

TECHNISCHE HOCHSCHULE STUTTGART

REDEN UND AUFSÄTZE

25

REDEN

BEI DER REKTORATSÜBERGABE

AM 2. MAI 1958

REDEN

ZUM 17. JUNI 1958

—

WILHELM HÄBICH ZUM GEDENKEN

—

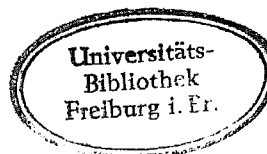
ULFERT JANSSEN ZUM GEDENKEN

Ne
V 4490, 10

59 T 160

INHALT

Bericht des abgehenden Rektors	
Professor Dr. phil. Dr.-Ing. E.h. Werner Köster	
über das Studienjahr 1957/58	3
Dankworte des neuen Rektors	17
Antrittsrede des neuen Rektors	
Professor Ulrich Senger	
»Über den Wirkungsgrad«	19
Reden zum 17. Juni 1958	
Ansprache des Rektors Professor Ulrich Senger ...	41
»Deutschland und Europa in den letzten hundert	
Jahren« von Professor Dr. phil. habil. Martin Göhring	43
Wilhelm Häbich zum Gedenken	65
Ulfert Janssen zum Gedenken	69



1958

GEDRUCKT IN DER OFFIZIN CHR. SCHEUFELE STUTTGART

B 9502, 2

Bericht des abgehenden Rektors
Professor Dr. phil. Dr.-Ing. E.h. Werner Köster
über das *Studienjahr 1957/58*

Meine sehr verehrten Gäste, meine Herren Kollegen, liebe Kommilitoninnen und Kommilitonen, meine Damen und Herren!

Dem scheidenden Rektor ist es aufgegeben, über die Begebenheiten an der Hochschule während seiner Amtszeit zu berichten. Das Studienjahr 1957/58, währenddessen ich die Ehre hatte, für die Hochschule verantwortlich zu zeichnen, ist, wie ich sicherlich zu unser aller Genugtuung feststellen darf, eine Periode stiller, stetiger Entwicklung gewesen; an lauten und sensationellen Ereignissen hat es erfreulicherweise gefehlt. Das akademische Jahr, geteilt in Sommer- und Wintersemester und zwei Ferienzeiten, lief nach dem ihm eigentümlichen Gesetz ab. Jeder Abschnitt war erfüllt von seinem sinnvollen Gehalt, das segensvolle rhythmische Gleichmaß der Dinge ward erfüllt. Von diesem Jahr, das ebenso reich an Mühen und Sorgen wie an Vollbringen und Gelingen war, soll jetzt die Rede sein.

Es geziemt sich, zum Beginn derjenigen Ereignisse zu gedenken, die sich auf die Menschen beziehen, die an der Hochschule wirken oder mit ihr verbunden sind.

Wir ehren zuerst unsere Toten. Es sind gestorben:

die Ehrensenatoren

RUDOLF KLAIBER	am 8. 6. 1957
KARL MÜLLER sen.	am 8. 10. 1957
CARL KAEUBLE	am 22. 11. 1957

die Ehrendoktoren

RUDOLF RICHTER	am 6. 11. 1957
ERNST HEINKEL	am 30. 1. 1958

der emeritierte ordentliche Professor

WILHELM HÄBICH	am 7. 7. 1957
----------------	---------------

der Honorarprofessor

WALTHER FISCHER-SCHLEMM	am 20. 3. 1958
-------------------------	----------------

die außerplanmäßigen Professoren

HANS HILDEBRANDT	am 25. 8. 1957
GEORG LUTZ	am 11. 11. 1957

der Bibliotheksinspektor

HANS VON HALDENWANG	am 20. 6. 1957
---------------------	----------------

und aus den Reihen der akademischen Jugend

die Studenten

UWE MOSOLFF	am 14. 6. 1957
KLAUS HAUSER	am 15. 9. 1957
HANS BREUTNER	am 5. 3. 1958.

Sie haben sich, meine Damen und Herren, unserer Toten in ehrender Andacht erinnert. Ich danke Ihnen.

Ich nenne nunmehr die wesentlichsten Veränderungen im Lehrkörper unserer Hochschule.

Emeritiert wurden:

der ordentliche Professor für Luftfahrt Dr.-Ing. GEORG MADELUNG

der ordentliche Professor für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. ERICH SIEBEL

der ordentliche Professor für Höhere Mathematik und Technische Mechanik Dr. phil. GEORG WIARDA

der frühere ordentliche Professor für Kunstgeschichte an der Universität Breslau Dr. phil. Dr. techn. DAGOBERT FREY.

An unsere Hochschule wurden berufen:

Dr. rer. nat. KONRAD BERNHAUER zum ordentlichen Professor für Biochemie
Dr.-Ing. FRIEDRICH WILHELM BORNSCHEUER zum ordentlichen Professor für Elastizitätslehre und Baustatik

Dr.-Ing.habil. JOACHIM DOSSE zum ordentlichen Professor für Höchsthäufigkeitstechnik

Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. habil. MAX-ERICH FEUCHTINGER zum ordentlichen Professor für Straßenbau und Straßenverkehr

Dr.-Ing. JOSEF JEHLICKA zum ordentlichen Professor für Ortsfeste Kolbenmaschinen

Dr.-Ing. FRITZ LEONHARDT zum ordentlichen Professor für Massivkonstruktionen, Stahlbeton und Massivbrückenbau

Dr. rer. nat. KURT MAGNUS zum ordentlichen Professor für Technische Mechanik

Dr. techn. ALFRED SLIBAR zum ordentlichen Professor für Technische Mechanik für Bauingenieure

Dr. rer. nat. WERNER MEYER-KÖNIG zum außerordentlichen Professor für Mathematik

Dr.-Ing. FRIEDRICH SEEL zum außerordentlichen Professor für Anorganische und analytische Chemie.

Zu Honorarprofessoren wurden ernannt:

Generaldirektor Dr.-Ing. Dr. rer. nat. h.c. ARTHUR BURKHARDT

Dr.-Ing. GUSTAV FÖRSTNER

Dr.-Ing. EUGEN SÄNGER

Direktor Dr.-Ing. WILHELM SCHÄFER.

Zu außerplanmäßigen Professoren wurden ernannt:

Oberregierungs- und Vermessungsrat Dr.-Ing. habil. RUDOLF FÖRSTNER, Dozent für Vermessungswesen

Dr. rer. nat. GERHARD FREY, Dozent für Philosophie der Naturwissenschaften

Dr.-Ing. RICHARD KÜMMICH, Dozent für Hochfrequenztechnik und Theoretische Elektrotechnik

Dr. rer. nat. KONRAD ZOLLER, Dozent für Mechanik.

Die *venia legendi* wurde erteilt und die Ernennung zum Dozenten ausgesprochen:

Frau Dr. phil. KÄTE HAMBURGER für Allgemeine und vergleichende Literaturwissenschaft

und den Herren Doctores:

HERBERT BAATZ für Hochspannungstechnik

ULRICH HÜTTER für Entwurf und Konstruktion von Flugzeugen

JÜRGEN JOEDICKE für Entwicklungslinien der modernen Architektur

GÜNTER LAUKIEN für Physik

ALBERT WELLER für Physikalische Chemie.

Ehrenvollen Rufen an auswärtige Hochschulen sind gefolgt:

apl. Professor Dr. rer. nat. HANS KAUDERER auf den ordentlichen Lehrstuhl
für Baumechanik an der Technischen Hochschule Hannover
Lehrbeauftragter Professor Dr. rer. nat. MARTIN EISENTRAUT als Leiter des
Zoologischen Forschungsinstitutes und Museums Alexander Koenig in Bonn.

Rufe an andere Hochschulen haben erhalten:

Professor Dr.-Ing. ULRICH DEHLINGER an die Technische Hochschule Karlsruhe
Professor Dr. phil. JOSEF GOUBEAU an die Universität Heidelberg
Dozent Dr. phil. habil. MARTIN KULP an die Universität Rostock.

Zu unserer Freude hat Professor Dehlinger den Ruf abgelehnt. Wir hoffen zuversichtlich, daß auch die beiden anderen Herren unserer Hochschule erhalten bleiben.

Zum Mitglied des Wissenschaftsrates wurde berufen:

Professor Dr.-Ing. habil. WILHELM BADER.

In der Verwaltung und beim Institutspersonal wurden befördert:

Regierungsamtmann WOLFGANG CZIRN-TERPITZ zum Verwaltungsdirektor
Regierungsbaumeister Dr.-Ing. KURT ROSKE zum wissenschaftlichen Ober-
assistenten.

Der Senat der Hochschule hat auch in dem abgelaufenen Jahr bedeutsamen Verdiensten um Lehre und Forschung und hervorragenden wissenschaftlichen oder technischen Leistungen die verdiente Anerkennung zuteil werden lassen.

Zu Senatoren Ehren halber wurden ernannt:

Baudirektor Dipl.-Ing. HERMANN BRENNER, Stuttgart
Dipl.-Ing. ERICH PLASSMANN, Wiesbaden.

Die Würde eines Dr. rer. nat. h. c. wurde verliehen an:

Professor Dr. phil. BURKHARDT HELFERICH, Bonn
Professor Dr. med. HANS RUDOLF SCHINZ, Zürich

und die Würde eines Doktor-Ingenieurs Ehren halber an:

Professor Dr.-Ing. OTTO JAAG, Zürich
Präsident MAX KADE, New York
Architekt WERNER MOSER, Zürich
Professor Dr.-Ing. LUDWIG MUSIL, Graz.

Gestatten Sie mir bitte, daß ich jetzt, da ich mich dem äußeren Ablauf des zurückliegenden Studienjahres zuwende, nicht nur in der Rolle des Chronisten auftrete, der hinter den Begebenheiten nicht sichtbar wird, sondern meine Darstellung mit subjektiven Eindrücken durchmische. Bezieht der neue Rektor der Technischen Hochschule Stuttgart, nachdem ihm die Insignien seines Amtes übergeben worden sind und er während eines Festmahles in die Gemeinschaft der amtierenden Rektoren aufgenommen worden ist, sein Amtszimmer, so wird er sich eines leisen Fröstelns nicht erwehren können. Er findet sich in einen überhohen, nüchternen Raum versetzt, der jeglichen Wandschmuckes entbehrt. Ihm eine freundlichere Note zu geben, ist mir durch die liebenswürdige Beihilfe mehrerer Künstler meiner Vaterstadt Hamburg gelungen, die mir für die Dauer meiner Amtsperiode Aquarelle und Lithographien leihweise überlassen haben. Ich statue ihnen an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank ab für die meinen Besuchern und mir gewährte Freude.*

Beschäftigt sich der neue Rektor alsdann mit dem Inhalt der Schriftstücke, die ihm in dicken Mappen zur Unterschrift vorgelegt werden, so findet er viele Urkunden vor, die, wie jedes Amt es notwendigerweise verlangt, durch seinen Namenszug rechtskräftig zu machen sind. Daneben entdeckt er aber Eingaben aller Art an das vorgesetzte Ministerium, die zu unterschreiben sich ihm die Feder sträubt. Jede Auslandsreise eines Dozenten oder Assistenten, jeder Gastvortrag eines auswärtigen Professors und viele belanglose Dienstvorkommnisse müssen vom Kultusministerium genehmigt werden. Der Hochschule wird, wie er erfährt, nicht die verantwortliche Ermächtigung zugestanden, über die Mittel, die ihr vom Landtag bei den einzelnen Titeln zugewiesen sind, frei zu verfügen. Der neue Mann stellt also fest, daß ihm als Rektor in der Verwaltung engere Grenzen gesteckt sind als in seiner Eigenschaft als Direktor eines Forschungsinstitutes. Denn als Leiter eines Max-Planck-Institutes bin ich gewohnt, die diesem zugebilligten Etatmittel vollkommen selbständig zu verwalten. Als ich in meiner Unschuld mich alsbald über diese Beschränkung der Befugnisse bei dem Herrn Kultusminister beklagen wollte, wurde ich indessen belehrt, daß damit Grundsatzentscheidungen angetastet würden, die sinnvoll abzuändern nur einer tiefgreifenden Verwaltungsreform vorbehalten sei. So habe ich mich denn der Bevormundung gefügt und an einem recht überflüssigen Briefwechsel teilgenommen, den das Kultusministerium mit seinen sieben Landeshochschulen führt.

* Angeregt durch diese Bemerkung hat Herr Ziv. Ing. Karl F. Nägele in Hohenheim, Ehrensensator der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, einige Aquarelle erworben und dem Rektoramt der Technischen Hochschule Stuttgart geschenkt. Rektor und Senat danken Herrn Senator Nägele aufrichtig für seine großzügige Gabe.

Diesen das Selbstbewußtsein nicht sonderlich stärkenden Eindrücken steht eine Erhöhung gegenüber, die sinnfällig durch die dem Rektor gebührende Anrede Magnifizienz zum Ausdruck kommt. Die Würde des Amtes hebt seinen Träger über sich selbst hinaus und verschafft ihm ein aus seiner Stellung abgeleitetes gesellschaftliches Ansehen. Ich habe die Achtung, die mir als dem Vertreter unserer akademischen Gemeinschaft entgegengebracht worden ist, wohlthuend empfunden und mich gefreut, aus ihr den Wert ablesen zu können, der unseren Hohen Schulen beigemessen wird. Es ist mir deshalb in dieser Stunde, da ich zum letzten Mal mit der Amtskette angetan vor Ihnen stehe, ein Herzensbedürfnis, allen denen zu danken, die mir mit wohlwollendem Vertrauen begegnet sind und mir geholfen haben, meine Aufgaben zu erfüllen. Viele von ihnen sind der Einladung zur heutigen Feststunde gefolgt. Ihnen entbiete ich meinen und des Senates herzlichen Willkommensgruß. Er gilt den Mitgliedern der Landesregierung, den Damen und Herren des Landtages, den Herren Ministerialdirektoren und Ministerialräten, den Herren Regierungspräsidenten und Vorständen hoher Gerichte, Landes- und Bundesbehörden, den Herren der Bundeswehr sowie den Vertretern unserer Landeshauptstadt. Er wendet sich an unsere Ehrenbürger, Ehrensensatoren und Ehrendoktoren, die Mitglieder der Vereinigung der Freunde der Technischen Hochschule und des Hochschulbeirates. Er ist bestimmt für die Vertreter der Kirchen, die Herren der Presse, der Industrie- und Handelskammer sowie des Gewerkschaftsbundes.

Ein besonderer Gruß gilt Ihnen, sehr verehrter Herr Minister Simpfendörfer, der Sie während des längsten Teiles meines Rektorates durch Krankheit an der Ausübung Ihrer Pflichten behindert waren. Wir sind erfreut, Sie unter uns zu sehen, und wünschen, daß Ihnen die wiedergewonnene Gesundheit erhalten bleibt.

Ich verneige mich alsdann vor den Damen und Herren des konsularischen Corps, mit denen wir durch das Gefühl herzlicher Zusammengehörigkeit verbunden sind.

In Freundschaft gedenke ich letztlich Eurer Magnifizenzen, der Herren Rektoren und Prorektoren der baden-württembergischen Universitäten und Hochschulen, der Technischen Hochschulen München und Darmstadt.

Dem Umfang des Kreises von Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens im weitesten Sinne, den ich soeben begrüßen konnte und dessen Beschränkung Sie mir gütigst nachsehen wollen, mögen Sie, meine Damen und Herren, entnehmen, wie weitgespannt die menschlichen Beziehungen des Rektors sind, dessen Tätigkeit wir nun weiter verfolgen wollen.

Sobald dem Rektor die Tagesarbeit zur Routine geworden ist, treten an ihn die eigentlichen Aufgaben heran. Zuerst wird er von ihnen ergriffen, später ergreift er

sie selbst. Mit der Dauer seines Amtes beanspruchen sie seine Zeit in zunehmendem Maße. Im Sommersemester fand ich noch Gelegenheit, mit Studenten am Mikroskop zu sitzen und in den Abendstunden Arbeiten für die Veröffentlichung in einer Zeitschrift vorzubereiten. Im Wintersemester war ich nur ein seltener Gast im eigenen Institut und habe die wissenschaftliche Tätigkeit praktisch aufgeben müssen. Diese Entwicklung erschwert einem Institutsleiter den Entschluß, die Amtszeit über ein Jahr hinaus auszudehnen.

Ein Teil der Aufgaben ist stets der gleiche. Es sind die persönlichen Angelegenheiten, der Etat, die Bauten, die allgemeinen studentischen Belange. Zu ihnen gesellen sich zusätzlich zeitbedingte Fragen. Alle zusammen genommen stellen sie ein gerüttelt Maß an Arbeit dar, das den Rektor in ständiger Bewegung hält. Einige wenige, die wichtigsten, greife ich zur Berichterstattung heraus.

In der echten Zuständigkeit als Rektor der Technischen Hochschule Stuttgart gebe ich heute der Studentenschaft und der Öffentlichkeit davon Kenntnis, daß der gegenwärtig in London tätige Professor Argyris den an ihn ergangenen Ruf auf den Lehrstuhl für Statik und Dynamik der Flugkonstruktionen angenommen hat. Der Vorhang, hinter dem sich, wie ich mich vor der letzten Studentenvollversammlung ausgedrückt habe, in notwendiger Diskretion die Vorbereitungen und schwierigen Verhandlungen abgespielt haben, wird aufgezogen. Mit dem Bau des Institutes im Pfaffenwald wird im Sommer begonnen werden, und Herr Professor Argyris wird, unterstützt von einem Stab seiner ihn begleitenden Mitarbeiter, im kommenden Wintersemester seine Vorlesungen und Übungen aufnehmen. Damit ist nicht der erste und nicht der letzte, aber ein hochbedeutsamer Beitrag für eine, so wollen wir wünschen, kraftvolle Entfaltung unserer Abteilung für Luftfahrttechnik geleistet.

Hinsichtlich der Mittel zur Bestreitung der Ausgaben für die täglichen Aufwendungen beschränke ich mich auf die Erwähnung von zwei bedeutsamen Zuwendungen. Das Wirtschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg hat der Hochschule einen Betrag von 780000 DM zur Beschaffung einer elektronischen Rechenmaschine für das neu zu errichtende Rechenzentrum zur Verfügung gestellt. Für diese Unterstützung, die aus der verständnisvollen Beurteilung der Hilfe erwachsen ist, welche die angewandte Mathematik zur Lösung von Rechenproblemen der Wissenschaft und Technik bietet, sind wir dem Wirtschaftsminister Herrn Dr. Veit zu besonderem Dank verpflichtet. Eine segensreiche Neuerung ist bei der Verteilung von Geldern seitens der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingeführt worden. Eben diese hat den Universitäten und Hochschulen Mittel für die Ergänzung der apparativen Ausrüstung ihrer Lehrstühle zur Verwendung nach eigenem Ermessen zugewiesen.

Bisher wurden bekanntlich ausschließlich begutachtete Forschungsvorhaben einzelner Persönlichkeiten gefördert. Jetzt war es möglich, nach sorgfältiger Überlegung kostspielige Einrichtungen für den Gebrauch mehrerer Institute zugleich, etwa eine Heliumverflüssigungsanlage, oder sogar für eine ganze Fakultät, z. B. eine Rechenmaschine, anzuschaffen. Auch die Einbeziehung der Ausstattung der Lehrstühle mit Lehrmitteln ist eine hochehrwürdige Maßnahme. In drei Raten hat unsere Hochschule den Betrag von 844800 DM erhalten, für den ich hiermit der Deutschen Forschungsgemeinschaft erneut allerbestens danke.

An dieser Stelle statte ich auch der Vereinigung von Freunden der Technischen Hochschule Stuttgart im Namen des Senates bewußt empfundenen Dank ab für die sachlichen Zuwendungen, die uns jahraus, jahrein eine wertvolle Hilfe sind. Insbesondere gedenke ich der durch innere Anteilnahme am Wachstum unserer Hochschule gekennzeichneten ehrenamtlichen Tätigkeit des Vorsitzenden der Vereinigung Herrn Dr. Lippart, des stellvertretenden Vorsitzenden Herrn Professor Meyer und des Schatzmeisters Herrn Direktor Klaiber.

Wende ich mich jetzt dem Stande der Hochschulbauten zu, so habe ich mitzuteilen, daß es mir nur aufgegeben war, die Dinge im Fluß zu halten. Eine Grundsteinlegung, eine Einweihung eines Instituts fand nicht statt. Unmittelbar vor der Fertigstellung befinden sich aber das 2. Physikalische Institut mit einem großen Hörsaal sowie das Institut für Fördertechnik und das Institut für Dampfkessel und Feuerungen. Im Rohbau fertiggestellt wurden der Erweiterungsbau des Institutes für organische Chemie, das Institut für Uhrentechnik und der Beobachtungsturm für das Geodätische Institut. Rüstig voran schreiten die Bauarbeiten im Stadtgartenviertel an dem Kollegiengebäude der Fakultät für Bauwesen und an dem 2. Elektrotechnischen Institut sowie im Pfaffenwald am Otto-Graf-Institut und am Institut für Aerodynamik. Im Laufe des bevorstehenden Sommersemesters wird mit dem Bau der Bibliothek, der Institute für Fertigungstechnik und des Institutes für Statik und Dynamik der Flugkonstruktionen begonnen werden.

Die Planung des Bibliotheksbaus wurde durch mehrere Besichtigungsreisen nachhaltig gefördert. Im Sommer 1957 unternahm die Bibliotheksbaukommission unter Führung des Rektors zwei Fahrten. Die eine galt der Universitätsbibliothek in Saarbrücken, wo Herr Professor Dr. jur. Heinz Hübner als Rektor die Teilnehmer willkommen hieß. Die zweite führte in die Schweiz, und zwar an die Zentralbibliothek in Luzern, die Schweizerische Landesbibliothek in Bern und an die Bibliothek der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Hier wurde die Kommission nach einer Bibliotheksführung durch den Direktor Herrn Dr. Paul Scherrer vom Rector desi-

gnatus Herrn Professor Dr. A. Frey-Wyssling in Anwesenheit unseres Ehrenbürgers Max Kade und seiner verehrten Gattin auf das herzlichste empfangen. Im Herbst 1957 konnten Herr Bibliotheksdirektor Dr. Koschlig und Herr Professor Volkart, der Architekt der neuen Bibliothek, auf Einladung der Max Kade Foundation eine dreiwöchige Reise in den Vereinigten Staaten von Amerika machen, wo ihnen bei Besichtigungen neuester Bibliotheksbauten mancherlei anregende Eindrücke zuteil geworden sind. Hierfür sei der Max Kade Foundation erneut bestens gedankt. Auch der Library of Congress in Washington, insbesondere Herrn Dr. Edgar Breitenbach, der unsere Herren beraten und zeitweise begleitet hat, gebührt aufrichtiger Dank. Unsere Herren sind in Amerika von ihren Kollegen und von den Dekanen einzelner Hochschulen sehr freundlich aufgenommen worden, u.a. bei dem uns besonders nahestehenden Georgia Institute of Technology in Atlanta.

Offensichtlich geht der Wiederaufbau der Technischen Hochschule – um ihn, aber noch nicht um einen der lebendigen wissenschaftlichen Entwicklung angepaßten Ausbau handelt es sich im wesentlichen – nunmehr rasch voran. Diese erfreuliche Wendung hängt mit einem bedeutsamen Vorgang zusammen, der in das Geschäftsjahr fällt. Das Finanzministerium hat eigene Hochschulbauämter eingerichtet, deren Aufgabe es ist, die Bauten der Universitäten und Hochschulen des Landes zu planen und zu errichten. Die verantwortliche Leitung liegt in den Händen von Herrn Ministerialrat Dr. h. c. Linde. Die Bearbeitung der Bauvorhaben der Technischen Hochschule Stuttgart ist Herrn Baudirektor Schwaderer anvertraut, dem die Herren Dipl.-Ing. Schilling und Baurat Sack zur Seite stehen. Diese Neuregelung hat sich schon jetzt als fruchtbar und förderlich erwiesen. In engem Einvernehmen zwischen dem Finanzminister Herrn Dr. Frank, dem Hochschulbauamt, dem Rektoramt und den Fakultäten ist die Gesamtplanung der Hochschulbauten überprüft und überarbeitet worden. Auf der neu erstellten Basis ist für das kommende Jahr ein Bauprogramm vorgesehen, das den technischen und wirtschaftlichen Realisationsmöglichkeiten gerecht wird. Die Baumittel sind gegenüber 1957 verdoppelt, sie sind von rund 7 auf rund 14 Millionen DM erhöht worden. Wir sind dem Landtag, dem Herrn Finanzminister und den beteiligten Herren der staatlichen Bauverwaltung für den jetzt eingeschlagenen Weg sehr dankbar, der, wenn er weiter eingehalten wird, uns in zügigem Fortschreiten die Verwirklichung der notwendigen Bauvorhaben verspricht. Daß nicht alle Bauten auf einmal errichtet werden können, liegt auf der Hand. Für die Betroffenen ist es natürlich schwer, sich noch eine gute Weile wie bisher mit unzulänglichen Einrichtungen zu behelfen und zu warten, bis ihnen hinreichende Institutsräume und Hörsäle zur Verfügung gestellt werden. Aber ihnen und ihren

Kummer gewohnten Studenten kann der Blick auf die Bautätigkeit im verflossenen und kommenden Jahr tröstlich sein.

Noch zwei erfreuliche Begebenheiten kann ich Ihnen mitteilen. Mit Hilfe der Staatsregierung, der ich für ihre einsichtige Unterstützung ungemein dankbar bin, ist es gelungen, ein Haus am Herdweg, also in unmittelbarer Nähe der naturwissenschaftlichen Institute, zu erwerben. In ihm soll das schon erwähnte Rechenzentrum untergebracht werden. Dieser Ankauf setzt uns in die Lage, die Anlagen sofort an Ort und Stelle aufzustellen und uns ohne Verzug des für die heutige Forschung und Technik unentbehrlichen Hilfsmittels zu bedienen. Sodann ist vor wenigen Tagen mit dem Bau des Gebäudes begonnen worden, das für die neue Abteilung für Sondermetalle des Max-Planck-Institutes für Metallforschung bestimmt ist. Die Mittel hierzu sind dankenswerterweise vom Atomministerium bereitgestellt worden, weil zu den Sondermetallen vorzüglich die für den Reaktorbau benötigten metallischen Werkstoffe zählen. Die beiden letztgenannten Einrichtungen unserer Hochschule gehören erfreulicherweise in den Bereich moderner wissenschaftlicher Entfaltung.

In das abgelaufene Jahr fällt der Beginn einer wichtigen hochschulpolitischen Maßnahme, der Förderung unserer Studenten nach den Richtlinien des Honnefer Modells. Es handelt sich um die finanzielle Unterstützung bedürftiger und geeigneter Studenten. Vor Jahresfrist hat mein Vorgänger, Herr Professor Bader, an dieser Stelle eindringlich zu allen Fragen Stellung genommen, die mit der Studentenförderung zusammenhängen. Zu seinen Ausführungen, die im letzten Heft der Reden und Aufsätze unserer Hochschule festgehalten sind, habe ich im Augenblick nichts hinzuzufügen; erst eine längere Erfahrung bei der Anwendung des Modells kann eine zusätzliche Äußerung rechtfertigen. So beschränke ich mich auf die Mitteilung, daß 18 % unserer Studenten Anträge gestellt haben, daß 14 % berücksichtigt werden konnten und daß im vergangenen Jahr die uns zugewiesenen Mittel in Höhe von 476600 DM ausgereicht haben. Die mit dem Modell zusammenhängende Verwaltungsarbeit stellt an die Hochschule hohe zusätzliche Anforderungen. Es ist deshalb nur recht und billig, wenn ich die opferbereite Tätigkeit aller derer, in deren Händen die Durchführung der Studentenförderung lag, öffentlich anerkenne. Unser Dank gilt dem Vertrauensdozenten unserer Hochschule, Herrn Professor Quack, nebst den Mitgliedern der Förderungsausschüsse aller Abteilungen und den Herren des Studentenwerkes.

Lassen Sie mich jetzt noch einen Blick in das innere Leben der Hochschule werfen. Daß der Rektor sich ernsthaft darum bemühen wird, durch ausgleichende Maßnahmen sich etwa abzeichnende Störungen zu beheben und den stetigen harmo-

nischen Ablauf des akademischen Geschehens zu fördern, versteht sich von selbst. Auch daß er bestrebt ist, die zwar geringen, aber bei näherer Hinsicht sich immerhin anbietenden Möglichkeiten einer elastischen Handhabung des Etats auszunutzen, um seinen Kollegen die Erfüllung gerechtfertigter Wünsche zu erleichtern, liegt auf der Hand. Wichtiger als diese tägliche Fürsorge war mir aber der Versuch, dem Kollegium einen lebendigen Begriff von dem wissenschaftlichen Wirkungsfeld der Hochschule zu vermitteln. Nicht nur der neu hinzutretende Kollege, auch mancher ältere kennt sich in den anderen Fakultäten verhältnismäßig wenig aus. Deshalb habe ich eine Reihe von Institutsdirektoren zu Übersichtsvorträgen über ihr Gebiet aufgefordert, an die sich Besichtigungen der Hochschulinstitute anschlossen. Ich hoffe, daß mein Nachfolger den von mir eingeschlagenen Weg fortsetzen wird. Er ist in der glücklichen Lage, zur Besichtigung einer Reihe von neuen Instituten einladen zu können, die ihrer Bestimmung zu übergeben, ihm vorbehalten ist.

Damit habe ich erstmals meinen Nachfolger angesprochen. An ihn gebe ich heute nach Ablauf der in der Verfassung vorgesehenen Frist mein Amt weiter, das ich vor einem Jahr von meinem Vorgänger übernommen habe. Gegen den Turnus von einem Jahr wird nicht ganz zu Unrecht eingewandt, daß es unökonomisch sei, wenn sich jedes Jahr ein anderer Professor neu in die Verwaltungsgeschäfte einarbeiten müsse. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, daß das Rektoramt de facto von Rektor und Prorektor in gemeinsamem Zusammenspiel versehen wird. Dadurch ist die Kontinuität der Einstellung zu den wesentlichsten Fragen der Hochschule gewährleistet. Mir ist der Vorzug zuteil geworden, daß Herr Professor Bader, als Prorektor von der eben umrissenen Verpflichtung durchdrungen, mir seinen stets wohlbegründeten Rat geliehen hat. Ich danke Ihnen, lieber Herr Kollege Bader, zugleich im Namen des Großen Senates für Ihre wertvolle Tätigkeit als Prorektor.

Dem Rektor steht ferner als permanentes Gremium die Hochschulverwaltung zur Seite, die mit der Behandlung der sich regelmäßig wiederholenden geschäftsmäßigen Vorgänge bestens vertraut ist. Ich kann die Verwaltung für ihre pflichtgetreue, wahrlich unbedingt zuverlässige und anstrengende Arbeit nur loben. Ich bedaure, daß meine Eingaben auf höhere Einstufung langjährig bewährter Mitarbeiter nicht berücksichtigt worden sind und bitte in dieser Stunde den Landtag erneut, unserer wohlbegründeten Bitte im Etat für das nächste Haushaltsjahr zu entsprechen. Als selbständige Organe stehen in der Vertretung der Belange der Hochschule dem Rektor ferner zur Seite das Studentenwerk und der Allgemeine Studentenausschuß. Herr Professor Pöpel als Vorsitzender und Herr Laub als Geschäftsführer haben im abgelaufenen Jahr wiederum ihre ganze Kraft dem so

segsreichen Hilfswerk gewidmet. Herr Raulefs als erster Vorsitzender und mit ihm eine Schar verantwortungsfreudiger Studenten, die in aufgeschlossener Aussprache und im besten Einvernehmen mit dem Rektoramt die gemeinsamen Ziele verfolgt haben, haben die notwendige Arbeit im Allgemeinen Studentenausschuß mit vollem Erfolg geleistet. Rektor, Senat und Studentenschaft danken den Leitern und allen Mitarbeitern dieser beiden Organisationen lebhaft für ihre uneigennützigte Arbeit. Ein besonderes Augenmerk hatte ich auf das Verhältnis der Studentenschaft zum Studentenwerk zu richten. Da über gewisse Beanstandungen, die auf einer Studentenversammlung vorgebracht wurden, in der Presse berichtet worden ist, will ich mich zu dieser Frage kurz äußern. Wir sehen es als gutes Recht der Studenten an, Wünsche vorzutragen und kritisch zu einzelnen Maßnahmen Stellung zu nehmen. Im ganzen gesehen ergab sich die erfreuliche Tatsache, daß ein wesentlicher Teil der vorgebrachten Anregungen der Anschauung der Studenten entsprang, die Mensa als Zentrum ihres geselligen Lebens ansehen und benützen zu dürfen. In eingehenden Beratungen mit den Vertretern des Allgemeinen Studentenausschusses und den Fachschaftsleitern konnte ein Teil der studentischen Vorschläge sofort, ein anderer nach einschlägigen Erhebungen erfüllt werden. Es mußte aber auch an die Einsicht der Studenten appelliert werden, daß wirtschaftliche Gründe eine Befriedigung aller Wünsche zumindest vorerst noch nicht zulassen. Die ebenso lebhaft wie gründlich und aufklärend geführte Aussprache, die das Studentenwerk mit der Sicht der Studenten vertraut gemacht und diese von der ausgezeichneten Leistung des auf ihr Wohl bedachten Studentenwerkes überzeugt hat, hat eine feste Grundlage für eine verständnis- und vertrauensvolle Zusammenarbeit der beiden Gesprächspartner geschaffen. Die akademische Selbstverwaltung verlangt von den Dozenten, wie politische Tätigkeit im weiteren Sinne zumeist, mit der Hingabe an das Gemeinwohl eine mehr oder minder starke Hintansetzung der eigenen beruflichen Verpflichtungen und der persönlichen Interessen. Ist da, so mag man fragen, die Rektoratsverfassung am Platze? Der Wert eines Jahres, währenddessen ein Ordinarius in der Regel dem Rektoramt vorsteht, ist schwer zu bemessen. Wiegt die Sorge für den stetigen Ablauf des Tagesgeschehens und die Bemühung um den Ausbau der Hochschule in den so mannigfachen Richtungen den Verlust auf, der durch die Unterbrechung der Kontinuität des wissenschaftlichen Schaffens gegeben ist? Die Antwort kann nicht eindeutig sein, sie hängt von der individuellen Veranlagung ab. Die Erfahrung dürfte aber dafür sprechen, daß eine begrenzte Pause, die ja den Professor von seinem Wirkungsbereich auch nicht gänzlich fern hält, nicht von Schaden ist. Ihr steht als nicht zu unterschätzender Gewinn der volle Einblick in das Wesen einer Hochschule

gegenüber, den eben nur die ernsthafte Beschäftigung mit allen personellen, wirtschaftlichen und organisatorischen Fragen sowie mit den Aufgaben der Fakultäten in Forschung und Lehre vermitteln kann. Auch die Verfolgung akademischer Probleme allgemeiner Art, die während Beratungen auf den Rektorenkonferenzen oder Besprechungen mit den Ministerien zu behandeln sind, ist als Bereicherung zu werten. Auch soll die Erweiterung des politischen Gesichtskreises, die Einsicht in die Bedürfnisse und Notwendigkeiten, die Möglichkeiten und Grenzen des staatlichen Lebens nicht unerwähnt bleiben, die der Kontakt mit Mitgliedern des Landtags, der Regierung, der Stadtverwaltung, der Industrie, der Wirtschaft, den Vertretungen des Auslandes mit sich bringt. Unter diesem Blickpunkt danke ich am Ende meines Rektoratsjahres dem Großen Senat für den Bildungsgewinn, den er mir durch die Wahl zu seinem verantwortlichen Sprecher verschafft hat. Ich bin ihm außerdem verbunden für die jederzeit ungetrübte harmonische Zusammenarbeit.

Wenn Sie mich nun heute fragen, wie ich mich auf Grund der eigenen Erfahrung zur Selbstverwaltung der Hochschulen stelle, so antworte ich, daß ich sie bejahe. Es ist richtig, wenn an der Spitze ein Mitglied des Kollegiums der Professoren steht. Der aus seiner Mitte gewählte Rektor hat am ehesten das rechte Verständnis für die Bedürfnisse der Hochschule, da es aus ureigenem Wissen, aus seiner schöpferischen Tätigkeit als Lehrer, Wissenschaftler und Ingenieur erwachsen ist. Als primus inter pares ist er mit dem Denken, der Anschauung und nicht zuletzt der Sprache des Kollegiums vertraut. Einem noch so guten Verwaltungsbeamten wird es schwerer fallen, die Leistungen und die Forderungen der Dozenten abwägend zu bewerten.

Zweierlei scheint mir aber geboten zu sein. Zum ersten sollte der Rektor von manchen routinemäßigen Verwaltungsgeschäften entlastet werden. Es ist davon gesprochen worden, diese Aufgabe einem Beamten im Range etwa eines Oberregierungsrates zu übertragen. Dieser dürfte aber nicht, wie es im Laufe dieses Jahres einmal vorgeschlagen worden ist, dem Ministerium, sondern müßte dem Rektor unterstehen. Mir persönlich hätte ein Rektoratsassistent genügt, der, wie es bei jedem Industriedirektor und wohl auch Oberstudiendirektor der Fall ist, seinem Chef die Vorbereitung der Tagesarbeit abnimmt und ihn in der Erfüllung seiner vielfältigen Aufgaben unterstützt. Dann kann der Rektor sich in vermehrtem Umfang den wirklich wesentlichen, den übergeordneten Aufgaben des Regierens, des Lenkens, des Planens widmen, die ihm von Amts wegen zustehen, und zugleich den Verpflichtungen seines Lehrstuhles besser nachkommen. Zum zweiten sollte die allzu enge Begrenzung der Befugnisse, von der ich eingangs gesprochen habe, aufgegeben werden. Ich halte sie mit dem Ansehen der Hohen Schulen und ihrer Rektoren für unvereinbar.

Der Staat bringt einem Hochschulprofessor hinsichtlich seiner wissenschaftlichen Leistung ein beachtliches Vertrauen entgegen. Sollte damit nicht die Überzeugung verbunden werden können, daß ein Professor auch über die Verwendung der bereitgestellten Mittel einsichtig und verantwortungsvoll zu entscheiden vermag? Ich meine, die Erfahrungen der Max-Planck-Gesellschaft sprechen zugunsten der angedeuteten Verwaltungsvereinfachung, die auch die Ministerien als Erleichterung empfinden müßten. Mit diesen Hinweisen beende ich meine Ausführungen als Chronist, als urteilender Amtsträger und als empfindender Mensch.

Ich komme nun zu meiner letzten Amtshandlung. Der Große Senat unserer Hochschule hat in seiner Sitzung vom 22. Januar 1958 den ordentlichen Professor für Wärmeströmungsmaschinen und Dampfkraftanlagen Herrn Ulrich Senger zum Rector magnificus für das Studienjahr 1958/59 gewählt. Der Herr Ministerpräsident hat die Wahl bestätigt.

Sehr verehrter Herr Kollege Senger! Gemäß unserer Verfassung verpflichte ich Sie durch Handschlag auf Ihr Amt als Rektor der Technischen Hochschule Stuttgart. Als äußeres Zeichen Ihrer neuen Würde, als *signum honoris et oneris*, überreiche ich Ihnen die Amtskette des Rektors.

Magnifizenz! Im Namen des Senats unserer Hochschule wünsche ich Ihnen Gesundheit und Kraft, den Anforderungen Ihres hohen Amtes gerecht zu werden. Möge es Ihnen vergönnt sein, zu Nutz und Frommen unserer Hochschule erfolgreich zu wirken!

Dankworte des neuen Rektors

Mein lieber, sehr verehrter Herr Kollege Köster!

Dieser feierliche Augenblick, in dem mit der Kette Amt und Bürde des Rektors aus Ihren Händen in meine gelegt werden, erinnert mich ein wenig an ein Bild aus dem Sportleben, nämlich an die Übergabe des Stabes beim Stafettenlauf.

Und in der Tat bestehen da gewisse Ähnlichkeiten. Jeder einzelne Stafettenläufer tritt nur für eine kurze Zeit aus der Reihe seiner Gemeinschaft hervor, um als ihr Repräsentant seine ganze Kraft und Persönlichkeit einzusetzen. Auch er braucht zunächst eine kurze Anlaufzeit, um auf »volle Touren« zu kommen, er läuft, während die übrigen ihn gespannt beobachten, ihm kritisch anspornend oder beifällig zuzurufen. Kaum auf voller Geschwindigkeit, muß er abstoppen, um seinem Nachfolger den Stab ohne Panne zu übergeben, und schon tritt er wieder zurück in die Reihen seiner Mannschaft.

Aber dieser Vergleich hinkt wie jeder Vergleich. Denn während die Sportler beim Stabwechsel sich gegenseitig kaum ein Wort oder einen Blick zuwerfen dürfen, sondern nur auf das eine Ziel sich konzentrieren, möglichst rasch zu übergeben und zu übernehmen, dürfen wir bei diesem feierlichen Akt einen Augenblick innehalten, um uns seiner Bedeutung voll bewußt zu werden, und darf ich als Übernehmer dieses Stabes von dem Recht des neuen Rektors Gebrauch machen, Ihnen den Dank der Mannschaft, unserer Hochschule und des gesamten Senats für das auszusprechen, was Sie als ihr Repräsentant, als ihr Rektor während Ihrer Amtszeit getan und geleistet haben.

So wie jeder Läufer, so hat auch jeder Rektor seinen Stil. Wenn ich versuchen darf, für Ihren »Stil« einen kennzeichnenden Ausdruck zu finden, so möchte ich ihn den Stil »hanseatischer Urbanität« nennen.

In Ihrer eleganten und charmanten, überlegen weltmännischen Art, die Ihnen als geborenem Hamburger wohl schon in die Wiege gelegt wurde, haben Sie die Probleme Ihres Amtes gemeistert.

Sie haben es verstanden, eine wichtige Aufgabe zu lösen und zu fördern, nämlich den persönlichen Zusammenhalt unter den Kollegen, der unter den Einwirkungen der

Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse wie überall notwendig gelockert war, zu vertiefen und zu verbessern, sei es durch Institutsbesuche oder durch Gemeinschaftsveranstaltungen, insbesondere das wohlgelungene Professorium, das allen Teilnehmern lange in bester Erinnerung bleiben wird. Dies nun ist mir willkommener Anlaß, dabei auch der Verdienste Ihrer sehr verehrten Gattin zu gedenken. Sie hat mit mütterlichem Charme unsere Damen betreut, und ich darf auch ihr unser aller Dank für ihr Wirken als Magnifica aussprechen.

Sie haben aber diesen Kontakt auch zu den Freunden unsrer Hochschule durch Konzerte und Hochschulabende, alles im Rahmen Ihres urbanen Stils, und, was für uns als Hochschule in diesen Jahren von ganz besonderer Wichtigkeit ist, Sie haben dieses gute Einvernehmen auch mit den Behörden des Staates, insbesondere mit dem Kultusministerium, dem Finanzministerium und seiner Bauabteilung sowie dem Wirtschaftsministerium gepflegt und gefördert, und das ist unserer Hochschule zugute gekommen.

Diesem Dank darf ich am Schluß die Bitte hinzufügen, mich in meinem neuen Amt zu unterstützen und mir als Prorektor mit Rat und Tat zur Seite zu stehen. Daß diese Zusammenarbeit, wie ich das schon feststellen durfte, eine harmonische, freundschaftliche und erfolgreiche zum Wohle der Hochschule sein wird, davon bin ich fest überzeugt.

Aber auch dem scheidenden Prorektor Herrn Professor Dr. Bader möchte ich an dieser Stelle nochmals den Dank für sein Wirken zum Besten der Hochschule sagen. Sie sind im vergangenen Jahr zum Mitglied des Wissenschaftsrates der Bundesrepublik ernannt worden, ein Amt, das Sie und uns ehrt. Ich hoffe, daß diese zusätzliche Belastung Ihnen dennoch die Zeit und Möglichkeit lassen wird, im Bedarfsfalle auch mich auf Grund Ihrer großen Erfahrungen zu beraten und zu unterstützen.

Antrittsrede des neuen Rektors

Professor Ulrich Senger

Über den Wirkungsgrad

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Was für den Seemann der Sextant, das ist – cum grano salis – für den Energie-Ingenieur der Wirkungsgrad. Er ist ihm Maßstab und Richtgröße, zeigt ihm, wo er steht, und auch, wenn er ihn richtig deutet, wohin er gehen muß. Aber dazu muß er auch wissen, woher er kommt. So will ich versuchen, das Thema meines Vortrags über das Fachliche hinaus in einen weiteren Sichtkreis zu stellen.

Wenn wir sagen, daß wir im Zeitalter der Technik leben, so meinen wir damit gewöhnlich die letzten 150 bis 200 Jahre, beginnend etwa mit der Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt. Wir ordnen diesen Zeitraum dann noch ein in das größere Zeitalter der Naturwissenschaften, an dessen Beginn wir – wieder in notwendiger Vereinfachung – Galilei und Kepler, Newton und Leibniz setzen können.

Nun unterliegen wir bei solchem Bemühen, unsere Geschichte und darüber hinaus die Geschichte der Menschheit vor unserem geistigen Auge zu ordnen und in Abschnitte einzuteilen, den Gesetzen der Perspektive: was fern liegt, rafft sie in großen Abschnitten zusammen, oft ohne genügende Unterscheidung von Einzelheiten und Grenzen, den mittleren Vordergrund macht sie einigermaßen überschaubar, beim nächstliegenden aber können wir vor lauter Vordergrund und Einzelheiten die größeren Zusammenhänge und Proportionen oft nicht oder nur schwer erkennen und kritisch werten. Wir laufen dann Gefahr, für Epoche zu halten, was vielleicht in weiterer Sicht nur Episode war. Ist es schon fraglich, ob wir z. B. von einem Zeitalter der Dampfmaschine oder der Eisenbahn sprechen dürfen, so wird diese Fragwürdigkeit noch größer bei Bezeichnungen wie: Zeitalter des Verbrennungsmotors, des Autos, Flugzeugs, der Elektrotechnik usw. Neuerdings erfahren wir nun in immer kürzeren Abständen und teilweise schon im voraus den Anbruch neuer Zeitalter, sei es des Zeitalters des Atoms, der Weltraumfahrt, der Elektronik oder der Automation.

Solchen Meinungen und Ansprüchen gegenüber ist wohl Zurückhaltung geboten, die gleich entfernt ist vom Schlagwort und Sensationsbedürfnis des Tages, wie

andererseits von einer Unterschätzung der echten geistigen und schöpferischen Werte, die den realen Hintergrund dieser Begriffe bilden. Die Sichtung und Wertung unserer Zeit aber wollen wir künftigen Generationen überlassen, die den erforderlichen Abstand haben werden.

Nun wird aber wohl niemand ernstlich bestreiten, daß die moderne Technik in dem angedeuteten Zeitraum von etwa 150 Jahren das äußere, aber zunehmend auch das geistige Leben der Völker und der Einzelmenschen in einem Umfang und mit einer stets wachsenden Geschwindigkeit beeinflußt und verändert hat, die einmalig in der Geschichte der Völker sind. Diesem Zeitraum den Rang einer Epoche, eines Zeitalters zu geben, erscheint daher berechtigt.

Ob dies aber auch für die Bezeichnung »Zeitalter der Technik« gilt, mag zweifelhaft sein. Technik hat es ja zu allen Zeiten und bei allen Völkern, wenn auch auf verschiedenen Stufen der Entwicklung gegeben, seit der Mensch Waffe, Werkzeug und Feuer erfand. Groß ist die Zahl der Kulturperioden von der Urzeit bis zur Neuzeit, in denen von zahlreichen Völkern des Erdballs Bauten für kultische und profane, für militärische und friedliche Zwecke errichtet wurden, an denen wir nicht nur die künstlerische, sondern auch die rein technische Leistung noch heute bewundern – oft um so mehr, je primitiver die Hilfsmittel und je geringer die verfügbaren Energien waren, die oft nur aus tierischen oder menschlichen Muskelkräften bestanden. Aber auch maschinelle Hilfsmittel hat es seit undenklichen Zeiten gegeben, vom Hebel über das Wagenrad zur Seilrolle und zum Flaschenzug, vom ober- oder unterschlächtigen Wasserrad und Schöpfwerk bis zu Wasserrädern des 16. und 17. Jahrhunderts, die schon deutlich modernen Wasserturbinen ähneln, vom uralten Segel als Hilfsmittel der seefahrenden Völker mit ihrem ungeheuren Einfluß auf die Menschheitsgeschichte bis zur Windmühle, dem Nationalsymbol der Holländer, denen sie zur Existenzgrundlage wurde, vom Spinnrad zum Webstuhl und wie die Beispiele alle heißen mögen. Sie alle zeigen, daß es eine hochentwickelte Technik schon lange vor diesem »Zeitalter der Technik« gab. Was aber unterscheidet dieses von jenem Prozeß, der durch die Jahrtausende lief?

Wohl doch vor allem die Tatsache, daß jene älteren Schöpfungen und Entwicklungen überwiegend intuitiv erdacht und empirisch, also ohne oder ohne genügende Kenntnis der einschlägigen Naturgesetze und demnach auch ohne die Möglichkeit der Vorausberechnung und der rechnerischen Bilanz oder Kritik entwickelt und überliefert wurden. Damit fehlte dieser alten Technik der Impuls, den die Naturwissenschaft und Mathematik insbesondere seit dem 17. und 18. Jahrhundert der modernen Technik gegeben haben, und damit fehlte ihr auch die Möglichkeit der

folgerichtigen und raschen Entwicklung. Sie blieb vielmehr auf die Einfälle und Anregungen einzelner, oft genialer Geister angewiesen, die man dann mit Recht als Meister im besten Wortsinn bezeichnete – »verachtet mir die Meister nicht« –, aber es fehlte diesen Zeiten der Ingenieur im heutigen Sinne. Nicht als ob Intuition und Phantasie nicht auch heute noch wesentliche Voraussetzungen für den schöpferisch tätigen Ingenieur wären! Aber sie allein genügen nicht, wenn ihm nicht auch Physik und Mathematik als unerläßliche Hilfsmittel zur Verfügung stehen. Sie erst verleihen seiner Tätigkeit den erforderlichen Wirkungsgrad.

Auch soll die genannte Unterscheidung zwischen der alten und der neuen Technik nicht besagen, daß nicht auch schon in früheren Zeiten technische Leistungen auf wissenschaftlicher Grundlage geschaffen wurden. Schulbeispiel hierfür ist Archimedes, dessen Genie als Mathematiker, Naturforscher und Ingenieur die Bewunderung der Mit- und Nachwelt erregt hat. Aber sein Wirken blieb im Grunde ohne bleibende Wirkung, nämlich ohne Nachfolge gleichartiger und gleichgesinnter Männer, vielleicht auch mit deshalb, weil die geistige Bereitschaft zur Nachfolge fehlte. Historisch und psychologisch interessant ist in diesem Zusammenhang die Erzählung Plutarchs, Plato habe sich – eineinhalb Jahrhunderte vor Archimedes – entrüstet über die Kombination von Mathematik und Technik, denn (in fast wörtlicher Übersetzung) »der Adel und die Reinheit der Mathematik würden zerstört und vernichtet, wenn sie aus der unkörperlichen Sphäre des reinen Denkens ins Sinnliche abglitte«. Der gleiche Plutarch behauptet dann anschließend sogar von Archimedes (wieder wörtlich), »er habe es verschmäh't, irgendeine Aufzeichnung (nämlich über seine technischen Schöpfungen) zu hinterlassen, da er die Beschäftigung mit der Technik und überhaupt jegliche Wissenschaft, die es mit der praktischen Anwendung zu tun hat, für niedrig und gemein hielt«. Übrigens habe er sich mit den von ihm erdachten Maschinen »gar nicht wie mit etwas ernster Bemühungen Würdigem befaßt, sondern sie seien meist nur als Nebenprodukte einer sich spielerisch betätigenden Mathematik entstanden«!

Hier muß ich nun den sehr starken Verdacht äußern, daß Plutarch mit diesen Sätzen nicht so sehr die Meinung des Archimedes wiedergegeben, als vielmehr seine eigene, Plutarchs, Meinung ihm unterschoben hat. Eine Meinung übrigens, die er vermutlich auf der platonischen Akademie in Athen eingeflößt bekam, die er – fast vierhundert Jahre nach Plato und über zweihundert Jahre nach Archimedes – besucht hat. Wir dürfen annehmen, daß die Epigonen nicht nur den Archimedes, sondern im Grunde auch Plato mißverstanden haben, der mit seiner Äußerung doch wohl nur das Recht auf »zweckfreie Wissenschaft«, das ja auch uns so wichtig ist, begründen und ver-

teidigen wollte. Aber die etwas überhebliche Lehrmeinung, die – ich wiederhole – »jegliche Wissenschaft, die es mit der praktischen Anwendung zu tun hat, für niedrig und gemein hielt«, hat fast zwei Jahrtausende europäischer Geistesgeschichte beeinflusst, und wir vermeinen, einen Oberton dieser Art auch heute noch manchmal anklingen zu hören.

Es wundert uns daher auch nicht, wenn selbst ein Leonardo da Vinci in der Hochblüte der Renaissance wohl als Künstler, aber kaum als Ingenieur Resonanz fand, und daß seine geniale Begabung und oft erstaunlichen Kenntnisse und Ideen auf physikalischem und technischem Gebiet nach außen mehr oder weniger wirkungslos blieben oder in mechanischen Spielereien zur Befriedigung höfischer Sensationsbedürfnisse verpufften, während seine Schriften, Skizzen und Rechnungen mehr als 150 Jahre unbekannt und unbeachtet blieben.

Im übrigen beherrschten die Empirie und das intuitive Gefühl – nicht ohne teilweise erstaunliche Ergebnisse – auch weiterhin die Technik. Das wurde erst anders, lange nachdem Galilei und Newton die grundlegenden Begriffe der klassischen Mechanik: Beschleunigung, Masse und Kraft entwickelt und fixiert hatten, nachdem dann Descartes die Konstanz der *quantitas motus*, d.h. der Bewegungsgröße $m \times v$ oder des Impulses, und Leibniz im Streit mit den Cartesianern die Konstanz der Summe aus der *vis mortua* und der *vis viva*, d.h. der toten und der lebendigen Kraft, oder, wie wir heute sagen, der potentiellen und der kinetischen Energie $\frac{1}{2} \times m \times v^2$ postuliert hatte. Wenig später gründete der Holländer Huygens hierauf den Satz von der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile, der übrigens auch in unserem Wirkungsgradbegriff enthalten ist.

Es hat lange, mehr als hundert Jahre, gedauert, bis sich aus den ersten Anfängen bei Galilei über die genannten und andere Forscher und Denker der Begriff der Energie etwa im heutigen Sinne herausgeschält hat. Das Wort Energie stammt ursprünglich von Aristoteles, der die *ἐνέργεια* in Antithese zur *ἐντελεχεία* setzte. Unter diesen haben wir wohl einerseits die physikalischen, andererseits die geistig-seelischen Kräfte oder Energien zu verstehen, von denen die letzteren später zum Begriff der Seele oder des Unsterblichen am Menschen gewandelt wurden, in welchem Sinne ihn die Scholastik und auch Goethe im letzten Akt des »Faust« verwendet hat.

Das Wort Energie, das dann bei Kepler wieder auftaucht, aber im heutigen Sinne als physikalischer Begriff mit der Dimension mkg erst im 19. Jahrhundert festgelegt wurde, blieb zunächst auf die rein mechanischen Energieformen beschränkt, nämlich die (potentielle) Energie der Lage im Schwerfeld und die kinetische Energie, die mit der Geschwindigkeit bewegter Massen verbunden ist.

Wie schwierig die Klärung des Energiebegriffs war, sehen wir am Beispiel des hochbedeutenden Leibniz, der wie eine einsame Säule aus dem Trümmerfeld hervorragt, das der Dreißigjährige Krieg in physischer und geistiger Beziehung in Deutschland hinterlassen hatte. Leibniz bezeichnet noch die Kraft im Newtonschen Sinne und die Energie mit demselben Wort *vis*, und noch heute begehen wir nicht nur in der Umgangssprache, sondern auch im physikalischen und technischen Sprachgebrauch die gleiche Sünde, wenn wir mit Leibniz lebendige Kraft für kinetische Energie sagen oder die Ausdrücke Naturkräfte, Kraftwerk oder gar Kraftmaschine im Gegensatz zur Arbeitsmaschine benützen. Übrigens wird intra et extra muros gesündigt, denn es geht z. B. den englisch sprechenden Völkern mit ihrem Wort »power« nicht anders.

Aber das Wesentliche ist hier der Begriff, »Name ist Schall und Rauch« (ein Satz, der übrigens nicht ohne Vorbehalt gilt). Einmal erkannt, wird der Energiebegriff bald auch auf das Gebiet der Hydraulik erweitert, wobei die potentielle Energie mit der Gefällshöhe und dem dadurch bedingten hydraulischen Druck verbunden ist, während der Begriff der kinetischen Energie dem strömenden Stoff (zunächst Wasser) zukommt. Schon 1704 erscheint in den Berichten der Pariser Akademie der Wissenschaften ein Bericht mit dem bemerkenswerten Titel: »Sur la plus grande perfection possible des machines« – über die größtmögliche »Perfektion« der Maschinen.

In dieser Schrift stellt der französische Physiker Parent bereits Rechnungen über das günstigste Verhältnis der Umfangs- zur Strömungsgeschwindigkeit in Wasserrädern an und kommt dabei dem modernen Begriff des Wirkungsgrades sehr nahe. Gleichzeitig erkennt er dabei auch die Wichtigkeit des Begriffs der Leistung als Arbeit je Zeiteinheit. Fünfzig Jahre später, nämlich um 1750, entwickelt Leonhard Euler, Mathematiker und Physiker an der Universität Göttingen, die Grundlagen der neuzeitlichen Turbinentheorie, angeregt durch die Erfindung oder besser Wiedererfindung seines Göttinger Kollegen Segner, das Segnersche Wasserrad, gestützt auf die außerordentliche Entwicklung der Mathematik, etwa seit Anfang des 18. Jahrhunderts, an der er selbst beteiligt war. Diese wiederum beruhte auf der durch Leibniz und später, aber unabhängig von ihm, durch Newton geschaffenen Infinitesimalrechnungsmethode. In sehr hohem Maße war an dieser Entwicklung Frankreich beteiligt, wo die Académie Royale des Sciences in Paris im 18. Jahrhundert ein Sammelpunkt der erlauchtsten Geister auch auf den Gebieten der Mathematik und der Physik war, unter ihnen übrigens auch namhafte Schweizer, wie z. B. die berühmte Familie der drei Bernoulli.

Obwohl nun Euler nicht nur die Theorie klärte, sondern auch wichtige praktische Verbesserungen vorschlug, vor allem das Leitrad, blieben seine Arbeiten zunächst

ohne praktische Auswirkung, ja auch sie gerieten lange in Vergessenheit, da die »Zeit noch nicht reif war«. Es fehlte wohl vor allem am adäquaten Niveau der Fertigungsmöglichkeiten und der Materialkenntnis. Denn schon die ungenügende Festigkeit scheinbar so einfacher Bauelemente wie der druckfesten Rohrleitungen, die an sich damals schon durchaus bekannt waren, brachten z. B. die gleichzeitigen Pläne Friedrichs des Großen, in Sanssouci die Wasserspiele von Versailles nachzuahmen, zum Scheitern. Ein Segnersches Wasserrad nach Eulers Vorschlägen wurde überhaupt erstmals vor wenigen Jahren von der Fa. Escher-Wyss in Zürich ausgeführt. Der mit dieser Ausführung gemessene Wirkungsgrad lag mit ca. 70% bemerkenswert hoch. (Ich bin bei meiner Darstellung den sehr schönen und interessanten Ausführungen von Professor Ackeret der ETH Zürich gefolgt, die er in der Vorrede zur Neuerscheinung der Eulerschen Arbeiten im Verlag Orell-Füssli vor einigen Jahren gemacht hat.)

Unter der Unvollkommenheit der Fabrikationsmöglichkeiten hatte auch wenig später noch James Watt zu leiden. Daß seine Dampfmaschine überhaupt funktionierte, obwohl ihre Zylinder um einige Millimeter unrund waren, will uns Ingenieuren heute fast wunderbar erscheinen.

Ich habe James Watt an den Beginn des sogenannten Zeitalters der Technik gesetzt, nicht nur deshalb, weil er die Dampfmaschine zur technischen Reife entwickelt hat, was dann zu den bekannten großen wirtschaftlichen Folgen führte, sondern vor allem auch deshalb, weil ich in ihm den Prototyp des Ingenieurs sehe, der gründliche Kenntnisse der mathematischen und physikalischen Grundlagen mit schöpferischer Phantasie und Intuition, aber auch mit der Beherrschung der praktischen, konstruktiven und fabrikatorischen Möglichkeiten verbindet. (Mit letzteren war es freilich, wie gesagt, damals für unsere Begriffe noch schlecht bestellt.) Mit James Watt tritt der wissenschaftlich ausgebildete Ingenieur ins Licht der Geschichte. Er hat – im Gegensatz zu Archimedes und Leonardo – eine Gefolgschaft in Tausenden und Aber-tausenden von Ingenieuren gefunden. Es erscheint mir daher berechtigt, das sogenannte »Zeitalter der Technik« – auch aus den eingangs genannten Gründen – besser als »Zeitalter des Ingenieurs« zu bezeichnen, ohne daß ich damit etwa einen Standesanspruch proklamieren möchte. Den Namen »Watt« trägt die moderne technisch-physikalische Einheit für die Leistung, die zwar einen anderen Zahlenwert, aber die gleiche Bedeutung wie die von ihm definierte Leistungseinheit der Pferdestärke hat.

Gewiß hat auch Watt Vorgänger gehabt. Selbstverständlich baut auch er nicht nur auf den technischen Schöpfungen z. B. von Papin und Newcomen auf, sondern vor allem – und das charakterisiert ihn ja als Ingenieur – auf den physikalischen Er-

kenntnissen des vorhergehenden Jahrhunderts über Wesen und Eigenschaften der Gase und Dämpfe.

Nach ersten tastenden Versuchen Galileis, dem der Begriff »Vacuum« zwar noch unklar war, der ihn aber als Erscheinung schon ebenso gekannt hat wie die Tatsache, daß die Luft schwer ist, schlug Torricelli vor, das Vacuum durch eine Quecksilbersäule zu messen, was dann Viviani 1643 ausführte. Die dabei gemessene Quecksilbersäule von 760 mm erkannte Torricelli richtig als Gegengewicht zum Druck der Luft. 1650 führte Otto von Guericke nach langen, mühsamen Vorarbeiten, übrigens ohne Kenntnis der italienischen Versuche, dem Reichstag in Regensburg seine bekannten evakuierten Magdeburger Halbkugeln vor. Aus den damit zusammenhängenden Versuchen zog er wichtige und richtige Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Luft als eines elastischen und schweren Stoffes, der bei der Verbrennung umgewandelt, aber nicht vernichtet wird. Diese Leistung ist um so höher zu bewerten, als er durch die Folgen des Dreißigjährigen Krieges in seiner zerstörten Heimatstadt Magdeburg schwer behindert war. Während das von diesem Kriege geschaffene Vacuum in Deutschland jahrzehntelang herrschte und sich erst langsam auffüllte, schufen bedeutende Physiker anderer Länder, insbesondere wieder Franzosen und Italiener, Engländer und Holländer, die Lehre von den Gasen und Dämpfen und damit die wichtigsten theoretischen Grundlagen für die erste Wärmekraftmaschine von technischer Reife, eben die Dampfmaschine James Watts. Ihrer weiteren Entwicklung und deren Folgen nachzugehen, ist hier nicht meine Aufgabe.

Ich sagte, daß James Watt und seine Nachfolger im Anfang des 19. Jahrhunderts es verstanden bzw. lernten und mit ihre wichtigste Aufgabe darin sahen, ihre Maschinen und Gesamtanlagen vorauszuberechnen, zu messen und nachzurechnen. Sie bestimmten die abgegebene Nutzleistung, z. B. mit Hilfe des Bremszaunes und ermittelten die Verluste so gut wie möglich, die bei der Erzeugung der mechanischen Energie auftreten. Dabei entwickelte sich immer klarer der Begriff des Wirkungsgrades, wenn er auch zunächst nicht so genannt wurde.

Aber noch fehlte ihnen ein wichtiges Schlußglied in diesen Rechnungen, nämlich die Kenntnis vom Gesetz der Äquivalenz von Wärme und mechanischer Energie, obwohl sich im Laufe der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Vorstellungen über das Wesen der Wärme trotz zwischenliegender Irrtümer immer mehr zu klären begannen. Hierbei wirkte die technische Entwicklung der Dampfmaschine rückwärts befruchtend auf die physikalischen Vorstellungen.

Ich glaube, daß ich den Stand der Kenntnisse und das Dilemma der Ingenieure bis etwa zur Jahrhundertmitte nicht deutlicher kennzeichnen kann, als durch ein Zitat

aus der 2. Auflage von Redtenbachers »Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus«, die dieser bedeutende Ingenieur, Forscher und Lehrer als Professor am damaligen Polytechnikum in Karlsruhe im Jahre 1859, also vor rund 100 Jahren, herausgab. Er widmet ein besonderes Kapitel den sogenannten »Effektverhältnissen«, das ist bereits der Wirkungsgrad im heutigen Sinne. Er definiert diesen Begriff als das Verhältnis vom Nutzeffekt zum absoluten Effekt einer (Kraft-) Maschine und betont, daß dieses notwendig kleiner als die Einheit sein müsse. Unter absolutem Effekt versteht er nun das, was wir heute – auch nicht sehr genau –, z. B. bei einer Kraftmaschine (Turbine) als disponible Energie, Arbeit oder Leistung bezeichnen. Redtenbacher schreibt dann: »Der absolute Effekt kann nur bei den durch Trägheit und bei den durch Schwerkraft wirkenden Motoren ganz scharf bestimmt werden. Der absolute Effekt, welchen das in einem Bach oder Fluß fließende Wasser darbietet, wird durch die lebendige Kraft $\frac{1}{2} \times m \times v^2$ der Wassermenge, und derjenige, welchen ein Bach oder Fluß auf einer Strecke darbietet, wo ein Gefäll vorhanden ist, durch das Produkt aus dem Gefäll in das Gewicht der in der Sekunde vorbeifließenden Wassermenge ($G \times H$) bestimmt.«

Nachdem er noch den absoluten Effekt der »belebten Motoren« für den (wie er sich ausdrückt) »Arbeiter von mittlerer Stärke« mit 6 bis 8 mkg/sec und für ein Pferd von mittlerer Stärke mit etwa 60 mkg/sec angegeben hat – ich komme hierauf zurück –, fährt er fort: »Der absolute Effekt der Dampfkraft wird am leichtesten nach der Menge und Heizkraft des zur Dampfkraft benutzten Brennstoffs bestimmt. Um dieses Maß auf mkg zu reduzieren, müßte man genau wissen, wie viele mkg Wirkungsgröße jede Wärmeeinheit zu entwickeln imstande wäre. Dies ist aber mit Zuverlässigkeit nicht bekannt. Man muß sich also vorläufig, bis dieser Gegenstand durch weitere wissenschaftliche Forschungen entschieden ist, mit der Brennstoffmenge begnügen.« Dieser Satz bedeutet, daß ihm das erwähnte Äquivalenzgesetz zwischen Wärme und Arbeit fehlte, um das thermische »Effektverhältnis« zu errechnen.

Ich weiß nicht, ob Redtenbacher, als er dies schrieb, bekannt war, daß das Problem, von dem er hier spricht, inzwischen längst gelöst war, und ob er das Ergebnis vielleicht nur noch nicht reif für die Lehre hielt – oder ob er es nicht gewußt, aber richtig geahnt hat. In der nächsten Auflage, die 3 Jahre später erschien, wird dann alles nachgeholt. Bemerkenswert übrigens, daß ihm die Begriffe »Wärmeeinheit« und »Heizwert« offenbar geläufig sind, daß er sich aber trotzdem mit der Bewertung der Maschine nach der verbrauchten Brennstoffmenge, also ohne Berücksichtigung des Heizwerts, begnügt.

Für diesen Brennstoffbedarf gibt er dann für »minder gut arbeitende Maschinen« etwa 4 bis 5 kg Kohle je PS-Stunde an, für »vorzügliche Konstruktionen« 2 bis 3 kg/PS_h an. Bei einem Heizwert der Kohle von etwa 7000 kcal/kg würde aus diesen Zahlen ein bester thermischer Wirkungsgrad von 4,5% und ein schlechtester von 1,8% folgen. Moderne Wärmekraftanlagen erreichen etwa den zehnfachen Wirkungsgrad oder benötigen etwa den zehnten Teil des spezifischen Wärmeverbrauchs, jedesmal bezogen auf die Bestwerte. Diese Zahlen kennzeichnen den Fortschritt der Technik in hundert Jahren. Wie erwähnt, war die entscheidende Erkenntnis von der Äquivalenz oder Gleichwertigkeit von Wärme und Arbeit oder von thermischer und mechanischer Energie bereits mehr als ein Jahrzehnt vor dieser Schrift Redtenbachers gewonnen. 1842 hat der Heilbronner Arzt Robert Mayer in den Wöhler-Liebig-Annalen unter dem allerdings merkwürdigen Titel »Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel«, der wohl Mediziner, aber nicht Physiker und Ingenieure ansprach, dieses Äquivalenzgesetz veröffentlicht und bereits, wenn auch ungenaue, Zahlenangaben gemacht. Bald darauf hat er auch das verallgemeinerte Prinzip von der Erhaltung der Energie aufgestellt, das dann Helmholtz besonders klar und umfassend formuliert und auf alle denkbaren Formen der Energie ausgedehnt hat. Bekanntlich fanden die Schriften Robert Mayers zunächst nicht die gebührende Beachtung, und erst 20 Jahre später hat der englische Physiker Tyndall in sehr fairer Art die Prioritätsrechte Mayers gegenüber anderen Forschern durchgefochten. Denn inzwischen war dieses Gesetz anerkanntes Allgemeingut geworden, besonders, nachdem der in England wirkende Physiker Joule (auch die Engländer sprechen ihn heute französisch aus), durch exakte Messungen diese Äquivalenzzahl ermittelt hatte, für die wir heute den Wert von rund 427 mkg je kcal kennen. Auch Joule ist übrigens dabei, wie dies ja häufig geschieht, unabhängig von Mayer vorgegangen. Zum Dank für seine Leistung trägt die moderne Einheit der Arbeit, die nach neusten internationalen Beschlüssen auch die Wärmeeinheit »Kalorie« ersetzen soll, seinen Namen.

Das Gesetz der Äquivalenz von Wärme und Arbeit, das seit Clausius als erster Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnet wird, war ein entscheidender Schritt nicht nur für die Physik, sondern auch für die Energietechnik, da erst jetzt die Berechnung des thermischen Wirkungsgrades aus äquivalenten Größen, nämlich als das Verhältnis der nutzbar abgegebenen Arbeit zum Arbeitswert der zugeführten Wärme möglich war. Aber dieses Gesetz bedurfte einer wesentlichen Einschränkung, die schon wenige Jahre später durch den deutschen Physiker Clausius erkannt wurde. Er wies schon 1850 in Anlehnung an den Carnot-Prozeß nach, daß Wärme und Arbeit zwar

äquivalent oder besser dimensionsgleich sind, d. h. auf gleiche Dimensionen gebracht werden können, und daß auch Arbeit vollständig in Wärme umsetzbar ist, daß aber umgekehrt Wärme in einem geschlossenen Kreisprozeß nicht vollständig in Arbeit umgewandelt werden kann. Das Verhältnis der in Arbeit umwandelbaren Wärme zur gesamten Wärmezufuhr ist in einem solchen Kreisprozeß abhängig von der oberen und der unteren Temperaturgrenze T_1 und T_2 , also dem Temperaturgefälle. Dies hatte im Prinzip schon der französische Physiker Sadi Carnot erkannt. Aber er stellte sich die Wärme noch als eine Art Stoff vor und glaubte in Analogie zur hydraulischen Energie, daß das Temperaturgefälle analog sei dem Höhengefälle des Wassers, die Wärmemenge aber der Wassermenge je Zeiteinheit. Dann müßte die Wärme trotz Leistungsabgabe in einem geschlossenen Kreislauf erhalten bleiben. In Korrektur dieses Irrtums wiesen Mayer und Joule nach, daß dagegen eine der abgegebenen Arbeit entsprechende Wärmemenge dem Prozeß entzogen wird. Trotzdem hat Carnot, der leider sehr jung anfangs der 1830er Jahre starb, in genialer Voraussicht den oben erläuterten Grundsatz erkannt, daß zur Umwandlung von Wärme in Arbeit ein Temperaturgefälle erforderlich ist. Clausius schreibt selbst, daß er an den Vorstellungen Carnots nur eine relativ kleine Korrektur im Sinne des ersten Hauptsatzes vornehmen mußte. Clausius ging aber über Carnot hinaus, indem er unterschied zwischen umkehrbaren Prozessen einerseits, wie sie z. B. die verlustfreie Entspannung eines Gases von hohem Druck und hoher Temperatur und die Wiederverdichtung auf den gleichen Anfangszustand darstellt, und andererseits nicht umkehrbaren Prozessen, wie z. B. Reibung, bei der Arbeit vollständig in Wärme umgesetzt wird, diese Wärme aber umgekehrt nicht mehr vollständig in Arbeit. Im Zusammenhang damit schuf und definierte Clausius den Begriff der Entropie als Zustandsgröße, der schwierig zu erklären, aber nützlich zu gebrauchen ist. Physiker und Ingenieure haben lange über ihn gestritten. Das Wort Entropie ist übrigens ein Kunstwort, von Clausius aus dem Griechischen *τροπήν* (umkehren) gebildet in Anlehnung an das Wort En-Ergie. Die von Clausius aus dem Carnot-Prozeß gezogene Nutzenanwendung, die ich oben erläutert habe, nennen wir heute mit ihm den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Die Formulierung von Clausius lautet anders. Aber ich glaube, daß er für den Ingenieur am besten faßlich und einleuchtend so formuliert wird, daß in einem geschlossenen Kreis-Prozeß Wärme auch im Grenzfall verlustfreier Energieumwandlung bestenfalls nur zu einem Bruchteil in mechanische Arbeit verwandelt werden kann, der dem Verhältnis der Differenz von Höchst- und Tiefsttemperatur $T_1 - T_2$ zur Höchsttemperatur T_1 des Prozesses entspricht. Voraussetzung dabei ist, daß die gesamte Wärmezufuhr bei der höchsten Tem-

peratur T_1 erfolgt, während der gesamte, nicht in Arbeit umwandelbare Rest der zugeführten Wärme – z. B. in dem Kondensator einer Dampfkraftanlage – bei der niedrigsten Temperatur T_2 abgeführt wird. Dieses Verhältnis nennen wir den Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses, da der von Carnot angegebene Kreisprozeß dieser Bedingung genügt. Er ist ein Grenzwert, der – bei bestimmten Temperaturen T_1 und T_2 – nur im Idealfall erreichbar ist. Bei 700°C Obertemperatur und 15°C Untertemperatur liegt der Carnot-Wirkungsgrad bei etwa 70%. Es ist mir bekannt, daß Max Planck die gegebene Definition des zweiten Hauptsatzes für nicht exakt erklärt. Ich wage es, bei allem schuldigen Respekt vor Max Planck, seine Gegen Gründe für nicht ganz überzeugend zu halten, aber dies sei nur am Rande vermerkt. Wie oben erwähnt, nimmt bei nicht umkehrbaren Prozessen – wie z. B. Reibung –, aber auch beim Wärmefluß von höherer zu tieferer Temperatur ohne Arbeitsleistung die Gesamtentropie der beteiligten Stoffe zu, der umwandelbare Energieanteil der Wärme aber ab. Das bedeutet, daß die Wärme durch solche nicht umkehrbaren Vorgänge entwertet wird. Die Wärme erhält damit einen zusätzlichen Wertbegriff, entsprechend ihrem Temperaturpotential, der im ersten Hauptsatz nicht enthalten ist. Wenn wir also aus dem Wort »Äquivalenz« die Analogie zum Valutabegriff des Geldwesens ableiten, so müßten wir sagen, daß Wärme keine freie Valuta ist, wie man aus dem ersten Hauptsatz schließen könnte, sondern daß sie durch die einschränkenden Bestimmungen des zweiten Hauptsatzes zu einer nur einseitig und beschränkt »konvertierbaren« Sperrvaluta wird. Wie ich vorher sagte, sind Wärme und mechanische Arbeit nur dimensionsgleich, aber nicht echt wertgleich, da nicht beliebig umwechselbar. Ich werde trotzdem den üblichen Ausdruck »äquivalent« für dimensionsgleich beibehalten. Ich komme hierauf noch zurück.

Man hat aus all diesen Überlegungen geschlossen, daß bei genügend langer Wiederholung nicht umkehrbarer Prozesse der Anteil der überhaupt in Arbeit umsetzbaren Wärme immer kleiner wird und damit das Weltall einem Ausgleich aller Temperaturunterschiede und damit dem sogenannten Wärmetod zustrebt. Andere haben das bestritten, wie z. B. Mach, und heute ist es um diesen Streit stille geworden, vor allem wohl, nachdem wir das unvorstellbare Energiereservoir der Atomenergie kennengelernt haben.

Es sei noch erwähnt, daß alle Prozesse, die die Bedingung für den Carnot-Prozeß (Wärmezufuhr bei der höchsten und Wärmeabfuhr bei der tiefsten Temperatur) nicht erfüllen, selbst bei verlustloser Energieumsetzung einen schlechteren Prozeßwirkungsgrad als der Carnot-Prozeß, bezogen auf die gleichen Temperaturgrenzen, haben. Dies trifft z. B. für den Dampfprozeß zu, und zwar vor allem auf der Seite der

hohen Temperatur, während die Kondensation bei etwa Kühlwassertemperatur dem Idealfall des Carnot-Prozesses sehr nahek kommt. Erwähnt sei dabei ferner, daß nach diesem zweiten Hauptsatz die Umwandelbarkeit von Wärme in Arbeit nicht nur bei Steigerung der Obertemperatur, sondern auch bei Senkung der Untertemperatur zunimmt, die also gleichfalls den Arbeitswert der Wärme erhöht. Dies ist einerseits wichtig für Energiewandlungen im Winter, in kalten Zonen und in großen Höhen (z. B. bei Flugzeuggasturbinen) und zeigt andererseits, daß bei Annäherung der Untertemperatur an den absoluten Nullpunkt der Carnot-Wirkungsgrad dem Wert Eins nahezu unabhängig von der Obertemperatur zustrebt.

Übrigens hat schon Zeuner (Professor an der Technischen Hochschule Dresden) 1887 im ersten Band seiner »Thermodynamik« darauf hingewiesen, daß nicht nur der klassische Carnot-Prozeß, sondern auch alle anderen Prozesse, die die genannte Bedingung erfüllen, einen gleich hohen Grenzwirkungsgrad haben. Er nennt als Beispiel den von ihm als erstem so bezeichneten Ericsson-Prozeß, der sich vom Carnot-Prozeß dadurch unterscheidet, daß der Übergang zwischen der unteren Grenztemperatur, bei der die Restwärme abgeführt wird, und der Obertemperatur, bei der die gesamte Wärme zugeführt wird, nicht durch inneren Tausch von isentropischer, d. h. verlustfreier Verdichtungs- und Entspannungsarbeit, sondern durch inneren Tausch der fühlbaren Wärme erfolgt. Dieser Prozeß ist der geeignete Vergleichsprozess für die moderne Gasturbine mit Wärmetauscher. Er wurde durch Veröffentlichungen von Ackeret und Keller kurz vor dem letzten Kriege erneut in den Vordergrund des Interesses gestellt. Es ist erstaunlich, daß er in seinen Grundzügen von dem Schweden Ericsson, der in USA lebte, bereits 1833 etwa gleichzeitig mit Carnot und lange vor Robert Mayer, Joule und Clausius erdacht wurde. Seine Verwirklichung strebte Ericsson durch eine Heißluftmaschine mit Heißluftkessel auf der Oberseite und Wärmetauscher auf der Unterseite an, ähnlich wie eine solche Maschine heute von der Firma Philipps ausgeführt wird. Ich glaube, daß ich den großen Verdiensten von Ackeret und Keller um Theorie und Bau moderner Strömungsmaschinen nicht zu nahe trete, wenn ich dem von anderer Seite gemachten Vorschlag, diesen Prozeß nach ihnen zu benennen, aus Gründen historischer Gerechtigkeit nicht zustimmen kann.

Übrigens gebraucht Zeuner bereits durchweg den Ausdruck Wirkungsgrad, und ich vermute, daß er wesentlich zu seiner Einführung beigetragen hat.

Aus den genannten Überlegungen geht hervor, daß wir bei der Definition einer Wärmekraftanlage zwischen zwei Arten von Wirkungsgraden unterscheiden müssen, nämlich je nachdem, ob wir im Nenner die gesamte zugeführte Wärmeenergie

einsetzen – wir erhalten dann den thermischen Gesamtwirkungsgrad –, oder ob wir hier nur den bei verlustfreier Maschine in Arbeit umsetzbaren Teil der Wärme, den wir als isentropisches oder nicht ganz exakt adiabatisches Wärmegefälle bezeichnen, einsetzen. Im letzteren Fall sprechen wir von isentropischem oder adiabatischem Wirkungsgrad. Im Zähler des Wirkungsgrades erscheint dann die nutzbare Energie. Es leuchtet ein, daß zur einwandfreien Definition eines Wirkungsgrades auch die klare Bestimmung der Ortsgrenzen gehört, z. B. ob die Nutzenergie an der Kuppelung, an den Klemmen eines Generators oder eines Kraftwerks abgenommen wird. Kehrt man die Energierichtung um, so wird z. B. eine Entspannungsmaschine zum Verdichter, der Generator zum Motor, die Kraftmaschine zur Arbeitsmaschine. Im Wirkungsgrad steht dann im Nenner die zugeführte Energie, z. B. als elektrische Energie, im Zähler dagegen als Nutzenergie das Produkt aus Gewicht und Druckhöhe, sei es des Wassers oder des Gases.

Bei der Verdichtung und Förderung von Gasen ist es ferner notwendig, zur Ermittlung dieser Druckhöhe den gewählten Vergleichsprozess anzugeben, der je nach der Annahme über den Temperaturverlauf bei der Verdichtung der Isotherme, Isentrope oder Polytrope entsprechen kann. Nun, das sind Einzelheiten, die nur erläutern sollen, daß das Wichtigste beim Wirkungsgrad die exakte Definition von Zähler und Nenner ist, ohne die der Begriff verschwommen und vieldeutig wird.

Die Erkenntnisse des ersten und zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik sind die Grundlage für die stürmische Entwicklung der thermischen Energieerzeugung im letzten Jahrhundert geworden, die ich oben gekennzeichnet habe. Alle erreichten Verbesserungen am eigentlichen Prozeßwirkungsgrad fußen auf dem Bestreben, diesen dem Carnot-Wirkungsgrad möglichst anzunähern und andererseits dessen Wert durch Erhöhung des Temperaturpotentials zu verbessern. Natürlich wurde diese Entwicklung auch aus weiteren Quellen gespeist, insbesondere durch die Entwicklung der Elektrotechnik in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts, die auf der Entdeckung des elektromagnetischen Prinzips durch W. von Siemens beruhte. Hierdurch wurde die Energie in hochwertiger Form, nämlich als elektrische Energie, mit relativ geringem Bauaufwand transportierbar, wodurch zunächst die Wasserkraftmaschine vom Nachteil der Ortsgebundenheit befreit wurde. Durch die Erfindung der Dampfturbine Ende des letzten Jahrhunderts durch den Engländer Parsons und den Schweden de Laval wurde gegenüber der Kolbendampfmaschine der Vorteil hoher Drehzahl und geringen Gewichtes je Leistungseinheit erzielt. Zwar war mit der doppelten Energieumwandlung in der Dampfturbine, nämlich über die Zwischenstufe der kinetischen Energie, eine Minderung des Wirkungsgrades ver-

bunden. Aber die moderne Strömungslehre hat geholfen, diesen Nachteil vollständig zu kompensieren, so daß wir heute auch in Dampf- und Gasturbinen Stufenwirkungsgrade in der Größenordnung von 90% erreichen können, während diese Werte anfänglich noch in der Größenordnung von 60% lagen. Mit diesen Verbesserungen war dann auch die Zeit für die jüngere Schwester der Dampfturbine, nämlich die Gasturbine, gekommen. An dieser wurde jahrzehntelang gearbeitet, aber erst im Anfang der dreißiger Jahre wurde der erforderliche Grad der technischen Reife, insbesondere der mindestnotwendige Wirkungsgrad erreicht. Interessant auch hier, daß die heutige Form der Gasturbine mit offener Verbrennung und gegebenenfalls mit Wärmetauscher bereits 1904 von Stolze, Lektor an der Berliner Universität, gebaut wurde. Er will sie bereits 1873, allerdings erfolglos, zum Patent angemeldet haben. Daß sie nicht zur technischen Reife entwickelt werden konnte, lag einerseits am ungenügenden Prozeßwirkungsgrad infolge zu niedriger Obertemperatur von nur etwa 450° C, andererseits an den zu niedrigen isentropischen Wirkungsgraden der Turbine und des zugehörigen Achsialverdichters. Die Behebung dieser Schwierigkeiten benötigte, wie erwähnt, weitere 30 Jahre und mehr.

Meine Damen und Herren! Ich habe aus verschiedenen Gründen die geschichtliche Entwicklung der Energietechnik, der Energieumwandlung und ihrer Theorie sowie des Wirkungsgradbegriffes und seiner Definition an Hand des Wärmekraftprozesses und zuletzt am Beispiel der thermischen Strömungsmaschine gezeigt. Einmal weil die Umwandlung von Wärme in mechanische und elektrische Energie die Grundlage der Großenergieerzeugung in den meisten Ländern gibt, während die hydraulische Energieerzeugung zwar in einigen Ländern dominiert, im Durchschnitt der gesamten Welt jedoch zurückfällt.

Ich durfte dieses Verfahren andererseits deshalb wählen, weil es das Recht des neuen Rektors und guter Brauch ist, daß er aus seinem eigenen Fachgebiet vorträgt, auch wenn ich, wie eingangs erwähnt, darüber hinausgehe. Deswegen möchte ich aber auch die übrigen Energieformen, die im weiteren Verlauf des 19. Jahrhunderts teils neu entdeckt, teils gründlicher erforscht wurden, nur cursorisch behandeln, zumal ich auf diesen Gebieten mich nicht für genügend kompetent halten darf. Für alle diese Energieformen gilt nach Helmholtz sowohl der erste Hauptsatz, nämlich das Äquivalenzgesetz, aber auch dessen Einschränkung durch den zweiten Hauptsatz, soweit Wärme beteiligt ist, insbesondere z. B. bei thermoelektrischen Energieumformungen. Zu diesen Energieformen gehören vor allem die elektrische und zusammen mit ihr die magnetische Energie, die chemische Bindungsenergie, die bei chemischen Prozessen teils in Form elektrischer Energie, teils als Wärme, teils als

Strahlungsenergie frei oder gebunden wird. Und schließlich das umfangreiche Gebiet der Strahlungsenergie selbst, die dann zur neuesten Energieform, nämlich der Atomenergie führt. Auch für diese Energieform gilt ein Äquivalenzgesetz, nämlich das Einsteinsche Gesetz der Äquivalenz von Materie und Energie. Schließlich verzeichnen wir, daß Heisenberg eine Formel entwickelt hat, die alle Energieformen einschließlich der Gravitationsenergie zusammenfaßt.

Überleitend, nicht einleitend, darf ich nun den Wirkungsgrad ganz allgemein definieren als einen dimensionslosen Zahlenwert, der ein Maßstab für die Güte der gewünschten Energieumsetzung in einem Energiewandler ist und der ermittelt wird als eine Verhältniszahl oder ein Bruch, in dessen Zähler die Nutzenergie, in dessen Nenner die dem Energiewandler zugeführte oder die aufgewendete Energie steht. In anderer Form kann man ihn auch definieren als Differenz zwischen der Einheit und dem Verhältnis der Energieverluste im Energiewandler zur aufgewendeten Energie. Daß dieser Wert immer kleiner als Eins sein muß, erwähnte schon Redtenbacher. Man kann darüber hinaus sagen, daß nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie der Wirkungsgrad auch nicht negativ sein darf. Denn der Ausdruck »Verluste« bedeutet ja nicht ein Verschwinden des entsprechenden Teils der aufgewendeten Energie, sondern nur die Tatsache, daß dieser Teil nicht nutzbar ist. Sind im Grenzfall die Verluste gleich der zugeführten Energie, so wird der Wirkungsgrad gleich Null, aber nicht kleiner. Damit komme ich auch zur Problematik des Wirkungsgradbegriffes. Denn der Begriff »nutzbar« ist ein rein menschlicher Zweckbegriff, der der unbelebten Natur fremd ist. Er ist daher zwar für den Ingenieur wichtig, nicht aber für den Physiker.

Was ist dann aber der Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses, der ja nach Clausius rein physikalisch als ein Temperaturverhältnis zu definieren ist? Was bedeutet in diesem Zusammenhang die Entropie, die ja bei verlustfreier Verdichtung oder Entspannung konstant bleibt, aber zunimmt, sobald z. B. Reibungsverluste auftreten und damit der Wirkungsgrad kleiner als Eins wird? Ist es vorstellbar, daß die Entropie, die doch auch eine rein physikalische Zustandsgröße ist, abhängig von dem menschlichen Nützlichkeitsbegriff »Wirkungsgrad« wird? In der Tat haben sich an dieser Frage die Gemüter der Physiker und Ingenieure lange erhitzt. Die Diskussion wurde schließlich durch die kinetische Gastheorie beendet, die die Wärme als ungeordneten Bewegungszustand der Moleküle definierte, während die Entropie als eine Größe erschien, die dem Logarithmus der Wahrscheinlichkeit für die Bewegung der Moleküle proportional ist. Damit wurde für den Physiker der Begriff der Nützlichkeit ersetzt durch den der Wahrscheinlichkeit, der bekanntlich in der modernen Physik eine wichtige Rolle spielt.

Aber der Begriff des Wirkungsgrades steckt voll weiterer Probleme, auf die ich an Hand einiger Beispiele kurz eingehen möchte. Wenn auch der Ingenieur entsprechend seiner Aufgabe, für den Menschen nützliche Einrichtungen zu schaffen, sich nicht wie der Physiker an dem Begriff der Nutzbarkeit stößt, so bedarf er doch der eindeutigen Definition dieses Begriffes. Diese hängt aber mit der jeweiligen technischen Aufgabe zusammen. So kann z. B. in einem Heizkraftwerk nicht nur die mechanische oder elektrische Energie, sondern auch die Wärme eine nutzbare Energieform sein. Beide Energieformen sind zwar, wie erwähnt, nach dem ersten Hauptsatz äquivalent oder besser dimensionsgleich, aber nach dem zweiten Hauptsatz nicht beliebig austauschbar, also nicht wertgleich. Es besteht also doch zwischen ihnen keine echte Gleichheit und daher auch nicht die Möglichkeit, sie im Zähler des Wirkungsgrades einfach zu addieren. Vielmehr ist die elektrische Energie eine höherwertige Energieform, da zu ihrer Erzeugung selbst bei verlustfreier Energieumsetzung in den Maschinen mehr Wärme aufgewendet werden muß, als ihrem sogenannten Äquivalenzwert, nämlich 860 kcal je kWh, entspricht. Man darf daher eigentlich beim Vergleich der beiden Nutzenergieformen Wärme und Arbeit die Heizwärme nur in der Höhe bewerten, wie aus ihr, z. B. im Kondensationsbetrieb einer Dampfturbine, noch elektrische Energie erzeugt werden könnte. In diesem Sinne kann man die abgegebene Wärmemenge eines Heizkraftwerks direkt in möglichen oder nicht ausgenützten Kilowattstunden ausdrücken. Dann sind wieder beide Nutzenergieformen echt wertgleich, und der daraus errechnete thermische Wirkungsgrad eines Heizkraftwerks ist praktisch genau der gleiche wie der eines Kondensationskraftwerks bei gleichen Werten des Hochdruckdampfes und der nötigenfalls anzunehmenden Kondensatortemperatur. Bestimmt man dagegen einen solchen thermischen Gesamtwirkungsgrad eines Heizkraftwerks in der Weise, daß man die kalorischen Wärmewerte von Nutzwärme und Nutzarbeit einfach addiert und in den Zähler setzt, so erhält man im Grunde nur etwa den Wirkungsgrad des Kessels, dessen Verluste noch um die Generatorverluste zu vermehren sind. Dagegen erscheint dann in dieser Zahl weder der Turbinenwirkungsgrad, noch die thermische Güte des gewählten Dampfprozesses, die vor allem charakterisiert ist durch Frischdampfdruck und Temperatur, Regenerativanzapfung usw. Ein solcher Wirkungsgrad wäre also völlig nichtssagend. Ich gebe zu, daß diese Meinung, die ich mit zahlreichen Kollegen teile, von anderer Seite bestritten wird. Ich behaupte aber, daß deren Auffassung ein Verstoß gegen den zweiten Hauptsatz ist.

Eine ähnliche Problematik liegt bei der Definition z. B. des Wirkungsgrades eines Dampfkessels allein vor. Er ist zunächst, grob gesehen, das Verhältnis der vom Dampf

aufgenommenen Wärme zu der aus der Kohle bei der Verbrennung frei gewordenen Wärme. Diese Energieformen sind eindeutig dimensionsgleich und wertgleich. Ebenso sind die im Kessel auftretenden Abgas- und Strahlungsverluste reine Verluste an fühlbarer Wärme, so daß der Wirkungsgrad in der einen oder anderen Weise eindeutig bestimmbar erscheint. Rechnet man aber, wie dies doch notwendig ist, den Verlusten auch den Energiebedarf der Hilfsmaschinen, wie Speisepumpen, Kohlenmühlen, Frischluft- und Abgasgebläse hinzu, so steht man wiederum vor der Frage, ob diese Energien einfach kalorisch nach ihrem Wärmewert bewertet werden dürfen. Das wäre offenbar falsch, da sie ja vorher im Kraftwerk mit einem gesamten thermischen Wirkungsgrad von bestenfalls nur etwa 35 bis 40% erzeugt werden müssen, so daß ihr wirklicher Wärmewert etwa der zweieinhalb- bis dreifache des kalorischen Wärmewertes ist. Für eine echt wertgleiche Bestimmung des Kesselwirkungsgrades muß dies berücksichtigt werden. Tut man dies nicht, so könnte in bestimmten Fällen das Paradoxon eines Kesselwirkungsgrades entstehen, der über Eins liegt. Stellt man sich z.B. einen Kessel mit Überdruckfeuerung vor, dessen Verbrennungsluft durch einen Verdichter komprimiert wird und dessen Abgase in einer Gasturbine entspannt werden, die den Verdichter antreibt, so muß das Temperaturniveau der Turbine höher liegen als das des Verdichters, wenn die Turbine den Verdichter allein antreiben soll. Kühlt man die Gase im Kessel selbst stärker ab, z. B. in einem Speisewasservorwärmer, so nimmt die Leistung der Gasturbine ab, und es müßte der Verdichtergruppe zusätzlich Leistung zugeführt werden, z. B. durch einen Elektromotor. Nun ist es denkbar, daß diese Temperaturabsenkung so weit getrieben wird, daß die Abgastemperatur nach der Gasturbine durch die Entspannung unter die Kaltlufttemperatur gesenkt wird. Bewertet man nun den zusätzlichen Energieverbrauch des Zusatzmotors rein kalorisch, so kann man auf einen Kesselwirkungsgrad über Eins kommen. Damit würde sich scheinbar die Möglichkeit eines Perpetuum mobile ergeben. Auch dieses scheinbare Paradoxon ist auf die Mißachtung des zweiten Hauptsatzes zurückzuführen, nach welchem eben Wärme und elektrische Energie nicht echt wertgleich sind. Hierauf gründet sich auch mein Bedenken gegen die international vereinbarte Abschaffung der Kalorie und ihren Ersatz durch die Arbeitseinheit Joule. Auch hier könnte man von einer Mißachtung des zweiten Hauptsatzes sprechen, die z. B. dazu führt, daß man bei Leistungsangaben von Atomkraftwerken immer erst fragen muß, ob elektrische oder thermische kW gemeint sind.

Noch deutlicher wird das scheinbare Paradoxon eines Wirkungsgrades über Eins bei der Wärmepumpe. Bei dieser ist die Nutzwärme am Austritt des Kondensators unter

Umständen das Drei- bis Vierfache der elektrischen Energie, die dem Verdichter zugeführt wird. Manche haben hierin bereits einen Widerspruch gesehen zu dem Grundsatz von der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile, die ja identisch wäre mit einem Wirkungsgrad über Eins. Auch hier liegt nur eine Mißachtung des zweiten Hauptsatzes vor, in dem unzulässigerweise wiederum Wärme und Arbeit kalorisch gleichwertig gesetzt werden, was, wie erläutert, unzulässig ist. Diese Beispiele ließen sich beliebig vermehren.

Schließlich möchte ich noch kurz auf die Frage eingehen, ob ein Wirkungsgrad kleiner als Null denkbar ist. Ich habe vorher erwähnt, daß auch dies ein Verstoß schon gegen den ersten Hauptsatz wäre, da dann nämlich die Verluste größer als die Energiezufuhr sein müßten. Trotzdem kann es mitunter – mit entsprechendem Vorbehalt – zweckmäßig sein, einen negativen Wirkungsgrad anzunehmen. Dies ergibt sich z.B. bei der Betrachtung des Stufenwirkungsgrades einer Turbinenstufe, wenn der Durchsatz des Treibmittels immer mehr vermindert, die Drehzahl aber aufrechterhalten wird. Dann kann der Fall eintreten, daß zwar die Stufe noch ein bestimmtes Druckgefälle verarbeitet, andererseits aber die Stoß- und Ventilationsverluste in dieser Stufe größer sind, als es dem verarbeiteten Gefälle entspricht. Dies macht sich thermisch bei der Expansion von Gasen oder überhitzten Dämpfen dadurch bemerkbar, daß die Temperatur hinter der Stufe trotz Druckabfalls höher ist als vorher. Dies aber würde einem negativen Wirkungsgrad entsprechen, wenn man im Nenner weiter wie im positiven Wirkungsgradbereich das Druckgefälle, im Zähler aber die Nutzleistung einsetzt, die dann negativ würde, da ja keine Leistung abgegeben, sondern verbraucht wird. In Wirklichkeit ist dies wiederum eine Definitionsfrage. Der Widerspruch löst sich, wenn man die zusätzlich zugeführte Ventilationsenergie nicht negativ im Zähler, sondern additiv im Nenner einsetzt. Dann allerdings wird der Stufenwirkungsgrad immer gleich Null, sobald in der Stufe keine Nutzleistung mehr an die Welle abgegeben wird, und er verliert damit seinen Aussagewert.

Ich glaube, daß ich Ihnen durch diese Beispiele, die z. T. mehr ein zwischengeschaltetes Fachgespräch mit den Fachkollegen unter meinen Hörern waren, für das ich den Dispens meiner übrigen Hörer erbitte, doch einen Begriff von der Problematik des Wirkungsgradbegriffes im streng physikalisch-technischen Sinne gegeben habe. Ich sagte aber bereits, daß er durch den Nützlichkeitsbegriff einen anthropomorphen Beigeschmack erhält, der die Physiker stört. Für den Ingenieur trifft dies nicht zu, denn sein Aufgabengebiet liegt ja in der Grenzzone zwischen strenger Physik und menschlicher Wirtschaft und hat also gewissermaßen zwei Gesichter. Auch der Wirkungs-

gradbegriff hat quasi einen solchen Januskopf. Aber bei gewissen Aufgaben müssen wir die menschliche Arbeit noch stärker in den Wirkungsgradbegriff mit einbeziehen. Dies sollte nicht geschehen in der rein mechanischen Weise, die, wie ich oben zitierte, der menschlichen Leistungsfähigkeit einen Wert von 6 bis 8 mkg/sec zuweist. Man kann so etwas allenfalls bei einem Pferd machen, und auch da trifft es nicht zu. Aber beim Menschen entspricht, wie übrigens Redtenbacher selbst sehr eindrucksvoll betont, eine solche mechanistische Auffassung weder der menschlichen Würde noch der Wirklichkeit. Auch der schlichteste Arbeiter ist ein Mensch mit Verstand und Seele, und diese lassen sich nicht in Meterkilogramm ausdrücken, ebensowenig wie in Kalorien. Es hat ja Zeiten gegeben, in denen uns die angeblich erforderlichen oder ausreichenden Kalorien vorgerechnet und zugemessen wurden. Fehlte nur noch, daß dann aus der geleisteten Arbeit und den zugeführten Kalorien ein menschlicher Wirkungsgrad errechnet wurde. Auch hier stellen wir also fest, daß trotz scheinbarer Äquivalenz eine echte Gleichwertigkeit oder besser Wertgleichheit nicht vorliegt, und daß man solche Rechenkünste ablehnen muß. Oder, um die Sprache des oben zitierten Aristoteles in die des Ingenieurs zu übersetzen: *ἐνέργεια* und *ἐντελεχέα* sind nicht wertgleich. Und trotzdem hat sich der Mensch selbst einen Bewertungsmaßstab für seine Arbeit oder Leistung geschaffen, der mit dem erforderlichen Vorbehalt eine Art Äquivalenzrechnung ermöglicht, das ist das Geld. Ob man diesen Geldwert in Mark und Pfennig oder in Arbeitsstunden oder besser Leistungsstunden bestimmter Art und Nützlichkeit ausdrückt, das kommt im Grunde auf dasselbe heraus. Man könnte also daran denken, analog zum technisch-physikalischen Wirkungsgrad einen technisch-wirtschaftlichen Wirkungsgrad zu definieren: als eine dimensionslose Verhältniszahl, in deren Zähler der Nutzwert, in deren Nenner der aufgewendete Wert steht, beide ausgedrückt in Geldeinheiten. Man könnte sagen, daß für eine gerechte Bewertung diese Zahl dem Wert Eins zustreben sollte, genau wie bei den technischen Wirkungsgraden. Aber ich gebe zu, daß man mit solchen Analogien sehr vorsichtig sein muß. Denn, wenn man den aufgewendeten Wert z. B. als investiertes Kapital für ein Unternehmen oder einen Bau definiert, so wird mit Recht gefordert, daß dieses Kapital nicht nur erhalten bleibt bzw. amortisiert wird, sondern auch noch sich verzinst. Damit würde der Nutzwert eines solchen Wirtschaftsenergiewandlers größer als der aufgewendete Wert und der Wirkungsgrad größer als Eins. Mag sein, daß den Streitern gegen Zinsknechtschaft und Mehrwert so etwas vorschwebte. Das darf uns aber nicht stören, denn menschliche Wertungen sind, wie gesagt, nicht den technisch-physikalischen Gesetzen und Wertungsmaßstäben unterworfen. Wenn wir also den Wirkungsgrad, der aus der Energie-

bilanz eines technischen Energiewandlers ermittelt wird, sinngemäß anwenden auf die Bilanz eines Wirtschaftsunternehmens, so müssen wir in der Definition und in den Äquivalenzgesetzen noch kritischer sein, als ich es oben für den technischen Wirkungsgrad erläuterte.

Dennoch zeigt es sich, daß eine solche Äquivalenzrechnung auf Grund der Kosten, das sogenannte Kostenäquivalent, ein sehr nützlicher Begriff bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist, wie sie z. B. bei Planungen von Dampfkraftwerken angestellt werden müssen. Besonders wertvoll ist dieser Begriff, wenn man ihn als Differentialquotienten ausdrückt, wobei zunächst kleine Änderungen des technischen Wirkungsgrades, die z. B. durch irgendwelche Verbesserungen erzielt werden mögen, verglichen werden mit entsprechend kleinen Änderungen des dafür erforderlichen Aufwandes. Analoge Rechnungen stellt man in der Technik und Physik z. B. bei Gleichgewichtsuntersuchungen an, und zwar nach dem sogenannten Prinzip der virtuellen Verschiebungen. Damit wird der Begriff des Kostenäquivalents zum Bindeglied zwischen dem technischen Wirkungsgrad und dem wirtschaftlichen Effekt oder Wirkungsgrad. So kann ein rein physikalisch-technisches Optimum durch zusätzliche Berücksichtigung des Kostenäquivalents erheblich verschoben werden. Die Bedingung dafür, ob eine technische Verbesserung wirtschaftlich noch gerechtfertigt ist, lautet dann so, daß der jährliche Gewinn an Geldwert, der durch eine technische Veränderung (Verbesserung) erreicht wird, größer oder im Grenzfall mindestens gleich sein muß dem jährlichen Mehraufwand an Geldwert (Verzinsung und Amortisation), der durch den Mehraufwand an Anlagekapital bedingt ist. Eine solche Rechnung müßte im Grunde bei allen Konstruktionen und Planungen angestellt werden und daher jedem planenden Ingenieur geläufig sein, denn nur wenn diese Rechnung das richtige Ergebnis gibt, ist die wirtschaftliche Gleichgewichtsbedingung erfüllt, für die der Ingenieur verantwortlich ist.

Durch diese Verbindung des Bilanzbegriffs mit der Verantwortlichkeit wird der Wirkungsgradbegriff im weiteren Sinne über seine technische und seine wirtschaftliche Seite hinaus zur ethischen Aufgabe. So wie der Energieingenieur zunächst die Verantwortung für die bestmögliche Ausnützung der verfügbaren Energien, also für den höchsten Wirkungsgrad der Energieumwandlung unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Seite hat, so hat im Grunde jeder Mensch an seiner Stelle die Verantwortung dafür, daß die ihm anvertrauten Energien und Werte mit bestem Wirkungsgrad, d. h. mit höchstem Nutzen, wirken können. Dieser Forderung genügen heißt aber, menschliche Arbeit möglichst nur für friedliche Zwecke anwenden! Der Wirkungsgrad der für den Krieg und im Krieg verbrauchten Energien

ist gleich oder kleiner als Null, denn jede Zerstörung bedeutet Verlust an nutzbarer Arbeit und Energie. Damit stehen wir vor den Fragen, die heute die gesamte Menschheit bewegen, und die sie in den Zustand der Unsicherheit und der Angst vor der Zukunft versetzen. Die immer raschere technische Entwicklung, die dunklen Gefahren von Tod und Vernichtung, die möglicherweise durch den unverantwortlichen Mißbrauch der ungeheuren Energien herbeigeführt werden könnten, die dem Menschen durch die Entwicklung der Atomtechnik in die Hand gegeben wurden, rufen in uns eine Stimmung hervor, wie sie aus den Worten Egmonts spricht, dem sein junger Sekretär ängstlich zuruft:

»Verzeiht mir, es wird dem Fußgänger schwindlig,
der einen Mann mit rasselnder Eile daherfahren sieht.«

Und Egmont antwortet:

»Kind! Kind! nicht weiter!

Wie von unsichtbaren Geistern gepeitscht, gehen die Sonnenpferde der Zeit mit unsers Schicksals leichtem Wagen durch; und uns bleibt nichts, als mutig gefaßt die Zügel festzuhalten, und bald rechts, bald links, vom Steine hier, vom Sturze da, die Räder wegzulenken.

Wohin es geht, wer weiß es? Erinnert er sich doch kaum, woher er kam.«

Das sind Worte einer tiefen Resignation, die zwar nicht müde, sondern mutig und kämpferisch ist. Sie kennzeichnet die heutige Stimmung vieler Menschen, ich möchte behaupten, gerade auch unter den verantwortlichen Staatsmännern. Ist aber das der Weisheit letzter Schluß? Soll und darf es bei dieser Resignation bleiben? Gewiß, Kampf ist der große Energiewandler der Natur. Aber so wie die Ingenieure für den Einsatz der technischen Energien mit dem Ziele bestmöglichen Nutzens verantwortlich sind, so sollten die Staatsmänner der Welt ihre höchste Aufgabe darin sehen, die kämpferischen Energien der Völker nicht für die Vernichtung, sondern für die Schaffung nützlicher Werte im Sinne besten Wirkungsgrads einzusetzen. Mit nützlichen Werten ist dabei nicht bequemer und hohler Genuß gemeint, sondern die Erhaltung und Förderung von Gütern und Werten, die der Würde des Menschen gemäß sind. Und so möchte ich an den Schluß meiner Ausführungen die bekannten Verse aus dem letzten Akt des »Faust« setzen, der an seinem Lebensabend zum Ingenieur geworden ist. Da murmelt Mephisto:

»In jeder Art seid ihr verloren; –
Die Elemente sind mit uns verschworen,
Und auf Vernichtung läuft's hinaus.«

Doch Faust spricht:

»Ja! diesem Sinne bin ich ganz ergeben,
Das ist der Weisheit letzter Schluß:
Nur der verdient sich Freiheit wie das Leben,
Der täglich sie erobern muß.
Und so verbringt, umrungen von Gefahr,
Hier Kindheit, Mann und Greis sein tüchtig Jahr.
Solch ein Gewimmel möcht' ich sehn,
Auf freiem Grund mit freiem Volke stehn.
Zum Augenblicke dürft' ich sagen:
Verweile doch, du bist so schön!
Es soll die Spur von unsern Erdentagen
nicht in Äonen untergehn.« –

Meine Damen und Herren!

Ich hoffe, daß Sie mir die kleine Fälschung dieses Zitats verzeihen werden.