Kunststoff-Ingenieur, Silikat-Ingenieur)
   - Maschinen-Apparate-Anlagenbau (z.B. Chemieanlagen-Ingenieur)

C. Fachingenieur als Magisterabschluss (2–4 Semester Zusatzstudium)
   - Wirtschaftsingenieur
   - Vertriebsingenieur
   - Umweltingenieur
   - Patentingenieur
   - Sanitäringenieur
   - Klinik-(Medizin-)Ingenieur
   - Sozio-Ingenieur
   - Designer-Ingenieur
   - Life-Science-Ingenieur
   - Sicherheitsingenieur

   u.a. Spezialisierungen zur Bewältigung des technologischen Paradigmas.

Somit könnten folgende arbeitsteilige Beiträge der Ingenieure zur Paradigmenlösung nach Ropohl (vgl. Ropohl 1999) in der Stoffwandlungstechnik erfolgen:

A. Szientifisches Paradigma
   - Prozessingenieure
   - Konstrukteure
   - Fachingenieure

   ↔ Naturwissenschaften

B. Technologisches Paradigma
   - Systemingenieure
   - Anlageningenieure
   - Fachingenieure

   ↔ Sozial- und Geisteswissenschaften

5 Zusammenfassung

Für die Herausarbeitung und Gestaltung einer Allgemeinen Prozesstechnik, Theorie (Methodik) der stoffwandelnden Prozesse, sind durch die hierarchische Bearbeitung komplexer Vorgänge (Dekomposition) in den technologischen Disziplinen der Verfahrenstechnik, Verarbeitungstechnik und Fertigungstechnik alle Voraussetzungen zu ihrer Realisierung gegeben. Dazu kommt, dass die Naturwissenschaften, Materialwissenschaften, Mathematik und Informationstechnologie den Prozess der Ausgestaltung einer Allgemeinen Prozesstechnik fördern. Die Allgemeine Prozesstechnik kann bei

- der universitären Ausbildung von Ingenieuren,
- der Erarbeitung von Berechnungsmodulen,
- der Förderung interdisziplinärer Forschungen

ihre Nützlichkeit unter Beweis stellen.

Symbolverzeichnis

PVT - Prozessverfahrenstechnik
SVT - Systemverfahrenstechnik
PFT - Prozessfertigungstechnik
SFT - Systemfertigungstechnik
PVAT - Prozessverarbeitungstechnik
SVAT - Systemverarbeitungstechnik
FT - Fertigungstechnik
VAT - Verarbeitungstechnik
VT - Verfahrenstechnik
En.T - Energietechnik
r - Dichte
t - Zeit
∂ - partielle Ableitung
d - konvektive Ableitung, substantielle Ableitung

x_i - Koordinaten
v_i - Geschwindigkeiten $v_i = \frac{\partial x_i(x_{A,t})}{\partial_t}$
U - spezifische innere Energie
T - Temperatur
q_i - Wärmefluss
σ_{ij} - Spannungstensor
fi - spezifische Volumenkraft
ρ - spezifische Zufuhr innerer Energie
x_A - materielle Punkte
v_g - Wandgleitgeschwindigkeit
t_w - Wandschubspannung
t_{Krit} - kritische Wandschubspannung, Beginn des Wandeffektes
T_w - Wandtemperatur

Literatur

Achenbach, M.; Streit, G. (2001): Thermodynamische Beschreibung der Gummielastizität. In: Kautschuk, Gummi, Kunststoff (GAK), 54 (2001), H. 3, S. 164-178

Autorenkollektiv (1977): Systemverfahrenstechnik. 2 Teile. Leipzig 1977

Autorenkollektiv (1978): Verarbeitungstechnik. Leipzig 1978

Autorenkollektiv (1979): Prozessverfahrenstechnik. Leipzig 1979

Beckmann, J. (1780): Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirtschaft, Polizei und Kameralwissenschaft in nächster Verbindung stehen. 2. Aufl. Göttingen 1780

Beckmann, J. (1806): Entwurf der algemeinen Technologie. In: Beckmann, J.: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück. Göttingen 1806, S. 463-533

Doi, M.; Edwards, S. F. (1986): The Theory of Polymer Dynamics. Oxford 1986

Ferry, J. D. (1970): Viscoelastic Properties of Polymers. New York 1970

Giesekus, H. (1994): Phänomenologische Rheologie. Eine Einführung. Berlin, Heidelberg u.a. 1994

Göttfert, A.; Reher, E. O.; Balagula, I. M. (2000): Kapillarrheometer für die Kunststoffverarbeitung. Simulation rheologischer Prozesse. In: Kautschuk, Gummi, Kunststoff (KGK), 53 (2000), Nr. 9, S. 512-517

Jobst, E. (1997): Komplementarität von Spezialisierung und Generalisierung statt Utopie einer „Allgemeinen Technologie". In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 144-145

Karmarsch, K. (1851): Handbuch der mechanischen Technologie. 2.Aufl. Hannover 1851

Perwadtschuk, W. P.; Reher, E. O.; Jankow, W. J. (1982): Strömung und Wärmeübergang nicht-Newtonscher Flüssigkeiten in gewöhnlichen und in schwach-konvergenten Kanälen von Schneckenmaschinen unter Berücksichtigung des Wandgleitens. In: Plaste und Kautschuk, 29 (1982), H. 4, S. 237-244

Pfannschmidt, P.; Reher, E. O. (1972a): Zur Ermittlung der Fließeigenschaften nichtsedimentierender nicht-Newtonscher Suspensionen mit Wandeffekten in Kapillaren. In: Plaste und Kautschuk, 19 (1972), H. 7, S. 502-507

Pfannschmidt, P.; Reher, E. O. (1972b): Zur Ermittlung der Fließeigenschaften nichtsedimentierender nicht-Newtonscher Suspensionen mit Wandeffekten im Rotationsviskosimeter. In: Plaste und Kautschuk, 19 (1972), H. 9, S. 669-670

Reher, E. O.; Banse, G. (2002): Zur Herausbildung einer Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung im Rahmen der Allgemeinen Technologie. In: Banse, G.; Meier, B.; Wolffgramm, H. (Hrsg.):

Systemtechnische Aspekte der modernen Technologie am Beispiel der Stoffwirtschaft

Klaus Hartmann

Die Veränderungen in der Struktur und den Organisationsformen der Unternehmen und in den Wechsel- und Auswirkungen der Produktionssysteme auf Mensch, Umwelt und Gesellschaft haben in den letzten Jahren auch solche „konventionelle“ Industriezweige wie die Stoffwirtschaft erfasst und zu großen Herausforderungen geführt. Die Kennzeichen dieser Veränderungen und dieses Strukturwandels sind zahlreich und unübersehbar, sie zeigen sich in den neuen Maßstäben des Ressourcenverbrauchs wie den jährlichen Fördermengen von Erdöl und Erdgas, der Anzahl und den Umfang der industriell hergestellten chemischen Verbindungen und der darauf aufbauenden Produkte u.a. Der Durchsatz von Großanlagen, der Umfang von Stofftransport-Systemen wie z.B. von Pipelines für Rohstoffe und Zwischenprodukte unterschiedlichster Art, die Größe und die Dynamik der strukturellen Neugestaltung von Unternehmen wie z.B. Neugründungen, Fusionen oder Liquidationen von Firmen mit großen Namen in der Prozessindustrie sind weitere Kennzeichen dieser Entwicklung.

Gegenstand des Beitrages sind Systeme der Prozessindustrien, als Prozesssysteme oder verfahrenstechnische Systeme bezeichnet. Prozesssysteme sind komplexe Gebilde, in denen Rohstoffe, Zwischenprodukte oder auch Abfallstoffe aus anderen Produktionssystemen bzw. der Konsumtionssphäre unter Nutzung von Energien und speziellen Ausrüstungen, den Apparaten und Maschinen, und der zielgerichteten Anwendung von physikalischen, chemischen, biologischen bzw. auch nuklearen Wirkprinzipien Produkte mit gewünschten Eigenschaften mit hoher Wirtschaftlichkeit, ökologisch verträglich und sicher hergestellt werden. Eine Besonderheit der Technologien der Stoffwirtschaft/Prozessindustrien ist, dass im Gegensatz zur Fertigungstechnik aus wenigen Bausteinen - meist natürlich vorkommenden Rohstoffen über z.T. langwierige Synthesewege Millionen unterschiedlicher chemischer Verbindungen hergestellt werden können, man spricht von einer Baumstruktur, wobei zwischen den einzelnen Ästen unterschiedlichste Verknüpfungen existieren können.

Die dabei herzustellenden Mengen der jeweiligen Stoffe und der daraus hergestellten Produkte reichen von Hunderten von Millionen Tonnen, wie z.B. Erdölprodukte

oder Baustoffe, bis zu wenigen Kilogrammen z.B. in Form spezieller Wirkstoffe in der pharmazeutischen Industrie. Bisher sind rund dreizehn Millionen chemische Verbindungen bekannt, ihre Zahl erhöht sich jährlich um 600.000 neue Verbindungen. Industrielle Bedeutung haben ungefähr 100.000 Stoffe, von denen rund 10 000 in Mengen größer als 1.000 Tonnen pro Jahr industriell hergestellt werden, allein in Deutschland davon fast 5.000. Die Aufwendungen für die Errichtung einer Großanlage betragen bis zu mehreren Milliarden DM, entsprechend hoch sind auch die Kosten für die Rohstoffe, Energien und Hilfsstoffe bzw. zur Entsorgung zu beseitigender Abfallstoffe. Viele Stoffe sind gefährlich oder toxisch, durch den großen Produktionsumfang können auch geringste Emissionen über die Zeit zu sehr großen Mengen werden, erinnert sei nur an CO_2. Aber bereits mit der Lagerung oder den Transport von großen Stoffmengen sind oft beträchtliche Gefahren verbunden.

Neben der Produktion fast „zeitloser" Grundchemikalien, die in immer vollkommeneren Prozesssystemen und auf der Grundlage ständig verbesserter Verfahren hergestellt werden, aber in ihrer Zusammensetzung praktisch über Jahrzehnte unverändert sind, verkürzt sich die „Lebensdauer" für viele neue Produkte außerordentlich schnell, es drängen ständig neue Produkte auf den Markt und alte Produkte werden aus der Produktion genommen. Die Kundenanforderungen haben sich rapide verän-

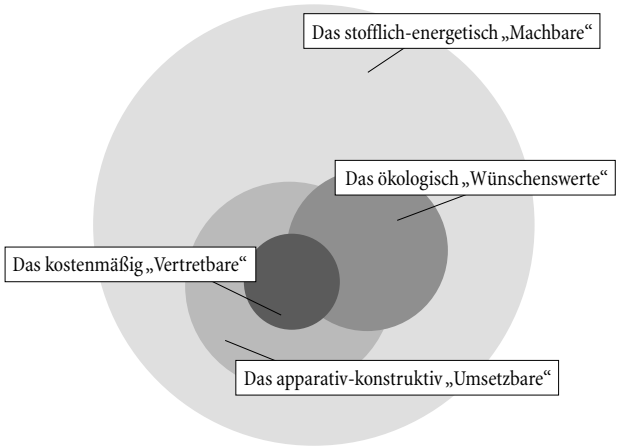

Abbildung 1: Technologische Lösungen als Kompromiss zwischen Machbarkeit, apparativer Umsetzbarkeit, ökologischen Wünschen und ökonomischen Zwängen

dert, diese verlangen immer kürzere Lieferzeiten und höhere Qualitäten und niedrigere Kosten. Obwohl die Stoffwirtschaft sich schon immer durch einen hohen Grad an internationaler Verflechtung auszeichnete, sind neue Bedingungen durch die Globalisierung der Märkte entstanden, die auch für traditionelle Produkte hohen Preisdruck erzeugen. Damit ist der Entwurf und der Betrieb optimal strukturierter Prozesssysteme, die flexibel auf lokale und globale Veränderungen der Rohstoffangebote und des Produktsortiments reagieren können und dabei noch höchste Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit garantieren, eine große Herausforderung an alle technologischen Disziplinen, die an einem „Prozesssystem" gestaltend wirken (siehe Abbildung 1; jedes weitere Kriterium engt den Lösungsraum weiter ein).

Auf Grund seiner Komplexität und des gewaltigen Umfanges der Investitionen in die Ausrüstungen der Prozesssysteme besitzen diese Systeme eine ausgeprägte „Trägheit", d.h. für das Wirksamwerden einer Neuanlage vergehen von der Produktidee bis zur Produktion mindestens drei Jahre, die Lebensdauer von Großanlagen beträgt meist zehn bis zwanzig Jahre und mehr, wobei diese meist mehrmals modernisiert, erweitert und intensiviert werden.

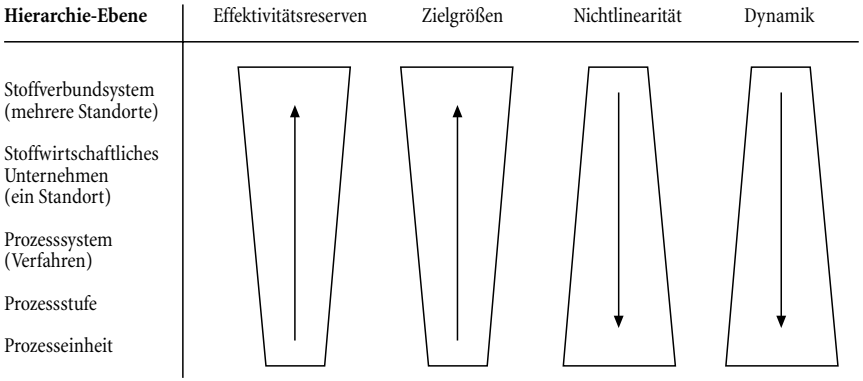

Abbildung 2: Verhalten der Effektivitätsreserven, der Zielgrößen, der nichtlinearen sowie der dynamischen Eigenschaften von Prozesssystemen in Abhängigkeit von der jeweiligen Hierarchieebene

Durch den Einsatz von Rechenanlagen für die Auslegung und Projektierung von Prozessen und Apparaten werden nicht nur einzelne Prozesse, sondern seit den achtziger Jahren auch ganze Prozesssysteme und Anlage auf der Grundlage von Prozessmodel-

len berechnet und gesteuert. Damit sind die Entscheidungen auf den prozessnahen Ebene auf eine solide wissenschaftliche Basis gestellt worden.

Grundlage für den Entwurf und den Betrieb optimal strukturierter verfahrenstechnischer Systeme ist technologisches Systemwissen, welches das optimale Zusammenwirken der Komponenten eines verfahrenstechnisches Systems bestimmt und die gezielte Ausnutzung von technologischen Systemeffekten ermöglicht und zu großen Einsparungen beim Einsatz von Ressourcen (Rohstoffe und Energien), Anlagenkapital und zur Reduzierung der Umweltbelastung führen kann.

Diese Einsparungspotentiale auf der Systemebene übersteigen die Effektivitätsreserven, die in einzelnen Prozesseinheiten erzielt werden können häufig um Größenordnungen. Ein wichtiges Merkmal eines Systemeffektes ist die Überwindung prinzipieller Grenzen der jeweiligen Teilsysteme bzw. Hierarchie-Ebenen des Systems.

Technologische Systemeffekte wirken einerseits sehr allgemein, andererseits sehr spezifisch, d.h. sie setzen oft tiefgreifende spezifische Kenntnisse der konkreten Stoffsysteme und Prozesseigenschaften, der Randbedingungen, der möglichen Kopplungen mit benachbarten Systeme u.a. voraus. Es existieren zahlreiche z.T. sehr umfangreiche Sammlungen speziell aufbereiteter technologischer „Gesetze“ in Form spezifischer heuristischer Regeln für den Entwurf und den Betrieb verfahrenstechnischer Systeme. Für die Entscheidungsfindung auf der Ebene von Stoffverbundsystemen muss derartiges „Systemwissen“ erst schrittweise „entdeckt“ und aufgeklärt werden.

Solche System„gesetze“ lassen sich aus der Untersuchung existierender verfahrenstechnischer Systeme ableiten. Dieses Wissen kann dann für die optimale Entscheidungsfindung bei der strategischen Entwicklungsplanung und anderen Strukturierungsaufgaben eines Unternehmens verwendet werden. Diese „Systemgesetze“ können dabei zusammen mit modellgestützten Werkzeugen zur Optimierung großer stoffwirtschaftlicher Systeme eingesetzt werden. Systemeffekte können auf allen Hierarchieebenen verfahrenstechnischer Systeme genutzt werden, wobei die Zeitkonstanten mehrere Größenordnungen überstreichen, Auf höheren Ebenen betragen die Zeitkonstanten Wochen, Monate, Jahre, sie entsprechen den Zeiträumen für kurzfristiges, mittel- und langfristiges Planen. Allgemeine Systemeffekte auf prozesstechnischer Grundlage sind z.B. Systemgesetze, die auf den Prinzipien der günstigsten Triebkraftausnutzung, der günstigsten Rohstoffausnutzung, der günstigsten Energieausnutzung, der günstigsten Ausnutzung der Ausrüstung u.a. beruhen. Die größten Potentiale eines großen verfahrenstechnischen Systems liegen auf der Ebene der Stoffverbundsy-

steme, die entweder horizontal oder vertikal orientiert sein können. Währenddem auf den „technologischen“ Ebenen wissenschaftlich fundierte Modelle, Simulationswerkzeuge, Optimierungsmethoden u.a. für eine Entscheidungsfindung herangezogen werden können, werden auf der Ebene von Unternehmen und Unternehmensverbunden, also Stoffverbundsystemen die notwendigen Entscheidungen für ein optimales Funktionieren im Zeitalter der Globalisierung meist leider getroffen, ohne von den in diesen Systemen innewohnenden Gesetzmäßigkeiten explizit Kenntnis zu nehmen und diese für optimale Entscheidungen zu nutzen. Wesentliche Entscheidungskriterien sind z.Z. die meist kurzfristigen Interessen der Aktionäre, aber auch politische Einflüsse, strategische Absichten oder Interessen sowie Rohstoffpreise, Restriktionen von Regulierungsbehörden u.a., die verzerrend auf optimale Entscheidungen auf der Ebene von Stoffverbundsystemen wirken können.

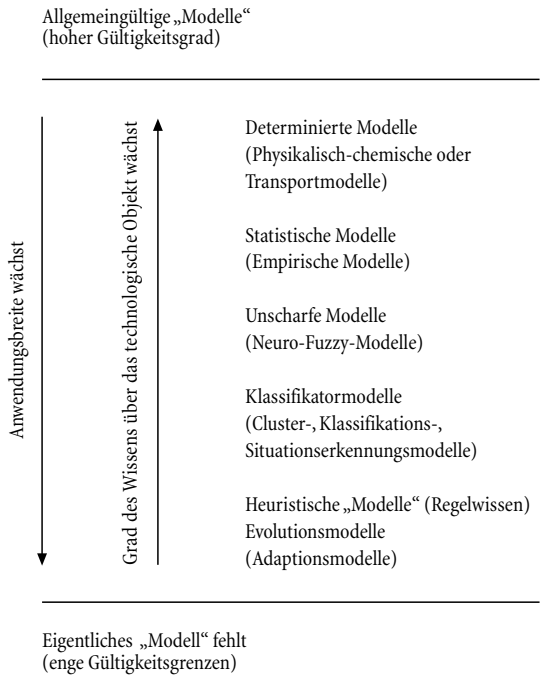

Abbildung 3: Formen des „Wissens“ über Technologien (bezogen auf den Wissensumfang über das Objekt)

Zur Entscheidungsfindung in großen stoffwirtschaftlichen Systemen und zur Aufklärung der dort wirkenden Gesetzmäßigkeiten können spezielle rechnergestützte Werkzeuge eingesetzt werden. Die Gewinnung von „Wissen“ über Systemeffekte, d.h. die Extraktion von „technologischen Systemgesetzen“ erfordert z.T. spezifische Methoden wie z.B. der Theorie unscharfer Mengen (fuzzy sets), heuristischer Methoden u.a., die unstrukturierte Informationen aus Experimenten, Betriebserfahrungen, Expertenaussagen u.a. in allgemein nutzbares Wissen in Form von Modellen, Regeln, Gesetzen u.a. transformieren. Die unterschiedlichen Modellarten, die dabei eingesetzt werden können, sind in Abbildung 3 als Übersicht dargestellt. Für große Systeme sind dabei vorrangig „unscharfe“ Modelle bzw. spezielle modellgestützte Entscheidungsunterstützungssysteme geeignet.

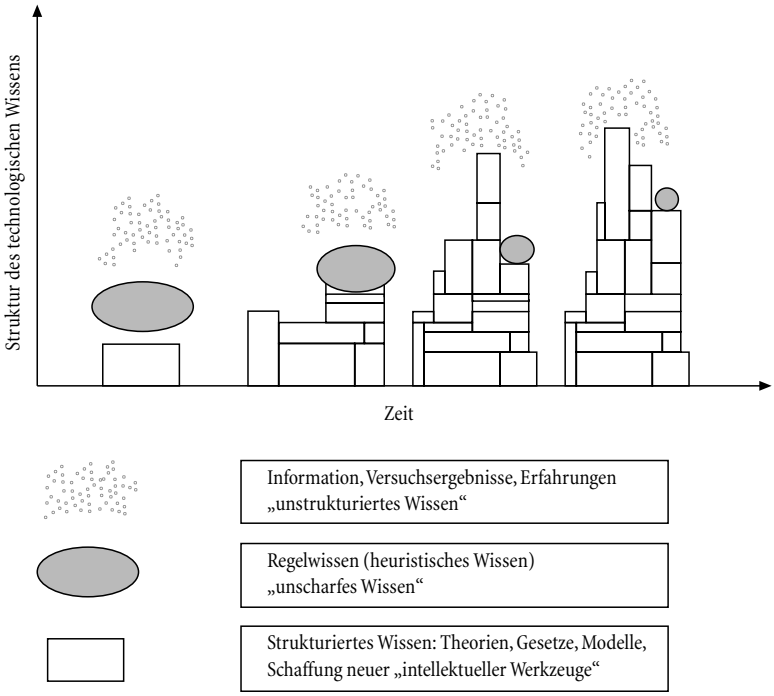

Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung strukturierten technologischen Wissens und Schaffung „intellektueller“ Werkzeuge

Abbildung 4 zeigt schematisch den Prozess der Transformation von nichtstrukturiertem „Wissen“ in allgemein nutzbares Wissen. Das verfügbare Systemwissen in Form „intellektueller Werkzeuge“ ist auf der Ebene großer stoffwirtschaftlicher Systeme noch am Anfang der Herausbildung.

Für die Unterstützung von Entscheidungsprozessen, d.h. für die Auffindung optimaler Strukturen im System und der Kopplung mit der Umwelt auf der Hierarchieebene „Verbundsystem“ können entscheidungsunterstützende Systeme (Decision Support Systems – DSS) DECIDE verwendet werden.

Entscheidungsunterstützende Systeme bestehen u.a. aus Moduln zur Optimierung unter mehreren Zielkriterien, die insbesondere den komplexen (mehrdimensionalen) Systemeigenschaften der Problemstellung Rechnung tragen. Weiterhin unterstützen diese Systeme eine interaktive, anschauliche (graphische) Problem- und Lösungsdarstellung, damit der Entscheidungsträger die generierten Alternativen nachvollziehen und in seinem Problemverständnis erfassen kann. Um dem Anspruch optimaler Entscheidungen unter sich ständig ändernden äußeren Bedingungen zu genügen, ist weiterhin eine komfortable Handhabung der Modelldaten in Form von Datenbanken von der Datenerfassung bzw. ständigen Aktualisierung bis zur flexiblen Erzeugung

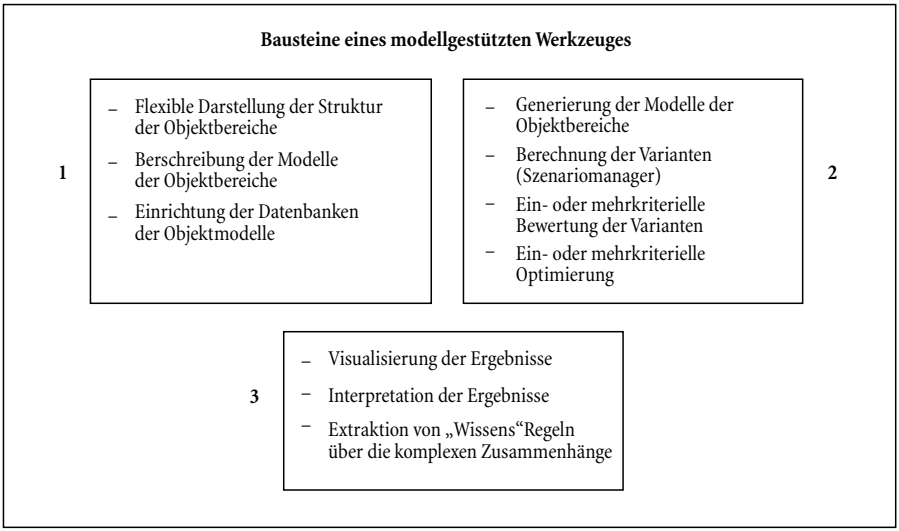

Abbildung 5: Wichtige Module eines modellgestützten Entscheidungs-Unterstützungs-Systems für Untersuchungen in großen Systemen (hier in Stoffverbundsystemen)

ein Datenbanksystem, das die zur Abbildung des Problembereiches notwendigen Daten und Datenstrukturen bereitstellt, sowie ein Modell- und Methodenbanksystem mit einem zugehörigen Problemgenerator und -löser. Die Bausteine eines solchen Werkzeuges sind in Abbildung 5 dargestellt.

Das DSS DECIDE (Decision Support Instrument for Chemical Technology Using Multicriteria Approach) ist ein modellgestütztes Werkzeug, das es gestattet, Entscheidungsprobleme in der Stoffwirtschaft und der Energiewirtschaft zu generieren, zu berechnen, zu bewerten und zu analysieren. Die Modellbausteine des verfahrenstechnischen Systems (Stoffverbundsystems) werden im DSS DECIDE als lineare Input-Output-Modelle der einzelnen Prozesse/Verfahren/Anlagen beschrieben.

Die mathematische Beschreibung enthält die Bilanzen der Stoff-, Energie- und Kostenströme und weiterhin u.a. Preise der Rohstoffe und Endprodukte, Investkosten, Arbeitsaufwand, wichtige Nebenprodukte und Abprodukte. Diese Prozessmodelle ermöglichen die Simulation, Bewertung und Optimierung aus ihnen aufgebauter Systeme. Es enthält alle Verfahrenskoeffizienten des interessierenden technologischen Systems sowie ein breites Spektrum an Stoff-, energetischen, ökologischen und ökonomischen Daten. Weiterhin können Datensätze für Bedarfs- und Rohstoffbeschränkungen sowie Verfahrenskapazitäten für verschiedene Zeithorizonte und Bilanzkreise gespeichert werden. Darüber hinaus erlaubt es die Einsichtnahme in einen Katalog umfangreicher Verfahrensbeschreibungen (auch zukünftiger Prozesse) sowie die flexible Strukturierung beliebiger Verflechtungsmodelle. Zur Modellerzeugung werden die gespeicherten Daten der Verfahren ausgewertet, um über die Input-Output-Prozesse mögliche Verknüpfungen aufzubauen. Die Flexibilität wird durch automatische individuelle Entscheidung über die Einbeziehung eines jeden Verfahrens sowie Stromes der Datenbank erreicht. Im Verlauf der Modellerzeugung werden dem technologischen Modell ökonomische, ökologische oder energetische Bewertungsfunktionen mit verschiedenen Bewertungs-(Preis-)Skalen hinzugefügt, wobei bei Bedarf Aggregationen vorgenommen werden können.

Grundlage der Arbeit des Problemlösers in DECIDE ist die Linearoptimierung. Neben der einkriteriellen Optimierung werden auch verschiedene mehrkriterielle Methoden verwendet. Zur Darstellung der großen Datenmengen sind sowohl aggregierte Darstellungen notwendig, die einen schnellen Überblick geben, als auch Detailausschnitte in graphischer Form oder als geordnete Listen oder Tabellen. Verschiedene Filter dienen dem gesonderten Ausweis von Systemengpässen, wirksamen Schranken

etc. Da die Preise der Stoffe und andere ökonomische Daten ebenfalls erfasst sind, lassen sich mit DECIDE insbesondere ökonomische Untersuchungen an solchen Systemen durchführen. Durch Vorgabe der Schranken wie z.B. Produktionskapazitäten oder Rohstoffreserven und der jeweils relevanten Zielkriterien können darüber hinaus ein- und mehrkriterielle Optimierungsaufgaben gelöst werden.
Die Gewinnung von Systemwissen und die spätere Ableitung von Regeln und Gesetzmäßigkeiten in solchen großen Systemen setzt voraus, dass in ausreichendem Maße „Beobachtungsdaten" realer Prozesse oder Simulationsdaten zur Verfügung stehen. Dazu dient ein spezielles Modul, der Szenario-Manager. Die Analyse komplexer Datenbestände erfordert geeignete Methoden um signifikantes „Wissen" aus den Systemdaten abzuheben. Eine sehr große Anzahl von Datensätzen mit mehreren hundert Merkmalen sind keine Seltenheit. Um einen schnellen und unkomplizierten Umgang mit den Daten zu ermöglichen, werden Fuzzy- und Neuro-Fuzzy-basierte Werkzeuge (Fuzzy Cluster-Analyse, GESIPFuzzyToolbox u.a.) verwendet (siehe Abbildung 6).

Ergebnisauswertung und -visualisierung

- Nutzung eines Reportgenerators zur Zusammenstellung wichtiger Daten und Kennziffern und Variantenvergleich
- Visualisierung der Ergebnisse durch unterschiedlichste Formen und in Räumen verschiedener Dimensionalität
- Statistische Auswertung der Ergebnisse (z.B. Korrelation)
- Interpretation der Ergebnisse durch Methoden der klassischen Statistik

- Analyse der komplexen Zusammenhänge durch „unscharfe Methoden" (Fuzzy /Neuronale Netze)
- Clusterung
- Extraktion von „Wissen" (Regeln)
- Interpretation unscharfer Regeln
- Ableitung „unscharfer" Systemgesetze
- Synthese optimaler Strukturen

Abbildung 6: Übersicht über Werkzeuge zur Gewinnung von „Systemwissen" im DSS DECIDE

Es wird beispielhaft das Modell des Stoffverbundsystems „Erdölverarbeitung" (Raffinerie) eines Landes mit allen Verarbeitungstechnologien, die z.Z. angewendet bzw. die in der nächsten Zukunft industriell eingesetzt werden, d.h. alle Teilsysteme wie Verfahren und Standorte sowie mit wichtigen Produktgruppen und einem Rohstoffpool

bestehend aus vier verschiedenen Erdölen der wichtigsten Provenienzen und durchschnittlichen Preisen und Kosten betrachtet. Neben wichtigen Zielgrößen der Wirtschaftlichkeit werden auch weitere wichtige Zielgrößen wie CO_2 und sonstige Emissionen berechnet. Ziel ist die Gewinnung von „Systemwissen", das für die Entwicklungsplanung und für die Erreichung einer ökologischen Nachhaltigkeit verwendet werden kann. Außerdem soll eine optimale Verarbeitungsstruktur und ein optimaler Rohstoffmix bestimmt werden, die unter gewissen Restriktionen und Vorgaben (insbesondere bezüglich des Produktspektrums) den Gewinn maximieren bzw. die CO_2-Emission minimieren. Außerdem soll die Kompromissmenge beider Zielgrößen (Pareto-Menge) ermittelt werden. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit wurde von einem Rohölpool von konstant zehn Mio. t ausgegangen. Die Erdöle (siehe Tabelle 1) zeichnen sich nicht nur durch unterschiedliche Einkaufspreise aus, sondern vor allem durch ihre unterschiedliche Zusammensetzung (z.B. an leichten und hellen Bestandteilen, Schwefelgehalt) und andere Größen, die jeweils eine unterschiedliche Verarbeitungsstruktur der Raffinerie erfordern, um die gleiche Produktpalette an Hauptzielprodukten herzustellen. Die verschiedenen Mischungen der vier Erdölsorten und die dazugehörige jeweilige Verarbeitungsstruktur führen auch zu unterschiedlichen Verarbeitungskosten und Erlösen und damit zu verschiedenen Gewinnen. Dementsprechend unterschiedlich sind Emissionen, Energieverbräuche usw. Die unabhängigen und abhängigen Variablen, die das Verarbeitungsgut (Rohstoffe), die Verarbeitungsstruktur, Emissionen und wirtschaftliche Kenngrößen charakterisieren werden als Merkmale bezeichnet. Die Anzahl der dieses Modell-System charakterisierenden Merkmale beträgt 225. Im weiteren werden einige Ergebnisse am Beispiel einiger besonders interessanter Merkmale vorgestellt. Zur Analyse und Darstellung der Zusammenhänge wurden fünfunddreißig Datensätze verwendet, wobei die Datensätze 1, 5, 15 und 35 besonders interessant sind, da sie den Einsatz je einer reinen Erdölsorte kennzeichnen. Alle anderen Datensätze stellen Mischungen dar.

Tabelle 1: Reine Erdölsorten in der Modell-Raffinerie

Datensatz	Merkmal-Nummer	Erdölsorte	Nomenklaturname im Modell Raffinerie
1	M27	Russisches Erdöl	R-SEBL
5	M26	Nigerianisches Erdöl	R-NIGL
15	M25	Nordsee- Erdöl	R-FORT
35	M24	Arabisches Erdöl	R-ARAL

Abbildung 7 zeigt beispielhaft die CO_2-Emission für die einzelnen Datensätze. Das Maximum liegt bei Datensatz 1 (russisches Erdöl). Dagegen tritt eine minimale Emission gleich bei mehreren Erdöl-Mischungen auf.

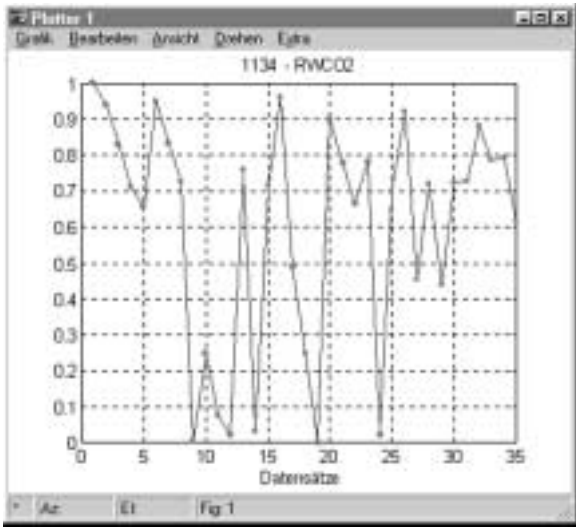

Abbildung 7: Ausprägung des Merkmals „CO_2-Emission“ (die Ordinatenwerte sind normiert)

Tabelle 2 enthält die gewählten Strukturmerkmale, d.h. Prozesse mit den dazugehörigen Kapazitäten bzw. Produktströmen, Zielgrößen wie Emissionen und ökonomische Größe u.a.

Tabelle 2: Signifikante Merkmale: Elemente (Prozesse), Ströme (Rohstoffe/Produkte), Zielgrößen

Prozesse	**Ströme**	**ökonomische Kenngrößen**
Vakuumdestillation (M 1) Benzinraffination (M 7) Isomerisation (M 12) Katalytisches Spalten (M 13) Hydrospalten (M 14) Visbreaker (M 15) Reformierung (M 16)	Diesel (M 32) Flüssiggas (M 35)	Gesamt-CO_2 - Emission (M 41) Kosten (M 45) Erlös (M 46) Gewinn (M 47)

Die Abbildungen 8 bis 12 zeigen für ausgewählte Merkmale den Einfluss der Zusammensetzung des eingesetzten Erdöls.

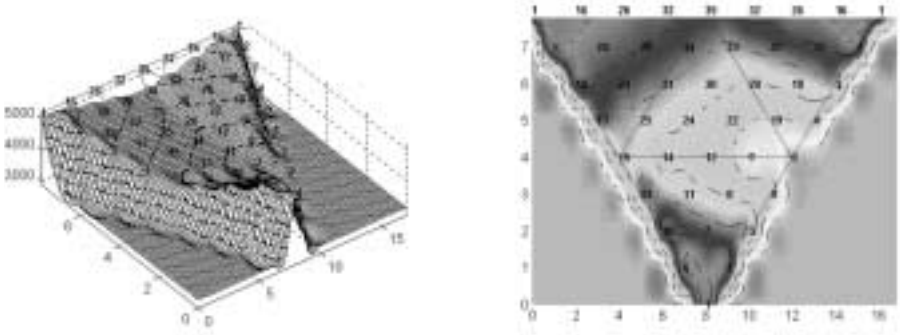

Abbildung 8: Erforderliche Kapazität für die Vakuumdestillation der Modell-Raffinerie in Abhängigkeit von der Rohölzusammensetzung (M 1 in kt); Datensatz 1 z.B. benötigt eine hohe Vakuum destillationskapazität. Rechts die Projektion der Kapazität auf die 4 Seiten des abgewickelten Rohöl-Pool-Tetraeders.

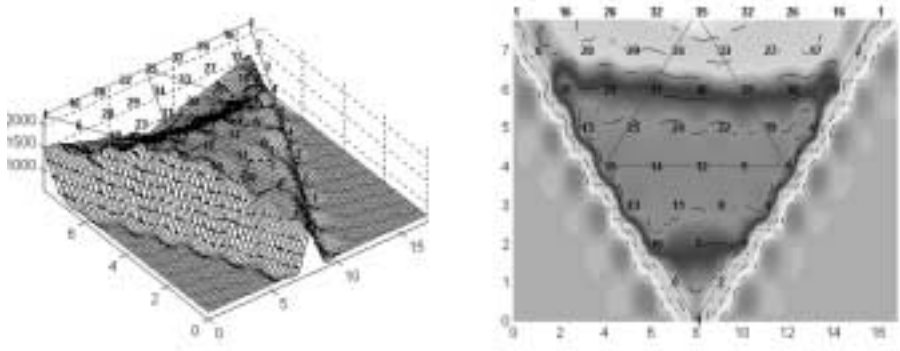

Abbildung 9: Erforderliche Kapazität für das Katalytische Spalten der Modell-Raffinerie in Abhängigkeit von der Rohölzusammensetzung (M 13 in kt), Strukturen für Datensatz 5 und 15 z.B. benötigen hohe Kapazitäten für das katalytische Spalten. Rechts die Projektion der Kapazität auf die 4 Seiten des abgewickelten Rohöl-Pool-Tetraeders.

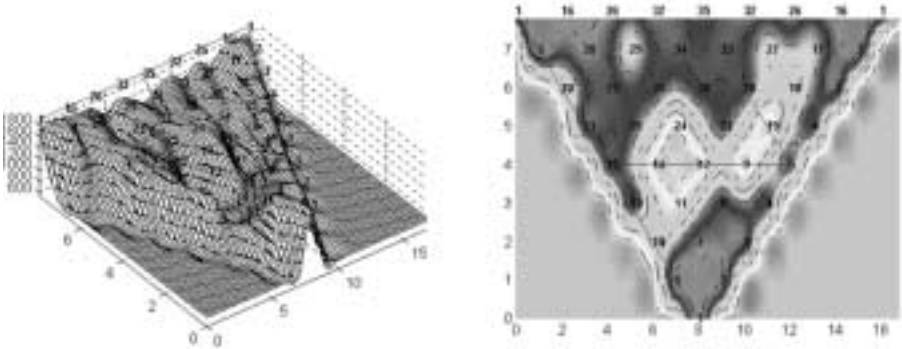

Abbildung 10: Zielgrößen„gebirge“ der CO_2-Emission (M 41, die Punkte 1 bis 35 stellen die Rohölgemische darf (siehe auch Tabelle 1). Die vier Seiten des Zusammensetzungs-Tetraeders (die Summe der vier Rohöle ist für alle 35 Datensätze immer 10 Mio t) wurde auf die Ebene projiziert. Links ist die Ordinate die CO_2-Emission (kt), rechts sind die Niveaus der Zielgröße auf die Ebene projiziert.

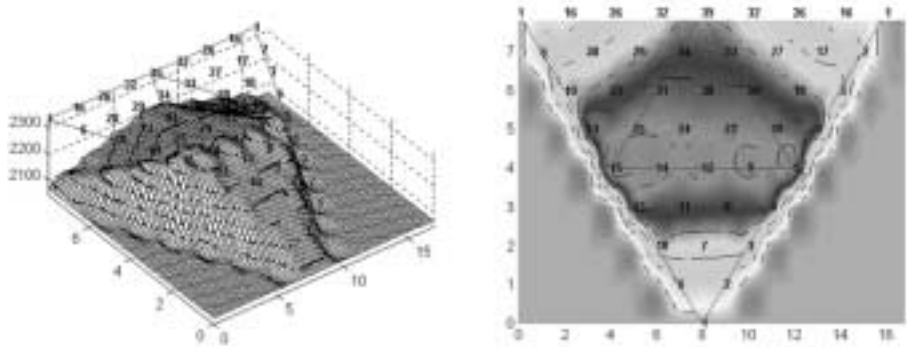

Abbildung 11: Zielgrößen„gebirge“ der Kosten (M 45, die Punkte 1 bis 35 stellen die Rohölgemische dar, siehe auch Tabelle 1). Die vier Seiten des Zusammensetzungs-Tetraeders (die Summe der vier Rohöle ist für alle 35 Datensätze immer 10 Mio. t) wurde auf die Ebene projiziert. Links ist die Ordinate der Kosten (Mio. DM), rechts sind die Niveaus der Zielgröße auf die Ebene projiziert.

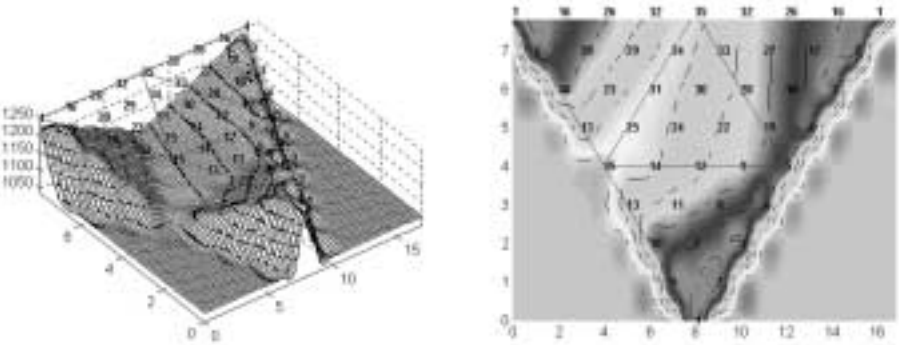

Abbildung 12: Zielgrößen„gebirge“ des Gewinns (M 47, die Punkte 1 bis 35 stellen die Rohölgemische dar, siehe auch Tabelle 1). Die vier Seiten des Zusammensetzungs-Tetraeders (die Summe der vier Rohöle ist für alle 35 Datensätze immer 10 Mio. t) wurde auf die Ebene projiziert. Links ist die Ordinate des Gewinns (Mio. DM), rechts sind die Niveaus der Zielgröße auf die Ebene projiziert.

Zu den Kosten (Merkmal 45) gehören alle für die Verfahren (einschließlich Energie- und Rohölkosten) aufgewandten Kosten. Der Gewinn (Merkmal 47) wird vereinfachend als Differenz zwischen Erlös (Merkmal 46) und Kosten angenommen. Aus den dargestellten Ergebnissen lassen sich bereits folgende Zusammenhänge erkennen:

1. Hoher Anteil russischen Erdöls im Einsatzprodukt (z.B. Datensatz 1 mit 100%) bedingt wegen des hohen Anteils schwerer Bestandteile und hohen Schwefelgehaltes eine hohe Kapazität an Vakuumdestillation und Benzinraffination und ist wegen höherer Energieaufwendungen auch mit hoher CO_2-Emission verbunden. Auf Grund des niedrigeren Erdölpreises ist aber selbst bei niedrigem Erlös der Gewinn hoch.
2. Hoher Anteil von Nordseeölen (FORT), z.B. Datensatz 15, erfordert eine große Isomerisierungskapazität und umfangreiche Kapazitäten für katalytisches Spalten und Visbreaker, deshalb sind auch die Energieaufwendungen und die CO_2-Emission höher. Wegen der hohen Kosten und des mittleren Erlöses ist der Gewinn niedriger.
3. Hoher Anteil von arabischen Ölen (ARAL), z.B. Datensatz 35, bedingt hohe Kapazitäten für das Hydrospalten, den Visbreaker sowie die Reformierung. Auch hier sind durch die höheren Energieaufwendungen hohe CO_2-Emissionen zu verzeich-

nen. Durch die niedrigen Erlöse und mittleren Kosten sind auch hier die Gewinne niedriger.

4. Hoher Anteil von nigerianischem Öl (NIGL), z.B. Datensatz 5, führt zu großen Kapazitäten für die Isomerisierung und das katalytische Spalten. Bei höheren Kosten, aber auch sehr hohen Erlösen werden höhere Gewinne erzielt.

Aus den Ergebnissen ist weiterhin erkennbar, in welchen existierenden Verarbeitungsstrukturen welche Erdöle bzw. Gemische ohne größere Umrüstungen oder Neuinvestitionen (Anlagenerweiterungen) verarbeitet werden können und welche ökonomischen bzw. ökologischen Konsequenzen damit verbunden sind. Kompromisse können durch Rohöl-Mischungen erreicht werden.

Regelextraktion

Mit Hilfe des GESIPFuzzyTools und anderer Werkzeuge wurden aus den unstrukturierten Datenmengen Regeln über den Zusammenhang zwischen Erdölsorten und Strukturen und Systemausgangsgrößen gewonnen. Dazu wurden die Ein- und Ausgangsgrößen entsprechend fuzzyfiziert. Diese Regeln haben die Gestalt von heuristischen Regeln oder Produktionsregeln und verbinden die Merkmale und Zielgrößen mit der Zusammensetzung des Rohstoffpools.

Tabelle 3: Ausprägung der Merkmale, wenn der Anteil der jeweiligen Ölsorte am Mix sehr hoch ist (SG-sehr groß, G-groß, M-mittel, K-klein, SK-sehr klein)

Merkmal	**Nr.**	**ARAL**	**FORT**	**NIGL**	**SEBL**
Vakuumdestillation	1	G	M	K	SG
Benzinraffination	7	SK	K	K	SG
Isomerisierung	12	SK	SG	SG	K
Katalytisches Spalten	13	SK	SG	SG	M
Hydrospalten	14	G	K	K	SG
Visbreaker	15	SG	M	SK	G
Reformierung	16	SG	SK	SK	G
Diesel	32	SG	SK	SG	K
Flüssiggas	35	SK	SG	K	G
CO_2- Emission	41	G	G	M	SG
Kosten	45	M	SG	SG	K
Erlös	46	K	M	SG	K
Gewinn	47	M	K	G	SG

Die Interpretation der Tabelle 3 erfolgt z.B. in folgender Weise:

Zeile 1: WENN ARAL = sehr groß
DANN (Bedarf an Vakuumdestillation) = groß

Für alle anderen Merkmale ist die Interpretation analog.

Darstellung komplexer Zusammenhänge der Zielgrößen Gewinn und CO_2-Emission

Mit Hilfe des beschriebenen Werkzeugs lassen sich am Beispiel des Stoff-Verbundsystems Raffinerie auch die Kompromiss-Mengen der mehrkriteriellen Optimierung dieses sehr großen Systems berechnen. Aus der Vielzahl interessanter Kompromisse ist in Abbildung 13 die Kompromiss-Menge Gewinn (eigennütziges Zielkriterium Maximum) / CO_2-Emission (eigennütziges Zielkriterium Minimum) dargestellt. Es wurden zwei Produkt-Mixe untersucht, ein Produkt-Mix 1 mit der Ausbringung niedrigerer Kraftstoffqualitäten (vom Standpunkt der Oktanzahlen) und ein zweiter mit der Erzeugung höherwertiger Kraftstoffe (Kurve 2). Aus dem Verlauf der Kompromissmenge ist erkennbar, dass eine signifikante Reduzierung der CO_2-Emission durch den Einsatz unterschiedlicher Rohöl-Mixe (Öl-Mix 1 bis Öl-Mix 3) ohne größeren Gewinnverlust erreicht werden kann. Weitere geringere CO_2-Reduzierungen sind jedoch mit erheblicheren Kostenaufwand verbunden und verringern den Gewinn im System erheblich. Die Kenntnis derartiger Zusammenhänge gestattet fundierte Vorgaben für eine eventuelle CO_2-Steuer bzw. eine Selbstverpflichtung der Industrie zur CO_2-Reduzierung.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die „Systemgesetze“ für große stoffwirtschaftliche Systeme in der Regel spezifischen, z.T. „unscharfen“ Charakter besitzen, da die unüberschaubaren Zusammenhänge von sehr vielen Einzelgrößen nicht mehr „scharf“ in „Kurzform“ dargestellt werden können. Es existieren jedoch bereits Werkzeuge, die sowohl einfache Regeln aus Systemwissen generieren können. Außerdem sind auch entsprechend strukturierte Entscheidungswerkzeuge in der Lage, fundierte Einzelzusammenhänge aufzuklären, dazu werden jedoch spezielle Modellsysteme und Optimierungswerkzeuge benötigt.

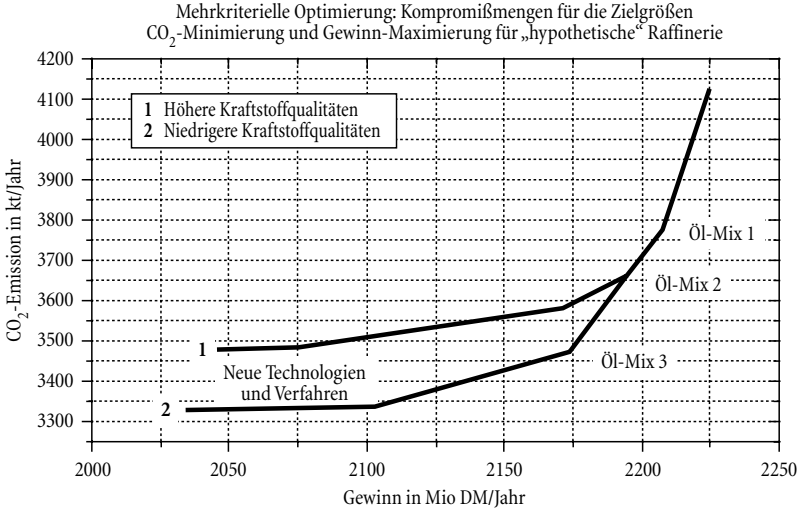

Abbildung 13: Kompromissmengen für die Zielgrößen Gewinn und CO_2-Emission für die untersuchte Modellraffinerie für zwei Produkt-Mixe

Literatur

Barnikow, A.; Behrendt, U.; Hartmann, K.; Scharni, M. (1992): DICTUM. Decision support system for analysis and synthesis of large-scale industrial systems. Part I: Components. In: Computers in Industry, 18 (1992), No. 2, pp 135-144

Dietzsch, L.; Hartmann, K. (1994): Untersuchungen komplexer Systeme unter Nutzung eines modellgestützten Beratungssystems mit Mehrfachzielsetzung. Cottbus (Technische Universität, Fakultät für Umweltwissenschaften) 1994

Dietzsch, L.; Kröller, U.; Hartmann, K. (1992): DICTUM. Decision support system for analysis and synthesis of large-scale industrial systems. Part II: Databases and industrial applications. In: Computers in Industry, 18 (1992), no. 2, pp. 145-153

Hartmann, K. (2000): Kapitel 4.6. In: Fratzscher, W.; Stephan, K. (Hrsg.): Strategien zur Abfallenergieverwertung. Wiesbaden 2000, S. 254-270

Hartmann, K.; Dietzsch, L. (1993): Long-Term Carbon Dioxide-Reduction Strategies Using a Model-Based Multicriteria Decision Support System. In: Decision Making. Towards the 21st

Century, Proceedings; Real Academica De Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales, Madrid, 2.-5. Juni 1993. Madrid 1993, pp. 230-240

Hartmann, K.; Dietzsch, L. (1996): A decision support system for the long-term development planning of large-scale process systems. In: Proceedings of the Fifth World Congress of Chemical Engineering; San Diego, USA. San Diego 1996, pp. 263-268

Hartmann, K.; Gilyarov, V.; Hartmann, R. (1995): A neuro-fuzzy tool for the generation and improvement of heuristic rules for process synthesis, design and control. In: Proceedings of ISPE '95; Snowmass Village, Colorado, USA, 9.-14. Juli 1995. Snomass Village 1995, pp. 279-282

Hartmann, K.; Haase, H.-J. (1994): Visualization methods for evaluation of feasible separations of azotropic mixtures. In: Hungarian Journal Periodica Polytechnica, Ser. Chem. Eng., 38 (1994), No.1, pp. 57-68

Peuker, T.; Hartmann, K. (1995): Verbesserung der Entscheidungsfindung bei der Prozeßsteuerung eines erdölverarbeitenden Anlagenkomplexes. In: Chem.-Ing.-Tech., 67 (1995), H. 12, 1649-1652

Schmuhl, J.; Müller, H.; Hartmann, K. (1996): Optimierung verfahrenstechnischer Prozesse und Systeme. Cottbus (Brandenburgische Technische Universität, Fakultät für Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik) 1996

Wagenknecht, M.; Hartmann, K. (1992): Die unscharfe Modellierung heuristischer Regeln für die Steuerung und den Entwurf verfahrenstechnischer Prozesse. In: Chem.-Ing.-Tech., 64 (1992), H. 11, S. 1029-1031

Organ unterstützende Systeme vor neuen Herausforderungen[1]

Günter von Sengbusch

Eine vorübergehende, von wenigen propagierte Separation von Disziplinen hat in der Medizin-Technik nie Platz gegriffen. Medizin-Technik zeichnet sich seit je her durch eine direkte Kooperation zwischen verschiedenen Fachdisziplinen aus und ist nur dort erfolgreich geworden, wo dies auch praktiziert wurde. Eine Technik ohne Medizin ist halt eben keine Medizin-Technik.

Heute verschwimmen zunehmend die Grenzen zwischen den „Man-made"-Technologien und den „Nature-made"-Technologien und damit auch klassische Grenzen des Engineering. Wenn wir heute technische Systeme zur Regeneration von Gewebe und Organen einsetzen (z.B. Tissue Engineering von Haut), so ist das erst ein Anfang der direkten Kopplung von Technologie und Organismus. Eine faszinierende Perspektive für diejenigen, die nicht disziplinär, sondern transdisziplinär denken.

1. Die Medizin-Technik der Zukunft ist ein transdisziplinäres Gebiet, das eine enge Zusammenarbeit von Medizin, Naturwissenschaft, Engineering und Sozioökonomie erfordert.
2. Die Medizin-Technik gehört zu den innovativsten Technologien mit einem direkt messbaren Nutzen für den Patienten.
3. Die Biologisierung der Technologie eröffnet der Medizin-Technik neue Wege zur Kopplung von organischen und technologischen Funktionen.

[1] Zum Symposium vorgelegte Thesen.

Technologie aus arbeitswissenschaftlicher Sicht

Heinz Bartsch

1 Einleitung

Im Zusammenhang mit der Diskussion über den Begriff „Technologie“ gab es in der Vergangenheit aus der Sicht unterschiedlichster Fachrichtungen immer wieder Irritationen und scheinbaren Interpretationsbedarf. Dabei ist die Existenz unterschiedlichster Ansatzpunkte über den Zugang zur Technologie in der wissenschaftlichen Diskussion völlig normal. Normal erscheint dabei auch, dass je Ansatzpunkt und Verwendungszweck immer Interpretationsunterschiede bleiben werden. Dies auch getreu dem wissenschaftlich -praktikablen Grundsatz: Eine Definition ist weder wahr noch falsch, sie muss zweckmäßig sein!

Nachfolgend soll deshalb der Versuch unternommen werden, die Position der Arbeitswissenschaft zur Technologie darzustellen und zu diskutieren.

2 Zum Technologie-Begriff

Die Begriffe „Technik“ und „Technologie“ sind seit Jahrzehnten Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen. Eine erste Grundlage dafür bot Johann Beckmann, der 1777 seine „Anleitung zur Technologie“ veröffentlichte. Daraus abgeleitet bezeichnet „Technologie“ eine übergreifende, Wirtschaft und Gesellschaft umfassende Technikforschung und -lehre. In jüngerer Zeit wurden bestimmte Grundlagen einer solchen „Allgemeinen Technologie“ z.B. von Günter Ropohl im Kontext der Systemtheorie vorgelegt (vgl. Ropohl 1999). Sehr häufig werden in der Literatur die Begriffe „*Technik*“ und „*Technologie*“ semantisch gleichgesetzt und damit auf einer Ebene gesehen. Dieser Auffassung kann sich der Autor, auch im Sinne der Regeln der Formallogik, nicht anschließen. Er stimmt weitestgehend Hörz zu, wenn der unter Technik „die Gesamtheit der vom Menschen geschaffenen Artefakte (Kunstprodukte – H.d.V.; H.B.) zur Beherrschung der natürlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Umwelt und des eigenen Verhaltens“ verstehen möchte, wenn hier auch der Terminus „Beherrschung“ überbetont erscheint (vgl. Hörz 2002, S. 50 f.).

Aus der Sicht vorwiegend ingenieurmäßiger Denkweise kann daraus abgeleitet werden, dass „Technik“ als Oberbegriff von „Technologie“ und „Konstruktion“ verstanden wird. Technologie und Konstruktion sind damit also *technische Wissenschaftsdisziplinen,* wenn man z.B. dann die *Technologie* als die *technische Wissenschaft von den naturwissenschaftlich-technischen Gesetzmäßigkeiten der materiell-technischen Seite des Produktionsprozesses* versteht. Aus dieser Sicht ist der Begriff Technologie eng an den Begriff Produktionsprozess gebunden und bietet damit eine konkrete Bezugsebene für ingenieurmäßiges Handeln.

Beachtet werden muss aber dabei, dass jeder Produktionsprozess nicht nur durch seine materiell-technische, sondern immer gleichfalls auch durch seine sozial-ökonomische Seite gekennzeichnet wird. Im Rahmen der prozessbezogenen Herstellung von Produkten bzw. der Realisierung von Leistungen werden im Sinne eines angestrebten Arbeitsfortschrittes von einem bestimmten Ausgangszustand (z.B. Rohteil) über Zwischenbearbeitungszustände bis zu einem bestimmten Endzustand (Ablauforganisation) u.a. *Menschen durch die funktionsbezogene Verkopplung von Arbeitsplätzen miteinander in Beziehung* gesetzt, die den eigentlichen Kern der so wirksamen *sozialen Prozesse mit gleichfalls auch ökonomischen Zielstellungen und Wirkungen* darstellen.

Aus diesen Feststellungen leitet sich die generelle Erkenntnis ab, dass Produktionsprozesse nur in der *Einheit ihrer technischen (technologischen), sozialen und ökonomischen Teilprozesse* existent sind. Aus dieser Erkenntnis sollten sich deshalb auch die Anforderungen ableiten, die aus der Sicht einer ganzheitlichen Betrachtung an die Optimierung von Produktionsprozessen gestellt werden müssen.

Aus dieser These wiederum ergibt sich z.B. für den Projektanten von technologischen Prozessen die fachliche Kompetenz und soziale Verantwortung dafür, dass er mit der Projektierung technologischer Prozesse aus der Sicht der darin tätigen Menschen in erster Linie zukünftige Tätigkeitsstrukturen und -inhalte festlegt, von denen dann wieder die jeweiligen Anforderungen an die Qualifikation, die physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen und die Wirkungen auf die Zufriedenheit und Identifikation der Mitarbeiter mit den Arbeitsaufgaben (z.B. motivationaler Aspekt) und dem Unternehmen abgeleitet werden. Das schließt gleichfalls immer die ganzheitliche Betrachtung der Wirkungslinie Mensch-Technik-Organisation ein. Im Kontext einer solchen Interpretation des Begriffes Technologie schließt sich der Autor den Auffassungen von Herbert Hörz weitestgehend an.

3 Gegenstand und Ziel der Arbeitswissenschaft

In der Fachliteratur gibt es zur Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin Arbeitswissenschaft unterschiedliche Ansätze und Positionen. Übereinstimmend wird jedoch festgehalten, dass es bis zum Zeitalter der industriellen Revolution im Prinzip keine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der *Beziehung Mensch-Arbeit* gab.

3.1 Zur „Geschichte" der Arbeitswissenschaft

Wenn von der „Geschichte" der Arbeitswissenschaft gesprochen (gelesen) wird, dann sollte man zeitlich dort beginnen, wo *menschliche Arbeit und der arbeitende Mensch* zum bewussten Gegenstand von Forschung und Erkenntnis über die *Gesetzmäßigkeiten und Wirkungsbedingungen* wurden und sich demnach in die Systematik der Wissenschaften mit einem eigenen Gegenstand und eigener Methodik einordnen lassen. Die *besondere Spezifik* besteht darin, dass sich menschliche Arbeit durch einen *hohen Grad an Komplexität* auszeichnet und deshalb vor allem interdisziplinär hinterfragt und gestaltet werden muss. Eine solche Positionierung schließt ein, auch die „Vorläufer" dieser Wissenschaftsdisziplin zu erkennen und zu deuten. In dem Moment, wo durch systematische Untersuchungen die *Produktivität der menschlichen Arbeit* nachgewiesen werden konnte, bekam auch die „menschliche Arbeit" einen so hohen Stellenwert, dass gezielt wissenschaftliche Erkenntnisse zur *Verbesserung der menschlichen Arbeitsleistung* genutzt wurden.

Dabei brachte vor allem die industrielle Revolution einschneidende Veränderungen für die menschliche Arbeit mit sich (z.B. Arbeitsteilung, hoher Leistungsantrieb, schlechte und unangepasste Ernährung). Erst die dadurch entstehenden Probleme gaben u.a. einen Anstoß, das Objekt „menschliche Arbeit" wissenschaftlich zu durchdringen. Dabei konnte durchaus nicht gleichzeitig unterstellt werden, dass *Menschenarbeit und Menschenwürde eine Einheit* darstellten. Eine Position, die sich selbst heute noch nicht überall als Selbstverständlichkeit in der realen Praxis zeigt.

Besonders in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts waren Bemühungen deutlich, eine erhöhte Präzision, Effektivität und Produktqualität der Maschinen nicht nur durch die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu erreichen, sondern durch soziologische und psychologische Untersuchungen Erkenntnisse über

die Auswirkungen für den in diesen Prozessen eingebundenen Menschen zu gewinnen. Der hier gesetzte Terminus „Psychotechnik“ wurde Ende der zwanziger Jahre in den komplexeren Begriff „Arbeitswissenschaft“ integriert.

Soweit es heute bekannt ist, findet sich der Begriff *Arbeitswissenschaft* in der Literatur zuerst 1858 bei Jastrzebowski. Er definiert Arbeitswissenschaft wie folgt: „Die Bedeutung des Einsatzes unserer Lebenskräfte [...] wird für uns zum antreibenden Moment, uns mit einem wissenschaftlichen Ansatz zum Problem der Arbeit zu beschäftigen und sogar zu ihrer [der Arbeit] Erklärung eine gesonderte Lehre zu betreiben [...], damit wir aus diesem Leben die besten Früchte bei der geringsten Anstrengung mit der höchsten Befriedigung für das eigene und das allgemeine Wohl ernten und dem eigenen Gewissen gegenüber gerecht verfahren.“ (Jastrezebowski 1858, S. 277ff.) Eine Definition, die auch heute noch ihre Aktualität besitzt! Die *Psychotechnik* war besonders nach 1918 für den Aufbau der durch Krieg und Reparationsforderungen zerstörten deutschen Industrie ein wichtiger Bestandteil von Rationalisierungsmaßnahmen (vgl. näher Luczak 1992, S. 4ff.). Als „Anwendung aller Mittel, die Technik und planmäßige Ordnung bieten, zur Hebung der Wirtschaftlichkeit und damit zur Steigerung der Gütererzeugung, zu ihrer Verbilligung und auch zu ihrer Verbesserung“ wurden sie als wichtige Mittel in den Statuten des 1921 gegründeten Rationalisierungskuratoriums für Wirtschaftlichkeit (RKW) beschrieben. Um 1900 wurde der Terminus *„Psychotechnik“* erstmals von William Stern (1871-1938) verwendet. Stern war Professor für Philosophie und Leiter des psychologischen Labors der Universität Hamburg. In Zusammenarbeit mit dem Psychologen Otto Lippmann (1880-1933) gab er die Zeitschrift für angewandte Psychologie heraus. Von Lippmann wurde dann auch 1926 ein Grundriß der Arbeitswissenschaft und 1932 ein Lehrbuch der Arbeitswissenschaft bekannt.

Die institutionellen Ursprünge der *Arbeitswissenschaft* in Deutschland können mit dem 1913 von Rubner gegründeten Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie in Berlin (später Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie) und die psychologisch ausgerichtete Schule im Umkreis des späteren Ordinarius für Psychiatrie in Heidelberg Emil Kraepelin (1856-1926) sowie des Psychologen und Philosophen Hugo Münsterberg (1863-1916) gesehen werden. Münsterberg war ein Schüler von Wilhelm Wund (1832-1920). Wund gründete 1879 in Leipzig das erste Institut für experimentelle Psychologie. Münsterberg war in den USA direkter Zeuge der „Taylorismus-Bewegung“ und hielt 1913 als Harvard-Professor in Berlin Vorlesungen zur Experimentalpsychologie.

Max Weber (1864-1920) beschrieb in der „Psychophysik der industriellen Arbeit“ (1908/1909) Unzulänglichkeiten bei bisher durchgeführten Ermüdungsmessungen im Arbeitsprozess und entwickelte einen soziologischen Ansatz zur Arbeitswissenschaft in den Erhebungen des Vereins für Sozialpolitik (gegründet 1872).

Ganz entscheidende Impulse erhielt die Arbeitspsychologie insbesondere auch durch die Rationalisierungsbemühungen des amerikanischen Ingenieurs Frederic Winslow Taylor (1856-1915). Er und sein Schüler Frank Bunker Gilbreth (1868–1924) befassen sich erstmalig auf wissenschaftlicher Grundlage mit dem *Arbeitsverhalten des Menschen*. Die von ihm entwickelten Methoden bezogen sich sowohl auf die Verbesserung der Produktionsanlagen als auch auf die *Reorganisation der Arbeitsabläufe*. In diesem Kontext gehört auch Henry Ford (1863-1947) zu den „Vorläufern“ der Rati onalisierung. Er entwickelte schon damals Methoden, die wir teilweise noch vor wenigen Jahren unter *lean production* wiederentdeckten.

Maßnahmen zur Rationalisierung und zur Wiederbelebung der Wirtschaft wurden in Deutschland vor allem nach dem Ersten Weltkrieg verstärkt. Der 1923 gegründete Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung, heute bekannter unter dem Namen REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. und das bereits 1921 gegründete Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk beim Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine (RKW) nahmen darauf wesentlichen Einfluss. Sie sahen ihre Hauptaufgabe darin, alle zur Verfügung stehenden technischen (also auch technologischen) und betriebsorganisatorischen Mittel mit den unterschiedlichen Produktionszweigen zu verbinden.

3.2 Gegenwärtige Position der Arbeitswissenschaft

Vor dem Hintergrund eines christlich-westlich geprägten Menschenbildes, wonach der Mensch als *autonomes Subjekt* verstanden wird, das zur Regulierung der eigenen Beziehungen zur Umwelt und zur Selbstregulation fähig ist, geht die moderne Arbeitswissenschaft von der zentralen Stellung des Menschen im Arbeitsprozess aus. Diese Position setzt sich zunehmend in Wissenschaft und Praxis durch.

Neben dem Begriff Arbeitswissenschaft wird, oft sogar gleichbedeutend, der Begriff *Ergonomie* verwendet. Das Wort „Ergonomie“ leitet sich aus dem altgriechischen Wörtern „ergon“ (= Arbeit) und „nomos“ (= Gesetzmäßigkeit) ab und kann, als Synonym verstanden, auch so ausgelegt werden, dass sich die Ergonomie mit den Ge-

setzmäßigkeiten der menschlichen Arbeit befasst. Dieser Begriff wurde 1858 ebenfalls durch den Polen Wojciech Jastrzebowski erstmals bekannt, setzte sich allerdings in der Folgezeit mit dem von ihm bezeichneten Wissensgebiet nicht durch.

In der Praxis kennzeichnet die Ergonomie allerdings eine geringere Breite als die Arbeitswissenschaft. Der zentrale Gegenstand der Ergonomie wird vor allem in der Optimierung von Mensch-Maschine-Systemen gesehen. Es wird auch häufig die Position vertreten, dass die Ergonomie als das Kernstück der Arbeitswissenschaft zu verstehen ist und in erster Linie mit Hilfe ingenieurwissenschaftlicher Instrumentarien und Methoden arbeitet. Diese Unterschiede können u.a. auch durch einen Vergleich der Bezeichnungen und Gegenstände vergleichbarer Lehrstühle an den Universitäten verdeutlicht werden. Da gibt es z.B. den Lehrstuhl Ergonomie an der Technischen Universität München und den Lehrstuhl Arbeitswissenschaft an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus.

Die Position des Autors zur Arbeitswissenschaft wird dadurch beschrieben, dass er alles, was in der Wechselbeziehung *„Personal/Mensch"-„Betriebsmittel"-„Werkstoffe"* eines Arbeitssystems dazu beitragen kann, die Wirksamkeit und die Befindlichkeits- und Zustandsveränderungen des Menschen im und durch den Arbeitsprozess zu verbessern, zum Gegenstand der Arbeitswissenschaft zählt. Aus der Sicht ganzheitlicher Betrachtungen ergeben sich daraus notwendigerweise große *Schnittflächen zu anderen Wissenschaftsgebieten*, wie z.B. dem Personalmanagement oder der Sicherheitswissenschaft. Nach dieser Position ist demnach die „Arbeitswissenschaft" die Bezugsebene für zumindest der Ergonomie/Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation, Arbeits- und Gesundheitsschutz/Arbeitssicherheit, Personalmanagement (Personalplanung, -entwicklung, -führung). Der Begriff Arbeitswissenschaft könnte auch einfach als die Wissenschaft von der Arbeit bezeichnet werden. Eine solche Erklärung reicht aber nicht aus. Es muss deutlicher werden, wo die Bezugsebene und wo die Begrenzungen „gesetzt" werden. Betrachtet man z.B. die Arbeitswissenschaft auf einer denkbaren Makro-Ebene, dann wären hier aus volkswirtschaftlicher Sicht die Bedingungen einer Arbeitsgesellschaft schlechthin zu berücksichtigen. Das ist offensichtlich nicht der Hauptbezug der Arbeitswissenschaft.

Wird die Arbeitswissenschaft auf einer ebenfalls denkbaren Mikro-Ebene bezogen, dann könnte im Extremfall damit ausschließlich die Wechselbeziehung der Elementarfaktoren (Personal/Arbeitskräfte, Betriebsmittel, Werkstoffe) in entsprechender zeitlicher und räumlicher Determination gemeint sein. Das ist durchaus eine Posi-

tion, von der viele Arbeitswissenschaftler ausgehen. Damit begrenzt sich der Schwerpunkt ihrer arbeitswissenschaftlichen Betrachtungsweise hauptsächlich auf die eigentliche Arbeitsplatzgestaltung.

Wenn eine solche Betrachtungsweise dann auch noch fast ausschließlich aus der Sicht allein der Nutzung der Erkenntnisse der Ingenieurwissenschaften vorgenommen wird, dann beschneidet man sich von vornherein der Möglichkeit, im Sinne der objektiv vorhandenen Komplexität von zu lösenden Problemstellungen, alle gegebenen Ressourcen zu erschließen. Es können so nicht alle Lösungspotentiale einer Problemstellung genutzt werden, weil eben wegen der nicht interdisziplinären Vorgehensweise zur Problemlösung nur „Halbwahrheiten" erarbeitet und angeboten werden können.

Die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., die Fachgesellschaft aller Arbeitswissenschaftler im deutschsprachigen Raum, versucht mit nachfolgender Definition diese Schwierigkeiten zu fassen: „Inhalt der Arbeitswissenschaft ist die Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen und Arbeitsmitteln, wobei der arbeitende Mensch in seinen individuellen und sozialen Beziehungen zu den übrigen Elementen des Arbeitssystems Ausgang und Ziel der Betrachtung ist. Arbeitswissenschaft ist deshalb die Wissenschaft von

- der menschlichen Arbeit, speziell unter den Gesichtspunkten der Zusammenarbeit von Menschen und des Zusammenwirkens von Mensch und Arbeitsmitteln bzw. Arbeitsgegenständen;
- den Voraussetzungen und Bedingungen, unter denen die Arbeit sich vollzieht;
- den Wirkungen und Folgen, die sie auf Menschen, ihr Verhalten und damit auch auf ihre Leistungsfähigkeit hat;
- den Faktoren, durch die Arbeit, ihre Bedingungen und Wirkungen menschengerecht beeinflusst werden können.

Das zentrale Ziel der Arbeitswissenschaft mündet ein in die praktische Arbeitsgestaltung: die Arbeitswissenschaft will der Praxis – und damit dem Menschen – mit der Arbeitsgestaltung im Rahmen des Arbeitsstudiums Handlungsempfehlungen geben, wie die Arbeit rational und rationell gestaltet werden kann." (Luczak 1992, S. 5ff.) Dieser Position kann sich der Autor weitestgehend anschließen, allerdings nicht mit der hier formulierten „zentralen Zielstellung", die zu einseitig auf ökonomische Wirk-

samkeit ausgelegt wird und die psychologische/soziale Zielstellung als Bestandteil einer „menschengerechten Arbeitsgestaltung“ vernachlässigt.

4 Arbeitswissenschaftliche Anforderungen für eine menschengerechte Technologie-Gestaltung

Warnecke formulierte 1992 „Wenn wir die Zukunft in intelligenten Produktionssystemen sehen, so stellt sich die Frage, wo diese Intelligenz angesiedelt ist. Die Antwort kann nur lauten: im Mitarbeiter, denn der Mensch ist ungeschlagen in seiner Leistungsfähigkeit bei der Verknüpfung von Informationsverarbeitung und zweckmäßiger Reaktion.“ (Warnecke 1992) Eine wesentliche Konsequenz aus dieser Erkenntnis muss deshalb sein, in diesem Kontext vor allem Investitionen in Forschung und Nutzung von *menschlicher Intelligenz* und im Verhältnis dazu weniger in *„künstlicher“ Intelligenz* vorzunehmen. Vor allem die Nutzung menschlicher Intelligenz für die Optimierung von Prozessen ist dann wieder ein Kerngegenstand der Arbeitswissenschaft mit den bereits genannten Arbeitsbereichen. Damit deutet sich auch ein Paradigmenwechsel in der Rationalisierung derart an, dass die Nutzung des Potentials qualifizierter Arbeitskräfte auch ökonomisch sinnvoller sein kann als der Einsatz hochkomplexer Automatisierung.

Einen besonderen Gegenstand arbeitswissenschaftlicher Betrachtungen stellen schlechthin die *Mensch-Technik-Interaktionen*, ihre Analyse, Bewertung und Gestaltung dar. Wenn wir diesen Zusammenhang auch nur aus der Sicht der Sicherheitswissenschaft, die, wie beschrieben, sehr stark mit der Arbeitswissenschaft korrespondiert, sehen würden, dann stellt sich immer wieder generell die Frage nach dem *Risiko*. Das „objektiv“ bestimmte Risiko, ausgedrückt durch die Multiplikation von Schadensumfang und Schadenseintrittswahrscheinlichkeit, wird dahingehend stark kritisiert, dass die Risikowerte zu ungenau und in zu engem Rahmen gültig sind (vgl. Kuhlmann 2001). Dazu kommt, dass bei großen Risikopotentialen der Schadensumfang in der genannten Formel unterbewertet werden kann. Das alles lässt sich aber diskutieren und verbessern. Wichtig ist immer, dass das Sicherheitsziel eindeutig ist und zunehmend besser verstanden und praktiziert wird, dass *Sicherheit eben nicht nur eine technische Komponente* hat. Diese Problemstellung gewinnt nicht nur wegen der Ereignisse vom 11. September 1991 in New York zunehmend an gesellschaftlicher Relevanz. Die kritische Öffentlichkeit hat ihre eigenen Bewertungsmaßstäbe zu Risi-

koeinschätzungen nach solchen Merkmalen wie Schadenspotential für Katastrophenfälle, soziale Verteilung von Nutzen und Lasten von Risiko-Technologien, Kontrollierbarkeit von Risiken, Freiwilligkeit von Risikoübernahmen (vgl. Kuhlmann 2001). *Risiko und Akzeptanz* stehen hierbei in einem engen Zusammenhang und müssen zukünftig stärker beachtet werden.

Ein weitere Aspekt neuer arbeitswissenschaftlicher Aufgabenstellungen ergibt sich zwingend auch aus den Wirkungen der *internationalen Globalisierung des technologischen Fortschritts* und der weiteren wirtschaftlichen Verflechtung der Weltgesellschaft. In diesem Kontext befasst sich Interkulturalität mit der Weltgesellschaft und aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht insbesondere damit, wie sie für die industriellen und gesellschaftlichen Lebens- und Arbeitssituationen transparent gemacht werden kann (vgl. Bartsch 2001). Unterschiedliche Kulturkreise können dabei durchaus von unterschiedlichen Menschenbildern ausgehen und damit auf die Frage nach dem *Verhältnis von Kultur und Technik* unterschiedliche Antworten geben.

Unterschiedliche Anforderungen aus der Sicht verschiedener Kulturkreise müssen sich dabei zumindest auf die anthropometrische, physiologische, psychologische, informatorische, organisatorische, sicherheitstechnische und ästhetische Arbeitsgestaltung beziehen. Nimmt man allein das Beispiel der *anthropometrischen Arbeitsgestaltung*, dann wird die Erarbeitung kulturspezifischer anthropologischer Atlanten, die als brauchbare Datenbasis angesehen werden müssten und mindestens die Variablen Physische Akzeleration, Alter, Geschlecht, Ethnische Unterschiede, Soziale Schichten, Körpermassen, Ermüdungsgrad (Vigilanzverhalten), Kleidung berücksichtigen sollten, noch sehr viel Arbeitsaufwand erforderlich machen. Ähnliches trifft für die anderen genannten Gestaltungsfelder zu.

Eine weitere Anforderung ergibt z.B. daraus, dass die technologische Entwicklung in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts eine neue Kategorie technischer Einrichtungen zeigte, deren Größe und Komplexität alles übertrifft, was bisher aus der Technikgeschichte bekannt war, Mit der Herstellung und Inbetriebnahme solcher komplexer groß-technischer Systeme nahm auch sprunghaft das Gefahrenpotential zu. Das trifft vor allem für *„wenig fehlerverzeihende Bereiche"* zu, wo hohe Konzentrationen von Energie oder toxischen Stoffen kontrolliert werden müssen, damit katastrophale Folgen für Umwelt, Bevölkerung und zukünftige Generationen vermieden werden (vgl. Wilpert 2001). Typisch dafür stehen die Kerntechnik, die zivile und militärische Luft- und Raumfahrt, Anlagen der chemischen Industrie, Gefahrengüter-

transport, schienengebundener Schnellverkehr von Gütern und Menschen, die Schiffahrt und die petrochemischen Großanlagen, aber auch die weltweiten Informations- und Kommunikationsnetze, komplexe Nahrungsmittelketten oder medizinische Dienstleistungen (z.B. HIV-verseuchte Blutkonserven).

Eine wesentliche Methode, hierauf Einfluss nehmen zu können, besteht darin, die *Fehlhandlungswahrscheinlichkeit* (Fehler) des Menschen zu minimieren. Technische und menschliche Fehler können die Zuverlässigkeit eines Systems entscheidend beeinflussen. Über eine solche Fehlerdefinition gelangt man zum Begriff der Zuverlässigkeit. Wenn danach zwischen technischer und menschlicher Zuverlässigkeit unterschieden wird, dann ist der generelle Unterschied vor allem in der Art der Zielgerichtetheit der Informationsverarbeitung von Mensch und Technik zu sehen. Dabei ist davon auszugehen, dass technische Systeme bzw. Subsysteme Funktionen haben, die zwar in den sie aufbauenden Elementen überwacht werden können, bei Funktionsausfall jedoch nicht mehr zur Verfügung stehen. Das gilt grundsätzlich auch für selbstreparaturfähige Systeme. Der Mensch übt dagegen im Mensch-Maschine-System Funktionen aus, indem er Aufgaben erfüllt. Im Gegensatz zur Maschine handelt er zielgerichtet, nicht funktionell. Das heißt, dass er bei Kenntnis des Produktions- bzw. Missionszieles dieses auch mit anderen Mitteln oder einer geänderten Aufgabenabfolge zu erreichen versucht. Dabei kann zwar die Wahrscheinlichkeit des fehlerhaften Ausführens einzelner Handlungsschritte hoch, die Wahrscheinlichkeit aber, das Gesamtergebnis nicht zu erreichen, dennoch sehr klein sein.

Der Mensch verfügt eben über die Fähigkeit, sein Handeln selbst zu überwachen und fehlerhafte Handlungsschritte zu korrigieren, bevor sie sich auf das System auswirken. In diesem Kontext sind aus der Fachliteratur bisher zwei Definitionen zum Begriff *menschliche Zuverlässigkeit* bekannt:

1. „Die menschliche Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen.“ (Bubb 1994, S. 8)
2. Menschlicher Zuverlässigkeit ist die „Befähigung des Menschen im Arbeitssystem, eine geeignete Qualifikation und entsprechende physische und psychische Leistungsvoraussetzungen in einen bestimmten Arbeitsprozeß einzubringen und wirksam werden zu lassen. Damit soll dazu beigetragen werden, daß eine vorgegebene Aufgabenstellung unter spezifischen Bedingungen und in einem vorgegebe-

nen Zeitraum ausgeführt werden kann, wobei technische, wirtschaftliche, humanitäre und ökologische Kriterien sowie ein Fehlerakzeptanzbereich beachtet werden.“ (Bartsch, Marschall 1997, S. 87f.)

Beide Definitionen sind inhaltlich übereinstimmend und gehen von den gleichen Voraussetzungen aus. Bartsch/Marschall erweitern die Definition von Bubb allerdings um die Benennung wertvoller Randbedingungen. Welche Faktoren dabei *hauptsächlich* die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussen, zeigt Abbildung 1. In der Definition des Begriffes menschliche Zuverlässigkeit von Bartsch/Marschall wird u.a. deutlich, dass hier von einem Menschenrecht auf Fehler bzw. dem Grundsatz „*erare humanum est*“ ausgegangen wird.

Am Lehrstuhl Arbeitswissenschaft der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus wurden in den zurückliegenden Jahren umfangreiche Forschungsarbeiten zu diesen Fragestellungen besonders am Beispiel der Berufszielgruppen Piloten, Chirurgen und Führungskräfte durchgeführt. Sie belegen bisher durchweg den wesentlichen Zusammenhang und damit Einfluss der menschlichen Zuverlässigkeit in Einheit mit den Teilzuverlässigkeiten der Technik und der Organisation in Arbeitssystemen auf die Gewährleistung der geplanten Qualität der herzustellenden Produkte bzw. zu realisierenden Leistungen, auf die Effektivität des Gesamtprozesses, auf die Wirkungsbedingungen und die Zustands- bzw. Befindlichkeitsveränderungen der arbeitenden Menschen und nicht zuletzt auf ein umweltschützendes Wirken am Arbeitsplatz .

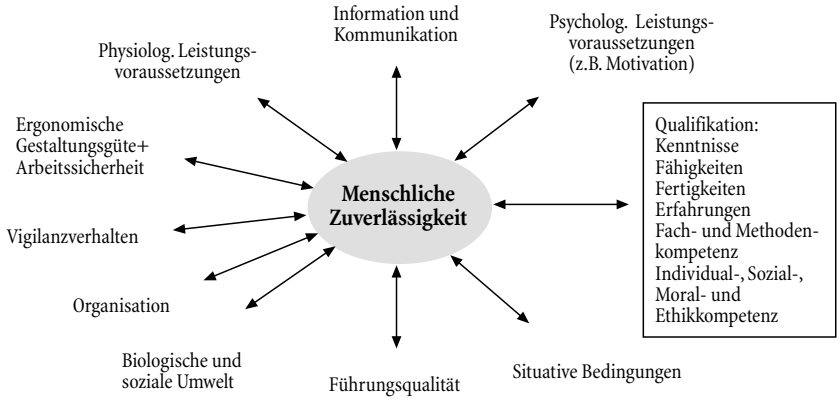

Abbildung 1: Einflussfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit

Damit sind gleichfalls die generellen wichtigsten Ausgangsgrößen eines jeden Arbeitssystems genannt. In diesem Kontext wurde deutlich, dass arbeitswissenschaftliche Gestaltungsanforderungen, die technologiedeterminiert sind, immer gleichermaßen prozess- und elementorientiert sein müssen.

5 Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Beitrag sollten beispielhaft die vielfältigen Beziehungen zwischen der Technologie und der Arbeitswissenschaft gezeigt werden. Das kann in einem solchen Beitrag nicht nach dem Prinzip der Vollständigkeit gelingen.

Voraussetzung ist aber, dass man sich eine klare Vorstellung von dem schafft, was in Verbindung gebracht werden soll bzw. dessen Verbindungen erforscht, analysiert und im Sinne menschlicher Optimierungsvorstellungen für Wissenschaft und Praxis nutzbar angewendet werden kann. Deutlich wird dabei vor allem, dass eine sinnvolle und erfolgversprechende Verbindung zwischen Technologie und Arbeitswissenschaft nur in einer interdisziplinären Arbeit gelingen kann.

Literatur

Bartsch, H. (2001): Berücksichtigung interkultureller Aspekte für die Sicherheitsrelevanz von Produktionsanlagen. In: World Congress Safety of Modern Technical Systems. Congress-Documentation Saarbrücken 2001. Köln 2001, S. 455-459

Bartsch, H.; Marschall, C. (1997): Ergonomisches Gestaltungsniveau von Produkten und Prozessen – ein wesentlicher Faktor für Qualität, Effizienz, Humanität und Ökologie. In: Forum der Forschung. Wissenschaftsmagazin der BTU Cottbus, 3 (1997), H. 5.2, S. 87-95

Bubb, H. (1994): Menschliche Zuverlässigkeit, Sicherheit und Risikobeurteilung. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 48 (1994), H. 1, S. 8-13

Hörz, H. (2002): Technologien zwischen Effektivität und Humanität. In diesem Band

Jastrzebowski, W. (1858): Rys Ergonomji czyli nauki o pracy opartej na prwdach poczerpnietych z nauki przyrody I-IV (Umriss der Ergonomie, das heißt der aus der Naturlehre in die Arbeitslehre aufgenommenen Wahrheiten). In: Przyroda i Przemysl (Natur und Industrie), 2 (1858), Nr. 29, S. 277-231, Nr. 30, S. 236-238, Nr. 31, S. 244-247, Nr. 32, S. 253-255

Kuhlmann, A. (2001): Wird die Sicherheitswissenschaft den Ansprüchen moderner Technik-systeme gerecht? In: World Congress Safety of Modern Technical Systems. Congress-Documentation Saarbrücken 2001. Köln 2001, S. 9-17

Luczak, H. (1992): Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg u.a. 1992

Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. München, Wien 1999

Warnecke, H.-J. (1992): Die Fraktale Fabrik. Berlin, Heidelberg u.a. 1992

Wilpert, B. (2001): Der Mensch im Kontext technischer Systeme. In: World Congress Safety of Modern Technical Systems. Congress-Documentation Saarbrücken 2001. Köln 2001, S. 29-43

Informations- und Kommunikationstechnologien – Organisation und Management des Wissens

Klaus Fuchs-Kittowski

1 Wissensmanagement zwischen Fremd- und Selbstorganisation

1.1 Neue Formen des Managements und des IKT- Einsatzes werden wichtig

Kaum ein Begriff zur Kennzeichnung der Besonderheit unserer gegenwärtigen gesellschaftlichen Entwicklung im digitalen Kapitalismus hat sich so allgemein durchgesetzt wie der der Informations- bzw. Wissensgesellschaft. Dieser Begriff verdeutlicht verschiedene Phänomene gesellschaftlicher und technologischer Wandlungsprozesse. Sie treffen im Kern die Wettbewerbsbedingungen von Unternehmen. Information und Wissen werden zu einer zentralen Ressource. Engpässe im Arbeitsmarkt, der Zuwachs an wissensintensiven Dienstleistungen u.a. weisen darauf hin. Aber insbesondere auch die rasante Entwicklung der globalen digitalen Netze – des Internets – verweist mit Nachdruck auf die Bedeutung der Organisation und des Managements des Produktionsfaktors Wissen. Weniger einig ist man sich offensichtlich hinsichtlich der weitreichenden und ambivalenten Konsequenzen aus der bisherigen Entwicklung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien und darüber, wie ein professionelles Wissensmanagement entwickelt und dessen methodologische und technische Unterstützung durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien für die Unternehmen realisiert werden kann.

Es kann gezeigt werden, wie Strategien des Wissensmanagements z.B. durch Nutzung der Dokumentenrecherchesysteme digitaler Netze, durch intelligenten Zugriff auf Organizational Memories oder die Integration verschiedener Typen von Arbeits-/Geschäftsprozessen mit dem Wissensmanagement, vermittels moderner Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt werden können. Hierbei kommt es zu fruchtbaren Wechselbeziehungen zwischen Informationstechnologiemanagement und Wissensmanagement (vgl. Spur 1998, S. 145ff.).

Man beginnt zu begreifen, dass sich das Wissen herkömmlicher Formen des Managements (vgl. Soukup 2001) und des Einsatzes von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) entzieht. Für das Management des Wissens ergeben sich wesentliche Konsequenzen. Es hat sich vor allem am Wesen menschlichen Wissens zu orientieren.

Der Gedanke, Wissen als Ressource zu verstehen, ist nicht so neu, denn schon der Begründer der wissenschaftlichen Betriebsführung, Fredric Tylor, verfolgte das Ziel, Wissen in den Arbeitsprozess einzubringen. Das Wissen wird vom einzelnen Arbeiter abgehoben, in Regeln gefasst und somit wiederholbar für die Arbeitsprozesse bereitgestellt.

- Die heute weit verbreitetet Sicht vom Wissen als Ressource unter dem Aspekt der Steuerung erweist sich als zu eng.
- Das Verständnis von Leitungstätigkeit allein als Steuerung ist aus vielerlei Gründen in Frage zu stellen. Dies gilt insbesondere für das Wissensmanagement.
- Fremdorganisation – Steuerung als allein von außen geplante, gezielte Veränderung – wird im Zusammenhang mit der Selbstorganisation sozialer Systeme zu einem störenden Eingriff.
- Selbstreferentielle Systeme entziehen sich einer wirksamen Steuerung von außen. Dies widerspricht aber nicht einer bewussten Gestaltung aus dem Prozess selbst heraus, sondern fordert sie heraus.
- Bei der Unterstützung qualifizierter Arbeit durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien (z.B. durch Telekooperationssystemen) ist eine sinnvolle Kombination von Steuerung und Autonomie im Arbeitsprozess anzustreben.

Noch bis vor kurzem wurde die informationstechnologische Entwicklung in den Unternehmen weithin von dem „radikalen Gedanken“ an eine Vollautomatisierung getragen. Das Scheitern dieser Konzeption machte die in der Praxis bestehende Differenz zwischen steuernder Planung und der Realität der Arbeitsprozesse deutlich. Das Planungswissen ist einzubetten in die reale Arbeitssituation. Hierbei kommt es zu Veränderungen der prädeterminierten Funktionen oder Handlungsfolgen (vgl. Wehner, Endres 1993). Es kommt zur subjektiven Nutzung z.B. über Display angebotener Informationen. Es handelt sich hierbei offensichtlich nicht um einen willkürliches Unter-

laufen von Planungsvorgaben, sondern gerade um die notwendige Anpassung des Individuums. Der Arbeitende muss, unter mehr oder weniger restriktiven Bedingungen, den Anforderungen seiner konkreten Arbeitsumwelt, dem subjektiv erfassten Arbeitsauftrag, in dem konkreten Arbeitsprozess, gerecht werden. Bei den Arbeitenden zeigt sich das Bedürfnis, „durch frühzeitige Antizipation reaktives Verhalten zu vermeiden und so möglichst Herr der eigenen Planung zu werden" (Waibel, Wehner 1994, S. 16).

Haben wir es mit qualifizierender Arbeit, speziell mit wissensintensiven Arbeitsprozessen zu tun, kann noch viel weniger Planungswissen im genannten Sinne vorgegeben werden. Hier muss eine Kombination von Steuerung und Selbstorganisation angestrebt werden. Dies folgt aus der Einsicht, dass es nicht möglich ist, komplexe soziotechnische Systeme vollständig kontrollieren bzw. steuern zu können.

Erfahrung zu machen im Tun (vgl. Volper 1992) ist vor allem eine Herausforderung an die individuellen Fähigkeiten, sich an die nicht zu verändernden Bedingungen einer Arbeitssituation anzupassen. (vgl. Waibel, Wehner 1994). Will man dabei zugleich die Handlungsautonomie erreichen oder bewahren, so bedarf es reflektierender Fähigkeiten, die es dem Arbeitenden erlaubt, sich kollektives bzw. organisationales Wissen auch ohne eigene Erfahrung nutzbar zu machen. Gerade dies macht die Organisation des Wissens, ein Wissensmanagement im Sinne der Verteilung vorhandenen Wissens und der Schaffung von Bedingungen zur Erzeugung neuen Wissens so besonders aktuell. Ein solches Wissensmanagement darf sich jedoch nicht auf die Vorgabe von Planungswissen, im Sinne des traditionellen Managements beschränken, sondern muss sich insbesondere auf die Unterstützung der sich im Arbeitsprozess vollziehenden Lernprozesse beziehen. Der Einsatz moderner IKT zur Unterstützung wissensintensiver Arbeitsprozesse muss sich auf dem schmalen Pfad zwischen Steuerung und Selbstorganisation bewegen.

1.2 Szientistisch oder am Menschen orientierte Informatik

Ein besonders wichtiges Einsatzgebiet für moderne Informations- und Kommunikationstechnologien ist die Unterstützung der Wissens-Ko-Produktion u.a. durch Telekooperationssysteme. Anhand des Wissens-Ko-Produktions-Zyklus kann gezeigt werden, dass es (auf der Grundlage einer genaueren Differenzierung zwischen Daten, Information und Wissen) bei der Mensch-Computer-Mensch Interaktion darauf ankommt, eine sinnvolle Kombination von maschineller (syntaktischer) und menschlicher (se-

mantischer) Informationsverarbeitung zu erreichen (vgl. Fuchs-Kittowski 2001, S. 46). Unter Wissens-Ko-Produktion soll ein arbeitsteiliger, aber gemeinschaftlicher, Erkenntnis- und Lernvorgang verstanden werden, der durch Teilung von Wissen, Verarbeitung und Generierung von Informationen zu neuen Wissen und neuen Werten führt. Dies verlangt nach einer sinnvollen Kombination der jeweils spezifischen Leistungsfähigkeit von Mensch und Automat, von menschlicher (semantischer) und maschineller (syntaktischer) Informationsverarbeitung. Anhand des sich gegenwärtig besonders intensiv entwickelnde interdisziplinären Forschungsgebietes: Biochemie/ Molekularbiologie und Bioinformatik, sollen die neuen Möglichkeiten der Biowissenschaften zur Informationsverarbeitung, -recherche und -erzeugung, im Zusammenhang mit einer der entscheidenden technischen Innovationen unserer Tage – der Entwicklung des Internets –, verdeutlicht werden. Dabei erlangt zugleich ein schon früh im Zuge der Entwicklung des Netzes geäußerter Gedanke[1] – die Notwendigkeit von Informationszentralen bzw. Wissensgemeinschaften – erneut Bedeutung. Denn es kann gezeigt werden, dass die Informationsrecherche eines semantischen feedbacks

[1] Der Gedanke der Schaffung von Informationszentralen wurde von uns auf der IIASA-Konferenz bzw. dem Workshop on Data Communikation, 15.-19. September 1975, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, unter dem Titel „Man/Computer Communication: A Problem of Linking Sematic and Syntactik Information Processing“ vorgetragen (vgl. Fuchs-Kittowski, Lemgo, Schuster, Wenzlaff, 1975). Hier wurde verdeutlicht, was heute, mit dem Wissenstransferzyklus generell anerkannt wird: Mit der Mensch-Maschine-Interaktion müssen maschinelle (syntaktische) und menschliche (semantische) Informationsverarbeitung – zwei qualitativ voneinander unterschiedene Formen der Informationsverarbeitung – miteinander kombiniert werden. Es wurde weiter verdeutlicht, dass es verschiedene Paradoxien der Informationsverarbeitung gibt, u.a. das Paradoxon des Aufbaus und der Nutzung von Datenbeständen für die Problembearbeitung. Das Paradoxon der Beherrschung großer Datenmengen wurde in Folgendem gesehen: „Die zunehmende Komplexität und der wachsende Umfang der Verantwortungsbereiche, die aus der gesellschaftlichen Entwicklung der Arbeitsteilung resultieren, erfordern die inhaltliche Beherrschung ständig größer werdender Datenmengen durch den einzelnen. Nachgewiesenermaßen versagt die menschliche Kapazität bei der Forderung nach detaillierter semantischer Beherrschung von Datenmengen ab einer bestimmten Größenordnung. Die Überschaubarkeit und damit Beherrschbarkeit von vielen Millionen Daten ist damit für den einzelnen Nutzer faktisch unmöglich (Paradoxie der Beherrschbarkeit großer Datenmengen).“ (Fuchs-Kittowski, Kaiser, Tschichwitz, Wenzlaff, 1976, S. 385f.) Zur Überwindung dieser und anderer Paradoxien der Informationsverarbeitung wäre ein indirekter Dialog, vermittelt über sog. Informationszentralen, erforderlich. Zu dem Gedanken der Einrichtung von Informationszentralen zur Vermittlung zwischen Netz-Nutzer und dem digitalen Netz gab es weitere Diskussionen auf dem IIASA-Workshop und auch noch am folgenden Tag, im Shuttle von Wien nach Laxenburg. Einer der Pioniere der Netzentwicklung, Donald W. Davies aus Großbritannien, der den Begriff „packet switching“ eingeführt hatte, sprang plötzlich auf und rief: „Sie haben recht, wenn einmal das technische Netz steht, werden die Informationszentralen das eigentliche Netz bilden !“ Zur Geschichte der Entwicklung der digitalen Netze siehe Hauben, Hauben 1997.

bedarf, wenn die Entstehung der Semantik im sozialen Prozess berücksichtigt werden muss.

Verstehen wir mit Günter Ropohl die Allgemeine Technologie als „Lehre von den grundlegenden Prinzipien der Technik", die „technik- und sozialwissenschaftliches Wissen mit philosophischen Überlegungen" (Ropohl 1999, S. 362) verbindet, dann ist die Gewährleistung einer sinnvollen Kombination von Mensch und Technik und damit einer sich nicht allein technisch sondern am Menschen orientierenden Informatik ein wesentliches Motiv für die Entwicklung der „Allgemeinen Technologie".

Es gibt sicher viele Gründe für die weitere Entwicklung und Etablierung einer „Allgemeinen Technologie", wie sie insbesondere von Horst Wolffgramm, Günter Ropohl, Gerhard Banse und Klaus Kornwachs mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung – auf „Technische Sachsysteme", „Technisches Handeln" und „Technisches Wissen" (vgl. Banse 1997b, S. 12) – in Angriff genommen wurde. Ohne die in diesen und anderen Arbeiten vorgetragenen Argumente ersetzen zu wollen, lässt sich nach Ropohl die Entwicklung einer Allgemeinen Technologie „(a) wissenschaftssystematisch, (b) wissenschaftshistorisch und (c) wissenschaftspragmatisch begründen" (Ropohl 1997, S. 111).

Das szientistische Paradigma, durch das Technik und Technikwissenschaft auf angewandte Natur- und Strukturwissenschaften reduziert wird, hat speziell in der Begründung und Entwicklung der Informatik eine besonders prägende, ihren Gegenstand einschränkende Rolle gespielt. Insbesondere konnte man damit eine allein technisch orientierte Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung begründen und die Verantwortung für die Anwendung zumindest stark begrenzen. Dagegen wurde eine am Menschen orientierte Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung gestellt (vgl. Fuchs-Kittowski, Wenzlaff 1986), die sich insbesondere der Humanisierung der Arbeit, der Gestaltung Persönlichkeitsentwicklung fördernder Arbeitsbedingungen verpflichtet sieht (vgl. Hacker 1976, 1986; Ulich 1986, 1992). Diese Entwicklung entspricht deutlich dem „technologischen Paradigma", welches Johann Beckmann als eigenständige, fachübergreifende Wissenschaft von Arbeit und Technik in Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft gefordert und begründet hatte (vgl. Beckmann 1777), aber eben unter dem Druck szientistischer Haltungen in den Technikwissenschaften wieder verlorengegangen war. Heute wird aber die Forderung nach einem am Menschen orientierten Design bei den verschiedenen Anwendungen kaum noch in Frage gestellt. Mit dem Verständnis des Computers auch als Medium, der „Conversion of Computing, Commutication and Contend" haben sich die gesellschaftlichen und

sozialen Aspekte der Informatik weiter differenziert. Es ist mit dem Internet um vieles deutlicher geworden, dass die Computertechnik eine Produktivkraft, eine Sozialkraft, eine Humankraft, eine Kulturkraft ist, aber auch eine entsetzliche Destruktivkraft sein kann (zu den Begriffen vgl. Wolffgramm 1997). Heute wird von den Informatikern nicht allein technische sondern verstärkt auch kommunikative und soziale Kompetenz, eine stärkere Anwendungsorientierung, verlangt (vgl. Fuchs-Kittowski 1994a).

Wenn sich der Informatiker/Wirtschaftsinformatiker durch die Entwicklung der eigenen Disziplin, insbesondere durch eine so bedeutsame technisch-technologische Innovation wie dem Internet, heute durchaus bewusst wird, dass die Informatik ambivalente soziale und gesellschaftliche Wirkungen hat, mit der Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung Arbeits- und Organisationsgestaltung verbunden ist (vgl. Fuchs-Kittowski 1991) – also soziale Realität verändert wird (vgl. Floyd et al. 1992) –, bedarf es dann noch solcher Spezialgebiete wie „Informatik und Gesellschaft“[2], „Wirtschaftsinformatik und Gesellschaft“[3], „Umweltinformatik und Gesellschaft“[4] oder einer „Allgemeinen Technologie“ als Gegenpol zum technokratischen bzw. szientistischen Denken? Ja, das Bedürfnis ist noch gewachsen!

Es muss nachdrücklich dazu gesagt werden, dass die Anerkennung der gesellschaftlichen und sozialen Wirkungen der Informations- und Kommunikationstechnologien noch lange nicht bedeutet, dass das szientistische bzw. technokratisches Denken in all seinen Varianten überwunden ist. Gerade durch eine verbale Anerkennung, aber fehlende Konsequenz, kann man jede Bewegung am Besten bremsen. Aber auch der aufgeklärte Informatiker ist durch die gegebenen Zwänge – Zeitdruck u.a. – immer wieder in der Gefahr, eine rein technische Lösungen anzustreben und die spezifische Leistungsfähigkeit des Menschen bei der Mensch-Computer-Kombination außer acht zu lassen, wenn er nicht immer wieder dazu nachhaltig motiviert wird. Wie zu zeigen ist, wird dies gegenwärtig bei der aktuellen Problematik der IKT-Unterstützung

2 In vielen Informatikbereichen in Deutschland (z.B. in Berlin, Hamburg, Freiburg, Dortmund, Bremen) gibt es die Disziplin Informatik und Gesellschaft. Es wird heute verstärkt die Forderung erhoben, dass diese Disziplin in allen Informatikbereichen vertreten wird.

3 Während der Gastprofessur in Linz konnte der Verfasser das Fach Wirtschaftsinformatik und Gesellschaft vertreten und im Auftrag der sozialwissenschaftlichen Fakultät, mit Unterstützung von Lutz J. Heinrich und Christian Stary, ein Grundkonzept „Wirtschaftsinformatik und Gesellschaft (WINF)“ entwickeln, so dass nach dem Weggang die Disziplin weiter vertreten werden könnte.

4 Mit dem neu entstandenen Studiengang Umweltinformatik an der FHTW Berlin ist auch eine Vorlesung „Umweltinformatik und Gesellschaft“ eingeführt worden.

der Organisation und des Management von Wissen besonders deutlich. In der Tat ermöglicht heute der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien die Überwindung überspitzter tayloristischer Arbeitsteilung und damit eine Humanisierung der Arbeitswelt, wenn nicht jetzt an die Stelle der Monotonie die Überforderung in der Arbeit tritt (vgl. Fuchs-Kittowski, Fuchs-Kittowski 2001). All dies verlangt aber nach einer bewussten menschengerechten Gestaltung und damit vom Informatiker wesentlich mehr als nur die Anerkennung der sozialen und gesellschaftlichen Bezüge. So muss z.B. Information wirklich als Trias von Form (Syntax), Inhalt (Bedeutung und Wirkung (Pragmatik) verstanden, menschliches Wissen in seinem Wesen und nicht nur als zu bewirtschaftende, schnell herbeizuschaffende Ressource erfasst werden. Es geht also nicht nur um die Anerkennung sozialer und gesellschaftlicher Bezüge der Technik, sondern darum, dass im ingenieurwissenschaftlichen Denken und Handeln z.B. Erkenntnisse aus den Arbeits- und Organisationswissenschaften berücksichtigt werden, denn der Systemgestalter und Softwareentwickler ist zugleich Arbeits- und Organisationsgestalter, ob er dies weiß, ob er das will oder nicht.

Wie am Beispiel der Recherche im Internet gezeigt werden soll, verlangt die richtige Gestaltung des Systems eine Erweiterung des natur- bzw. strukturwissenschaftlich geprägten Informationsverarbeitungsansatzes, da aus dieser Sicht allein die Entstehung von Bedeutungen im sozialen Prozess nicht verstanden werden kann. Es bedarf einer über die technische (syntaktischen) Informationsverarbeitung hinausgehende Konzeption der Informationsentstehung im Prozess der biologischen und sozialen Selbstorganisation, wie sie schrittweise entwickelt wird (vgl. Fuchs-Kittowski 1998; Fuchs-Kittowski, Heinrich, Rolf 1999; Fuchs-Kittowski, Rosenthal 1998b; Hofkirchner 1994). Die Notwendigkeit einer Vertiefung des Informationsverständnisses wurde nicht zuletzt in der von Peter Janich (vgl. Janich 1998; Fuchs-Kittowski, Rosenthal 1998a) ausgelösten und von Günter Ropohl (vgl. Ropohl 2001; Rosenthal, Fuchs-Kittowski 2001) vertiefend fortgesetzten, umfassenden Diskussion um den „Informationsbegriff im Kulturstreit“, wie er in der Zeitschrift „Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur“ geführt wurde, verdeutlicht.

2 Biochemisch-molekularbiologische Forschung und neue Kommunikationsformen internationaler kollektiver Forschung

2.1 Informationsrecherche auf der Grundlage spezifischer Datenbanken (im Internet) und die Biowissenschaften

Die besondere Bedeutung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien für den biochemischen/molekularbiologischen Forschungsprozess, speziell des Computereinsatzes für die Sequenzanalyse sowie die Nutzung von Datenbanken für den Vergleich der Basen bzw. Aminosäurensequenzen mit den in Datenbanken gespeicherten Sequenzen bekannter Gene oder Genprodukte kann kaum überschätzt.

Der medizin-orientierte Biochemiker ist heute mit einem gewaltigen Überschuss an Information konfrontiert, aus dem er die für ihn relevante Information selektiv herausfiltern muss. Dies ist ohne die heutigen Mittel der Informationstechnologie kaum möglich. Dazu gehören Computer, das Internet, diverse Datenbanken sowie Softwarepakete, die die Daten miteinander verknüpfen.

Durch den Vergleich der Basen- bzw. Aminosäurensequenzen von Genen, Genabschnitten, Transkriptionsprodukten oder Polypeptiden mit den in Datenbanken gespeicherten Sequenzen bekannter Gene oder Genprodukte ist es möglich, festzustellen, ob diese bereits bekannt sind, um sie dann entsprechend zuzuordnen. Sollte sich herausstellen, dass es sich um ein bisher unbekanntes Gen oder Genprodukt handelt, so ist für den Biochemiker von Interesse, mit welchen bereits bekannten Genen gewisse Ähnlichkeiten bestehen. Daraus können wichtige Schlussfolgerungen hinsichtlich der Evolution der Gene und ihrer Verwandtschaft gezogen werden.

Biochemie und Molekularbiologie sind zunehmend miteinander verflochten und bilden eine gemeinsame Fachdisziplin (vgl. Schewe 2002). Durch die Einbeziehung von Datenbanken und anderen Mitteln der Informationstechnologie hat der interdisziplinäre und integrale Charakter der biochemisch-molekularbiologischen Forschung zugenommen. Auf diese Weise sind grundlegende Entdeckungen nicht mehr allein den Spezialisten vorbehalten. Dies wird am Beispiel der kürzlich erfolgten Entdeckung einer neuen Gruppe von entzündungshemmenden Arzneimitteln belegt. Das Beispiel der Entdeckung der Cyklooxygenase-2 zeigt, dass Informationsrecherchen auf der Grundlage spezifischer Datenbanken sehr erfolgreich sein können. Dieses konkrete Beispiel aus einem Arbeitsgebiet der Biochemie – der Eikosanoidforschung – zeigt,

wie durch die Einbeziehung von modernen Datenbanken neue Erkenntnisse erzielt wurden, die mit der traditionellen Herangehensweise in der Forschung nicht möglich gewesen wären. Die Entdeckung der Cyklooxygenase-2 wurde die Basis für die Entwicklung einer neuen Gruppe von Arzneimitteln.

Nach Erscheinen der ersten Publikationen über die neuen Beobachtungen (Kujubu et al. 1991; Fletcher et al. 1992) setzte ein wahrer Run der Eikosanoidspezialisten auf das neue Enzym ein; quasi über Nacht war Herschman selbst ein Vorreiter der Eikosanoidforschung geworden. Das Beispiel aus der jüngsten Eikosanoidforschung belegt, dass durch die Vernetzung der ständig wachsenden Informationsfülle mit Hilfe der Informationstechnologie die Wissenschaftler trotz der fortschreitenden notwendigen Subspezialisierungen enger zusammenrücken. Dieses Zusammenrücken ist sowohl regional als auch fachgebietsbezogen zu verstehen. Damit trägt die Informationstechnologie maßgeblich zur Steigerung der Interdisziplinarität des biochemisch-molekularbiologischen Forschungsprozesses bei.

2.2 Informationsentstehung – Die Problematik der unterschiedlichen Sprachspiele

In modernen bibliographischen Informationsrecherchesystemen ist es nicht ungewöhnlich, dass man viele Millionen Dokumente in einer Datenbank hat, die weltweit zur Verfügung stehen. Jede Datenbasis spezialisiert sich gewöhnlich auf einen speziellen Wissensbereich, so z.B. auf medical abstracts. Die Dokumente werden professionell erarbeitet indexiert und gespeichert, um wieder von professionellen Bibliothekaren und Informationswissenschaftlern aufgefunden zu werden.

Sprechen wir von Informationsrecherchen auf der Grundlage spezifischer Datenbanken, wie hier von dem medizinischen Literatursuchsystem PubMed, so kann man vielleicht zunächst unterstellen, das alle drei – Autor, Indexierer und Suchender – Spezialisten auf dem gleichen Fachgebiet sind, so dass das Problem der unterschiedlichen Semantik, auf Grund unterschiedlicher „Sprachspiele“, sich nicht unbedingt stellt. Gehen wir aber davon aus, dass, wie unser Beispiel zeigt, die Nutzung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien maßgeblich zur Erhöhung der Interdisziplinarität des biochemisch-molekularbiologischen Forschungsprozesses beiträgt, dann muss auch hier die „Zielgruppenproblematik“, die Tatsache unterschiedlicher „Sprachspiele“ beachtet werden. Die Bedeutung der Indexe und der Suchbegriffe kann

in unterschiedlichen „Sprachspielen“ entstanden sein. Insbesondere, wenn wir es nicht mit Spezialisten – Biochemikern/Molekularbiologen oder Bibliothekswissenschaftlern – zu tun haben, wird sich die Bedeutung der Worte, die einmal vom Autor, zum anderen vom Indizierer und dann wiederum vom Suchenden bzw. vom Datenbanknutzer verwendet werden, unterscheiden.

Das soziale Umfeld, in dem die Bedeutung der Begriffe entstand, die der Autor beim Schreiben des Originalartikels benutzte, wird sich in sehr vielen Fällen von dem sozialen Umfeld unterscheiden, das die Bedeutungen der Begriffe bestimmt, die beim Indexieren unterstellt werden. Die Begriffsbedeutungen des die Literatur Suchenden werden wiederum andere sein, denn dieser lebt und arbeitet meist nochmals in einem anderen sozialen Umfeld. Erkennt man einmal an, dass die Bedeutungen der sozialen Information im sozialen Prozess gebildet werden, so wird klar, dass sie nicht für jeden gleich und auch nicht eindeutig auf Syntaxbereiche fixierbar sind. Dies weist auf die Bedeutung von semantischen Rückkopplungen hin, wie sie in einem erweiterten bzw. vervielfachten Wissenstransferzyklus möglich werden (vgl. Fuchs-Kittowski 2002; Fuchs-Kittowski, Vogel 2001). Darüber hinaus verweist es auf eine prinzipielle Schwierigkeit automatisierter Suchsystemen, die nur auf der Grundlage syntaktischer Strukturen die Wiederauffindung der Literatur realisieren können. Es wird also wichtig, nicht nur die Informationen bzw. ihre Träger anzubieten, sondern auch zu beschreiben, für wen diese gedacht sind.

Auf der anderen Seite ist es aber auch notwendig, dass die Benutzer der Suchdienste bei einer Suchanfrage ihr persönliches Benutzerprofil mit angeben können. Dies ist aber bei den meisten Suchdiensten im Internet zur Zeit nicht der Fall. Die personenbezogenen Kriterien (z.B. zu welcher Interessengruppe gehört der Nutzer) verändern sich nur langsam und könnten daher vom Suchdienst mit berücksichtigt werden (vgl. Nawrocki 2001).

Dies bedeutet insbesondere die Beachtung der Erkenntnis, dass der Informationsverarbeitungsansatz, wie er sich aus den Kognitionswissenschaften, insbesondere aus der bisherigen Forschung über Künstliche Intelligenz entwickelt hat, der Entstehung von Bedeutungen nicht Rechnung tragen kann, da er Information immer schon als gegeben voraussetzt (vgl. Fuchs-Kittowski 1994b). Erst mit der Theorie der Selbstorganisation, verbunden mit dem Konzept der Informationsentstehung bzw. Bildung von Bedeutungen, wie sie insbesondere in der Theorie der Biologie (vgl. Fuchs-Kittowski, Rosenthal 1998b), speziell mit der Theorie der Lebensentstehung von Manfred Eigen

entwickelt wurde, fand auch dieser Gesichtspunkt Beachtung (vgl. Brier 1994).

Die Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Dokumentenrecherche im Internet führt zu der Erkenntnis, dass die für die Organisation des Wissens relevanten Bedeutungen der Begriffe oftmals nicht eindeutig gegeben sind, sondern, – dies sollte man aus der Theorie der Selbstorganisation des Lebendigen lernen – dass die hier relevanten Bedeutungen der Begriffe in einem sozialen Prozess der Selbstorganisation entstehen (vgl. Fuchs-Kittowski, Heinrich, Rolf 1999). Dies wird dazu zwingen, dass der Mensch in den Such- und Bewertungsprozess einbezogen bleibt und entsprechende Methoden und Techniken seiner Einbeziehung zur Gewährleistung der erforderlichen semantischen Rückkopplung entwickelt werden müssen.

3 Semantische Rückkopplungen als Grundlage der Selbstorganisation Dokumente verbreitender Informationssysteme

Die Informationsrecherche ist eine immer wiederkehrende Anforderung für jeden Internetnutzer. Es ist daher erstaunlich, dass man bisher gezwungen ist, mit Suchdiensten zu arbeiten, die in ihrer Konzeption in sofern veraltet sind, dass sie eine Nutzerbewertung der Dokumentenqualität nicht ermöglichen. Die Nutzer haben sich mit den bisherigen Suchdiensten abgefunden, aber kaum einer ist wirklich zufrieden mit den aufwendigen Recherchen.

Bei den gegebenen technischen Möglichkeiten des Internets, dass z.B. die einzelnen Nutzer direkt mit dem Informations- bzw. Dokumentenanbieter (Mediator) in Kontakt treten können, dass sie selbst in den Leistungserstellungsprozess z.B. bei der Software-Entwicklung, bei der Erarbeitung von Dokumenten, eingreifen können und so zu Co-Produzenten ihres Wissens werden, ist es nicht hinnehmbar, dass ein Internetnutzer bisher nicht von den Erfahrungen anderer Internetnutzer lernen kann.

Wir nehmen daher ein ursprünglich von Søren Brier erarbeitetes Schema, das zur Verdeutlichung der erforderlichen semantischen Rückkopplungsprozesse erarbeitet wurde und ergänzen es aber speziell um die Rückkopplungsschleife Nutzerbewertung. Die Interaktionsmöglichkeiten des Internets, die verstärkte Personalisierung von Angeboten sowie die Bildung großer Communities, z.B. scientific communities zur Lösung eines speziellen Problems führt dazu, dass auch Informations-Communities gebildet werden. Dies ermöglicht die Herausbildung von Diensten, die im Unterschied zu den herkömmlichen Suchdiensten, die Informationsgewinnung und insbesondere die

Bewertung ihrer Qualität konsequent auf den kompetenten Endnutzer bzw. Nutzergruppen verlagern. Im Vergleich zu den herkömmlichen Katalogen bekommt hier jeder Internetnutzer die Möglichkeit, die gefundene Webseite zu bewerten und selbst einzelne Webseiten im System zu pflegen. Dies erweist sich als ein wichtiger Weg zur Verbesserung der Informationsqualität von Suchdiensten im Inter- und Intranet.

Wissensmanagement zielt auf den Austausch von Wissen, damit mehr Menschen als zuvor vorhandenes Wissen nutzen können. Dazu bedarf es jedoch eines gemeinsamen Erfahrungshintergrundes, auf den die Teilnehmer am Arbeitsprozess, die Mitglieder der Organisation sich beziehen können. Damit geht es im Kern des Wissensmanagement gar nicht um das Management einer knappen Ressource Wissen, sondern um die Herbeiführung eines gemeinsamen Verständnis, um die Koordination der Sichtweisen. Es ist nicht vorrangig ein Mangel an Daten und Information zu überwinden sondern die Auswahl und Begründung, die Sinngebung von Informationen sind das zu meisternde Problem.[5]

Abbildung 1 zeigt ein Dokumenten verbreitendes Informationssystem als ein durch semantische Rückkopplungen sich selbst organisierendes System. Die nicht gestrichelten Pfeile zeigen den Dokumententransport. Die gestrichelten Pfeile zeigen die Rückkopplungen in Form negativer oder positiver Bewertung des Inhalts der Dokumente oder der Systemleistung.

① verweist auf die Möglichkeit der direkten Interaktion durch die Zirkulation der Dokumente Produzent und Nutzer, wie dies insbesondere in den Wissenschaften durch das Versenden von Sonderdrucken geschieht. Bei Wissens-Co-Konstruktion werden auch Produzentengruppen in der scientific community gebildet.

5 Insbesondere durch japanische Vertreter des Wissensmanagements (vgl. Kroch, Ichijo, Nonaka 2000; Nonaka, Takeuchi 1997) wird verdeutlicht, dass man in Europa und in den USA stärker auf explizites, schon dokumentiertes Wissen orientiert und damit das in den Köpfen der Menschen vorhandene implizite Wissen vernachlässigt. Sie machen zu Recht deutlich, dass Wissensmanagement somit weithin auf Informationsverarbeitung reduziert wird. Sie heben hervor, dass es beim Wissensmanagement insbesondere um die Schaffung der Bedingungen für Kreativität, d.h. um die Wissenserzeugung gehen muss. Wissenserzeugung wird dabei als ein Transformationsprozess vom impliziten zum expliziten Wissen verstanden. Dieser Transformationsprozess in seinen unterschiedlichen Formen ist sicher besonders wichtig. Allerdings stellt sich die Frage, ob damit der Prozess der Wissenserzeugung schon umfassend genug erfasst ist. Es müssen u.E. dabei die kommunikative und die praktisch-verändernde Tätigkeit als Grundlage der Erkenntnis verstärkt Beachtung finden.

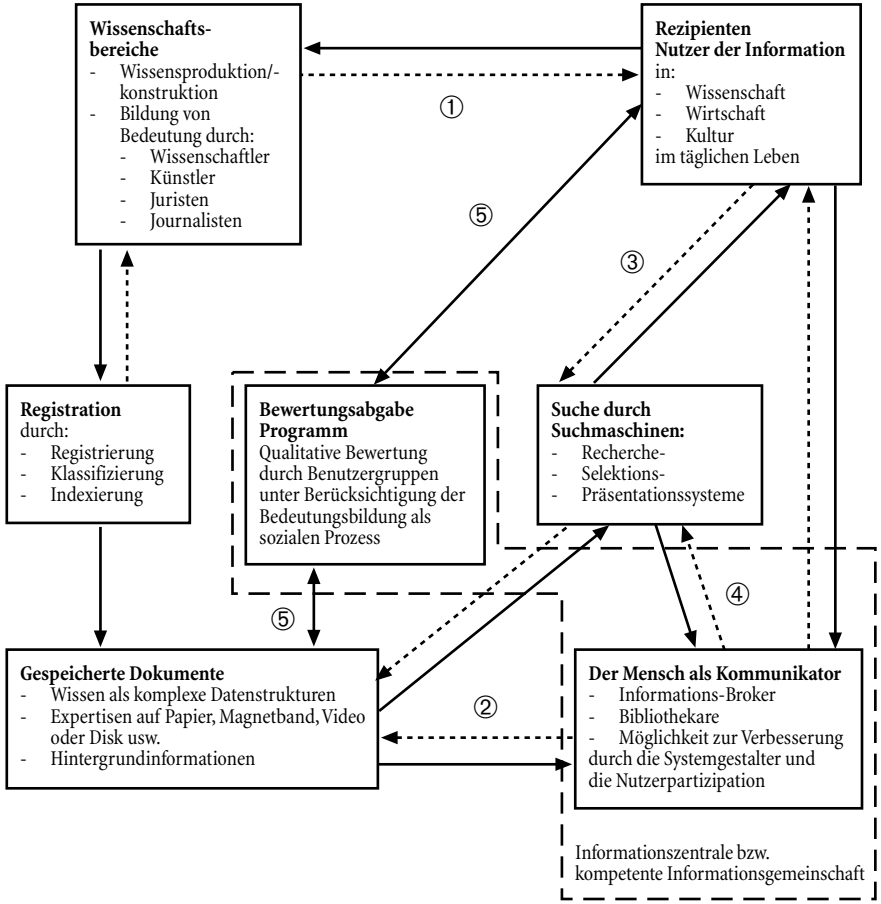

Abbildung 1: Ein Dokumenten verbreitendes Informationssystem als ein selbstorganisierendes System (verändertes Schema nach Brier 1996)

② verweist auf die Möglichkeit des direkten Zugriffs eines Bibliothekars oder Informations-Broker auf eine Dokumentensammlung. Im Falle einer entsprechenden Spezialisierung z.B. als Biochemiker/Molekularbiologe, der auch ständig die laufenden Fachtagungen besucht, passt er in das Sprachspiel des Biochemiker/Molekularbiologen als Produzent und Nutzer.

③ verweist auf den direkten Zugriff des Endnutzers über ein Online-System. Hier treten aber die beschriebenen Schwierigkeiten der meist ungleichen Verwendung der

Begriffsbedeutungen bei der Wissensorganisation auf.

④ verweist auf die Möglichkeiten des Menschen, des Bibliothekars bzw. Informations-Brokers als Mediator der Sammlung oder auch als Systemgestalter durch Verbesserung der Systeme die elektronische Recherche zu unterstützen. Hier kann die globale Suche durch Suchmaschinen: Recherche-, Selektions- und Präsentationssysteme insbesondere durch die gezielte Spezialisierung der Daten/Wissensbasen verbessert werden.

⑤ Mit dem Bewertungsabgabe-Programm führen wir eine weitere (von Brier in ③ und ④ wohl implizierte, aber doch ungenügend berücksichtigte), u.E. aber besonders wichtige, semantische und syntaktische Rückkopplung ein, die Bewertung durch den kompetenten Nutzer oder Nutzergruppen (Informationsgemeinschaft). Dies ist besonders wichtig bei der Suche nach wissenschaftlicher Literatur. Bei der Nachfrage nach medizinischen Dokumenten. Gewinnt aber angesichts des Mülls im Internet auch allgemeine Bedeutung für den normalen Nutzer.

Auch die übrigen eingezeichneten gestrichelten Linien, die semantische Rückkopplungen darstellen, werden natürlich zur Bewertung der Qualität der Dokumente genutzt. Hier können die Bedeutungsveränderungen im sozialen Prozess, wenn man bewusst darauf orientiert, auch Berücksichtigung finden. Wir wollen hier jedoch einen speziellen Kanal ausweisen, um auf eine relativ neue Entwicklung aufmerksam zu machen. Die Bewertung der Informationsrecherche im Internet erhält zunehmend grössere Aufmerksamkeit – „Web-Side-Evaluation“.

Es sei hier verwiesen z.B. auf Online-Beratung im electronic commerce (vgl. Fuchs-Kittowski 2000, 2001). Im Zusammenhang mit der Kundenberatung über das Internet wir immer häufiger auch gleichzeitig ermöglicht, dass Unternehmen von den Kunden lernen. Um das Potential des World Wide Web auszuschöpfen gilt es die Möglichkeiten beiderseitiger Kommunikation zu nutzen. Meinungen der Kunden werden eingeholt, Buchrezensionen (z.B. Amazon.de). Die Kunden können die Bewertung lesen und sich so ein eigenes Urteil bilden. Ciao, als größtes Verbraucherportal der Welt, sammelt Erfahrungsberichte über Produkte und Services. Es gibt numerische Durchschnittsbewertung (z.B. eBaay.de) und durchschnittliche Kundenbewertung (Amazon, Moviefinder, eBay Feedback Profile). Ähnlich wie bei den Textkommentaren bewerten hier andere Kunden dargestellte Produkte in Form von numerischen Wertungsskalen (meist 1 bis 5). Diese Meinungen werden zu Durchschnittswerten zusammengefasst (vgl. Nawrocki 2001).

Die bevorzugte Bewertungsmethode ist zur Zeit die manuelle Bewertung durch Experten, wobei die Qualifikation dieser Experten natürlich zum Hauptproblem wird. Das andere Problem ist die Unmenge an Dokumenten im Internet, die auch durch viele Experten nicht vollständig bewertet werden kann. Es muss also die zu bewertende Menge an Dokumenten von vornherein eingeschränkt werden.

Die manuelle Bewertung durch den kompetenten Benutzer oder Benutzergruppen bedeutet, das der Benutzer die Möglichkeit hat, ein Dokument subjektiv zu bewerten. Um die subjektive Sicht eines Benutzers nicht vorherrschend werden zu lassen, muss über die Bewertung aller Benutzer ein Mittel gebildet werden. Wie von Klaus Nawrocki herausgearbeitet wird (vgl. Nawrocki 2001), besteht der Vorteil dieser Vorgehensweise darin, dass die Belastung einiger weniger Experten auf Tausende von Endnutzern verteilt wird. Ein möglicher Nachteil besteht in der Vertrauenswürdigkeit gegenüber einer Bewertung durch einen Experten. Das Problem der Vertrauenswürdigkeit kann durch stärkere Benutzertransparenz entschärft werden. Im Bereich der Wissenschaft, insbesondere z.B. in der Medizin, werden sich Spezialistengruppen – Informationsgemeinschaften – bilden. Ist das technische Netz gegeben, wird dieses Netz der Informationszentralen bzw. Informationsgemeinschaften, das eigentliche Netz sein, welches die Grundlage einer Informationsgesellschaft für alle bilden kann. Auftretende Konflikte müssen auch hier, wie generell im wissenschaftlichen Leben, durch Erhöhung der Transparenz, verbesserte Kollegialität und erhöhte Internationalität gelöst werden.

Wissen ist vom Kontext abhängig. Wissen ist abhängig von den Vorerfahrungen der Individuen und der Geschichte der Organisation. Wissen als soziales Produkt kann nur aus der Geschichte der sozialen Organisation erschlossen und verstanden sowie nur in der Gemeinschaft die es erzeugt hat sachgerecht verwendet und für längere Zeit erhalten werden. Wissen bildet sich somit in der und durch die Gemeinschaft heraus und macht in und für sie einen Sinn.

Der Buchdruck hatte unmittelbare Auswirkungen auf die gesellschaftliche Entwicklung. Er hat zur Aufklärung beigetragen und damit die Neuzeit eingeleitet (vgl. Kolditz 1999). Die Verfügbarkeit an entsprechender Literatur für viele war offensichtlich eine entscheidende Triebkraft. Ob aber der globale Informationszuwachs vermittels des Internets eine ähnliche Rolle spielen kann, eine neue Aufklärung einleitet, wird vor allem davon abhängig sein, ob es wirklich gelingt, eine qualitative, nach humanistischen und demokratischen Werten erfolgende Bewertung der Information

durchzusetzen und speziell hinsichtlich der wissenschaftlichen Information die Spaltung der Welt in „information rich“ and „information poor“ zu überwinden. Nur so kann der Weg für eine neue Aufklärung, die nun auch global erfolgen muss, vom Internet mit bereitet werden.

4 Informationstechnologie, Allgemeine Technologie und Verantwortung

Mit den Bemühungen um die Entwicklung allgemeiner theoretischer und methodologischer Grundlagen und Leitlinien zur Entwicklung und Anwendung moderner Technologien, wie der modernen Biotechnologien und der Informations- und -Kommunikationstechnologien, stellt sich die Frage von Johann Beckmann, ob es „Gemeinsamkeiten aller Gewerke gebe“, die zur Herausbildung einer Allgemeinen Technologie führen, mit besonderer Schärfe. Damit wird zugleich die Frage aufgeworfen, ob es überhaupt so etwas gibt wie eine Führungslehre, die durch ethische Orientierungen den Gestaltungsprozess begleiten kann. In der Tat entwickelt sich eine Allgemeinen Technologie (vgl. Banse 1997a) und ein Technologiemanagement, das im allgemeinsten Sinne auch als eine „Führungslehre“ für alle, die eine Verantwortung für die Entwicklung und Anwendung von Technik tragen (vgl. Spur 1998, S. V), verstanden werden kann. Dies hat für die Entwicklung und den Einsatz der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien besondere Bedeutung.

Es gibt einen umfassenden Begriff der Technik, der sie praktisch mit zweckorientierten Handeln überhaupt identifiziert. Eine allein positive Technikbestimmung ist heute sicher zu hinterfragen. Es ist auf jeden Fall wichtig die Ambivalenz ihrer Wirkungen zu sehen. Sie ergibt sich schon aus der Möglichkeit ihrer Zweckentfremdung. Schon bei den frühen Technikentwicklungen wird man feststellen können, dass hier nicht nur Mittel für einen gegebenen Zweck bereitgestellt wurden, sondern mit ihnen zugleich neue Ziele erschlossen werden. Diese Entwicklung gipfelt nun in der Universaltechnik der Informatik. Die Softwaretechnik erlaubt wie kaum eine andere Technik die Anpassung an neue Zwecke für neue Anwendungen (vgl. Schefe 1997). Informations- und Kommunikationstechnologie, die ihnen zugrundeliegende Hard- und Software hat als allgemeine Rationalisierungs- und Kontrolltechnik, als allgemeine Erkenntnis- und Kommunikationstechnik keinen unmittelbar konkreten Zweck vorgegeben. Sie erhält ihren Zweck aus der bloßen Effizienzsteigerung eines beliebigen anderen Zwecks. Dies konfrontiert den Informatiker in besonderem Maße mit der Frage

nach dem fachlich, sozial und ethisch verantwortbaren Einsatz der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien. In der Verantwortung steht aber auch die Gesellschaft, der Nutzer bzw. die Nutzergemeinschaften, die das beliebig angebotene technisierte Wissen bewusst bewerten und auswählen muss.

Auf der Tagung des FIFF, des Forums der Informatiker für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung, in Bremen (28.-30. September 2001) wurde David Parnas für sein tapferes und verantwortungsvolles Handeln als Informatiker gegen das Wettrüsten im Weltraum ausgezeichnet.[6] Die Verbindung zwischen ingenieurwissenschaftlichen Denken und Handeln mit einem kritischen Nachdenken über die gesellschaftlichen und sozialen Konsequenzen dieses Tun, verbunden mit tiefgreifenden persönlichen Entscheidungen, ist nicht selbstverständlich.

Nach einem Referat von David Parnas über seine damalige Entscheidung gegen das SDI-Programm „Star Wars“ auf dem Weltkongress der Internationalen Föderation für Informationsverarbeitung (IFIP), Hamburg 1994, wurde er in der anschließenden Diskussion gefragt, ob er den „Code of Ethics“ der amerikanischen Computer-Society damals gekannt und sich von ihm hätte leiten lassen. Seine Antwort war schlicht „Nein“. Solche grundsätzlichen Entscheidungen, die in ihren Konsequenzen eine gravierende Veränderung des beruflichen und privaten Lebens mit sich bringen, basieren sicher kaum nur auf der Kenntnis der einen oder anderen moralischen Vorschrift, sondern wurzeln tief in der ganzen Persönlichkeit, in der im Sozialisationsprozess verinnerlichten ethischen Haltung. So wäre es auch vermessen zu meinen, dass durch die Etablierung solcher Disziplinen wie „Informatik und Gesellschaft“ oder eben die „Allgemeinen Technologie“, die sich der Fragen der Verantwortung der Ingenieure generell stellen müssen, eine tiefgreifende Veränderung der Situation garantieren könnte. Doch ist sicher eine grundsätzliche Verstärkung kritischer Reflexion in der Kerninformatik, in der Wirtschaftsinformatik sowie allen anderen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen nicht nur wünschenswert sondern dringend erforderlich.

Gerade nach der Diskussion der Möglichkeiten und Probleme der Recherche im Internet und dem Hinweis auf den Zusammenhang und Unterschied zwischen Daten, Information und Wissen sowie Weisheit muss wohl festgestellt werden, dass wir deutlich über sehr viele Daten verfügen, aber über weniger Information, wahrscheinlich haben wir auch noch viele Informationen, aber wesentlich weniger Wissen, und wenn wir Wissen gewonnen haben, so verfügen wir immer noch nicht über genügend Weis-

6 Vgl. http//fiff.informatik.uni-bremen.de.2001/assets/images/Parnas.pdf.

heit, es richtig, das heißt zum Wohle der Menschen anzuwenden. So mahnte uns schon Bertrand Russel: „Technisches Können ohne Weisheit ist die Ursache unserer Nöte. Nicht in der bloßen Steigerung unseres Könnens liegt unser Heil beschlossen, sondern einzig und allein im Erstarken jener Weisheit, nach der unsere ratlose Zeit verlangt.“ (Russel 1988, S. 184)

Literatur

Banse, G. (Hrsg.) (1997a): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997

Banse, G. (1997b): Vorwort. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 7-17

Beckmann, J. (1777): Anleitung zur Technologie, oder zur Kennniß der Handwerke, Fabriken und Manefakturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirtschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehen. Göttingen 1777 (Reprint. Leipzig 1970)

Brier, S. (1994): What is a Possible Ontological and Epistemological Framework for a True Universal „Information Science“? The Suggestion of a Cybersemiotics. In: Hofkirchner, W. (Ed.): The Quest For A Unified Theory of Information. World Futures General Evolution Studies, Vol. 13 (1994), pp. 79-99

Brier, S. (1996): The Usefulness of Cybersemiotics in Dealing with Problems of Knowledge Organization and Document Mediationg Systems. In: Cybernetica, Vol. XXXIX (1996), No. 4, pp. 273-299

Fletcher, B. S.; Kujubu, D. A.; Perrin, D. M.; Herschman, H. R. (1992): Structure of the mitogen-inducible TIS10 gene and demonstration that the TIS10-encodet protein is a functional prostagladin G/H synthase. In: Journal of Biological Chemestry, 267 (1992), no. 7, pp. 4338-4344

Floyd, Chr.; Züllighofen, H.; Budde, R.; Keil-Slawik, R. (Eds.) (1992): Software Development and Reality Construction. Berlin, Heidelberg, New York 1992

Fuchs-Kittowski, F. (2000): Online-Beratung im Electronic Commerce - Kundenberatung über das Internet. In: Ihme, F. (Hrsg.): Nutzung von Internet und Multimedia in der Praxis. Tagungsband zum 5. Brandenburger Multimedia-Forum am 2. November 2000. Brandenburg (FH Brandenburg) 2000

Fuchs-Kittowski, F. (2001): Kooperative Wissenserzeugung und -nutzung in wissensintensiven Geschäftsprozessen. In: Schnurr, H.-P.; Staab, S.; Studer, R.; Stumme, G.; Sure, Y. (Hrsg.): Professionelles Wissensmanagement. Erfahrungen und Visionen. Aachen 2001, S. 125-130

Fuchs-Kittowski, F.; Fuchs-Kittowski, K. (2001): Knowledge-intensive work processes for creativ learning organisations. In: Institut für Technologiefolgenabschätzung und Systemanalyse and VDI/VDE-Technologiezentrum Informationstechnik (Editors): Innovations for an e-Society. Challenges for Technology Assesment. Congress Pre-prints. Teltow 2001

Fuchs-Kittowski, F.; Vogel. E. (2001): Kooperative Online-Beratung im Electronic Commerce: Der COCo-Ansatz zur kooperativen Wissenserzeugung. In: Oberquelle, H.; Oppermann, R.; Krause, J. (Hrsg.): Mensch & Computer. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden 2001, S. 103-114

Fuchs-Kittowski, K. (1991): System design, design of work and organization. The paradox of safty, the orgware concept, the necessity for a new culture in information systems and software development. In: Besselaaar, P. v. d.; Clement, A.; Järvinen, P. (Eds): Information System, Work and Organization Design. North-Holland, Amsterdam, New York, Oxford, Tokyo 1991, pp. 83-97

Fuchs-Kittowski, K. (1994a): Gedanken zur Entwicklung der Informatik. In: Nedon, J. (Hrsg.): Workshop der Studierenden im Rahmen des IFIP-Weltkongresses 1994, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik. FBI-HH-M-237/94

Fuchs-Kittowski, K. (1994b): Information - Neither Matter nor Mind: On the Essence and on the Evolutionary Stage Conception of Information. In: Hofkirchner, W. (Ed.): The Quest For A Unified Theory of Information. World Futures General Evolution Studies, Vol. 13 (1994), pp. 331-350

Fuchs-Kittowski, K. (1998): Information und Biologie. Informationsentstehung - eine neue Kategorie für eine Theorie der Biologie. In: Biochemie - ein Katalysator der Biowissenschaften. Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 20. November 1997 anläßlich des 85. Geburtstages von Samuel Mitja Rapoport. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 22, Jahrgang 1998, H. 3, S. 5-17

Fuchs-Kittowski, K. (2002): Wissens-Ko-Produktion. Verarbeitung, Verteilung und Entstehung von Informationen in kreativ-lernenden Organisationen. In: Floyd, Chr.; Hofkirchner, W.; Furchs, C. (Hrsg.): Stufen zur Informationsgesellschaft für alle. Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt a.M., Berlin, Bern u.a. 2002 (im Druck)

Fuchs-Kittowski, K.; Fuchs-Kittowski, F. (2002): Quality of working life and creativ learning organisations – The organisational potentials of teleccoperation systems are not used decisively. IFIP Computer World Congress, Montreal 2002 (vor Drucklegung)

Fuchs-Kittowski, K.; Heinrich, L. J.; Rolf, A. (1999): Information entsteht in Organisationen - in kreativen Unternehmen: Wissenschaftstheoretische und methodologische Konsequenzen für

die Wirtschaftsinformatik. In: Becker, J.; König, W.; Schütte, R.; Wendt, O.; Zelewski S. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie. Bestandsaufnahme und Perspektiven. Wiesbaden 1999, S. 329-361

Fuchs-Kittowski, K., Kaiser, H., Tschirschwitz, R., Wenzlaff, B. (1976): Informatik und Automatisierung. Theorie und Praxis der Struktur und Organisation der Informationsverarbeitung. Berlin 1976

Fuchs-Kittowski, K.; Lemgo, K.; Schuster U.; Wenzlaff, B. (1975): Man/Computer Communikation: A Problem of Linking Semantic and Syntactic Informationprocessing. In: Workshop on Data Communikation. International Institute for Applied Systems Analysis, 2361. Laxenbourg 1995, pp. 169-188

Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A. (1998a): Eine moderne Biologie bedarf der Kategorie der Information. In: Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur, 9 (1998), H. 2, S. 200-203

Fuchs-Kittowski, K.; Rosenthal, H. A. (1998b): Selbstorganisation, Information und Evolution. Zur Kreativität der belebten Natur. In: Fenzl, N.; Hofkirchner, W.; Stockinger, G. (Hrsg.): Information und Selbstorganisation. Annäherung an eine vereinheitlichte Theorie der Information. Wien 1998, S. 141-188

Fuchs-Kittowski, K.; Wenzlaff, B. (1986): Integrative Participation – A Challenge to the Development of Informatics. In: Docherty, P.; Fuchs-Kittowski, P.; Kolm, P.; Mathiassen, I. (Eds.): System Design for Human Development and Productivity: participation and beyond. North-Holland, Amsterdam, New York 1986, pp. 3-17

Hacker, W. (1976): Zu Wechselbeziehungen zwischen Arbeitsbedingungen und Persönlichkeitsentwicklung. In: Pädagogik, 31 (1976), Beiheft I, S. 28-34

Hacker, W. (1986): User-Centert System Design: Design of Mental Tasks. In: Docherty, P.; Fuchs-Kittowski, P.; Kolm, P.; Mathiassen, I. (Eds.): System Design for Human Development and Productivity: participation and beyond. North-Holland, Amsterdam, New York 1986, pp. 81-90

Hofkirchner, W. (Ed.) (1994): The Quest For A Unified Theory of Information. World Futures General Evolution Studies, Vol. 13 (1994)

Janich, P. (1998): Informationsbegriff und methodisch-kulturalistische Philosophie. In: Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur, 9 (1998), H. 2, S. 169-182

Kolditz, L. (1999): Informationsverarbeitung in der Wissenschaft. Buchdruck und Internet. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät (Berlin), Band 33, Jahrgang 1999, H. 6, S. 71-90

Kujubu, D. A.; Fletcher, S.; Varum, B. C.; Lim, R. W.; Herschman, H. R. (1991): TIS10, a phorbol

ester tumor promotor-inducible mRNA from Swiss 3T3 cells, encodes a novel prostagladin synthease/cyclooxygenase homologue. In: Journal of Biological Chemestry, 266 (1991), no. 20, pp. 12866-12872

Nawrocki, K. (2001): Bewertung der Informationsrecherche im Internet und Vorstellung eines neuen Ansatzes. Diplomarbeit. Berlin (Fachhochschule für Technik und Wirtschaft) 2001

Ropohl, G. (1997): Allgemeine Technologie als Grundlage für ein umfassendes Technikverständnis. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 111-121

Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 2. Aufl. München, Wien 1999

Ropohl, G. (2001): Der Informationsbegriff im Kulturstreit. In: Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur, 12 (2001), H. 1, S. 3-14

Rosenthal, H. A.; Fuchs-Kittowski, K. (2001): Genetische Information ist mehr als ihre syntaktische Struktur – die DNA. In: Ethik und Sozialwissenschaften. Streitforum für Erwägungskultur, 12 (2001), H. 1, S. 43-46

Russel, B. (1988): Moral und Politik (1953). Frankfurt a.M. 1988

Schefe, P. (1997): Informatik und Philosophie. Unveröffentlichtes Manuskript seiner Vorlesung im Fachbereich Informatik der Universität Hamburg, gehalten 1997.

Schewe, T. (2002): Neue Horizonte der biochemisch-molekularbiologischen Forschung im Lichte der Revolution der Informationstechnologie zur Jahrtausendwende. In: Floyd, Chr.; Hofkirchner, W.; Furchs, C. (Hrsg.): Stufen zur Informationsgesellschaft für alle. Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt a.M., Berlin, Bern u.a. 2002 (im Druck)

Spur, G. (1998): Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaft. München, Wien 1998

Soukup, Ch. (2001): Wissensmanagement. Wissen zwischen Steuerung und Selbstorganisation. Wiesbaden 2001

Ulich, E. (1986): Some Aspects of User-Oriented Dialogue Design. In: Docherty, P.; Fuchs-Kittowski, P.; Kolm, P.; Mathiassen, I. (Eds.): System Design for Human Development and Productivity: participation and beyond. North-Holland, Amsterdam, New York 1986, pp. 33-47

Ulich, E. (1992): Arbeits-Psychologie. Stuttgart 1992

Volper, W. (1992): Wie wir handeln – was wir können. Heidelberg 1992

Waibel, M. Chr.; Wehner, Th. (1994): Über den Dialog zwischen Wissen und Erfahrung in der betrieblichen Lebenswelt. Teil I: Kognitive Umstrukturierung der planerischen Vorgaben zur

Bewältigung des Fertigungsalltags. Harburger Beiträge zur Psychologie und Soziologie der Arbeit. H. 1-08/1. Hamburg (TU Hamburg-Harburg) 1994

Wehner, Th.; Endres, E. (1993): Über die Analyse unerwarteter Ereignisse und deren Verhältnis zur Kooperation im Produktionsalltag. Harburger Beiträge zur Psychologie und Soziologie der Arbeit. H. 5. Hamburg (TU Hamburg-Harburg) 1993

Wolffgramm, H. (1997): Allgemeine Technologie zwischen (technologischer) Aufklärung und (technikwissenschaftlicher) Metatheorie. In: Banse, G. (Hrsg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin 1997, S. 123-139

Allgemeine Technologie, Biologie und Biotechnologie

Rolf Löther

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts schrieb der populärwissenschaftliche Schriftsteller W. F. A. Zimmermann: „Der rohe, der uncultivirte Mensch *unterliegt* den Kräften der Natur – der gebildete Mensch *beherrscht* die Kräfte der Natur und verwendet sie in seinen Diensten. Technik nennt man die Mittel, welche zu diesen Siegen führen, Technologie die Lehre von den vielen verschiedenen Zweigen der Kunst. Die Lehre selbst in ein System gebracht, ist durchaus neueren Ursprungs, wie unsere ganze Industrie, deren Gebiet sie umfasst. In alten Zeiten hat man davon nichts gewusst – wir wollen gar nicht von dem Worte reden Industrie – Gewerbefleiß – die *Sache*, der Begriff war nicht vorhanden.“ (Zimmermann 1859, 1. Bd. S. 3)

Von Industrie, von Physik und Chemie war damals schon die Rede, von Biologie, Biotechnik und Biotechnologie noch nicht. Der Ackerbau wurde berücksichtigt, aber nur um Bodenbeschaffenheit und mineralische Dünger zu betrachten und Geräte und Maschinen zur Bodenbearbeitung vorzustellen. Die Lebewesen der Tier- und Pflanzenproduktion wurden ebenso wenig näher betrachtet wie die Herstellung von Wein und Bier, Brot und Käse.

Wird Technologie als Vermittlung zwischen Naturwissenschaft und Technik verstanden, ist diese Sachlage nicht verwunderlich, befand sich die Naturwissenschaft Biologie doch selbst noch in statu nascendi. Erst auf einem bestimmten Entwicklungsstand konnte sie in ein ähnliches Verhältnis zur Technik treten wie Physik und Chemie. Im Verlauf des neunzehnten Jahrhunderts wurde die Biologie zu einer Naturwissenschaft, die neben und in Verbindung mit Physik und Chemie trat und mehr war als nur eine Zusammenstellung vorhandener Wissenszweige und Forschungsgebiete, von Botanik und Zoologie, Systematik, Embryologie, Anatomie und Physiologie unter einem neuen Namen.

Zunächst war eine Grenze in der Natur und damit auch zwischen den Wissenschaften von der Natur postuliert worden, die zuvor unbekannt gewesen war – die Grenze zwischen dem Anorganischen und dem Organischen, dem Nichtlebenden und dem Lebenden. Um die Wende vom achtzehnten zum neunzehnten Jahrhundert entstanden, nicht zuletzt inspiriert durch Ideen Kantscher und Schellingscher Natur-

philosophie, konzeptionelle Entwürfe des Inhalts *einer* Wissenschaft vom Leben der Pflanzen, Tiere und des Menschen – einer Wissenschaft namens Biologie. „Biologie" als Name einer Wissenschaft wurde damals von mehreren Autoren eingeführt, darunter 1801 von Jean Baptiste Lamarck in seiner „Hydrogéologie". Von Lamarck übernahm Auguste Comte den Begriff der Biologie in die Klassifikation der Wissenschaften, die er seinem „Cours de philosophie positive" zugrunde legte. 1838 erschien der dritte Band unter dem Titel „La philosophie chimique et la philosophie biologique". Über Comte bürgerten sich Name und Begriff der Biologie allmählich ein.

Ebenfalls um die Wende vom achtzehnten zum neunzehnten Jahrhundert ersetzten einige Autoren die alte Dreiteilung der Naturgeschichte in die des Mineralreiches, des Pflanzenreiches und des Tierreiches, die durch fließende Übergänge verbunden sind, durch die Gegenüberstellung von „anorganisch" und „organisch". „Anorganisch" und „organisch" sind bald darauf in die Terminologie der Chemie übergegangen, während ihre ursprüngliche Bedeutung in „nichtlebend" und „lebend" bzw. „abiotisch" und „biotisch" aufgehoben wurde. Unter „organischen Substanzen" verstand man zunächst solche, die nur in Pflanzen und Tieren durch die Wirkung einer geheimnisvollen Lebenskraft erzeugt, aber nicht künstlich dargestellt werden können, später dann die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate, als deren Chemie die organische Chemie definiert wurde. Bei Stoffen wird zwischen solchen biogener und abiogener Herkunft unterschieden.

In den unter dem Namen „Biologie" vereinten Wissenszweigen und Forschungsgebieten begann deren innere Formierung zu einer Wissenschaft. Das geschah wesentlich dadurch, dass für das Gesamtgebiet der Biologie eigene theoretische Grundlagen geschaffen und integrierende Zusammenhänge zwischen ihren Teilwissenschaften entdeckt wurden. Das war damit verbunden, dass sich die Biologie von aus anderen geistigen Provinzen geborgten Erklärungsgründen für die Phänomene des Lebenden emanzipierte – Erklärungsgründe, die sie bis weit ins neunzehnte Jahrhundert hinein aus den Glaubenslehren der christlichen Kirchen (Schöpfungsmythos, Mythos von der Sintflut) ebenso wie aus der Physik (Mechanik) oder der Philosophie (Naturphilosophie) übernommen hatte –, aber auch über denkfaulen Empirismus und Induktionismus hinausschritt.

Dieser wissenschaftshistorische Prozess bestand einmal im Feststellen der Einheit von lebender und nichtlebender Natur, der ihre Differenz nicht negiert, aufgrund übergreifender Zusammenhänge. Dazu gehören

- der Satz von der Erhaltung und Umwandlung der Energie (Robert Mayer, Hermann von Helmholtz);
- der mit der Synthese organisch-chemischer Verbindungen einsetzende Nachweis, dass dieselben chemischen Gesetze im Anorganischen und im Organischen gelten, aus dem schließlich die Biochemie erwuchs;
- die beginnende Einsicht in die ökologischen Zusammenhänge des Lebenden und seine Funktion im Geschehen der Erdoberfläche sowie den energetischen Zusammenhängen zwischen Erde und Sonne, die auf der Photosynthese der chlorophyllhaltigen Lebewesen beruht.

Er wurde zum anderen ergänzt durch den Nachweis der Einheit in der Mannigfaltigkeit pflanzlichen und tierlichen Lebens, der darin bestand, dass erstens alle Lebewesen aus Zellen, den elementaren Trägern der Lebenserscheinungen, bestehen (Theodor Schwann), und dass sie sich zweitens in durch Elternzeugung (Fortpflanzung) vermittelter Kontinuität in der Aufeinanderfolge der Generationen auf sich verzweigenden Wegen aus gemeinsamen Vorfahren stammesgeschichtlich entwickelt haben (Charles Darwin).

Schließlich war es wichtig, dass die Biologie ihr Terrain bereinigte und von uralten vorwissenschaftlichen Vorstellungen trennte, z.B. der von einer ständig stattfindenden Urzeugung von Lebewesen aus nichtlebenden Substanzen, deren Widerlegung Louis Pasteur zu Ende brachte, der von einer „Ausartung", bei der Individuen einer Art unvermittelt Individuen einer ganz anderen Art hervorbringen, oder von einer „Vererbung erworbener Eigenschaften", die August Weismann zu überwinden begann.

Zellenlehre und Evolutionslehre wurden zu allgemeinen konzeptionellen Grundlagen, auf denen sich die Biologie bis zum Ende des neunzehnten Jahrhunderts als eigenständige Naturwissenschaft konstituierte. Das fand seinen Ausdruck in für die Gesamtheit aller Lebewesen allgemeingültigen Sätzen und Begriffen wie dem Redischen Prinzip „Omne vivum e vivo" („Alles Lebende stammt vom Lebenden"), dem Virchowschen Satz „Omnis cellula a cellula" („Jede Zelle entstammt einer Zelle") und Darwins Begriff der Organismenevolution als „descent with modification".

Die technischen Prozesse, in denen Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen eingesetzt werden, gab es schon lange vor jeder Naturwissenschaft. Es waren empirisch betriebene praktische Angelegenheiten (vgl. Gööck 1986; Löther 2000). Die Empirie begann vor ca. 12000 bis 10000 Jahren mit der neolithischen oder Agrar-Revolution, in

der Ackerbau und Viehzucht entstanden. Wohl kaum jünger dürfte die Gärungstechnik sein, besonders zur Bereitung alkoholischer Getränke (vgl. Weule 1922). Im alten Ägypten und Babylon gab es schon reichhaltige Sortimente von Bieren, allerdings lauter ungehopfte. In der Praxis gesammelte Kenntnisse und Erfahrungen wurden mündlich und später auch schriftlich von jeder Generation auf die nächste überliefert. Sie waren in mythisches Weltverständnis eingebettet, wie auch die rationale Praxis von magischen und religiösen Handlungen begleitet war, von Gebeten und Opfern, Fruchtbarkeitsriten und Fürbitteprozessionen.

Die ältesten bekannten Beiträge zur landwirtschaftlichen Literatur sind die heute so genannten „Bauernkalender", die hauptsächlich aus Aufzeichnungen über die jahreszeitliche Abfolge der landwirtschaftlichen Arbeiten bestehen. Aus dem 18. Jahrhundert v.u.Z. stammt ein sumerischer Bauernkalender in der Form von Ratschlägen eines alten Bauern an seinen Sohn, festgehalten in Keilschrift auf Tontafeln. Er enthält auch ein Gebet an die Göttin der Feldmäuse und des Ungeziefers. „Vor Zeiten belehrte ein Bauer seinen Sohn", beginnt der Text. „Wenn du dein Feld bestellen willst, so gib bei der Öffnung der Gräben und Kanäle sorgfältig acht, dass wenn du das Feld bewässerst, das Wasser auf ihm nicht zu hoch steigt. Wenn du das Wasser hast abfließen lassen, achte darauf, dass der befeuchtete Boden des Feldes ein fruchtbarer Boden bleibt: lass beschuhte Ochsen [also Ochsen, deren Hufe irgendwie bedeckt sind] das Feld betreten. Nachdem sie das Unkraut herausgerissen und das Feld glatt gestampft haben, brich es mit schmalen Hacken auf", heißt es über den altmesopotamischen Bewässerungsfeldbau (zit. n. Zamorovsky 1968, S. 159f.).

Aus dem zehnten Jahrhundert v.u.Z. stammt der Bauernkalender von Gezer in Palästina, der den Ablauf der landwirtschaftlichen Arbeit in Merksätzen wiedergibt. Aus China sind die ältesten Bauernkalender als Teile von Texten aus dem vierten und dritten Jahrhundert v.u.Z. überliefert; der Inhalt ist aber zweifellos viel älter. Im alten Griechenland war Hesiods „Werke und Tage" der Landwirtschaft gewidmet, Xenophon, Aristoteles, Theophrast und hellenistische Gelehrte behandelten Spezialfragen. Aus dem alten Rom sind Vergils „Georgica", des älteren Cato „De agricultura", weiter Werke von Varro, Columella und Palladius über die Landwirtschaft erhalten. Auch der ältere Plinius schrieb über sie. Die achtundzwanzig Bücher über Landwirtschaft des kathargischen Schriftstellers Mago aus der ersten Hälfte des zweiten Jahrhunderts v.u.Z. wurden ins Lateinische und Griechische übersetzt und galten als Standardwerke.

Erst im Zusammenhang mit dem Übergang von der feudalen zur kapitalistischen Produktionsweise wurde die Landwirtschaft im achtzehnten Jahrhundert zum Gegenstand wissenschaftlicher Arbeit, die zur Herausbildung der Agrarwissenschaften führte. Um die Wende vom achtzehnten zum neunzehnten Jahrhundert wurden sie zu einem eigenen Wissenschaftsgebiet. „Das alte theoretische Fundament der Agrarproduktion, das auf der rein empirischen, vielfach auf der jahrhundertelangen, kaum veränderten Erfahrungslehre beruhte, taugte für die Lösung neuer Aufgaben nicht mehr. Eine neue Qualitätsstufe der Landwirtschaftslehre, ein selbständiges System der Agrarwissenschaften, das die praktischen Erfahrungen der Produktion, die neuesten Erkenntnisse der Gesellschafts- und Naturwissenschaften und die Erfordernisse der sich entwickelnden kapitalistischen Produktionsweise in sich vereinigte, war zur historischen Notwendigkeit geworden. Der Aufbruch der Landwirtschaft war untrennbar mit einem Aufbruch der Agrarwissenschaften verbunden“, resümieren Hans-Heinrich Müller und Volker Klemm (Müller, Klemm 1988, S. 15).

Johann Beckmann, der Begründer der Technologie, war es, der in seinen „Grundsätzen der teutschen Landwirtschaft“ (1769) erstmals in Deutschland der Landwirtschaftslehre den Rang einer systematisch zu betreibenden Wissenschaft zuerkannte. Er vertrat nachdrücklich, dass praktische Kenntnisse ohne wissenschaftliche Begründung für die erfolgreiche landwirtschaftliche Tätigkeit unzureichend sind. Sein Programm für den Fortschritt der Landwirtschaftswissenschaft war die Anwendung von Naturwissenschaft. Der deutsche Wegbereiter der Agrarwissenschaft Albrecht Daniel Thaer hat Beckmanns Schrift viele Anregungen entnommen (vgl. Klemm, Meyer 1968, S. 44).

Ausgangsproblem für die Verbindung von Naturwissenschaft und Landwirtschaft in der Technik war das Problem des Verhältnisses von Pflanze und Boden, Pflanzenernährung und Düngung. Auf dem Wege seiner Bearbeitung entstand die Agrochemie. Wo, auf welchem Wissensstand das begann, illustrieren Antworten auf Preisfragen der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften. 1797 wurde die Preisfrage gestellt „Von welcher Art sind die erdigen Bestandteile, welche man durch Hilfe der chemischen Zersetzung in den Getreidearten findet? Treten sie in solche ein, wie man sie darin findet, oder werden sie durch die Lebenskraft und durch die Vegetation erzeugt?“. Die Antwort war, dass die in den Getreidearten enthaltenen erdigen und metallischen Bestandteile nicht als solche in die Pflanzen eintreten, sondern erst durch

die Lebenskraft und durch die Wirkung der Organe der Vegetation erzeugt worden sind (vgl. Müller-Lehnhartz 1951, S. 3). 1801 veranstaltete die Akademie ein Preisausschreiben zur Frage „Was ist Dünger?". Ein Inspektor J. S. B. Neumann aus dem uckermärkischen Templin machte in seiner Antwort u.a. allen Ernstes den Vorschlag, Menschenleichen ohne Särge auf den Feldern zu beerdigen und vor dem Acker auf einer Tafel folgende Grabinschrift anzubringen:

„Hier liegt N. N. begraben,
Zwar arm an Geistesgaben,
Der aber hier doch wahren Nutzen bringt,
indem er tüchtig diesen Acker düngt." (Gerhardt 1946, S. 12)

Justus von Liebig und sein Werk „Die organische Chemie und ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie" (1840) – von der fünften Auflage (1843) ab verschwand „organisch" aus dem Buchtitel – nahmen bei der Entstehung der Agrochemie eine Schlüsselstellung ein.

Nach und neben der Chemie gewann die Biologie Einfluss auf die Landwirtschaft. Sie ließ vieles begreifen, das seit alters getan wurde, und es rationeller gestalten. Innovativ auf die Tier- und Pflanzenzüchtung wirkten die von Gregor Mendel begründete Genetik und die von Charles Darwin begründete Evolutionstheorie, vor allem nach dem Zusammenschluss beider in der Synthetischen Theorie der Evolution, dem modernen Darwinismus. Wobei die Tier- und Pflanzenzüchtung zunächst zu den Quellen gehörte, aus denen sowohl Mendel als auch Darwin schöpften. Mendel nahm sich des Vererbungsproblems an, das die praktischen Züchter damals als das Problem erkannt hatten, von dessen Lösung der weitere Fortschritt ihrer Arbeit abhing, und bediente sich ihrer Erfahrungen (vgl. Löther 1989, S. 22ff.). Für Darwins Theorie der natürlichen Auslese hatte seine Untersuchung des Züchtungsvorganges, der „künstlichen Auslese", grundlegende Bedeutung, bei der er sich auch auf seine Praxis als Taubenzüchter stützte. „Das I. Kapitel der *Entstehung der Arten* ist geradezu eine Einführung in die Tierzucht, insbesondere in die Taubenzucht, und bei der Entfaltung seiner Theorie der natürlichen Auslese beruft sich Darwin ganz deutlich auf Analogien zwischen der von Menschen gesteuerten Tierzucht und der natürlichen ‚Zucht'. Letztlich verallgemeinert er die Leistungen menschlicher Züchter, um sie auf die Funktionsweise der Natur zu übertragen", konstatiert Michael R. Rose (Rose 2001, S. 157).

Zur Bedeutung des Darwinismus für die Landwirtschaft führt Rose drei Gesichtspunkte an:

- Erstens den kulturellen Wandel im Verständnis der Lebewesen und Lebensvorgänge, weil Darwin der Biologie eine materialistische Grundlage gab, welche die Praxis der Landwirtschaft vom Aberglauben befreite.
- Zweitens schuf Darwin damit die Voraussetzungen zur Entwicklung einer wissen schaftlich fundierten Landwirtschaft, die auf die Naturwissenschaften zurückgriff.
- Drittens führte das zur Anwendung unmittelbar Darwinschen Denkens in der Technik der Tier- und Pflanzenzüchtung.

Durch den Einsatz darauf basierender Züchtungsmethoden wurde die landwirtschaftliche Produktivität um ein Vielfaches gesteigert. „Landwirtschaftliche Zucht gehört zu jenen Leistungen, die den Menschen der Moderne auszeichnen – vielleicht nicht in der Sensationspresse, aber in der Realität“ (Rose 2001, S. 159). Allerdings lässt der Darwinismus auch Grenzen der Züchtbarkeit erkennen, letzten Endes im Hinblick auf die Erschöpfbarkeit des Reservoirs an genetischer Variation, der notwendigen Voraussetzung für die Selektion.

Was ist das Verbindende zwischen Bodenbearbeitung und Düngung, Tier- und Pflanzenzüchtung und all den anderen technischen Aktivitäten in der Landwirtschaft? Sie sind Bestandteile des Beziehungsgefüges der landwirtschaftlichen Tier- und Pflanzenproduktion, einer Stoffproduktion vermittels biotischer Systeme. Für ihre spezielle Technologie führte der ungarische Agraringenieur Karl Ereky 1917 die Bezeichnung „Biotechnologie“ ein. In seiner Schrift „Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe“ (1919) wies er „alle die Arbeitsgänge, bei denen aus Rohstoffen mit Unterstützung lebender Organismen Konsumartikel erzeugt werden, dem Gebiete der Biotechnologie zu“ (zit. n. Bud 1995, S. 35). Den Begriff bildete Ereky in Analogie zur chemischen Technologie. Der Agraringenieur wollte die traditionelle bäuerliche Wirtschaft durch eine kapitalistische Landwirtschaftsindustrie ersetzen, die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basiert. Seine Schweinemastbetriebe würden auch heute zu den größten Unternehmen ihrer Art gehören. Die Schweine beschrieb er als „biotechnologische Arbeitsmaschinen“, die sorgfältig berechnete Futtermengen in Fleisch umwandeln. Nach dem Ersten Weltkrieg war Ereky Ernährungsminister des konterrevolutionären ungarischen Horthy-Regimes.

Der heute mit dem Begriff der Biotechnologie verbundene Begriff der „Biotechnik“ stammt von dem Biologen, Naturphilosophen und einst vielgelesenen populärwissenschaftlichen Schriftsteller Raoul Francé (vgl. Bud 1995, S. 79ff.; Roth o.J.). Bei Francé hatte er jedoch eine andere Bedeutung, die sich weitgehend auf das bezieht, was heute „Bionik“ genannt wird. Werden bei der Biotechnik im heutigen Sinne die Lebewesen selbst genutzt, hat die Beschäftigung mit ihren Strukturen und Funktionen in der Bionik eine heuristische Funktion für Problemlösungen beim technischen Konstruieren. Francé schrieb beispielsweise: „Es ist natürlich das unerschöpfliche Gebiet der *Biotechnik*, auf dem sich das Prinzip der Material- und Funktionsersparnis auswirkt. Alle organismischen Maschinen, seien das nun die Traggerüste bei Pflanze und Tier oder die Bewegungsmechanismen, die Werkzeugmaschinen der Tiere oder die Schwimm- und Flugapparate, sind gerade auf das hin in einer Weise selektiert, dass sie in der nachahmenden menschlichen Technik immer wieder noch als Beispiel dienen können.“ (Francé 1944, S. 208)

Eine dem gegenwärtigen Verständnis von „Biotechnik“ entsprechende Begriffsfassung gab Hans Joachim Bogen, als er „Biotechnik“ als „planmäßige Indienststellung anderer Lebewesen“ bezeichnete (vgl. Bogen 1976, S. 12). Doch weitete er den Begriff übermäßig aus, indem er auch biotische Phänomene wie die so genannten Pilzgärten von Ameisen und Termiten einbezog, bei denen aber das Merkmal der Planmäßigkeit fehlen dürfte. Andererseits engte er ihn ein, indem er ihn für die Indienststellung anderer Lebewesen durch Menschen auf „die Nutzung von (‚gezähmten‘) Mikroorganismen mit technischen Mitteln“ (Bogen 1976, S. 9) begrenzte. Das entspricht dem schon in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts einsetzenden Trend, den Begriff „Biotechnologie“ von der Landwirtschaft auf die mikrobiologische Industrie zu verschieben und die Landwirtschaft außen vor zu lassen. Das ist heute in der Regel der Fall. Das war auch nicht schwierig, handelt es sich doch wie in der Landwirtschaft um Stoffproduktion vermittels biotischer Systeme und fällt unter Erekys allgemeine Definition.

In einer vom Bundesministerium für Bildung und Forschung herausgegeben Schrift heißt es sogar im Widerspruch zur Begriffsgeschichte: „Der Begriff ‚Biotechnologie‘ wurde 1919 von dem ungarischen Ingenieur Karl Ereky geprägt und als Summe aller Verfahren definiert, mit denen Produkte aus Rohstoffen unter Zuhilfenahme von Mikroorganismen [sic!] erzeugt werden.“ (BMBF 2000, S. 7)

In den sechziger und siebziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts hatten es einige Dozenten aus dem landwirtschaftlichen Fachschulwesen der DDR unternommen, zur Ausbildung der Fachleute für industriemäßige Produktionsmethoden die Agrarproduktion in technologischer Hinsicht zu untersuchen und die Konzeption einer biologischen Technologie auszuarbeiten, die Landwirtschaft und mikrobiologische Industrie umfasst (vgl. Haseloff 1971). Sie hat auch in die Lehrbuchliteratur Eingang gefunden (vgl. Holland, Nürnberg, Reinbrecht 1977). Es ist zu wünschen, dass dieser Ansatz wieder aufgenommen und kritisch und konstruktiv weitergeführt wird. Für eine solche umfassende biologische Technologie wären außer der Agrikultur und der biotechnischen Industrie auch die Forstwirtschaft und die Aquakultur (Fischfarmen und dergleichen) zu berücksichtigen.

Unter „Biotechnologie“ wird heute gewöhnlich eine natur- und technikwissenschaftlich fundierte anwendungsorientierte Wissenschaft verstanden, die sich mit der Nutzung der Biosyntheseleistungen lebender Zellen (Mikroorganismen, tierliche und pflanzliche Zellen) oder daraus gewonnene Enzyme (Biokatalysatoren) zur Gewinnung und Umwandlung von Stoffen im Rahmen industrieller Produktionsverfahren oder zum Abbau oder zur Umwandlung von Schadstoffen im Rahmen des Umweltschutzes (Umwelt-Biotechnologie) befasst (vgl. Buchholz 1992; Klämbt, Kreiskott, Streit 1991; Schluttig 1990). Besonders betont wird die Verbindung der Biotechnologie mit Technischer Chemie und Verfahrenstechnologie.

Damit wird ein Zweig einer umfassenden biologischen Technologie hervorgehoben, in dem sich die Entwicklung der Biologie umwälzend auf die industrielle Produktion auswirkt. Im Jahre 1900 nannte Oscar Hertwig in seiner Jahrhundertbilanz der Entwicklung der Biologie drei Hauptleistungen auf ihrem Gebiet für die allgemeine Naturerkenntnis. Das waren die Zellenlehre, die Abstammungslehre und schließlich: „Als die Ursache von den in der Natur weit verbreiteten Prozessen der Fäulnis, der Gärung und sehr zahlreicher pflanzlicher und tierischer Krankheiten wurden allerkleinste Lebewesen erkannt: einzellige Algen, Pilze, Bakterien und was sich sonst noch von verwandten Mikroorganismenarten anschließt“ (Hertwig 1908, S. 7). Als besonders bahnbrechend für diese Leistungen nannte er die Untersuchungen Heinrich Anton de Barys für das Studium der Pflanzenkrankheiten sowie Louis Pasteurs und Robert Kochs für die Bakteriologie. Bahnbrechend waren sie auch für die Methodik der mikrobiologischen Forschung. Es waren diese Leistungen der Biologie, von der die

Entwicklung der heutigen mikrobiologischen Technik und Technologie ausging, die zur Zeit als Biotechnik und Biotechnologie schlechthin gilt. In ihrer Geschichte werden mehrere Etappen unterschieden.

Als *Etappe der klassischen Biotechnologie* wird der viele Jahrtausende währende Zeitraum angesehen, in dem die Lebenstätigkeit von Mikroorganismen genutzt wurde, um Wein, Bier, Branntwein und Essig, Brot und Käse, Sauerkraut, saure Gurken und andere Produkte zu erzeugen, ohne etwas von Mikroorganismen zu wissen.

Die *Etappe der modernen Biotechnologie* begann in den sechziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts mit Pasteur und Koch. Sie ist durch die bewusste Nutzung und Beeinflussung von Mikroorganismen charakterisiert. Eingeleitet wurde sie durch die von Pasteur zwischen 1857 und 1860 angestellten Untersuchungen der alkoholischen und der Milchsäuregärung, die von Hefen bzw. Bakterien bewirkt werden. Diese Untersuchungen wurden von industrieller Seite angeregt und führten dazu, die Essig-, Wein- und Bierherstellung wissenschaftlich zu durchdringen und zu kontrollieren sowie die Konservierung und den Transport von Wein und Bier zu gewährleisten. In dieser Etappe kam es zur industriellen Herstellung von Produkten wie Milchsäure, Buttersäure, Zitronensäure, Gluconsäure, Butanol, Aceton, Glycerol, Futterhefe u.a., Zitronensäure beispielsweise mit Mutanten des Schimmelpilzes *Aspergillus niger*. Besonders hervorzuheben ist aus dieser Etappe der Beginn der großtechnischen Gewinnung von Antibiotika. Sie fußte auf der Isolation und dem therapeutischen Einsatz des Penizillins durch Ernst Chain und Howard Florey (1940/41), nachdem Alexander Fleming 1928 die bakterizide Wirkung des Pinselschimmels *Penicillium notatum* entdeckt hatte. Weiter wurde die Technologie der Steroidumsetzungen mit der Erzeugung von Hydrocortison und Cortison sowie Produktionsverfahren für Aminosäuren entwickelt. Standardisierte Suchprogramme (screening) für neue Mikroorganismen sowie die züchterische Bearbeitung von Produktionsstämmen über den darwinistischen Mutation-Selektion-Mechanismus wurde eingeführt. Das geschah zunächst für die Antibiotika-Produktion, die wegweisend für die Entwicklung von Produktionsverfahren für weitere mikrobiologische Produkte wurde. Weiter ist die Einführung von Zellkulturtechniken und Enzymtechniken in den Produktionsprozess zu nennen.

Mitte der siebziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts schließlich begann die *Etappe der neuen Biotechnologie*, nachdem 1973 von Stanley N. Cohen und Anni Chang erstmals der horizontale Gentransfer von Lebewesen einer Art (*Staphylococcus-aureus*-Bakterien) in Lebewesen einer anderen Art (*Escherichia-coli*-Bakterien) gelun-

gen war. Im selben Jahr übertrugen die beiden zusammen mit Herbert W. Boyen und seinen Mitarbeitern auch Frosch-Gene in *E.-coli*-Bakterien. Damit begann die erfolgreiche Praxis der Gentechnik, während das Wie der Versuche grundlegend für die Methodik der Gentechnik wurde. Das Kennzeichen der neuen Biotechnologie besteht darin, dass die Möglichkeiten der Gentechnik genutzt und die Ergebnisse, so transgene Mikroorganismen und Zellkulturen, in technischen Prozessen eingesetzt werden. Mehr als vierzig Arzneimittel-Wirkstoffe und mehrere hundert Substanzen, die für die Diagnose von Krankheiten genutzt werden, werden heute weltweit auf gentechnischer Grundlage hergestellt. Gentechnik ist kein Produktionsverfahren. „Gentechnisch erzeugt" heißt vielmehr: mit gentechnisch veränderten (transgenen) Organismen erzeugt.

Bei Gentechnik und Gentechnologie geht es um einen Komplex von Methoden und ihnen zugrundeliegenden Kenntnissen, die der Analyse, gezielten Veränderung und Neukombination von Genen sowie zellulären Regulationsmechanismen der Genaktivität (Replikation, Expression) dienen, und deren Einschleusung in Zellen. Im weiteren Sinne werden auch Methoden der Zellfusion und der Manipulation von Gameten dazugezählt. Gentechnik und Gentechnologie bilden die wesentliche innovative Komponente der industriellen Biotechnik und Biotechnologie in ihrer neuen Etappe, sind aber weder mit ihr identisch noch auf sie beschränkt. Sie entstanden als Instrumentarium molekularbiologischer Grundlagenforschung und bleiben es, und sie haben weitere Anwendungsgebiete. Dazu gehört ihre innovative Rolle in der Tier- und Pflanzenzüchtung (vgl. Ordon, Friedt 1998). Große Erwartungen knüpfen sich an die Kombination der Gentechnik mit der Genomforschung (Genomik) und der Klonierung. Damit könnten zukünftig Gene mit von der Genomik erkundeter Funktion mittels Gentechnik gezielt in Genomen platziert und durch Klonieren vielzellige Tiere damit ausgestattet werden, mit denen dann ähnlich wie mit transgenen Mikroorganismen bestimmte Stoffe erzeugt werden können. Heute schon werden beispielsweise aus der Milch gentechnisch veränderter Schafe therapeutisch wirksame Proteine gegen einige Blut- und Lungenkrankheiten gewonnen – „transgene" Landwirtschaft (farming) mit pharmazeutischem Nutzen, „Pharming" genannt (vgl. Wilmut, Campbell, Tudge 2000).

Der Einsatz der Gentechnik befindet sich noch am Anfang seiner Entwicklung und ist heftig umstritten. Ihre von der Tier- und Pflanzenzüchtung ausgehende Nutzung in der Landwirtschaft, die so genannte „grüne Gentechnik" und ihr innewohnende

Chancen und Gefahren bilden einen Schwerpunkt der Debatten (Englert, Horsch, Mellon 2001; Jany, Kiener 2001; Reiprich, Tesch 2000; Spahl, Deichmann 2001; Wöhrmann, Tomink, Sentker 1999). Spektakuläre Aktionen richten sich gegen die Verwendung von Rohstoffen, die von transgenen Kulturpflanzen stammen, für Nahrungsmittel, von ihren Gegnern auch „Frankenstein-Food" genannt. Der Kampf dagegen nimmt zuweilen kuriose Formen an, z.B. als Kampagne gegen „genmanipulierte Schokoriegel". Missverständnisse über die Landwirtschaft scheinen dabei keine geringe Rolle zu spielen. „Als nächstes, Sir, haben sie, wie ich meine, möglicherweise eine übertriebene Vorstellung vom natürlichen Charakter der ‚traditionellen' oder ‚organischen' Landwirtschaft. Die Landwirtschaft war schon immer unnatürlich. Wir haben uns erst vor zehntausend Jahren von unserer natürlichen Lebensweise als Jäger und Sammler zu lösen begonnen – eine Zeitspanne, die zu kurz ist, als dass man sie auf der Zeitskala der Evolution messen könnte. Der Weizen, ob Vollkorn oder ausgemahlen, ist kein natürliches Nahrungsmittel für den *homo sapiens*. Auch die Milch nicht, außer bei Kindern. Fast unsere gesamte Nahrung ist genetisch verändert, wenn auch nicht durch künstliche Mutation, sondern durch künstliche Selektion, aber das Ergebnis ist dasselbe. Ein Weizenkorn ist ein genetisch veränderter Grassamen, gerade so wie ein Pekinese ein genetisch veränderter Wolf ist. Gott spielen? Wir spielen schon seit Jahrhunderten Gott", schrieb Richard Dawkins in einem Brief an den britischen Kronprinzen Charles zu dessen wissenschafts- und technikkritischen Äußerungen (Dawkins 2001, S. 242).

Dass jede Landwirtschaft unnatürlich ist, wie Dawkins betont, heißt mit anderen Worten, dass sie Bestandteil der menschlichen Kultur ist, eben Agrikultur. Das Postulieren einer Alternative zwischen „natürlich" und „unnatürlich" führt in die Irre. Statt dessen geht es um verschiedene Formen von Landwirtschaft, wenn es um die nachhaltige Sicherung der Umwelt und das Überleben und Vorankommen der Menschheit geht (vgl. N.N. 2001; Schmidt, Jasper 2001). „Holzeinschlag und Brandrodung zerstören unsere alten Wälder (kein landwirtschaftliches System ist übrigens ‚traditioneller' als die Rodung). Überweidung (wiederum von ‚traditionellen' Kulturen weithin praktiziert) führt zu Bodenerosion und verwandelt fruchtbares Weideland in Wüste. Und wenn wir uns unserem eigenen modernen Stamm zuwenden, so erweist sich die von Kunstdünger und Pestiziden unterstützte Monokultur als Gefahr für die Zukunft; schlimmer noch ist der undifferenzierte Einsatz von Antibiotika in der Tierzucht", vermerkt Dawkins. Ihn beunruhigt, dass der „hysterische Widerstand gegen

die möglichen Gefahren genmanipulierter Lebensmittel“ von den tatsächlichen Gefahren ablenke, die bereits wohlbekannt sind, aber weithin ignoriert werden. „Wenn die Warnungen vor den genmanipulierten Lebensmitteln sich, wie ich erwarte, als gegenstandslos erweisen, könnte das Gefühl, getäuscht worden zu sein, der Auseinandersetzung mit den wirklichen Gefahren schaden“, meint er (Dawkins 2001, S. 242).

Einer unkritischen Haltung zum Einsatz der Gentechnik soll nicht das Wort geredet werden. Vielmehr geht es um die Prämissen einer Kritik, die sachlich und konkret verfährt. Weder kann blauäugig den schönen Worten jener getraut werden, denen ihr Einsatz der Gentechnik die Profite erhöht, noch ist Maschinenstürmerei (bzw. das Ausreißen transgener Pflanzen) eine Alternative zu wissenschaftlich-technischem Fortschritt (PDS 1999). Entscheidungen bedürfen der Begründung durch wissenschaftliches Denken, das sich durch Beobachtung und Experiment auf die Wirklichkeit bezieht, um mittels Gentechnik die vom Menschen gesteuerten Evolutionsprozesse der biotechnisch genutzten Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere zu seinem Wohle voranzubringen.

Literatur

Bogen, H. J. (1976): Knaurs Buch der Biotechnik. Gezähmt für die Zukunft. München, Zürich 1976

Buchholz, R. (1992): Biotechnik – eine alte und neue Technik, in: Präve, P. (Hrsg.): Jahrhundertwissenschaft Biologie?! Aktueller Stand der Biowissenschaften in Deutschland. Weinheim, New York, Basel, Cambridge 1992

Bud, R. (1995): Wie wir das Leben nutzbar machten. Ursprung und Entwicklung der Biotechnologie. Braunschweig, Wiesbaden 1995

BMBF (2000): Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Perspektiven moderner Biotechnologie und Gentechnik. Bonn 2000

Dawkins, R. (2001): Wir spielen Gott. Ein Brief an Prinz Charles. In : Schirrmacher, F. (Hrsg.): Die Darwin AG. Wie Nanotechnologie, Biotechnologie und Computer den neuen Menschen träumen. Köln 2001

Englert, H.; Horsch, R. B.; Mellon, M. (2001): Grüne Gentechnik. Risiko oder Rettung für die Welt. In: Spektrum der Wissenschaft, Oktober 2001, S. 56-65

Francè, R. H. (1944): Bios. Die Gesetze der Welt (1921). Taschenausgabe. Stuttgart 1944

Gerhardt, O. (1946): Naturforschung schafft Nahrung. Stuttgart 1946

Gööck, R. (1986): Die großen Erfindungen. Landwirtschaft – Nahrung – Medizin. Künzelsau 1986

Haseloff, F. (1971): Einige biologisch-philosophische Probleme der Biologischen Technologie in der Agrarproduktion. Diss. Berlin 1971

Hertwig, O. (1908): Die Entwicklung der Biologie im neunzehnten Jahrhundert. 2. Aufl. Jena 1908

Holland, H.-J.; Nürnberg, U.; Reinbrecht, L. (1977): Biologie – Agrarpopulation. Lehrbuch der Agraringenieurschulen. Berlin 1977

Jany, K.-D.; Kiener, C. (2001): Gentechnik und Lebensmittel. In: Biologie in unserer Zeit, 31 (2001), Nr. 6, S. 344-355

Kläubt, D.; Kreiskott, H.; Streit, B. (Hrsg.) (1991): Angewandte Biologie. Weinheim, New York, Basel, Cambridge 1991

Klemm, V.; Meyer, G. (1968): Albrecht Daniel Thaer. Pionier der Landwirtschaftswissenschaften in Deutschland. Halle (Saale) 1968

Löther, R. (1989): Wegbereiter der Genetik. Gregor Johann Mendel und August Weismann. Leipzig, Jena, Berlin 1989

Löther, R. (2001): Kenntnisse und Vorstellungen über Lebewesen und Lebensprozesse in frühen Kulturen. In: Jahn, I. (Hrsg.): Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien. 3. Aufl. Heidelberg, Berlin 2001, S. 27-47

Müller, H.-H.; Klemm, V. (1988): Im Dienste der Ceres. Streiflichter zu Leben und Werk bedeutender deutscher Landwirte und Wissenschaftler. Leipzig, Jena, Berlin 1988

Müller-Lehnartz, W. (1951): Die Fortschritte der Landwirtschaftswissenschaft unter dem Einflusse der Entwicklung der Naturwissenschaften. Leipzig 1951

N.N. (2001): Agrarwende – zurück in die Zukunft? In: Medicom, 16. Ausg. August 2001, S. 20-28

Ordon, F.; Friedt, W. (1998): Von Mendel zum Gentransfer. Grundlagen und aktuelle Methoden der Pflanzenzüchtung. Bonn 1998

PDS (1999): Risiko Technologie. In: Parteivorstand der PDS/BAG Wissenschaftspolitik (Hrsg.): Beiträge zur Wissenschaftspolitik, 1 (1999), Nr. 1, S. 3-54

Reiprich, K.; Tesch, J. (Hrsg.) (2000): Effiziente Pflanzenproduktion mit Hilfe der Gentechnik? Pro & Kontra. Leipzig 2000

Rose, M. R. (2001): Darwins Schatten. Von Forschern, Finken und dem Bild der Welt. Stuttgart, München 2001

Roth, R. R. (1995): R. H. Francé – Mensch und Werk. In: Francé, R. H.: Das Leben im Boden

(1922)/Das Edaphon (1921). Holm o. J. (1995), S. VII-XXI

Schluttig, A. (1990): Umwelt-Biotechnologie. Mikroben für eine gesündere Umwelt. Leipzig, Jena, Berlin 1990

Schmidt, G.; Jasper, U. (2001): Agrarwende oder die Zukunft unserer Ernährung. München 2001

Spahl, T.; Deichmann, T. (2001): Das populäre Lexikon der Gentechnik. Überraschende Fakten von Allergie über Killerkartoffeln bis Zelltherapie. Frankfurt a.M. 2001

Weule, K. (1922): Chemische Technologie der Naturvölker. Anfänge der Naturbeherrschung II. Stuttgart 1922

Wilmut, I.; Campbell, K.; Tudge, C. (2000): Dolly. Der Aufbruch in das biotechnische Zeitalter. München, Wien 2000

Wöhrmann, K.; Tomink, J.; Sentker, A. (1999): Früchte der Zukunft? Grüne Gentechnik. Weinheim 1999

Zamarovsky, V. (1968): Am Anfang war Sumer. Leipzig 1968

Zimmermann, W. F. A. (1859): Die Macht der Elemente und ihre Benutzung im täglichen Leben. Belehrende Unterhaltungen über das industrielle Wissen unserer Zeit und die Geschichte der Technik. 2 Bde. 2. Aufl. Leipzig 1859

Technologie und Chemieingenieurwesen aus historischer Sicht

Klaus Krug

1 Einleitung

Der nachfolgende Beitrag skizziert die historische Entwicklung des Chemieingenieurwesens anhand der Hauptentwicklungsrichtung und -etappen. Die Technologie in der Geschichte umfasst sowohl die Konzepte der speziellen als auch der allgemeinen Technologie. Mit dem Begriff Chemieingenieurwesen soll die Internationalität der Entwicklung angesprochen sein. Die Verfahrenstechnik dagegen ist Kennzeichen eines typisch deutschen Weges der Wissenschaftsentwicklung.

Ausgangspunkt ist die folgende Definition des Chemieingenieurwesens: Das Chemieingenieurwesen ist ein *technologisch* orientiertes Gebiet der Technikwissenschaften. Die den industriellen Stoffwandlungen innewohnenden Gesetzmäßigkeiten sind der Gegenstand des Chemieingenieurwesens. Die Änderungen des Zustandes und der inneren Struktur der Stoffe stehen gegenüber den Änderungen ihrer geometrischen Formen im Vordergrund (vgl. Gruhn, Fratzscher, Krug 1981, S. 61).

Anhand des historischen Verlaufes der Entwicklung sollen einige Überlegungen im Sinne der Zielstellung unseres Symposiums als Diskussionsangebot eingebracht werden.

2 Die historischen Quellen des Chemieingenieurwesens

Die praktische Nutzung chemisch-technologischer Vorgänge reicht in die Frühzivilisation der Menschheit zurück. Literarische Wurzeln ihrer zusammenhängenden Darstellung sind dagegen im ausgehenden Mittelalter angesiedelt.

Die *naturwissenschaftlich-methodische* Quelle des Chemieingenieurwesens entspringt der geistigen Strömung des Renaissance-Humanismus. Im Jahre 1597 erschien mit der „Alchemia“ von Andreas Libavius (ca. 1550–1616; vgl. Libavius 1964) das „erste systematische Lehrbuch für Chemie“ überhaupt (vgl. Partington 1961, S. 247). Es ist in die Abschnitte „Encheria“ und „Chymia“, d. h. in eine Handgriff- und

eine Rezeptlehre gegliedert. Die „Handgrifflehre“ nimmt den Prozessgedanken um drei Jahrhunderte vorweg. Libavius entwirft für mehr als 60 physikalische und chemische Operationen ein dichotomes System vom Allgemeinen zum Besonderen und vom Einfachen zum Komplizierten.

Das Paradigma von Libavius lautete: „Eine einzige Operation braucht nur auf eine einzige Art und an einer einzigen Stelle dargelegt zu werden, mag das Werk auch tausend verschiedenartigen Zwecken dienen.“ (Libavius 1964, S. XIV) Dieser Leitgedanke weist dem Prozess eine eigenständige und weitgehend stoffunabhängige Funktion zu. Bezeichnenderweise spielt diese Lehre von den Operationen in der chemiehistorischen Literatur kaum eine Rolle.

Die *maschinenbaulich-konstruktionsorientierte* Quelle wird wesentlich durch das großartige Werk „Theatrum machinarum“ von Jakob Leupold (1674–1727) begründet und geprägt (vgl. Leupold 1724). Auf 1764 Seiten und 472 Kupfertafeln gibt Leupold einen umfassenden Überblick über den Instrumentenbau seiner Zeit. Ein halbes Jahrhundert später lernt James Watt deutsch, um Leupolds Werk im Original studieren zu können. Hornblowers, Watts Konkurrenten, entnehmen Leupolds Werk die Idee der Verbundmaschine. Sein Klassifikationssystem und seine technische Terminologie setzten Maßstäbe für die künftige Maschinenkunde (vgl. Buchheim, Sonnemann 1990, S. 129). Leupold nennt als Kriterien der Konstruktion:

- Einfachheit,
- Materialauswahl,
- Minimierung der Reibung,
- Minimierung der Kosten.

Seine Kupferstiche sind hervorragende zeichnerische Darstellungen in Maßstab und Projektion und sind somit Grundlagen für die Konstruktion als Wissenschaft.

In Frankreich erschienen zwischen 1751 und 1781 die fünfunddreißig Bände der „Encyclopédie“ (vgl. Diderot et al. 1751) der Sensualisten um Denis Diderot (1713–1784) und Jean le Rond d`Alembert (1717–1783). In Deutschland avancierte der Kameralismus, jene deutsche Abart des englischen Merkantilismus, zu einer Heimstatt technischen Gedankengutes und wurde zur *gegenständlich-technologischen* Quelle des Chemieingenieurwesens.

Im Jahre 1777 erschien die „Anleitung zur Technologie..." des Göttinger Ordinarius für Philosophie und Ökonomie Johann Beckmann (1739–1811; vgl. Beckmann 1780). Er gilt als Begründer der Technologie als Wissenschaft und suchte sie in die Kameralwissenschaften einzuordnen. So systematisierte er 324 Gewerbe in 51 Klassen nach den in ihnen ablaufenden Vorgängen und Handgriffen von den einfachen zu den zusammengesetzten. Inhaltlich nahm er bei Diderot Anleihen auf, methodisch war Carl von Linné (1707–1778) sein Vorbild. Es ist ganz sicher nicht zufällig, dass die späteren Wirtschaftsreformer Karl Freiherr vom Stein (1757–1831) und Karl August von Hardenberg (1750–1822) in jener Zeit an der damals progressivsten deutschen Universität Göttingen ihr Studium absolvierten. Wenn auch Beckmanns „Anleitung zur Technologie" die Enge deutscher Kleinstaaterei atmet, besteht das Verdienst Beckmanns unzweifelhaft in der neuzeitlichen Definition der Technologie und in der Schaffung des Zugangs dieser Lehre an die Universität in der strukturbildenden Funktion für eine moderne Wirtschaft. Diese Lehre bestand in der ganzheitlichen Zusammenschau von Arbeitskraft, Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand und hatte das Ziel, Beamte für den Feudalstaat heranzubilden. Naturwissenschaftliche Komponenten waren dagegen nur schwach vertreten.

Seine Technologiedefinition lautet: „Die Technologie ist diejenige *Wissenschaft*, welche die Verarbeitung der Naturalien oder die *Kenntnisse der Handwerke* lehrt. Anstatt, dass in den Werkstellen nur gewiesen wird, wie man zu Verfertigung der Waren die Vorschriften und Gewohnheiten des Meisters befolgen soll, gibt die Technologie in systematischer Ordnung gründliche Anleitung, wie man zu eben diesem Endzwecke aus *wahren Grundsätzen* und *zuverlässigen Erfahrungen* die Mittel finden und die bei der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nutzen soll." (Beckmann 1780, S. 17)

Für etwa ein halbes Jahrhundert fand die Lehre Beckmanns großen Zuspruch, bevor sie mehr und mehr als gelehrt ausstaffierte Gewerbelehre in Verruf geriet. Bis 1809 erschienen sechs Auflagen der „Anleitung". Das Konzept war wegen fehlender naturwissenschaftlicher und quantifizierender Elemente nicht an die Dynamik des Objektbereiches anpassbar. Eine Gliederung der Gewerbe, die einerseits auf mechanischen Prinzipien und andererseits auf stoffwandelnden Vorgängen beruhen, hat Beckmann nicht vorgenommen. In seinem kontemplativen Charakter blieb es eher passiv. Hinzu kamen nach Beckmann deutlich sichtbare Verflachungstendenzen. Es musste zu Differenzierungen kommen, die in zwei Richtungen führten.

Beckmann selbst hat das wohl erkannt, denn mit seinem 1806 erschienenen „Entwurf einer algemeinen Technologie„ unterzieht er seine „Anleitung“ einer grundlegenden Kritik und geht von der „zuerst gewählten Methode der Beschreibung auf die Methode des Vergleiches über“, d.h. gewerbeübergreifend werden die „Absichten und Mittel“ nach Ähnlichkeit der Handgriffe und der verwendeten Arbeitsmittel miteinander verglichen (vgl. Beckmann 1806). Weiter ausgereift ist der Gedanke der allgemeinen Technologie bei Johann Heinrich Moritz Poppe (1776–1894; vgl. Poppe 1833, S. 17). Wie in seiner „Anleitung“ bereits als Ziel formuliert, geht es Beckmann um die Überwindung der historisch gewachsenen und verknöcherten Zunftstrukturen mit ihren zum wirtschaftlichen Hemmnis gewordenen Zunftordnungen. „Sie scheinen freylich bey ihrer Entstehung eben so viel genutzt zu haben, als sie jetzt schaden.“ (Beckmann 1780, S. 7)

Karl Marx bringt den Mechanismus und die Triebkraft dieser Entwicklung ein halbes Jahrhundert später auf den Punkt: Das Prinzip der großen Industrie, „jeden Produktionsprozess, an und für sich und zunächst ohne alle Rücksicht auf die menschliche Hand, in seine konstituierenden Elemente aufzulösen, schuf die ganz moderne Wissenschaft der Technologie. ... Ein auf Grundlage der großen Industrie naturwüchsig entwickeltes Moment dieses Umwälzungsprozesses sind polytechnische und agronomische Schulen“ (Marx 1974, S. 510ff.). Zu Beckmanns Zeiten befanden sich sowohl die „große Industrie“ als auch die „polytechnischen Schulen“ in statu nascendi.

Libavius, Leupold und Beckmann gemeinsam ist das Bestreben, das Wissen ihrer Zeit systematisch als Lehre darzustellen. Sie überschreiten damit die Schwelle vom Empirischen zum Theoretischen.

Seit Beckmann unterscheidet man in der Literatur zwischen *allgemeiner* und *spezieller Technologie* als einer ersten und mehr methodischen Differenzierungsrichtung. Die zweite und von der ersten nicht unabhängige Differenzierungsrichtung erfolgte nach industriellen Branchen und war also gegenständlich orientiert. Hauptrichtungen waren die *mechanische* und *die chemische Technologie*. Als Gliederungsmerkmale fungierten demnach einerseits die auf physikalischen Prinzipien begründeten Verfahren der Formveränderung und andererseits die chemischen Verfahren zur inneren Strukturveränderung. Auf diese Weise brachte sich die Technologie in Übereinstimmung zur rasanten Entwicklung der „großen Industrie“, die wiederum ihre Anforderungen an ein technologisches (technisches) Schulsystem artikulierte. Insofern sind die Differenzierungen auch eine Voraussetzung für die Lehrbarkeit des Stoffes. Allgemeiner

ausgedrückt, wird an diesem Beispiel die Einheit von produktiven und reproduktiven Faktoren der Wissenschaftsentwicklung gut sichtbar.

Nach all dem verwundert es nicht, dass fast zeitgleich in den Jahren 1837 bis 1841 der „Grundriss der mechanischen Technologie“ von Karl Karmarsch (1803–1879; vgl. Karmarsch 1837) und 1847 das „Lehrbuch der chemischen Technologie“ des Liebig-Schülers Friedrich Knapp (1814–1904; vgl. Knapp 1847) erschienen. Sie gelten als die Geburtsurkunden dieser Gebiete.

Beide Autoren vertraten bemerkenswert analoge Ansichten zur Technologie. Karmarsch bezeichnet die Werke Beckmanns und Poppes zur allgemeinen Technologie als eine „schöne Idee“, die es gestattet, „eine geistigere Auffassung des Gegenstandes zu gewinnen“ (Karmarsch 1872, S. 866). Er beschreibt branchenübergreifend und wohlstrukturiert eine Vielzahl von mechanischen Prozessen. Demgegenüber weist Karmarsch der speziellen Technologie die Aufgaben zu, „den Gang des Verfahrens zu beschreiben, welche befolgt wird, um ein bestimmtes Rohmaterial in ein bestimmtes Fabrikat zu verwandeln; sie muss also die Mittel, Werkzeuge und Maschinen hierzu in ihrer Aufeinanderfolge angeben und erklären, die verschiedenen Zustände, welche der Urstoff bis zu gänzlicher Verarbeitung durchläuft, der Reihe nach betrachten und gewährt somit ein lebendiges Bild von dem Entstehen des Fabrikats“ (Karmarsch 1872, S. 866).

Das Zitat zeigt, dass von dem kameralistischen Gesamtzusammenhang von Arbeitskraft, Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand deren „technischer“ Teil übrig geblieben ist. Von „Handgriffen“ ist nicht mehr die Rede. Der Produzent steht sukzessive außerhalb der technologischen Betrachtungen. Die verwendeten Verben in dem Zitat, wie „beschreiben“, „angeben“, „erklären“ und „betrachten“, zeigen überdies den verbal deskriptiven Charakter dieses Ansatzes. Knapp verfolgt für die chemische Technologie eine „rationelle Behandlung ... im Gange der speziellen Technologie“. Dabei erkennt er den konzeptionellen „Mangel an innerem Zusammenhang, an logischem Organismus“, der ihn zur „Willkürlichkeit der Stoffauswahl“ zwingt (vgl. Knapp 1847, S. 3).

Ein Vergleich der Werke von Karmarsch und Knapp zeigt sehr deutlich, dass Ersterer das Konzept der allgemeinen Technologie viel konsequenter aufgreift und den Operationen ganze Abschnitte widmen kann (vgl. Krug 1984, S. 282ff.). Über die mechanischen (physikalischen) Vorgänge lagen in jener Zeit bedeutend mehr Erkenntnisse vor als über die physikalisch-chemischen Operationen. Karmarsch schreibt im Vorwort seiner zweiten Auflage: „Gegenwärtiges Handbuch ist zwar zunächst der

speziellen Technologie gewidmet, aber um die so wichtige Übersichtlichkeit zu gewinnen, ist darin zum Teil eine Darstellungsart gewählt, welche sich jener der allgemeinen Technologie einigermaßen nähert." (Karmarsch 1851, S. 3)

3 Das Konzept der „Chemischen Technologie"

Im Mittelpunkt des Konzeptes der „Chemischen Technologie" steht die Verfahrensbeschreibung vom Rohstoff bis zum Endprodukt, z. B. Erzeugung von Soda, Schwefelsäure, Schießpulver etc. Die in den Verfahren wiederkehrenden Prozesse, wie Verdampfen, Destillieren usw. sind in den Kapiteln ebenso mehrfach und unabhängig voneinander abgehandelt wie die Apparate. Für das Konzept wesentlich ist seine Einordnung in die chemischen Wissenschaften. Damit war strukturell die Zugehörigkeit zu den Naturwissenschaften hergestellt, auch wenn es die chemische Technologie schwer hatte, von den etablierten chemischen Disziplinen gleichberechtigt anerkannt zu werden. Die Hauptinformationsquelle war die chemische Industrie selbst, entweder durch „Selbstanschauung" anlässlich „technologischer Reisen" oder durch zuverlässige Mitteilungen aus der Produktion. Das Ausbildungsziel waren nicht mehr Verwaltungsbeamte für den Feudalstaat, sondern technische Chemiker für die Industrie.

Seinen Höhepunkt erlebte das Konzept der „chemischen Technologie" im letzten Drittel des neunzehnten Jahrhunderts synchron zur Herausbildung der modernen chemischen Industrie in Deutschland. Es entwickelte sich eine bisher nicht gekannte rege Erkenntnistätigkeit, die sich in einer Flut literarischer Produktionen äußerte (vgl. Krug 1984, S. 279ff.). Ein Beispiel ist der „Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie", der über sieben Jahrzehnte erscheint (Julius Robert Wagner, Ferdinand Fischer, Berthold Rassow) und eine Ergänzungsliteratur zu den Lehrbüchern darstellt (vgl. z.B. Wagner 1864). Eine andere Richtung sind die immer umfangreicher werdenden Handbücher zu einzelnen chemisch-technologischen Verfahren. Für diese akribischen Werke stehen u. a. Georg Lunge (1839–1923) in Zürich und George E. Davis (1850–1907) in Manchester. Sie erkennen auch klar die Grenzen des Konzeptes der speziellen Technologie. Aus Gründen der Lehrbarkeit des Konzeptes mit den vielen Wiederholungen analoger Prozesse und Apparate in den Verfahren hatten beide erkannt, dass eine Auflösung in Prozesse und Apparate die bessere Methode sei. Lunge schreibt 1893: „Die Technik des Zermahlens, Verdampfens, Filtrierens, Destillierens und anderer Verfahren, die fortwährend in chemischen Fabriken

ausgeführt werden, sind so gründlich entwickelt worden, dass sie fast zu einer Spezialwissenschaft geworden sind.“ (Lunge 1893).

In einer Diskussion zu den „neueren Bestrebungen der Technologie und ihren Beziehungen zur Kinematik und Maschinenkunde“ im Jahre 1877 rückt Franz Reuleaux (1829–1905) die Bearbeitungsmethode (die Operation) in den Mittelpunkt einer möglichen Theorie der Technologie. Karl Alexander Martius (1838–1920), Schüler von August Wilhelm Hofmann (1818–1892) und Mitbegründer der „Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation“ (Agfa), bekundete in dieser Diskussion für die chemische Technologie, „sämtliche in der chemischen Technik in Anwendung kommende Methoden auf wenige Grundbegriffe zurückzuführen. Es könnten die in fast allen Zweigen der chemischen Technik sich wiederholenden Methoden der Destillation, des Verdampfens, der Filtration, der Kristallisation, des Schmelzens, Lösens etc. und die dabei in Anwendung kommenden mechanischen Hilfsmittel im allgemeinen besprochen werden“ (vgl. Reuleaux 1877b, S. 111).

Zur Entwicklung einer inneren Logik und damit einer chemisch-technologischen Forschung war eine Verknüpfung von physikalischer Chemie und Apparatebau unabweisbar.

4 Zur Entwicklung der chemischen Industrie und des Apparatebaues

In England waren mit der Industriellen Revolution alle Voraussetzungen für eine anorganisch-chemische Großindustrie geschaffen, die sich nach 1830 zügig entwickelt. In Deutschland bewegte sich die Entwicklung bis in die 1860er Jahre vielfach auf dem Niveau der „schmutzigen Industrie der Hinterhöfe“ (vgl. Bernal 1967, S. 216). Erst ab den 1860er/1870er Jahren begann sich mit der Produktion synthetischer Farbstoffe und um die Jahrhundertwende zum zwanzigsten Jahrhundert mit der Erzeugung vom Pharmazeutika die moderne chemische Industrie in breitem Maße zu entwickeln.

Deutschlands Zugang zur modernen chemischen Industrie war im Gegensatz zu England von der organischen-chemischen Industrie, einer zunächst noch kleintonnagigen Vielproduktenindustrie geprägt. Das war für Deutschlands chemische Industrie die richtige Strategie. Wenn auch die Anfänge nach Heinrich Caro als eine „freud- und gewinnlose Nachahmungsindustrie von in englischen und französischen Patenten niedergelegten Vorschriften“ (Caro 1893, S. 14) charakterisiert wurden, änderte sich ab den 1870er Jahren die Situation rasch. Es kam eine segensreiche Verbindung

zwischen der chemischen Industrie und der universitären Forschung vor allem auf dem Gebiet der organischen Chemie zustande. Deutschland konnte mit dem Pfund „Humankapital“ wuchern (z.B. Liebig-Schule). Die Produkte des deutschen Maschinenbaues hatte Franz Reuleaux 1876 in seinen berühmten „Philadelphia-Briefen“ treffend als „billig und schlecht“ bezeichnet (Reuleaux 1877a, S. 5). Das änderte sich bis zur Jahrhundertwende grundlegend. In Präzision und Vielfalt erreichte der deutsche Maschinenbau Weltspitze. Einer der wesentlichen Gründe hierfür war das Wirken der hervorragend ausgebildeten Absolventen von zwölf technischen Hochschulen. Deutschland hatte das beste Bildungssystem, um das es vom Ausland beneidet wurde. England hatte um 1900 keine einzige Technische Hochschule. Der Slogan „Was dem jungen Briten der Benzolmarkt, ist dem jungen Deutschen die Benzolformel“ bringt die Forschungsorientierung auf den Punkt.

Beides, die Wechselwirkungen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft und die innerbetriebliche Forschung, sind wohl Faktoren, die unter maßgeblicher Mitwirkung Deutschlands in das Weltkulturerbe Eingang gefunden haben.

Bis zum 1. Weltkrieg war der Anteil Deutschlands von auf dem Weltmarkt gehandelten Chemieprodukten auf 30% angewachsen, bei Farbstoffen belief sich der Anteil auf 89% und lag etwa gleich dem Anteil deutscher Patente auf diesem Gebiet. In den chemischen Großunternehmen waren zwar technische Abteilungen entstanden, aber die Art der Produktion verlangte noch nicht den Verfahrenstechniker. Der Chemiker avancierte zum „König der Produktion“, der Maschinenbauer war sein unentbehrlicher Gehilfe. Noch 1951 schrieb Friedrich Jähne: „Wer sich also mit der Stellung als Zweiter im Betrieb nicht abfinden kann, soll als Ingenieur dem Chemiebetrieb fernbleiben.“ (Jähne 1951, S. 11)

Um die Jahrhundertwende hatte sich vor allem in Deutschland die Physikalische Chemie als erstes interdisziplinäres Wissensgebiet konsolidiert. Erinnert sei in erster Linie an das Mekka der Physikalischen Chemie um Wilhelm Ostwald (1853–1932) in Leipzig. Eine Integration mit dem Apparatebau, der wiederum Stiefkind des Maschinenbaues war, fand nicht statt. Für den *konstruktionsorientierten* Maschinenbau war der Apparatebau de facto kein ernst zu nehmender wissenschaftlicher Gegenstand. Das ist insofern erklärbar, dass der Apparatebau in erster Linie *technologische* Grundlagen über die Stoffeigenschaften und die in den Apparaten ablaufenden Prozesse benötigte, die nur spärlich vorhanden waren. Der Maschinenbau war demnach stärker auf das Arbeitsmittel, der Apparatebau dagegen auf den Arbeitsgegenstand fokussiert.

Aus ehemaligen Schlossereien und Kupferschmieden formierte sich der Apparatebausektor. Die Firma Heckmann wurde zu einem der führenden Unternehmen – Berlin, Hausvogteiplatz 12. Sein langjähriger Direktor, Eugen Hausbrand (1845–1922) schuf ab den 1890er Jahren in Deutschland die wissenschaftlichen Grundlagen des Apparatebaues. Seine Werke zur Destillation, zum Kühlen, Kondensieren, Verdampfen, Trocknen etc. werden zu einer wesentlichen Quelle des „Chemical Engineering" in den USA. Seine Gründer bezeichneten Hausbrand als „the world first process engineer".

In den USA erfolgte die Integration von physikalischer Chemie und wissenschaftlichem Apparatebau ab 1915 mit dem Konzept der *„unit operations"*. Alle Nestoren wurden in Deutschland promoviert. Es war das *erste Paradigma* des Chemieingenieurwesens. In Deutschland erfolgte diese Integration nicht. Die Arbeiten von Hausbrand fanden keinen Eingang in die Lehrinhalte an den Technischen Hochschulen. Für den einflussreichen Carl Duisberg 1861–1935) war der „Chemiker-Ingenieur beides halb und nichts ganz" (Duisberg 1896, S. 97). Der Physikochemiker in der deutschen chemischen Industrie ersetzte den Verfahrensingenieur teil- und zeitweise. Allerdings nahm zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts der Druck auf die chemische Industrie durch die Hauptentwicklungslinien

- Massenproduktion,
- kontinuierliche Verfahren und
- Katalyse

enorm zu. Versuche der Integration in den dreißiger Jahren scheiterten kläglich. Erst nach dem zweiten Weltkrieg glichen sich die Lehrinhalte zwischen den USA und Deutschland an. Eine wesentliche Rolle spielte dabei der Übergang von der Kohle- zur Erdölchemie.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurden mit dem Instrumentarium der Kybernetik die Grundoperation bzw. Prozesseinheit als Element und das chemisch-technologische Verfahren als System verstanden, nachdem es mit Hilfe der Rechentechnik möglich geworden war, ganze Verfahrensabläufe zu quantifizieren und zu simulieren. Die *Systemverfahrenstechnik* kann man als *zweites Paradigma* bezeichnen.

Die Systemverfahrenstechnik hat im letzten Drittel des zwanzigsten Jahrhunderts ein enormes Methodenarsenal entwickelt, das Landau zu der Frage führt, ob nicht ein *3. Paradigma* des Chemieingenieurwesens mit einer stärkeren Hinwendung zur Praxis

notwendig sei (vgl. Landau 1997, S. 52). Diese Entwicklung geht mit einer Unifizierung von Anwendersoftware einher, und das Prozessmodell steht als durchgängige und zentrale digitale Referenz im Mittelpunkt. Was beispielsweise SAP im kommerziellen Bereich bewirkte, spiele sich nun auch bei den Informationssystemen der Produktionsebene ab.

5 Schlussfolgerungen

1. Im Sinne der Zielstellung dieses Symposiums scheint es zunächst wesentlich zu sein, den Begriffsinhalt einer „Allgemeinen Technologie“ schärfer zu fassen. Wie obige Ausführungen zeigen, ist der Begriff historisch besetzt. Offenbar aber derart, dass das „allgemein“ mehr analytisch für „elementar“ steht. Im modernen Sinne sollte es mehr für „universell“, „fundamental“ oder dergleichen stehen.
2. Die System-Element-Relation im Verhältnis von System- und Prozessverfahrenstechnik ist sicherlich spezifischer Ausdruck des allgemeinen „Bewegungsgesetzes“ der Wissenschaft, nämlich der Einheit von Integration und Differenzierung.
3. Im Zeitalter, in dem der Mensch zum Objekt der Forschung wird, stellt sich die Frage nach seiner Stellung in einer „Allgemeinen Technologie“.

Literatur

Beckmann, J. (1780): Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufakturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirtschaft, Polizei und Kameralwissenschaft in nächster Verbindung stehen. 2. Aufl. Göttingen 1780

Beckmann, J. (1806): Entwurf einer algemeinen Technologie. Göttingen 1806

Bernal, J. D. (1967): Die Wissenschaft in der Geschichte. Berlin 1967

Buchheim, G.; Sonnemann, R. (Hrsg.) (1990): Geschichte der Technikwissenschaften. Leipzig 1990

Caro, H. (1893): Über die Entwicklung der Teerfarbenindustrie. Berlin 1893

Diderot, D. et. al. (1751): Encyclopédie raisonné des sciences, des arts et des metiers. Paris 1751–1772

Duisberg, C. (1896): Über die Ausbildung der technischen Chemiker und das zu erstrebende

Staatsexamen für dieselben. In: Zeitschrift für angewandte Chemie, 9 (1896), H. 4, S. 97-111
Gruhn, G.; Fratzscher, W.; Krug, K. (1981): Einführung in die Verfahrenstechnik. 3. Aufl. Leipzig 1981
Jähne, F. (1951): Der Ingenieur im Chemiebetrieb. Weinheim 1951
Karmarsch, K. (1837): Grundriss der mechanischen Technologie. Hannover 1837–1841
Karmarsch, K. (1851): Handbuch der mechanischen Technologie. 2. Aufl. 2 Bde. Hannover 1851
Karmarsch, K. (1872): Geschichte der Technologie seit der Mitte des 18. Jahrhunderts. München 1872
Knapp, F. (1847): Lehrbuch der chemischen Technologie zum Unterricht und Selbststudium. Bd. 1. Braunschweig 1847
Krug, K. (1984): Die Geschichte der Verfahrenstechnik von den Quellen bis zu ihrer Emanzipation. Diss. B. Dresden 1984
Landau, R. (1997): Education: Moving from Chemistry to Chemical Engineering and Beyond. In: Chemical Engineering Progress, 93 (1997), No. 1, pp. 52-65
Leupold, J. (1724): Theatrum machinarum. Leipzig 1724–1727
Libavius, A. (1964): Die Alchemia des A. Libavius (1597). Übers. u. bearb. v. F. Rex et. al. Weinheim 1964
Lunge, G. (1893); zit. n. Brown, G. G.: Unit operations. New York, London 1950, p. 11
Marx, K. (1962): Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie. Erster Band (1867). Berlin 1962
Partington, J. R. (1961): A History of Chemistry. Vol. 2. London, New York 1961
Poppe, J. H. M. (1833): Ausführliche Volks-Gewerbelehre oder allgemeine und besondere Technologie zur Belehrung und zum Nutzen für alle Stände. 1. Bd.: Allgemeine Technologie. Stuttgart, Wien 1833
Reuleaux, F. (1877a): Briefe aus Philadelphia. Braunschweig 1877
Reuleaux, F. (1877b): Zu den inneren Bestrebungen der Technologie und ihre Beziehungen zur Kinematik und Maschinenkunde. In: Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes, 56 (1877), Nr. 2, S. 106–115
Wagner, J. R. (1864): Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie. Bd. 10. Leipzig 1864

Technikwissenschaft und Ingenieurpraxis. Ansätze einer Allgemeinen Theorie der Mechanismen

Vitaly Gorokhov

Im Folgenden wird am Beispiel ausgewählter Autoren (Gaspard Monge, José Maria Lanz und Augustin de Bétancourt, Gérard-Josef Christian, Robert Willis, Franz Reuleaux, Leonid Wladimirovitsch Assur, Wladimir Wladimirovich Dobrowolski und Ivan Ivanovich Artobolevski) ein kurzer Einblick in die Entwicklung einer Allgemeinen Theorie der Mechanismen gegeben. Grundgedanke ist, dass diese Entwicklung mit der Ausgestaltung unterschiedlicher Theorie-Bestandteile (Schemata) verbunden ist. Dazu wird zunächst kurz auf die Struktur naturwissenschaftlicher Theorien eingegangen, da sowohl Übereinstimmungen als auch Differenzen sichtbar gemacht werden können.

1 Struktur naturwissenschaftlicher und technischer Theorien

Die ersten technikwissenschaftlichen Disziplinen wurden zunächst nach dem Vorbild und als Anwendung naturwissenschaftlicher Basisdisziplinen (vor allem der Physik) gebildet und erst in späteren Etappen ihrer Entwicklung zu selbständigen Disziplinen. Deshalb ist es zweckmäßig, für die Bestimmung der Aufbau- und Funktionsspezifika technischer Theorie einen kurzen Vergleich mit der Struktur naturwissenschaftlicher Theorien durchzuführen.

In der Struktur *naturwissenschaftlicher Theorien* lassen sich drei Hauptbestandteile unterscheiden: theoretische Schemata, mathematischer und konzeptioneller Apparat (siehe Abbildung 1. – Die methodologische Analyse technischer Theorien gründet sich in Russland auf der methodologischen Analyse naturwissenschaftlicher Theorien, die besonders ausführlich und erfolgreich von Viacheslav Semenovich Stepin durchgeführt wurde; vgl. Stepin 1976, 2000).

Die *theoretischen (ontologischen)* Schemata stellen eine Gesamtheit idealer Objekte der Theorie dar, die einerseits auf die Anwendung des entsprechenden mathematischen Apparats und andererseits auf den „Denkversuch“, d.h. auf die Projektierung möglicher experimenteller Situationen orientiert sind. Sie sind zumeist solcherart

„konstruiert", dass sie einige mathematische Operationen (Berechnungen) auszuführen gestatten. Die theoretischen Schemata äußern ein besonderes „Sehen der Welt", d.h. von einem bestimmten, in der Theorie vorgegebenen Standpunkt aus (eben deshalb werden sie auch ontologische Schemata genannt). Sie widerspiegeln einerseits interessierende Eigenschaften und Seiten realer Objekte, andererseits sind sie ein operatives Mittel für eine idealisierte Darstellung dieser Objekte, die danach praktisch im Experiment (infolge der Beseitigung von Nebeneinflüssen) realisiert werden kann: „Die Begründung theoretischer Modelle erreicht man durch zwei Erkenntnisprozeduren. Die erste setzt die Herstellung von Verbindungen zwischen den abstrakten Objekten des Modells und den realen Objekten des Erkenntnis voraus. ... Die zweite Prozedur der Begründung theoretischer Modelle besteht in ihrer Abbildung auf das Bild der untersuchten Realität. Durch die Verbindung mit diesem Bild vollzieht sich die Objektivierung spezieller theoretischer Modelle." (Stepin 1987, S. 705)

Der *mathematische Apparat* ist vor allem für die Berechnung der Experimentalsituationen erforderlich, die als Begründungs- und Bestätigungsmittel von ermittelten theoretischen Kenntnissen erforderlich sind. Außerdem erfüllt er in der entwickelten Theorie auch die Funktion ihrer Entfaltung oder der Transformation idealer Objekte mittels deduktiver Ableitungen. Die Mathematisierung von Transformationsregeln der idealen Objekte einer Theorie ermöglicht die Gewinnung neuen Wissens, ohne sich der Methoden der Beobachtung, des Experiment oder der Messung bedienen, d.h. ohne über den Rahmen der theoretischen Tätigkeit hinausgehen zu müssen.

Für die Mathematisierung einer Wissenschaftsdisziplin ist es unbedingt erforderlich, parallel oder sogar vorgängig einen (vorläufigen) adäquaten *konzeptionellen Apparat* auszuarbeiten. Theoretische Schemata und mathematischer Apparat werden immer im Kontext einer bestimmten Begriffsumgebung gebraucht. In dieser Hinsicht ist der konzeptionelle Apparat für die begriffliche „Verankerung" der theoretischen Schemata und des mathematischen Apparats einer Theorie erforderlich. Jeder theoretische Begriff umfasst „in sich" anscheinend ein entsprechendes theoretisches Schema und eine mathematische Prozedur in komprimierter Form. In technischen Theorien kann man dieselben Bestandteile wie in naturwissenschaftlichen Theorien (theoretische Schemata, mathematischer und konzeptioneller Apparat) unterscheiden. Sie haben aber oftmals einen anderen Inhalt und eine andere Bedeutung (vgl. Gorokhov 1995).

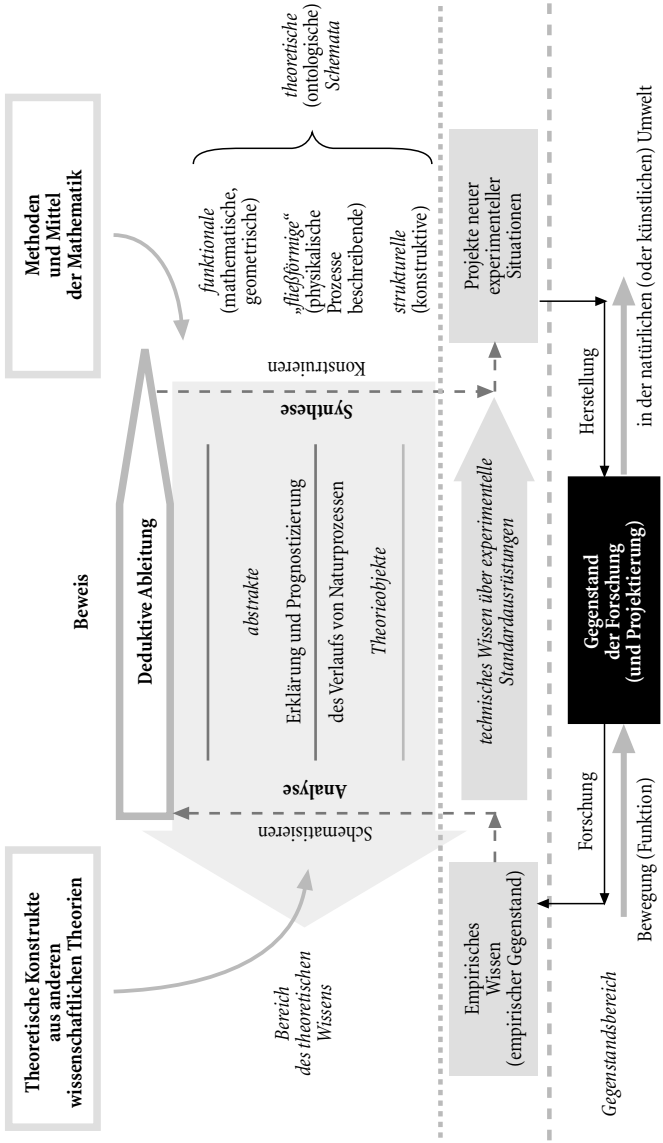

Abbildung 1: Struktur und Funktion der naturwissenschaftlichen Theorie

In *technischen Theorien* gibt es auch Idealobjekte, die „homogen“ sind, d.h. die aus einem fixierten Satz von Elementen nach bestimmten Regeln des Zusammenbaus „konstruiert“ sind. Beispielsweise entsprechen ihnen in der Elektrotechnik Kapazitäten, Induktivitäten, Widerstände usw., in der Getriebe- und Maschinenlehre verschiedene Typen von Gliedern, Antrieben, Ketten, Mechanismen usw. Diese idealen (idealisierten) Elemente sind adäquat mit den standardisierten konstruktiven Elementen, die in Ingenieurkatalogen eingetragen sind. Es gibt folgende drei Hauptforderungen an ideale technische Objekte: „1) Sie müssen die Struktur des Objektes abbilden; 2) in den idealen technischen Objekte werden die physikalischen Zusammenhänge zwischen den Elementen des Objektes repräsentiert; 3) die idealen Objekte der technischen Theorien sind eng mit den idealen Modellen der physikalischen Prozesse verbunden, wobei es die Verbindung gestattet, vom idealen Objekt zum idealen Prozeß überzugehen und umgekehrt.“ (Tscheschew 1980b, S. 208; vgl. auch Iwanow, Tscheschew 1981; Tscheschew 1980a, 1981; Tscheschew, Wolossewitsch 1980)

Die Eigenart der technikwissenschaftlichen Disziplinen besteht darin, dass die Ingenieurtätigkeit darin das Experiment ergänzt bzw. häufig ersetzt. Auf diese Weise wird die Adäquanz theoretischer Schlüsse geprüft und neues empirisches Material gewonnen. Deswegen müssen in technikwissenschaftlichen Disziplinen theoretische Kenntnisse unbedingt bis zur Ebene praktischer Ingenieurempfehlungen weitergeführt werden. Die Spezifik einer technischen Theorie zeigt sich nicht so sehr in der Nutzbarkeit ihrer Resultate für die Erklärung von Naturvorgängen, sondern für das Konstruieren von Ingenieurobjekten.

Mit dem Ingenieurobjekt, d.h. dem Objekt der Ingenieurtätigkeit, auf die die Ergebnisse der in der Technikwissenschaften durchgeführten Untersuchungen orientiert sind, stimmen auf der empirischen Ebene die konstruktiv-technischen und die technologische Kenntnisse überein. Diese Kenntnisse sind Ergebnisse der Verallgemeinerung der (praktischen) Erfahrung bei der Projektierung, Herstellung, Erprobung usw. von Ingenieurobjekten. Sie treten als heuristische Methoden und Verfahren auf, die zwar während der Ingenieurpraxis gewonnen, aber als empirische Basis der technischen Theorie betrachtet werden.

Die konstruktiv-technischen Kenntnisse sind hauptsächlich auf die Beschreibung eines Ingenieurobjektes orientiert. Sie stimmen mit seiner stofflichen Struktur überein, die eine Gesamtheit der Elemente darstellt, die bestimmte Formen, Eigenschaften

und Verbindungen haben (konstruktive Kenntnisse). Sie schließen zugleich Kenntnisse über technische Prozesse und Kennwerte der Funktion von Ingenieurobjekten ein (konstruktiv-technisch Kenntnisse). Die technologischen Kenntnisse fixieren Schaffens- bzw. Herstellungsmethoden der Ingenieurobjekte und ihre Ausnutzungsprinzipien. In technischen Theorien kann man drei Haupttypen theoretischer Schemata unterscheiden (siehe Abbildung 2): funktionale Schemata, die auf die mathematische Beschreibung orientiert sind; „Fließschemata", die die in einem Ingenieurobjekt „verlaufenden" Naturprozesse fixieren; Strukturschemata, die die konstruktionsmäßigen Kennwerte und Ingenieurrechnungen, d.h. die Struktur eines Ingenieurobjekts umfassen (vgl. Gorokhov 1984).

Das funktionale Schema fixiert die allgemeine Vorstellung eines Ingenieurobjekts unabhängig vom Verfahren seiner Realisierung. Die funktionalen Schemata umfassen ganze Klassen von Ingenieurobjekten und sind Ergebnis ihrer Idealisierung auf Grund von in der gegebenen technischen Theorie fundierten Grundsätzen. Diese Schemata fixieren nur die funktionalen Eigenschaften der Elemente eines Ingenieurobjektes, dank derer sie für die Erzielung des angestrebten Zwecks aufgenommen wurden, und spiegeln verallgemeinerte mathematische Operationen und ihre Verhältnisse (Beziehungen) in Form bestimmter mathematischer Abhängigkeiten wider. Mit ihrer Hilfe können unbekannte Größen bestimmter Kennwerte errechnet werden. „Fließschemata" oder Schemata des Funktionierens beschreiben die Naturvorgänge, die in einem Ingenieurobjekt verlaufen und seine Elemente zum einheitlichen Ganzen zusammenführen. Diese Schemata widerspiegeln verschiedene Operationen, die bezüglich eines Naturvorgangs von Elementen des Ingenieurobjekts während seiner Funktion ausgeführt werden. Solche Schemata werden ausgehend von naturwissenschaftlichen (z.B. physikalischen) Vorstellungen aufgebaut.

In der *ersten Etappe* neuer wissenschaftlicher Disziplinen werden Begriffe, Idealobjekte und sogar ganze theoretische Schemata aus angrenzenden theoretischen Gebieten übernommen – *Wissenstransfer*.

Die Entstehung einer technikwissenschaftlichen Disziplin erfolgt in zwei Phasen. In Phase I erfolgt die Ausarbeitung von Fließschemata, die noch spezielle theoretische Modelle darstellen. In dieser ersten Phase werden eine neue Forschungsrichtung und danach auch ein neues Forschungsgebiet gebildet – im Einklang mit der Ausarbeitung der speziellen theoretischen Schemata.

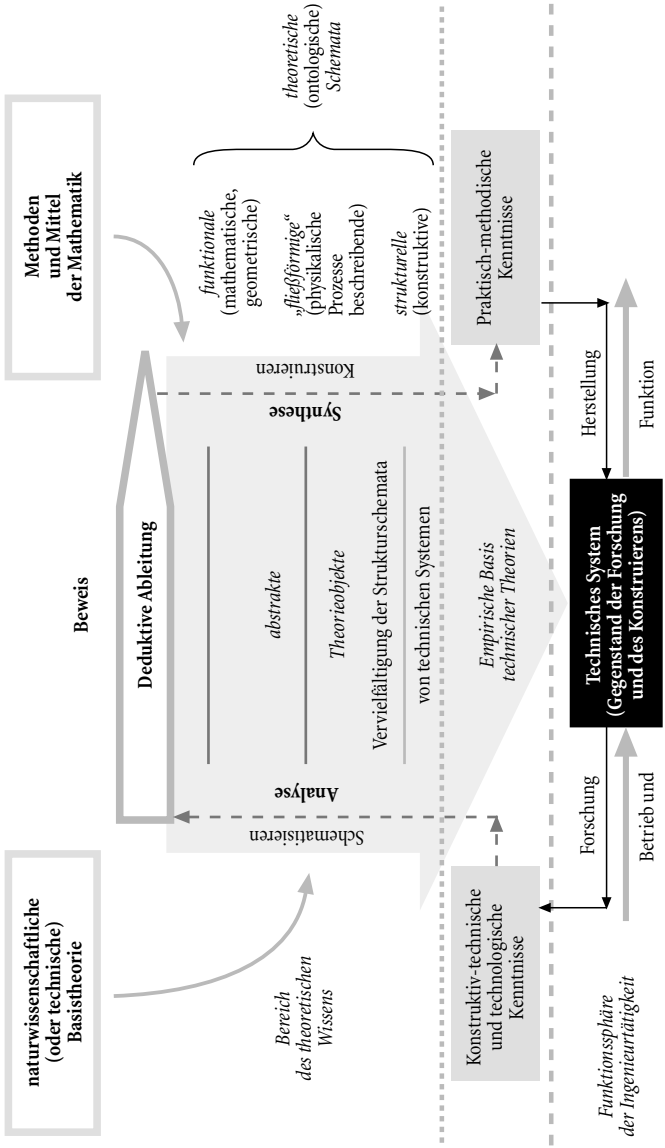

Abbildung 2: Struktur und Funktion der technischen Theorie

In Phase II wird der eigentliche Aufbau wissenschaftlicher Theorien auf der Ebene der Funktionsschemata durchgeführt, die die Anfangsmodelle verallgemeinern und einen mathematischen Apparat für die deduktive Transformation dieser Schemata verwenden. Diese zweite Phase umfasst somit sowohl die Ausarbeitung eines verallgemeinerten Schemas als auch einer mathematisierten Theorie.

Jede dieser zwei Phasen kann in Etappen aufgeteilt werden. Die Entstehung einer neuen technikwissenschaftlichen Disziplin schließt in den Ausarbeitungsphasen sowohl des verallgemeinerten als auch des speziellen theoretischen Schemas folgende Hauptetappen ein (vgl. Gorokhov 2000):

1. „Gewinnung“ des theoretischen Ausgangsschemas aus der „Basis-Naturwissenschaft“ (Fließschema), aus einer angrenzenden Technikwissenschaft (Strukturschema), aus der Mathematik (Funktionsschema) oder aus dem methodologischen Bereich;
2. seine Anpassung an das neue empirische Material;
3. seine Modifizierung infolge der konstruktiven Einführung neuer Idealelemente.

Das soll im Folgenden exemplarisch an der Entwicklung einer allgemeinen Theorie der Mechanismen konkreter ausgeführt werden.

2 Auf dem Wege zu einer allgemeinen Theorie der Mechanismen

2.1 Phase 1: Ausarbeitung der speziellen theoretischen Modelle

Die in der modernen methodologischen Literatur anhand des faktischen geschichtlich-wissenschaftlichen Materials durchgeführte Analyse der Genese natur- und technikwissenschaftlicher Theorien ermöglicht die Schlussfolgerung, dass die Entstehung natur- und technikwissenschaftlicher Disziplinen einen Iterationsprozess der mehrmaligen Bewegung von der Theorie zur Empirie und umgekehrt darstellt.

Die Entwicklung verschiedenartiger Maschinen (Hebe-, Dampf-, Spinn-, Webmaschinen, Mühlen, Uhren, Werkzeugmaschinen usw.) z.B. wird gegen Ende des 18. Jahrhunderts zum ausgebautesten Bereich der Ingenieurtätigkeit. Ihre Konstruktion basierte traditionell auf der Ausnutzung der sogenannten Theorie „der einfachen Ma-

schinen“ (Winde, Rolle = Flaschenzug, Keil, endlose Schraube, Hebel). Um sie in der Ingenieurtätigkeit zu verwenden, musste man „komplizierte Maschinen“ solcherart schematisieren, dass ihre Teile in Form einer Kombination einiger „einfacher Maschinen“ – Idealobjekte! – dargestellt werden konnten, mit denen Typenkalkulationen verbunden waren. Zahlreiche Maschinen aber, die zu dieser Zeit gebaut wurden, passten nicht in diese theoretischen Schemata hinein, die auf der Abbildung der Übertragung von Kräften beruhten. In der Ingenieurpraxis bestand ein immer steigender Bedarf an der Realisierung der Übertragung der Bewegung zugleich mit der Änderung ihres Charakters, ihrer Richtung oder ihrer Geschwindigkeit. Das wurde etwa durch die Besonderheiten der Maschinenproduktion bedingt, bei der viele Werkzeugmaschinen von einem Maschinentriebwerk, zum Beispiel von einer Dampfmaschine, in Gang gesetzt werden mussten.

Somit wurden die Idealobjekte der Theorie der „einfachen Maschinen“ den Anforderungen der Ingenieurpraxis nicht gerecht, Zur gleichen Zeit wurde für die Ausführung von Ingenieurberechnungen, ohne die die Schaffung komplizierter Maschinen unmöglich war, eine gewisse Schematisierung des Ingenieurobjekts benötigt. Das theoretische Ausgangsmodell wurde von Gaspard Monge (1746-1818) in seinem Vorlesungszyklus über darstellende Geometrie („Géométrie descreptive“, 1799) vorgegeben. Dieses Modell entsprach dem geometrisch-kinematischen Schema von Galileo Galilei, d.h. es verließ nicht den von der theoretischen Mechanik vorgegebenen Gesichtspunkt. Gleichzeitig wurde es im Einklang mit den Anforderungen der Ingenieurpraxis abgeändert.

Eine Maschine wurde jetzt nicht mehr vom Standpunkt des Gleichgewichts ihrer Teile, wie es bis dahin üblich war, sondern vom Standpunkt der Bewegung dieser Teile und Elementarmaschinen als Vorrichtungen betrachtet, mit deren Hilfe aus Bewegungen der einen Art Bewegungen einer anderen Art gewonnen werden können. Der Ingenieur benötigt eine solchermaßen idealisierte Maschinendarstellung während der Ausarbeitung eines Projekts erstens für die Durchführung von Berechnungen (da sie eine anschauliche Vorstellung vom relativen Vergleich von Größen verschafft), und zweitens für ihre Beschreibung in Form einer Transformationsfolge des Naturprozesses – der Bewegung. Dies sichert den Übergang zum Fließschema der Maschine, das die Benutzung naturwissenschaftlicher Kenntnisse ermöglicht.

Die *zweite Etappe* der Entwicklung neuer wissenschaftlicher Disziplinen ist der Prozess einer andauernden Adaptation des theoretischen Ausgangsmodelle mittels

„seines Aufbringens“ (seiner „Konkretisierung“) auf einen bestimmten empirischen Bereich. Dieser Prozess wird von einer Umgestaltung des Ausgangsmodells, von der Einführung neuer Idealobjekte begleitet. In dieser Etappe werden verschiedene Strukturschemata realer Experimente ausgearbeitet, die dem gewählten Fließschema adäquat sind.

Während der Formierung technikwissenschaftlicher Disziplinen schließt die Adaptation des theoretischen Ausgangsmodells zugleich Versuche der Beschreibung der existierenden Ingenieurobjekte mit Hilfe dieses Modells und der Hervorhebung der Teile dieser Objekte ein, die darin am besten darstellbar sind. Die Ideen von Gaspard Monge beispielsweise dienten als Ausgangspunkt für die Formierung der Getriebelehre (Maschinenlehre). Die Arbeiten seiner Nachfolger hingegen waren auf die Adaptation des von ihm gewählten theoretischen Ausgangsschemas auf die umfangreichen neuen empirischen Angaben gerichtet, die zu dieser Zeit in der Praxis der Maschinenkonstruktion angesammelt wurden, In dieser Hinsicht ist das Buch von José Maria Lanz (1764-1839) und Augustin de Bétancourt (1756-1824) „Vorlesungsreihe über den Aufbau von Maschinen“ (Paris 1808) kennzeichnend, das einen der ersten Versuche der Schematisierung und der Erklärung aller Hauptmaschinen jener Zeit nach dem Einheitsmerkmal der Bewegungstransformation darstellt. Ihrem Gesichtspunkt gemäß wird jeder Transformationstyp des Naturprozesses (der Bewegung) mit einer bestimmten Elementarmaschine realisiert. Ähnliches wurde auch von Jean Nicolas Pierre Hachette in „Programme du cours elementaire des machines“ (Paris 1808) und „Traite elementaire des machies“ (Paris 1811) dargestellt.

Für diese Autoren ist aber noch eine Inhomogenität der Maschinendarstellung kennzeichnend. In einigen Fällen (in der Hauptsache in den theoretisch entwickeltsten Bereichen, z.B. in der Theorie der Zahnräder) ist die Darstellung eine sukzessive Realisierung des theoretischen Ausgangsprinzips. Sie stellt ein recht abstraktes Schema dar, das es erlaubt, Ingenieuraufgaben unter Verwendung von Mitteln der angewandten Mathematik und der theoretischen Mechanik zu lösen. In anderen Fällen sind es nur Abbildungen und räumliche Skizzen der Maschinen, die keiner theoretischen Behandlung unterworfen wurden.

Es ist verständlich, dass solch eine Beschreibung fast aller Maschinen, die zu jener Zeit eingesetzt wurden, bald unvollständig werden musste, was eine Neuauflage des genannten Buches mit beträchtlichen Ergänzungen erforderlich machte. Aber auch diese war bald veraltet, da darin kein theoretisches Allgemeinschema enthalten war,

das auf die Klasse potentiell möglicher Ingenieurobjekte (Maschinen) projiziert wurde. Außerdem fehlten im Buch von Lanz und Betancourt fast vollständig Kalkulationen (denn auch diese benötigten eine verallgemeinertere Maschinenbeschreibung).

Um solche Beschreibungen zu ermöglichen, musste man Klassen dieser Maschinen einander gegenüberstellen. Das wird möglich, wenn die Elemente herausgehoben werden, die allen bestehenden Maschinen vom Standpunkt des gültigen theoretischen Schemas gemeinsam sind. Die Maschineneinteilung nach Komponenten eines theoretischen Einheitsprinzip misslang noch: Erstens war dazu zunächst eine Kodifizierung des Ausgangsschemas erforderlich, zweitens war die anfängliche Zergliederung von Maschinen in Elemente noch eng mit den spontan in der Ingenieurpraxis entstandenen Zergliederungen und Darstellungen der Maschinen verbunden.

Einer der ersten Versuche der theoretischen Maschinenbeschreibung ist im Werk von Giuseppe Antonio Borgnis (1781-1863) „Volle Vorlesungsreihe der Mechanik in Anwendung auf die Technik“ (Traite complet de mechanique appliquee aux arts, 1898) enthalten. Als Ausgangspunkt dient Borgnis die Zergliederung jeder Maschine in sechs Komponenten in Übereinstimmung mit der Funktion (Bestimmung) jeder Komponente: Empfänger, Transmission (Übertragung = Getriebe), Modifizierer, Basis, Regler, Operator (Arbeitsorgan). Die Aufgabe der Regler beispielsweise ist die Berichtigung von Bewegungsungleichmäßigkeiten. Die Hervorhebung dieser Konstruktionselemente war außerdem mit Unterschieden ihrer Berechnung verbunden: Regler etwa werden anders berechnet als die Basis. Bei Borgnis gibt es allerdings noch Unklarheiten in der Maschinenzergliederung, so ist z.B. der Unterschied zwischen dem Modifizierer und der Transmission (Übertragung) unklar.

Gérard-Josef Christian (1776-1832) setzte diese Überlegungen in seiner „Vorlesungsreihe über die industrielle Mechanik“ (Paris 1822) fort. Bei der Untersuchung des Lösens mechanischer Operationen stellte er fest, dass die erste Gruppe der die Maschine bildenden Elemente ausschließlich für die Aufnahme der vom Triebwerk gewonnenen Bewegung eingesetzt wird. Die zweite Gruppe ist speziell für die Übertragung (Transmission) dieser Bewegung in verschiedenen Richtungen und für ihre verschiedensten Transformationen bestimmt. Die dritte Gruppe der Elemente einer Maschine wird schließlich für die Ausführung einer 0peration am Stoff (mechanische Bearbeitung) benötigt.

Somit unterscheidet Christian deutlich drei Teile jeder Maschine: Motor, Übertragungswerk (Transmission = Getriebe) und Werkzeug. Große Aufmerksamkeit schenkt

er der speziellen Untersuchung gerade der Übertragungswerke und betont die Nötigkeit ihrer besonderen Erforschung. Diese Hervorhebung der Übertragungsglieder war zum einen damit verbunden, dass darauf zu jener Zeit der Hauptanteil der Ingenieurarbeit entfiel. Zum anderen war sie jedoch ein Ergebnis der Anwendung auf das empirische Material und damit der Adaptation des theoretischen Ausgangsschemas von Monge. Das Übertragungswerk ist eben der Teil jeder beliebigen Maschine, der auf dieses Schema zurückgeführt werden kann. Anders gesagt: es war Christian gelungen, das Forschungsobjekt der zukünftigen Getriebelehre „auszusondern".

Die *dritte Etappe* – die Modifizierung des theoretischen Ausgangsmodells – besteht in der Ausdifferenzierung von genau zwei Gruppen ontologischer Schemata: der Fließschemata, die den Naturvorgang beschreiben, und der Strukturschemata, das die Konstruktionselemente und deren technologische Beziehungen widerspiegelt. Danach wird die Äquivalenz dieser Gruppen und damit übereinstimmender Ingenieurberechnungsverfahren festgelegt. Parallel werden so einzelne spezielle theoretische Schemata ausgearbeitet. Solch eine Arbeit wurde während der Herausbildung der Getriebelehre von Robert Willis (1800-1875) in „Principles of Mechanism" (1841) durchgeführt (vgl. auch Müller 2001, S. 125ff.).

Zunächst skizziert Willis den Begriff „Maschine" und erarbeitet ihre deutliche Zergliederung in Teile. „Jede Maschine wird zwecks der Ausführung bestimmter mechanischer Operationen konstruiert, jede von denen das Bestehen einer Triebkraft ... und eines der Operation zu unterliegenden Objekts voraussetzt. ... Die Maschinen sind faktisch zwischen der Kraft und der Arbeit angeordnet, um sie einander anzupassen." (Willis 1870, p. 1) Wie Christian unterscheidet auch er drei Maschinenteile: Empfänger, Übertragungswerk und Werkzeug. Die Prinzipien, auf denen die Konstruktion und der Aufbau dieser drei Teile basieren, sind verschieden. Die Empfänger werden unter dem Gesichtspunkt der Kraftquelle, die Arbeitsteile hingegen vom Standpunkt der auszuführenden Arbeit behandelt. Der Übertragungsmechanismus hingegen muss von seinem Standpunkt aus, ohne Bezugnahme auf Kraft und Arbeit untersucht werden. Ein und derselbe Empfänger kann mit unterschiedlichen Werkzeugen kombiniert werden – und umgekehrt. Genauso kann ein zwischen dem Kraftempfänger und den Arbeitsteilen eingesetzter Mechanismus nach Meinung von Willis auf viele Weisen verändert werden. Der Mechanismus soll als selbständiges Forschungs- und Konstruktionsobjekt betrachtet werden.

Willis geht sodann weiter als Christian. Er schlägt vor, Mechanismen ausschließ-

lich ausgehend von geometrischen Prinzipien, ohne Betrachtung von Kräften zu untersuchen. Damit wird die Quintessenz aus der Daueradaptation des theoretischen Ausgangsmodells gezogen, das von Monge eingeführt wurde: in der Sphäre der Ingenieurpraxis werden die Maschinenteile herausgehoben, die mit seiner Hilfe effektiv beschrieben werden können. In derselben Zeit wird jedoch auch dieses Modell selbst modifiziert, denn darin werden Fließ- und Strukturschemata unterschieden. In diesem Zusammenhang wird das von Robert Willis eingeführte Unterscheiden des „konstruktiven" und des „reinen" Mechanismus verständlich. Der erste ist ein „Produkt der genauen Beschreibung der wirklichen Maschinenkonstruktion; der zweite ist ein Produkt einer gewissen Verallgemeinerung – die Voraussetzung, die für die Zulassung zur Wissenschaftsklasse notwendig ist." Der „konstruktive" Mechanismus ist aber auch ein Resultat einer Idealisierung: er stellt das Strukturschema dar, dessen Elemente mit Konstruktionseinheiten der realen Maschinen übereinstimmen. Der „reine" Mechanismus aber entspricht dem Fließschema, das den Naturprozess der Transformation von Bewegungen darstellt. Eben darauf wird die kinematische Berechnung ausgeführt. Die Kinematik soll – nach Meinung von Willis – nicht eine beschreibende, sondern eine errechnende Wissenschaft sein.

Außerdem stellt Willis die Übereinstimmung zwischen dem „reinen" und dem „konstruktiven" Mechanismus fest. Den in einem technischen Objekt (= technischen System) verlaufenden Naturprozessen (reinen Bewegungen) entsprechen typisierte Konstruktionselemente (antreibende und angetriebene Glieder) und Beziehungen zwischen ihnen (Berührung durch Rollen, Gleiten, reine Getriebe usw.). Der Ingenieur musste während des Konstruierens des Übertragungswerks seine Berechnung zweimal ausführen – zum einen vom Standpunkt der Kinematik aus (mittels des Fließschemas), d.h. unabhängig von Kräften, und zum anderen im Zusammenhang mit der Statik (mittels des Strukturschemas). Das bedingte einen zweiseitigen Charakter seiner Betrachtung. Das Ergebnis, das von Siméon-Denis Poisson auf dem Gebiet der Rotationstheorie von Körpern erzielt wurde und das auf dem Parallelismus der Hauptbegriffe der Statik und der Kinematik beruhte, ermöglichte es Willis, das Fließ- und das Strukturschema des Übertragungswerks in Wechselbeziehung miteinander zu bringen, d.h. die kinematische Maschinenauffassung als eines Bewegungstransformationssystems in der statischen (konstruktiven) Darstellung zu verankern.

Willis führte die Vorstellung von starren (antreibenden und angetriebenen) Gliedern ein und baute die Klassifikation von einfachen Mechanismen ausgehend vom

Prinzip des Verhältnisses von Geschwindigkeiten und des Verhältnisses von Richtungen auf. Die kinematische Aufgabe der komplizierten Mechanismen – Addition von Richtungen und Geschwindigkeiten – wird mittels der Kombination einfacher Mechanismen zustande gebracht. Solch eine Klassifikation aber erwies sich als unvollständig sogar für viele existierende Mechanismen. Außerdem bot sie keine Möglichkeit, irgend welche Allgemeinverfahren zur Forschung abzuleiten. Theoretisch von Willis am meisten entwickelt und zu dieser Zeit praktisch anwendbar war die Theorie der Verzahnungen, die als ein spezielles theoretisches Schema der Getriebelehre betrachtet werden kann. Willis erarbeitete nicht nur Berechnungsmethodiken, sondern er wies auch spezielle Theoreme nach, beispielsweise ein Theorem, das die Charakteristika von Profilen der Verzahnungsflächen mit Änderungsgesetzen von Winkelgeschwindigkeiten verbindet. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Willis die Beschreibung von Mechanismen mit klaren theoretischen Positionen vornimmt.

2.2 Phase II: Ausarbeitung des verallgemeinerten theoretischen Schemas und der mathematisierten Theorie

Die zweite Aufbauphase einer wissenschaftlichen Disziplin besteht in der Ausarbeitung eines hypothetischen Schemas für die theoretische Erklärung – des verallgemeinerten theoretischen Schemas, das die in der ersten Phase entwickelten speziellen theoretischen Modelle „aufhebt". Auf seiner Grundlage können allgemeine mathematische Abhängigkeiten aufgefunden werden. Dabei führt die Mathematisierung zumeist zu einer Modifizierung des theoretischen Anfangschemas. Experimentelle Beweise für die Universalität eines aufgestellten theoretischen Modells schließen die Formierung einer (natur- oder technik-)wissenschaftlichen Theorie ab.

Franz Reuleaux (1829-1905) stellte sich die Aufgabe, ein verallgemeinertes ontologisches Schema für die fortschreitenden Technikwissenschaften auszuarbeiten, das es erlauben sollte, nicht nur das Wirkungsprinzip von existierenden Mechanismen zu erklären, sondern auch die Schaffung neuer Mechanismen zu erleichtern (vgl. auch Müller 2001, S. 127ff.). Zu diesem Zweck führte er eine Mechanismengliederung in Teile durch, die eingehender war als die seiner Vorläufer. In seinem 1875 erschienenen Werk „Theoretische Kinematik" (= Bewegungslehre von Gelenkmechanismen) entwickelt Reuleaux die Vorstellung von einem kinematischen Elementpaar. Körper, die es bilden, werden von ihm Elementpaar (d.h. Gelenk) genannt. Mit Hilfe von zwei dieser

Elemente können verschiedene Bewegungen realisiert werden. Mehrere kinematische Elementpaare bilden ein kinematisches Glied und einige Glieder bilden eine kinematische Kette. Der Mechanismus ist eine geschlossene kinematische Kette der Zwangsbewegung. Aus einer kinematischen Kette können so viele Mechanismen gewonnen werden, wie sie Glieder hat.

Der Aufbau solcher Idealobjekte ist sowohl spezifisch als auch obligatorisch für technische Theorien, indem er sie gleichartig in der Hinsicht macht, dass sie erstens mit Hilfe eines fixierten Elementsatzes und zweitens mittels eines beschränkten und vorgegebenen Satzes von „Zusammenbauoperationen" konstruiert sind. Alle Mechanismen können als aus hierarchisch organisierten Ketten, Gliedern, Paaren und Elementen bestehend dargestellt werden. Das sichert einerseits die Übereinstimmung der Idealobjekte mit Konstruktionselementen realer technischer Objekte (= technische Systeme), und andererseits ermöglicht eine deduktive Transformation auf theoretischem Niveau. Da sich alle Mechanismen als aus ein und demselben Satz von Typenelementen „zusammengebaut" zeigen, ist es nur erforderlich, bestimmte Prozeduren ihres Zusammenbaus und ihrer Zerlegung, d.h. der Synthese und der Analyse vorzugeben.

Eine *kinematische Analyse* besteht in der Zerlegung bestehender Maschinen in die sie bildenden Mechanismen, Ketten, Glieder und Elementpaare, d.h. in der Festlegung der kinematischen Zusammensetzung der gegebenen Maschine. Als Endresultat dieser Analyse ergibt sich die Heraushebung der kinematischen Elementpaare (Einteilungsgrenze). Die kinematische Synthese ist eine Auswahl von kinematischen Paaren, Gliedern, Ketten und Mechanismen, aus denen man solch eine Maschine zusammenzusetzen hat, die die erforderliche Bewegungen ausführt. Reuleaux unterscheidet eine direkte und eine indirekte Synthese. Unter der ersten wird die Zusammenstellung solcher Mechanismen verstanden, die an einem damit zu bearbeitenden Körper bestimmte Änderungen zustande bringen können. Das wird möglich, wenn der Mechanismus auf das kinematische Elementpaar zurückgeführt wird. Die Lösung wird in solchem Fall auf die Auswahl der eigentlichen Elemente dieses Paars reduziert.

Für das Hauptverfahren der theoretischen Synthese neuer Mechanismen hält Reuleaux jedoch die indirekte Synthese, d.h. die vorläufige Lösung aller Aufgaben des Typs, unter die die gesuchte Aufgabe subsumiert werden kann. Solch eine Synthese ist möglich, weil die Anzahl der realisierbaren Mechanismen begrenzt ist. Zuerst werden alle möglichen einfachen Ketten untersucht, aus denen dann mit Hilfe der Variation

der Bedingungen unterschiedlicher Glieder, der Transformation einiger Glieder dieser Kette, des Ersatzes einiger Mechanismenpaare durch andere usw. eine Reihe neuer Mechanismen gewonnen werden.

Ungeachtet offensichtlicher Errungenschaften konnten aber Reuleaux und seine Schule die von Willis skizzierte Arbeit zur Ausarbeitung der Getriebelehre nicht vollenden. Reuleaux konnte nicht nur kein theoretisches Einheitskonzept für die Lösung von Ingenieuraufgaben ausarbeiten, sondern er ließ auch den Berechnungsteil der angewandten Kinematik vollständig aus, der schon von Willis und der französischen Schule weitgehend entwickelt worden war. Der in der „Theoretischen Kinematik" vorgeschlagene formale Apparat für die Bezeichnung der Zusammensetzung von Mechanismen war zwar umfangreich, brachte jedoch keine praktischen Ergebnisse.

In der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts bahnte sich – als eine Reaktion auf die „Theoretizität" der kinematischen Schule von Reuleaux – eine größere Orientierung auf die Ingenieurpraxis an. Zur gleichen Zeit rief das Werk von Reuleaux eine breite Diskussion hervor, die einerseits die misslungene Ausarbeitung der mathematisierten Berechnungstheorie feststellte, aber andererseits die Notwendigkeit der Schaffung einer einheitlichen Getriebelehre durch die Anwendung mathematischer Mittel betonte. Obwohl Reuleaux in seiner Theorie keine Mathematik eingesetzt hatte, waren die von ihm entwickelten Auffassungen überaus „geometrisch". Eben deshalb konnte das von Reuleaux entworfene verallgemeinerte ontologische Schema als Ausgangspunkt für den Aufbau der mathematisierten Theorie dienen.

Ein konsequentes „universelles" ontologisches Schema für die Erforschung der Mechanismen schuf Leonid Wladimirowitsch Assur (1878-1920), indem er von einheitlichen Prinzipen ihrer Strukturklassifikation ausging (vgl. Artobolevski, Bogoljubov 1971). Solch ein Schema bot die Möglichkeit, nicht nur Mechanismen nach allgemeinen Kennzeichen in Gruppen einzuteilen, sondern auch allgemeine Verfahren für die Lösung von Aufgaben anzuwenden. Einige davon wurden von Assur ausgearbeitet, zum Beispiel die Methode von „Sonderpunkten" und von „falschen Geschwindigkeitsbildern". Andere, früher entwickelte hingegen wurden von ihm in den Kontext seiner Einteilung aufgenommen. Diese Methoden bestanden in der Feststellung einer exakten Übereinstimmung zwischen geometrischer Mechanismusdarstellung (Funktionsschema) und Fließschema (kinematisches Schema) eines Mechanismus. Damit „zerfällt die Aufgabenlösung beim Einsatz der Methode von Analoga der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in zwei Etappen: zuerst wird für das geometrische Bewe-

gungsmodell ihr geometrisches ‚Skelett' mit Hilfe von Analoga der Geschwindigkeiten und der Beschleunigungen bestimmt, und danach wird die Mechanismusbewegung mit Hilfe von kinematischen und dynamischen Angaben auf den gegebenen konkreten Fall zurück geführt."

Auf der Grundlage des von Assur, Wladimir Wladimirovich Dobrowolski (1880-1956) und Ivan Ivanovich Artobolevski (1905-1977) vorgeschlagenen „universellen" theoretischen Schemas wurde die mathematisierte Getriebelehre geschaffen (vgl. z.B. Artobolevski 1970ff., 1975; Assur 1912; siehe auch Bogoljubov 1976). Dabei entstand für die Lösung der Aufgabe der Mathematisierung die Notwendigkeit einer Kodifizierung dieses Schemas. Jeder Mechanismus wurde als eine kinematische Kette betrachtet, die aus einem geschlossenen Kreis oder einigen geschlossenen Kreisen und einigen nicht geschlossenen Ketten besteht, die dem Anschluss von Kreisgliedern an die Hauptgliedern des Mechanismus dienen. Um aus dem Kreis eines „Kerns" neue Mechanismen zu bilden, die zur gegebenen Gruppe gehören, schließt man „Mitnehmer" und „Äste" an. Im Ergebnis solcher Klassifizierung stellte sich heraus, dass Mechanismen ein und derselben Art von identischen Methoden untersucht werden. Das ermöglichte die Schaffung der allgemeinen Theorie der kinematischen Ketten mit einer ausgebauten Bereich von Funktionsschemata.

In der Getriebelehre entstand so die Möglichkeit der Ermittlung neuer Konstruktionsschemata von Mechanismen auf deduktive Weise (z.B. mittels einer Mitnehmervertauschung). Die Mechanismusanalyse beginnt mit der Ausarbeitung des Strukturschemas, das die Konstruktionselemente fixiert, und – auf dieser Grundlage – eines gewissen kinematischen (Fließ-)Schemas. Letzteres ermöglicht die Erforschung des Naturprozesses, d.h. der Bewegung in den Elementen, Paaren, Ketten und einzelnen Punkten. Für die Lösung dieser Aufgabe wird ein sogenannter „Grundriss" des Mechanismus, d.h. seine schematischen Abbildungen in bestimmten Lagen, benutzt. „Grundrisse" stellen die Funktionsschemata dar. (In der Getriebelehre werden darüber hinaus auch „Grundrisse" von Geschwindigkeiten und von Beschleunigungen des Mechanismus und damit übereinstimmende Vektordiagramme ausgearbeitet.)

Mittels dieser „Grundrisse" werden, der Reihe nach, Gleichungssysteme zusammengesetzt, die die mathematischen Abhängigkeiten zwischen Bewegungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Mechanismusglieder festlegen. Mit Hilfe von grafischen und analytischen Berechnungsverfahren werden die Lage jedes Glieds, die Bewegungen von Punkten der Glieder, die Drehwinkel sowie die Momentange-

schwindigkeiten und -beschleunigungen der Punkte und Glieder nach einem vorgegebenen Bewegungsgesetz des Anfangsglieds bestimmt. Für die Errechnung von komplizierten Mechanismen werden zunächst äquivalente Transformationen in einfachere Schemata vorgenommen und erst dann wird das Bewegungsgesetz ihre Glieder, Paare und Elemente festgestellt.

Die Synthese von Mechanismen stellt ihre Konstruktion nach vorgegebenen Bedingungen bzw. Voraussetzungen dar. Am weitesten verbreitet ist eine „angenäherte Synthese", bei der die Abmessungen des Mechanismus so festgelegt werden, dass sie den vorgegebenen Bedingungen und Voraussetzungen in den Grenzen zulässiger Toleranzen entspricht. Für die Synthese eines Mechanismus kann beispielsweise von einer Nachbildung des Bewegungsgesetzes des angetriebenen Glieds in Form einer entsprechenden Kurve (geometrisch) oder einer gewissen Gleichung (analytisch) ausgegangen werden. Entsprechend diesem funktionalen (mathematischen) Schema wird dann das kinematische (Fließ-)Schema des Mechanismus entworfen, mit dem die Anzahl, der Charakter und die Beziehungen der Glieder festgelegt werden. Danach werden deren Maße und andere Konstruktionskennwerte berechnet und somit das Strukturschema der Maschine festgelegt.

In den Arbeiten von Dobrowolski und Artobolevski wurde zum ersten Mal eine Projizierung des theoretischen Modells auf die Klasse der potentiell möglichen (hypothetischen) Ingenieurobjekte eines bestimmten Typs (der Mechanismen) vorgenommen. Artobolevski charakterisiert die erzielten Ergebnisse in folgender Weise: „1. Die Gesetze der Strukturbildung sind gemeinsam für alle Mechanismen. 2. Die Analyse von allgemeinen Gesetzen der Struktur der Mechanismen ermöglicht sowohl die Feststellung aller möglichen Familien und Gattungen von Mechanismen als auch die Schaffung einer einheitlichen allgemeinen Klassifikation von Mechanismen. 3. Die strukturelle und die kinematische Analyse von Mechanismen ein und derselben Familie und Klasse kann mit ähnlichen Methoden durchgeführt werden. ... 4. Die ausgeführten Untersuchungen zeigen, dass die moderne Technik eine sehr geringe Anzahl der Mechanismen ausnutzt. Die in der Arbeit vorgeschlagene Methode der Strukturanalyse bietet die Möglichkeit, eine große Anzahl neuer Mechanismen aufzudecken, die bisher in der Technik nicht eingesetzt wurden. Diese neuen Arten von Mechanismen können zur Anwendung in der Praxis empfohlen werden." (Dobrowolski, Artobolevski 1935, S. 65)

Die weitere Entwicklung der Theorie der Mechanismen erfolgte auf dem Wege der

Ausarbeitung eines immer allgemeineren ontologischer Schemas, seiner Entfaltung im Einklang mit vorgegebenen Grundsätzen (vgl. Bogoljubov 1976; Gorokhov 1990). Es wurde erstens auf neue Typen von Konstruktionselementen – räumliche Mechanismen, biegsame und flüssige Glieder usw. – ausgedehnt. Zweitens wurde die kinematische Auffassung auf das Triebwerk und auf das Werkzeug ausgedehnt. Die Maschine ist ein Mechanismus in Funktion, die Maschine im Leerlauf ist ein Mechanismus. Das Triebwerk und das Werkzeug wurden als antreibender und als ausführender Mechanismus betrachtet. Drittens schließlich wurden die Verfahren und die theoretischen Schemata der Dynamik auf die Untersuchung von Übertragungswerken angewandt. Eben darum wird diese Theorie heute Getriebelehre genannt.

Die Universalität des von Dobrowolski und Artobolevski aufgebauten theoretischen Modells und die Richtigkeit ihrer daraus gezogenen Schlussfolgerungen wurden von der Ingenieurpraxis selbst nachgewiesen: dieses Modell wurde zu einem höchst wirksamen Werkzeug in den Händen von Konstrukteuren.

Literatur

Artobolevski I. I. (1970ff.): Mekhanizmy v sovremennoj tekhnike (Mechanismen in der modernen Technik). 5 T. Moskwa 1970, 1971, 1973, 1975, 1976

Artobolevski I. I. (1975): Teorija mekhanizmov i mashin (Theorie den Mechanismen und Maschinen). 3. Aufl. Moskwa 1975

Artobolevski I. I.; Bogoljubov, A. N. (1971): Leonid Wladimirowitsch Assur (1878-1920). Moskwa 1971

Assur L. V. (1912): Die Methode der charakteristischen Kurven Ein Beitrag zur graphischen Auswertung mehrfacher Integrale. In: Žurnal matematiki i fisiki (Zeitschrift für Mathematik und Physik), 60 (1912), S. 1-60

Bogoljubov, A. N. (1976): Teorija mekhanizmov i mashin v istoricheskom razvitii jejo idej (Die Theorie der Mechanismen und Maschinen in der historischen Entwicklung ihren Ideen). Moskwa 1976

Bogoljubov, A. N. (1982): Ivan Ivanovich Artobolevski (1905-1977). Moskwa 1982

Dobrowolski, W. W.; Artobolevski, I. I. (1935): Struktura i klassifiktzija mekhanizmov (Struktur und Klassifikation der Mechanismen). Moskwa, Leningrad 1935

Gorokhov, V. G. (1984): Metodologitscheskij analis nauchno-technicheskih distziplin (Methodologische Analyse wissenschaftlich-technischer Disziplinen). Moskwa 1984

Gorokhov, V. (1990): Engineering. Art and Science. Moscow 1990

Gorokhov, V. (1995): Methodological Research and Problems in the Technological Sciences: A Review of the Literature in Russian. In: Mitcham, C. (ed.): Research in Philosophy and Technology. Vol. 15: Social Constructions of the Technology. Greenwich 1995, pp. 247-270

Gorokhov, V. G. (2000): Konzepzii sowremennoj nauki i techniki (Konzeptionen der modernen Naturwissenschaft und Technik). Moskwa 2000

Iwanow, B.; Tscheschew, W. (1981): Entstehung der technischen Wissenschaften. Moskau, Leipzig 1981

Lanz, M.; Betancourt, A. de (1920): Analytical Essay of the Construction of Machines. London 1920

Müller, H.-P. (2001): Rekombinatorik als Theorie und Praxis der Erfindung – historische Ansätze. In: Banse, G.; Müller, H.-P. (Hrsg.): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Münster, New York u.a. 2001, S. 111-141

Reuleaux, F. (1875): Theoretische Kinematik. Bd. 1. Braunschweig 1875

Stepin, V. S. (1976): Stanovlenije nauchnoj teorii (Die Entstehung wissenschaftlicher Theorien). Minsk 1976

Stepin, W. S. (1987): Intensives Wachstum des wissenschaftlichen Wissens und potentiell mögliche Linien der historischen Wissenschaftsentwicklung. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 35 (1987), H. 8, S. 703-711

Stepin, V. S. (2000): Teoreticheskoje snanije (Theoretische Wissen). Moskwa 2000

Tschechew, W. W. (1980a): Wechselbeziehungen, die Gegenstand der technischen Wissenschaften sind. In: Autorenkollektiv: Spezifik der technischen Wissenschaften. Leipzig 1980, S. 192-205

Tscheschew, W. W. (1980b): Ideale Objekte der technischen Wissenschaften. In: Autorenkollektiv: Spezifik der technischen Wissenschaften. Leipzig 1980, S. 206-212

Tscheschew, W. W. (1981): Technicheskoje snanie kak objekt metodologicheskogo analisa (Technisches Wissen als Objekt der methodologischen Analyse). Tomsk 1981

Tscheschew, W.W.; Wolossewitsch, O. M. (1980): Gegenstand und Aufgaben der technischen Wissenschaften. In: Autorenkollektiv: Spezifik der technischen Wissenschaften. Leipzig 1980, S. 163-192

Willis, R. (1870): Principles of Mechanism. London 1870

Technologie und Ingenieurausbildung

Wolfgang Fratzscher

1 Technologie im Maschinenbau

Der Begriff der Technologie besaß in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts in Technikerkreisen, einschränkend muss gesagt werden im Maschinenbau, keinen sehr hohen Stellenwert. An den Hochschulen und in der Ausbildung war der Begriff gebunden an die „Mechanische Technologie". Die entsprechenden Lehrveranstaltungen waren schlecht besucht, da das Verständnis des Stoffes nicht sehr anspruchsvoll war und ein leicht lesbares Lehrbuch existierte (vgl. Schimpke 1912). Heidebroek, einer der ersten Doktor-Ingenieure Deutschlands und damals Vertreter der Maschinenelemente in Dresden als eines der zentralen Fächer des Maschinenbaus, verglich öffentlich in der Vorlesung die wissenschaftlichen Ausarbeitungen von Technologen mit einer Briefmarkensammlung. Nicht viel besser war es zu dieser Zeit um die Chemische Technologie bestellt. Sie besaß zwar einen festen Platz in der Ausbildung von Chemikern und war auch häufig durch entsprechende Lehrstühle und Institute vertreten. Deren Gegenstände der Forschung und der wissenschaftlichen Arbeit betrafen aber, genau besehen, meistens den Bereich der Physikalischen Chemie und hatten mit der Technologie nur eine punktuelle Verbindung. So zeigen Überarbeitungen von Lehrbüchern der Chemischen Technologie im zunehmenden Maße eine Tendenz zur Reaktionstechnik (vgl. Henglein 1995) oder es werden zusätzliche Abschnitte zur „Prozesslehre" aufgenommen (vgl. Autorenkollektiv 1974). Auf diese Art und Weise umgingen die Vertreter dieses Faches den Vorwurf des mangelnden Niveaus, der ihren Kollegen von der mechanischen Abteilung gemacht worden war.

Unter diesem Gesichtspunkt ist es nur logisch, dass die Fachrichtungsstruktur im Maschinenbau fast ausschließlich konstruktiv orientiert war, bis auf eine Ausnahme: die Wärmetechnik. In dieser wurde zwar auch die Lehrveranstaltung „Dampferzeuger und Feuerungen" als Kernfach angesehen, aber schon bei der Betrachtung des Kraftwerkes und erst recht unter dem Aspekt der Energieanwendung traten letztendlich technologische Aufgabenstellungen zutage. Diese bleiben zunächst aber im Qualitativen hängen. Die Grundprämisse des Maschinenbaus war: Der Konstrukteur ist der

König der Produktion, die Technologie macht der Meister. Aus der bis heute zu verfolgenden Entwicklung kann bestätigt werden, dass diese Auffassung offensichtlich industriell recht erfolgreich war. Das Niveau und die Entwicklung der im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) zusammengefassten Betriebe als der wesentlichste Tätigkeitsbereich der Maschinenbauer lässt das erkennen. Gerade in der letzten Zeit waren die Kennziffern dieses Industriezweiges wiederum besser als die der anderen Industriebereiche (vgl. VDMA 1995). Die Potenz dieses Industriebereiches lässt sich immer wieder aus der Reaktion auf Anforderungen aus der Gesellschaft erkennen. Eines der letzten Beispiele ist die Entwicklung der Brennstoffzelle.

Aus diesen Gründen sollte auf jeden Fall eine solche Ausbildungsrichtung, die wir hier als Maschinen- und/oder Apparateingenieure bezeichnen wollen, beibehalten werden. Natürlich unter Berücksichtigung aller modernen Entwicklungen, die sich aus der Konstruktionslehre und -systematik (vgl. Hansen 1976) und aus der breiten Computeranwendung in diesem Bereich ergeben. Diese Tendenzen werden zu integrativen Effekten hinsichtlich der verschiedenen Maschinen- und Apparatetypen führen. Das wird auch Konsequenzen in der Ausbildung haben.

Aber es gab auch andere Tendenzen, die sich für mich einsehbar und nachvollziehbar im Bereich der Wärmetechnik vollzogen. Sie ergaben sich letzten Endes aus der gegenüber den stofflichen Produkten allgemeineren Position der Wärme oder besser der Energie in Wirtschaft und Gesellschaft. Grundlage waren die breitere Vergleichbarkeit und die größeren Substitutionsmöglichkeiten, die für unterschiedliche technische Lösungen Bewertungskonzepte erforderten. Damit wurde die Ebene der Maschine, des Apparates und so auch die der Konstruktion gesprengt. Als Betrachtungsgegenstände boten sich dann technologische Gesamtheiten an, oftmals bezeichnet als Verfahren. Ganz offensichtlich wurden diese Zusammenhänge bei der Verfolgung wärmewirtschaftlicher Probleme in den verschiedensten Industriezweigen in den zwanziger Jahren. Pauer gab hierüber eine Sammlung einzelner Bände heraus, da ganz einfach methodische Grundlagen für eine gemeinsame Darstellung seinerzeit nicht vorhanden waren (vgl. Pauer 1926). In den Vorworten einzelner Bände wurde angesprochen, dass durch die Verfolgung der Wärme- und Energieströme in den einzelnen Anlagen und Betriebsbereichen die Notwendigkeit gegeben war, technologische Einheiten zu definieren und so Grundlagen für die gesamte Betriebsorganisation zu schaffen. Darin wurde ein noch größerer wirtschaftlicher Effekt als in der bloßen Einsparung an Energie gesehen.

Noch eine weitere Tendenz erscheint mir für unsere Überlegungen bemerkenswert zu sein. Die technischen Disziplinen mussten sich oftmals ihre erforderlichen naturwissenschaftlichen Grundlagen selbst schaffen, um damit die Beanspruchungen, z.B. die entstehenden und zu übertragenden Kräfte, der Konstruktionen zu ermitteln. Erst auf dieser Basis war eine zielgerichtete Entwicklung moderner Konstruktionslösungen möglich.

So entstanden die Technische Mechanik, die Technische Strömungsmechanik und die Technische Thermodynamik als im Grunde genommen naturwissenschaftliche Spezialdisziplinen. Durch das Adjektiv „technisch“ wird der Gegenstand und der Parameterbereich vorgegeben und der notwendige Erkenntnisgewinn eingeschränkt. Während die Konstruktion im Sinne der politischen Ökonomie die Arbeitsmittel darstellt, sind mit den Ergebnissen dieser Disziplinen die Eigenschaften der Arbeitgegenstände zu beschreiben. Die Quantifizierung der Eigenschaften kann nicht bei der Veränderung in dem jeweiligen konstruktiven Element stehen bleiben sondern führt zu Fragestellungen an die vor- und nachgestellten Einheiten. Damit wird über das jeweilige Element hinaus wiederum die Betrachtung technologischer Gesamtheiten erzwungen. Im besonderen Maße gilt das, wenn der Arbeitsgegenstand fluid ist oder zumindest als fluid betrachtet werden kann. Aus vielerlei Gründen nehmen Technologien dieser Art in der Volkswirtschaft ständig an Bedeutung zu, so dass für die moderne Entwicklung u.a. auch vom Prozess der Fluidisierung sprechen kann.

Diese Tendenz kann deutlicher nachvollzogen werden, wenn das Primat der Betrachtung nicht mehr der Konstruktion, sondern dem Prozess der Veränderung des Arbeitsgegenstandes zuerteilt wird. Das bedeutet keine Negation der Konstruktion, denn die vollständige Beschreibung des Prozesses erfordert die Erfassung der Wechselwirkung mit der Konstruktion als immanenter Bestandteil der technischen Aufgabe. Die Orientierung auf den technischen Gegenstand kann nicht bei der Beschreibung des Feldverhaltens stehen bleiben sondern enthält stets die Wechselwirkung mit der Umgebung, im speziellen einer festen Wand des Apparates oder der Maschine.

Abschließend zu diesen Überlegungen soll nochmals betont werden, dass sie aus dem Blickwinkel der Wärmetechnik angestellt worden sind. Sicher können ähnliche Überlegungen aus dem Blickwinkel der Fertigungstechnik aufgenommen werden, die dann wohl auch andere Schwerpunktsetzungen zeigen könnten. Ein Vergleich der „kalten“ und „warmen“ Technologien wäre sicher anregend und reizvoll.

2 Systemtechnik und allgemeine Technologie

Die Entwicklung der Rechentechnik ermöglicht in Erweiterung der vergangenen Situation technologische Gesamtheiten nicht nur qualitativ zu erfassen und zu beschreiben. Das ist die wesentlichste Voraussetzung, um den Vorwurf der Vergangenheit – das zu geringe Niveau – aus dem Wege zu räumen. Der Technologie wird so nicht nur die reproduktive Seite, die qualitative Beschreibung, zugeordnet sondern auch die quantitative und damit produktive Seite eröffnet. Technologische Untersuchungen werden über das empirische und zufällige Niveau hinaus auf ein theoretisches Niveau gehoben, das über ein umfassendes methodisches Instrumentarium verfügt. Dazu ist das Vokabular der Kybernetik und Systemtechnik zu erschließen, insbesondere mit den Möglichkeiten der hierarchischen Modellierung. In einer entsprechenden Verallgemeinerung ist das für alle technischen Bereiche möglich. Zur Kennzeichnung der jeweiligen technischen Aufgabe ist der Gegenstand näher zu beschreiben, da die technischen Aufgabenstellungen im Gegensatz zu rein methodischen natürlich immer empirische Elemente enthalten. Unter Ausnutzung dieser Zusammenhänge können zielstrebige Lösungsstrategien abgeleitet werden. So ist die Bezeichnung Systemverfahrenstechnik und Systemverarbeitungstechnik zu verstehen. Es ist auch eine Systemenergietechnik, Systemmaschinentechnik (eine Erweiterung der klassischen Fertigungstechnik), Systembautechnik, Systemverkehrstechnik usw. denkbar. Nicht nur Elemente solcher Orientierungen, sondern vollständig ausgearbeitete Konzepte finden sich unter den unterschiedlichsten Bezeichnungen in den entsprechenden Disziplinen. Wenn eine solche Orientierung möglich erscheint, bedeutet dies stets eine Tendenz hin zu einer allgemeinen Technologie. Bezeichnungen wie Holztechnik, Textiltechnik, Papiertechnik u.ä. kennzeichnen dagegen das Niveau einer speziellen Technologie, da im Rahmen einer solchen Orientierung sowohl die Gesamtheit, also die Technologie, wie auch das Element, der Prozess, auf einer Ebene und mit einer Methode behandelt wird. Erst wenn bestimmte Voraussetzungen für eine Differenzierung gegeben sind, kann ein Schritt in Richtung allgemeiner Technologie gemacht werden.

Die neue Qualität auf der Systemebene entsteht dadurch, dass neben die Prozesse als selbständige Einheit die Struktur tritt. In den unterschiedlichen technischen Bereichen ist die Struktur durch die Schaltung, durch Rohrleitungen oder die verschiedensten Netze, elektrische Netze, Kommunikations- oder auch Informationsnetze gegeben. Charakteristisch ist, dass damit eigenständige und auch neuartige technische Ele-

mente verbunden sind. Dies kann zu eigenständigen technischen Bereichen führen, wie z.B. bei der Verkehrstechnik, der Informationstechnik oder auch den verschiedensten Rohrleitungstechniken.

In all diesen Bereichen ist nun die gleiche Betrachtungsweise, wie oben angegeben, anwendbar. Es kann unterschieden werden zwischen der mehr am Arbeitsmittel orientierten üblichen technischen und der mehr am Arbeitsgegenstand orientierten technologischen und prozessorientierten Betrachtung. Die mehr am Arbeitsmittel orientierte Betrachtung führt über den Apparat oder die Maschine zur Anlage, die am Arbeitsgegenstand orientierte über den Prozess zum Verfahren. Die Betrachtung der den Prozessen zugrundeliegenden Mikroprozesse führt unter zu Hilfenahme entsprechender naturwissenschaftlicher Aussagen zu dem, was weiter oben als Prozesstechnik bezeichnet wurde.

Die unter systemtechnischen Aspekten betrachtete technologische Gesamtheit ist nun darüber hinaus in weitere Dimensionen einzuordnen. Unter technischen Gesichtspunkten betrifft dies zunächst den Massenfluss zu den vor- und nachgeschalteten Anlagen und Verfahren mit den Problemen des Transportes und der Speicherung und die Einordnung in das Apparatesystem. Dazu gehört nicht nur die Herstellung, der Aufbau und die Demontage sondern insbesondere die Instandhaltung. Zu den technischen Gesichtspunkten zählt noch die Energie und die Information, worunter die Energiever- und -entsorgung sowie die Regelungs- und Automatisierungstechnik für die verschiedensten Betriebszustände zur Betriebsführung und Bilanzierung zu verstehen sind. Bei größeren Anlagenkomplexen sind dies jeweils selbständige Aufgaben, die auch eigenständig wahrgenommen werden. Bei kleineren Anlagen, z.B. Systemen der speziellen Technologien, stellen diese Aufgaben eine Einheit mit der Technologie dar.

Dann sind auf der Ebene der Technologie Gesichtspunkte der Sicherheit und des Umweltschutzes wahrzunehmen. Obwohl man in diesem Zusammenhang von produktionsinternen Maßnahmen spricht, sind damit häufig zusätzliche Elemente verbunden, die ähnlich der Strukturproblematik zu selbständigen technischen Bereichen führen. Schließlich sind auf der Ebene von Gesamttechnologien auf jedem Fall wirtschaftliche, in Verbindung mit Genehmigungsverfahren und der Wechselwirkung zur Umwelt juristische und soziale bis hin zu ästhetischen Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Der Vollständigkeit halber sind schließlich auch historische Aspekte zu nennen. Alle diese Komponenten müssen sich in der Ausbildung widerspiegeln. Wohl nur

auf der Ebene von speziellen Technologien ist dies jeweils in einem Studiengang unterzubringen. Technische Bereiche , die sich an der allgemeinen Technologie orientieren können, erfordern sicher spezialisierte Ausbildungsrichtungen. Neben dem Systemtechniker im engeren Sinn, nämlich bezogen auf den jeweiligen technischen Bereich, sind ganz offensichtlich Energieingenieure und Automatisierungstechniker erforderlich. Ähnliches gilt dann für die unterschiedlichen Strukturaufgaben. Zur Einbeziehung der anderen Dimensionen haben sich schon die Wirtschaftsingenieure herausgebildet, die offensichtlich mit Erfolg bereits in der Praxis wirken. In ähnlicher Weise könnten sich Sicherheitsingenieure und Arbeitsingenieure profilieren lassen. Denkbar wären auch eine Art Rechtsingenieure, der Begriff Patentingenieur ist sicher zu eng gegriffen, und Ökologieingenieure, die vielleicht durch die Einbeziehung von Überlegungen zu Technikfolgeabschätzungen etwas anders angelegt werden sollten als die derzeitigen Umweltschutztechniker. Schließlich ist der Bogen bis zum Industriedesign und den Technik- und Wirtschaftshistorikern zu ziehen. Ausbildungsrichtungen und Arbeitsgegenstände solcher Art stellen eine neue Möglichkeit der Integration geisteswissenschaftlicher Komponenten in die Arbeitswelt des Ingenieurs dar. Sie können so als ein Beitrag zur Überwindung der Grenzen zwischen den beiden Kulturen angesehen werden. Die Organisation derartiger Studienrichtungen wäre mit einzelnen Modulen auch für kleinere Studentenzahlen recht effektiv durchführbar.

3 Prozesstechnik – Orientierung am Arbeitsgegenstand

Die Orientierung am Prozess, d.h. letzten Endes am Arbeitsgegenstand, bedeutet für die stoffwandelnde Industrie grundsätzlich eine Orientierung am fluiden Zustand im weitesten Sinn. Zielstellung ist eine Beschreibung des Prozesses auf der Ebene der sog. Mikroprozesse in Erweiterung und Ergänzung der mehr phänomenologischen und empirischen Beschreibung der Prozesseinheiten, die kennzeichnend für die früheren Phasen waren. Es muss betont werden, dass diese Art der Beschreibung aber Vorraussetzung für die Herausbildung der Verfahrenstechnik war, weil es so möglich wurde, gleiche Elemente aus den unterschiedlichsten Technologien herauszulösen und einer einheitlichen theoretischen und experimentellen Untersuchung zuzuführen. Insofern nahm die Verfahrenstechnik auf der Ebene der sog. Grundoperationen eine atechnologische Position ein. Weiterhin soll festgehalten werden, dass beide Betrachtungsweisen nebeneinander auch in Zukunft ihre Bedeutung haben werden. Die eine für die zuneh-

mend tiefer gehende Durchdringung der Prozesseinheit und die andere für eine Art aggregierter Beschreibung derselben z.B. in Verbindung mit hierarchisch übergeordneten Untersuchungen. Dabei können die notwendigen phänomenologischen Koeffizienten durch entsprechende Abhebung aus den Mikroprozessen bestimmt werden.

Die Ingenieure, die sich vordergründig mit derartigen Aufgaben beschäftigen, können als Prozessingenieure bezeichnet werden. Zur Vertiefung ihrer technischen Ausbildung müssen sie stärker naturwissenschaftlich gebildet sein. Je nach ihrem Tätigkeitsfeld kann die Vertiefung in Physik, Chemie oder auch Biologie erfolgen. Man würde sie dann als Physik-, Chemie- oder Biologieingenieure bezeichnen. Bezeichnungen dagegen wie Wärmephysiker, wie sie z.B. einmal am Moskauer Energetischen Institut eingeführt worden waren, sind in dem vorliegenden Zusammenhang nicht richtig oder bestenfalls eine Ergänzung aus der Naturwissenschaft, denn es könnte die technische Grundorientierung weggefallen sein.

Die Orientierung am Arbeitsgegenstand erfordert die Beschreibung des Prozesses und des Zustandes. Für die Beschreibung des Zustandes sind für die Industriebereiche, die vordergründig der Stoffwandlung zugeordnet werden können, Aussagen aus der Gleichgewichtsthermodynamik, den Werkstoffwissenschaften, der Granulometrie u.ä. erforderlich. Der Prozess wird gekennzeichnet durch den Transfer von Stoff und/oder Energie und damit durch die Kinetik. Wärme- und Stoffübertragung und die Strömungsmechanik sind deshalb hierfür die wesentlichsten Grundlagen. Ein weiteres zentrales Problem, das charakteristisch für die technische Aufgabe ist, betrifft die Wechselwirkung zwischen Prozess oder auch Stoff und Apparat oder Maschine als die zugehörige Oberfläche des Prozesses. Je nachdem kann zwischen mechanischen, thermischen und chemischen Wechselwirkungen unterschieden und auf dieser Basis entsprechende Beschreibungen abgeleitet werden. Probleme dieser Art münden z.B. im Oberflächenschutz oder Instandhaltungsstrategie und ähnlichen Aufgaben. Einschränkend muss auch an dieser Stelle bemerkt werden, dass der fachliche Hintergrund für die angestellten Überlegungen die Wärme- und Verfahrenstechnik sind. Aus der Sicht der Fertigungstechnik würden andere Beispiele zu diskutieren und vielleicht auch andere Schlussfolgerungen zu ziehen sein.

4 Ausbildungsprojekt Technologie

Auf ein weiteres Problem der Ausbildung soll noch eingegangen werden, das zwar weniger mit der inhaltlichen Gestaltung als vielmehr mit der Organisation und dem Ablauf des Studiums, d.h. mit formalen Fragen zusammenhängt. Die Auseinandersetzung damit an dieser Stelle ist begründet darin, dass vielleicht hierzu Lösungsansätze unter Ausnutzung technologischer Gesichtspunkte zu finden sind, die gegenüber der heutigen Praxis zu einer qualitativ neuen Situation führen können.

Egon Erwin Kisch wollte ursprünglich Ingenieur werden und hatte ein entsprechendes Studium an der TH Prag aufgenommen. Er hat es aber bald abgebrochen, weil entgegen seiner Annahme das Studium nicht mit technischen Aufgabenstellungen begann, sondern mit Mathematik und vielen Dingen, deren Nutzanwendung der junge Student nicht erkennen konnte, sondern bestenfalls glauben musste. Dieser Sachverhalt ist bekannt. Die Technik ist eine integrierende Disziplin, und es müssen dem Studenten zunächst die Grundlagen vermittelt werden. Diese werden aber immer umfangreicher. So rückt die technische Anwendung, die eigentliche technische Aufgabe, immer weiter in die höheren Studienjahre. Damit wird aber Motivation und so auch Leistungsbereitschaft vergeben.

In angewandten künstlerischen Studiengängen wie Industriedesign, Innenarchitektur ist dies ganz anders. Dort werden schon im 1. Studienjahr eindeutig in Verbindung mit der Vermittlung von Grundlagenkenntnissen Aufgaben gestellt, die Ganzheitscharakter tragen und Selbständigkeit erfordern und so schon das Ausbildungsprofil klar erkennen lassen. Neben der künstlerischen Aussage wird sehr viel Wert auf Gesichtspunkte wie Funktionalität, Machbarkeit u.ä. gelegt. Durch diese Art der Studiengestaltung wird eine außerordentlich hohe Motivation der Stundenten erreicht.

Ähnliche Schlussfolgerungen lassen sich aus einer Zeitfondanalyse von Studenten ziehen, die vor mehreren Jahren durchgeführt worden ist (vgl. Fratzscher, Krug 1973). Im Vergleich zwischen Chemie-, Ingenieur- und Ökonomiestudenten zeigte es sich, dass offensichtlich die Chemiker das umfangreichste Selbststudium betrieben. Dies kann nur auf die Motivation zurückgeführt werden, die durch den umfangreichen Anteil an Praktika im Studium entwickelt sein könnte. In den Praktika erkennen die Studenten deutlicher das angestrebte Berufsziel als in den übrigen Grundlagenvorlesungen. Es ist zu überlegen, in welcher Form ähnliche Elemente in einem Ingenieurstudium schon in den ersten Semestern eingeordnet werden können. Ansätze hierzu sind

schon in einigen Lehrbüchern zu finden. So liegt mir ein englisches Thermodynamiklehrbuch vor, das offensichtlich für Maschinenbaustudenten gedacht ist und deshalb die Wärmekraftmaschinen von Anfang an als zentrales Objekt behandelt (vgl. Warhaft 1997). Es ist interessant, dass damit vergleichbare Positionen zu den Lehrbüchern der Thermodynamik von vor 100 Jahren vertreten werden, in denen seinerzeit im Mittelpunkt die Dampfmaschine gestanden hat (vgl. Zeuner 1901). Das ist noch bis in die ersten Auflagen des Lehrbuches von Schmidt zu erkennen (vgl. Schmidt 1912). Das genannte Beispiel kann nur die Tendenz kennzeichnen. Es ist erstens auf ein Fach beschränkt und zweitens nur für Maschinenbauer von Interesse. Für andere Fachrichtungen muss der Anwendungsaspekt natürlich anders gesetzt werden. Am Rande sei vermerkt, dass in dem zitierten Lehrbuch zur Thermodynamik die Umwelt und das Umweltbewusstsein eine wichtige Rolle spielen. Auch das ist unter technologischen Gesichtspunkten nachvollziehbar.

Eine Verallgemeinerung dieser Ansätze kann vielleicht aus wissenschaftshistorischen Überlegungen zur Technik gefunden werden. Die Verfolgung der Entwicklung von Berechnungsmethoden zeigt überall den Übergang von der Empirie zur Theorie für solche technischen Gegenstände, die über lange Zeiten angewandt worden sind, wie z.B. Kolonnen, Wärmeübertrager, Brecher, Mahleinrichtungen u.ä. Anfänglich kam man mit wenigen, meist geometrischen Kennziffern aus, die natürlich immer dann aussagekräftig waren, wenn sie letztendlich für prozesstechnische Zusammenhänge standen. Aus heutiger Sicht waren dies phänomenologische oder auch effektive Größen, die häufig den Charakter dimensionsloser Kennzahlen besaßen, z.B. als Durchmesser-Längen-Verhältnis. Es ist klar, dass mit derartigen Angaben nur dann sinnvolle Aussagen und damit funktionsfähige technische Anlagen erreicht werden konnten, wenn keine qualitative Änderungen auftraten und zumindest implizit genügend große Sicherheiten vorhanden waren. Eine „scharfe“ Auslegung und damit eine mögliche Einsparung von Materialeinsatz war so offensichtlich nicht zu erreichen.

Ein funktionsfähiger Betrieb einer technischen Anlage erfordert aber auf jeden Fall neben den Vorstellungen über die Auslegung Aussagen über die Betriebsführung, d.h. die Mess- und Regeltechnik bis zur Automatisierung mit Computereinsatz u.ä., natürlich auch für mögliche Ausfallzustände, über den Standort, über die stoffliche Ver- und Entsorgung, über die energetische Situation und natürlich auch über die Sicherheit allgemein, die Arbeitssicherheit im speziellen und über die Umweltbelastung. Alle diese Aussagen sind erforderlich über den gesamten Lebenszyklus der techni-

schen Anlage, d.h. nicht nur für den Betrieb, sondern auch für die Errichtung oder den Bau und schließlich auch für die Beseitigung. Hierzu sind zunächst einmal vielfältige qualitative Überlegungen anzustellen. Eine Aufgabe dieser Art kann unter entsprechender Anleitung auch ein Student des ersten Semesters lösen. Die Aufgabe ist in vielerlei Hinsicht technologischer Art, kann also aus technologischen Fragestellungen abgeleitet werden.

Es erscheint denkbar, dass die nämliche Aufgabe den Studenten sein gesamtes Studium begleitet, in dem bei Beibehaltung der Breite der Aufgabenstellung nach der Vermittlung entsprechender Grundkenntnisse natürlich zunächst in der Berechnung und Auslegung, aber dann auch für die anderen Fragestellungen iterativ in die Tiefe gegangen und damit das Niveau angehoben wird. Das betrifft nicht nur alle technischen Frage- und Problemstellungen, sondern auch die damit verbundenen wirtschaftlichen, juristischen und auch sozialen Fragestellungen. Es erscheint sogar auch möglich, ästhetische und historische Gesichtspunkte zu verfolgen.

Es bedarf keiner Frage, dass ein solches Vorgehen eine umfangreiche und eigenständige Vorbereitung erfordert. So müssen geeignete Objekte gefunden werden, die auch auf allen Niveauebenen sinnvolle Aussagen ermöglichen. Bei der Ausarbeitung der jeweiligen Aufgabenstellung kann vielleicht ein Umkehrung der üblichen Bearbeitung verfolgt werden. Also zunächst die umfassende und exakte Lösung erarbeiten und danach durch zunehmende Aggregation sich nach und nach der empirischen Lösung annähern. Ein solches Vorgehen müsste durch eine Art Computersimulation recht rationell realisiert werden können. Die Fachhochschulen könnten für ein solches Projekt eine führende Rolle übernehmen, da die Ausbildung ihre zunächst ausschließliche Aufgabenstellung sein sollte.

Auch durch einige anderen Erfahrungen bin ich bestärkt worden, dass ein solches Vorgehen möglich sein müsste. Mit der Aufnahme der kerntechnischen Ausbildung in der DDR beschäftigten wir uns natürlich intensiv mit der Reaktorberechnung. Der Reaktor war das zentrale und gegenüber der konventionellen Kraftwerkstechnik neue Element. Auch unsere studentischen Abschlussarbeiten waren von dieser Seite geprägt. Deshalb erstaunte es uns, als wir hörten, dass in der UdSSR die Studenten der entsprechenden Fachrichtungen als Diplomarbeit ein gesamtes Kernkraftwerk auslegen mussten. Wir konnten uns dann auch überzeugen, dass alle wesentlichen Gesichtspunkte in den Arbeiten verfolgt worden sind. Das war natürlich nur möglich

durch die Benutzung von phänomenologischen und effektiven Größen, die eine aggregierte Beschreibung und Abschätzung erlaubten.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass auch in der Praxis Ergebnisse nicht nur auf der Grundlage der exakten und umfassenden Lösung notwendig sind. In den Vorphasen einer konkreten Entwicklung, in Verbindung mit der Abwägung von Alternativen sind, auch im Computerzeitalter, Abschätzungen mit dem Storchschnabel, also mit linearisierten und aggregierten Kennzahlen, erforderlich. Man kann auch sagen mit der Erfahrung – also empirisch.

Literatur

Autorenkollektiv (1974): Lehrbuch der Technischen Chemie. Leipzig 1974

Fratzscher, W.; Krug, K. (1973): Bemerkungen zu Zeitanalysen bei Studenten. In: Kriterien zur Erhöhung der Effektivität wissenschaftlicher Arbeit in Lehre und Forschung. III. Wissenschaftliches Symposium der Martin-Luther-Universität Halle. Halle 1973, S. 4-7

Hansen, F. (1976): Konstruktionswissenschaft. Grundlagen und Methoden. Berlin 1976

Henglein, F. A. (1995): Grundriss der Chemischen Technik. In: Fitzer, E.; Fritz, W.; Ermig, G.: Technische Chemie. Berlin 1995

Pauer, W. (1926): Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen. Dresden 1926ff.

Schimpke, P. (1912): Mechanische Technologie. Leipzig 1912

Schmidt, E. (1936): Einführung in die technische Thermodynamik. Berlin 1936

Spur, G. (1998): Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaften. München, Wien 1998

VDMA (1995): Maschinen- und Anlagenbau im Zentrum des Fortschrittes. Frankfurt a.M. 1995

Warhaft, Z. (1997): Thermal-Fluid Engineering. Cambridge 1997

Zeuner, G. A. (1901): Technische Thermodynamik. Leipzig 1901