

# Niederschrift

über die

## dreizehnte Hauptversammlung

der

Vereinigung

von Freunden der Technischen Hochschule  
zu Darmstadt, E. B.

— Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft —

am 20. Juni 1931, vormittags 10 Uhr  
im Hörsaal des Elektrotechnischen Institutes  
der Technischen Hochschule



## Tagesordnung.

1. Eröffnung der Versammlung durch den Vorsitzenden.
2. Begrüßung der Versammlung durch Se. Magnifizenz den Herrn Rektor.
3. Erstattung des Jahresberichtes durch den Vorsitzenden.
4. Erstattung der Jahresrechnung durch den Rechner.
5. Entlastung des Vorstandes.
6. Wahl von ausscheidenden Mitgliedern des Vorstandesrates.
7. Bewilligung laufender und außerordentlicher Ausgaben.
8. Entgegennahme und Beratung von Anträgen und Anregungen aus dem Kreise der Mitglieder.
9. Etwasige Wahl von Ausschüssen.
10. Vortrag von Herrn Professor Dr. Walther, Darmstadt, „Mathematik des Ingenieurs“.
11. Vortrag von Herrn Professor Dr. Busch, Darmstadt, „Wesen von Sprache und Musik und die daraus erwachsenden technischen Aufgaben“.

---

Gemeinsames Mittagessen im Hotel Traube (1 Uhr 15).

Nachmittags 3 Uhr 15:

- 3.15–4.30 Uhr: Besichtigung des Hess. Landesmuseums. Führung: Herr Direktor Dr. Feigel.  
Kaffeepause, dann
- 5–6 „ Besichtigung der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule. Führung: Herr Prof. Dr. Thum.
- 6.10 „ Fahrt mit Autoomnibussen über Seeheim nach Jugenheim (Abfahrt beim Landestheater). Spaziergang nach Seeheim zurück, dort
- 7.30 „ Abendessen im Hotel Hufnagel.

## 1. Eröffnung der Versammlung durch den Vorsitzenden.

Der Vorsitzende, Herr Professor Dr. Kau, eröffnet die Versammlung und heißt die Anwesenden herzlich willkommen. Er begrüßt insbesondere den Vertreter der Regierung, Herrn Ministerialdirektor Urstadt, sowie den Vertreter der Stadt Darmstadt, Herrn Oberbürgermeister Mueller, und führt dann folgendes aus: Unsere Tagung steht, wie Sie schon aus der Zahl der Anwesenden sehen, unter dem Zeichen einer sehr schweren Zeit. Viele, die gerne hierher gekommen wären, können nicht die Reise machen oder länger von ihrem Betriebe abwesend sein. Ich begrüße umso mehr diejenigen, die trotz allem gekommen sind. Zu keiner Zeit ist es wichtiger gewesen, etwas derartiges zu haben wie die Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft als gerade jetzt. Wenn heute unsere Staatsmänner vor Aufgaben stehen, die kaum lösbar erscheinen, so ist für den einzelnen die Aufgabe und Lösung klar: Arbeit an der Stelle, an die er gesetzt ist. Speziell die Aufgaben unserer Technischen Hochschule wie unserer Gesellschaft sind etwas klar Umrissenes. Auf einer gesunden Entwicklung der Technik beruht ein großer Teil der Rettungsmöglichkeit für unser Vaterland. Die Heranbildung von jungen Ingenieuren, die im Stande sind, später an dieser Entwicklung tatkräftig mitzuarbeiten, und die zweite Aufgabe der Hochschule, selbst durch eigene Forschung mitzuwirken, sind heute besonders wichtig. Besonders die Erfüllung der zweiten Aufgabe aber, die Forschung, ist heute erschwert durch Mangel an Mitteln, und gerade da soll unsere Gesellschaft helfend eintreten. Wir sind deshalb der Meinung, daß es nicht so sehr darauf ankommt, große Kapitalien anzusammeln oder neue Aufgaben aufzunehmen, als vielmehr darauf, das Vorhandene soweit als möglich zu fördern und zu entwickeln. Daß das bis jetzt gelungen ist, werden Sie nachher aus dem Jahresbericht und dem Rechenschaftsbericht ersehen.

Aber die Entwicklung der Zeit birgt große Gefahren auch für unsere Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft. Darum richte ich an Sie die herzliche Bitte: Werben Sie für unsere Gesellschaft um neue Mitglieder. Nur wenn dies gelingt und wenn wir bisherigen Mitglieder unserer Gesellschaft Treue halten, kann sie ihre wichtige Aufgabe weiter erfüllen.

## 2. Begrüßung durch Se. Magnifizenz den Herrn Rektor.

Se. Magn. Prof. Dr. Wöhler

begrüßte im Namen der Technischen Hochschule die Herren der Staats- und Gemeindeverwaltung, der Technik und Industrie, Wirtschaft und Wissenschaft auf das herzlichste, und das von Rechts wegen, führte der Rektor dann aus, denn die Technische Hochschule schuldet Ihnen sehr viel Dank. Dankbarkeit aber ist eine Wurzel der Zuneigung. So freuen wir uns stets auf das Jahresfest mit Ihnen wie auf den heiligen Christ der Gabenspende. Wir verdanken Ihnen ja so viel, und in jedem Jahre wieder Neues. Ist es schon aufrichtig anzuerkennen, wenn wir in normalen Zeiten Sie bereitfinden, uns zu helfen, um wieviel mehr erst in der Notzeit dieser schwersten wirtschaftlichen Krise. Diese Hilfsbereitschaft zeigt uns auch, daß wir auf dem rechten Weg sind, wenigstens im großen und ganzen. Wo Sie aber glauben, Kritik üben zu müssen, da will sie uns fast noch wertvoller scheinen als das Lob, denn bei der Beweglichkeit der Technik kann eigene und fremde Kritik gar nicht schnell genug sein, um Schäden durch Beharren und Versiegen zu verhüten. In Erkennung dieser Tatsache hat der Senat der Hochschule jüngst einen ständigen Ausschuß eingesetzt, um zu prüfen, welche Reformen erneut notwendig sind, Forschung und insbesondere die Lehre nach Art und Umfang mit den Forderungen des Tages, der Praxis, in Einklang zu bringen.

Die Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft steht gleichsam im Verhältnis einer Art Mutter zu unserer Hochschule. Was die Mutter aber ihrem Kinde tut, gewährt sie freiwillig aus Liebe, und ihre Kritik hat den wohlthätigsten Einfluß. Der gestrenge Vater Staat verlangt einfach, verlangt nicht nur, daß *lege artis* alles ordnungs- und pflichtgemäß sich vollzieht, sondern auch daß das Kind ihm Ehre macht, und last not least durch hohe Frequenz der Hochschule ihm die Lasten erleichtert. Mit Interesse und Sorge begleitet eine Mutter das Geschick des erwachsenen Kindes, und seine Extrabedürfnisse sucht sie zu befriedigen mit den Spargroschen ihres Haushaltes. Rigoros freilich verlangt Vater Staat, daß der Haushaltsplan nicht überschritten wird. So war das Verhältnis Goethes und vieler anderer zu Vater und Mutter. Der Einfluß aber der einsichtsvollen Mutterliebe ist dann zumeist größer als der des gestrengen Vaters.

Nun scheint es in letzter Zeit, als ob sich der Staat schwer tut in der Erfüllung seiner Ernährerpflicht. Hier muß ernste Warnung wiederholt werden, daß nicht Ehre und Blüte mit hoher Frequenz zu erwarten sind, ja daß Rückgang zu befürchten steht, wenn die Lebensbedingungen ungenügend werden. Wenn andere Staaten

neuerdings mit Erfolg größere Anstrengungen machen in der Erwerbung tüchtiger Lehrkräfte als Hessen, so wird die große Gefahr für ein beschleunigtes Abgleiten der Technischen Hochschule von ihrer bisherigen hohen Rangstufe akut. So steht Dresden im Begriff, zu der einen vollendeten Fortberufung im April dies Verfahren bei zwei weiteren Professoren unserer Hochschule mit Erfolg fortzusetzen, zumal bei uns die sachlichen Bedürfnisse wie die der Assistenz unter dem Zwang der staatlichen Finanznotlage bis an die Grenze des Tragbaren eingeschränkt sind. Von der Befriedigung neuer, überhaupt als notwendig erkannter Bedürfnisse kann unter diesen Umständen naturgemäß keine Rede sein, und so ist mehr denn je unsere Hoffnung die Gesellschaft der Freunde unserer Hochschule, deren mütterliche Empfindungen der Hilfsbereitschaft wir fühlen, und daß Sie von der Einsicht durchdrungen sind, daß die Interessen von Technik und Wirtschaft, und damit auch des Staates, von Wissenschaft und Hochschule gleichsinnig laufen, daß ein Rückschritt im Erfolg deutscher Hochschulen auch den Fortschritt der Industrie verhindert, und damit den Wiederaufbau des Staates.

Vor allem aber helfen Sie uns, meine Herren der Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft, wenn enger Blick und falsche Sparsamkeit in unseren Parlamenten nicht einsehen wollen, daß Forschung eine unbedingte Notwendigkeit ist, daß mit der Schaffung eines Lehrstuhles zuweilen Milliardenwerte in der Technik erzeugt werden. War es nicht eine rein thermodynamische Berechnung, welche die Rentabilität der Ammoniaksynthese offenbarte, die dann das Haber-Bosch-Verfahren im Gefolge hatte, welches allein in Leuna weit über eine Milliarde Anlagekapital erforderte, Anlaß zur Gründung des größten Syndikats der Welt wurde und uns jährlich Millionenwerte zur Düngung der eigenen Felder erzeugt und für die der fremden Länder exportieren läßt?

Forschen tut also not, und gerade jetzt, da das rohstoffarme Deutschland in Zeiten des Absatzmangels neue Wege finden muß, um höhere Qualitäten zu billigeren Preisen zu erzeugen, mit neuen Stoffen und neuen Verfahren Arbeit und Absatz sucht.

Sie sehen also, meine sehr geehrten Herren, von welcher Bedeutung Ihre heutigen und künftigen Beratungen sein werden, wie sehr wir darauf angewiesen sind, wieviel für uns alle davon abhängt, ob es durch opferwillige Beschlüsse in der Überzeugung: *tua res agitur* gelingt, das Einsetzen des *circulus vitiosus* im Vaterlande zu verhindern. Nach diesem *circulus vitiosus* werden sonst minderwertige Hochschulerggebnisse, mangelhaftes Forschen und Lehren die Industrie erlahmen lassen und es ihr dadurch unmöglich machen, daß wir durch billigen Qualitätsexport die Wirtschaft wieder in die Höhe bringen. Es ist unser aller feste Überzeugung: an keiner Stelle des Haushalts-

planer ist eine unternehmungskühne Kapitalsanlage rentabilitätsicherer als in der Unterstützung der Forschung zugunsten unserer Industrie, wie sie vornehmlich an der Technischen Hochschule gepflegt wird.

Man kürzt unser Personaleinkommen wie das der anderen Beamten, man wird es noch weiter kürzen, wir werden nicht murren. Nimmt man uns aber die sachlichen Mittel zur Lehre und Forschung, wie man es trotz aller Warnung immer weiter tut, dann begehren die Parlamente gegen die Wirtschaft vielleicht nicht Mord, wohl aber Totschlag, d. h. Tötung ohne Überlegung, was in diesem Falle noch erschwerend ist. Möchte es wenigstens der Hilfe Ihrer Sachkenntnis und Ihres wirtschaftlichen Einflusses gelingen, hier heilsam Halt zu gebieten.

In diesem Sinne wünsche ich Ihren Verhandlungen besten Erfolg. Dazu dient die Aussprache in den Sitzungen, ihm dient aber auch die Pflege der alten Beziehungen zwischen der Hochschule und ihren Freunden der Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft in dem diesmal besonders einfachen Rahmen, wie ihn die Not der Zeit erheischt. Der Dank der Hochschule ist Ihnen gewiß, in diesem Geiste der Dankbarkeit heiße ich Sie nochmals willkommen.

Herr Professor Dr. Rau dankt Sr. Magnifizenz für die freundlichen und ernstesten Worte und gibt der Meinung Ausdruck, daß alle Anwesenden durchdrungen sind von der Richtigkeit des Gesagten, daß die Forschung mit allen Mitteln aufrecht erhalten werden muß. Er geht dann über zu Punkt

### 3. Erstattung des Jahresberichts durch den Vorsitzenden.

Die Mitgliederzahl ist im Berichtsjahr auf 580 zurückgegangen, 22 Herren sind ausgeschieden, neu eingetreten sind 17. Auch in diesem Jahre haben wir eine Reihe von Todesfällen zu beklagen. Es sind gestorben die Herren: Dr.-Ing. e. h. Paul Thomas, Düsseldorf; Geh. Hofrat Professor Dr., Dr.-Ing. Paul Wagner, Darmstadt; Hr. Mayer-Alberti, Coblenz; Geh. Baurat Direktor Dr.-Ing. Hermann Görz, Berlin; Generaldirektor Baurat Müller, Düsseldorf; Professor Dr. Hollatz, Darmstadt; Professor Dr. Becker, Frankfurt; Dr.-Ing. e. h. Julius Kesselheim, Frankfurt und Fabrikant Theodor Boehm, Offenbach.

Die Versammlung erhebt sich. Der Vorsitzende dankt für die Ehrung der Verstorbenen.

Er berichtet dann weiter über einige Zuwendungen an die Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft, die, soweit sie in den Beginn des Geschäftsjahres fallen, schon bei der letztjährigen Hauptversammlung

erwähnt wurden. So stiftete die Firma Köhm & Haas, Darmstadt RM. 1000 für Gerbereichemie, Dyckerhoff & Widmann, Viebrich RM. 10 000 für das Ingenieurlaboratorium, Herr Direktor Kiffel, Stuttgart-Untertürkheim RM. 1000. Ferner wurden gegeben vom Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin für Nietversuche RM. 1000 und von der Carbid-Vereinigung, Berlin für schweißtechnische Versuche RM. 5000.

Nach Anbruch des neuen Geschäftsjahres sind von der Firma Köhm & Haas wiederum RM. 1000 für das Institut für Gerbereichemie gespendet worden; wir sehen, daß trotz aller schweren und schwersten Not die Gebefreudigkeit doch noch nicht erlahmt ist.

Der Vorsitzende dankt allen Stiftern herzlich für das, was sie der Vereinigung in schwerer Zeit zugewendet haben. Es ist der Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft wiederum möglich gewesen, nützliche Arbeit zu leisten, z. T. auf Gebieten, die die Mittel der Vereinigung nicht dauernd in Anspruch nehmen werden. So ist durch eine Vorlage von RM. 10 000 es ermöglicht worden, daß unserer Hochschule ein besonders wertvolles Mitglied ihres Lehrkörpers erhalten geblieben ist. Die vorlagsweise bewilligte Summe hat sich inzwischen umgesetzt in ein schönes Institut, dessen Beschäftigung für den Nachmittag auf der Tagesordnung steht. Weiter sind vorgelegt worden RM. 15 000, die es ermöglicht haben, daß auf einem besonders wichtigen Gebiete ein Institut — unser Röntgen-Institut — ein Jahr früher in Angriff genommen werden konnte als es sonst hätte geschehen können.

Es sind auch im neuen Geschäftsjahre bereits einige Anträge eingelaufen, die der Vorstand z. T. schon genehmigen konnte, da es sich nicht um sehr hohe Beträge handelt. Es sind bescheidenere Zuwendungen bewilligt für das aerodynamische Institut, für das Ingenieurlaboratorium, für das botanische und das organisch-chemische Institut.

Es stehen ferner für ähnliche Zwecke Mittel aus der hochherzigen Stiftung unseres Ehrenmitgliedes, aus der Otto Berndt-Stiftung, zur Verfügung. Im Berichtsjahr sind ausgezahlt worden:

an Herrn Privatdozenten Dr. Kunz . . .	RM. 500
„ „ Professor Schneider . . .	„ 200 (Restzahlung)
„ „ Privatdozenten Dr. Andreß . . .	„ 500
„ „ „ Dr. Jüngst . . .	„ 300

Ferner wurden eine Anzahl von Studierenden mit Stipendien unterstützt. So hat also auch diese segensreiche Stiftung ihre Aufgabe im vergangenen Jahre erfüllt.

Der Vorsitzende ist überzeugt — trotzdem er das Minimum der Kurve noch nicht für erreicht hält —, daß dank der Opferfreudigkeit

ihrer Mitglieder die Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft auch im nächsten Jahre wieder wertvolle Arbeit zu leisten im Stande sein wird.  
Er erteilt dann dem Schatzmeister das Wort zu Punkt

#### 4. Erstattung des Rechenschaftsberichtes.

Herr Professor Dr. Kammer gibt folgenden Bericht über den Rechnungsabschluß 1930/31:

Meine sehr geehrten Herren!

Gestatten Sie mir, daß ich Ihnen über den Stand des Vermögens, sowie über die Einnahmen und Ausgaben der Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft im verflossenen Geschäftsjahre in großen Zügen einen Überblick gebe. Das Geschäftsjahr dauert vom 1. April 1930 bis 31. März 1931.

In dem ersten Halbjahr hatte noch der bisherige Schatzmeister Professor Kayser die Geschäftsleitung, am 1. Oktober 1930 übernahm ich dann die Geschäfte.

Die Ungunst der wirtschaftlichen Lage hat sich, wie überall in unserem Vaterlande, auch in unserer Gesellschaft natürlich bemerkbar gemacht. Mancher Anhänger unserer Vereinigung sah sich zu seinem Bedauern gezwungen, seinen Beitrag zu kürzen, einige wenige mußten sogar die Mitgliedschaft aufgeben. Immerhin sind aber die Einnahmen nicht wesentlich zurückgegangen. Die Jahresbeiträge, die in beiden Rechnungsjahren vorher RM. 13 900 (i. J. 1929) und RM. 11 800 (1930) betragen, beliefen sich in diesem Jahre auf rund RM. 10 600. Hinzu kommen noch die Zinsen des Vermögens mit rund RM. 4 800.

Diesen Einnahmen stehen an größeren Ausgaben gegenüber: für wissenschaftliche Arbeiten einzelner Dozenten der Technischen Hochschule rund RM. 1 100, für das Schweißungs-Institut RM. 3 000.

Das Vermögen der Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft, das im März 1930 RM. 64 100 betrug, ist bis zum 31. März d. J. angewachsen auf RM. 72 500, hat sich also um RM. 8 400 vermehrt.

Weiterhin hat die Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft neben der Verwaltung des eigenen Vermögens noch die Verwaltung der Geldmittel einer Anzahl von Stiftungen und Instituten auf sich genommen. Erwähnt seien hier als die wichtigsten die

Otto Berndt-Stiftung mit rund	RM. 54 000
das Ingenieurlaboratorium mit	„ 12 500
die Stiftung für Schweißungsforschung mit	„ 8 500
und das Holzforschungsinstitut mit	„ 6 900

Der Vorsitzende bittet im Anschluß an den Bericht des Schatzmeisters, dem er für seine Mühewaltung herzlichen Dank sagt, Herrn Dr. Schenk, über das Ergebnis der Kassenprüfung zu berichten.

## 5. Entlastung des Vorstandes.

Herr Fabrikant Dr. Ing. e. h. Schenk hat zusammen mit Herrn Direktor May auch diesmal wieder die Jahresrechnung geprüft. Beide Herren haben sie „in der bekannten musterhaften Ordnung gefunden, die sie von früher her gewöhnt waren“. Sie haben die einzelnen Posten der Einnahmen und Ausgaben und der Vermögensaufstellung mit den Salden der einzelnen Konten verglichen und sie übereinstimmend gefunden. Sie haben zahlreiche Stichproben hinsichtlich der Übereinstimmung der Belege mit den Posten der einzelnen Konten vorgenommen und keinerlei Veranlassung zu Beanstandungen gefunden. Es ist ferner die Vermögensaufstellung mit den Auszügen über das Bankguthaben verglichen worden.

Herr Dr. Ing. e. h. Schenk spricht namens der Vereinigung dem Schatzmeister wie auch dem Vorsitzenden Dank und Anerkennung für ihre Mühewaltung aus und stellt im Anschluß hieran den Antrag auf Entlastung des Vorstandes.

Es erhebt sich kein Widerspruch, somit ist der Antrag genehmigt.

Der Vorsitzende dankt Herrn Dr. Ing. e. h. Schenk und Herrn Direktor May herzlichst für die Mühe, der sie sich bei der Rechnungsprüfung unterzogen haben und geht dann über zu

## 6. Wahlen zum Vorstand und Vorstandsrat.

Aus dem Vorstand scheiden satzungsgemäß  $\frac{1}{3}$  der Mitglieder aus; es sind dies die Herren:

1. Fabrikant W. Heyne, Offenbach;
2. Geh. Kommerzienrat Dr.-Ing. e. h. W. von Opel, Rüsselsheim;
3. Fabrikant N. L. Reinhart, Ehrensensator, Worms.

Vom Vorstand wird Wiederwahl vorgeschlagen; es erhebt sich kein Widerspruch. Damit ist die Wiederwahl der genannten Herren genehmigt.

Aus dem Vorstandsrat hätten in diesem Jahre satzungsmäßig auszuscheiden die Herren:

1. Dr.-Ing. e. h. H. Buzer, Dortmund.
2. Direktor Dr.-Ing. e. h. Herrmann, Gustavsburg.
3. Direktor Conrad Hesse, Darmstadt.
4. Freiherr Cornelius Heyl zu Herrnsheim, Worms.
5. Generaldirektor Dr.-Ing. e. h. Köster, Frankfurt a. M.
6. Dr. Löw-Beer, Frankfurt a. M.
7. Direktor Friedrich May, Darmstadt.
8. Fabrikant Dr. Karl Merck, Darmstadt.
9. Direktor Prof. Dr. K. H. Meyer, Ludwigshafen.

10. Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. e. h. Friedrich Müller, Darmstadt.
11. Oberbürgermeister Rudolf Mueller, Darmstadt.
12. Generaldirektor G. Süreth, Alschaffenburg.
13. Kommerzienrat Dr. Adolf Scheufelen, Oberlenningen-Teck.
14. Geh. Baurat Professor Dr.-Ing. e. h. Otto Berndt, Darmstadt.
15. Fabrikant Adler, Frankfurt a. M.
16. Direktor Th. Sauberlich, Frankfurt a. Main.

Der Vorstand schlägt vor, die Herren 1–14 wiederzuwählen; an Stelle der Herren Adler und Sauberlich werden vorgeschlagen die Herren Direktor Kiffel, Stuttgart=Untertürkheim und Generalkonsul Dr.-Ing. e. h. Klönne, Dortmund, ferner für den durch Wegzug ausscheidenden Herrn Professor Dr. Heidebroek Herr Professor Dr. Thum.

Es erhebt sich kein Widerspruch, somit ist die Wahl genehmigt und es bleibt folgende Zusammensetzung des Vorstandsrates für das Jahr 1931/32:

- Bänninger, Karl, (Fa. Bänninger G. m. b. H.), Gießen.
- Becker, Ernst, Fabrikbesitzer, Ehrensenator, Offenbach.
- Berndt, Otto, Geh. Baurat, Professor, Dr.-Ing. e. h., Ehrensenator, Darmstadt.
- Bosch, Karl, Geheimrat, Professor, Dr. h. c. und Dr.-Ing. e. h., Generaldirektor d. I. G. Farbenindustrie A.-G., Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen.
- Brink, Hugo, Bankdirektor (Darmstädter u. Nationalbank), Darmstadt
- Bühning, Oskar, Dr.-Ing. e. h. (Direktor der Rhein. Elektr. A.-G., Mannheim), Mannheim.
- Buzer, Heinrich, Dr.-Ing. e. h., Ehrensenator, Dortmund.
- Buzbaum, August, Bürgermeister, Ehrensenator, Darmstadt.
- Clemm, Otto, Direktor, Mannheim=Waldhof.
- Dingeldey, Friedrich, Dr. Geh. Hofrat, Professor, Darmstadt.
- Duden, Paul, Professor, Dr.-Ing., e. h., Direktor der I. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. Main.
- Dyckerhoff, Alfred, Dipl.-Ing., Diebrich a. Rh.
- Euler jr. Wilhelm, Fabrikbesitzer, Bensheim a. d. B.
- Fischer, R., Direktor, Frankfurt a. M.
- Henschel, Oskar, Fabrikbesitzer, Kassel.
- Herrmann, Hans, Dr.-Ing. e. h., Ehrensenator, Direktor der M. A. N., Gustavsburg.
- Hesse, Landforstmeister, Staatsrat, Darmstadt.
- Hesse, Conrad, Direktor und Fabrikbesitzer, Darmstadt.
- Freiherr Cornelius Heyl zu Herrnsheim, D. Dr. jur., Worms.
- von Hirsch, Robert, Fabrikbesitzer, Ehrensenator, Offenbach.

- Hissink, J. W., Dr.=Ing. e. h., General=Direktor der Bergmann Elektr. Werke, A.=G., Charlottenburg.
- Ihm, Karl, Fa. R. Ihm, Fabrik gefärbter Leder, Raunheim.
- Kissel, Direktor, Stuttgart=Untertürkheim.
- Klesenz, Andreas, Dr.=Ing. e. h., Direktor der Odenwälder Hartstein=Industrie, Darmstadt.
- Klönne, M., Dr.=Ing. e. h., Dortmund.
- Knipping, Franz, Professor, Stadtbaurat a. D., Darmstadt.
- Köster, E. W., Dr.=Ing. e. h., Baurat, Generaldirektor der Frankfurter Maschinenbau A.=G., vorm. Pokorny u. Wittkeind, Frankfurt a. M.
- Löhlein, Konrad, Dr. h. c., Ministerialrat, Darmstadt.
- Löw=Beer, Oskar, Dr., Frankfurt a. M.
- May, Friedrich, Direktor, Darmstadt.
- Mercé, Karl, Dr., Fabrikant, Darmstadt.
- Meyer, K. H., Professor Dr., Direktor der J. G. Farbenindustrie A.=G., Ludwigshafen.
- Möhring, Bruno, Dr.=Ing. e. h., Direktor d. Meguin A.=G., Bad=Naheim.
- Müller, Friedrich, Geh. Baurat, Professor Dr.=Ing. e. h., Darmstadt.
- Mueller, Rudolf, Oberbürgermeister, Darmstadt.
- Pfleger, Johann, Dr. h. c. u. Dr.=Ing. e. h., Frankfurt a. M.
- Reiber, Julius, Rektor, Landtagsabgeordneter, Darmstadt.
- Riese, Otto, Dr.=Ing. e. h., Geh. Baurat, Frankfurt a. M.
- Röhm, Otto, Dr., Fabrikant, Ehrensensator, Darmstadt.
- Roth, Karl, Professor, Darmstadt.
- Süreth, G., Generaldirektor, Aschaffenburg.
- Schenk, Emil, Dr.=Ing. e. h., Fabrikant, Darmstadt.
- Scheufelen, Adolf, Dr., Kommerzienrat, Oberlenningen=Teck, Wttbg.
- Thum, Professor, Dr., Darmstadt.
- Vrier, Ernst, Fabrikant, Darmstadt.
- Wagner, Heinrich, Ministerialrat, Darmstadt.
- Werner, Richard, Dr.=Ing. e. h. u. Dipl.=Ing., Direktor der S. S. W., Berlin=Grünwald.
- Wiß, Ernst, Dr.=Ing. e. h., Direktor, Griesheim a. M.

Der Vorsitzende fragt, ob zu Punkt

## 7. Bewilligung laufender und außerordentlicher Ausgaben

Anträge von Seiten der Hauptversammlung einzubringen sind. Das ist nicht der Fall. Daß beim Vorstand eine Anzahl von Anträgen eingelaufen sind und bewilligt werden konnten, ist schon mitgeteilt worden. Die Berichterstattung über die einzelnen Bewilligungen wird Sache des nächsten Geschäftsberichtes sein.

Da zu den Punkten 8 und 9 aus der Mitte der Versammlung keine Anträge vorliegen, schließt der Vorsitzende den geschäftlichen Teil der Verhandlungen. Es folgt der Vortrag des Herrn Prof. Dr. Walther über „Mathematik des Ingenieurs“.

## 10. Vortrag von Professor Dr. Walther, Darmstadt: „Mathematik des Ingenieurs“.

Seit 1928 ist an der Technischen Hochschule Darmstadt eine tiefgreifende Umgestaltung des mathematischen Lehr- und Forschungsbetriebes nach der Seite einer ausgesprochenen Ingenieurmathematik im Gange. Dabei hat auch die Ernst-Ludwigs-Hochschul-Gesellschaft in großzügiger und tatkräftiger Weise fördernd eingegriffen. Es ist also zunächst eine reine Dankespflicht, wenn ich Ihnen von unseren Bestrebungen näher berichte. Daneben aber glaube ich, daß ganz abgesehen von den spezifisch Darmstädter Verhältnissen die prinzipielle Seite der Frage Ihr Interesse finden wird. Ich beginne deshalb mit einigen allgemeinen Ausführungen über die Stellung des Ingenieurs zur Mathematik, über das Verhältnis von Mathematik und Technik.

Dabei scheinen mir vor allem die folgenden Gesichtspunkte hervorhebenswert, die ich allerdings wegen der Kürze der Zeit nur aphorismenartig vorbringen kann, die sich auch teilweise gegenseitig überdecken und durchdringen.

Die geistige Struktur und Haltung des Ingenieurs ist eine grundlegend andere als die des Wissenschaftlers. Der Wissenschaftler erstrebt — sei es in der Studierstube oder im Laboratorium — eine einheitliche, systematisch aufgebaute und in sich selbst ihre Berechtigung, ihre Form und Gesetze tragende Wissenschaft. Der Ingenieur steht demgegenüber draußen im praktischen Leben ähnlich dem Arzte, Juristen oder Theologen, die demgemäß ein ähnliches Verhältnis zur Wissenschaft haben wie er selbst. Dort muß er schaffen und wirken, Vorhandenes umformen und Neues hervorbringen. Die Grundelemente seiner Tätigkeit sind schöpferische Produktivität und praktische, zweckgerichtete Arbeit. Der Ingenieur will nicht nur Erkenntnisse sammeln und ordnen, ein logisch einwandfreies Gedankengebäude errichten, der „Ehre des menschlichen Geistes“ dienen wie der Mathematiker oder Zusammenhänge ergründen und beschreiben, den Verlauf der Erscheinungen erklären und voraussagen wie der Naturwissenschaftler, sondern durch geeignete Maßnahmen Einfluß auf die Umwelt nehmen — diese nicht nur passiv verstehen, sondern aktiv beherrschen. Er ist, wie es Ostwald mit einem Schlagwort ausgedrückt hat, kein Ritter der Vergangenheit, sondern ein Schmied der Zukunft.

Die Wissenschaft schließt in sich den Zug zu fortschreitender Abstraktion; der Ingenieur sucht demgegenüber das Konkrete. Und zwar in einer stark und eigenartig ausgeprägten Betrachtungs- und Denkweise, die es nicht liebt, lange logische Schlußketten zu durchlaufen, sondern die alles greifbar, plastisch, anschaulich vor Augen sehen und konstruieren, den Zwecken der Technik dienstbar machen will. Hierin liegen Vorteil und Gefahr: Vorteil, vor allzu vielen Strupeln und bloßer Kritik bewahrt zu bleiben und das Einfache, Gesunde in den Vordergrund zu stellen, Lebensnähe auch auf wissenschaftlichem Gebiet zu bewahren, Gefahr, an Tiefe einzubüßen, Nachdenken durch schematisches Arbeiten zu ersetzen und einem engen Utilitarismus zu verfallen. Das aber ist sicher, daß z. B. der Ausbildung der mathematischen Studienräte an den Universitäten, die gegenwärtig meist noch allzusehr nach dem neuhumanistischen Ideal der reinen Wissenschaft erfolgt, die entschiedene Hereinziehung ingenieurmäßiger Verbindung von Wissenschaft und Leben nur gut tun könnte, wohl ebenso gut wie die neuerdings entschieden betonte Berücksichtigung der Pädagogik. Als Forderungen für das Ingenieurstudium ergeben sich umgekehrt die, einmal jene anschaulich-plastische Behandlungsweise klar erkenntlich zu machen und selbstbewußt herauszustellen, zum anderen den akademischen Charakter des Studiums mehr als bisher zu betonen, vor allem die Grundlagen zu pflegen, die Abstraktionsfähigkeit und -neigung zu schulen, die Selbsttätigkeit und geistige Selbständigkeit so nachhaltig wie möglich zu fördern. Hier liegen Möglichkeit und Entscheidung, ob sich der Hochschulingenieur über einen bloßen Fachschüler oder Spezialisten erhebt.

Die Mathematik im besonderen wird, wie aus dem Gesagten hervorgeht, vom Ingenieur nicht um ihrer selbst willen getrieben wie vom Mathematiker, sondern sie ist ihm nur ein Werkzeug, eine Helferin auf dem Weg zu anderen Zielen. Genauer ist sie einerseits eine Grundwissenschaft, auf der als einem Fundament sich das ganze mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Denken und Schaffen von unten her aufbaut und welche es von oben her in systematischer Weise zusammenfaßt — dies beleuchtet ihre ungeheure Bedeutung für den Unterricht, für die geistige Erziehung des Ingenieurs —, zum anderen eine Hilfswissenschaft, die im ganzen als Dolmetscherin, als Kurzsprache und als einendes Band, im einzelnen bei tausend kleinen und großen Gelegenheiten, namentlich in der Forschung, immer und immer wieder angewandt werden muß. Um ein Wort von Freese, dem Dresdener Architekten, abzuwandeln: der Sinn der Mathematik des Mathematikers ist ähnlich dem Sinne der Kunst die Befreiung des Menschen von geistig-seelischer Gebundenheit, die innere Harmonie, während die Mathematik des Ingenieurs dem

Sinne der Technik, der Befreiung des Menschen von der physischen Bindung durch Natur und Materie, untergeordnet wird.

Daraus erklärt sich auch die tief einschneidende Tatsache, daß Georg Cantors, des Begründers der Mengenlehre, bekannter Ausspruch: „Das Wesen der Mathematik besteht in ihrer Freiheit“ für die Mathematik des Ingenieurs leider nicht zutrifft. Das Arbeits- und Anwendungsfeld der Mathematik kann vom Techniker selten so frei gewählt werden wie vom Mathematiker selbst oder vom Naturwissenschaftler, der sich in gewissem Umfang seine Probleme selbst stellt oder dem sie in organischer Entwicklung im Laufe seiner Tätigkeit nach und nach zuwachsen. Vielmehr schreibt der harte Zwang des praktischen Lebens die Aufgaben vor, die gelöst werden müssen, gleichgültig, ob sich die Mathematik überhaupt schon mit ihnen beschäftigt hat, ob sie bequem oder nahezu unangreifbar, ob sie — ästhetisch=mathematisch genommen — reizvoll oder häßlich sind. Und zwar gelöst werden müssen unter möglichst hoher Wirtschaftlichkeit, das heißt mit geringstem, auf jeden Fall aber mit überhaupt aufbringbarem Zeit-, Kraft- und Kostenaufwande, und bis in alle Einzelheiten, bis zu praktisch verwendbaren Ergebnissen, wenn auch vielleicht nur mit solcher Genauigkeit, daß man vor Überraschungen gesichert ist. Wie es Rankine ausgedrückt hat: „Die Frage für den Ingenieur ist: Was habe ich zu tun? Und er muß sich sofort entscheiden. Die Frage für den Mathematiker lautet: Was soll ich denken? Und er kann sich unbegrenzt viel Zeit lassen.“

Neben diese Schwierigkeit, daß der Technik die mathematischen Aufgaben von außen her aufgezwungen werden, tritt die andere, daß sich Mathematik und Technik seit einigen Jahrzehnten stark auseinandergelebt haben. Im 17. und 18. Jahrhundert stürmen Mathematik und Technik mit heroischem Schwunge gemeinsam vorwärts. Es gibt noch keine Trennungslinie zwischen ihnen, ebensowenig wie zwischen Mathematik und Naturwissenschaften. Große Mathematiker wie Newton und Euler lösen Probleme der Technik, große Techniker z. B. aus dem Kreise der französischen École polytechnique befruchten und bereichern die Mathematik. Etwa seit der Mitte des 19. Jahrhunderts aber kommt das Auseinanderwachsen. Die Mathematik verliert ihre jugendfrische Unbekümmertheit, es setzt eine mehr kritische, um mit v. Kármán zu reden, kodifizierende, spezifisch mathematische Periode ein, welche z. B. die ganz anders gearteten, für die Strömungslehre grundlegenden Untersuchungen Riemanns zunächst nicht zur Auswirkung für die Technik kommen läßt. An die Stelle der organischen Einheit in sich und mit den Naturwissenschaften und der lebendigen Wechselwirkung zu diesen treten — so merkwürdig das bei der Fülle wunderbarer mathematischer

Ergebnisse seit 1850 erscheint — eine gewisse Erstarrung und Abgeschlossenheit nach außen, ein Zerfallen in Einzelgebiete nach innen. In der Technik andererseits gewinnen die technologischen und wirtschaftlichen Fragen an Bedeutung; von der Mathematik im Stich gelassen wendet sie sich mehr der Empirie zu. Der mathematische Unterricht an den Technischen Hochschulen hält vielfach allzu zäh überlebte Bestandteile fest und assimiliert Neues, für die Technik Wichtiges allzu langsam; vor allem aber findet er durch seine Isoliertheit von der Technik nicht mehr den Weg zum Herzen der Hörer, veranlaßt allgemeine Klagen über seinen geringen Wirkungsgrad und führt längst nicht weit genug. So müssen gewisse für die Technik notwendige mathematische Dinge — z. B. Begriff von Eigenwert und Eigenfunktion, Integralsätze der Vektoranalysis, Nomographie — gelegentlich und ad hoc in technischen Vorlesungen gebracht werden, ohne daß die Hörer die mathematischen Zusammenhänge klar erfassen und einen wirklichen Ein- und Überblick gewinnen können. An den Universitäten hinwiederum ist der Unterricht oft zu einseitig und zu stark am Ideal der reinen Wissenschaft orientiert, auch manchmal zu fein auf Spezialuntersuchungen zugespitzt. Es werden Probleme, die zunächst nur für eine ganz kleine ausgewählte Schar von Forschungsmathematikern Bedeutung haben, ohne weiteres auch als wichtig für die große Masse der späteren Studienräte angesehen und dargeboten. Im Konflikt mit Befähigung, Reife und innerer Berufenhaftigkeit des Zuhörerkreises gehen dabei oft die solide mathematische Allgemeindurchbildung, die Beherrschung der Grundlagen und der Kontakt mit Naturwissenschaften und Technik verloren — ein für den künftigen Schulmathematiker katastrophaler Zustand!

Es ist eine der dringendsten Aufgaben der Gegenwart, die geschilderte Entfremdung zwischen Mathematik und Technik zu beseitigen. Namentlich für Deutschland, dessen Technik ihre Stellung gegenüber dem Auslande nur durch immer erneutes und vertieftes Zurückgehen auf die mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen behaupten kann. Das ist seit langem von führenden Ingenieuren, maßgebenden Wirtschaftlern und weitblickenden Mathematikern gefühlsmäßig als notwendig erkannt und auf Tagungen (z. B. der Dresdener Hochschultagung im Dezember 1928), in Resolutionen u. dgl. immer wieder gefordert, aber bisher noch nicht, jedenfalls nicht in genügendem Maße ausgeführt worden. Der große 1925 verstorbene Mathematiker Felix Klein hat vorausschauend dieser Aufgabe einen großen Teil seiner Lebensarbeit gewidmet, leider ohne vollen Erfolg zu erzielen. Es läge nahe und wäre höchst belehrend, die Kluft noch mit vielen Einzelheiten näher zu beleuchten. Aber wir wenden uns lieber zum Positiven, wie die Wiederannäherung zwischen den beiden getrennt voneinander fortgeschrittenen Gebieten der Mathematik und

Technik geschehen kann. Ich meine, am besten dadurch, daß die Technik die ihr angemessene Art der Mathematik klar erkennt, zielsicher pflegt und nach außen zur Geltung bringt. Das schließt eine bewußte Abwendung von gewissen Idealen des Universitätsunterrichts und ein Sichbesinnen auf die Eigenart und die Eigengesetzlichkeit der Technischen Hochschule, insbesondere auf die konkret-anschauliche Einstellung des Ingenieurs in sich. Selbstverständlich darf dabei an Gründlichkeit, Systematik, Exaktheit und folgerichtigem logischem Aufbau kein Rüpfelchen preisgegeben werden. Wenn hier die Technischen Hochschulen ihre Stunde erkennen und die Führung übernehmen, wenn sich die Mathematiker an ihnen zu hoher Aufopferung bereit finden, bin ich überzeugt, daß die Wirkung auch auf die Universitäten ausstrahlen, diesen das einstmals Empfangene mit Zinsen zurückliefern, die bedauerliche Trennung von Universitäten und Hochschulen mildern und der ganzen mathematischen Wissenschaft einen starken Impuls erteilen wird.

Die dem Ingenieur angemessene, gegenüber der sogenannten „reinen“ Mathematik keineswegs unedlere Ausprägung der Mathematik wird fälschlich von technischer Seite zuweilen „geometrische“ Behandlung der Mathematik genannt, fälschlich, weil in der Mathematik das Wort „Geometrie“ eine ganz andere Bedeutung hat und nur eine Anzahl spezifisch mathematischer Gebiete zusammenfaßt. Unvollständig wird sie als „praktische Mathematik“ oder „angewandte Mathematik“ bezeichnet. Der Begriff „angewandte Mathematik“ ist sachlich und historisch durchaus relativ, wie namentlich v. Mises treffend hervorgehoben hat. Sachlich, indem in der Mathematik mannigfaltige Einschnitte so geführt werden können, daß der eine Abschnitt zum anderen in Verhältnis von Theorie und Anwendung steht. So gelten vom Standpunkt der „reinen“ Mathematik die technischen Hochschulprofessoren als Vertreter der Anwendungen, während sie von den Praktikern in der Industrie oft als graue Theoretiker angesehen werden. Historisch, wie aus der früheren engen Verbundenheit von Theorie und Anwendungen bei Archimedes, Newton, Euler, Gauß und aus der zeitlichen Entwicklung nach zunehmender Abstraktion auch in den nach den Anwendungen hin gerichteten Teilen der Mathematik hervorgeht. Auch die Umschreibung der angewandten Mathematik sei es als Approximations- oder Näherungs-mathematik im Gegensatz zur Präzisionsmathematik, die es mit idealisierten Gebilden zu tun habe, sei es als Exekutive im Gegensatz zur Legislative trifft die Sache nicht. Ebenso wenig erschöpfen der Gebrauch besonderer Verfahren wie der zeichnerischen, instrumentellen und numerischen oder die Angabe zweckmäßiger Anordnung und Durchführung von mathematischen Betrachtungen — so charakteristisch und unerläßlich diese Dinge sind — das, was wir meinen und wollen, und

würden nur die für die „reine“ Mathematik hervorgehobene Gefahr einer gewissen Erstarrung heraufbeschwören.

Ich glaube, daß überhaupt das Wort „angewandte“ Mathematik, so brennend wir Mathematik wünschen, ein schiefes Bild gibt und daß man das Ideal besser „Ingenieurmathematik“ oder ähnlich nennen sollte. Denn was wir wollen, sind nicht nur die „Abfälle“ der „reinen“ Mathematik, sondern auf den Gebieten der Mathematik, die für den Ingenieur überhaupt in Betracht kommen, die ganze Mathematik, nicht nur ein von vornherein auf diese oder jene Anwendung zugeschnittener Teil — die ganze Mathematik allerdings in einer besonderen Prägung. Und hier liegt das Wesentliche. Dabei kann man allerdings wohl überhaupt keine „statische“ Definition geben, sondern nur eine „dynamische“. Wir wollen aus einer Überwucherung von Beiwerk überall den eigentlichen mathematischen Kern heraus Schälen, zu den primitiven Quellen mathematischer Wissenschaft zurückgehen, lebensvolle kritische und schöpferische Synthese und organische Einheit von Mathematik, Naturwissenschaften und Technik herbeiführen. Wir wollen gegenüber einer teilweise so weit vorgetriebenen Abstraktion, daß sie von der Allgemeinheit noch ebensowenig geistig verarbeitet ist wie sich bisher die allzu rasch fortgeschrittene Technik genügend in die allgemeine Kultur eingeordnet hat, dem Konkreten, dem Einzelfall, der Anschauung zu vollem Recht verhelfen, die Rolle der Erfahrung auch in der Mathematik betonen und gegenüber dem übertriebenen Studium „pathologischer“ Ausnahmefälle das Normale, Naturwüchsige hervorheben. Für uns sind neben den analytisch-formelmäßigen Verfahren gleichberechtigt und ebenso wichtig die oft als „praktische Mathematik“ zusammengefaßten zeichnerischen, instrumentellen und numerischen. Wir gliedern sie von vornherein organisch in den ganzen Aufbau der Mathematik ein, statt sie aus einer Art Pariastellung erst dann herbeizurufen, wenn sogenannte edlere Methoden versagen. Wir wünschen nicht Formelkram und lediglich handwerksmäßige Geschicklichkeit zu geben, sondern den Sinn der mathematischen Methoden zu erschließen, das Lehrhafte und Wesentliche zu betonen. Hierfür halten wir allerdings, wie nachher noch ausgeführt werden soll, die praktische Mathematik für hervorragend geeignet. Ein mathematisches Problem ist für uns nur unfertig gelöst, wenn lediglich, was in der reinen Mathematik heutzutage häufig geschieht, allerdings auch oft bereits eine gewaltige Leistung darstellt, die Möglichkeit und Existenz der Lösung nachgewiesen, diese aber nicht wirklich konstruiert und bis in die Einzelzüge verfolgt ist. Wir sehen ein wesentliches Moment in der dynamischen Dolmetscherrolle der Mathematik beim Ansätze, bei der Durchführung und Ausdeutung eines von der Praxis gestellten mathematischen Problems, im Zurichten der mathematischen

Hilfsmittel, in den verbindenden Zwischenüberlegungen zwischen der mathematischen Theorie und der naturwissenschaftlich-technischen Anwendung oder umgekehrt zwischen dem naturwissenschaftlich-technischen Problem und der mathematischen Formulierung. Wir glauben, daß solches Dolmetschertum der Mathematik eine ihrer höchsten und schönsten Aufgaben an der Technischen Hochschule ist und zur Zusammenfassung der Technischen Hochschule aus vielen Einzelgebieten zu einer geistigen Einheit beitragen wird.

Soviel über die Mathematik des Ingenieurs im allgemeinen. Wesensschau mit Herglots prächtigem Ausdrucke und Konkretisierung sind ihre Hauptmerkmale. Nun noch ein Wort über ihren unerläßlichen Bestandteil, die praktische Mathematik, d. h. die zeichnerischen, instrumentellen und numerischen Verfahren. Diese sind, nachdem sie teilweise schon in der Frühzeit der modernen Mathematik um 1700 an der Grenze des Bewußtwerdens gelegen hatten und bei den Astronomen und Geodäten manches längst geübt worden war, doch erst in neuester Zeit für weitere Kreise zur Geltung gelangt, namentlich durch Carl Runge und Rudolf Mehmke. Stark hat dabei die höhergekommene Technik mitgewirkt.

Ein Grundpfeiler der praktischen Mathematik ist die Sünde wider das Gebot: Du sollst dir kein Bild machen. Die zeichnerischen Verfahren stehen in ihr den analytisch-formelmäßigen gleichberechtigt zur Seite. Sie sind für den Lernenden, zumal für den in Kurven und Diagrammen denkenden Ingenieur — nennt man doch die Zeichnung die Sprache des Ingenieurs — zur psychologischen Einführung das Prachtvollste, was man sich vorstellen kann. Sie ermöglichen eine tiefdringende Analyse und Herauspräparierung der Begriffe, inneres Verständnis und geistige Verarbeitung. Sie schulen, so paradox dies klingen mag, trotz ihrer Anschaulichkeit oder vielmehr durch sie in hohem Maße die Abstraktionsfähigkeit, weil verwirrende und ermüdende Nebensachen vermieden werden und die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche gelenkt wird. Insofern ist die praktische Mathematik nicht nur für den Ingenieur, sondern vor allem auch für den Mathematiker selbst, für den Naturwissenschaftler und für den Lehrer von unschätzbarem Werte. Ich halte für den späteren Studienrat eine Ausbildung im Sinne der praktischen Mathematik für erspriesslicher als eine falsch verstandene Spitzenausbildung auf einem engen Spezialgebiet der Mathematik. Und niemand kann sagen, wie viel weiter wir heute vielleicht in der Mathematik wären, wenn schon Leibniz und Newton etwas so Einfaches wie das Millimeterpapier gehabt hätten oder wenn im 19. Jahrhundert bereits systematisch mit graphischem Differenzieren und Integrieren und graphischer Lösung von Differentialgleichungen gearbeitet worden wäre. Denn die formelmäßige Theorie ist nur die eine mögliche Behandlungsart der Mathematik, die freilich früher fast ausschließlich erstrebt und ge-

pflegt wurde. Oft versagt sie allerdings gerade da, wo vom Standpunkte höherer Erkenntnis oder praktischer Anwendung erst das Interesse beginnt, dem z. B. mit dem bloßen Hinschreiben von Differentialgleichungen oder mit allgemeinen Aussagen über das Vorhandensein einer Lösung nicht gedient ist. Dann entfalten die Methoden der praktischen Mathematik in der Regel ihre volle Kraft. Außer den zeichnerischen sind es die numerischen, welche zahlenmäßig Näherungsrechnungen auf allen Gebieten und bis zu beliebiger Genauigkeit, Beurteilung und Auswertung von Beobachtungsergebnissen u. dgl. durchzuführen lehren, die gesunde Kritik mehr schulen als mangelhaft verstandene theoretische Konvergenzuntersuchungen und bei der Ersetzung von Differential- durch Differenzgleichungen in der Atom- und Quantentheorie neuerdings auch erkenntnistheoretische Bedeutung gewinnen, und die instrumentellen, bei denen geistreich konstruierte Apparate dem Menschen mathematische Operationen abnehmen. Selbstverständlich verabscheuen wir Verfahren der praktischen Mathematik, die — etwa durch Liniengewirr — umständlicher und unübersichtlicher sind als formelmäßige, ebenso wie wir bei diesen das Schwelgen im Kalkül, das Anbeten von Formeln vermieden sehen möchten, das oft eintritt, wenn Nichtfachmathematiker wie Ingenieure, Chemiker oder Biologen mit formelmäßigen mathematischen Methoden arbeiten. Hervorgehoben zu werden verdient noch, daß die praktische Mathematik gerade auf Erfahrungswissenschaften zugeschnitten ist und sich ihnen, selbst eine Art Erfahrungswissenschaft, auf das glänzendste anpaßt.

Bei der Gestaltung der praktischen Mathematik an der Technischen Hochschule Darmstadt waren vor allem drei Gesichtspunkte maßgebend:

1. Die Technik hungert nach brauchbarer Mathematik; deshalb soll die Mathematik die ständige Begleiterin des Studierenden nicht nur bis zum Vorexamen, sondern durch sein ganzes Studium sein. Jedenfalls für die Interessierten muß also bei freiwilliger Teilnahme für Vorlesungen bis zum Hauptexamen auch über die höchsten und modernsten Teile der Mathematik gesorgt werden, soweit sie für den Ingenieur heutzutage in Betracht kommen, in ingenieurmäßiger, anschaulicher und bis zur restlosen Klarheit durchdringender Weise, unter steter Berücksichtigung von Theorie und Praxis. Ich nenne: partielle Differentialgleichungen mit besonderer Betonung von Eigenwert-, Schwingungs- und Potentialproblemen, Variationsrechnung und Randwertaufgaben, Funktionentheorie und konforme Abbildung nebst speziellen Funktionen wie Kugel- und Zylinderfunktionen, Potentialtheorie, Differenzenrechnung und Differenzgleichungen, mathematische Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung usw. Außer dem bloßen rezeptiven Vorlesungshören

wird durch Übungen, Seminare und Kolloquien, am besten zusammen mit den Vertretern technischer Fächer, in gemeinsamer geistiger Arbeit die produktive Selbsttätigkeit gefördert. Für diejenigen, welche intensiv mitgetan und sich in größeren Studienarbeiten bewährt haben, besteht vollzählende Prüfungsmöglichkeit im Diplom-Hauptexamen unter Entlastung in anderen Fächern. Den Studierenden der Mathematik und Naturwissenschaften andererseits wird so diejenige Studienart geboten, welche allein die Ausbildung von Studienräten auf der Technischen Hochschule innerlich rechtfertigt.

2. Auch schon vor der Vorprüfung ist dem jungen Studenten ein inneres Verhältnis zur Mathematik im Hinblick auf die technischen Anwendungen und im Sinne der Wesensschau und Konkretisierung zu vermitteln. Deshalb wurden zwei je zweistündige Vorlesungen über praktische Mathematik mit je zwei Stunden Übungen eingerichtet, über die im Vorexamen geprüft wird. Und zwar eine für das erste Semester, um die Anfänger vom Tage des Betretens der Hochschule an in der Richtung der praktischen Mathematik zu beeinflussen und ihr Interesse zu erwecken, eine für das vierte Semester, um bei reiferen Leuten mit etwas Erfahrung über die technischen Anwendungen die Lust und Anteilnahme für Mathematik hochzuhalten und immer zu erneuern. Der Erhöhung des Wirkungsgrades dient ein intensiver Übungsbetrieb mit enger Fühlungnahme von Studenten, Assistenten und Dozenten. Es ist erstaunlich und bewundernswert, was dabei über die allgemein verlangten Übungen hinaus von den gewiß stark belasteten technischen Studierenden aus Begeisterung für die praktische Mathematik an freiwilligen, zusätzlichen Arbeiten geleistet wird. Vielleicht mag das an einer gewissen Schöpferfreude liegen, welche die praktische Mathematik ihren Jüngern sehr bald zu vermitteln vermag. Das Programm umfaßt für das erste Semester Logarithmen- und Dreieckspapier, zeichnerisches Differenzieren und Integrieren, Planimeter, etwas Nomenclatur, Rechenschieber und Rechenmaschinen, Praxis der Gleichungen — insbesondere der quadratischen und kubischen — und der Gleichungssysteme, Fehler- und Näherungsrechnen, Grundzüge der Vektorrechnung, für das vierte Semester harmonische Analyse, praktische Behandlung von Differentialgleichungen, etwas über numerische Methoden, einiges zur Theorie der Felder. Der reiche Stoff kann nur dadurch bewältigt werden, daß die Hörer laufend den Extrakt des Vorgetragenen in Form von Hilfsblättern erhalten. Eine Vorlesung „Ausgewählte Kapitel aus der praktischen Mathematik“ bringt und vervollständigt Dinge, die in der Hauptvorlesung aus Zeitmangel zu kurz kommen.

3. Die allgemeinen Übungen für alle Studierenden gemeinsam werden ergänzt durch individuelle Übungen jedes einzelnen mit mathematischen Instrumenten in einem kleinen mathematischen „Laboratorium“

mit freihieitlicher Benutzungordnung — etwa 40 Stunden wöchentlich geöffnet — und gründlicher Assistentz — oft durch freiwillige Hilfskräfte —, das dank reicher Unterstützung durch Staatsregierung und Hochschulgeseilschaft und dank dem Entgegenkommen vieler Firmen gut mit modernen mathematischen Apparaten ausgestattet ist. Hier kann und soll der Studierende — was nie durch Demonstrationen aus der Ferne oder oberflächliches Betrachten, sondern nur durch eingehende Selbsttätigkeit möglich ist, sie aber auch bald lohnt — den Gebrauch des Rechenschiebers, dieses treuen Kameraden eines jeden Ingenieurs, der Rechenwalze, von Rechenmaschinen mit Hand- und elektrischem Antrieb, gewöhnlichen und Potenzplanimetern, Spiegellinealen zum zeichnerischen Differenzieren, des Integraphen, des Apparates nach Söttinger zur Bestimmung des Potentials einer Doppelschicht, von harmonischen Analysatoren, von Rechenablonen und anderen nützlichen Hilfsmitteln erlernen, sich auf du und du mit ihnen stellen, Fingerspitzengefühl für ihre Benutzung und Genauigkeit erwerben. Er kennt also z. B. das Planimeter bereits genau, wenn er später sein erstes Indikatorgramm auswertet, und weiß mit ihm umzugehen, statt wie bisher das „Zauberinstrument“ nur anstaunen und aus Zeit- und Beratungsmangel nebenbei abtun zu müssen. Selbstverständlich liegt bei den instrumentellen Übungen das Hauptgewicht auf dem — meist sehr beträchtlichen — lehrhaften mathematischen Gehalt der Instrumente, nicht auf den technischen Einzelheiten. Nebenbei steht das Laboratorium all den Assistenten, Diplomkandidaten und Doktoranden anderer Lehrstühle offen, die sich durch Benutzung der Einrichtungen, namentlich der Rechenmaschinen, ihre Arbeit erleichtern und beschleunigen wollen, und dient so nicht nur dem Unterrichte, sondern vor allem auch der Forschung. Ferner konnte auch unmittelbare Forschungsarbeit geleistet werden, indem durch Zusammenwirken mit der Industrie mehrere mathematische Instrumente verbessert oder neu konstruiert wurden.

Ich will Ihnen jetzt die Haupteinrichtungen des Laboratoriums im Original oder im Lichtbild vorführen (Erläuterung der Grundprinzipien von Rechenmaschinen: Staffelwalze, Sprossenrad und proportional verschiebbare Zahnstangen, Schlittenverschiebung entsprechend dem Dezimalsystem, Zehnerübertragung, Geschichtliches — von Planimetern, d. h. Instrumenten, die durch bloßes Umfahren einer Kurve den eingeschlossenen Flächeninhalt liefern: Polarplanimeter, Linearplanimeter mit Geradföhrung durch schwere Walze oder durch scharfe Rollen in Nut, Radialplanimeter, Potenzplanimeter Adler-Ditt zum Bestimmen von Effektivwerten in der Elektrotechnik, statischen Momenten, Schwerpunkten, Rauminhalten von Drehkörpern, Durchflusmengen aus dem Druck — von Integraphen, die zu einer Kurve die Integralkurve

zeichnen — von harmonischen Analysatoren nach Henrici-Coradi und nach Mader-Ott zum Zerlegen einer Schwingung in Grund- und Oberschwingungen — von Spiegellinealen usw.; Demonstration der entsprechenden fertigen Apparate und Maschinen).

Zum Schlusse meiner Ausführungen lassen Sie mich den Wunsch und die Hoffnung aussprechen, daß sich die neue „Ingenieurmathematik“ an der Technischen Hochschule Darmstadt weiter zum Besten von Forschung und Lehre, von Theorie und Praxis entwickeln und dadurch die Förderung rechtfertigen möge, die ihr die Ernst-Ludwigs-Hochschulgesellschaft zugewandt hat. Denn das ist das Schönste, daß ich Ihnen nicht nur ein Programm vorgetragen habe, sondern daß dieses Programm in Darmstadt auch in die Tat umgesetzt werden kann.

Der Vorsitzende dankt Herrn Professor Dr. Walther sehr für den außerordentlich interessanten Vortrag. Möge sich das hier begonnene Werk so weiter entwickeln, daß es unseren jungen Studierenden bald an allen Hochschulen möglich ist, sich mit den speziellen mathematischen Methoden, Instrumenten und Einrichtungen vertraut zu machen, die für den Ingenieur besonders wichtig sind.

Er bittet nun Herrn Professor Dr. Busch, das Wort zu nehmen zu seinem Vortrag über „Wesen von Sprache und Musik und die daraus erwachsenden technischen Aufgaben“.

### 11. Vortrag von Professor Dr. Busch, Darmstadt: „Wesen von Sprache und Musik und die daraus erwachsenden technischen Aufgaben.“

Wenn ich als Thema meines heutigen Vortrages die Frage nach dem Wesen von Sprache und Musik gewählt habe, so habe ich dies aus zwei Gründen getan. Zum ersten: die Sprache ist etwas Ihnen allen Vertrautes, ich kann so an Bekanntes anknüpfen, kann über einen Gegenstand sprechen, von dem Sie eine bestimmte anschauliche Vorstellung haben. Es hat ja immer einen großen Reiz, etwas Bekanntes unter neuen Gesichtspunkten zu sehen, einen Reiz, der bei vorliegendem Thema noch erhöht wird dadurch, daß im letzten Jahrzehnt die Technik auf diesem Gebiete ungewöhnliche Fortschritte gemacht und Methoden zur Verfügung gestellt hat, die diese Dinge in besonders eindrucksvoller Weise vorzuführen gestatten. Ich selber habe den ästhetischen Reiz solcher Versuche immer sehr stark empfunden, und ich würde mich sehr freuen, wenn es mir gelingen würde, Sie, meine Herren, von dieser Schönheit meines Arbeitsgebietes etwas mitempfinden zu lassen.

Der zweite Grund für die Wahl des Themas ist der, daß die Beantwortung der Frage nach dem Wesen von Sprache und Musik in gewissem Sinne die Grundlage der gesamten Fernsprechübertragungstechnik bildet. Die Aufgabe dieser Technik ist ja doch die, die Laute der menschlichen Sprache und die Klänge der Musik auf elektrischem Wege, sei es mit oder ohne Draht, von einem Orte zum anderen zu übertragen, genauer gesagt, formgetreu zu übertragen, d. h. so zu übertragen, daß der Hörer auf der Empfangsstation den gleichen Eindruck erhält, als wenn er sich auf der Sendestation befände. Um aber Art und Umfang dieser Aufgabe wirklich zu erfassen und zu übersehen, müssen wir in erster Linie wissen, was wir zu übertragen haben, mit anderen Worten, welches die physikalischen Eigenschaften der zu übertragenden Sprachlaute und Musikklänge sind.

Was stellen derartige Laute und Klänge vom Standpunkte des Physikers aus vor? Die Antwort lautet: es sind Schallwellen, d. h. schwingende Bewegungen der Luftteilchen, die mit entsprechenden Druckschwankungen Hand in Hand gehen; und was uns in erster Linie interessiert, ist der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit der Luftteilchen oder des Luftdruckes an einer bestimmten Stelle des Raumes. Ich möchte Ihnen durch einen<sup>2</sup> Versuch ein Bild von diesem zeitlichen Verlauf geben. Die unmittelbare Messung der Druckschwankungen wäre sehr schwierig, weil es sich dabei um Schwankungen von außerordentlich kleinem Ausmaße handelt. Wenn wir aber die Druckschwankungen mittels eines Mikrophons in Schwankungen eines elektrischen Stromes umsetzen und diese Ströme durch die aus der Radiotechnik bekannten Verstärker genügend verstärken, so können wir die Ströme so groß machen, daß wir sie direkt messen und sichtbar machen können. Hierzu dient uns der Szillograph, das ist ein Strommesser, der so gebaut ist, daß er auch noch außerordentlich schnellen Schwankungen der Stromstärke zu folgen vermag. Der Zeiger dieses Strommessers ist der kleine Lichtpunkt, den Sie auf dem Projektionsschirm sehen; eine Ablenkung aus der Ruhelage nach oben gibt uns ein Maß für den Augenblickswert der Stromstärke und damit des Druckes in der Schallwelle. Wenn wir nun diesem Lichtzeiger mittels eines Drehspiegels noch eine gleichmäßige Geschwindigkeit in wagerechter Richtung erteilen, so zeichnet uns der Lichtzeiger auf dem Projektionsschirm eine Kurve auf, die uns unmittelbar den zeitlichen Verlauf des Schalldruckes am Mikrophon angibt (Versuch: Demonstration der Schallkurven der Vokale a, o und e). Sie haben gesehen, daß jedem Vokal eine charakteristische Schwingungsform entspricht und daß diese Schwingungsform zum Teil ziemlich verwickelt ist. Sie sehen das noch deutlicher im Projektionsbild (Projektion), das Ihnen die Schwingungskurve des englischen Wortes

„farmers“ darstellt. Sie sehen insbesondere, daß sich bei den Vokalen das gleiche Bild in regelmäßigen Abständen von etwa  $\frac{1}{100}$  Sekunden wiederholt, d. h. daß die Vokale einem periodischen Vorgang entsprechen, dessen Grundschwingung in diesem Falle eine Schwingungszahl von 100 bis 120 Schwingungen in der Sekunde beträgt. Ähnlich verhalten sich die stimmhaften Konsonanten m und r, während die stimmlosen Konsonanten f und s einer sehr viel schnelleren Schwingung (einige 1000 Schwingungen pro Sekunde) entsprechen. Es liegt nun zunächst die Vermutung nahe, daß dieser Kurvenverlauf dasjenige ist, was für den betreffenden Sprachklang kennzeichnend ist. Daß dem nicht so ist, zeigt Ihnen das nächste Bild (Projektion), das Ihnen zwei dem Augenschein nach gänzlich verschiedene Schwingungskurven (Vokal „ah“) zeigt, die trotzdem den gleichen Gehöreindruck ergeben.

Die Aufklärung dieser Erscheinung verdanken wir in erster Linie Helmholtz, der gezeigt hat, daß man jeden beliebigen Klang zerlegen kann in einen Grundton und eine Anzahl von Oberschwingungen, deren Schwingungszahl ein ganzzahliges Vielfaches des Grundtones ist. Diese Teiltöne sind das, was für den Klangeindruck, den unser Ohr empfängt, bestimmend ist. Zwei Klänge erscheinen für unser Ohr als gleich, wenn sie aus den gleichen Teiltönen zusammengesetzt sind und die einzelnen Teiltöne bei beiden gleiche Lautstärke haben. Dagegen kommt es nicht auf die Phasenlage der Teiltöne zueinander an, d. h. die Teiltöne können in der Schwingungskurve in horizontaler Richtung beliebig gegeneinander verschoben sein, und das ist gerade der Unterschied der beiden gezeigten Kurven: die Amplitude der Teiltöne ist bei beiden gleich, nur die Phasenlage ist verschoben. Das ist aber nicht alles: die nächsten beiden Bilder (Projektion) zeigen Ihnen wieder den Vokal a, aber einmal von männlicher, das andere Mal von weiblicher Stimme gesprochen. Man sieht auf den ersten Blick, daß sich die beiden Kurven offenbar nicht nur in der Phasenlage der Schwingungen unterscheiden, sondern daß zum mindesten die Grundschwingung bei der männlichen Stimme sehr viel tiefer liegt als bei der weiblichen Stimme, entsprechend dem Gehöreindruck, daß in einem Falle der Vokal tief, im anderen Falle hoch klingt. Trotzdem hören wir in beiden Fällen den charakteristischen Vokal a. Worin besteht nun das für diesen Vokaleindruck Kennzeichnende? Das zeigt uns das nächste Bild (Projektion), und zwar sieht man, daß sowohl bei der hohen wie bei der tiefen Stimme die hauptsächlichlichen Teiltöne in einem bestimmten Frequenzbereich liegen, nämlich in dem Gebiet von 850 bis 950 Herz (wir messen die Frequenz oder Schwingungszahl in der Maßeinheit „Herz“; 1 Herz = 1 Periode pro Sekunde). Eingehende Untersuchungen, die vor allem von Stumpf in Deutschland und Miller in Amerika durchgeführt worden

sind, haben dies immer wieder bestätigt. Unabhängig von der Höhe des Grundtones, d. h. der musikalischen Tonhöhe, in der der Vokal gesprochen oder gesungen wird, hören wir nur dann den Vokal a, wenn die Teiltöne hauptsächlich in diesem Gebiet liegen, wie Ihnen insbesondere das nächste Bild (Projektion) zeigt, das die Teiltöne des Vokals a darstellt, wenn dieser in den verschiedensten Tonlagen (Grundton variierend 105 bis 560 Hertz) gesprochen oder gesungen wird; stets finden sich die stärksten Obertöne in der Nähe von 900 Hertz.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den anderen Vokalen; die oben erwähnten Untersuchungen haben ergeben, daß jeder Vokal gekennzeichnet ist durch ein bestimmtes Frequenzgebiet, innerhalb dessen die hauptsächlichsten Obertöne liegen. Man nennt diese den Vokalcharakter bestimmenden Obertöne die „Formanten“ des betreffenden Vokals, und das für den Vokal charakteristische Frequenzgebiet den „Formantbereich“ des Vokals.

Das nächste Bild (Projektion) zeigt Ihnen die Formantbereiche der sogenannten dunkeln Vokale, dieser liegt für u bei etwa 325 Hertz, für o bei etwa 460 Hertz, bei dem dunkeln (schwedischen) å bei etwa 730 Hertz, bei dem a (wie „Vater“) bei etwa 900 Hertz und schließlich bei dem offenen hellen a (etwa wie in „hart“) bei etwa 1050 Hertz.

Etwas anders liegen die Dinge bei den sogenannten hellen Vokalen ä, e, i. Das nächste Bild (Projektion) zeigt Ihnen die Formantbereiche dieser Vokale; wir sehen, daß diese Vokale durch zwei Formantbereiche gekennzeichnet sind, beispielsweise das i durch einen Bereich bei etwa 320 (wie u) und außerdem einen Bereich bei etwa 3000, das e durch einen Bereich bei 460 (wie o) und außerdem einen Bereich bei etwa 2500, schließlich das ä durch einen Bereich bei etwa 780 (wie beim dunklen å) und außerdem einen Nebenbereich bei etwa 1900. Man nennt die tiefen Formantbereiche Hauptformanten, die zusätzlichen Bereiche Nebenformanten. Eine Zusammenstellung der Formantbereiche sämtlicher Vokale zeigt Ihnen das nächste Bild. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß gewisse Gruppen von Vokalen, z. B. u, ü, i oder o, ö, e oder a, ä die gleichen Hauptformanten besitzen, sich aber durch ihre Nebenformanten unterscheiden. Unterdrückt man daher die Nebenformanten, d. h. die hohen Frequenzen, so muß ein i über ü allmählich in u, oder ein e über ö allmählich in o, ein ä in å übergehen. Schließlich zeigt Ihnen das nächste Bild die Darstellung der Vokalformanten in der gewöhnlichen Notenschrift.

Ich möchte Ihnen einige Versuche vorführen, die Ihnen die geschilderten Zusammenhänge anschaulich klarmachen sollen. Wir wollen die Sprachklänge analysieren und gehen dabei ähnlich vor wie der Anatom: als Sezierschneidmesser dient uns die sogenannte Spulenkette,

das ist ein aus Spulen und Kondensatoren in bestimmter Weise zusammengeschalteter Apparat, der die Eigenschaft hat, tiefe elektrische Schwingungen ungehindert durchzulassen, dagegen hohe Schwingungen, die oberhalb einer scharf bezeichneten Frequenz, der sogenannten Grenzfrequenz, liegen, abzuschneiden, also die hohen Frequenzen gewissermaßen heraus zu filtrieren. Man nennt eine solche Anordnung ein Wellenfilter, und zwar in diesem Falle einen „Tiefpaßfilter“, weil er die tiefen Töne passieren läßt. In ähnlicher Weise läßt sich ein „Hochpaßfilter“ bauen, das die Eigenschaft hat, nur die hohen Frequenzen durchzulassen, dagegen die tiefen Frequenzen unterhalb einer „Grenzfrequenz“ abzuschneiden. Diese Eigenschaft hat die „Kondensator-kette“. Ich habe hier eine solche Spulenkette und eine Kondensator-kette aufgestellt. Die Spulenkette ist einstellbar auf verschiedene Grenzfrequenzen, sodaß ich durch Drücken eines dieser 7 Schalter die Grenzfrequenz zwischen etwa 400 Herz und 4000 Herz verändern kann; die Kondensator-kette hat eine feste Grenzfrequenz von etwa 500 Herz. Ich will Ihnen zunächst vorführen, daß diese beiden Ketten tatsächlich die geschilderten Eigenschaften haben. Ich schalte die betreffende Kette dazu in die Leitung zwischen einen „Schwebungs-summer“, das ist ein Wechselstromerzeuger, dessen Frequenz ich durch Drehen an einem Griff zwischen 0 bis 10 000 Herz stetig verändern kann, und einem Lautsprecher. Verbinde ich die beiden Apparate zunächst direkt, ohne zwischengeschaltete Kette, so hören Sie, daß der Lautsprecher einen Ton gibt, dessen Höhe beim Drehen des Griffes stetig ansteigt, während die Lautstärke sich dabei nicht wesentlich ändert; die Änderung, die Sie hören, ist nur scheinbar und liegt daran, daß unser Ohr bei hohen und tiefen Frequenzen weniger empfindlich ist. Schalte ich jetzt die Spulenkette ein, so ergibt sich ein wesentlich anderer Gehöreindruck: Sie hören, daß bei einer gewissen Frequenz ziemlich plötzlich die Lautstärke sehr gering wird. Drücke ich einen anderen Schalter, so tritt dieses plötzliche Absinken der Lautstärke bei einer tieferen Frequenz ein. Ich ersetze jetzt die Spulenkette durch die Kondensator-kette. Wir hören jetzt etwas anderes. Gehe ich mit dem Schwebungs-summer von hohen Frequenzen hinunter zu tiefen Frequenzen, so hören Sie, daß bei etwa 500 Herz (das entspräche etwa dem Ton c oberhalb des Kammertons a) die Lautstärke zwar nicht verschwindet, aber der Ton eine ganz andere Klangcharakteristik bekommt. Das liegt daran, daß der Schwebungs-summer uns keinen reinen Ton gibt, sondern, ähnlich wie jedes Musikinstrument, außer dem Grundton noch Obertöne besitzt. Unsere Kondensator-kette kann natürlich nur den Grundton abschneiden, es bleiben also unterhalb der Grenzfrequenz noch die Obertöne übrig.

Wir wollen nun dieses Seziermesser einmal an die Sprache an-

setzen. Wir schalten dazu zunächst die Spulenkette in die Leitung zwischen ein Mikrophon, das sich in einem anderen Raum des Instituts befindet und dort besprochen wird, und unseren Lautsprecher und lassen in das Mikrophon den Vokal a hineinsprechen. Sie hören zunächst ohne Spulenkette, daß der Lautsprecher ein reines und deutliches a wiedergibt. Schneiden wir jetzt die höheren Frequenzen stufenweise ab, so hören Sie, wie das a zunächst dunkler wird und dann allmählich in a – o, o und schließlich in u übergeht. Bei den Vokalen ä, e und i beobachten wir folgende Übergänge:

ä → a → a – o → o → u  
 e → ö → o → u  
 i → ü → u

Dieses Ergebnis entspricht genau dem, was auf Grund der Formantentheorie zu erwarten ist. Die charakteristischen Formanten des Vokals werden abgeschnitten; maßgebend für den Klangcharakter bleiben die tiefen Obertöne, die vorher von den Formanten übertönt wurden, und schließlich gehen alle Vokale in das u, über das den tiefsten Formantbereich hat. Schalte ich jetzt statt der Spulenkette die Kondensatorfette ein, so hören wir, daß das u fast vollständig unterdrückt wird, während die hellen Vokale erhalten bleiben, aber leise und dünn klingen, weil die tiefen Beittöne fehlen.

Wir wollen nun gleich mittels der Spulenkette die Konsonanten untersuchen, über die wir bisher noch nicht näher gesprochen haben; wir hatten nur in dem ersten Projektionsbild gesehen, daß die Zischlaute s und f offenbar sehr hohen Schwingungszahlen entsprechen. Um dies näher zu untersuchen, wollen wir jetzt Worte, die solche Laute enthalten, in das Mikrophon hineinsprechen lassen und mittels der Spulenkette die höheren Frequenzen abschneiden. Wir hören, daß bereits, wenn wir die Frequenzen oberhalb 4000 abschneiden, Worte wie Luft, Luft oder List, List schwer zu unterscheiden sind und daß, je weiter wir mit der Grenzfrequenz hinuntergehen, um so mehr die Konsonanten, und zwar in erster Linie die Zischlaute verwischt werden. Z. B. sind bei 3000 Hertz Worte wie List, List, Licht oder Kasse, Kasse, Ratte schwer zu unterscheiden; gehen wir noch weiter herunter, so verlieren auch die übrigen Verschlusslaute wie b, p, d ihren Charakter, bis bei etwa 1500 Hertz nur noch die stimmhaften Konsonanten, wie m, n, l, r übrig bleiben. Schließlich wollen wir uns noch anhören, wie sich diese Erscheinungen bei der Übertragung eines zusammenhängenden Textes auswirken. Wir lassen zunächst die Spulenkette ausgeschaltet, sodas praktisch alle Frequenzen übertragen werden: Sie hören, daß die Verständlichkeit kaum etwas zu wünschen übrig läßt, daß insbesondere die empfindlichen Zischlaute s und f einwandfrei wiedergegeben werden. Wir schalten jetzt die Spulenkette

derart ein, daß die Frequenzen bis etwa 2500 Hertz durchgelassen werden: Sie bemerken eine merkliche Verschlechterung der Wiedergabe, insbesondere klingen s und f undeutlich und einander sehr ähnlich. Ich las kürzlich in einer Zeitung die Kritik eines Tonfilms und darin die Bemerkung, daß die deutsche Sprache einen englischen Klangcharakter gehabt habe; das ist sehr treffend, es ist dasselbe, was Sie hier hören: s und f klingen ähnlich wie das englische th, so wie jemand, der mit der Zunge anstößt (lispelt) ein s spricht. Es wird sich also bei dem betreffenden Tonfilm um eine Wiedergabeapparatur gehandelt haben, die die Frequenzen oberhalb 3000 erheblich unterdrückt. Immerhin hören Sie, daß, wenn auch die Schönheit der Wiedergabe stark beeinträchtigt ist, die Verständlichkeit nicht sehr gelitten hat. Der hier gezeigte Übertragungsbereich entspricht etwa der Leistung moderner Telefonfernleitungen. Ich will nun die Frequenzen oberhalb 1800 Hertz abschneiden, wie es die älteren Fernleitungen tun: Sie bemerken, daß die Sprache nicht nur viel weniger schön klingt, sondern auch die Verständlichkeit merklich beeinträchtigt ist.

Aus diesen Versuchen können wir folgende für die Übertragungstechnik grundlegende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Um die Sprache absolut einwandfrei zu übertragen, so, daß der Empfänger alle einzelnen Laute genau so hört als ob er dem Sprecher direkt gegenüberstände, ist die Übertragung eines Frequenzbandes erforderlich, das nach oben bis zu etwa 5000 Hertz reicht. Durch ähnliche Versuche ist festgestellt worden, daß die untere Grenze in der Gegend von etwa 100 Hertz liegt.

2. Kommt es dagegen nur darauf an, die Sprache verständlich zu übertragen, so sind die Ansprüche an das Frequenzband geringer; es genügt ein Frequenzband von etwa 300 bis 2500 Hertz.

Diese Feststellung ist für die Übertragungstechnik von außerordentlicher Wichtigkeit. Es handelt sich hier um eine wirtschaftliche Frage. Die Fernsprechfernleitungen, die heutzutage, wenigstens in Deutschland, durchweg in Kabeln verlegt sind, in die zwecks Verbesserung der Übertragung in regelmäßigen Abständen sogenannte Pupinspulen eingeschaltet sind, haben ganz ähnliche Eigenschaften wie die Spulenkette, die ich Ihnen vorhin vorgeführt habe, und es stellt sich heraus, daß die Kosten einer solchen Leitung nahezu proportional mit der Grenzfrequenz, d. h. proportional mit der höchsten durchgelassenen Frequenz ansteigen. Erhöhe ich also beispielsweise die höchste übertragene Frequenz von 2500 auf 2750 Hertz, so bedeutet das, daß die Leitungskosten um 10% ansteigen und damit, weil die Kosten für Unterhaltung, Verzinsung und Amortisation der Leitungen den weitaus größten Teil der Kosten eines Ferngesprächs ausmachen, auch diese Selbstkosten um nahezu 10%

ansteigen. Die Technik hat daher ein ausschlaggebendes Interesse daran, die äußerste Frequenz, die zu einer verständlichen Übertragung notwendig ist, so genau wie möglich zu bestimmen, um nicht in den Leitungen unnötiges Kapital zu investieren.

Hierzu hat man neuerdings ein interessantes Verfahren entwickelt, um die erzielte Sprachverständlichkeit zahlenmäßig zu erfassen. Man macht das in der Weise, daß man durch eine Versuchsperson eine große Anzahl verschiedener Silben in das Mikrophon hineinsprechen und am anderen Ende durch eine zweite Person abhören und aufschreiben läßt. Ein Maß für die Sprachverständlichkeit ist dann der Prozentsatz der richtig gehörten Silben. Es kommt dabei darauf an, 1. daß die einzelnen Sprachlaute, insbesondere die Konsonanten in den übermittelten Silben mit der gleichen relativen Häufigkeit vorkommen wie in der gewöhnlichen Sprache und 2. daß die Silben so gewählt sind, daß sie keinen Sinn ergeben. Letzterer Gesichtspunkt ist besonders wichtig, weil sonst die Gefahr besteht, daß die Silben, auch wenn die Einzellaute nicht richtig übertragen werden, erraten werden. Dies ist für die Übertragung an sich günstig; es hat sich z. B. herausgestellt, daß bei einer wie oben definierten Silbenverständlichkeit von 70% die Sprachverständlichkeit vollkommen ausreichend ist, weil die fehlenden 30% erraten werden, wohingegen bereits bei einer Silbenverständlichkeit von 50% die Sprachübertragung schlecht ist, weil die Zahl der richtig verstandenen Laute zu gering ist, als daß man daraus in allen Fällen den Sinn der übertragenen Sätze kombinieren könnte. Dagegen ist diese unbewusste Tätigkeit des menschlichen Geistes für die Messung höchst unerwünscht, weil das Messergebnis dadurch gefälscht wird. Ich zeige Ihnen hier eine Kurve (Projektion), welche die Abhängigkeit der Silbenverständlichkeit von der oberen Grenze des übertragenen Frequenzbandes (nach Lüschen und Rüpfmüller) darstellt. Die Kurven zeigen, daß man mit einer Übertragungsgrenze von etwa 2400 Hertz eine Silbenverständlichkeit von etwa 70%, d. h. eine sehr gute Sprachverständlichkeit erzielt. Natürlich hängt die durch solche Messungen erhaltene Kurve von den Eigenschaften nicht nur der Leitung, sondern auch der verwendeten Apparate ab. Die ausgezogene Kurve, die für normale Postapparate gilt, gibt oberhalb von 2400 Hertz keine Verbesserung mehr, weil diese Apparate höhere Frequenzen nicht mehr übertragen, während die gestrichelte Kurve, die mit einem besonders guten Laboratoriumsapparat erhalten wurde, zeigt, daß in Wirklichkeit durch Erhöhung der oberen Übertragungsgrenze noch eine sehr merkliche Verbesserung zu erzielen ist. Ähnliche Kurven erhält man bei Untersuchung der Silbenverständlichkeit in Abhängigkeit von der unteren Grenze des Frequenzbandes; das Resultat dieser Messungen ist das,

was wir schon oben vorweg genommen haben, daß nämlich mit einem Frequenzband von 300 bis 2400 Hertz eine einwandfreie Sprachübertragung erzielt wird, daß aber eine Einengung des Frequenzbandes eine wesentliche Verschlechterung der Wiedergabe bewirkt.

Wir gehen nun über zur Untersuchung der Musikklänge und wollen dazu gleich einmal das Experiment sprechen lassen. Ich will Ihnen die Übertragung einer Schallplattenmusik vorführen; man macht das ja heutzutage vielfach auf elektrischem Wege, indem man die Schallkapsel eines Grammophons durch einen sogenannten Tonabnehmer ersetzt, der die in der Grammophonplatte aufgezeichneten Sprachschwingungen in elektrische Schwingungen umsetzt. Diese Schwingungen führen wir über einen Verstärker unserem Lautsprecher zu. Schalten wir in die Zuleitung zum Verstärker unsere Spulenkette oder Kondensatorfette ein, so können wir die Musik genau in der gleichen Weise sezieren, wie wir es vorhin mit der Sprache gemacht haben. Wir wollen zunächst unsere Spulenkette einschalten (Versuch). Sie hören, je weiter ich das Frequenzband von oben her einenge, um so weniger kommen die Klangfarben der einzelnen Instrumente heraus; der Ton wird charakterlos und nähert sich immer mehr der Klangfarbe der Flöte, besonders deutlich bei den Klängen der Violine und der Trompete. Die Änderung der Klangfarbe wird bereits merkbar, wenn ich Frequenzen oberhalb 4000 abschneide; ein geschultes Ohr hört sogar noch deutlich Unterschiede, wenn Frequenzen etwa oberhalb 7000 abgeschnitten werden.

Wir schalten jetzt statt der Spulenkette die Kondensatorfette ein, welche die Frequenzen unterhalb 500 Hertz abschneidet. Sie hören, daß die Melodie zwar noch erkennbar ist, aber dünn klingt; es fehlt vor allem die Klangfülle, das kommt daher, daß wir jetzt fast bei allen Klängen die Grundtöne abgeschnitten haben, sodaß nur noch die Obertöne übrig geblieben sind. Wir können also sagen: die tiefen Töne brauchen wir bei der Übertragung, weil sie vor allem die Klangfülle geben; sie bestimmen im allgemeinen auch die Tonhöhe, während die hohen Frequenzen vor allem für die richtige Wiedergabe der Klangfarbe unentbehrlich sind. Wir wollen uns nun einige Bilder betrachten, welche die Zusammensetzung der Klänge der verschiedenen Musikinstrumente in gleicher Weise darstellen, wie die früher gezeigten Bilder der Teiltöne der Vokale zeigten. Ich zeige Ihnen die Teiltöne von Klarinette, Oboe, Flöte, Violine, Waldhorn (Projektion): Sie sehen, daß die meisten Instrumente sehr starke Obertöne geben, — teilweise sind die Obertöne sogar wesentlich stärker als die Grundtöne —, und daß die Obertöne in sehr hohe Frequenzgebiete von mehr als 5000 Hertz hinausreichen. Eine Ausnahme macht nur die Flöte bei nicht zu großer Lautstärke: hier sehen wir, daß fast nur der Grundton vorhanden ist, und damit

erklärt es sich, daß, wie wir vorhin sahen, beim Abschneiden der höheren Frequenzen, d. h. der Obertöne, alle Musikinstrumente eine immer mehr flötenartige Klangfarbe annehmen.

Das Ergebnis solcher Versuche kann man dahingehend zusammenfassen, daß für einwandfreie Musikübertragung streng genommen, ein Frequenzband von 20 Hertz bis etwa 10 000 Hertz erforderlich ist; 20 Hertz entspricht etwa der Tonhöhe der tiefsten Baßtöne bei Orgel oder Baßgeige, während 10 000 Hertz die äußerste Grenze darstellt, bis zu der noch Obertöne in den Musikklängen auftreten. Praktisch braucht man allerdings die Forderungen nicht so hoch zu schrauben; es hat sich gezeigt, daß man noch eine recht gute Wiedergabe bekommt, wenn ein Frequenzband von etwa 50 bis 8000, zur Not sogar 6000 Hertz übertragen wird.

Dieses Ergebnis ist von praktischer Wichtigkeit einmal für den Leitungsbau, insbesondere für die Projektierung von Kabelverbindungen: es geht daraus hervor, daß die normalen Sprechleitungen für Musikübertragung vollkommen ungeeignet sind, weil sie ein viel zu schmales Frequenzband übertragen, daß man vielmehr für die Rundfunkübertragung Spezialleitungen verwenden muß. In der Tat werden im Inland wie im Ausland in allen Fernkabeln besondere Musikleitungen untergebracht, die derart pupiniert sind, daß sie noch bis hinauf zu etwa 8000 Hertz eine ausreichende Übertragung ergeben.

Ein anderes wichtiges Anwendungsgebiet ist das des Lautsprecherbaues. Die Lautsprecher, die ja hauptsächlich für die Musikübertragung dienen, müssen danach das Frequenzband von mindestens 50 bis 6000, besser 8000 Hertz einwandfrei wiedergeben. Das ist technisch eine recht schwierige Aufgabe, und es ist tatsächlich das Problem des Lautsprecherbaues, innerhalb des bezeichneten Frequenzbereiches eine gleichmäßige Lautstärke zu erzielen. Wie schlecht in dieser Hinsicht die alten Trichterlautsprecher waren, zeigt Ihnen das Kurvenbild (Projektion), aus dem hervorgeht, daß ein solcher Lautsprecher nur ein Frequenzband von etwa 200 bis 4000 Hertz übertrug und dazu noch zwischen 500 und 1000 Hertz eine Resonanzstelle hatte, bei der der Schalldruck etwa 10 mal so groß wie im übrigen Übertragungsbereich war. In der Folgezeit sind die Lautsprecher systematisch weiter entwickelt worden, wobei die Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Lautstärke innerhalb des oben bezeichneten Frequenzbereiches der leitende Gesichtspunkt war. Was man in dieser Hinsicht neuerdings erreicht hat, möge Ihnen das nächste Kurvenbild zeigen (Projektion), das die Frequenzkurve eines modernen Lautsprechers (Rice-Kellogg-System) zeigt. Man sieht, daß innerhalb eines Frequenzbereiches von 30 bis 30 000 Hertz der Schalldruck nur etwa im Verhältnis 1:2, an einzelnen Stellen 1:4

schwankt, was mit Rücksicht auf die geringe Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs gegen Lautstärkeunterschiede eine vollkommen ausreichende Gleichmäßigkeit bedeutet. Der Lautsprecher, mit dem wir unsere Versuche gemacht haben, ist nach diesem System gebaut, und Sie haben sich ja vorhin sowohl bei der Sprachwiedergabe als auch bei der Musikübertragung von seiner guten Qualität überzeugen können.

Es wäre von großem Reiz, etwas näher auf die physikalischen und konstruktiven Gesichtspunkte einzugehen, die zu diesem schönen technischen Erfolg geführt haben; leider reicht die Zeit nicht dazu. Aber auf einen Punkt möchte ich wenigstens hinweisen. Besondere Schwierigkeiten macht die Wiedergabe der höchsten Frequenzen; das ist ja ohne weiteres plausibel, daß es nicht so leicht ist, eine Membran von der Größe, wie man sie bei einem Lautsprecher braucht, 8000 oder 10 000 mal in einer Sekunde hin und her zu bewegen. Besonders schädlich wirkt dabei die Masse, das Gewicht der Membran. Ein Weg, diese Schwierigkeit zu überwinden, ist der, eine möglichst leichte Membran zu verwenden, und man hat daher mit Erfolg als Membran Aluminiumfolien verwendet, deren Dicke nur wenige Tausendstel Millimeter beträgt. Besonders interessant ist die Art, wie man bei solchen dünnen Membranen die Strom- oder Spannungsschwankungen in Bewegung umsetzt; man kann das einmal machen unter Benutzung der elektrostatischen Kräfte, d. h. der Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte, die zwischen elektrisch geladenen Körpern auftreten. Man macht das in der Weise, daß man der dünnen Folie eine feste durchlöchernte Metallplatte isoliert gegenüberstellt und nun zwischen Folie und Platte die Spannung der Sprechströme wirken läßt. Mit welchem einfachen Mitteln dies zu erreichen ist, möge Ihnen folgender Versuch zeigen: ich habe hier ein gelochtes Blech, lege darauf einen Bogen isolierendes Öl-papier, dann einen Bogen Staniol, wieder isolierendes Öl-papier und darauf ein zweites gelochtes Blech und presse diese Anordnung unter Zwischenlage von etwas Isoliermaterial mit zwei Feilkloben zusammen. Wir verbinden nun das Staniol mit der einen Blechplatte und legen an die beiden Blechplatten die von unserem Verstärker kommende Spannung der Sprechströme unter Zwischenschaltung eines Transformators (Versuch). Sie hören, daß man mit dieser einfachen Anordnung eine zwar nicht sehr laute, aber ganz gute Sprach- und Musikübertragung erhalten kann und daß namentlich die hohen Töne und die Pischlaute bei der Sprache recht gut wiedergegeben werden; nur die tiefen Töne werden schlechter übertragen, weil die zwischen den beiden Blechplatten eingeengte Membran nicht die dazu erforderlichen großen Amplituden ausführen kann. Natürlich läßt sich die Anordnung technisch sehr viel besser ausführen; Sie sehen hier einen nach dem gleichen Prinzip hergestellten handelsüblichen elektro-

statischen Lautsprecher (Kondensatorlautsprecher), der, wenn wir ihn an unseren Verstärker anschalten (Versuch), eine Sprachwiedergabe ergibt, die mit anderen Lautsprechern sehr wohl den Vergleich aushalten kann.

Man kann die Membran auch auf elektromagnetischem Wege erregen; dazu gibt man ihr die Form eines Bandes von einigen Zentimetern Breite, das man zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten anordnet und durch das man nun die entsprechend verstärkten Sprechströme leitet. Bei dieser Anordnung wird auf das Band eine Querkraft ausgeübt, die proportional der Stärke des hindurchfließenden Stromes und der Stärke des magnetischen Feldes ist. Auf diese Weise werden auf das Band ebenfalls Kräfte im Takte der Sprachschwingungen ausgeübt und dadurch das Band selbst in entsprechende Schwingungen versetzt, die als Schallwellen ausgestrahlt werden. Wir wollen diese, wie Sie sehen, mit ganz einfachen Mitteln aufgebaute Anordnung an unseren Verstärker anschließen und besprechen (Versuch): Sie hören, daß man auch hiermit eine ganz gute Wiedergabe erzielen kann, die bei technisch ausgeführten Anordnungen sich natürlich noch wesentlich verbessern läßt. Ich bitte die Stärke der in dem Band fließenden Ströme zu beachten: der eingeschaltete Strommesser zeigt im forte Ströme bis zu etwa 0,5 Ampere an. Auch hier hören Sie, daß die hohen Töne sehr gut wiedergegeben werden, dagegen die tiefen schlecht; das liegt zum Teil an der Schmalheit der Membran und kann verbessert werden, wenn man die Membran in eine in ihrer Ebene liegende feste Platte einbaut (Versuch): Sie hören, daß, wenn ich diese Holzplatte anbringe, die Klangfarbe der Musik voller und dunkler wird, ein Zeichen dafür, daß die tiefen Töne jetzt besser übertragen werden.

Meine Herren, ich bin am Schlusse meiner Ausführungen. Ich habe versucht, Ihnen nicht nur ein Bild zu geben von der Natur der Sprachlaute und Musikklänge, sondern Ihnen vor allem zu zeigen, wie auf diesen Erkenntnissen sich die ganze Übertragungstechnik aufbaut. So bildet die Entwicklungsgeschichte der Übertragungstechnik ein typisches und lehrreiches Beispiel für die Entwicklung einer Technik überhaupt; sie zeigt, wie die Technik auf der wissenschaftlichen Forschung aufbaut, aber andererseits auch, wie die Forschung wieder aus der technischen Entwicklung Nutzen zieht, denn die schönen neuen Untersuchungsmethoden, die wir hier benutzt haben, wären ohne die Fortschritte, die die Technik im letzten Jahrzehnt erzielt hat, nicht denkbar. So befruchten sich Forschung und Technik wechselseitig. Und wenn wir uns nun noch vor Augen halten, daß im vorliegenden Falle die Grundlagen zu den Forschungen vor fast 70 Jahren durch Helmholtz gelegt worden sind, zu einer Zeit, als das Telefon noch nicht erfunden war und noch niemand eine technische Verwertung dieser Untersuchungen auch nur

ahnen konnte, so erkennen wir, wie wichtig es ist, Forschungsarbeit zu treiben, nicht nur die auf einen bestimmten technischen Zweck gerichtete Laboratoriumsarbeit, sondern vor allem auch die reine, von den Forderungen des Tages losgelöste, nur aus dem Drange nach Erkenntnis der Naturerscheinungen geborene Forschung.

Es war mir eine besondere Genugtuung, gerade im Kreise der Hochschulgesellschaft, der Förderin der wissenschaftlichen Forschungsarbeit an unserer Hochschule, diese Gedanken vortragen zu dürfen.

Der Vorsitzende dankt Herrn Professor Dr. Busch in warmen Worten für den schönen Vortrag, in dessen Vorbereitung sehr viel mehr Arbeit steckt, als der Nichtphysiker übersehen kann, und dessen Thema ein ganz besonders eindruckvolles Beispiel dafür ist, wie die zunächst rein wissenschaftliche Analyse eigentlich jeder physikalischen Erscheinung den Keim in sich trägt für technische Verwertung.

Nach Bekanntgabe des Programms für den Nachmittag (s. Tagesordnung) schließt der Vorsitzende die Versammlung um 13<sup>1</sup>/<sub>4</sub> Uhr.

