

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 61 (1970)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Grundstudium, Nachstudien und Weiterbildung der Elektroingenieure  
**Autor:** Epprecht, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915926>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.12.2025

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

## Grundstudium, Nachdiplomstudien und Weiterbildung der Elektroingenieure<sup>1)</sup>

Von G. Epprecht, Zürich

850 - 853

378.662.13

## 1. Einleitung

Weiterbildung ist ein Problem, das heute in vielen Berufen aktuell ist, hier aber soll es besonders in bezug auf die akademischen Elektroingenieure behandelt werden. Dass Weiterbildung heute wichtiger geworden ist, lässt sich nur im Zusammenhang mit der gesamten Ingenieurausbildung verstehen. Es ist deshalb notwendig, zunächst auf die besondere heutige Situation der Hochschule einzugehen.

Vor dreissig oder vierzig Jahren füllte der Ingenieur an der Hochschule seinen geistigen Rucksack und zehrte davon im wesentlichen ein Leben lang. Heute liegen die Dinge anders. Eine Kommission, die sich in den Vereinigten Staaten mit Fragen der Ingenierausbildung befasst, stellte an den Anfang ihres Berichtes den Satz [1<sup>2</sup>]:

«Eine der wichtigsten Vorantwortungen, die der Ingenieur trägt, besteht darin, dass er Zeit seines Lebens an seiner Ausbildung weiterarbeitet».

Fachausbildung ist nicht mehr etwas, das man getrost, schwarz auf weiss, nach Hause tragen und bei Gelegenheit her-vornehmen kann, sondern sie ist wie ein Haustier, das eingeht, wenn es nicht gefüttert wird.

Anderseits kann man einwenden, Weiterbildung hätte es schon immer gegeben, man denke an die Lehr- und Wanderjahre der Handwerker, an die tägliche Erfahrung am Arbeitsplatz. Diese Art der Weiterbildung — ich möchte sie die Naturmethode nennen — ist uralt, es gab sie schon, bevor irgendwelche Schulen bestanden. Sie genügte immer dann, wenn nur Weniges gelernt werden musste, um konkurrenzfähig zu bleiben, und sie wurde in der Entwicklung der Menschheit Stufe um Stufe ersetzt durch organisiertes Lernen, durch Schulen. Die Naturmethode lehrt durch Erfolg und Misserfolg, sie wirkt gefühlsbetont und nachhaltig. Leider ist sie auch zufällig und verursacht Vorurteile, sie ist unsystematisch und bewegt sich einseitig im engen Kreis eigener Kontakte. Dieses sporadische Hinzulernen genügt heute jedenfalls in den wissenschaftlichen Bereichen nicht mehr.

## 2. Die veränderte Situation des heutigen Ingenieurs

Welche Ursachen führen dazu, dass unser heutiges Ausbildungssystem für Ingenieure erweitert werden muss? Ein erster Grund liegt in der gewachsenen Menge von Kenntnissen. Die Bestände der wissenschaftlichen Bibliotheken verdoppeln sich innert ungefähr 10...15 Jahren; die Hälfte aller Forscher und Ingenieure, die es je gegeben hat, lebt heute, wird gesagt. Diese Zunahme spiegelt sich auch in den Lehrplänen der Hochschulen. Beispielsweise wurden im Jahre 1950 im fünften Semester in der Abteilung für Elektrotechnik zwei Vorlesungen über elektrotechnische Gebiete gehalten, heute sind im gleichen

<sup>1)</sup> Erweiterter Vortrag, gehalten im Rahmen der Vortragsreihe über den Stand in wichtigen Bereichen der Elektronik des Eidg. Personalamtes in Bern.

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

Semester sechs elektrotechnische Vorlesungen verzeichnet. Obwohl man im Jahre 1990 sicherlich für das gleiche Semester 12...15 grundlegend wichtige Vorlesungen aus dem Gebiete der Elektrotechnik wird aufzählen können, ist immerhin kaum anzunehmen, dass der Jahrgang 1970 dannzumal dies verdauen könnte. Die Aufnahmefähigkeit des menschlichen Hirnes sei zwar, so hört man, nur zu wenigen Prozenten ausgenutzt, doch ob und wie ein besserer Wirkungsgrad zu erreichen ist, darüber weiss man wenig.

Die einzelnen Wissenschaften waren früher ziemlich isolierte Teilgebiete, heute überlappen sie sich vielfältig. Während es Zeiten gab, in denen man noch zugleich das ganze Gebiet der Mathematik und der Physik ziemlich vollständig überblicken konnte, wird etwa kein Chemiker heute behaupten, er kenne so ziemlich alles, was in der Chemie zu wissen sei. Der Ingenieur konnte früher in vielen Teilgebieten der Mathematik, der Physik, der Chemie leidlich bewandert sein, heute kennt er davon nur noch ein paar enge Ausschnitte. Sind diese gut gewählt und gelingt ihm eine verbindende Gesamtsicht über diese Stützpunkte, so kann er dennoch eine gute Grundlage gewinnen; die Standfläche kann bekanntlich wesentlich grösser sein als die Kontaktfläche.

Eng verbunden mit dem Problem der grossen Menge verfügbarer Kenntnisse ist das zweite Problem, das Tempo der Entwicklung. An der Hochschule wissen wir genau, dass unsere heutigen Absolventen in fünf bis zehn Jahren mit Elementen arbeiten werden, die in keinem Ausbildungsprogramm verzeichnet sind, ja von denen wir vielleicht noch gar nichts gehört haben. Man denke an die Entwicklung der Transistoren: Vor 20 Jahren waren Spitzentransistoren eine aufregende Neuerung. Heute lächelt man über jene Technologie. Kann man noch irgendwo (ausser im Markt der Museen unter sich) einen Spitzentransistor kaufen? In einem Gehäuse jener Grösse werden heute Schaltungen mit ein paar hundert monolithisch integrierten Transistoren eingepackt. Neue Gebiete schiessen

Fig. 1  
Beispiel möglicher Kombinationen

3 Elemente lassen sich in 7 Kombinationen anordnen, 4 Elemente in 15 Kombinationen. Mit jedem zusätzlichen Element steigt die Zahl der Kombinationen auf etwa das Doppelte (Einzelelemente sind als Kombination mitgezählt)

wie Pilze aus dem Boden, und bald wird es so weit sein, dass wir den Studenten im 1. Semester nicht mehr voraussagen können, welche Prüfungen ihn im Diplom erwarten.

Ein dritter Grund, der nochmals im gleichen Sinne der Beschleunigung wirkt, besteht darin, dass der zeitliche Abstand zwischen Entdeckung und Anwendung eines physikalischen Phänomens oder einer mathematischen Einsicht sich stark verkürzt hat. 60 Jahre hat es gedauert von *Maxwell* und *Hertz* bis zur Entfaltung der Hohlleitertechnik. Voraussage und kommerzielle Verwertung der Laser folgten sich in weniger als einem halben Jahrzehnt.

Wie konnte es zu dieser Beschleunigung kommen? Dafür ist kaum ein einzelner Faktor allein verantwortlich. Es spielt zum Beispiel eine Rolle, dass die absolute und die relative Zahl der Wissenschaftler und Ingenieure heute höher liegt als früher. Auch ist die durchschnittliche Forschungsintensität pro Ingenieur gestiegen, nicht wegen höherer Intelligenz, sondern der gesteigerten Mittel wegen. Es ist zwar weder zu erwarten, dass der prozentuale Anteil von Ingenieuren in der Bevölkerung unermesslich weitersteigt, noch dass der Anteil des Volkseinkommens, der in Forschung gesteckt wird, grenzenlos zunimmt; trotzdem ist es unwahrscheinlich, dass sich das technische Entwicklungstempo in nächster Zeit verringern wird, denn es sind noch andere Mechanismen im Spiel, etwa die exponentiell steigende Zahl der gegenseitigen Beziehungen und Kombinationen beim Auftauchen neuer Ideen oder technischer Möglichkeiten. Aus  $n$  Elementen lassen sich  $(2^n - 1)$  Kombinationen bilden (wenn man Einzelemente als «Kombination» mitzählt). Kommt also ein einziges neues Element dazu, so vergrößert sich die Zahl der möglichen Kombinationen etwa auf das Doppelte (Fig. 1). Nun sind zwar nie alle Kombinationen von neuen und alten Ideen und Entdeckungen interessant und realisierbar, doch steigt immerhin die Zahl der tragfähigen Kombinationen mit jeder neuen Erkenntnis oder Entwicklung ganz enorm, so schnell, dass für die praktische Ausbeutung immer ein grosser Vorrat an unausgeschöpften Möglichkeiten vorhanden ist.

Es ist die ureigenste Tätigkeit des Ingenieurs, aus diesem Vorrat günstige, neue Kombinationen herauszugreifen und zu realisieren. Damit er dies kann, müssen ihm die neuen Elemente bewusst werden. Beim heutigen Entwicklungstempo genügt nun das zufällige Hinzulernen nach der «Naturmethode» nicht mehr, um die Übersicht zu wahren.

Die Situation ist also kurz folgende: In den vier Jahren bis zum Diplomabschluss kann die Hochschule dem Ingenieur nur eine sehr beschränkte Auswahl von solchem Fachwissen mitgeben, das sich unmittelbar in Anwendungen umsetzen lässt, erstens weil eine einigermassen vollständige Ausbildung die Aufnahmefähigkeit eines Einzelnen übersteigt und zweitens weil das aktuelle Fachwissen sich zu rasch ändert. Ausserdem genügen die zufälligen, täglichen Erfahrungen immer weniger, um die Veraltung der speziellen Berufskenntnisse wettzumachen.

### 3. Konsequenzen für den Grundstudienplan

Als unmittelbare Folge dieser Entwicklung ist zunächst festzustellen, dass es der Hochschule heute nicht mehr gelingt, den Ingenieur in den vier Jahren bis zum Diplom soweit auszubilden, dass er nachher sofort produktiv eingesetzt werden kann. Einerseits liegt dies daran, dass ihm zu wenig praktische Detailkenntnisse vermittelt werden können, anderseits daran, dass in unserer technologisch hochentwickelten Industrie die

Anforderungen an Kenntnisse und Fähigkeiten wesentlich gestiegen sind. Während ein Handwerker noch heute gegen Ende der Lehrzeit das «Niveau der Produktivität» erreicht, bei dem er anfängt, mehr zu produzieren als zu konsumieren, verlässt der Diplomingenieur seine Schule vor dem Erreichen dieses Produktivitätsniveaus. Die Industrie musste sich damit abfinden, dass diese jungen Ingenieure in der Regel zunächst einmal viel Last und wenig Hilfe sind und erst im Schosse der Firma langsam ausreifen. Um diesem Zustande abzuhelfen, ist man versucht, einfach den fachlichen Inhalt des Studiums zu vergrössern durch dichter gepackte Ausbildungspläne oder längere Studiendauer.

Auf beide Massnahmen scheint der durchschnittliche Mensch mit schnellerem Vergessen zu reagieren. Ein gangbarer Weg, in der Ausbildung weiter vorzudringen, ohne das Volumen des Lernstoffes zu vergrössern, liegt in der Spezialisierung: höher gezüchtetes Können auf schmälerer Basis. Da jedoch die heutigen technischen Aufgaben meistens nicht auf schmäler Basis lösbar sind, hat Spezialisierung nur Erfolg, wenn mehrere Spezialisten in einem Team zusammenarbeiten. Die Zusammenarbeit wiederum gelingt nur, wenn sich die Kenntnisbereiche der Einzelnen soweit überlappen, dass der Gedanken-austausch in einer gemeinsamen Sprache leicht möglich ist. Zu enge Spezialisierung wirkt sich aber in mehreren Beziehungen nachteilig aus, so dass man heute zur Auffassung neigt, dass der Grundstudienplan einer Hochschule eine gewisse Vielfalt aufweisen muss, damit der Ingenieur beweglich wird und bleibt. Diese Breite gewinnen wir wohl nur, wenn man darauf verzichtet, im Normalstudienplan das Niveau der Produktivität überhaupt zu erreichen oder höchstens in kleinen exemplarisch aufzufassenden Bereichen. Die breite Grundlage sichert die Möglichkeit, in angemessen kurzer Zeit, je nach Bedarf, Spezialwissen an verschiedenen Stellen aufzubauen, und sie erlaubt die Verständigung mit dem Partner in einem Team. Auch die sogenannte breite Basis wird immer weniger ein lückenloses Kontinuum sein, sondern ein Fachwerk mit Löchern an geeigneten Stellen.

Die Ausbildung der Ingenieure wird also stufenweise vor sich gehen; die breitesten Schichten werden im Grundstudium gelegt; den Nachdiplomstudien, den Weiterbildungskursen und der praktischen Tätigkeit bleibt es vorbehalten, allmählich an verschiedenen Stellen tragfähige schmalere Säulen aufzusetzen. Allerdings darf man sich an diese Bilder aus dem Bauwesen nicht zu sehr klammern, denn man könnte sicher einwenden, dass wir den Bau eigentlich nicht auf sicherem Boden beginnen, sondern auf sehr dünnen Beinen, die sich später noch als hohl erweisen, und dass die stabile Grundlage nicht der Anfang, sondern ein End- oder Zwischenprodukt sei.

Was nun den Lehrbetrieb an der Hochschule betrifft, so wird mit einem gewissen Recht gefordert, die Ausbildung sei zu verbessern und dynamischer an die laufenden Änderungen anzupassen durch Rationalisierung der Studienpläne und der Unterrichtsformen.

Der Rationalisierung des Lehrbetriebes sind jedoch Grenzen gesetzt. Einmal ist offenbar die pro Zeiteinheit vom Studenten assimilierbare Informationsmenge beschränkt. Auch laufen die wirksameren Unterrichtsmethoden zum Teil dem Freiheitsbedürfnis der Studenten entgegen. Zudem ist es für die Lehrer schwierig, gleichzeitig in der fachlichen und in der didaktischen Kompetenz an der Front zu bleiben.

Darüber hinaus stossen wir auf Probleme ganz anderer Art. Es ist Aufgabe der Lehre, die Fülle der aktuellen Einzelheiten auf die allgemein gültigen Grundstrukturen zu konzentrieren. Das geordnete Konzentrat nennen wir dann Theorie. Es ist ganz deutlich, und nach dem früher Gesagten verständlich, dass das Ingenieurstudium, besonders seit dem Zweiten Weltkrieg, theoretischer und wissenschaftlicher geworden ist. Ganz wesentliche Impulse zu dieser Entwicklung gingen von den amerikanischen Universitäten aus. Auch unsere Hochschulen mussten diesen Weg einschlagen, doch beginnen Grenzen sichtbar zu werden. Je theoretischer und abstrakter der Stoff wird, desto schwieriger wird es für den Studenten, den Zusammenhang mit der realen Welt einzusehen. Wenn der erfahrene Wissenschaftler ein Koordinatensystem gefunden hat, in welchem sich alle seine früheren Erfahrungen hübsch einordnen, so ist er geneigt, die Sache so darzustellen, als hätte er zuerst das Koordinatensystem gefunden und es dann mit den realen Einzelheiten ausgeschmückt. Für ihn ist die Theorie durchwoben von vielfältigen Erlebnissen und greifbaren Einzelheiten; für den Neuling aber, dem nur das Koordinatensystem oder eben die Theorie präsentiert wird, ist sie noch inhaltslos, so dass er dadurch wenig motiviert wird. Je weiter die Abstraktion fortschreitet, desto schwieriger und unüberblickbarer wird der Sprung in die praktische Anwendung. Daher röhren die Klagen der Studenten, sie könnten den Sinn des Dargebotenen nicht mehr sehen. Anderseits geben sie sich gerne zufrieden mit einem theoretischen, mathematisch beweisbaren Resultat oder einem Pfund Ziffern aus dem Computer, während sie die Diskussion der Annahmen, die Interpretation der Resultate, die technische Realisierbarkeit, den kritischen Vergleich für nebensächlich halten. Dies will nun nicht sagen, dass die Lehre der theoretischen Grundlagen eingeschränkt werden soll, doch wird die Schule zusätzliche Mittel finden müssen, den Weg zur Anwendung — wenigstens in Beispielen — systematisch aufzuzeigen.

Es scheint auch, dass die einseitige Pflege etablierter Theorie die Entfaltung der schöpferischen Talente hindert. Die Konzeption einer Theorie ist zwar ein schöpferischer Akt ersten Ranges. Ist diese gut und klar, dann lässt sie jedoch kaum mehr Spielraum für Varianten. Dem Eingeweihten allerdings ist sie nicht so unantastbar wie dem Novizen. Durch die Betonung der Theorie im Unterricht wird der Student konditioniert auf die Idee, dass es zu jedem Problem eine einzige, richtige, berechenbare Lösung gibt. Die Praxis hat aber viel mehr Randbedingungen als die Theorie, und es braucht Phantasie, Beweglichkeit und Tatkraft, um eine gute Idee auch noch billig und schnell zu realisieren. Um mehr Theorie unterbringen zu können, hat man praktische Fächer, wie etwa die Arbeit am Zeichenbrett, zurückgedrängt. Damit wurde zwar der Wirkungsgrad des Unterrichts gesteigert, aber auch Gelegenheiten zu schöpferischem Tun aufgegeben. Nach dieser Verlagerung der Akzente wird dem Studenten viel weniger bewusst, dass es in der Praxis selten jene einzige, richtige Lösung gibt, sondern Varianten. Man mag einwenden, dass Phantasie und schöpferische Fähigkeiten eben als Naturtalente beim guten Ingenieur angenommen werden müssen. Wie alle anderen Talente kann man sie aber pflegen oder vernachlässigen. Die heutige Hochschule kann kaum behaupten, dass sie viel zur Pflege dieser Seite der Ingenieureigenschaften beiträgt. Dieser Mangel lässt sich wohl korrigieren, doch wissen wir über die

dabei nötigen Methoden noch sehr wenig. Dass aber dieses Problem auch die amerikanischen Universitäten beschäftigt, davon legt das Buch von *De Simone* Zeugnis ab [2].

Wenn man zu alledem zur Kenntnis nimmt, was heute von der Hochschule etwa sonst noch erwartet wird, z. B. Schulung des Verantwortungsbewusstseins, Einführung in wirtschaftliches Denken und Personalführungsprobleme, so kann man kaum annehmen, dass in Zukunft für den eigentlichen Fachunterricht mehr Zeit zur Verfügung stehen wird. Die Hochschule wird sich also in ihren Studienplänen immer mehr auf typische Teilgebiete beschränken müssen. Sie kommt je länger desto mehr ab von jener Idee, dem Ingenieur einen möglichst grossen Rucksack mit Proviant auf die Reise mitzugeben; viel eher wird sie mit dem Studenten ein Überlebenstraining anstellen: Wie lebt man in unbekannten Gebieten ohne Proviant? Das Erwerben spezieller, rasch wechselnder Fachkenntnisse muss der Weiterbildung nach dem Diplom aufgebürdet werden. Weil dafür der natürliche Zuwachs an Erfahrung nicht mehr genügen kann, muss das organisierte Lernen nun weiter hinaufgezogen werden auf eine neue Stufe, nämlich ins tägliche Berufsleben. Diese Weiterbildung ist nicht nur für den Erwerb aktueller Kenntnisse und für das Aneignen neuer Methoden, sondern auch zur laufenden Revision des Fundamentes notwendig. Die periodische Herausforderung durch fachliche Neuigkeiten wird auch beitragen zur Erhaltung der Beweglichkeit.

#### 4. Das Nachdiplomstudium

Ergänzungsstudien nach dem Diplomabschluss können verschiedene Formen annehmen. Sie können sich beispielsweise als Nachdiplomstudium oder Promotion unmittelbar anschliessen an das Grundstudium, das sich auf den wissenschaftlichen Unterbau, die Methoden und das Wecken einer fruchtbaren Einstellung zu den Problemen beschränken muss. Die Nachdiplomkurse, mit denen wir an der Abteilung für Elektrotechnik der ETH seit Januar 1968 versuchsweise begonnen haben, sind in erster Linie gedacht für eine engere Auswahl von begabten Diplomanden, die das Ungenügen des Grundstudienplanes schon beim Diplomabschluss verspüren und die noch nicht schulmüde sind. Es werden damit aber auch Ingenieure anvisiert, die bereits in der Industrie stehen und denen dabei der Appetit auf Vertiefung oder Verbreiterung ihres Wissens gekommen ist. Das Nachdiplomstudium wäre auch vorgesehen als eine Vorbereitung zur Promotion. Diese neue Hochschulstufe drängt sich heute auf als konsequente Fortsetzung eines Prinzips, das von der Primarschule an verfolgt wird: Jedesmal nach dem Durchlaufen einer Ausbildungsstufe von drei bis fünf Jahren muss die Möglichkeit der Verzweigung in verschiedene Lerninstitutionen bestehen, je nach Begabungen und Leistungsfähigkeiten. In jeder Klasse mit anfänglich homogenem Ausbildungsstand laufen etwa innert vier Jahren die Entwicklungen der Einzelnen derart auseinander, dass für die Schwächsten das Mitkommen zur Qual und für die Besten der Unterricht zu anspruchslos wird. Es müssen dann wieder Aussteigemöglichkeiten und Gelegenheiten zur Neuorientierung geschaffen werden. Deshalb hat es auch in der akademischen Ausbildungslinie keinen Sinn, ein Normalstudium für alle wesentlich über vier oder fünf Jahre auszudehnen. Sehr vereinfacht sind diese Gedanken in Fig. 2 dargestellt. Allerdings ist ja «Ausbildung» nicht ein so ein-

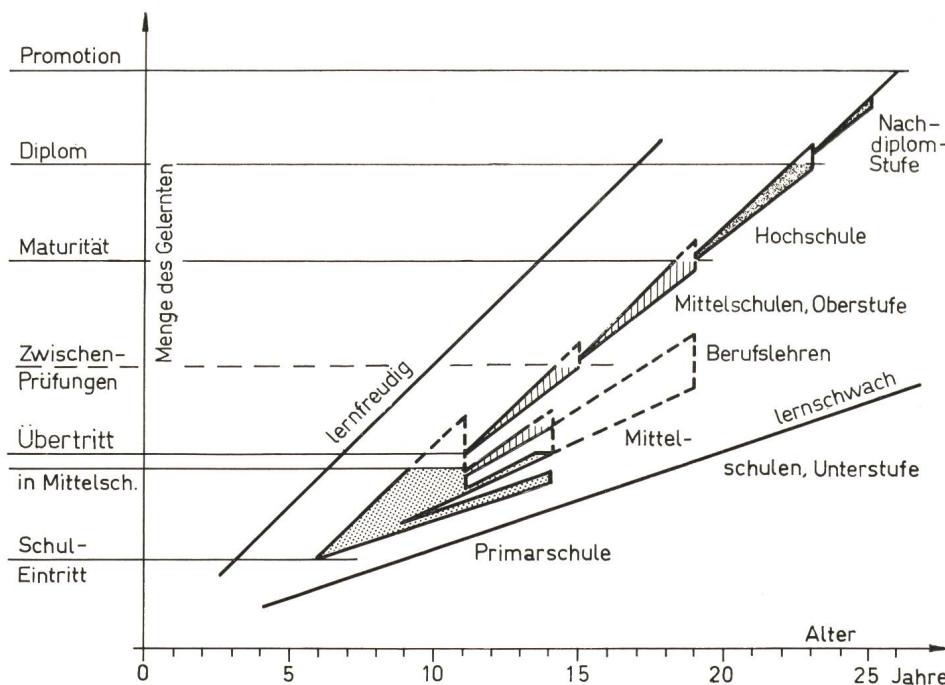


Fig. 2  
Dispersion des Lernerfolges in den Schulstufen

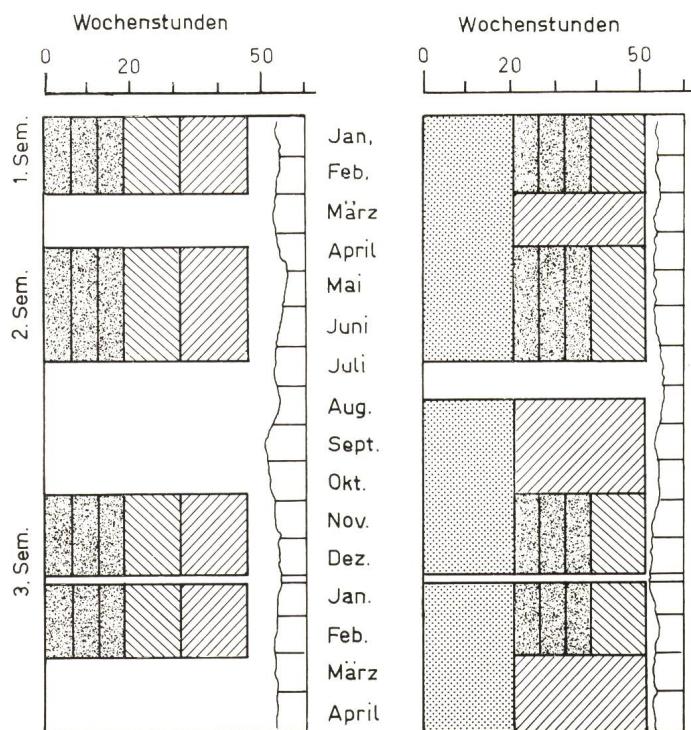
Wegen der unterschiedlichen Aufnahmefähigkeit und Begabungsstruktur der Schüler sollte die Dauer der einzelnen Schulabschnitte (Stufen) 3...5 Jahre nicht überschreiten. Dann muss Gelegenheit gegeben werden zur Verzweigung in verschiedene Richtungen, oder in Schulen verschiedener Anforderungen

faches Ding, wie im Schema angenommen. In Wirklichkeit könnte nur eine mehrdimensionale Darstellung der Natur der Sache einigermaßen gerecht werden. Das Nachdiplomstudium sollte in diesem Sinne einer Auslese von Diplomanden offenstehen, bei der eine zusätzliche Anstrengung der Schule Erfolg verspricht. Alle anderen aber, bei denen der Drang nach praktischer Tätigkeit überwiegt, brauchen nicht länger mit grauer Theorie zu kämpfen. Eine erfolgreiche Laufbahn steht ihnen trotzdem offen, vielleicht gerade dank solcher Gaben, die an der Hochschule wenig zur Geltung kamen. Die Nachdiplomstudenten sollen einerseits Anspruch haben auf einen engeren Kontakt mit dem Lehrkörper, anderseits darf man von ihnen sowohl eigene Initiative wie auch aktiveres und selbständigeres Beteiligung in den Kursen verlangen. Eigene Beiträge in Seminaren und die Mitarbeit in einer Forschungsgruppe sollten die Regel sein. In der Gestaltung des Studienplanes soll dem Studenten jedoch viel Freiheit eingeräumt werden. Auch müssen interdisziplinäre Studiengelegenheiten (Elektrochemie, Elektromedizin, Radioastronomie, usw.) geschaffen werden. Über Einzelheiten der heute schon bestehenden Studienmöglichkeiten orientiert das von der Abteilung IIIB herausgegebene Programm [3] (Fig. 3).

Ein wichtiges Problem, das nach den kurzen Erfahrungen, die wir an der ETH haben, schon deutlich in den Vordergrund gerückt ist, sei hier immerhin zur Diskussion gestellt: Als grösstes Hindernis, das die Studenten von der Teilnahme an Nachdiplomkursen abhält, erweist sich die Frage nach der Finanzierung der Lebenskosten. Die meisten jungen Ingenieure verspüren im Alter des Diplomabschlusses das dringende Bedürfnis, endgültig nicht mehr auf die finanzielle Unterstützung der Familie angewiesen zu sein. Der junge Mann möchte endlich auf eigenen Füßen stehen und nicht schlechter gestellt sein als seine Freunde, die nun Stellen in der Industrie annehmen. Falls es nicht gelingt, dieses Problem zu lösen, so werden alle Bemühungen der Hochschule um eine vertiefte Ausbildung scheitern, letzten Endes zum Schaden der Industrie. Es wäre meiner Ansicht nach richtig, wenn diejenigen Ingenieure, die auf Grund guter Leistungen zum Nachdiplomstudium zugelassen werden, ohne weitere Bedingungen in den

Genuss eines Stipendiums kämen. Nun wird zwar das Stipendienwesen — hauptsächlich bezüglich des Grundstudiums — auf verschiedensten Ebenen im ganzen Lande diskutiert. Eine gesamtschweizerische Lösung für alle akademischen Berufe wird noch ein paar Jahre auf sich warten lassen, für Nachdiplomstudien vielleicht noch länger. Anderseits glaube ich, dass es mög-

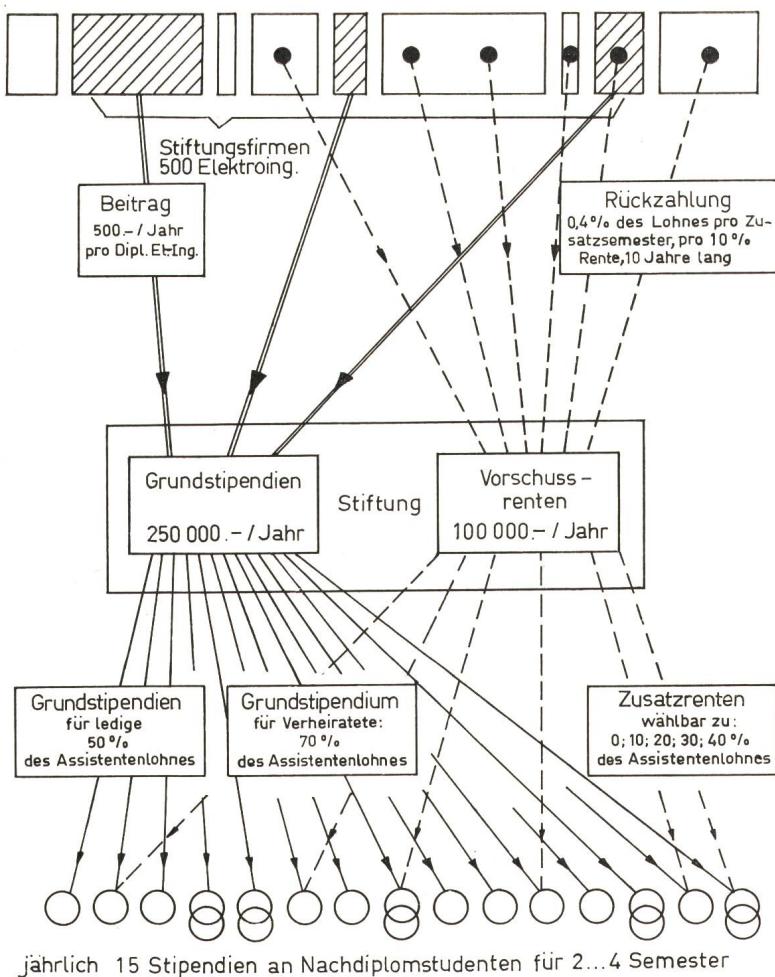
lich wäre, das dringende Problem der Nachdiplomstipendien innert Jahresfrist zu lösen, falls einige führende Kräfte unserer Elektroindustrie ihren Weitblick auf diese Frage richten und sich in einer solidarischen Tat finden könnten. Würde sich die Elektroindustrie zum Ziele setzen, beispielsweise 10 % der Diplomanden während drei Semestern ein Nachdiplomstipendium auszuzahlen, so würde das jährlich weniger als eine halbe Million kosten. Selbst, wenn sich nur ein



Zwei Möglichkeiten für das Programm von Nachdiplomstudium  
Es ist möglich, gleichzeitig als Halbassistent tätig zu sein, allerdings mit eingeschränkter Beweglichkeit. Die Verteilung der Gewichte kann im Einzelfall stark von diesem Beispiel abweichen

Vorlesungen;  
Seminare;  
selbständiges Projekt;

Tätigkeit als Halbassistent;  
frei verfügbare Zeit



Sechstel unserer Elektroindustrie an einem solchen Stipendienfonds beteiligen würde, so wären die ihnen erwachsenden Kosten geringer als die Hälfte dessen, was heute diese Firmen als Gratifikationen an ihre Ingenieure verteilen. In der chemischen Industrie besteht längst ein solcher Pool zur Finanzierung der Doktoranden, wie mir scheint, nicht zum Nachteil der beteiligten Firmen. Vielleicht fehlt nur noch der Name der ersten Pionierfirma auf der Liste der Stiftungsfirmen, um etwas ähnliches ins Leben zu rufen für die Elektroingenieure, von deren Qualität die Konkurrenzfähigkeit einer Firma so sehr abhängt. Ein erster Modellvorschlag für eine Stipendienstiftung findet sich im Anhang (Fig. 4).

##### 5. Weiterbildung während der Berufstätigkeit

Unter Weiterbildung im engeren Sinne versteht man gewöhnlich die zusätzliche, kontinuierliche Ausbildung des Mannes, der in der Praxis steht. Eine traditionelle Art der Weiterbildung besteht im Besuch von Tagungen und Vorträgen. Viele Berufs- oder Fachvereinigungen offerieren periodisch seit vielen Jahren solche Veranstaltungen. Niemand verlässt jedoch eine solche Tagung im Bewusstsein, dass er nun ein neues Gebiet oder eine neue Technik beherrscht. Tagungen, die sich oft um ein spezielles Thema gruppieren, sind dazu da, um allgemein über Fortschritte oder neue Probleme zu orientieren, auf neue Entwicklungen aufmerksam zu machen, zu weiteren Studien anzuregen und um den gegenseitigen Kontakt zu fördern.

Etliche fortschrittliche Firmen geben ihren Ingenieuren Gelegenheit, regelmässig Vorlesungen an Hochschulen zu besuchen. Es ist zu hoffen, dass diese Art der Weiterbildung immer mehr ausgebaut und ausgenützt wird. Allerdings muss man sich nicht über die Schwierigkeiten täuschen. Der Besuch von Kursen ist nur dann erfolgreich, wenn man sich auch die Zeit erübrigen kann, die neue Materie zu verarbeiten. Oft ist der Druck der täglichen Arbeit so gross, dass dies ein frommer Wunsch bleibt. Die Zeit zur Verarbeitung des Stoffes (etwa das Doppelte der Vorlesungsstunden) muss also von vornherein eingeplant werden.

Wem es gegeben ist, der bildet sich als Autodidakt weiter. «Den Einzelnen soweit zu bringen, dass er seine Weiterbildung selbst übernimmt, ist das letzte Ziel des Erziehungssystems»<sup>3)</sup>. Im unabhängigen Studium werden die Besten immer Hervorragendes leisten. Die völlig selbständige Einarbeitung in ein neues Gebiet stellt aber etliche Anforderungen im Bezug auf Zeit und Zähigkeit. Die Schwierigkeit beginnt schon damit, aus der Flut der Literatur das Richtige auszuwählen. Eine wesentliche Hilfe für das Studium von neuen Gebieten, über die noch keine Lehrbücher existieren, wären Zusammenstellungen von ausgewählten Literaturstellen mit entsprechenden Kommentaren. Berufsverbände, Firmen und Hochschulen könnten solche kommentierte Literaturführer einsammeln von den kompetenten Fach-

leuten, die diese Literatur am eigenen Leibe ausprobiert haben. Solche Literaturführer würden selbständige Studien wesentlich erleichtern. Der durchschnittliche Ingenieur kann aber im autodidakten Studium neben seiner Berufstätigkeit nur verhältnismässig kleine Gebiete erschliessen.

Es ist hingegen falsch, zu glauben, wer sich nicht selbstständig weiterbilden könne, der tauge eben nicht dazu, noch Neues hinzuzulernen. Wenn dem so wäre, hätten alle unsere Schulen eigentlich keinen Sinn, denn die Schulen beweisen, dass der durchschnittliche Mensch in der Gruppe von Gleichgestellten unter kundiger Anleitung mehr lernt, als er allein erarbeiten könnte.

In der Weiterbildung haben wohl mehrwöchige zusammenhängende Kurse den besten Wirkungsgrad. Wenn solche Kurse abseits vom täglichen Arbeitsplatz durchgeführt werden, steht das neue Thema völlig im Vordergrund und kann entspannt aufgenommen werden. Es ist verständlich, wenn viele Firmen glauben, dass es völlig unmöglich sei, Ingenieure wochenweise an solche Kurse zu schicken. Es ist auch menschlich begreiflich, wenn sich die Ingenieure selber hinter ihren Routine-Geschäften verstecken und glauben, Weiterbildung und neue Ideen durch Erfahrung ersetzen zu können. Ich glaube aber, dass der Gewinn, den eine Firma aus einer aktiven Weiterbildungspolitik für ihre Ingenieure zieht, viel grösser ist als der Verlust von ein paar Ingenieurwochen. Es ist nicht so, dass die modernen Probleme nur von den jungen Hochschul-

<sup>3)</sup> Frei übersetzt aus J. W. Gardner: Self Renewal, Harper, New York 1964.

absolventen gelöst werden können und dass die Ingenieure nach 10 oder 15 Jahren an einen technischen unschädlichen Posten befördert werden müssen. Wie früher, bleibt die praktische Erfahrung ein wertvolles Gut, falls sie durch neue Erkenntnisse ergänzt und kritisch beleuchtet wird. Die Produktivität eines Ingenieurs scheint weitgehend zusammenzuhängen mit seiner Fähigkeit, verschiedene Ideen zu kombinieren. Wer zu seiner Erfahrung noch Neues hinzugelernt hat, verfügt über einen grösseren Vorrat kombinierbarer Elemente und ist deshalb im Vorteil.

In Zukunft wird die Weiterbildung nicht ein Privileg für wenige, sondern eine normale Pflicht für alle sein. Der junge Ingenieur wird eine Firma, die zur Weiterbildung keine Gelegenheiten bietet, genau so meiden, wie heute einen Arbeitgeber ohne Sozialversicherung, und die Firmen werden die Weiterbildung ins Pflichtenheft des Ingenieurs eintragen. Vielleicht wird es ein halber Tag pro Woche sein für den Besuch eines Kurses an einer Hochschule, vielleicht jährlich ein zweiwöchiger Ingenieurwiederholungskurs, vielleicht ein Nachdiplomstudium mit Ferienarbeit in der Firma; vielleicht ein «sabbatical year», je nach Stellung und Aufgabenbereich.

Die Möglichkeiten zur Weiterbildung sind heute noch ziemlich bescheiden und unterentwickelt. Besonders die Hochschulen sollten viel mehr dafür tun. Hier stehen wir aber einfach in einem Engpass. Es ist nicht möglich, bei steigenden Studentenzahlen, rasch wechselnden Programmen und gestiegenen Anforderungen an die Unterrichtsmethoden durch einen Lehrkörper, der zahlenmässig nicht einmal mit der Zunahme der Studenten Schritt gehalten hat, auch noch regelmässige Sommerkurse organisieren zu lassen. Man muss sich bewusst sein, dass gute Kurse vieler Vorbereitung bedürfen. Dazu muss an der Hochschule eine eigene Organisation aufgezogen werden, die sich ausschliesslich mit Weiterbildungskursen befasst. Ebenso müsste eine Anzahl neuer Dozenten verpflichtet werden. Auch die Industrie wird mehr von der Zeit ihrer eigenen Spezialisten opfern müssen für die Mitwirkung am Lehrbetrieb im eigenen Hause oder in einer nahen Hochschule. Das Wichtigste aber ist, dass die Ingenieure selber die Notwendigkeit der laufenden Erneuerung einsehen und sich für wirksame Lösungen einsetzen. Es ist offensichtlich, dass die Ingenieurzeit Mangelware wird. Um so mehr müssen wir danach streben, den verbleibenden Rest nicht verkümmern zu lassen, sondern produktiv und beweglich zu erhalten.

### Anhang

#### Modell einer Stiftung für Weiterbildungsstipendien (Fig. 4)

1. Die in der Elektrotechnik tätigen Firmen gründen eine Stiftung, welche Stipendien für Nachdiplomstudien im Gebiete der Elektrotechnik gewährt.

2. Zuständig für die Statuten, die Höhe und Zahl der Stipendien und die Verteilung der Lasten ist die Versammlung der Stiftungsfirmen mit je so vielen Stimmrechten, wie die Firma Hochschulelektroingenieure beschäftigt.

3. Ein für die Stipendienzusprache zuständiger Stiftungsrat könnte zusammengesetzt sein z.B. aus drei Vertretern der Firmen, einem Vertreter des Schweiz. Schulrates, einem Vertreter des Lehrkörpers der Abteilung für Elektrotechnik und einem Vertreter der Stipendienempfänger.

Das Sekretariat der Stiftung könnte einer bestehenden Organisation angegliedert werden (zum Beispiel VSM, SEV, SIA, GEP).

4. Bewerber um ein Stipendium richten ihr Gesuch einerseits direkt an den Stiftungsrat und eine Kopie zusammen mit dem vorgesehenen Studienplan an die Konferenz der ETH-Abteilung für Elektrotechnik, welche die Gesuche begutachtet und an den Stiftungsrat weiterleitet.

5. Stipendiengesuche sind einzig nach Fähigkeiten und Leistung der Bewerber, unabhängig von deren finanziellen Lage, zu beurteilen.

6. Stipendien werden in gleicher Höhe auch für Studien an anderen Hochschulen der Schweiz oder des Auslandes gewährt, sofern der Bewerber zu Nachdiplomstudien an der ETH aufgenommen würde und sofern das unterbreitete Studienprogramm zweckmässig erscheint.

7. Stipendien werden normalerweise höchstens für die Dauer von zwei Jahren gewährt.

8. Stipendien setzen sich zusammen aus einem Grundstipendium von z.B. 50% des Lohnes eines Hochschulassistenten für ledige, oder 70% für verheiratete Bewerber, und einem vom Stipendiaten wählbaren Zusatzbetrag von bis 40% des Assistentenlohnes.

9. Die Kosten der Grundstipendien und die Verwaltungskosten der Stiftung werden getragen durch jährliche Beiträge der Stiftungsfirmen im Verhältnis der von ihnen beschäftigten Hochschul-Elektroingenieure. (Massgebend ist die Art des Diploms dieser Ingenieure, nicht deren momentane Art der Tätigkeit.)

10. Die Zusatzbeiträge werden in der Art einer umgekehrten Rente finanziert aus Rückzahlungen ehemaliger Stipendiaten, wobei ein sozialer Ausgleich dadurch geschaffen wird, dass sich die Rückzahlungen nach dem Einkommen der Absolventen richten. Rückzahlungen müssen in zehn Jahresraten innert der ersten 15 Jahre nach Verlassen der Hochschule geleistet werden.

Bei der Gewährung des Stipendiums wird der Rückzahlprozentsatz verbindlich festgesetzt. Der Rückzahlsatz berechnet sich proportional zur Höhe und Dauer der Zusatzrente unter Berücksichtigung einer mittleren Lohn- und Risikoerwartung.

Die für die Zusatzrente notwendigen Mittel werden von den Stiftungsfirmen im Verhältnis ihrer Aktienkapitalien als zinslose Darlehen zur Verfügung gestellt und von der Stiftung entsprechend dem Überschuss an Rückzahlungen zurückgestattet.

Falls die Stiftungsfirmen dies wünschen, könnte bestimmt werden, dass an das Grundstipendium ebenfalls Rückzahlungen geleistet werden müssen für jedes der ersten zehn Jahre nach Studienabschluss, in welchem der Stipendienempfänger nicht bei einer der Stiftungsfirmen tätig ist. Es wäre wohl ein Satz von etwa 5...10% des Ingenieursalärs anzusetzen. Die Ingenieure müssten bei den Lohnverhandlungen darauf bestehen, dass die betreffende Firma diesen Beitrag übernimmt. Dadurch könnte es erstens für die Firmen mehr Anreiz haben, der Stiftung beizutreten, und zweitens müsste die Stiftung nicht den Eindruck haben, Entwicklungshilfe an Industrieländer zu leisten. Die Bestimmungen könnten wegfallen, wenn der Stipendiat in einem Entwicklungsland arbeitet. Für Ausländer, je nach ihrer späteren Tätigkeit in der Schweiz, anderen Industrieländern oder in Entwicklungsländern, könnten modifizierte Regelungen gefunden werden.

Wenn später einmal eine gesamtschweizerische Regelung für Akademiker aller Sparten gefunden und in Kraft gesetzt ist, könnte eine solche spezielle Stiftung immer noch darin aufgehen oder ihre Mittel für seiner Zeit aktuelle Bedürfnisse einsetzen. Jenen Zeitpunkt wage ich nicht zu prophezeien; die private Stiftung dagegen könnte ohne Verzug verwirklicht werden.

Geht man von der Annahme aus, dass die Stiftung zunächst jährlich 15 neue Grundstipendien gewährt von im Mittel 10000 Franken, so sind dafür bei einer mittleren Nachdiplomstudiendauer von drei Semestern jährlich rund 250000 Franken notwendig. Wenn man damit rechnet, dass die Stiftungsfirmen mindestens 500 diplomierte Elektroingenieure beschäftigen, so hätte jede Firma einen Jahresbeitrag von höchstens 500 Franken pro Elektroingenieur zu bezahlen, wesentlich weniger, als jeder Ingenieur heute als Gratifikation erwarten kann. (Es sind in der Schweiz zirka 3000 Elektroingenieure tätig.)

Würden Zusatzbeiträge von im Mittel 20% des Assistentenlohnes bezogen, so ergäbe sich bis zum Beginn der Rückzahlungen ein Bedarf an Überbrückungskapital von jährlich zirka 100000 Franken. Für einen Zusatzbeitrag von je 10% des Assistentenlohnes zum Grundstipendium ergibt sich nach grober Schätzung eine jährliche Rückzahlungsverpflichtung

(über zehn Jahre) von zirka 0,4 % des Ingenieurslöhns für jedes absolvierte Nachdiplom-Semester, beispielsweise also 2,4 % des Salärs, wenn der Stipendiat während dreier Semester Zusatzrenten von 20 % bezogen hatte.

Die Schätzungen zeigen, dass Leistungen dieser Größenordnung sowohl für die Firmen wie für die Ingenieure gut tragbar wären. Die Realisierung einer Institution dieser oder ähnlicher Art hängt nur davon ab, ob die Einsicht in die Dringlichkeit der Sache bei den Arbeitgebern und den Ingenieuren schon vorhanden ist.

Die Ergebnisse einer verbesserten Ausbildung zeigen sich nur langfristig. Aber die langfristigen Unterlassungen sind später kaum kurzfristig aufholbar: Heutige Schwierigkeiten sind oft die langfristigen Versäumnisse von gestern. Die europäischen Hochschulen haben in der Nachdiplomausbildung einen beachtlichen Rückstand. Vielleicht könnte die Schweiz, die ehedem so fortschrittlich war im Ausbildungswesen, versuchen, sich wieder eine führende Position zu verschaffen durch gute Lösungen für die Ausbildung und Erhaltung der Qualität ihrer Kader.

## Literatur

- [1] C. C. Cutler: Spectral lines. IEEE Spectrum 3(1966)7, p. 55.
- [2] D. V. De Simone: Education for Innovation. Oxford/New York, Pergamon Press, 1968.
- [3] Nachdiplomkurse an der Abteilung für Elektrotechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Zürich, ETH Sekretariat Abteilung IIIB, 1969.
- [4] Goals of engineering education. Preliminary report. Washington, American Society for Engineering Education, Goals Committee, 1965.
- [5] E. Gerecke: Weiterausbildung von Diplomingenieuren an der ETH. NZZ 187(1966)1453 vom 2. 4. 1966.
- [6] G. Epprecht: Genügt ein vierjähriges Studium für den Ingenieur? NZZ 187(1966)2546 vom 9. 6. 1966.
- [7] E. Handschin, P. Stucki und W. Werner: Weiterausbildung von Diplomingenieuren an der ETH. NZZ 187(1966)2553 vom 10. 6. 1966.
- [8] H. A. Laett: Die Weiterausbildung von Hochschulingenieuren. NZZ 187(1966)3044 vom 12. 7. 1966.
- [9] E. Gerecke: Nachdiplomstudium IIIC. Bull. SEV 57(1966)25, S. 1164 bis 1167.
- [10] C. E. Geisendorf: La postformation. ETH-Bull. 1(1967)2, S. 1...4.
- [11] A. A. Jaeklin: Nachdiplomstudium heute statt morgen. GEP Bulletin - (1968)80, S. 5+7...8.

## Adresse des Autors:

Prof. Dr. Georg Epprecht, Vorsteher des Mikrowellen-Laboratoriums der ETH, Gloriastrasse 35, 8006 Zürich.

Weitere Vorträge dieser Vortragsreihe folgen.

## Das Grundprinzip des Blitzschutzes<sup>1)</sup>

Von K. Berger, Zürich

906-907

621.316.933

An der 10. Internationalen Blitzschutz-Konferenz wurde eine Reihe von Referaten vorgetragen, die sich alle mit den Erdungswiderständen oder Erdungsimpedanzen befassen, so dass man den Eindruck erhielt, mit kleinen Erdungswiderständen sei das Blitzschutzproblem für Gebäude irgendwelcher Art gelöst. Es schien daher nötig, das Grundproblem des Blitzschutzes im gesamten zu betrachten. Diesem Zweck dienen die folgenden einfachen Überlegungen:

Der Zweck des Blitzschutzes lässt sich wie folgt umschreiben:

1. Schutz von Personen und Sachen im Gebäude, das vom Blitz getroffen wird;
2. Schutz von Personen *neben* dem vom Blitz getroffenen Gebäude;
3. Verhinderung von Gefährdungen und Sachschäden *in oder bei Nachbargebäuden*, die mit dem vom Blitz betroffenen Gebäude

<sup>1)</sup> Erweiterter Diskussionsbeitrag, gehalten an der 10. Internationalen Blitzschutz-Konferenz am 1. Oktober 1969 in Budapest (siehe Heft Nr. 4, S. 192 des Bulletins des SEV).

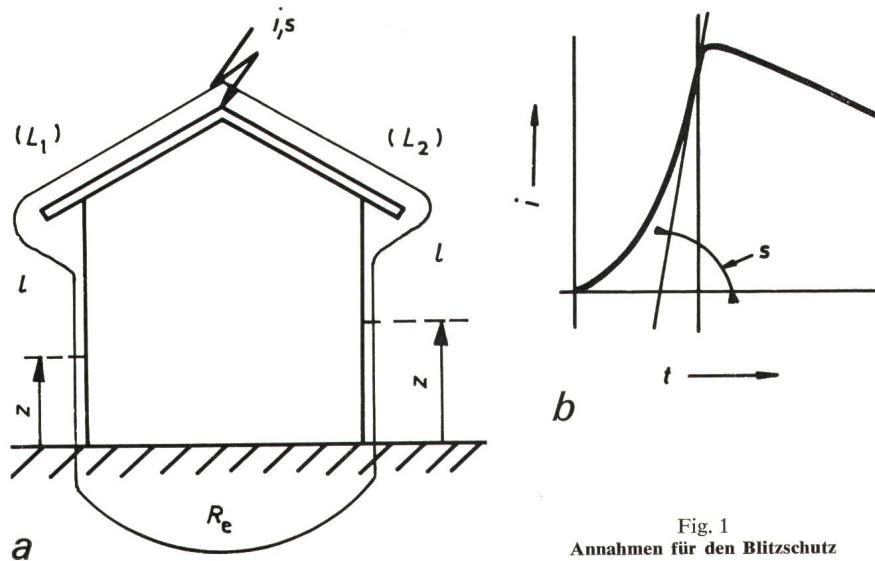
de über elektrische Leiter verbunden sind, z. B. über Niederspannungsnetze, Telephonleitungen usw.

Der Vorgang beim Blitzschlag in ein geschütztes Gebäude kann im einzelnen wie folgt beschrieben werden:

1. Stromübergang vom Blitzkanal zu den Fangdrähten oder Auffangmetallen der Blitzschutzanlage;
2. Abfließen des Blitzstromes über die ihm zur Verfügung stehenden Ableitungen zur Erdung;
3. Stromübergang von der Erdung in die Erde.

Bei den 3 genannten Teilvergängen entstehen elektrische Spannungsdifferenzen, nämlich:

1. Ein Lichtbogenspannungsabfall am Auffangmetall, der aber lediglich 10...20 V beträgt, und daher nur für Wärmewirkungen von Bedeutung ist;
2. Ein Spannungsabfall induktiver Art längs der Ableitungen, der den Ohmschen Abfall im Kupfer- oder Stahldraht weit übertrifft;



1. Blitz	2. Blitz
$i = 25 \text{ kA}$	$i = 60 \text{ kA}$
$s = 20 \text{ kA}/\mu\text{s}$	$s = 50 \text{ kA}/\mu\text{s}$
$l = 15 \text{ m}, L_1 = L_2 = 20 \mu\text{H}$	
Erdung	
$R_e = 1 \Omega$	$R_e = 20 \Omega$
$u = i R_e + s \cdot L(z)$	