

ALMA MATER AQUENSIS

Berichte aus dem Leben der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen



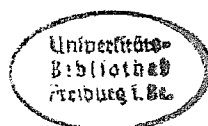
VERLAG W. GIRARDET • ESSEN

1963 T 103

Bestellnummer 0810

Alle Rechte vorbehalten, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung

Druck W. Girardet, Essen . Printed in Germany . 1963



Die Amtszeit 1961 bis 1963

Ansprache des scheidenden Rektors, Professor Dr. phil. Martin Schmeißer

Zum vierten Male habe ich heute die Gelegenheit, in Anwesenheit einer stattlichen Anzahl von Gästen einen Bericht über das Hochschulgeschehen der letzten Zeit zu geben. Dieser heutige — letzte — Bericht des scheidenden Rektors soll, bewährtem Brauch entsprechend, darüber hinaus eine Zusammenfassung dessen sein, was in zwei Rektoratsjahren zu Nutz und Frommen der Alma Mater geschehen ist.

Ein solcher Bericht müßte, wenn der Chronist dem Perfektionismus huldigen wollte, sehr umfangreich und damit zeitraubend sein. Zur persönlichen Abneigung gegen jedweden Perfektionismus gesellt sich aber die bereits dreimal gemachte Erfahrung, daß die Gäste um so mehr von solch einer Veranstaltung angetan sind, je knapper der Semesterbericht gehalten wird. Sollten wir aus dieser Erkenntnis heraus die Extrapolation vornehmen, daß ein Bericht dann einer maximalen Wertschätzung zustrebt, wenn seine Länge gegen Null konvergiert? Hiergegen muß ich die berechtigten Interessen der Hochschule anmelden, die einen Tag wie den heutigen nutzen muß, um der Öffentlichkeit gegenüber Zeugnis abzulegen von ihrem Tun und Trachten.

Lassen Sie mich — was ich in den vergangenen zwei Jahren so oft tun mußte — einen Kompromiß finden, der allen Beteiligten gerecht wird: In nur relativ wenige Minuten beanspruchenden Ausführungen möchte ich Ihnen die wesentlichen Geschehnisse der letzten zwei Jahre darstellen und die sich daraus ergebenden Pläne ableiten, während Sie alle Einzelheiten aus dem gedruckten Bericht erfahren sollen, der Ihnen gleichzeitig überreicht wird.

Dieser Bericht schließt an die Schrift „Die Entwicklung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen von 1949—1959“ an, die der damals scheidende Rektor, Professor Dr. H. Opitz, bei der Rektoratsübergabe am 11. November 1959 vorgelegt hat. Er soll noch ein wenig mehr sein: er soll einen Übergang darstellen zu einem zukünftig häufiger erscheinenden Jahrbuch der Aachener Hochschule, diesem Jahrbuch, dessen bestmögliche Form aus einen Übergang heraus in der Zukunft

erst gefunden werden soll. Betrachten Sie die kleine Schrift, für deren Zustandekommen ich Herrn Assessor Schuster herzlichsten Dank schulde, demgemäß auch nicht vom Blickwinkel des Perfektionismus her, sondern geben Sie uns — das ist meine herzliche Bitte — Anregungen für mögliche Verbesserungen.

In der Öffentlichkeit gilt — besonders nach dem Erscheinen der Gutachten des Wissenschaftsrates — das besondere Interesse immer wieder der Entwicklung der Lehrstühle: deren Zahl konnte von 1961 bis heute von 97 (80 Ordinarien und 17 Extraordinarien) auf 119 (99 Ordinarien und 20 Extraordinarien) erhöht werden. Sie liegt damit nur knapp unter dem nach den Ausbauplänen für die ersten fünf Jahre vorgeschlagenen „Soll“ von 125 planmäßigen Lehrstühlen und wird im kommenden Jahre, wenn die Hochschule die beantragten sieben neuen Lehrstühle erhält, bereits vor der Zeit dieses „Soll“ überschritten haben.

Daß von diesen 119 Lehrstühlen 24 (14 Ordinariate, 10 Extraordinariate) zur Zeit unbesetzt sind, darf, wie schon in den vergangenen Semestern dargetan wurde, nicht der Hochschule angelastet werden, sondern ist beredter Ausdruck für die allenthalben wachsende Schwierigkeit, die zur Besetzung geeigneten und auch bereiten Persönlichkeiten zu finden.

Nicht weniger groß ist die Sorge auf dem Sektor der neben den Lehrstühlen notwendigen Dauerstellen, für die sich der durchaus durch Besseres ersetzenswerte Name „Mittelbau“ eingebürgert hat, und der Assistentenstellen. Mit großer Dankbarkeit registrieren wir, daß von 1961 an 15 Kustodenstellen, 205 Stellen für Oberingenieure und Assistenten sowie 150 Stellen für wissenschaftliche Hilfskräfte neu geschaffen worden sind. Noch fehlen die gesetzlichen Grundlagen für zwei immer wichtiger werdende Kategorien: die der „Abteilungsleiter“ — oder wie auch immer sie endgültig genannt werden mögen — und die der „Akademischen Räte“.

Wir begrüßen es sehr, daß bezüglich dieser Stellen der Wissenschaftsrat in letzter Zeit erneut aktiv geworden ist, zumal gerade von Aachen aus

die Schaffung der Abteilungsleiterstellen — damals unter der Bezeichnung „Extraordinarius neuer Art“ — angeregt worden ist.

Es bleibt zu hoffen, daß die erst sehr spät wieder entfachte Diskussion um die neuen Stellenkategorien nicht verzögernd auf die endlich in die entscheidende Endphase getretene Besoldungskorrektur und Kolleggeldneuordnung einwirkt.

Lassen Sie mich abschließend zu diesem Kapitel die erfreuliche Tatsache vermerken, daß sich seit 1961 22 Kollegen (im letzten Semester 7) habilitiert haben.

Die personellen Veränderungen müssen im engen Zusammenhang mit der Entwicklung der Neubauten gesehen werden:

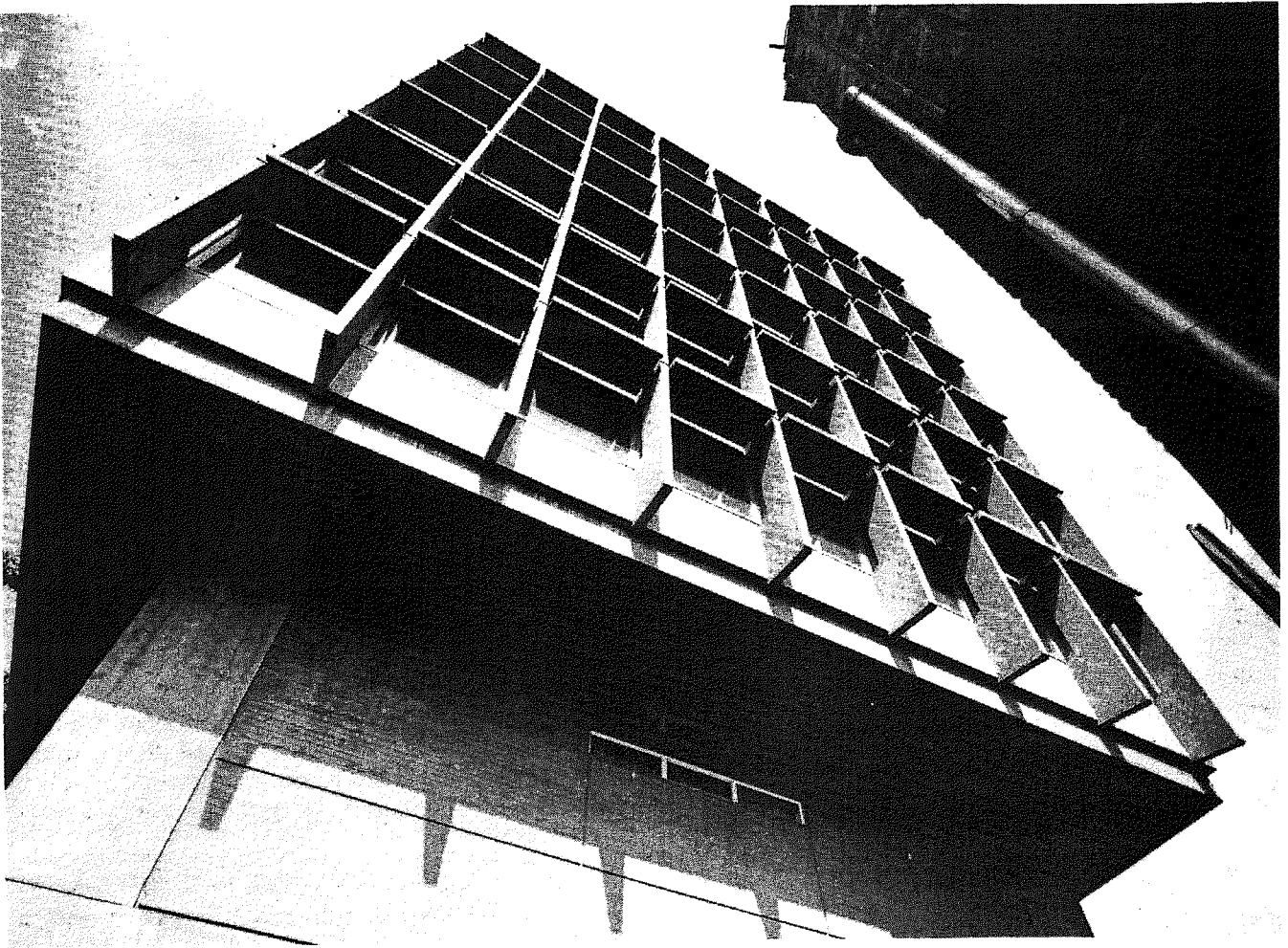
Die Nennung der nüchternen Zahlen:

Bausumme für 1962: 16 707 000 DM

Bausumme für 1963: 13 398 700 DM

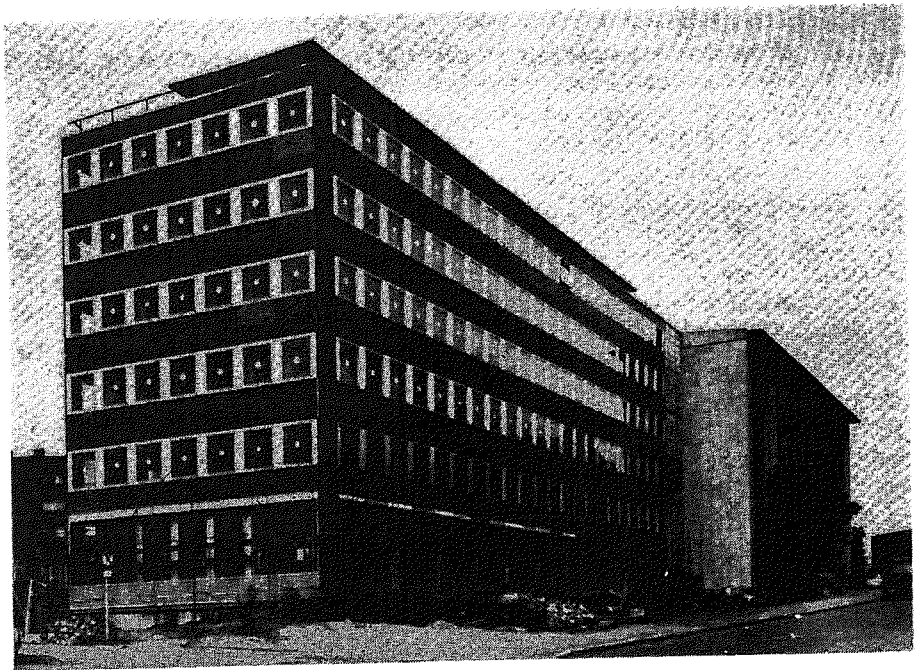
verpflichtet uns zwar zum Dank den bewilligenden Stellen gegenüber, läßt aber nicht erkennen, daß hinter diesen Zahlen eine beachtliche Dramatik verborgen ist. Mein Amtsvorgänger, Herr Professor Winterhager, hat diese schon 1961 — an dieser

Das im Bau befindliche Sammelgebäude der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften
Architekt: Professor Erich Kühn



Das im Bau befindliche Institut für Luftfahrt

Architekt: Regierungsbaudirektor Schlüter, Staatshochbauamt für die Technische Hochschule Aachen



Stelle — an einem einfachen Kinderspiel exemplifiziert, bei dem das Kind zwar die Genehmigung zum schrittweisen Vorrücken erhält, aber in der Freude über weitere Vorrückmöglichkeiten nur allzu leicht an widrigen Einwänden scheitert und wieder um viele Schritte zurückgeworfen wird.

Leider gilt das Gleichnis in vollem Umfange noch heute.

Die im Laufe des Jahres vorhandene Hochstimmung über die im nächsten Etatsjahr zu erwartende Bausumme schlug leider jeweils kurz vor den entscheidenden Verhandlungen über den Bauetat durch die in den Blickbereich tretenden Gespenster: Baustop, Konjunkturüberhitzung, Finanzausgleich, „gepflegte Armut“ des Landes — wie es der Ministerpräsident ausdrückt — in so tiefe Depression um, daß die gütigen Feen, die anzurufen in derartigen Situationen nur übrigbleibt, zwar der allertiefsten Depression wieder ein wenig abhelfen, aber doch einen deprimierten Organismus zurücklassen, der nicht das leisten kann, was er will und muß.

Mit anderen Worten: Bei aller Dankbarkeit für das Gewährte und für das Verständnis der beteiligten Ministerien muß ich auf die fundamentale Wichtig-

keit eines ausreichenden — das heißt: höheren — Bauetats verweisen, wenn die Hochschule die durch den Wissenschaftsrat vorgezeichnete Entwicklung nehmen soll. Wie stark die Rückwirkung der bewilligten Bausummen auf das übrige Hochschulgeschehen ist, mag daraus ersehen werden, daß sich der Senat entschließen mußte, die so wichtige Beantragung von neuen Lehrstühlen — vor allem von Parallellehrstühlen — von der Möglichkeit ihrer räumlichen Unterbringung abhängig zu machen.

Wenn es dennoch gelang, durch den am Ende des letzten Sommersemesters geglückten Erwerb der bisherigen Laboratorien der Firma Philips, die durch Erstellung eines Neubaus frei geworden waren, eine fühlbare Entlastung von der ständigen Sorge um die erste vorläufige Unterbringung neuberufener Kollegen zu schaffen, wäre es doch ein Fehlschluß, zu glauben, daß in Anbetracht dieses Glücksfalles bei der Errichtung neuer Institutsgebäude auch nur vorübergehend eine Verlangsamung eintreten dürfte. Dem Kanzler der Hochschule, Graf Stenbock-Fermor, gebührt für die dem Erwerb des Philips-Laboratoriums vorausgegangenen langwierigen und mühevollen Verhandlungen die dankbare Anerkennung der Hochschule.

Unabhängig hiervon ist mit Freude zu berichten, daß im letzten Jahr die große Sporthalle als muster-gültige Anlage und das Institut für Leibesübungen fertiggestellt werden konnten. Bei dem Bau, der der Gesamtheit der Hochschule ganz besonders am Herzen liegt, dem Bibliotheksgebäude, läßt sich glücklicherweise endlich die baldige Fertigstellung des Rohbaues voraussehen.

Seit Jahren ist die Hochschule an der Schaffung eines Gästehauses interessiert, das gleichzeitig als gastlich-repräsentatives Zentrum und als Wohn-möglichkeit für Gastprofessoren mit ihren Familien dienen soll. Die finanziellen Grundlagen dafür konnten durch eine großzügige Spende der Firma Fried. Krupp, Essen, und einen seitens der „Stiftung Volkswagenwerk“ in Aussicht gestellten erheblichen Betrag geschaffen werden. Die für das Gästehaus erstellten Pläne haben mittlerweile die Billigung des Senats gefunden, so daß, wenn die Bürokratie das Ihre dazu getan haben wird, in absehbarer Zeit mit dem Baubeginn gerechnet werden kann.

Zur Erleichterung der Wohnsorgen unserer Studenten konnten das Demag-Kolleg und das Faho-Heim fertiggestellt und in feierlicher Form ihrer Bestimmung übergeben werden. Es ist mir ein Bedürfnis, auch an dieser Stelle nochmals den Dank der Hochschule an die Demag und an unsere Freundesgesellschaft zum Ausdruck zu bringen. Möge die in diesen Heimen satzungsgemäß vor-gesehene Art des studentischen Wohnens sich in der Praxis so bewähren wie die Organisationsform des Studentendorfes und des Studentenheimes an der Turmstraße.

Daß es mir beschieden war, in meiner Amtszeit das Richtfest des ersten der vier am Lousberg geplanten Studentenwohntürme zu begehen, erfüllt mich mit besonderer Freude. In diesem größeren Rahmen darf ich noch einmal das wiederholen, was ich beim Richtfest nur einem kleinen Kreis von Teilnehmern nahebringen konnte: Die Aachener Hochschule ist stolz auf die geschaffenen und noch zu erstellenden Wohnheime; sie ist aber überzeugt davon, daß alle Arten des studentischen Wohnens — von der „Studentenbude“ über die Häuser der studentischen Vereinigungen zu den besonders organisierten Großwohnheimen — an der Hoch-schule gleichberechtigt ihren Platz haben müssen.

Nur am Rande sei vermerkt, daß sich die Sorge für unsere Studenten nicht nur auf die Beschaffung

von Wohnraum beschränkt. Mit großer Genugtuung gedenkt der scheidende Rektor der hervorragenden Zusammenarbeit mit den offiziellen Organen der Studentenschaft, dem Studentenparlament sowie dem Allgemeinen Studentenausschuß. Ich kann der Versuchung nicht widerstehen, pharisäerhaft aus-zurufen: Mögen doch alle scheidenden Rektoren unserer Hochschule Gleiches am Schlusse ihrer Amtszeit feststellen können! Es sei als Zeichen der guten hier herrschenden Atmosphäre mit Aner-kennung vermerkt, daß der Aachener ASTA in jüngster krisenhafter Situation zwischen Studenten-werk und Studentenschaft seine Zusammenarbeit mit dem örtlichen Studentenwerk nicht auf-gekündigt hat.

Im letzten Semester waren 10186 Studenten, davon 1847 Ausländer immatrikuliert, während in dem jetzt beginnenden Semester — wie vor einem Jahr — mit etwa 10 500 Studenten — unter denen etwa 1900 Ausländer sein werden — gerechnet werden kann.

Unseren ausländischen Kommilitonen hat auch in den vergangenen zwei Jahren die besondere Aufmerksamkeit der Hochschule gegolten. Im Etatsjahr 1963 konnte der von 1959 an sorgfältig vorbereitete Plan der Schaffung von Mentoren-stellen für die zusätzliche fachliche Ausbildung der ausländischen Studenten in den Grunddisziplinen realisiert werden. Seit 1. Januar 1963 stehen der Hochschule 25 Mentoren zur Verfügung, deren Wirken inzwischen bereits Früchte getragen hat.

Mannigfach sind die Beziehungen unserer Alma mater zu ausländischen Hochschulen. Sie finden am heutigen Tage ihren dankbar begrüßten Aus-druck in der Anwesenheit von Vertretern der Nach-barschaftshochschulen Eindhoven und Mons sowie unserer Partnerschaftshochschule Villeurbanne/Lyon.

In die Berichtszeit fallen die Besuche des Rektors und Prorektors an den uns verbundenen, weit ent-fernten Universitäten Südamerikas: der Universidad Industrial de Santander in Bucaramanga (Kolum-bien) und der Universidad Tecnica del Estado in Santiago (Chile). Diese Besuche haben die Er-kenntnis gebracht, daß aktiv unterstützende Zu-sammenarbeit weit wirkungsvoller durch Entsen-dung jüngerer hiesiger Kollegen nach Südamerika als durch Ausbildung einzelner Angehöriger dortiger Hochschulen in Deutschland vor sich gehen sollte.

Seit Jahren zählt die internationale technische Zusammenarbeit zu den besonderen Anliegen der Hochschule. Ich bin glücklich, berichten zu können, daß das der Hochschule angeschlossene „Forschungsinstitut für Internationale Technische Zusammenarbeit“ nach einer nervenaufreibend langen Periode ohne hauptamtlichen Leiter seit dem 1. August dieses Jahres durch die Berufung von Herrn Kollegen Havemann, der gleichzeitig Inhaber des neu geschaffenen Ordinariats „Internationale technische Zusammenarbeit“ an der Hochschule wurde, wieder eine Führungsspitze hat.

Dreifachen Dank habe ich an dieser Stelle auszusprechen: Herrn Staatssekretär Professor Brandt danke ich für die außergewöhnliche Mühe, die er in der schwierigen Krisenzeit des „Interregnums“ für den Weiterbestand und die geplante Ausweitung des seinerzeit von ihm initiierten Instituts aufgewandt hat. Herrn Kollegen Hermann Schenck gilt dankbare Anerkennung dafür, daß er die besagte „Durststrecke“ durch die kommissarische Leitung des Instituts — die er neben seiner vielfachen Arbeit auf sich genommen hat — überbrücken half. Herrn Staatsminister a. D. Dr. Middelhauve gebührt uneingeschränkte Anerkennung dafür, daß er trotz schwerer — inzwischen überwundener — Krankheit im November 1962 den Vorsitz im „Verein zur Förderung des Forschungsinstituts für internationale technische Zusammenarbeit an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen“ übernommen und in nie erlahmender Einsatzbereitschaft eine neue Satzung des Vereins und die aus kompetentesten Mitgliedern bestehenden Gremien — Vorstand und Kuratorium — geschaffen hat.

Der Bericht eines scheidenden Rektors kann nicht vorbeigehen an einer Stellungnahme zum viel diskutierten Fragenkomplex „Hochschulreform“. Erlauben Sie mir, das persönliche Bekenntnis abzulegen, daß die Hochschulreform nie eine schlagartig einsetzende Umgestaltung des jetzt Bestehenden sein kann, sondern daß sie sich aus der Analyse der historischen Entwicklung und der vorhandenen, wechselvollen — oft Verbesserung erheischenden — Realitäten entwickeln muß. Diese Entwicklung kann daher nicht auf Vorstellungen basieren, die ich als emotionellen „Reformismus“ bezeichnen würde, sondern setzt nüchterne Aktivität im Detail voraus.

Ich glaube, daß die Aachener Technische Hochschule von sich behaupten darf, auf dieser Grundlage in der letzten Zeit wiederum einige Schritte nach vorn getan zu haben:

Der vom Wissenschaftsrat geforderte — und in offiziellen Verlautbarungen immer wieder hervorgehobene — Ausbau der „Mittelbaustellen“ wurde, wie ich eingangs dargetan habe, tatkräftig betrieben.

Die Studienpläne wurden weiterhin der fortschreitenden Entwicklung angepaßt.

Seit dem 5. Januar 1962 ist das sorgsam vorbereitete Aufbaustudium für Diplom-Wirtschaftsingenieure angelaufen. Die Zahl von 250 Studenten dieser Richtung hat schon in der kurzen Zeitspanne des Anlaufs die Notwendigkeit dieser neuen Ausbildungsmöglichkeit erwiesen.

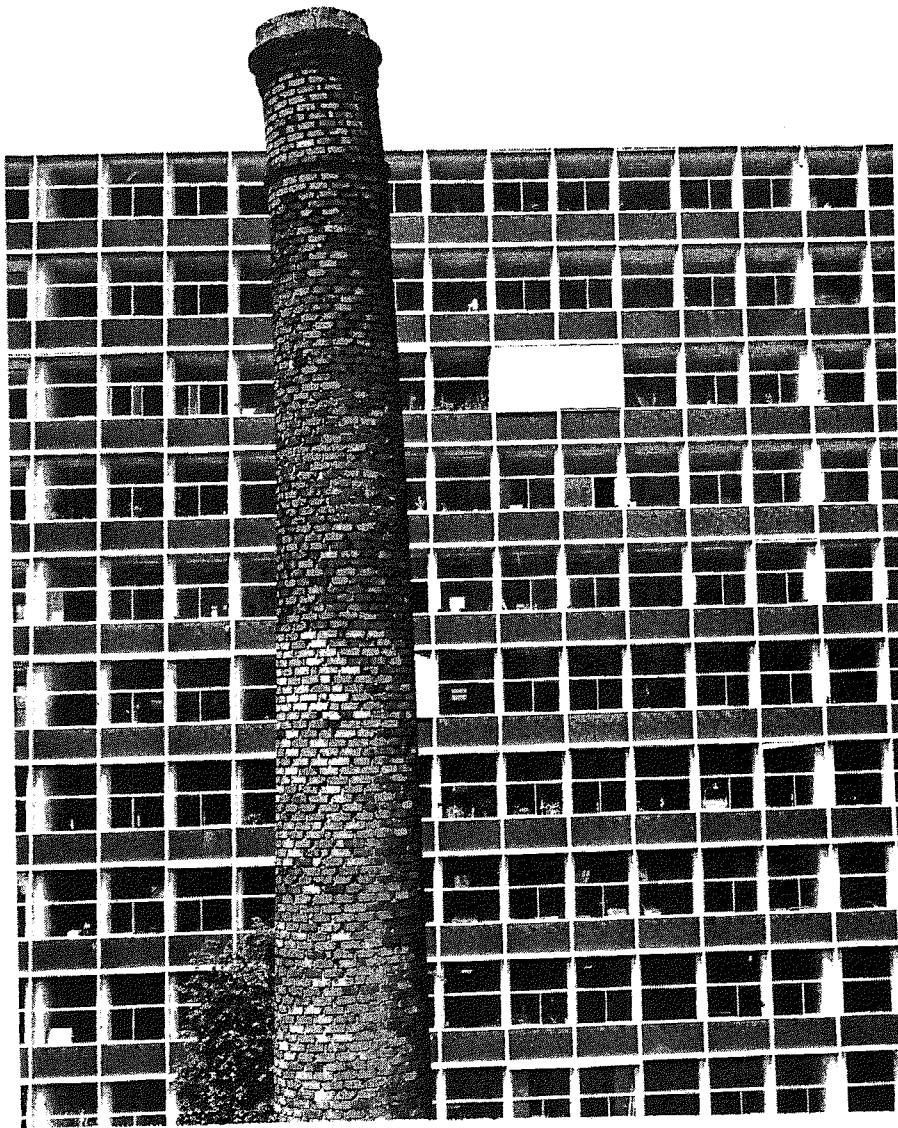
Am 21. Dezember 1962 wurde der Hochschule auf ihren Antrag hin das Recht der Promotion zum Dr. rer. pol. erneut verliehen, nachdem dieses Recht fast zwei Jahrzehnte geruht hatte.

Kurze Zeit vorher (am 23. Oktober 1962) hatte die Hochschule beim Kultusministerium des Landes das Recht zur Verleihung des Dr. phil. beantragt.

Beide Anträge müssen unter dem übergeordneten Gesichtspunkt einer neuen, für alle Fakultäten geltenden Promotionsordnung gesehen werden, die nach gründlichen Beratungen in den Fakultäten und im Senat am 15. Juli 1963 dem Herrn Kultusminister zur Genehmigung vorgelegt worden ist.

Leitgedanke dieser Promotionsordnung ist die prinzipielle Möglichkeit der Verleihung der verschiedenen Doktorgrade durch alle Fakultäten, wodurch dem immer stärkeren Ineinandergreifen der verschiedenen Wissensgebiete am besten Rechnung getragen werden kann. Dieses „Reformwerk“ hat seine Parallele in den Intentionen des Gründungsausschusses für die Ruhr-Universität Bochum, die im wesentlichen auf das Finden der optimalen organisatorischen Formen einer Verzahnung der Wissensgebiete abzielen.

Der weitestgehende Schritt nach vorn darf wohl in der Angliederung einer Medizinischen Fakultät an die Hochschule gesehen werden. Dem diesbezüglichen Antrag an das Kultusministerium wurde am 29. Januar 1963 zunächst in der Form entsprochen, die Krankenanstalten der Stadt Aachen zum klinischen Teil einer Medizinischen



**Neubau des Sammelgebäudes der
Fakultät für Maschinenwesen**
**Architekt: Regierungsbaudirektor
Schlüter, Staatshochbauamt für die
Technische Hochschule Aachen**

Fakultät auszubauen. Die inzwischen geführten Verhandlungen haben aber ergeben, daß die Planung gleich von vornherein auf eine Vollfakultät, d. h. auch auf den vorklinischen Teil der medizinischen Ausbildung abgestellt werden muß. Zur Zeit laufen die zwischen dem Kultusministerium und der Stadt Aachen primär notwendigen Vertragsverhandlungen zur Festlegung der Bedingungen für die Übergabe der Städtischen Krankenanstalten Aachen an das Land Nordrhein-Westfalen.

Diese stehen kurz vor ihrem Abschluß, brauchen aber verständlicherweise ihre Zeit, da es gilt, in dieser verwaltungstechnisch recht schwierigen Materie vom Start an klare Verhältnisse zu schaffen, um so zukünftig vor dem andernfalls immer wieder zu erwartenden Stoßseufzer: „Der Teufel sitzt im Detail“ gefeit zu sein.

So sehr Fernstehende anfangs verwundert sein mögen, wenn sie von dem Plan hören, einer Technischen Hochschule eine Medizinische Fakultät

einzufügen, so drängt sich dem, der diesen Fragenkomplex intensiv durchdenkt, die Frage auf, wieso nicht schon längst eine Ehe zwischen technischen und medizinischen Fakultäten vollzogen wurde. Bei kaum einer andern Symbiose sind nämlich derartig viele ausbaufähige Wechselbeziehungen erkennbar wie bei den Bereichen Medizin und Technik.

Ein Bericht wie der vorliegende soll ein Tatsachenbericht sein, das heißt, er soll nur von dem handeln, was bereits in Senatsbeschlüssen oder Ministerialerlassen seinen aktenkundigen Niederschlag gefunden hat. Erlauben Sie mir aber an dieser Stelle ein zweites Mal eine persönliche Meinungsäußerung. Sie betrifft die naheliegende Frage nach der weiteren Entwicklung der Hochschule. Ich glaube, daß der Vereinigung von Medizin und Technik zwangsläufig das Zusammenwirken von Ingenieur- und Geisteswissenschaften folgen wird. Ob und wie weit diese Entwicklung nicht unabweislich nach einer philosophischen Fakultät ruft, ist eine Frage, die außerhalb dieses Berichtes steht.

Bevor ich diesen Bericht beende, drängt es mich, den Herren Abgeordneten des Landtags, insbesondere den Vorständen der Landtagsfraktionen auch hier einmal Dank für das mir bei zahlreichen Besuchen entgegengebrachte Verständnis und die daran anschließend entfaltete Initiative zu sagen, als es galt, die allen Hochschulen des Landes zugute kommenden Forschungsmittel des Etattitels 612 um 7 Millionen von 13 auf 20 Millionen DM zu verstärken. Diese Mittel versetzen uns in die Lage, eine große Anzahl von Forschungsaufgaben, die an bestimmte Aufträge gebunden sind, durchzuführen bzw. in Angriff zu nehmen. Darüber hinaus ist in Verfolg von Gesprächen, die bereits zweimal anläßlich der jährlichen Etatberatungen mit dem Kultusministerium verständnisvoll geführt worden sind, noch einmal nachdrücklich auf die Notwendigkeit hinzuweisen, die Hochschule zukünftig mit noch größeren Mitteln auszustatten, die es erlauben, deren Verteilung nicht nur—wie bisher—unter dem Aspekt der vordringlichsten Bedürfnisse für die Lehre vorzunehmen, sondern sie auch für die generelle Förderung der nicht an einen Auftrag gebundenen Forschung einzusetzen. Es muß möglich sein—, wie es meine Amtsvorgänger auch schon dargetan haben—, neben den nur relativ kurzfristig wirkenden, überwiegend im Lehrbetrieb eingesetzten Assistenten Forschungskräfte in Dauerstellung zur Verfügung zu haben, um grundlegende und

langfristige Forschungsvorhaben durchführen zu können.

Dieser Fragenkomplex geht in seiner allgemeinen Bedeutung für alle Hochschulen des Landes bereits über das hinaus, was als spezifischer Bericht über die Aachener Hochschule anzusehen ist. Es ist daher angebracht, ein Wort zu einem ebenfalls nicht nur die Aachener Interessen berührenden Stichwort zu sagen. Dieses heißt: „Technische Hochschule Dortmund“.

Nachdem die Landesregierung im Juni 1962 die Gründung einer Technischen Hochschule in Dortmund beschlossen hatte, sind in der ersten Hälfte dieses Jahres vom Kultusminister drei Mitglieder des Lehrkörpers unserer Hochschule in den Gründungsausschuß für die neue Hochschule berufen worden: Die Altrektoren Professor Flegler, Professor Winterhager und der scheidende Rektor, der mittlerweile zum Vorsitzenden dieses Gründungsausschusses gewählt wurde.

Mit dem Beschluß der Landesregierung und der anschließend gegebenen Zusicherung, daß der Ausbau der bestehenden Hochschulen des Landes durch die Neugründungen nicht beeinträchtigt werden wird, ist ein Kapitel Hochschulgeschichte mit der Überschrift „Aachen contra Dortmund“ geschlossen worden. Es ist nun klar ersichtlich, daß die Aachener Hochschule, vertreten durch drei ihrer Mitglieder, aktiv an der bestmöglichen Gestaltung der neuen Hochschule mitwirken wird.

Für den 18. November dieses Jahres ist der Dortmunder Gründungsausschuß nach Aachen eingeladen worden, um die Struktur einer Technischen Hochschule an Ort und Stelle kennenzulernen.

Ein letztes Wort gilt einem Projekt, das abermals die Stadt Aachen und die Hochschule gemeinsam angeht: dem Bau einer gemeinsam zu errichtenden Kongreßhalle. Sensationelles ist über den Fortgang dieses Projektes zur Zeit nicht zu berichten; es ist aber eindeutig festzustellen, daß die Notwendigkeit zur Schaffung einer Kongreßhalle unvermindert weiterbesteht und daß das Interesse der Hochschule daran ebenso unvermindert stark ist. Stadt und Hochschule gleichermaßen konzentrieren zur Zeit aber ihr Hauptinteresse auf die Medizinische Fakultät, um dann, wenn die sich daraus ergebenden finanziellen Belastungen klar erkennbar sind, das gesteckte Ziel mit der gebührenden Aktivität weiter zu verfolgen.

Damit bin ich am Ende meines Berichtes angelangt, der eine objektive Schilderung dessen werden sollte, was sich im Bereiche unserer Alma Mater in den letzten zwei Jahren zugetragen hat; einschränkend muß ich bekennen, daß ich der Verlockung nicht widerstehen konnte, einige subjektive Akzente zu setzen. Bei der Abfassung fühlte ich mich bisweilen wie jener Seemann der griechischen Sage: hie die Skylla, wegen unvollständiger Berichterstattung der mangelnden Pflichterfüllung geziehen zu werden — da die Charybdis, sich durch allzu perfektionistische Aufzählung des Geschehenen der Effekthascherei verdächtig zu machen.

Ich kann nur hoffen, daß es mir gelungen ist, beiden Verhängnissen zu entgehen.

Meine Empfindungen am Schluß der zwei Amtsjahre kann ich — da die Klassische Lyrik nichts Anwendbares aussagt — nur in einem selbstverfaßten Gedicht im Stile Eugen Roth's ausdrücken:

Ein Mensch, der seines Amtes ledig,
Wünscht sehnlich: „Kritisiert mich gnädig!“
Er war bemüht zwei Jahre lang,
Zu demonstrieren Tatendrang;
Doch nun, am Ende, weiß er nicht,
Ob er erfüllt hat seine Pflicht.
Gar viel blieb ungetan zurück;
Das schafft der Nächste — welch ein Glück!
Der Mensch, erleichtert irgendwie,
Kehrt nun zurück zur Alchimie.

Das Problem der Anpassung in der elektrischen Nachrichtentechnik

Rektoratsrede von Professor Dr.-Ing. Volker Aschoff

Einleitung

Wenn ein Rektor das ehrenvolle Amt übernimmt, zu dem ihn das Vertrauen seiner Kollegen berief, stattet er nach alter akademischer Sitte den Dank für dies Vertrauen durch einen Vortrag aus seinem Arbeitsbereich ab. Lassen Sie mich diesem Brauche folgen und heute über das Problem der Anpassung in der elektrischen Nachrichtentechnik berichten.

Die Welt, in der wir leben, ist erfüllt von mannigfaltigen Organismen, die untereinander und mit ihrer Umwelt in ständiger Kommunikation stehen. Je differenzierter diese Organismen sind, desto deutlicher lassen sie erkennen, daß ihre wechselseitigen Beziehungen im Austausch von Stoff, Energie und Nachricht bestehen. Unter Nachricht verstehen wir dabei alles, was der Verständigung zwischen räumlich oder zeitlich getrennten Teilen von Systemen dient, in denen Signale übertragen oder gespeichert werden können.

Solche Systeme können in den Organismen selbst vorhanden sein, sie können in der physischen Umwelt von Natur aus bereitgestellt sein, oder sie können vom Menschen künstlich geschaffen werden. Die folgenden Ausführungen möchten am Beispiel der elektrischen Signalübertragung zeigen, daß die Entwicklung technischer Nachrichtensysteme dann zu besonders zweckmäßigen Lösungen führt, wenn die einzelnen Teile des Systems nach Gestalt, Aufbau und Wirkungsweise möglichst gut zueinander passen.

Der Ingenieur steht hier vor der Aufgabe, die Bedingungen zu analysieren, unter denen dies „zueinander passen“ optimal erfüllt ist, und Wege zu suchen, auf denen die aus der Analyse gefolgerten Forderungen technisch und wirtschaftlich realisiert werden können. Wir nennen diesen Aufgabenkomplex das Problem der Anpassung. Es scheint geeignet, spezifische Arbeitsmethoden der Ingenieurwissenschaften beispielhaft aufzuzeigen, ihre Auswirkung auf die technische Entwicklung ganz allgemein zu erörtern und abschließend einige Schlüsse auch auf das menschliche Verhalten in einer technisierten Umwelt zu folgern.

I.

Das Wesen einer Nachricht kann von zwei sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet werden: Auf der einen Seite ist eine Nachricht für einen Empfänger nur dann relevant, wenn ihr eine verstehbare innere Bedeutung zukommt; auf der anderen Seite kann ein Empfänger oder ein Empfangsgerät eine Nachricht nur dann wahrnehmen, wenn sie in der physischen Welt durch eine meßbare äußere Erscheinungsform abgebildet wird.

Mit der inneren Bedeutung von Nachrichten beschäftigt sich die Semantik. Im Rahmen unserer Betrachtungen über das Problem der Anpassung in der elektrischen Nachrichtentechnik kann dieser Aspekt ausgeschieden werden. Um so wesentlicher ist dafür die Betrachtung der beobachtbaren Strukturen einer Nachricht, die wir Nachrichtenfunktion oder Signalfunktion der Nachricht nennen wollen, eine Betrachtungsweise, die ich im Gegensatz zur semantischen die synthematische nennen möchte.

Dieser Dualismus in der Betrachtungsweise der Nachricht sei an einem einfachen Beispiel erläutert: Der Empfänger eines Telegramms interessiert sich in erster Linie für die semantische Information, die er dem Text entnehmen kann. Die Bundespost dagegen darf sich — mit Rücksicht auf die im Grundgesetz geforderte Wahrung des Post- und Fernmeldegeheimnisses — nicht für den semantischen Inhalt, sondern nur für den synthematischen Umfang des Textes interessieren, in diesem speziellen Fall also für die Zahl der Worte, aus denen der Text besteht und die Zahl der Buchstaben, aus denen die Worte zusammengesetzt sind.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf den synthematischen Aspekt der Nachricht. Um dies zu betonen, werde ich von jetzt ab nicht mehr allgemein von Nachrichten sprechen, sondern den Begriff der Nachrichtenfunktion und, im speziellen Fall der elektrischen Übertragungssysteme, den Begriff der Signalfunktion benutzen. Damit soll

daran erinnert werden, daß — vom Standpunkt der Synthematik aus — eine Nachricht durch meßbare Funktionen des Ortes oder der Zeit beschrieben wird.

Offenbar läßt sich eine Nachricht — bei gleichbleibender semantischer Bedeutung — durch eine Vielzahl von Nachrichtenfunktionen darstellen. Den Begriff eines Tisches kann ich Ihnen durch das gesprochene Wort „Tisch“ übermitteln, ich könnte dieses Wort aber auch von Hand aufschreiben, mit der Schreibmaschine tippen, mit Lettern setzen und drucken, telephonisch oder telegraphisch mit Hilfe elektrischer Signale übertragen oder als räumliche Konfiguration magnetischer Zustände auf einem Tonband aufzeichnen.

In diesem Beispiel wird ein und dieselbe Nachricht durch recht unterschiedliche Nachrichtenfunktionen abgebildet, die sich aber offenbar in zwei große Klassen einteilen lassen: Stetige Nachrichten, deren Signalfunktionen in Raum oder Zeit eine nur durch die Mikrostruktur begrenzte Mannigfaltigkeit aufweisen können, und quantisierte Nachrichten, die aus Kombinationen einer beschränkten Zahl vereinbarter Elemente bestehen, deren weitere Unterteilung keine für die Nachricht signifikanten Merkmale mehr enthalten würde.

Die Schallschwingungen der Sprache oder die Mehrzahl aller in Natur und Technik beobachteten Meßwerte sind Beispiele für eine in diesem Sinne stetige Nachricht, Buchstaben und Ziffern ebenso bekannte Beispiele für Elemente einer quantisierten Nachricht.

In einem elektrotechnischen System müssen Nachrichten durch elektrische oder magnetische Signale abgebildet werden. Der Ingenieur steht hier vor der Aufgabe, eine Darstellungsart zu finden, die sowohl der zu übertragenden Nachrichtenfunktion als auch dem Übertragungssystem angemessen ist. Dabei stehen ihm grundsätzlich wieder zwei Möglichkeiten offen: eine analoge Darstellung durch stetige elektrische Zeit- oder Ortsfunktionen, die der ursprünglichen Nachrichtenfunktion möglichst ähnlich sind, oder eine digitale Darstellung durch räumliche oder zeitliche Muster diskreter elektrischer Signale, die durch einen vereinbarten Code den verschiedenen Nachrichten zugeordnet werden.

Zur Erläuterung der Begriffe analog und digital sei auf folgendes Beispiel verwiesen: Das Fahrprogramm eines Eisenbahnnetzes kann in einem Weg-Zeit-Diagramm durch Kurvenscharen oder in einem Kursbuch durch Zahlentabellen beschrieben werden. Den ersten Fall würde man als analoge, den zweiten Fall als digitale Darstellung des gleichen Sachverhaltes bezeichnen können.

Im Falle der elektrischen Nachrichtenübertragung lassen sich sowohl stetige als auch quantisierte Nachrichtenfunktionen entweder durch analoge oder durch digitale Signale darstellen; die vier möglichen Kombinationen sollen an den folgenden Beispielen kurz erläutert werden.

Für den elektrischen Telegraph bot sich zur Übertragung von Buchstabentexten die digitale Darstellung durch einen Code aus einfachen Signalen an, wie ihn entsprechend einem schon 1811 von Schweigger gemachten Vorschlag Gauß und Weber 1833 und Morse 1837 vorschlugen. Der Wunsch, einen solchen Code maschinell zu speichern und zu entschlüsseln, um zu einer Klartextniederschrift zu kommen, führte Baudot 1874 zu einem fünfstelligen Binärcode, der sich bis heute in der Fernschreibtechnik bewährt hat.

Im Gegensatz zur Telegraphie begann die elektrische Telephonie mit einer analogen Signaldarstellung. Bourseul gab 1854 erstmals an, daß für eine direkte Sprachübertragung stetige elektrische Signale wünschenswert seien. 1861 gelang es dann Reis und 1876 in verbesserter Form Bell, eine analoge Signaldarstellung der Sprachschwingungen praktisch zu realisieren.

Die Fernmeßtechnik kann die im Sinne unserer Definition stetigen Meßwerte dadurch analog übertragen, daß die Amplitude eines Gleichstromes, die Frequenz eines Wechselstromes oder die Frequenz einer Impulsfolge proportional dem Meßwert gesteuert wird. Stetige Meßwerte können aber auch durch quantisierte elektrische Signale digital beschrieben werden, wenn man eine Folge von Augenblickswerten in eine endliche Zahl von Amplitudenstufen einordnet; die zeitliche Folge der Augenblickswerte und die Zahl der Amplitudenstufen legen hierbei die Unsicherheit einer solchen digitalen Beschreibung fest.

Die Voraussetzung zur elektrischen Übertragung von Bildern in Form des Fernsehens ist eine Transformation des räumlichen Nebeneinanders in ein zeitliches Nacheinander durch eine punktweise Abtastung der Vorlage, wie sie 1884 erstmals von Nipkow angegeben wurde. Wenn dabei die Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte durch stetig veränderliche Signale übertragen werden, handelt es sich um eine analoge Darstellung der Nachrichtenfunktion, und zwar auch dann, wenn die Vorlage beispielsweise in der Programmvorschau oder einem Vorspann als quantisierter Buchstaben-text vorliegt.

Diese Beispiele zeigen die verschiedenen Möglichkeiten, eine Nachrichtenquelle durch geeignete Wahl der Signaldarstellung an ein technisches Nachrichtensystem anzupassen. Obwohl dieses Problem in der logischen Reihenfolge der Realisierungsaufgaben am Anfang steht, wurde es in dem historischen Ablauf der Entwicklung erst zu einem relativ späten Zeitpunkt einer systematischen und quantitativen Untersuchung unterzogen.

1924 hatten Küpfmüller und Nyquist unabhängig voneinander erkannt, daß zwischen der Frequenzbandbreite von Telegraphensystemen und der mit ihnen erreichbaren Telegraphiergeschwindigkeit eine feste Relation besteht.

Um untersuchen zu können, ob auch bei der Übertragung anderer Nachrichtenfunktionen ähnliche Bedingungen vorliegen, war es notwendig, ein Maß für die synthematische Nachrichtenmenge einer beliebigen Signalfunktion zu finden. An dem Beispiel der Fernmeßtechnik war schon gezeigt worden, daß jede in unserem Sinne stetige Nachrichtenfunktion mit jeder sinnvollerweise zu fordernden Genauigkeit durch quantisierte Signale dargestellt werden kann. Auf Grund dieses Erkenntnis schlug Hartley 1928 vor, ein allgemein gültiges Maß für Nachrichtenmengen aus dem Aufwand abzuleiten, der zur quantisierten Darstellung der Nachrichtenfunktion notwendig ist.

Zur weiteren Erläuterung diene wieder das Beispiel der digitalen Meßwertdarstellung: hundert verschiedene Meßwerte — eine sinnvolle Menge bei einer Meßunsicherheit von 1% des Skalenendwertes — können entweder durch einen einstelligen Code eines hundertwertigen Zeichenvorrates oder — wie im Dezimalsystem — durch einen zweistelligen Code eines zehnwertigen Zeichenvorrates oder — wie

im Binärsystem — durch einen wenigstens siebenstelligen Code eines zweiwertigen Zeichenvorrates dargestellt werden.

In allen Fällen ist die benötigte Stellenzahl gleich dem Logarithmus der Zahl der darstellbaren Nachrichten. Die Wertigkeit des verwendeten Zeichenvorrates bestimmt die Basis des Logarithmus. Diese Beziehung benutzte Hartley zur quantitativen Bestimmung der Nachrichtenmenge.

Die einfachste denkbare Nachricht ist die Alternative zwischen zwei Aussagen, und das einfachste denkbare Signal der Unterschied zwischen zwei physikalischen Zuständen; deshalb erweist es sich als sinnvoll und zweckmäßig, quantitative Angaben über Nachrichtenmengen durch die Zahl von Alternativen oder die Zahl von Elementarsignalen anzugeben, die zur Auswahl oder Darstellung einer speziellen Nachricht notwendig sind. Diese Angabe erhält man, wenn man in Hartleys Formel für die Nachrichtenmenge den Logarithmus zur Basis Zwei benutzt. Nach dem zweiten Weltkrieg hat es sich eingebürgert, diese Rechenregel dadurch zu kennzeichnen, daß dem Ergebnis der Zusatz Bit — von binary digit — beigefügt wird, ähnlich wie man andere logarithmische Rechenregeln durch die Zusätze Heper oder Dezibel kennzeichnet.

Nachdem Hartley so ein quantitatives Maß für Nachrichtenmengen gefunden hatte, konnte er das von Küpfmüller und Nyquist für Telegraphenzeichen formulierte Zeitgesetz verallgemeinern: Die in der Zeiteinheit übertragbare Nachrichtenmenge ist der Frequenzbandbreite des Systems proportional, oder umgekehrt ausgedrückt, für die Übertragung einer bestimmten Nachrichtenmenge wird umso weniger Zeit benötigt, je breiter das zur Verfügung stehende Frequenzband ist. Diese durch die physikalischen Realitäten der Signale einerseits und der Übertragungskanäle andererseits festgelegte Beziehung zeigt die große Bedeutung, die der zweckmäßigen Wahl der Signaldarstellung zukommt.

Die in den dreißiger Jahren beginnende Einführung des Fernsehens, und vor allem die durch den zweiten Weltkrieg beschleunigte Entwicklung von Fernortungsverfahren führten deshalb Wiener, Kolmogoroff und vor allem Shannon zu der Fragestellung, ob die bisher gebräuchlichen Signaldarstellungen die einzig möglichen seien und, falls es andere gab, wodurch sie sich voneinander unterschieden.

Ausgangspunkt ihrer Überlegungen war die Beobachtung, die schon Morse mehr als 100 Jahre früher gemacht hatte, daß nämlich unsere Sprache die Buchstaben des Alphabetes mit unterschiedlicher Häufigkeit benutzt, und die Untersuchungen von Markoff über Verbundwahrscheinlichkeiten. Diese Erkenntnisse führten zu der Anschauung, daß eine Nachricht durch einen Auswahlprozeß gebildet wird, der bestimmten statistisch beschreibbaren Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Kennt man auf Grund genügend langer Beobachtungen diese Gesetzmäßigkeiten, kann man mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit die bevorstehende Auswahl eines bestimmten Elements aus den vorhergegangenen voraussagen.

Diese inneren Bindungen führen zu einer Überbestimmung der Nachricht. Shannon konnte 1948 zeigen, daß man diesen Überschuß der Information bestimmen kann, wenn man in der Formel von Hartley das Argument unter dem Logarithmus durch den Kehrwert der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einzelner Elemente ersetzt und das Ergebnis mit der von Hartley definierten Nachrichtenmenge vergleicht.

Kennt man die statistischen Eigenschaften einer Nachrichtenquelle, dann läßt sich mit Hilfe dieser Shannon'schen Beziehung exakt angeben, mit welchem mittleren Mindestaufwand an Elementarsignalen die einzelnen Nachrichten dargestellt werden können. Ein Code, dessen Stellenzahl jeweils dem Logarithmus der Seltenheit der Einzellelemente proportional ist, stellt die wirtschaftlichste Anpassung der Nachricht an ein Übertragungssystem dar, da jetzt der effektive Signalaufwand ein Minimum geworden ist. Allerdings läßt dieser Code zwischen den einzelnen Signalen keinerlei innere Bindungen mehr erkennen, der Empfänger kann daher bei auftretenden Störungen auch keine kombinatorische Kompensation mehr durchführen.

Will man umgekehrt eine möglichst sichere Übertragung erreichen, kann man aus der Kenntnis der statistischen Gesetzmäßigkeiten der zu erwartenden Störungen ableiten, welche zusätzlichen Bindungen man in den Code einbauen muß, um ihn durch Fehlererkennung oder Fehlerkorrektur gegen Störungen möglichst unempfindlich zu machen.

In beiden Fällen sind quantitative Aussagen allerdings nur möglich, wenn die statistischen Eigenschaften realer Nachrichtenquellen und Übertragungssysteme in genügendem Umfang bekannt

sind; da der für solche Untersuchungen notwendige Arbeitsaufwand sehr groß ist, gibt es bisher leider nur wenig ausführliche Angaben. Auch sie erlauben aber in anderen Fällen eine wenigstens qualitative Abschätzung, die die Auswahl geeigneter, d. h. an das System angepaßter Signaldarstellungen erleichtert.

Die Untersuchung statistischer Eigenschaften einer Nachrichtenquelle läßt an sich auch andere Schlüsse zu. So hat unser Kollege Fucks auf diesem Wege stilkritische Untersuchungen durchgeführt und gezeigt, daß sich bestimmte statistische Merkmale von Werken der Literatur oder Musik im Laufe der Zeit oder von Autor zu Autor ändern. Da ferner die Relevanz einer Nachricht für den Empfänger umso größer ist, je weniger er mit ihrem Eintreffen rechnet, wird die Shannon'sche Beziehung auch benutzt, um Aussagen über den Informationsgehalt einer Nachricht zu machen.

Für den Nachrichteningenieur liegt der Wert der statistischen Informationstheorie aber in erster Linie in der Klärung der Frage, welche Signaldarstellung der jeweiligen technischen Aufgabe am besten angepaßt ist.

II.

Das erste Anpassungsproblem behandelte die Frage nach der zweckmäßigen Darstellung einer Nachricht durch elektrische Signale. Die physikalische Realität eines derartigen Signals läßt sich durch eine Zeitfunktion beschreiben, die nur eine begrenzte Zeit existiert, deren spektrale Energieverteilung im wesentlichen auf einen endlichen Frequenzbereich beschränkt ist und deren Amplituden innerhalb eines bestimmten Dynamikbereiches liegen. Diese Grenzen können durch einen Quader dargestellt werden, dessen Abmessungen die Zeit, das Frequenzband und die Dynamik des Signals kennzeichnen.

Die Übertragungseigenschaften eines elektrischen Nachrichtensystemes sind ebenfalls begrenzt. So bestimmen Abstrahlungs- oder Ankopplungsbedingungen, Dämpfung, Streuung oder Reflexion den Frequenzbereich, unvermeidliche Störungen und nichtlineare Verzerrungen den Amplitudenbereich der übertragbaren Signale. Die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Felder bestimmt ferner die Mindestzeit, die ein Signal benötigt, um das System zu durchlaufen.

Wenn man die physikalischen Grenzen eines Signales durch einen Quader versinnbildlicht, dann bietet sich als Bild für die physikalischen Eigenschaften von Übertragungssystemen ein rechteckiger Ausschnitt in einer Wand endlicher Dicke an. Höhe und Breite dieses Ausschnittes beschreiben dann die Dynamik und das Frequenzband, die Dicke der Mauer die Laufzeit des Übertragungssystems.

Dieser bildliche Ausschnitt aus einer Wand wird auch Übertragungskanal genannt, und mit dieser Bezeichnung können wir das zweite Anpassungsproblem, von dem wir heute zu sprechen haben, mit der Aufgabe formulieren, den Signalquader bei gleichbleibendem Inhalt in eine solche Form und Lage zu bringen, daß er möglichst günstig in den die Eigenschaften des Kanals beschreibenden Ausschnitt der Wand hineinpaßt.

Zur Lösung dieser Aufgabe stehen dem Nachrichteningenieur mannigfaltige Möglichkeiten offen, die an wenigen charakteristischen Beispielen aufgezeigt werden sollen.

Die Modulation der Amplitude monofrequenter Trägerströme erlaubt die Parallelverschiebung des Signalquaders entlang der Frequenzachse. Dieses Verfahren eröffnete zu Beginn des Jahrhunderts die Möglichkeit, niederfrequente Sprachschwingungen mit Hilfe hochfrequenter Wellen zu übertragen. Auch der Rundfunk benutzte bei seiner Einführung Anfang der zwanziger Jahre dieses Verfahren, um die niederfrequenten Signalschwingungen von Musik und Sprache in die Frequenzlage der Rundfunkwellen zu transponieren.

Eine Parallelverschiebung des Signalquaders entlang der Frequenzachse eröffnet aber nicht nur die Möglichkeit, eine einzige Signalfunktion in geeignete Übertragungsbereiche zu verlagern, sondern auch in breitbandigen Kanälen viele Signalquader auf der Frequenzachse nebeneinander zu platzieren. So erlauben moderne Trägerstromtelefonie-Systeme mit Hilfe solcher Frequenz-Multiplex-Verfahren die Übertragung von vielen hundert von gleichzeitigen Gesprächen über eine einzige Leitung.

Die Steuerung einer Trägerschwingung durch ein Signal braucht sich nicht auf die Amplituden des Trägers zu beschränken. Da eine monofrequente periodische Zeitfunktion durch Amplitude,

Frequenz und Phasenlage gegenüber einem Zeitbezugssystem beschrieben wird, kann an die Stelle der Amplitudenmodulation auch eine Frequenz- oder Phasenmodulation treten. Jetzt wird — wie Carson erstmals 1922 zeigte — der Signalquader nicht nur entlang der Frequenzachse verschoben, sondern auch, bei gleichbleibendem Inhalt in der Relation der 3 Achsen zueinander so deformiert, daß die Dynamik verkleinert werden kann, wenn eine Vergrößerung des Frequenzbandes in Kauf genommen wird.

Diese Quaderverformung ermöglicht es, den Einfluß von Störungen auf ein Signal während der Übertragung zu verringern; ein bekanntes Beispiel ist die Frequenzmodulation der Rundfunksender im Ultrakurzwellenbereich, die eine wesentliche Steigerung der Übertragungsgüte ermöglicht, dafür allerdings auch einen größeren Frequenzabstand benachbarter Sender erfordert.

Die bisher besprochenen Verfahren arbeiten mit sinusförmigen Trägerströmen. Aus energetischen Gründen kann es sich als zweckmäßig erweisen, stattdessen periodische Impulsfolgen als Träger für die zu übertragenden Signale zu benutzen. Auch hier stehen dann Amplitude, Folgefrequenz oder Phasenlage gegenüber einem systemgebundenen Zeitraster zur Steuerung durch die Signale zur Verfügung.

Diese Impulsmodulationsverfahren erlauben erhebliche Deformationen des Signalquaders. Sie eröffnen ferner die Möglichkeit, mehrere Signalfunktionen zeitlich ineinanderzuschachteln; an die Stelle des oben erwähnten Frequenzmultiplexverfahrens tritt dann das Zeitmultiplexverfahren zur gleichzeitigen Übertragung mehrerer Nachrichten durch ein und denselben Übertragungskanal.

So wie bei der ersten Anpassungsaufgabe zwischen stetigen oder quantisierten Nachrichten einerseits und analogen oder digitalen Signaldarstellungen andererseits alle Kombinationen möglich sind, kann auch im Rahmen der Signalanpassung an die Kanaleigenschaften zwischen vier Möglichkeiten gewählt werden: Sinusförmige Trägerschwingungen einerseits und periodische Impulsfolgen andererseits können entweder durch analoge Signale moduliert oder durch digitale Signale getastet werden.

Die Aufgabe der Anpassung des Signalquaders an die Eigenschaften des Übertragungskanal stellen den Nachrichteningenieur vor die Aufgabe, aus diesen vier Möglichkeiten die jeweils günstigste auszuwählen, Steuerungssysteme zu entwickeln, die eine Energieströmung stetig oder unstetig zu steuern gestatten, und Übertragungsnetzwerke vorauszuberechnen, die hinsichtlich ihres Zeit- oder Frequenzverhaltens vorgegebene Eigenschaften in oft sehr eng geforderten Toleranzgrenzen einhalten sollen.

III.

Die Aufgabe, eine Nachricht von einem Sender zu einem Empfänger zu übertragen, kann als ein Transportproblem aufgefaßt werden; das Signal, über das wir soeben gesprochen haben, ist das Transportgut, die vom Sender zum Empfänger gerichtete Energieströmung das Transportmittel. Als ein besonders vielseitig anwendbares derartiges Transportmittel hat sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts die Energieströmung in elektromagnetischen Feldern erwiesen. Die Mannigfaltigkeit ihrer Ausbreitungsformen — beispielsweise entlang von Leitungen, oder von einem Herz'schen Dipol aus nach allen Seiten sich frei ausbreitend oder durch Spiegel gebündelt — und die hohe Geschwindigkeit, mit der die elektromagnetischen Feldänderungen fortschreiten, eröffnen ihnen in der Nachrichtentechnik ein weites Anwendungsgebiet.

Wie immer auch im einzelnen die spezielle Ausbildung dieses Transportmittels und die spezielle Art des Transportgutes sein mag, in jedem Fall benötigt die Nachrichtenübertragung eine Energiequelle, von der aus Energie direkt oder über zwischengeschaltete Übertragungssysteme an einen Verbraucher abgegeben werden kann. Die Frage, wie eine solche Energieströmung zweckmäßig bereitzustellen sei, führt zu einem weiteren Anpassungsproblem, das durch die Begriffe der Leistungsanpassung und der Wellenanpassung gekennzeichnet ist.

Hier muß ich um Verständnis bitten, wenn ich bei der Behandlung dieser Beispiele einige wenige Fachausdrücke der Elektrizitätslehre benutzen muß. Es sind dies die elektrische Leistung als das Produkt von Spannung und Strom und der elektrische Widerstand als der Quotient dieser beiden Größen.

Bei periodischem Zeitverhalten der Spannungen und Ströme können Leistung und Widerstand durch komplexe Größen beschrieben werden; Real- und Imaginärteil werden dann als Wirk- und Blindkomponente bezeichnet; ihr Verhältnis zueinander ist ein Maß für die zeitliche Phasenverschiebung zwischen dem sinusförmig angenommenen Spannungs- und Stromverlauf.

Der Realteil der Leistung, die Wirkleistung, ist ein Maß für den Energietransport je Zeiteinheit.

Das klassische Gesetz der Leistungsanpassung lautet: Eine durch ihre Leerlaufspannung und ihren Innenwiderstand eindeutig beschriebene lineare Gleichstromquelle gibt ihre maximale Leistung dann an einen Verbraucher ab, wenn dessen Widerstand gleich dem Innenwiderstand der Quelle ist.

Dieser Satz ist bei gleicher Fragestellung nicht umkehrbar. Denn ein durch seinen Widerstand eindeutig beschriebener linearer Verbraucher nimmt aus einer Gleichstromquelle mit gegebener Leerlaufspannung dann die größte Leistung auf, wenn der Innenwiderstand der Quelle verschwindend klein wird.

Welche der beiden Anpassungsbedingungen — Verbraucherwiderstand gleich Innenwiderstand oder Innenwiderstand möglichst klein gegenüber dem Verbraucherwiderstand — richtig ist, hängt von der Aufgabenstellung des Gesamtsystems ab, in dem Quelle und Verbraucher benutzt werden.

Um dies etwas näher zu erläutern, darf ich an dieser Stelle kurz auf einen der wesentlichen Unterschiede zwischen Starkstrom- und Nachrichtentechnik eingehen. Die Starkstromtechnik überträgt die Energie um ihrer selbst willen mit dem Ziel, sie im Verbraucher Arbeit leisten zu lassen. Dann aber lautet die Anpassungsaufgabe für sie, ihre Anlagen für einen möglichst guten Wirkungsgrad zu dimensionieren, ihre Generatoren also mit kleinen Verlusten, d. h. mit einem gegenüber dem Verbraucherwiderstand möglichst kleinen Innenwiderstand zu bauen.

Im Gegensatz hierzu überträgt die Nachrichtentechnik die Energie nur als Mittel zum Zweck. Sie benötigt im Empfangsgerät nur genügend Leistung, um die übertragenen Signale mit einem ausreichenden Sicherheitsabstand gegenüber unvermeidlichen Störleistungen erkennen oder weiterver-

arbeiten zu können. Daher lautet hier die Anpassungsaufgabe, diese eben notwendige Leistung mit einem Minimum an Investitionsaufwand bereitzustellen.

Nun ist — zum mindesten für Gleichstrom und unter Vernachlässigung der thermischen Probleme — der technische Aufwand einer Stromquelle ihrer Kurzschlußleistung proportional. Die für den Bereich der Nachrichtentechnik sinnvolle Umkehrung des klassischen Gesetzes der Leistungsanpassung lautet daher: die Kurzschlußleistung einer linearen Gleichstromquelle, die an einen durch seinen Widerstand eindeutig beschriebenen linearen Verbraucher eine geforderte Leistung abgeben soll, wird ein Minimum, wenn der Innenwiderstand der Quelle gleich dem Widerstand des Verbrauchers gemacht wird.

An die Stelle der Forderung nach einem möglichst guten Wirkungsgrad der übertragenen Energie tritt die Forderung nach einem optimalen Nutzungsgrad der installierten Geräte. Dem Nachrichteningenieur stellt sich damit die Aufgabe, Innenwiderstände von Generatoren oder — allgemein ausgedrückt — von Energiequellen, an die Widerstände von Empfangsgeräten oder — allgemein ausgedrückt — von Energiesenken aneinander anzupassen. Im Falle der Gleichstromquelle, in der alle Widerstände nur die Eigenschaften von Widerständen haben können, fordert dabei das wirtschaftliche Optimum im Bereich der Nachrichtentechnik die einfache Gleichheit der Widerstände.

Bei Wechselstromquellen kann eine weitere Bedingung für die Leistungsanpassung auftreten. Wenn Quellen oder Senken die zusätzliche Eigenschaft haben, vorübergehend auch Energie speichern zu können — oder mit anderen Worten, wenn ihre Widerstände komplex werden — dann wird nicht nur Energie von der Quelle zur Senke transportiert, sondern auch periodisch zwischen beiden ausgetauscht. Neben die den Energietransport beschreibende Wirkleistung tritt die die pendelnde Energie beschreibende Blindleistung.

Die Forderung nach maximaler Wirkleistung führt jetzt zu der wesentlich unangenehmeren Anpassungsbedingung, daß die Widerstände der Quelle und Senke konjugiert komplex zueinander sein müssen. Für die Realteile bleibt zwar auch hier die alte Forderung nach Gleichheit der Beträge

bestehen, die Energiespeicher aber müssen komplementär zueinander sein.

Eine Kompensation der Blindkomponenten läßt sich in den monofrequent betriebenen Systemen der Starkstromtechnik noch relativ leicht lösen. Soll das System aber Signale übertragen, die als Zeitfunktion ständigen Änderungen unterliegen, deren Spektrum also alles andere als monofrequent ist, dann ist die konjugiert komplexe Anpassung meist nur für eine einzige Spektrallinie exakt zu erfüllen; ein reales Signal unterliegt Verzerrungen, und zwar umso mehr, je größer der zu kompensierende Imaginärteil der Widerstände und je breiter das Spektrum des Signales ist.

Eine weitere Komplikation tritt ein, wenn zwischen Energiequelle und -senke ein Übertragungsglied eingefügt wird. Dann tritt das Anpassungsproblem zweimal auf, und zwar einmal an der Verbindungsstelle zwischen der Quelle und dem Eingang des Übertragungssystems und einmal zwischen dem Ausgang des Übertragungssystems und der Senke. Das Maximum der Wirkleistung wird auch hier an beiden Verbindungsstellen erreicht, wenn jeweils die Widerstände konjugiert komplex zueinander sind. Reale Signale werden dann aber an zwei Stoßstellen verzerrt, und wenn das Übertragungssystem eine Laufzeit besitzt, können zusätzlich Echo-Erscheinungen auftreten.

Will man alle diese linearen Verzerrungen so weit wie möglich vermeiden, muß man von der Leistungsanpassung zur Wellenanpassung übergehen. Sie stellt die Forderungen, daß die Widerstände der Quelle und der Senke gleich dem Wellenwiderstand des Übertragungssystems sein sollen.

Der Begriff des Wellenwiderstandes stammt aus der Theorie der frei fortschreitenden Welle und der Ausbreitungsvorgänge entlang homogener Leitungen. Hier ist er definiert als der Quotient zwischen der elektrischen und magnetischen Feldstärke einer monofrequenten einseitig fortschreitenden Welle. Heute wird er in verallgemeinerter Form auch auf Übertragungssysteme aus konzentrierten Schaltelementen angewendet. Hier kann er als geometrisches Mittel zwischen Leerlauf- und Kurzschlußwiderstand definiert werden.

Auch der Wellenwiderstand kann ebenso wie der Innenwiderstand eines Generators oder der Widerstand eines Verbrauchers durch eine komplexe

Größe beschrieben werden. Während allerdings bei einer Energiesenke der Realteil des Widerstandes ein Maß für die in der Zeiteinheit in Arbeit oder Wärme umgewandelte Energie ist, beschreibt der Realteil des Wellenwiderstandes die in der Zeiteinheit transportierte Energie.

Obwohl also der Widerstand eines Generators oder eines Verbrauchers einerseits und der Wellenwiderstand eines Übertragungssystems andererseits verschiedene physikalische Aussagen beinhalten, läßt sich zeigen, daß ihre quantitative Übereinstimmung, d. h. Gleichheit nach Betrag und Phase, an den Verbindungsstellen zwischen Quelle, Übertragungssystem und Senke zu einem reflexionsfreien Übergang der Energie führt. Man spricht in diesem Fall von Wellenanpassung, und es liegt in der Natur komplexer Widerstände, daß die Forderung nach der Wellenanpassung — im Gegensatz zu der Forderung nach Leistungsanpassung — in vielen Fällen auch für breite Frequenzbänder realisiert werden kann.

Während die Leistungsanpassung bei monofrequenter Betriebsweise maximale Wirkleistung sicherstellt, führt sie bei komplexen Widerständen zu Dämpfungs- und Laufzeitverzerrungen aller realen Signale. Demgegenüber ist die Wellenanpassung bei komplexen Widerständen energetisch nicht so günstig wie die Leistungsanpassung, läßt sich aber leichter breitbandig realisieren und vermeidet deshalb und wegen des Fehlens von Reflexionen die linearen Verzerrungen der Signale.

Beide Anpassungsbedingungen gehen ineinander über, wenn es gelingt, die Widerstände der Quellen und Senken einerseits und die Wellenwiderstände der zwischengeschalteten Übertragungssysteme andererseits reell zu halten. Jetzt genügt sowohl für die Leistungs- als auch für die Wellenanpassung Gleichheit der Beträge, und damit werden die Forderungen an das Transportmittel und an das Transportgut optimal erfüllt.

IV.

Die moderne elektrische Nachrichtentechnik konnte sich erst entwickeln, nachdem viele Einzelaufgaben gelöst waren: Generatoren und Verstärker, Modulatoren und Demodulatoren für alle Frequenzen vom Gleichstrom bis hinauf in den Bereich des sichtbaren Lichtes, Leitungen aller Art,

Antennen, Wandler, Speicher, Codier- und Verknüpfungseinrichtungen sowie die zu ihrer Realisierung notwendigen Werkstoffe und Bauelemente. Die grundsätzliche Lösung dieser Teilaufgaben genügt aber noch nicht, um aus an sich funktionsrichtigen Einzelgeräten Nachrichtensysteme aufzubauen, die die Anforderungen an die Übertragungsgüte oder Übertragungssicherheit mit dem kleinstmöglichen technischen Aufwand erfüllen. Eine in diesem Sinne zweckmäßige Lösung fordert vielmehr, daß die Anpassungsbedingungen der Nachricht an das System, des Signals an den Kanal und der Energiequelle an den Verbraucher optimal erfüllt werden.

Die Fähigkeit des wissenschaftlich tätigen Ingenieurs, diese Anpassungsbedingungen zu erkennen und in der Entwicklungsarbeit bewußt und gezielt zu berücksichtigen, dürfte der wesentliche Grund dafür sein, daß sich die elektrische Nachrichtentechnik in wenig mehr als hundert Jahren von den primitiven Anfängen der Telegraphie über die kommerzielle Fernsprech- und Fernschreibtechnik, die Fernmeß- und Fernsteuerungstechnik, den Rundfunk und das Fernsehen, die Fernortung und -navigation, die Datenübertragung und -verarbeitung bis zur Satellitenübertragung und den nachrichtentechnischen Aufgaben der Raumfahrt entwickeln konnte.

Das gleiche Problem der Anpassung spielt nun offenbar auch in der belebten Natur eine große Rolle. Daß sich die organische Welt zu einer so großen Mannigfaltigkeit entwickeln konnte, wird auf drei wichtige Ursachen zurückgeführt: die Erbänderung, die Auslese und die Artgrenzbildung. Wenn ich die moderne Anschauung der Phylogenetiker richtig verstehe, haben unter ihnen die beiden zuerst genannten in Form der im Verlauf der Ahnenreihen additiv wirksam werdenden Anpassungsmutationen den entscheidenden Einfluß auf die zunehmende Differenzierung der lebenden Organismen.

Die Auslese der Lebenstüchtigen führt dazu, daß sich diejenigen Mutationen durchsetzen, die die Anpassungsbedingungen besser erfüllen. Der natürliche Ablauf einer hierdurch bedingten Evolution bedarf allerdings so vieler Generationen, daß man für einen phylogenetischen Gattungsschritt bei Pflanzen etwa zwei, bei Tieren im Mittel etwa fünf Millionen Jahre rechnet.

Im Gegensatz hierzu braucht der Ingenieur nicht den Ablauf vieler Generationen abzuwarten, um Schritt für Schritt zu erproben, welche der einzelnen nacheinander entstandenen und — um im Bilde der Anpassungsmutation zu bleiben — zufällig voneinander verschiedenen Lösungen der Aufgabe besser angepaßt ist. Kennt er erst einmal die Anpassungsgesetze, dann kann er durch gezielte Auswahl aus einer Reihe möglicher Lösungen, durch Vorausberechnung neuer Systeme mit vorgegebenen Eigenschaften und durch Optimierungsprozesse in einem Schritt die zweckmäßige Lösung schaffen. An die Stelle des postmutativen Richtungsfaktors in der organischen Evolution tritt der prämutative der Ingenieurwissenschaften in der technischen Entwicklung.

Wenn man annehmen darf, daß die hier ange-deutete Arbeitsweise des Ingenieurs auch für die meisten anderen Bereiche der modernen Technik gültig ist, dann versteht man, warum sich organische Evolutionen und technische Entwicklungen — trotz ihrer Übereinstimmung hinsichtlich des Grundproblems der Anpassung — mit so unvergleichbar verschiedener Geschwindigkeit vollziehen.

Vielleicht liegt hierin ein wesentliches Problem unserer Zeit. Der Mensch, der von Natur aus einer organisch entstandenen Welt angehört, sieht sich plötzlich einer von ihm selbst ausgelösten Entwicklung konfrontiert, deren Geschwindigkeit sich jeder Beurteilung an angeborenen oder durch Erfahrung gewonnenen Zeitmaßstäben entzieht.

Wenn dem Menschen diese Entwicklung nicht aus den Händen gleiten soll, wird er sich darauf besinnen müssen, welche spezifischen Eigenschaften seiner Gattung ihn in die Lage versetzen, die Kräfte der belebten und unbelebten Natur nach seinen Wünschen seinen Diensten nutzbar zu machen.

Die moderne Verhaltensforschung würde diese Frage wohl dadurch beantworten, daß sie den homo sapiens als unspezialisiertes Neugierwesen klassifiziert, das die Fähigkeit zu lernen bis in das hohe Alter hinein behält. In der Sprache des Ingenieurs möchte ich die Antwort so formulieren: der Mensch kompensiert seine von Natur aus mangelhafte eigene physische Anpassung an die Umwelt dadurch, daß er Kraft seiner Intelligenz die Umwelt selbst seinen Bedürfnissen anpaßt.

Dabei domestizierte er die belebte Natur noch in vergleichsweise langen Zeiträumen. Nachdem er aber mit Beginn der technischen Industrialisierung begann, sich im steigenden Maße auch die unbelebte Natur nutzbar zu machen, benötigt er von Schritt zu Schritt weniger Zeit; die technische Entwicklung verläuft nicht nur unvorstellbar schnell, sondern darüber hinaus bislang auch ständig beschleunigt.

Offenbar erleben wir hier einen Rückkopplungsprozeß, in dem die von einer Ursache ausgelöste Wirkung ihrerseits auf die Ursache zurückwirkt. Solche Systeme sind gerade dem Nachrichteningenieur sehr wohl bekannt. Sie können nur unter Kontrolle gehalten werden, wenn der Rückkopplungsprozeß durch Nichtlinearitäten begrenzt oder durch Gegenkopplungen vermindert wird.

Über denkbare Nichtlinearitäten des von uns behandelten Prozesses möchte ich mir kein Urteil erlauben. Wenn es aber die Intelligenz des homo sapiens war, die den Rückkopplungsprozeß der modernen technischen Entwicklung ermöglichte, dann sollte er sich meines Erachtens bemühen, seine ethischen Kräfte im Sinne der Gegenkopplung wirksam werden zu lassen, um so die Entwicklung unter Kontrolle zu halten.

Neben das Anpassungsgesetz der organischen Welt und das Anpassungsproblem der Technik tritt somit die Anpassungsaufgabe des menschlichen Geistes. Weder eine kritiklose Bewunderung noch eine aus Unverständnis herrührende Verurteilung der modernen Technik ist seiner würdig. Die schnelle Entwicklung stellt vielmehr an alle geistigen Disziplinen die Forderung, das Ihre dazu beizutragen, daß die Kluft zwischen Glauben und Wissen, zwischen Gemüt und Verstand, zwischen Kunst und Wissenschaft, zwischen Kultur und Zivilisation nie zu groß werden möge, als daß nicht zu gegebener Zeit wieder eine harmonische Anpassung erreicht werden könnte.

Ich übernehme mein Amt mit der Versicherung, daß ich im Rahmen der mir gestellten Aufgaben bemüht sein werde, dieser Forderung gerecht zu werden.

Lassen Sie mich nun zu meiner ersten Amtshandlung schreiten, der gerne übernommenen Pflicht, meinem Vorgänger für seine zweijährige Amtsführung zu danken. In einer Zeit, in der sich die Natur- und Ingenieurwissenschaften schneller denn je

entwickeln, an einer Hochschule, deren Studierendenzahl sich in einem Zeitraum von nur 25 Jahren mehr als verzehnfachte, in einer Gesellschaft, die ständig steigende Forderungen an diejenigen stellt, die bereit sind, Verantwortung zu tragen, liegen — um auf den Tenor meines Vortrages zurückgreifen zu dürfen — Anpassungsaufgaben vor, die nur gelöst werden können, wenn alle Glieder der Akademischen Gemeinschaft zur aktiven Mitarbeit bereit sind. Trifft dies zu, dann hängt das Ausmaß des Erfolges von der Person des Rektors ab, der der Gemeinschaft ihre Ziele setzt.

In welchem Umfange mein Vorgänger, unser Prorektor Professor Schmeißer, die Arbeit zweier

Jahre zum Erfolg führen konnte, ließ sein Rechenschaftsbericht zur Genüge erkennen. So darf ich mir ersparen, ihm von dieser Stelle aus und vor diesem Gremium im einzelnen für alles zu danken, was er erreichen konnte. Um so mehr aber liegt mir am Herzen, ihm dafür zu danken, wie er in den vergangenen zwei Jahren dem Senat vorstand, die Hochschule repräsentierte und die Interessen der Hochschule nach außen hin vertrat. Unermüdliche Arbeitskraft und nie versiegende gute Laune kennzeichnen die Atmosphäre zweier akademischer Jahre, denen Sie, sehr verehrter Herr Kollege, das Siegel Ihrer Persönlichkeit aufprägten. Der Senat, die ganze Hochschule und Ihr Nachfolger danken Ihnen dafür.