

Peter Ruben

Mathematik und Arbeit in philosophischer Sicht¹

Der Tagung ist das Problem "Mathematik als Technologie?" gestellt - natürlich angesichts der Tatsache, dass die moderne mikroelektronisch fundierte Rechentechnik eine Vielzahl verschiedenster Produktionsverfahren zu revolutionieren gestattet hat und sicher weitere Umwälzungen erwarten lässt. Damit ist die Mathematik in eine Nähe zur materiellen Produktion gerückt, die noch vor einer Generation im Durchschnittsbewusstsein kaum vorstellbar gewesen ist. Dieses Faktum, in den einzelnen Volkswirtschaften in durchaus unterschiedlichem Maße realisiert, hat in der weltanschaulichen Reflexion Vorstellungen von "künstlicher Intelligenz", "elektronisch-automatischer Produktionsweise", "Informationsgesellschaft kontra Industriegesellschaft" etc. und eben auch die von der sogenannten Hochtechnologie als einer "wesentlich mathematischen Technologie" entstehen lassen. Sachlich ist mit solchen und ähnlichen Schlagwörtern nur signalisiert, dass wir es mit neuen Phänomenen zu tun haben, die ökonomisch nicht ungestraft ignoriert werden können. Allein, Termini, Wörter oder Wortkombinationen sind keine Begriffe; das Benennen ist kein Begreifen. Und gewiß meint die Problemstellung "Mathematik als Technologie?" die Aufgabe eben des vertieften Begreifens des Zusammenhangs der Mathematik mit der Technologie. Es handelt sich wohl nicht um eine bloß rhetorische Frage, deren positive Beantwortung die Bedeutung der Tatsache sozial legitimieren soll, dass Mathematiker das betreiben, was nun Industrie- oder Technomathematik genannt wird.

Es versteht sich, dass die genannte Problemstellung unmittelbar eine Frage ist, die vor allem Mathematiker und Technologen beantworten müssen. Wird sie dem Philosophen vorgelegt, muss dieser zunächst daran erinnern, dass er weder mathematische noch technologische Fachkompetenz besitzt, sie daher nur insoweit behandeln kann, als sie auch eine philosophische Problemstellung bedeutet. Angesichts der gegenwärtigen Verwendungsweise des Wortes Philosophie, bei der sich jeder Unternehmer eine "Philosophie seines Unternehmens" zuschreiben kann und sie mit der Angabe einiger Grundsätze seiner Führung auch auszudrücken vermag, muss betont werden, dass die Philosophie wenigstens als, mit Husserl zu sprechen, "strenge Wissenschaft" (vgl. [4.1], S. 289-341) keine Versammlung von Redensarten oder beliebigen Meinungen ist. Sie ist auch keine Weltanschauung einer besonderen Gemeinschaft,

¹ Publiziert in: *Mathematik als Technologie?* Hrsg. v. J. Maaß u. W. Schlöglmann. Weinheim: Dt. Studien Vlg., 1989, S. 129 – 147

vermittelt durch deren Sprache, keine Religion und keine Ideologie. Sie entsteht vielmehr, wenn Weltanschauungen im Erkennen thematisiert werden, wenn nicht das Interesse an der Geltung einer bestimmten Anschauung in einer vorgegebenen Gemeinschaft, sondern das Interesse an der objektiven Gültigkeit, an der Wahrheit also, die Urteilsbildung leitet. In dieser Erkenntnis bringt die philosophische Arbeit die Logik ebenso hervor wie sie diese Theorie der Wahrheit - und eine andere gibt es nicht - zum Rückgrat ihrer eigenen Wissenschaftlichkeit macht und hat (Die Tatsache, dass sich Mathematiker seit dem 19. Jahrhundert der Untersuchung der Logik zugewandt und die mathematische Logik hervorgebracht haben, widerlegt diese Feststellung nicht, sondern präsentiert einen Zusammenhang der Philosophie mit der Mathematik, dessen Erkenntnis nach wie vor ein offenes Problem ist.)

Indem wir unterstellen, dass die Philosophie als Wissenschaft durch Thematisierung von beliebigen Weltanschauungen, allen möglichen Ideologien oder, wie man heute gern sagt, "Wertsystemen" konstituiert wird, können wir auch erfassen, um welche besonderen Erkenntnisgegenstände es sich handelt, die in der Philosophie vorausgesetzt werden. Sind solche Anschauungen gegeben, haben wir es auch mit sprachlichen Ausdrücken zu tun, die einerseits als Reflexionen der Natur des Erkennens überhaupt, andererseits als Mitteilungen über die allgemeine Beschaffenheit der Welt thematisiert werden können. Geschieht das unter dem Regime der Logik, werden Gnoseologie und Ontologie als philosophische Disziplinen ausgebildet. Sie realisieren das, was wir nichtempirische Erkenntnis nennen müssen. Dass ein Blatt grün sei, ein Löwe gefährlich, eine Länge L_1 größer als eine Länge L_2 , sind empirische Behauptungen, die wir unter Einsatz unserer sinnlichen Wahrnehmungsfähigkeit entscheiden. Dass wir in solchen Behauptungen Dingen Eigenschaften zusprechen, ist dagegen eine philosophische Behauptung, in der die Namen Ding und Eigenschaft vorkommen, die philosophische Vorstellungen nennen und daher auch von der Philosophie zu begreifen sind. Die Begriffe aber des Dinges und der Eigenschaft kann die Philosophie nur innerhalb einer Theorie bilden (das gilt für alle Begriffe in allen Wissenschaften). Und diese Theorie heißt seit langem Ontologie oder Seinslehre, begründet in der griechischen Antike, in der zunächst Parmenides erkannte, dass der Satz "das Seiende ist" notwendig wahr, dagegen der Satz "das Seiende ist nicht" notwendig falsch bzw. nicht wahr ist, während Aristoteles unter dem Namen Metaphysik die Seinslehre als Gesamtheit der Urteile über das Seiende, insofern es ist, also Sein hat, der Nachwelt hinterließ.

Man kann den Sinn solchen Bemühens natürlich bezweifeln, besonders dann, wenn man allein empirische Erkenntnis für praktisch sinnvolle Erkenntnis hält. Allerdings hat man dann das arge Problem, den Sinn der mathematischen Erkenntnis zu verstehen, die klarerweise ebenso nichtempirischer Natur ist wie die philosophische. Und auch der entschiedenste Empirist wird nicht auf die Mathematik verzichten wollen. Zwar können wir einen Hasen, zwei Rehe, viele Wildschweine sinnlich wahrnehmen, nicht aber die mathematischen Grundobjekte, die wir "natürliche Zahlen" nennen und als Gegenstände des Rechnens behandeln. Das, was wir philosophisch "ein Ding" nennen (eine erste Substanz im Sinne der Kategorienlehre des Aristoteles), tritt protomathematisch als eine Einheit auf, deren mathematische Eigenschaft, eins zu sein, dadurch thematisiert wird, dass wir sie als Element einer bestimmten Einermenge

denken oder als bloßes Zeichen für die natürliche Zahl 1 behandeln. Um dieses einzusehen, hat man zu bedenken, dass wir im Zählen irgendwelcher Dinggesamtheiten Anzahlen nur darum determinieren können, weil wir die Vorstellung der Zahlen schon mitbringen. Es gehört zu den philosophischen Problemen der Mathematik, die im Zählen vorausgesetzte ideelle Existenz der natürlichen Zahlen zu erklären. Und eine solche Erklärung ist selbstverständlich nicht mit der Behauptung gegeben, sie seien Gottes Werk oder angeborene Vorstellungen. (Für die wirkliche Erklärung ist z. B. das historische Faktum in Rechnung zu stellen, dass die alten Griechen, die erstmals den Begriff einer Zahl bildeten, die Zahlen null und eins nicht kannten und die Zahl zwei, die "göttliche Dyas", als erste Zahl bestimmten. Ebenso sind natürlich andere wesentliche geschichtliche Umstände der Entwicklung des mathematischen Erkennens zu bedenken).

Außer der Philosophie und Mathematik gibt es keine anderen nichtempirischen Wissenschaften (die Logik teilen beide). Insbesondere natürlich ist die Technologie eine empirische Disziplin, wie immer sie im einzelnen aufgefasst sein mag. In diesem Zusammenhang muss sogleich betont werden, dass eine empirische Wissenschaft selbstverständlich auch theoretisch ist (sie wäre sonst nicht Wissenschaft). Die nicht selten anzutreffende Vorstellung vom Gegensatz zwischen Empirie und Theorie ist unzutreffend, sobald es sich um eine wissenschaftliche Verarbeitung empirisch fundierten Wissens handelt. Diese Verarbeitung ist nichts anderes als die theoretische Rekonstruktion jenes Wissens, weshalb es ganz richtig ist, von "wissenschaftlichem Wissen" zu sprechen – im Sinne des aristotelischen Wissenschaftsbegriffs (der die Wissenschaft als beweisende Lehre bestimmt). Des weiteren muss ebenso betont werden, dass die theoretische Rekonstruktion eines empirischen Wissens, also der Aufbau einer empirischen Theorie, keineswegs in der Einführung der Mathematik besteht, sondern in der Feststellung der empirischen Grundwahrheiten eines Kenntnisbereichs so, dass aus ihnen empirisch verifizierbare Folgerungen gezogen werden können. Ob diese Wahrheiten auch in mathematischer Form ausgedrückt werden können oder nicht, ist ein zusätzliches Problem, dessen Lösung ganz wesentlich von der Erfüllbarkeit der Forderung Galileis abhängt, alles zu messen, was messbar ist, und messbar zu machen, was noch nicht messbar ist. Die *conditio sine qua non* des mathematischen Zugriffs auf eine empirische Theorie ist die dafür vorauszusetzende Messung der in dieser Theorie zu bestimmenden Qualitäten (Dimensionen), die die Mathematik ihrerseits gar nicht determinieren kann. Insbesondere muss es möglich sein, empirische Zusammenhänge durch das auszudrücken, was die Physiker Größengleichungen nennen. Die Wahrheit solcher Ausdrücke ist kein mathematisches, sondern ein empirisches Problem. Das eben ist der Grund dafür, die theoretische Natur empirischen Wissens nicht etwa aus der in ihm verwendeten Mathematik zu erklären.

Ich muss noch bemerken, dass die genuin philosophischen Gegenstände seit Aristoteles Kategorien heißen. Sie sind nicht, wie in mancherlei Lexika zu lesen ist, die "allgemeinsten, umfassendsten Begriffe" eines Wissensgebiets (womit tatsächlich die Grundvorstellungen dieses Gebiets gemeint sind), sondern die Bestimmungen des Denkens in der Sinnbildung, grammatisch elementar durch Satzsubjekte und -prädikate präsentiert. Fragen wir nach der allgemeinen Bedeutung dieser Satzglieder, erhalten wir Antworten, die wieder philosophisch

zu begreifende Vorstellungen angeben, nämlich die des Gegenstands und des Inhalts einer Aussage. Um dem Unsinn der Sophismen zu entgehen, musste Aristoteles die Satzanalyse realisieren und fand eben darin die Kategorien als die Bestimmtheiten des Aussagbaren überhaupt (vgl. [1]), die dann später in der klassischen deutschen Philosophie von Kant wieder thematisiert worden sind und auch den Namen "Denkbestimmungen" erhielten. Ihre Verwechslung, also kontradiktorische Identifikation, ermöglichte solche Sophismen wie: Franz ist siebzehn, siebzehn ist eine Primzahl, also ist Franz eine Primzahl, worin der terminus medius im ersten Fall eine Quantität, im zweiten aber eine Substanz bezeichnet.

Es kann wohl zugestanden werden, dass die Kenntnisnahme der philosophischen Kategorienlehre für das Gewinnen empirischen Wissens mittels praktischer Erfahrung nicht unbedingt erforderlich ist. Wer den Sinn seiner Sätze beständig durch Aufweis von wahrnehmbaren Sachverhalten rechtfertigt und nicht zur Theorien- und Begriffsbildung fortschreitet, kann sehr viel Wissen akkumulieren, ohne damit auch nur ein einziges philosophisches Problem zu bemerken. Damit lässt sich auch gut leben. Philosophie ist also keineswegs immer und unter allen Umständen gefordert. Die Geschichte der Philosophie selbst zeigt diesen Sachverhalt bemerkenswert klar im Auf und Ab der Intensität des Bemühens um philosophische Erkenntnis, auch im Auf und Ab des effektiven Bedarfs an ihr. Diese Zyklizität ist neuerdings zum Gegenstand eigener Untersuchung geworden (vgl. [3]). Sobald aber die Erkenntnis zum Theoriebilden übergeht, d.h. zur Konstituierung wissenschaftlichen Wissens im aristotelischen Sinne, ist das philosophische Problem implizit gestellt, weil die Theorien wesentlich Beweise enthalten, und eben diese nicht als reine Sophismen vorgestellt werden dürfen, soll sich Sinn nicht in Unsinn verkehren.

Die Tatsache, dass im Denken der Wissenschaften, das natürlich das Denken der Wissenschaftler ist, Denkbestimmungen (Kategorien) vorkommen, ist an sich durchaus gegenwärtig und wird von Zeit zu Zeit auch expressis verbis durch Fachwissenschaftler festgestellt. So notiert z. B. W. H. Westphal: "Es ist vielfach üblich, ein Ding oder ein Phänomen mit dem Namen einer Größe zu benennen, die eines ihrer verschiedenen Merkmale beschreibt, z. B. einen Körper eine Masse, einen Kondensator eine Kapazität zu nennen. Das sollte tunlichst vermieden werden" ([13], S. 11). Und im selben Sinne notiert R. W. Pohl: "Immer wieder findet man z. B. statt eines Körpers eine Masse an einem Bindfaden aufgehängt, also statt des Dinges eine seiner Eigenschaften" ([8], S. 24). Solche Kategorialabsurditäten kann man in theoretisch nicht rekonstruierten Anschauungen in fast beliebiger Fülle antreffen. Gilt es nicht als eine Selbstverständlichkeit, eine Kraft für die Ursache einer Wirkung zu halten, d. h. die Kraft für eine Sache? Und was scheint plausibler umgekehrt, als Arbeiter für Arbeitskräfte zu nehmen, dagegen in allen möglichen Maschinen wiederum Produktivkräfte zu sehen? Es sind diese Selbstverständlichkeiten, die unter Voraussetzung der Philosophie als leicht erkennbare Absurditäten unannehmbar werden, weshalb wohl auch umgekehrt die Philosophie den Verfechtern solcher "Selbstverständlichkeit" zuweilen ein Gräuel ist.

Betrachten wir nun nach diesen Vorbemerkungen das der Tagung gestellte Problem etwas genauer, so muss in philosophischer Sicht zunächst gefragt werden: Welcher Begriff der Technologie soll zur Beantwortung der Frage "Mathematik als Technologie?" unterstellt

werden? Da es gegenwärtig üblich ist, vom "Begriff ‚X‘" zu sprechen, sei zunächst bemerkt, dass eine solche Ausdrucksweise nie einen Begriff angibt, sondern jederzeit den Namen einer Vorstellung. Ein Begriff ist immer der Begriff einer Sache und wird in der Sprache durch eine Definition gegeben, d.h. durch einen Satz (also nie durch ein Wort!), der die im Satzsubjekt genannte Vorstellung der Sache als genau diejenige erklärt, die im Satzobjekt durch eine Verknüpfung anderer, vorausgesetzter Vorstellungen angegeben wird. Das Prädikat der Definition bezeichnet demgemäß immer die Bedeutungsidentität. Nichtdefinierte Begriffe gibt es demnach nicht. Und die Redeweise von den "Undefinierten Grundbegriffen" z. B. einer axiomatisch verfassten Theorie ist nur ein Ausdruck für die Tatsache, dass der so Redende den kategorialen Unterschied zwischen einer Vorstellung (durch ein Wort bezeichnet) und einem Begriff nicht in Rechnung stellt, d.h. Benennen und Begreifen für dasselbe hält. Dies zugegeben, versteht es sich schon von selbst, im tierischen Verhalten Begriffsbildungen wahrnehmen zu können – weil doch offensichtlich z. B. Katzen Mäuse von Hunden bemerkenswert genau unterscheiden können. Da ist denn auch einsichtig, dass die Frage danach, wie die Katze die sich vorstellende Maus mit ihren Sensoren rezipiert und zu ihrem Verzehr ansetzt, die Frage nach der Begriffsbildungspotenz derselben ist. So ist das Begreifen auf das Riechen, Sehen, Hören, Schmecken und Tasten herabgebracht – und die Philosophie überflüssig.

Ich betone dies, weil in unserem Zusammenhang bekanntlich die Frage Turings, ob Maschinen denken können, zu den scheinbar legitimen Problemstellungen der Technomathematik gezählt wird. Von der Vorstellung tierischen Begriffsvermögens zu der maschinellen Denkvermögens ist es kein weiter Schritt. Man muss nur unterstellen, jede identifizierbare Zeichenfolge als Exempel einer Sprache zu verstehen, jede so verstandene Sprache als Ausdrucksmittel von Denken, und schon ist klar, wie der Nachweis zu führen ist, dass Maschinen denken können. Es versteht sich, dass damit auch der Austausch sprachlicher Klischees etwa zwischen einer Gemeinde und ihrem Vorsänger Zeichen intensiven Denkens ist. Von dem wirklichen Denken, das im Erkennen unerlässlich ist und im Verbinden kategorial unterschiedlicher Vorstellungen zum bestimmten Sinn in Erscheinung tritt, ist keine Rede mehr; an die Stelle des Bestimmens von Inhalten des Aussagens ist das, mit Lorenzen zu sprechen, schematische Operieren mit Zeichengestalten als "Denken" getreten.

Gegen die durch den Formalismus begünstigte, in Wahrheit barbarisierende Vorstellung vom Begreifen und vom Denken möchte ich doch die klassisch philosophische Sicht dieser Tätigkeiten im Rahmen des Erkennens festhalten, obschon ich gern zugebe, dass unsere gegenwärtige Erkenntnislehre nicht in einem erfreulichen Zustand ist. Das hängt mit der allgemeinen Reaktion auf die klassische Philosophie nach 1830 zusammen, auf die ich hier nur hinweisen, die ich aber nicht erörtern kann.

Wie steht es nun mit unserem Begriff der Technologie? Die Sachlage ist hier an sich ganz erfreulich, weil wir genau wissen, wann wer diesen Begriff gemäß ordentlichen aufklärerischen Denkens und Erkennens eingeführt hat. Es war Johann Beckmann, der 1772 erstmals das Wort Technologie im dritten Band seiner "Physikalisch-ökonomischen Bibliothek" (Göttingen) zur Bezeichnung der Handwerkswissenschaft verwendete und 1777 eine "Anleitung zur

Technologie" publizierte, mit der er die Technologie als "Kenntniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen" vorstellte. Um dies Konzept Beckmanns richtig zu verstehen, muss man bedenken, wem er technologische Kenntnis zu verordnen gedachte, jenen nämlich, die Betriebe unterhielten oder leiteten, den Wirtschaftlern, damals in deutschen Landen also vornehmlich den Landwirten, Kaufleuten und Staatsbeamten (deren Anzahl schon wegen der Vielheit der deutschen Staaten nicht unbeträchtlich war). Diese sollten sich nicht mehr, mit Beckmann zu sprechen, Puschern und unverständigen, betrügerischen Projektors anvertrauen, um, wie wir heute sagen würden, Investitionen mit heroischer Pose in den Sand zu setzen, sondern kraft technologischer Bildung fähig sein, ökonomisch sinnvoll zu entscheiden, welche Technikangebote zur Realisierung bestimmter produktiver Arbeit angenommen werden können und welche nicht. Beckmann wollte Pseudoproduktionen vermeiden, die, in seinen Worten, Mücken seihen und Kamele verschlucken. Das ist eine Intention, die jeder Kreditnehmer, wenn er um Produktivkredite nachfragt, haben sollte, will er nicht wegen im Mückenseihen verschluckter Kamele seinen Konsumtionsfonds im Interesse der Erhaltung seiner Kreditwürdigkeit radikal einschränken oder auf diese pfeifen und Kreditgeber überhaupt für Inkarnationen des Bösen an sich denunzieren. In diesem Sinne hat Beckmanns Technologiekonzept einen strikt ökonomischen Charakter, der sofort deutlich ist, sofern man unter "Ökonomie" nicht eine reine Tauschtheorie versteht, sondern – z. B. mit Marx – die Lehre von der Entwicklung der Produktivkräfte (vgl. [6.1], S. 607). Dann hat es die wirkliche Ökonomie mit konkreten Arbeiten zu tun, die auch durch besondere Technologien bestimmt sind.

Wir müssen wohl feststellen, dass dieses Technologiekonzept der Aufklärung bis heute nicht weitergebildet worden ist. Dafür gibt es gute Gründe sowie eine wissenschaftlich ungeklärte Problemlage, welche es wert sind, ein wenig genauer betrachtet zu werden.

Über Technik und Technologie

Beckmanns Konzept für sich unterstellt einen wohlbestimmten Bereich konkreter Arbeiten, so dass die technologische Identifikation von Klassen gleichartiger Arbeiten, im Sinne Beckmanns gleichartig nach Arbeitszwecken und -mitteln, effektiv realisierbar wird. Das ist tatsächlich aber nur für stagnierende Produktionssysteme möglich. Angesichts der wirklichen Produktivkräfteentwicklung, die im fortwährenden Wandel der Arbeitsarten in Erscheinung tritt, ist das technologische Klassifizieren (Beckmann fasste 324 Handwerke und Künste zu 51 Gruppen zusammen) ein höchst problematisches Unternehmen. Jede auf diese Weise zu einer bestimmten Zeit erfasste "natürliche Ordnung" der konkreten Arbeit ist so wenigstens für Neuerungsinvestitionen bereits mit ihrer Feststellung veraltet. Mit anderen Worten: die Realisierung des Beckmannschen Technologiekonzepts scheitert mit Bezug auf die Identifikation bestimmter Technologien am Faktum, dass wenigstens die kapitalistische Wirtschaft wesentlich sich entwickelnde Wirtschaft ist, daher nicht bloße Technologieidentifikation, sondern diese als Moment der Technologieentwicklung erfordert. Das ist aber kein Einwand gegen die von Beckmann m. E. ganz zutreffend gesehene

ökonomische Bestimmtheit der Technologie, womit konkrete Arbeit als produktive Gegenstand der technologischen Bestimmung ist.

Nun hat weiter die industrielle Revolution zur Bildung der Technikwissenschaften geführt (und zwar schon zu Lebzeiten Beckmanns), womit eine qualitativ neue Lage entstanden ist, in der wir nicht mehr so recht wissen, was die Technologie im Unterschied zur Technikwissenschaft ist. Insofern sich Beckmanns Technologiekonzept offensichtlich gegen die zünftlerische Mystifikation der Handwerke gerichtet, die bloß praktische Kenntnis eines Produktionsverfahrens durch theoretisch fundierte und daher allgemein mitteilbare Erkenntnis zu ersetzen getrachtet hat, sind die Technikwissenschaften zweifellos Realisationen dieses Konzepts. Und insofern an technischen Hochschulen gewöhnlich auch Betriebswirtschaftslehre vorgetragen wird, existiert die von Beckmann intendierte Einheit der Lehre von den konkreten Arbeitsarten mit der Ökonomie in einem gewissen Mindestmaß durchaus. Ingenieure sind nicht so selten ausgezeichnete Wirtschaftsrechner, weshalb aus ihren Reihen ökonomische Innovatoren oft genug entstammen.

Es ist diese Situation, in der wir gegenwärtig die Verwendungsweise des Wortes Technologie so finden, dass es gerade keine bestimmte Lehre oder Wissenschaft bedeutet, sondern die technisch und ökonomisch fundierte Synthese determinierter Einzelarbeiten zu einem bestimmten Fertigungsablauf. Insofern dieser natürlich beschrieben wird, ist rechtens von einer – allerdings stets artspezifischen – Technologie die Rede. Es ist daher wohl zutreffend, was G. Ropohl sagt: "Eine allgemeine Technologie, also ein Grundlagenfach, in dem zusammenfassend behandelt würde, was allen einzelnen technischen Fächern gemeinsam ist, und in dem überdies die Systemzusammenhänge zwischen Technik, Umwelt und Gesellschaft ausdrücklich mitbedacht würden, hat sich bislang kaum entwickeln können... Die Technikwissenschaften ... stellen sich als eine schwer überschaubare Anhäufung spezieller Technologien dar, denen die systematische Verallgemeinerung in Form einer allgemeinen Technologie bis heute fehlt." ([9], S. 206).

Geben wir diese Feststellung zu, so heißt das in erkenntnistheoretischer Sicht, dass wir zum Worte Technologie zwar eine bemerkenswerte Vielheit von Vorstellungen haben (Schweißtechnologie, Biotechnologie, Hochtechnologie etc.), aber leider keinen Begriff. Die auf dieser Tagung aushilfsweise zu Diskussionszwecken angenommene Festlegung, "Technologie" synonym zu "Hybrid aus Wissenschaft und Technik" zu verwenden, ist eine schöne Bestätigung dieses Faktums. Mit ihr wird uns die Technologie als ein Bastard suggeriert, den einfallsreiche Hybridisatoren durch Verknüpfung von an sich gegeneinander fremden Artenvertretern geschickt hervorgebracht haben. Aber erstens haben wir die Technikwissenschaften (technische Mechanik, technische Thermodynamik, Maschinenbaukunde etc.), die keineswegs Hybridisationen lehren, und zweitens ist der Zusammenhang von Wissenschaft und Technik seit alters her von der Art, dass sich beide in beständiger Wechselbeziehung zueinander entwickelt haben. Wie sollte man sich die Ausbildung der theoretischen Mechanik ohne die der so wichtigen Technik des Uhrenbaus, des mechanischen und feinmechanischen Gerätebaus überhaupt vorstellen? Ja wie will man die Existenz der Geometrie, der ersten axiomatischen Wissenschaft in der menschlichen

Geschichte, verstehen, ohne dabei an die Entwicklung der Messtechnik zu denken, an das Erlernen des sinnvollen Umgangs mit Messschnüren und Winkelmessgeräten, mit Zirkel und Lineal? Euklids Postulate (im Unterschied zu seinen Axiomen) sind in dem Sinne technischer Natur, in dem sie die Realisierbarkeit idealer Objekte (Strecken und Kreise) ausdrücken. Und eben dies, dass wir in der Wissenschaft um die Natur idealer Objekte wissen, die wir technisch realisieren, wie wir umgekehrt das technisch Realisierte zum Gegenstand wissenschaftlichen Erkennens machen können, demonstriert ja den untrennbaren Zusammenhang von Wissenschaft und Technik

Nur für ein Bewusstsein, dem "Wissenschaft" die "reine Theorie" im Sinne eines Systems logisch folgerichtig geordneter Sätze bedeutet und "Technik" die an sich wissenschaftlich grundlosen Arten des Konstruierens von allerlei Geräten zur Vermittlung menschlicher Tätigkeiten, können Wissenschaft und Technik den Schein gegenseitiger Fremdheit annehmen. Und nur unter dieser Voraussetzung vermag ich, in der Vorstellung von der Technologie als einem Hybrid aus Wissenschaft und Technik einen Sinn zu erkennen. Aber das ist eine Voraussetzung, die aus der Arbeitsteilung in der Konkurrenz ideologisch erwächst, nicht aus einer Arbeitsteilung, die als Verteilung der gesellschaftlichen Arbeit auf Träger unterschiedlicher Produktivkräfte im Interesse der Kooperation zu wechselseitigem Nutzen verfasst ist. In der von Konkurrenz und Monopol bestimmten Arbeitsteilung kommt es natürlich zur Bildung exklusiver Schichten von Teilarbeitern, deren wechselseitiger Ausschluss gerade die Bedingung ihrer Teilnahme an der gesellschaftlichen Produktion ist. So werden dann Zäune eingerichtet, die tunlichst nicht zu überspringen sind und sich in der Wissenschaft als wechselseitige Exklusion von Theorie und Experiment – und eben auch von Wissenschaft und Technik äußern. Betrachtet man diese Zäune genauer, erkennt man, dass sie nichts mit diesem Zusammenhang zu tun haben, aber alles mit dem Finanzierungsproblem der wissenschaftlichen Arbeit. Was die Theorien der Wissenschaft selbst betrifft, so sind sie eben nicht einfach logische geordnete Satzmengen, sondern stets Beschreibungen von Modellen, die mit Bezug auf die ihre Aussagen gelten, wahr sind, darunter auch von solchen Modellen, die wir materiell realisieren können. Indem wir das tun, ist das Tun selbst technischen Charakters - in der originären Bedeutung des Wortes *téchne*.

Mit der altgriechischen Vorstellung von der *téchne* haben wir nun allerdings eine Voraussetzung zur Verfügung, die nach meiner Meinung für die Klärung des Zusammenhanges zwischen Technik, Technikwissenschaft und Technologie durchaus fruchtbar gemacht werden kann: Wie uns J.-P. Vernant zeigt, gibt es erstens im "Griechischen ... keinen entsprechenden Terminus für Arbeit" ([12], S. 246). Zweitens handelt es sich darum: "Wer *téchne*² sagt, meint spezialisiertes Wissen, Erlernen geheimer Erfolgsmethoden" (ebd., S. 252). Der Handwerker hat *téchne*, der Arzt, aber nicht der Bauer, dessen Ertrag nicht allein von seiner agrikulturnen Tätigkeit, sondern ebenso sehr von den Naturbedingungen abhängig ist, unter denen die Saat gedeiht oder nicht. Die *techne* des Handwerkers bestimmt bei vollständiger Beherrschung aller Bedingungen des Werkens den Effekt des Tuns, seine Wirkung.

Nehmen wir diese Sicht auf und vergleichen wir sie mit unserem Gebrauch des Wortes

² „*téchne*“ ist im hier zitierten Original altgriechisch geschrieben. (Anm. des Hrsg.)

Technik, so können wir wohl folgendes festhalten: Wenn wir von "Technik" sprechen (Schweißtechnik, Rechentechnik, Gentechnik, Balltechnik Peles, Atemtechnik eines Sängers etc. etc.), so meinen wir die Bestimmtheit menschlicher Tätigkeiten unter dem Kriterium der Realisierung eines Ziels auch dann, wenn es sich weder um produktive Arbeit noch um den Gebrauch vorgefundener oder produzierter Mittel in solchen Tätigkeiten handelt. Wir thematisieren also technisch, wenn wir unser eigenes Tun hinsichtlich eines gewollten Zwecks thematisieren, um seinen Wirkungsgrad zu erhöhen. Dabei können auch Geräte erfunden werden, die als Tätigkeitsmittel dienen und die Wirkung des so vermittelten Tuns steigern. Dass dies in den meisten Fällen so ist, darf uns nicht die Sicht auf den Umstand verstellen, dass wir im Technisieren unser Tun mit Bezug auf von uns gesetzte Zwecke nach seiner Wirkung zum Gegenstand der Untersuchung machen, um es als technisch bestimmtes Tun ebenso zu erlernen wie lehrbar zu machen. Das ist wohl der Grund, warum in den meisten Fällen eine X-technik die Technik einer artbestimmten Tätigkeit ist und selbst dann, wenn X für aristotelische Substanzen steht (wie in "Balltechnik", "Gentechnik", "Zahntechnik" etc.), dennoch von einer Tätigkeitsart die Rede ist.

Halten wir dies fest, so gibt es selbstverständlich Techniken, die keine Produktionstechniken sind. Des weiteren ist klar, dass die vermittels technischer Analyse und Synthese konstruierten Arbeitsmittel nur einen Teil aller technischen Geräte ausmachen. Und es versteht sich mithin, dass wir die Technik überhaupt nicht essentiell durch bloßes Zeigen auf Artefakte, die als Tätigkeitsmittel dienen oder gedient haben, verständlich machen können. Wir brauchen dazu stets die Vorstellung der diese Geräte zu irgendeinem Zweck verwendenden Menschen. In diesem Sinne hat G. Bohring recht, wenn er die Definitionsversuche für "Technik", die allein die Arbeitsmittel in der gesellschaftlichen Produktion im Blick haben, kritisiert: "Ihr Mangel besteht... offensichtlich darin, dass sie allein auf die Produktionssphäre beschränkt bleiben und Technik wesentlich unter dem Gesichtspunkt der Summierung ihrer gegenständlichen Elemente ('Gesamtheit der Arbeitsmittel') sehen" ([2], S. 73). Wer seine Arbeitsmittel zeigt, zeigt nur die Möglichkeit seiner Technik. Seine wirkliche Technik demonstriert er im effektiven Umgang mit diesen Mitteln, also in einem Umgang, der die beabsichtigte Wirkung in der Tat herbeiführt.

Akzeptiert man diese Sicht der Technik, so versteht es sich, dass die technisch gebildete Tat nicht a priori produktiv sein muss, ja ganz im Gegenteil Technik der Destruktion sein kann (die Deutschen insbesondere haben in solcher *téchné* bemerkenswerte Beispiele geliefert). Wenn ich in diesem Zusammenhang nun das Wort Technologie nach seiner gewöhnlichen Verwendungsweise bedenke, so finde ich, dass wir in der Regel die Lehren beliebiger Produktionstechniken unter der Bedingung "Technologien" nennen, dass sie produktive Arbeitsarten beschreiben. In der so verstandenen Technologie ist uns mit der Produktivität der ökonomische Wirkungsgrad das entscheidende Kriterium. Dieser ist unter der Annahme der Werttheorie einfach anzugeben: Die Differenz zwischen Werterlös und Ersatz der Wertkost im Verhältnis zum Werterlös stellt die definierende Bestimmung dieses Wirkungsgrads dar. Ist seine Größe positiv von null verschieden, so ist die zugrunde liegende konkrete Arbeit produktiv. Mit anderen Worten: die Technologie soll mit der Bestimmung der Technik einer bestimmten Produktion zugleich sichern, dass sie einen Mehrwert einbringt. Evident knüpft

diese Technologieauffassung an Beckmanns Konzept an, nämlich an seinem ökonomischen Sinn. So gesehen, entsteht also die Technologie nicht aus einer Hybridisation, die hier die Wissenschaft und dort die Technik unterstellt, sondern aus einer Subsumtion der Produktionstechnik unter die Ökonomie. Eine Technologie ist demgemäß immer die Technologie einer definiten und produktiven Arbeitsart. Eine Technologie veraltet, wenn die zugehörige Produktivität von der Größe null wird. Sinkende Mehrwerterlöse sind daher als Signale möglichen Veraltens realisierter Technologien zu prüfen, d. h. als Aufforderungen, technologische Entwicklung im Sinne des Fortschritts zu betreiben.

Zur Vermeidung von Missverständnissen muss ich betonen, dass der Mehrwert als Überschuss über den erlösten Kostenersatz in Geld keineswegs der Profit auf ein gebildetes Kapital ist. Die Kapitalbildung erfolgt, die Marxsche Ökonomie vorausgesetzt, per definitionem privat durch persönliche Ausgabe von Geld für den Kauf bzw. für die Mietung von Produktionsbedingungen. Somit ist Kapitalbildung gleichbedeutend mit der Bildung privater Produktionskost, also mit dem Ausschluss der sozialen Kosten, die dennoch anfallen. Daher kommt es, dass der Mehrwert, den jede Produktion in jeder Formation als Bedingung menschlicher Entwicklung einbringen muss, mit dem Profit nicht zusammenfällt. Die explizierte Vorstellung von der Technologie kann also nicht als "profitorientiert" gedeutet werden. Sie ist allerdings entwicklungsorientiert in der Annahme, dass es keine Entfaltung einer Totalität menschlicher Produktivkräfte geben kann, wenn nicht die realisierten Arbeiten auch einen Unterhaltungsfonds für künftig mögliche neue Arbeitsarten schaffen.

Mathematik und Technologie

Wenn wir nun die Technologie wenigstens als Gesamtheit aller artspezifischen Technologien im erklärten Sinn annehmen, dann müssen wir unter Beachtung des nichtempirischen Charakters der Mathematik unmissverständlich sagen, dass es keine spezielle mathematische Technologie gibt und geben wird. Zwar haben wir mathematische Technik. Das einfachste und sicher wichtigste Exemplar ist die Rechentechnik. Aber keine mathematische Technik kann unter das Produktivitätskriterium subsumiert werden, weil kein mathematisches Tun für sich ökonomisch bestimmbare Werte schöpft. Andererseits ist aber ganz klar, dass mathematische Fähigkeiten im System der gesellschaftlichen Produktion ebenso wie in bestimmten Produzentengemeinschaften unabdingbar sind. Demzufolge müssen wir die in der Ökonomie so wichtige Unterscheidung zwischen gegenständlichen Produkten und Diensten in Rechnung stellen und können dann allerdings sagen: Mathematische Techniken bestimmen mögliche Dienste, die als spezifische Teilhandlungen in technologisch bestimmten Produktionen wesentlich deren Produktivität garantieren können. Determiniert eine Technologie z. B. Rechenzeit, ist die Verkürzung derselben ein Beitrag zur Produktivitätssteigerung. Also ist der Einsatz von Rechnern, die solche Verkürzung erlauben, ein technologisch bestimmbares Faktum, obwohl das Rechnen an sich keine ökonomisch konsumierbaren Gebrauchswerte schafft. Demgemäß möchte ich die Aussage über die Hochtechnologie, sie sei eine wesentlich mathematische Technologie, so reformulieren, dass

die Hochtechnologie auf dem für sie sehr wesentlichen Einschluss mathematischer Technik basiere. Ich nehme nicht an, dass der Autor des fraglichen Satzes gegen diese Reformulierung bedeutsame Einwände hätte.

Wenn ich richtig sehe, ist die Annahme einer mathematischen Technologie sui generis nur dadurch zu legitimieren, dass man auf die sogenannte "mathematische Modellbildung" bezüglich voraussetzungsgemäß empirischer, also nichtmathematischer Sachverhalte verweist. Ich muss gestehen, dass ich den Sinn dieser Redeweise nicht verstehe. Fragt man nämlich nach der Bedeutung des Wortes Modell, wird man sofort zugeben, dass wir mit ihm stets Objekte oder Objektsysteme meinen, die bestimmte Eigenschaften vorausgesetzter Originale wiedergeben, abbilden, widerspiegeln. Die Bestimmung dieser Eigenschaften aber liegt in Aussagen vor, in der Wissenschaft daher in Theorien. Mit anderen Worten: die Modellbildung ist eine Arbeit des Erkennens, in der wissenschaftlich eine Theorie geschaffen wird, deren Aussagen Bestimmungen eben des Modells, also als Aussagen über dieses Modell wahr sind. Ich darf an dieser Stelle eine vor längerer Zeit publizierte Definition zitieren, die ich nach wie vor für richtig halte: „Es sei ω ein Original (das schon vorhanden ist oder erst erzeugt werden soll) und $M(\omega)$ eine (nicht leere) Menge von Aussagen über ω , [$M(\omega)$ ist also eine Menge von Informationen über ω .] Dann heißt μ Modell für die Menge $M(\omega)$ genau dann, wenn μ ein System ist, in dem alle Aussagen aus $M(\mu)$ gültig sind, wobei man $M(\mu)$ aus $M(\omega)$ dadurch erhält, dass man in jeder Aussage aus $M(\omega)$ ω durch μ ersetzt.“([10], S. 1229). Gemäß dieser Definition ist ein Modell stets Modell einer Theorie über ein Original und dadurch charakterisiert, dass die Ersetzung des Originals durch das Modell die Wahrheit der entsprechenden Aussagen erhält. Das Original ist das genetisch erste oder das Urmodell der Theorie.

Wird nun von mathematischer Modellbildung gesprochen, so kann ich darunter rechtens nur die Gewinnung mathematischer Modelle für mathematische Theorien verstehen. So ist etwa der Ring der ganzen Zahlen Modell der elementaren Zahlentheorie, d. h. der Menge aller Aussagen, die sich mit Individuenvariablen, logischen Konstanten, +, =, und evtl. < bilden lassen. Wird aber z. B. das Sonnensystem als Modell des Atoms unterstellt, so haben wir es vielmehr mit einer physikalischen Theorie zu tun, d. h. mit physikalischer Modellierung. Dieser Umstand wird auch nicht dadurch geändert, dass sich die physikalischen Aussagen als Größengleichungen mathematisch behandeln lassen, weil die physikalischen Größen Gegenstände mathematischer bestimmter Operationen werden können. Dies gilt auch für alle anderen empirischen Wissenschaften, darunter die technischen. Wenn man hier von "mathematischer Modellierung" spricht, meint man daher tatsächlich die Bestimmung gerade nichtmathematischer Modelle durch nichtmathematische Theorien, deren Aussagen aber dem mathematischen Zugriff zugänglich sind, weil sie über mess- und berechenbare Größen erklärt werden. K. Schröder erklärte daher auch mit Recht: "Es ist ganz klar, dass das Aufstellen dieser Modelle nicht nur von Mathematikern erfolgen kann. Sie wären dazu gar nicht in der Lage. Sie können natürlich, wenn die Modelle bereits geschaffen sind, ihre ganze Kraft aufwenden, um die damit verbundenen mathematischen Probleme zu behandeln. Aber zum Aufstellen der Modelle braucht man selbstverständlich Ökonomen und Praktiker, die mit den Mathematikern

zusammenarbeiten." ([11], S. 21).

Die unkritische Redeweise von der "mathematischen Modellbildung" suggeriert einen in Wahrheit nicht bestehenden Zusammenhang der Mathematik mit der empirischen Realität. Sie übersieht die wesentliche Existenz einer Vermittlung, die in dem Sachverhalt in Erscheinung tritt, dass in empirischen Wissenschaften autonom Größengleichungen bzw. -ungleichungen aufgestellt werden müssen, deren Gültigkeit durch Messtechnik und Experiment zu sichern ist. Die Gewinnung eines empirischen, also nichtmathematischen Modells ist wesentlich eine Sache der experimentellen Technik, des empirischen Versuchs, indem wir mit der tatsächlichen Realisierung unserer gedachten Modelle zugleich auch neue Erfahrungen machen, die wir nicht gedacht haben und nicht denken konnten. Die grundlegende Bedingung dafür, dass in empirischen Theorien die Anwendung von Mathematik möglich wird, ist m. E. die Messtechnik und mithin die Determination von Größen- oder besser Maßarten, die ihrerseits eben keine mathematischen Objekte sind. Es ist demnach der Zusammenhang von Messung und Rechnung, der erkenntnistheoretisch verstanden werden muss, wenn die Verbindung der empirischen Theorien mit der Mathematik verstanden werden soll. Leider wird zu dieser Problemstellung wenig geforscht. Die übliche Vorstellung von der Messung hat der Positivismus hervorgebracht, nach dem Messen einfach als Zuschreiben von Zahlenwerten zu Größen gilt und unter die Kategorie der Quantität subsumiert ist. So ist jeder Anschein eines Problems getilgt – und man kann fleißig "mathematische Modelle" aufstellen, indem man mathematischen Objekten empirische Namen gibt und mathematische Theorien in empirischer Ausdrucksweise darstellt

Wie diese Vorgehensweise beschaffen ist, möge ein einfaches Beispiel verdeutlichen: In einer vom Nationalen Forschungsrat der USA veranlassten kritischen Analyse der ökonomisch verwendeten Vorstellung von der labor productivity ([7], S. 26) kann man die folgende Definition finden: Ist Q der output und L die labor, so ist die labor productivity P^L durch das Verhältnis des outputs zur labor bestimmt: $P^L =_{df} Q : L$. Somit haben wir mathematisch eine schöne Gleichung vor uns und die Operation der Quotientenbildung, können also fleißig rechnen. Es soll sich aber um eine ökonomische Bestimmungsleistung handeln. Und daher müssen wir fragen: Wie werden die ökonomischen Größenarten Q und L gemessen? Die Antwort des Autors lautet: Q kann ebenso wohl eine Gütermenge wie eine Dollarmenge bedeuten, und L darf man sich einmal als Arbeiteranzahl, das andere Mal als Beschäftigungsdauer vorstellen. Nun ist es zwar richtig, dass die Realisierung einer Gütermenge im Absatz ihre Zuordnung zu einer genau bestimmten Dollarmenge bedeutet. Aber ebenso wahr ist es, dass eine bestimmte Gütermenge nicht zu jedem Zeitpunkt der gleichen Dollarmenge entspricht. Folglich können die Namen Gütermenge und Dollarmenge ökonomisch nicht dieselbe Maßart oder Größenart angeben. Und dass Arbeiter von Arbeitszeiten zu unterscheiden sind, kann ohne weitere Diskussion zugestanden werden. Mithin ist die genannte Definition nichts weiter als eine mathematische Form, deren ökonomischer Inhalt unklar bleibt. Sie der Ökonomie zu imputieren, ist folglich ein reiner Formalismus, der allein mit ökonomischen Vorstellungen handelt, die aber nicht begriffen sind. Und solcher Formalismus ist nicht zu vermeiden, wenn die oben kritisierte Annahme

über die "mathematische Modellierung" unterstellt bleibt.

Wenn es um empirische Gegenstände des Erkennens geht, so handelt es sich immer um gegenständlich repräsentierte Qualitäten, die messtechnisch über die Angabe von realisierbaren und reproduzierbaren Grundmessverfahren bestimmt werden müssen, falls sie nicht über Größengleichungen definitiv eingeführt werden können (und dann "abgeleitete Größenarten" heißen). Die Messtechnik determiniert uns Maßeinheiten als Träger der Einheitsmaße, die die quantitativ bestimmten Qualitäten sind, von denen wir in den empirischen Theorien reden. Die Maßeinheit ist Gegenstand unseres praktischen Handelns im Messen, der Maßstab, mit dem wir handwerklich umgehen, mehrfach an ein Messobjekt anlegen, vielfach kopieren, auch transportieren. Das Einheitsmaß aber ist der Gegenstand unseres theoretischen Handelns, unserer empirischen Aussagenbildung. Und wir unterstellen in der Messung, dass jede gegenständliche Bewegung des Maßstabs das Einheitsmaß invariant lässt, so dass verschiedene Messungen vergleichbar sind. Das Messen selbst ist dabei ein Vorgang, in dem wir einerseits isolierbare Messobjekte als Träger objektiver Maße bestimmter Art voraussetzen und andererseits subjektive Maße durch Vereinigung von Kopien der Maßeinheit konstruktiv herstellen, um sodann mittels Vergleich zu entscheiden, ob das subjektive Maß bis auf einen zulässigen Messfehler eine akzeptable Ersetzung des objektiven Maßes ist oder nicht. In der Theorie rechnen wir dann stets mit dem subjektiven Maß.

Die Vereinigung von Kopien einer Maßeinheit läuft wenigstens für die Grundmaßarten einer Theorie mathematisch auf die Operation des Addierens hinaus. Es wäre aber ein Fehler, die Vereinigung von Längeneinheiten, Zeiteinheiten, Masseeinheiten mit der Addition der natürlichen Zahlen zu identifizieren. Die Längeneinheit etwa soll die Idee der euklidischen Strecke realisieren. Folglich ist die Vereinigung von Längeneinheiten nur unter der Bedingung der Abstraktion von der qualitativen Besonderheit dieser Einheiten als Realisierung des Addierens natürlicher Zahlen zu verstehen. Die im Messen realisierten Operationen fallen also nicht identisch mit den mathematischen zusammen, was man z.B. höchst eindrucksvoll an der relativistischen Geschwindigkeitsaddition erfassen kann. Sie liefert stets kleinere Größen als rein arithmetisch zu erwarten wäre und übersteigt bekanntlich nie die Lichtgeschwindigkeit. Es handelt sich also mit dem Blick auf die empirische Messung darum, zu erkennen, dass sowohl ihre Gegenstände als auch ihre Operationen nicht Realisationen mathematischer *téchne* sind, sondern umgekehrt die Bedeutung protomathematischer Voraussetzungen haben, mit Bezug auf die die mathematische *téchne* realisierbar ist, wenn gerade von den qualitativen Unterschieden der empirischen Gegenstände und Handlungen abstrahiert wird. Es ist diese Abstraktion, die den nichtempirischen Charakter der Mathematik begründet und den Formalismus erklärt, der mit der unvermittelten Subsumtion empirischer Sachverhalte unter mathematische Theorien namens der unbegriffenen "mathematischen Modellierung" in Erscheinung tritt.

Wenn wir nun zugestehen, dass weder die Messtechnik noch die Rechentechnik Tätigkeitsarten bestimmen (eben das Messen und das Rechnen), die unmittelbar nach dem Kriterium der ökonomischen Produktivität zu beurteilen sind, dies Kriterium aber aller Technologie voraussetzen, so ist klar, dass die Mathematik für sich keine Technologie

determinieren kann, vielmehr bei der technologischen Arbeit immer die Rolle eines Kooperationspartners spielt. Das bedeutet nicht, die Mathematik auf die Bedeutung der "reinen Theorie" einzuschränken, sondern vielmehr zu erkennen, dass das Betreiben von Mathematik eine besondere Art von Arbeit ist, die der geschichtlichen Entwicklung der materiellen Produktion dient.

Die Mathematik produziert als Wissenschaft wahre Aussagen (über mathematische Objekte). Und das tut jede andere Wissenschaft auch. Positive Urteile sind aber keine materiell konsumierbaren Produkte oder Dienste, also ökonomisch bestimmbare Gegenstände. Was ökonomisch bestimmbar ist, ist vielmehr die Unterhaltungskosten der Urteilsbildner, der Wissenschaftler. Die Größe dieser Unterhaltungskosten hängt ebenso sehr von der objektiven Rentabilität des entsprechenden Wirtschaftssystems wie von den subjektiv gültigen Bestimmungen der Bedeutung der Wissenschaft ab, die in den Ausgaben der Gemeinwesen für Wissenschaft erkennbar ist. Der Gebrauch der Wissenschaftsprodukte in der materiellen Produktion ist technologisch vermittelt und wesentlich Bedingung der Technologieentwicklung, die als Entwicklung einzelner Arbeitsarten wirklich ist, d.h. als Bildung technologischer Modelle. Gegen diese Totalität der wirklichen Einzelarbeiten ist die Wissenschaft, wenn wir Marx' Bestimmung in Rechnung stellen, wesentlich als allgemeine Arbeit determiniert. Gelegentlich der Untersuchung der Ökonomie durch Erfindungen notiert er: "Nebenbei bemerkt, ist zu unterscheiden zwischen allgemeiner Arbeit und gemeinschaftlicher Arbeit. Beide spielen im Produktionsprozess ihre Rolle, beide gehen ineinander über, aber beide unterscheiden sich auch. Allgemeine Arbeit ist alle wissenschaftliche Arbeit, alle Entdeckung, alle Erfindung. Sie ist bedingt teils durch Kooperation mit Lebenden, teils durch Benutzung der Arbeiten Früherer. Gemeinschaftliche Arbeit unterstellt die unmittelbare Kooperation der Individuen" ([6.2], S. 113-114). Diese Nebenbemerkung ist wohl für jede Auffassung, die mit Kant die theoretische Vernunft durch die praktische Vernunft bedingt erkennt (vgl. [5]) – und die Problemstellung "Mathematik als Technologie?" kann gar nicht anders als in diesem Kontext formuliert und gelöst werden – Artikulation einer Schlüsselbedeutung. Sie impliziert die gedankliche Möglichkeit, die überlieferte Vorstellung von der exklusiven Entgegensetzung zwischen Theorie und Praxis, zwischen Erkenntnis und materieller Produktion, mit Husserl zu sprechen, zwischen Wissenschaft und Lebenswelt (vgl. [4.2]) aufzugeben. Das ist deshalb der Fall, weil mit dem deutschen Wort Arbeit ein Vorgang gemeint ist, der keineswegs im reinen Stoffwechsel zur biologischen Lebenserhaltung der Menschen besteht, sondern in einem Tun, das diesen Stoffwechsel zum Gegenstand macht – und zwar zum Gegenstand stets einer Gemeinschaft von Menschen (nie eines imaginierten Robinson). In dieser Thematisierung des Stoffwechsels handelt es sich erstens um die Identifikation von Gebrauchswerten als Gegenständen der Arbeit, zweitens um die Produktion von Arbeitsmitteln, die im allgemeinen in der Natur nicht vorgefunden werden, und drittens schließlich um die Organisation der gemeinschaftlichen Arbeit so, dass sie produktiv wird, d.h. mehr einbringt als zur Unterhaltung der Arbeitskraft verzehrt werden muss. Die wirkliche und a priori gemeinschaftliche Arbeit ist immer eine Totalität von unterscheidbaren Arbeitsarten, impliziert mithin die Kooperation von Arbeitern,

die unterschiedliche Fähigkeiten haben. Diese im Grunde selbstverständliche Sachlage wird für das Bewusstsein verstellt, wenn als "Arbeit" nurmehr das gilt, was ein Arbeiter kraft Lohnvertrags in bestimmter Arbeitszeit nach der technologischen Vorschrift desjenigen verrichtet, der die Arbeitskraft gemietet hat. Sie ist dann wesentlich reine Aufwendung von Arbeitskraft, d.h. Realisierung eines Abstraktums in vorgeschriebener Größe, das die Lateiner "labor" und die Engländer "labour" nennen.

Bedenken wir aber, dass die Arbeit unabhängig von der Besonderheit ihrer Determination in verschiedenen ökonomischen Formationen, durch die es zum Gegensatz zwischen Arbeitern und Nichtarbeitern (exklusiven Eigentümern, die mindestens von der Grundrente leben) kommt, an sich immer Arbeit von Gemeinschaften und vermittels des Austauschs auch gesellschaftliche Arbeit ist, so können wir mit dieser Voraussetzung jederzeit besondere Arbeitsarten als Kooperationsbedingungen unterscheiden und so die Wissenschaft selbst als besondere Arbeit erfassen. Die Landwirtschaft z.B. braucht die Feststellung der agrotechnisch günstigsten Termine für die einzelnen Arbeitsabläufe. Also ist die Zeitbestimmung eine Aufgabe, deren Lösung der Erhaltung der Landwirtschaft dient. Die Gewinnung von Kalendern aber unterstellt die Realisierung astronomischen Erkennens, das ist die Verwirklichung wissenschaftlicher Arbeit, in der eigene Gegenstände und Arbeitsmittel auftreten und die Produkte nicht Äpfel, Oliven oder Getreide sind, sondern Erkenntnisse. Diese können ignoriert werden, was die Realisierbarkeit der Landwirtschaft auf dem gegebenen Produktivitätsniveau nicht ausschließt. Werden sie dagegen technologisch genutzt, so tritt, alle sonstigen Produktionsbedingungen als unverändert gegeben unterstellt, eine Produktivitätssteigerung ein und damit die Schaffung der Möglichkeit, frei werdendes Arbeitsvermögen in neuartigen Produktionen einzusetzen oder die Arbeitszeit zu senken.

In diesem Sinne ist die Wissenschaft immer Bestandteil der gemeinschaftlichen Arbeit und, insofern sie Erkenntnisse hervorbringt, das allgemeine Moment derselben, daher allgemeine Arbeit. Es ist dann die Technologie, die in der Übersetzung der hervorgebrachten Erkenntnisse in Verfahrensbestimmungen für materielle Produktionen die konkrete Verbindung der allgemeinen Arbeit mit speziellen Einzelarbeiten zur Erzeugung von Gebrauchswerten verwirklicht. Stellen wir die obigen Überlegungen zur Abstraktion von der qualitativen Besonderheit der Messgrößen und -operationen in Rechnung, so ist wohl einsichtig, dass wir die Mathematik als abstrakt-allgemeine Arbeit denken können, die zur Technologie die gleiche Beziehung hat wie jede andere Wissenschaft auch. Ihre *téchne* hat jede wissenschaftliche Arbeit ohnehin. Dass sie jedoch technologische Bedeutung hat, muss durch die Verbindung zwischen Wissenschaft und Produktion als Lösung einer besonderen Aufgabe stets neu erwiesen werden. Diese Aufgabe ist weder durch formelle Subsumtion noch durch wechselseitige Ignoranz zu bewältigen, sondern allein durch Kooperation. In diesem Sinne ist die Problemstellung "Mathematik als Technologie?", vorausgesetzt, wir verstehen unter "Technologie" nicht einfach nur Techniklehre, sondern die Gesamtheit der Lehren wirklicher und möglicher produktiver Arbeiten, das Problem der Kooperation zwischen der Mathematik und jeder artspezifischen Technologie. Die institutionelle Konstituierung von Industrie- oder Technomathematik ist somit Ausdruck der Bereitschaft, seitens der Mathematik kooperative

Kompetenz auszubilden und Erfahrung zu gewinnen, die sicher Bedingung der weiteren Entwicklung dieser Kooperation ist. Und angesichts der in den verschiedensten Produktionen eingesetzten computergestützten Rechentechniken ist sie kein frommer Wunsch mehr, sondern ein bares Faktum. Sie ist die Ausbildung einer neuen Produktivkraft im System der gesellschaftlichen Arbeit und läßt Produktivitätssteigerungen erwarten, die es rechtfertigen, sie zum Gegenstand des Erkennens zu machen, wenigstens des Erfahrungsaustausches, für den diese Tagung offensichtlich ein gelungenes Beispiel ist.

Literaturverzeichnis

- [1] Aristoteles: Kategorien. Dt. Übers, v. K. Oehler. Berlin 1984
- [2] Bohring, G.: Technik im Kampf der Weltanschauungen. Berlin 1976
- [3] Höhle, V.: Wahrheit und Geschichte. Stuttgart-Bad Cannstatt 1984
- [4.1] Husserl, E.: Philosophie als strenge Wissenschaft. In: Logos. Int. Z. f. Philos, d. Kultur, hrsg. v. R. Kronen u. G. Mehlis, Bd. 1, H. 3. Tübingen 1910/11
- [4.2] Ders.: Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie, hrsg. v. W. Biemel. (Bd. VI der Husserliana) Haag 1962
- [5] Kant, I: Kritik der praktischen Vernunft, hrsg. v. M. Thom. Leipzig 1978.
- [6.1] Marx, K.: Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie. In: K. Marx/F. Engels: Werke (MEW), Bd. 42. Berlin 1983
- [6.2] Ders.: Das Kapital. Dritter Band. In: MEW, Bd. 25. Berlin 1973
- [7] National Research Council. Panel to Review Productivity Statistics (Chairman: A. Rees): Measurement and Interpretation of Productivity. Washington D. C. 1979
- [8] Pohl, R. W.: Mechanik, Akustik und Wärmelehre. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955
- [9] Ropohl, G.: Die unvollkommene Technik. Frankfurt/M 1985
- [10] Ruben, P./Wolter, H.: Modell, Modellmethode und Wirklichkeit. In: Dt Z. f. Philos. 17 (1969) 10. Berlin
- [11] Schröder, K.: Mathematische Methoden der Operationsforschung. In.: Operationsforschung, Technik, Praxis, Philosophie; hrsg. v. Inst. f. Philos, der Humboldt- Univ., Berlin 1968
- [12] Vernant, J.-P.: Arbeit und Natur in der griechischen Antike. In: Seminar: Die Entstehung von Klassengesellschaften, hrsg. v. K. Eder. Frankfurt/M 1973
- [13] Westphal, W. H.: Die Grundlagen des physikalischen Begriffsystems. Braunschweig 1965

