

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 54 (1963)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Nachwuchsfragen in der Elektrotechnik  
**Autor:** Imhof, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916474>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

bei 60°C. Während bei 50 Hz und 20°C noch keine Änderung des CZ-Produktes sichtbar ist, sind bei 100 kHz alle CZ-Produkte nach oben verschoben; das gleiche gilt für die CZ-Produkte bei tiefen Temperaturen und 50 Hz.

Eine Kennzeichnung der Eigenschaften während der Lebensdauer von Elektrolyt-Kondensatoren unter Verwendung von CZ-Produkten bei verschiedenen Temperaturen und Frequenzen dürfte sich als eine willkommene Ergänzung zu den heute üblichen Angaben über Kapazitäts- und tg- $\delta$ -Veränderungen bei z. B. 50 Hz und 20°C erweisen.

#### Literatur

- [1] Recommendations for aluminium electrolytic capacitors for general purposes, IEC publication 103, first edition 1959, Abschn. 244 und 210.

- [2] Specification for aluminium electrolytic capacitors for general purpose application and for extended life capacitors, first draft 40(Secretariat)112, May 1962. International Electrotechnical Commission.
- [3] Mennerich, W., und Kampczyk, W.: Über das Verhalten des Elektrolytkondensators in breitem Frequenz- und Temperaturbereich.
- [4] MacLean, D. A., und Power, F. S.: Proc. Inst. Radio Eng. 44, 872 (1956).
- [5] Hendriks, H.: Trockene Elektrolyt-Kondensatoren auf Aluminiumbasis. Bulletin des SEV 54(1963)2, S. 43...47.

#### Adressen der Autoren:

S. Boone und R. D. Bügel, N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, Entwicklungslaboratorium für Elektrolytkondensatoren der H. I. G. Icoma, Ceintuurbaan 15, Zwolle (Niederland).

## Nachwuchsfragen in der Elektrotechnik

Von A. Imhof, Zürich

621.3 : 331.69.373.632

*Das Problem des Nachwuchsmangels besteht auch in den elektrotechnischen Betrieben aller Art. Der Verfasser weist auf die verschiedenen Bestrebungen, Abhilfe zu schaffen, hin, wie Neugründungen und Erweiterungen von Techniken, Aufklärungsschriften und -vorträge über die technischen Berufe und auf die fortschrittliche Entwicklung des Stipendienwesens. Angedeutet wird ein gewisser Abfall des Leistungswillens, verursacht durch das grosse Stellenangebot und mannigfaltige Freizeitablenkungen. Schliesslich befasst sich der Aufsatz mit den heutigen Problemen des Ausbildungswesens an den techn. Hochschulen und den Techniken. Die rasch zunehmende Ausweitung der Technik ruft einerseits in der industriellen Praxis einer verfeinerten Spezialisierung, andererseits zur Konzentration auf die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen. Vergleiche mit ausländischen technischen Hochschulen werden gemacht. Der Verfasser warnt davor, den Ingenieur zu einer Art praktischen Physiker zu erziehen und ihn dadurch den eminent ingenieurmässigen Aufgaben zu entfremden.*

*Le problème de la relève professionnelle se pose également dans les entreprises électriques de tous genres. L'auteur indique ce que l'on peut faire dans ce but: création et extension de techniciens, publications et conférences au sujet des professions techniques, développement progressif des bourses d'études. Il signale une certaine diminution de l'ardeur au travail, due au grand nombre d'offres de places et aux multiples occasions de distractions. Il traite des problèmes actuels de l'enseignement dans les écoles polytechniques et les techniciens. L'extension rapide de la technique exige d'une part une spécialisation plus poussée dans la pratique industrielle et, d'autre part, une concentration dans le domaine de la science appliquée. Des comparaisons sont faites avec des écoles polytechniques de l'étranger. Enfin, l'auteur attire l'attention sur le fait qu'il faut éviter que l'ingénieur ne devienne en quelque sorte un physicien pratique et ne soit ainsi tenu écarté des tâches essentielles de la profession d'ingénieur.*

Die Nachwuchsfragen in der Elektrotechnik <sup>1)</sup> stellen einige Probleme, die für den technischen Nachwuchs mehr oder weniger allgemein gelten, wenn sie auch nicht ohne Besonderheiten für jede Fachrichtung — und so auch für die Elektrotechnik — sind:

1. Seit schon etwa 20 Jahren besteht ein ausgesprochener Mangel an fachlich geschultem Personal, angefangen beim Berufsarbeiter und sich fortsetzend bis zum Hochschulingenieur.

2. Infolge des ausserordentlich grossen Stellenangebotes, den vielen Freizeitablenkungen und dem verhältnismässig guten Einkommen wächst die Gefahr eines Absinkens des durchschnittlichen Leistungswillens und des Könnens.

3. Das Ausbildungswesen begegnet schwierigen Problemen, weil einerseits der Lehrstoff unerhört rasch in eine schwer beherrschbare Breite und Vielfalt gewachsen ist, andererseits aber grundlegende Wissens- und Konstruktionselemente so den Gesamtlehrstoff durchwirken, dass man am Vorteil der Spezialisierung zweifelt.

Das Mangelproblem ist das ernsteste unter den dreien. Wenn es hier nicht in aller Ausführlichkeit dargelegt wird, so deswegen, weil es bereits schon reichlich diskutiert wurde. Die einstigen Krisenperioden tragen daran eine ihnen nachwirkende Schuld: Unter ihrem Eindruck begannen Industrie und Schule zu spät, die jahrzehntelange Stagnation der Zahl der Technikums- und Hochschulstudienplätze zu beheben und Eltern wie Jugend den Beruf des Technikers und Ingenieurs empfehlend nahezulegen. Die Berufsverbände übten

in Erinnerung der Krisenzeiten ihrerseits Zurückhaltung. Untersuchungen, die auch im Ausland [1] <sup>2)</sup> vorgenommen wurden, kamen zu dem übrigens plausiblen Resultat, dass die Zahl der benötigten Techniker und Ingenieure etwa proportional mit dem Energiebedarf wächst. Dieses Wachsen erfolgte längst nach wesentlich steileren Kurven als das Wachsen der Diplomanzahl technischer Schulen.

Es gibt noch andere Gründe, die den Mangel entstehen liessen: Die Zahl der Berufe aller Art wuchs immerfort, nicht zuletzt infolge der technischen Entwicklungen. Unter ihnen sei nur das drastische Beispiel der Dienstleistungen im Automobilgewerbe genannt. Als dann der Mangel an geschultem Personal akut wurde, setzte ein grosses Werben für den Beruf ein. Die bestehenden Schulen wurden vergrössert, neue Schulen wurden gegründet und andere sind im Entstehen, ein Entwicklungsprozess, der noch in vollem Gange ist. Bei sämtlichen neuen Technikumsgründungen wurde der Elektrotechnik die nötige Beachtung geschenkt: Das Technikum Luzern führt eine Klasse, das Technikum beider Basel plant zwei parallele Klassen, das Technikum des Kantons Aargau in Brugg und das Technikum Rapperswil tun dasselbe. Die Abendtechniken St. Gallen und Bern führen je eine elektrotechnische Klasse. Unter den «alten» Techniken hat dasjenige von Winterthur von 2 auf 3 Parallelklassen erweitert.

<sup>1)</sup> Siehe Bull. SEV 47(1956)15, S. 671...675.

<sup>2)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Biel von 2 auf 3, Burgdorf von 1 auf 2 ab Frühjahr 1963, Genf von 2 auf 4.

Elektrotechnische Abteilungen belasten die technischen Schulen relativ schwer, da sie nicht ohne Laboratorien verschiedener Art (Maschinen, Schaltapparate, Hochfrequenzapparate, zahlreiche Messgeräte) auskommen. Einen ganz unentbehrlichen Beitrag zur Nachwuchsförderung leisten die Fabrikationsfirmen (auch Kraft- und Verteilwerke), indem sie sich für die obligatorische Praxis der Studierenden zur Verfügung stellen. Sie bilden auch die Metallarbeiter und Zeichner aus, die nach ihrer Lehre an ein Technikum übertreten. Selbstverständlich geschieht dies im eigensten Interesse der Firmen. Indes leiden sehr viele andere Berufe ebenfalls unter Nachwuchsmangel und werben ihrerseits. Dass auch Berufe, die relativ geringe Ansprüche an die Schulungszeit stellen, zum Teil auf gute Einkommen führen können, erschwert den Erfolg der Werbung zum technischen Beruf.

Neuaufnahmen an der ETH

Tabelle I

|                                  | Neuaufnahmen Total |      |      |      | Davon Schweizer Bürger |      |      |      |
|----------------------------------|--------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|
|                                  | 1956               | 1958 | 1960 | 1961 | 1956                   | 1958 | 1960 | 1961 |
| Maschineningenieure              | 102                | 173  | 149  | 171  | 80                     | 119  | 109  | 136  |
| Elektroingenieure . .            | 93                 | 141  | 139  | 147  | 75                     | 106  | 107  | 119  |
| Chemiker . . . . .               | 93                 | 113  | 95   | 94   | 70                     | 80   | 78   | 71   |
| Mathematiker, Physiker . . . . . | 70                 | 99   | 135  | 160  | 58                     | 85   | 121  | 131  |
| Übrige Abteilungen .             | 323                | 359  | 418  | 433  | 289                    | 297  | 354  | 372  |
| Alle Abteilungen . .             | 681                | 885  | 936  | 1005 | 572                    | 687  | 769  | 829  |

Immerhin waren alle diese Anstrengungen nicht ohne deutlichen Erfolg. Tabelle I gibt hierüber ein teilweises Bild, indem die Neuaufnahmen an der ETH seit 1956 einiger Abteilungen aufgeführt sind. Zahlen über Schülerbestand und erteilte Diplome in Techniken sind in Tabelle II wiedergegeben.

Schülerbestand und erteilte Diplome an schweizerischen Techniken  
Tabelle II

|                     | Schülerbestand     |           |                      |                  |
|---------------------|--------------------|-----------|----------------------|------------------|
|                     | Masch.-Tech.       | El.-Tech. | Masch.- u. El.-Tech. | Alle Abteilungen |
| 1955/56 . . . . .   | 932                | 822       | 1754                 | 2580             |
| 1957/58 . . . . .   | 1226               | 1082      | 2308                 | 3537             |
| 1959/60 . . . . .   | 1471               | 1392      | 2863                 | 4252             |
| 1960/61 . . . . .   | 1741               | 1639      | 3380                 | 4907             |
| 1961/62 . . . . .   | 1771               | 1852      | 3623                 | 5591             |
| 1955-1961 . . . . . | + 90%              | + 125%    | + 107%               | + 117%           |
|                     | (Erteilte Diplome) |           |                      |                  |
| 1955 . . . . .      | 222                | 172       | 394                  | 615              |
| 1957 . . . . .      | 247                | 244       | 491                  | 751              |
| 1959 . . . . .      | 251                | 250       | 501                  | 823              |
| 1960 . . . . .      | 357                | 303       | 660                  | 938              |
| 1961 . . . . .      | 379                | 342       | 721                  | ...              |
| 1955-1961 . . . . . | + 71%              | + 99%     | + 83%                | ...              |

Die elektrotechnische Industrie muss leider feststellen, dass sie weniger «zog» als die Maschinenindustrie und sehr weit zurücksteht gegenüber der Physik (Experimentalphysik).

Pallmann sagt hiezu [2]:

«Die Neugier ist an sich eine Tugend des Forschers und auch des Studenten; sie ist stärkster Antrieb wissenschaftlicher Arbeit.

Der Forscher wie auch die akademische Jugend wenden sich mit Vorliebe jenen Gebieten zu, die neue Horizonte aufweisen und in denen sich die grossen Entdeckungen häufen. Es ist offensichtlich, dass es besonders die «dramatischen Fortschritte» sind, die Geld und Begabungen intensiv anziehen. Die weniger sensationellen Gebiete rücken dabei — und seien sie wissenschaftlich und wirtschaftlich noch so trüchtig — vorübergehend etwas in den Hintergrund. Die moderne Physik bietet das schönste Beispiel.»

Andererseits fügt die Industrie mit Vorteil Physiker unter ihre höheren Fachkader ein. Dagegen wanderten über 80 % der Hochschulphysiker und auch viele Chemiker ins Ausland, wo sie durch die Errungenschaften der Atomenergietechnik und der Halbleitertechnik ein gutes Fortkommen finden und an reich dotierten Forschungsaufgaben mitwirken können. (In letzter Zeit wird ein gewisser Rückstrom wahrgenommen, bedingt wahrscheinlich durch die Aktivität, die nun auch unser Land auf diesem Gebiet entwickelt.)

Die Werbung für den technischen Beruf und dabei auch für den elektrotechnischen, geschah seitens einiger Verbände: Arbeitgeberverband schweiz. Maschinen- und Metallindustrieller, SIA, GEP, ferner durch die industriellen Unternehmungen. Mittel zur Werbung waren — und sind heute noch — Berufsbeschreibungen [3...6], die an Berufsberater, Lehrer, Eltern und Schüler gratis oder zu niedrigem Preis in grosser Zahl abgegeben wurden, Berufsdarstellungen in der Zeitschriftenliteratur, Filmvorführungen, Radiosendungen, Führung der Mittelschüler durch Fabriken und dortige Demonstrationen.

Der Verfasser möchte unter Hinweis auf Pallmann und ihm voll zustimmend auch seine eigene Meinung zum Ausdruck bringen, dass nämlich zahlreiche Studierende sich auch darum für die Physik entschliessen, weil sie von ihr ein viel reicheres Feld für ihre zukünftige Berufstätigkeit erwarten als von der Elektrotechnik, bzw. dem davon für sie in erster Linie interessanten Teilgebiet der Elektronik. Sie glauben — wohl nicht zu unrecht —, auch besser und allgemeiner für neuartige Zukunftsentwicklungen ausgebildet zu werden.

Die eingangs erwähnte Erscheinung, dass die Elektrotechnik in den letzten Jahren weniger Studenten anzog als der Maschinenbau, darf ebenfalls der Physik zugeschrieben werden.

Selbstverständlich wirkten auch die viel rascher als die Teuerung wachsenden Gehälter werbend, ebenso die Häufung von Stellenangeboten in Zeitungen und Zeitschriften.

Besonders erwähnenswert ist hier der in den letzten Jahren starke Ausbau des Stipendienwesens. Ein vollständiges Verzeichnis der Stipendienquellen wurde angelegt, viele Firmen richten an ausbildungsfähige Betriebsangehörige Studier erleichterungen aus, der Arbeitgeberverband schweiz. Maschinen- und Metallindustrieller gründete für das Techniker- und Ingenieurstudium in Maschinenbau und Elektrotechnik zwei Stipendienfonds, denen jährlich je bis zu 100 000 Franken zur Verfügung stehen. An der ETH erhielten 1163 Kandidaten an Stipendien insgesamt 950 000 Franken.

Besonders schwer empfunden wird der Mangel an technischen Zeichnern, in der Elektrotechnik nicht weniger als in der Maschinentechnik. Die grösseren Firmen griffen hier erfolgreich zur Selbsthilfe, indem sie Zeichner- und Hilfszeichnerschulen gründeten [7], die mit guten Erfahrungen auch Hilfszeichnerinnen ausbilden.

Für Hilfsfunktionen verschiedener Art wurden ferner mit beachtenswertem Erfolg Regionalkurse organisiert, dies namentlich im Bestreben, die Techniker zu entlasten von Arbeiten, für welche eine niedrigere Bildungsstufe genügt.

Erwähnenswert ist auch das quasi umgekehrte Streben, die Verwendungsmöglichkeit der Techniker zu heben durch Fortbildungskurse, namentlich in mathematischer und physikalischer Richtung, wie sie z. B. der STV organisiert. Solche Kurse finden guten Zuspruch.

Für den Unterricht in der Elektronik gibt es seit Jahren zahlreiche Kurse von unterschiedlicher Seriosität.

Wesentliche Beiträge zur Weiterbildung leisten der SEV und der VSE durch ihre Vortragstagungen, ebenso auf dem Werkstoffsektor der SVMT. Dasselbe gilt von den guten Fachzeitschriften, die sich anstrengen, den neuen Entwicklungen zu folgen.

Der Mangel an schulgebildetem Nachwuchs trifft die elektrotechnische Industrie, die Elektrizitätswerke und die Bahnbetriebe schwer. Entwicklungsarbeiten werden gehemmt, das fähige Personal ist oft überlastet und zu verminderter Gründlichkeit gezwungen. Während früher die Fabrikationsbetriebe nicht ungern Personalquellen für Kraftwerke und Bahnbetriebe waren, weil dies dem persönlichen Kontakt mit ihren Kunden förderlich war, üben sie heute notgedrungen Zurückhaltung. Der Übergang von Fabrikationsstätten zu Energieerzeugungs-, Verteilungs- und Verbrauchsstätten ist an sich gesund und erstrebenswert auch vom Standpunkt der fachlichen Erfahrung aus; er fördert das gegenseitige Verständnis der beiden so wesensverschiedenen Berufsgattungen.

In den ersten Zeiten des Mangels an Ingenieuren und Technikern konnten manche Lücken durch Anstellung von Ausländern, namentlich Österreichern und Deutschen, geschlossen werden. Diese Quelle versiegte indes mehr und mehr in dem Masse, wie sich der Mangel auch in jenen Ländern bemerkbar machte. Der Nachwuchsmangel kann besonders gefährlich werden durch seine gleichsam rückkuppelnde Wirkung über die technischen Schulen. Die Industrie hat dies erkannt und darum verschiedentlich geeignete Mitarbeiter ihres eigenen Kaderns zu einzelnen Unterrichtsstunden an die Schule delegiert.

Schwere Personalnot besteht auch bei den Berufsarbeitern und Meistern: Elektromechanikern, Elektromonteuren, Wicklern, Schlossern, Drehern usw. Die Feindrahtwicklerei hat eine etwas leichtere Stellung, weil hier mit Vorteil weibliche Arbeitskräfte herangebildet werden können. Erwähnenswert ist hier die Gründung der Winterthurer Werkmeisterschule (1946) durch den Arbeitgeberverband Schweiz. Maschinen- und Metallindustrieller.

Ausserordentlich nachteilig wirkt sich die durch den Mangel bedingte starke Wanderung von Betrieb zu Betrieb aus.

Das Fremdarbeiterproblem in all seinen Aspekten ist durch die Tageszeitungen genügend beleuchtet, weshalb es hier übergangen werden kann.

Es wurde bereits [2] auf die Gefahr eines *möglichen Sinkens* des durchschnittlichen Könnens und des *Leistungswillens* hingewiesen. Eine solche Erscheinung ist durch Zahlen nicht erfassbar. Sie zu erkennen ist mehr Sache des Fühlens und der Erfahrung.

Zweifellos gibt es nach wie vor Männer, welche mit Begeisterung und gutem Willen ihr Bestes geben. Sie erwählten

ihren Beruf aus Freude und im Bestreben, dereinst darin etwas zu leisten. In Anbetracht der bestehenden technischen Erfolge und unter dem Einfluss der Werbung werden aber dem elektrotechnischen Beruf auch Menschen zugeführt, die in ihm in erster Linie einen guten, zuverlässigen Lebensunterhalt finden wollen. Die neue Zeit mit dem freien Samstag, die vielen Sportmöglichkeiten, der Besitz eines Automobils, eines Fernsehapparates usw. verleitet viele, nur im Hinblick auf die Freizeit zu arbeiten. Sie bilden sich nicht weiter. Freiwilliges Nachdenken auch einmal in später Stunde ist ihnen fremd. Dieser Typus des Ingenieurs und Technikers ist bekannt. Die heutigen Lebenserleichterungen und Lebensgewohnheiten sind ihm fördernd. Viele Abteilungs- und Bürochefs, die pflichteifrig, ihrer Verantwortung entsprechend, manche Feierstunde opfern, glauben heute, solche Erscheinungen wahrzunehmen. Selbstredend liegt in dieser Beobachtung viel Subjektives, Gefühlsbetontes, so dass sich der Verfasser dazu weder zustimmend noch ablehnend äussern möchte. Aus eigener Beobachtung weiss er das eine, dass es manchem Ingenieur, kaum dass er sein Studium hinter sich hat, nicht selbstverständlich ist, dass er nie ausgelernt hat, und dass deshalb sein Beruf lebenslange Weiterbildung und Wachsamkeit verlangt.

Spezifischer auf die Elektrotechnik bezieht sich das unter [3] genannte Problem: Die Anpassung der Lehrprogramme an die unerhörte Mannigfaltigkeit und Weite der neueren Elektrotechnik und die überraschende Schnelligkeit von neuen Entwicklungen.

Die Elektrotechnik begann einst als Schwachstromtechnik. Es war die Telegraphie und danach auch die Telephonie, die ihr das Gepräge bis etwa 1880 gab. Dann erfuhr sie eine grosse Evolution durch den Elektromaschinenbau und im Gefolge den Anlagenbau, der die Hochspannungstechnik förderte. Um die Jahre 1890 begann ein neuer Vorstoss von unerhörter Bedeutung durch die drahtlose Telegraphie; es war erneut die Nachrichtentechnik, die mit der Elektronenröhre (1906) in ihrer Mannigfaltigkeit, Gestalt und Anwendungsweise zu einer gewaltigen Ausweitung der Elektrotechnik führte, die auch in die Starkstromtechnik übergriff. Dieser Übergriff weitete sich schlagartig aus durch die in die neueste Zeit fallende Halbleitertechnik, die nun die ganze Elektrotechnik befruchtet. Die moderne Regeltechnik und die Computertechnik verwenden grösstenteils elektrotechnische Bauelemente. Dazu aber kamen, ebenfalls Schlag auf Schlag, die Fortschritte der elektrischen Beleuchtungstechnik in der Reihenfolge: Bogenlampe, Nernstlampe, Kohlenfadenlampe, Metallfadenlampe in Varianten, Hg- und Na-Dampflampe, Fluoreszenzlampe. Kaum je breitete sich eine technische Errungenschaft so rasch aus wie die Fluoreszenzlampe.

Der Elektromaschinenbau erfuhr seit etwa 50 Jahren ebenfalls grosse Entwicklungen, namentlich in Bezug auf maximale Grösse der Einheiten. Es bildete sich eine Grossindustrie des Feinapparatebaues auf Grund einer überaus mannigfaltigen Messtechnik, Signaltechnik usw. und nicht weniger des Grossapparatebaues für den Betrieb der Kraft- und Verteilwerke, dazu kommt die Evolution der Gebrauchsapparate aller Art, die Technik der tiefen Temperaturen; dies und vieles weitere türmte sich zu einem fast babylonischen Bau. Die Elektrotechnik gab ferner Anlass zu Werkstoffentwicklungen unerhörtester Vielfalt. Neben den Werkstoffen

des allgemeinen Maschinenbaues sind es magnetische und magnetisierbare Werkstoffe, Ferrite, dielektrische Werkstoffe, Halbleiter, die je eine weltweite Industrie begründen mit einer zugehörigen mannigfaltigen Verfahrenstechnik.

Diese sprunghaften Erweiterungen und Veränderungen tragen in die Lehrprogramme viel Unruhe. Man suchte der Überlastung an Techniken und Hochschulen zu steuern durch die bekannte Aufteilung in Starkstrom- und Fernmeldetechnik von den höhern Semestern an, wobei das Gemeinsame in den untern Semestern behandelt wird. In neuester Zeit wurde indes auch ein gegensätzliches Streben wirksam: Die ETH hob diese Differenzierung auf [8] unter Hinweis auf die starke Durchsetzung beider Richtungen mit dem Wissensgut und den Bauelementen der Elektronik und Halbleitertechnik und auf die achtbaren Gesichtspunkte, die nachfolgend dargelegt sind. Ob dieser Schritt Nachahmung finden wird, lässt sich noch nicht sagen.

Die Durchsicht der Studienpläne von mehreren ausländischen technischen Hochschulen zeigt nämlich, dass dort in den höheren Semestern weiterhin an einer Differenzierung festgehalten wird, so an den technischen Hochschulen in München und Wien in die Fachrichtungen Starkstromtechnik und Nachrichtentechnik, an der Technischen Hochschule Stuttgart in die Fachrichtungen Elektrische Energietechnik und Nachrichtentechnik, an der technischen Universität Berlin in die Fachrichtungen Starkstromtechnik und Nachrichtentechnik, mit der Möglichkeit zu weitgehender Spezialisierung. Die Technische Hochschule in Graz führt nur eine Abteilung für Energietechnik. In Stuttgart und in Darmstadt werden sogar in neuester Zeit vier verschiedene Studienrichtungen gepflegt, nämlich theoretische Elektrotechnik, Regelungstechnik, Energietechnik, Nachrichtentechnik in der ersteren, allgemeine Elektrotechnik, Starkstromtechnik, Nachrichtentechnik, technische Elektronik und Regelungstechnik in der letzteren Hochschule. Interessant ist die Einsicht, dass es offenbar eine beschränkte Zahl von Studierenden gibt, die sich für die theoretische Elektrotechnik eignen, während alle andern eine der praktischen Sonderrichtungen wählen. Hier besteht demnach eine geradezu entgegengesetzte Tendenz als an der ETH. Sie entspricht etwa einer Auffassung, die Dr. jur. D. Aebli [9] in einem Diskussionsgespräch geäußert hat: Vorerst starke Betonung der allgemeinen wissenschaftlichen Grundlagen, anschliessend aber Vermittlung der Methodik und Denkweise in *einer* Sonderrichtung.

Dass das Problem der Abwägung zwischen Vermittlung weiter Allgemeinbildung einerseits, wohl abgewogener Spezialisierung andererseits, an den Hochschulen nicht leicht genommen wird, geht u. a. aus dem Vortrag von Prof. Dr. W. Traupel [9] an der Generalversammlung der GEP 1962 hervor:

«Man darf im Bestreben, vielseitige Ingenieure und Wissenschaftler auszubilden, nicht das Unmögliche verlangen. Dies muss bei der Gestaltung der Studienpläne unbedingt beachtet werden.»

Aus derselben Quelle eine Äusserung über weitgetriebene Spezialisierung:

«Dagegen würden sich ernste Bedenken erheben. Vorab wäre dann zu befürchten, dass der Einzelne, infolge seiner engen Spezialbildung, nur sehr begrenzt einsatzfähig wäre. Die sich rasch entwickelnde Technik kann auch dazu führen, dass Wissenszweige, die heute eine grosse Bedeutung haben, morgen in den Hintergrund treten und durch andere ersetzt werden. Einer solchen Entwicklung könnte sich ein Spezialist mit zu enger Aus-

bildungsbasis nicht mehr anpassen. Er wäre also regelrecht verloren.»

Und an anderer Stelle:

«Der Spezialist steht nicht über seinem Fachgebiet, sondern mitten drin, er überblickt es nicht.» «Es kann nicht Aufgabe der Hochschule sein, möglichst schnell Fachleute für dieses oder jenes Detailgebiet abzurichten, sondern sie muss zu einer Vertiefung des Wissens durch Beschränkung auf das Wesentliche hinführen.»

Frägt man sich indes, was das Wesentliche ist, so gehen die Meinungen begrifflicherweise auseinander. Pallmann [2] formuliert die Forderung für die in der Lehre zu treffende Auswahl durch die Worte:

«Wir müssen — wenn das Studium nach vier bis viereinhalb Jahren abschliessen soll — den Studenten bis zum Diplom vor allem grundsätzliches Wissen und solides Können vermitteln und die Spezialisierung in vorwiegend beschreibenden Disziplinen möglichst zurückdämmen. Die Hochschulen sollen vor allem lehren, was der Absolvent in späterer Praxis nicht mehr lernen kann.»

Der letzte Satz dürfte auch für die Technikumbildung wegleitend sein, mit dem Unterschied immerhin, dass dort mit Zielstrebigkeit auf die Bedürfnisse schon der ersten Jahre der beruflichen Tätigkeit hingesteuert wird und daher die Spezialisierung eher zu ihrem Recht kommt.

In vollem Masse gilt dies für die mit einer viel geringeren Ausbildungszeit sich begnügenden «Hilfstechniker» und «Hilfskonstrukteure»; hier führt nur eine enge Spezialisierung, ja oft eine «Abrichtung» auf ein schmales Gebiet des Wissens und Könnens zum Ziel. So werden beispielsweise Elektroniker für einen engen Aufgabenkreis ausgebildet.

Die genannte Vielfalt trägt vor allem schwierige Probleme in den für den Ingenieur nach wie vor zweifellos wichtigen *Konstruktionsunterricht*. Wie verschiedenartig ist doch das Konstruieren im elektrischen Maschinenbau, im Grossapparatebau, im Feinapparatebau, in der Fernmeldetechnik und insbesondere der Elektronik!, so verschiedenartig, dass es gar nicht leicht ist, das als Lehrstoff sich Eignende, Grundsätzliche, nicht zu Kurzdauernde auszuwählen.

Im Elektromaschinenbau sind es Probleme der mechanischen Festigkeit, der elektrischen Festigkeit, der Wellen, der Lager, der Kühlung, der magnetischen Kreise, der Wicklungen, der Wärmedehnungen usw. in Bezug auf die Werkstattprobleme der spanabnehmenden Bearbeitung, des Giessens, des Schweißens, der Grossmontage, des Transportes. Im Grossapparatebau treten einige dieser Probleme in den Hintergrund zu Gunsten solcher der elektrischen Festigkeit bei hohen Spannungen, der Lichtbogenlöschung, der Werkstoffwahl unter einer überaus grossen Mannigfaltigkeit, der Kontaktmetalle und Kontaktausbildung usw. Der Feinapparatebau verfügt über eine besondere Konstruktionslehre, die Rücksicht nimmt auf Massenfertigung. In der Fernmeldetechnik ist es einerseits der Feinapparatebau, der zu pflegen ist, andererseits spielt die ausserordentlich mannigfaltige Verdrahtungstechnik eine Hauptrolle. Die drahtlose Technik greift ein sowohl in den Grossapparatebau wie den Feinapparatebau, vor allem aber — mehr als die erwähnten Sektoren — in die Elektronik mit ihren vielen Bauelementen wie Röhren und Transistoren verschiedenster Art und Grösse, Kondensatoren, Spulen, Widerstände, Transforma-

toren und Transduktoren usw., dies alles mit einer ganz spezifisch ausgerichteten Schaltungs- und Verbindungstechnik.

Wie soll die Schule solchen Verschiedenartigkeiten auch nur einigermaßen gerecht werden? Und ist es ihr überhaupt möglich, zu vermeiden, dass sie meist um Jahre hinter der industriellen Praxis nachhinkt? Zwar sucht sie ihre Lehrer aus der Praxis. Aber kaum fehlt alsdann der ständige intensive Kontakt, ja sogar die ständige Tätigkeit inmitten der Aufgaben der Praxis, so ist eine baldige Veralterung kaum vermeidbar. Dazu kommt noch die Erscheinung, dass ein Konstrukteur, der nicht mehr umgeben ist von seinen Werkunterlagen aller Art, wie auch von seinen Mitarbeitern, viel Boden unter den Füßen verliert.

Natürlich gelten solche Überlegungen auch für andere Gebiete der Technik, indes aber kaum in so hohem Grade wie für die Elektrotechnik infolge ihrer unerhörten Weitläufigkeit und grundsätzlichen Verschiedenartigkeit im Sinne obiger Darlegungen.

Die *industrielle Praxis* ist selbstverständlich zur weitgehenden Spezialisierung gezwungen, nicht etwa nur in die erwähnten alten Hauptrichtungen, sondern innerhalb dieser in zahlreiche weitere Sektoren.

Sie spezialisiert einesteils nach *Fachgebieten*, andernteils nach *beruflichen Funktionen*: Entwicklung, Berechnung, Konstruktion, Betrieb, Prüfung, Verkauf, Verwaltung.

Des weitern findet eine Scheidung statt in die Gruppe der *Produkte erzeugenden Unternehmungen* einerseits, in die *Energie erzeugenden und verteilenden* und in *Verkehrsbetriebe* andererseits. Die erste Gruppe ist sehr technisch orientiert; in ihr spielen alle erwähnten beruflichen Funktionen. Die zweite ist vorwiegend verwaltungstechnisch orientiert, wenn auch nicht ohne rein technisch tätige Abteilungen. Sie sind die Warenkunden der ersteren. In der Schulausbildung tritt diese später sehr prägnante Unterscheidung nicht in Erscheinung. Die Zuteilung in die eine oder andere Gruppe ist später teils dem Zufall überlassen, teils bedingt durch Veranlagung und Talente: Erfinderisch Begabte, neuen Entwicklungen zuneigende Ingenieure finden ihre Befriedigung eher bei den Produkte erzeugenden Firmen, organisatorisch Begabte, dem Finanzwesen und der Nationalökonomie, den juristischen Fragen zuneigende Ingenieure sind zwar in der ersten Gruppe ebenfalls unentbehrlich, die zweite ist aber wohl ihre ausgeprägte Domäne.

Das Nachwuchsproblem der Elektrotechnik bezieht sich (soweit es die mittleren und höhern Schulen angeht) nicht allein — und immer weniger ausschliesslich — auf die Schulung von Elektroingenieuren und -technikern. Mehr als in den meisten andern Gefilden der Technik ist sie angewiesen auf die Mitarbeit von Physikern und Chemikern. Manche Lücke konnte in den letzten Jahren durch Physiker gefüllt werden, vor allem in den Sektoren Elektronik, Halbleiter-

technik, Reaktortechnik, im Hochspannungsschalterbau usw. Chemieingenieure, Chemietechniker und Chemielaboranten wurden die ausserordentlich wertvollen Betreuer von Aufgaben der Werkstofftechnik, Verfahrenstechnik, Materialprüfung. Die Zahl der Fabriken, welche chemisch geschultes Personal beschäftigen, ist seit etwa 20 Jahren sehr gewachsen; hüben und drüben hat man gelernt, sich fachlich zu verstehen. Es fällt den Chemikern z. B. viel leichter, mit Kunststoffen umzugehen — besonders in Bezug auf die Applikationsverfahren — als den Elektroingenieuren. Ein Trend der letzten Jahrzehnte, die Isolation vieler Objekte direkt am Objekt selbst entstehen zu lassen, konnte sich nur vollziehen unter Beizug von chemisch gebildetem Nachwuchs. Die Probleme der Elektronik übernahm der Ingenieur vom Physiker. Die Erscheinungen in Gasentladungen und die Zerfallsgesetze der Atome sind dem Physiker viel vertrauter als dem Ingenieur. Die starke Entwicklung und Anwendung der maschinellen Datenverarbeitung zieht auch den Mathematiker mehr und mehr ins Arbeitsfeld der Ingenieure. Auf einigen Gebieten der Elektrotechnik, so z. B. im Starkstromschalterbau und im Motoren- und im Generatorbau usw., ist auch der Maschineningenieur und -techniker, ganz besonders der Maschinenkonstrukteur, unentbehrlich.

Eine gewisse Gefahr der Lehrplanentwicklung scheint sich abzuzeichnen, wenn aus den dargelegten Gründen der Ingenieur selbst zu einer Art praktischem Physiker — (nicht Experimentalphysiker) erzogen und damit den eminent ingenieurmässigen Aufgaben der realisierenden Konstruktion entfremdet wird, wobei dann diese mehr und mehr dem unten anschliessenden Ausbildungsniveau zufällt. Diese Erscheinung verdient eine sorgfältige Aufmerksamkeit.

#### Literatur

- [1] Technischer Nachwuchs, Studie über den künftigen Ingenieurbedarf. Siemens-Schuckert-Werke AG. Erlangen 1956.
- [2] *Pallmann, H.*: Nachwuchs und Forschung, Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik. 28. Jg. (1962), N° 9.5.333.
- [3] *Imhof, A.*: Die akademischen Ingenieurberufe. Zürich: SIA, Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein; GEP, Gesellschaft ehemaliger Studierender der ETH.
- [4] *Imhof, A.*: Der Beruf des Maschinen- und Elektroingenieurs. Zürich: Arbeitgeberverband Schweiz. Maschinen- und Metallindustrieller; GEP, SIA.
- [5] *Imhof, A.*: Der Beruf des Technikers. Arbeitgeberverband Schweiz. Maschinen- und Metallindustrieller.
- [6] *Ostertag, A.*: Über höhere technische Berufe und Nachwuchsförderung. Gesellschaft ehemaliger Studierender der ETH, 1959.
- [7] *Thommenen, H.; Hildebrand, G. A., Wiesendanger, F., Überhölz, R., Regel, Chr.*; Sondernummern «Konstruktion» der STZ, Nr. 48/49, 1960; Nr. 39/40, 1962.
- [8] STZ 59. Jg. (1962), Nr. 50, S. 1000.
- [9] Technische Hochschule und Praxis. SBZ 80. Jg. (1962), Heft 44. S. 741.

#### Adresse des Autors:

Prof. A. Imhof, Präsident des Verwaltungsrates der Moser-Graser & Co. AG, Muttenz (BL).