Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 55 (1964)
Heft: 19

Artikel: Die exakten Wissenschaften als Quellen der Elektrotechnik
Autor: Imhof, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916775

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: 09.07.2025

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

Die exakten Wissenschaften als Quellen der Elektrotechnik

Von *A. Imhof*, Zürich

621.3 : 501

Die verschiedenen historischen Phasen der Elektrotechnik werden einer Betrachtung unterzogen, die zeigt, in welch hohem Masse die exakten Wissenschaften als ergiebige Quellen zu ihrer Befruchtung verwendet wurden. Einleitend wird auch diskutiert, wie die Ergebnisse der Physiker, Mathematiker und Chemiker der technischen Verwertung zugeführt wurden und welche Veränderungen hieran im Laufe der Zeit stattgefunden haben. In einem Schlussabschnitt wird versucht, zu verstehen, warum sich die Schweizer Industrie bei der grössten neuern Evolution der Elektrotechnik, nämlich bei der Geburt der Elektronik, verhältnismässig passiv verhalten hat, nachdem sie zuvor überaus aktiv ihre Beiträge zu einer Reihe elektrotechnischer Entwicklungen geleistet hatte.

L'auteur considère les différentes phases de l'histoire de l'électrotechnique, qui montrent combien les sciences exactes ont contribué à son développement. Les résultats obtenus par les physiciens, les mathématiciens et les chimistes ont été utilisés pour les applications techniques et ont conduit à maintes reprises à de nouvelles évolutions. Pour terminer, l'auteur tente d'expliquer pourquoi l'industrie suisse est demeurée relativement passive, lors de la récente et plus importante évolution de l'électrotechnique, à savoir la naissance de l'électronique, alors qu'elle avait autrefois participé d'une façon extrêmement active à toute une série de développements en électrotechnique.

Vor einem halben Jahrhundert, als der Verfasser noch Student war, wäre er bei der Grosszahl der Leser schlecht angekommen, wenn er sich die Aufgabe gestellt hätte, in historischen Betrachtungen den Einfluss der exakten Wissenschaften auf die Entwicklung der Technik — hier die Elektrotechnik im besonderen — zu würdigen oder gar hervorzuheben. Es waren Zeiten, in denen der Berufsstolz des «Praktikers» sich zur Wehr setzte gegen die «Einbildung» der «Theoretiker», wobei sich auch die Ingenieure grossenteils zu den ersten zählten. Das hat sich seither wesentlich zugunsten des Trägers der Wissenschaft geändert. Aber wir wollen gerecht sein und nicht verhehlen, dass überaus zahlreiche Erfindungen und Entwicklungen ihre wissenschaftlichen Begründungen erst nachträglich fanden. Die Glühlampe konnte ohne *Joule, Maier* und *Helmholtz* leuchten, der Hochspannungs- und Druckluftschalter knallte durch unsere Bergtäler, bevor er physikalisch erfasst war, einige Dutzend Isoliermaterialfabriken wickelten Gestank erzeugend in grossen Mengen ein schlecht und recht brauchbares Kresol-Hartpapier, bevor sie die Gesetze der Harzhärtung richtig kannten. Aber es fehlt nicht an Würdigungen solcher empirischer Leistungen, so dass heute, wo das Verständnis für die Wissenschaftlichkeit — nach Ergebnissen wie etwa den Atombomben, den Weltraumflügen und der Automation — allgemein geworden ist, rückblickend gezeigt werden darf, wie sehr schon von jeher die Technik sich in grossen Zügen auf die Vorarbeit der reinen Wissenschaft stützen musste.

Wenn hier nicht von der Technik im allgemeinen die Rede ist, so einesteils des Leserkreises wegen, andernteils weil die Elektrotechnik besonders starke Kontakte mit den exakten Wissenschaften aufweist. Sie verdankt der Mathematik, der theoretischen und Experimentalphysik und der Chemie die für ihre Entwicklung grundlegenden, zahlreichen, wichtigen Erkenntnisse.

Rückblickend dürfen wir uns fragen, *in welcher Weise die Ergebnisse der exakten Wissenschaften der Technik zufliessen*. Viele Antworten gibt die Betrachtung von Beispielen. Sie zeigen, dass die Ausübenden — meist Physiker und Chemiker — besonders in den «alten Zeiten» in einem gewissen Masse gleichzeitig Ausübende der Technik waren. Man bedenke, dass der eigentliche durch die Schule gelehrte Beruf des Ingenieurs erst aus dem Bedarf der Technik entstand, z. B. erfolgte in der Schweiz die Gründung der ETH erst im Jahre 1855, der ersten Technika in den Jahren 1874...1901. Wie sich dies historisch einfügt in das Werden der Elektrotechnik, wird sich aus unseren weiteren Betrachtungen ergeben. Aber zurück zu unserer Frage: die Arbeitsteilung auch auf dem geistigen Tätigkeitsgebiet führte unter dem segensreichen Einfluss der Schulen zu einer nach und nach schärferen beruflichen Trennung in exakte Wissenschaften und in Technik, wenn sie auch bis heute gar nicht restlos vollzogen ist. In der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts war eine Trennung zum Schaden der Technik soweit getrieben, dass die nötigen Berührungsflächen zusammenschrumpften.

Dies hat sich dann wesentlich geändert, zunächst durch Beizug einzelner Physiker und Chemiker, schliesslich aber durch Bildung von gemischten Arbeitsteams, in denen die Wissenschafter — unter ihnen auch Vertreter sehr theoretischer Sektoren wie Mathematik, theoretische Physik, physikalische Chemie — eine bedeutende, ja manchmal führende Rolle spielen. Die Probleme sind z. T. so tief wissenschaftlich geworden, dass sie anders gar nicht mehr angefasst werden können. Der Sonderfall, bei dem ein einzelner Ingenieur vermöge weit überdurchschnittlicher Kenntnisse in Teilen der exakten Wissenschaften fast als «Einmann-Team» wirkt — mindestens bis zur Stipulierung neuer grundlegender Gedanken — ist selten geworden.

Immer bei unserer Frage verbleibend, kommen wir nochmals auf die Schule zu sprechen: Schon die allgemein bildenden Mittelschulen, dann die technischen Hochschulen und Technika, übermitteln dem Technikus die zum Allgemeingut gewordenen und grösstenteils schon didaktisch sorgfältig verarbeiteten Lehren der exakten Wissenschaften. Je höher das Schulniveau, desto eher wird bereits der Kontakt mit den neuesten Ergebnissen geschaffen, wenn auch meist mit einer gewissen zeitlichen Verschiebung. Erschwerend wirkt hiebei, dass unter den Lehrkräften die Ingenieure ihre exakt-wissenschaftliche Ausbildung kaum immer fortlaufend erneuern können oder wollen und der vertiefte Einblick namentlich auf den Gefilden der hohen Theorie mehr Zeitaufwand erfordern würde, als dies wirtschaftlich vertretbar ist, und geistige Ansprüche stellt, denen nur Einzelne standhalten. Als der damals noch junge Mathematiker *Hermann Weyl* während seines Aufstieges zum Weltruhm in Gastvorlesungen uns Ingenieurstudenten der Kriegsjahre im Plauderton seine Wissenschaft leicht und blitzschnell hinwarf, schmolz die Zuhörerzahl innert weniger Wochen von vielleicht fünfzig auf fünf zusammen. Es gehört anderseits glücklicherweise seit jeher zu den wertvollen Leistungen der reinen Wissenschaften, ihre Lehren nach und nach pädagogisch so zu verarbeiten, dass sie dem Ingenieurwesen zugänglich werden. Wir anerkennen dabei auch besonders in neuerer Zeit ein grosses Bemühen um Verständlichkeit. Hier waltet — un-

gleich andern Geistesgebieten — keine unnötige Fremdwörter-Begriffsverschleierung, wo mit allerhand «Latein» eine künstliche Schutzmauer gegen fachfremde Eindringlinge errichtet wird.

Die Begriffspedanterie, die ältere Ingenieure aus ihrer Studienzeit noch in Erinnerung haben — wehe wenn uns etwa der «induzierte Strom» (statt «Spannung») über die Lippen kam — ist meist einer freieren Ausdrucksweise gewichen, um dadurch mehr Raum für die Aufnahme tatsächlichen und schwierigeren Wissens zu gewinnen.

Die Erkenntnis hat sich durchgesetzt, dass — unter nicht geringem Aufwand an Willenskraft — eine ständige, lebensnahe Weiterbildung stattfinden muss, soll die Arbeit des Ingenieurs schöpferisch sein und bleiben. An Möglichkeiten hiezu fehlt es nicht: Fachzeitschriften, Bücher, Vorträge und Kolloquien, Diskussionstagungen, Ausstellungen in grosser Anzahl.

Nicht zu vergessen ist die in den letzten 10 bis 20 Jahren immer besser ausgebaute Beratung durch Lieferwerke, z. B. der chemischen Fabriken und metallurgischen Werke, die hiezu besondere Abteilungen schufen, Abteilungen, die ihrerseits zum Nutzen der Technik und in Kontakt mit ihr wertvolle Applikationsforschung und eine grosse zugehörige Publizität betreiben.

Manche wichtige Phase in der Entwicklung der Elektrotechnik kommt bei unsern Betrachtungen nicht oder doch nicht ihrer Bedeutung gemäss zur Sprache, dann nämlich, wenn sie nicht mehr wissenschaftlichen Quellen, sondern vorwiegend der Ingenieurkunst zu verdanken waren.

Da die später folgenden Betrachtungen dazu wenig Gelegenheit bieten, stellen wir einige Zeilen der Würdigung der mathematischen Wissenschaften und der theoretischen Physik voran.

Man legt sich oft nicht Rechenschaft davon ab, dass die physikalischen Experimente — sofern sie neuartige Erscheinungen zutage fördern — nicht geradewegs auf zwangsläufige Art interpretierbar sind, sondern dass der schliesslich allgemein anerkannten Theorie häufig ein langes Ausprobieren, Erfinden und Anpassen von theoretischen Modellen vorangeht. Ein Blick in die heutigen physikalischen Zeitschriften wird bestätigen, welches Ausmass diese Art von Forschung angenommen hat. Solche von den Physikern theoretischer Richtung und von den Mathematikern geschaffene Theorien sind logische Konstruktionen, gefertigt aus geeignet gewählten Definitionen und Axiomen und gipfelnd in beweisbaren Theoremen.

Auf diesem Wege kann man z. B. hoffen, die immer noch fehlende einheitliche Theorie des Atomkerns zu finden, eine Theorie, die hinsichtlich Geschlossenheit und Universalität vergleichbar wäre mit der Quantenmechanik.

Seit den glänzenden Formulierungen durch *Clerk Maxwell* 1873 ist die Elektrodynamik in Gestalt der nach ihm benannten Gesetze axiomatisiert. Sie ist — historisch ein Ausgangspunkt der Vektoranalysis — samt ihren feldtheoretischen Verallgemeinerungen, zu einem Anwendungsgebiet der Vektoranalysis geworden. Besonders eng hängt sie mit der Potentialtheorie zusammen, die ihrerseits, wie auch die Lehre der konformen Abbildungen, im zweidimensionalen Falle, zur Theorie der komplexen Funktionen («Funktionentheorie») gehört.

Die klassische Elektrodynamik führt oft auf Probleme der sog. mathematischen Physik (Lehre der nicht elementaren Funktionen), des weitern auf die Fourier- und Laplacetransformation.

Von den neueren mathematischen Methoden, welche in der Elektrotechnik Anwendung gefunden haben, sei die «Schaltalgebra» genannt, ein Formalismus der Logik und der sog. «Verbandstheorie», der unter anderem erlaubt, auf algebraischem Wege Schaltungen zu vereinfachen.

Noch neuer ist die «Informationstheorie» von *C. E. Shannon,* ein Zweig der Wahrscheinlichkeitsrechnung, der sich u. a. das optimale Codieren von Informationen unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Übertragungskanäle zum Ziele setzt.

Als weiteres Beispiel für die Symbiose zwischen Mathematik und Elektrotechnik sei die theoretische Behandlung der elektrischen Filter genannt. In der Angewandten Mathematik gehört dieser Problemkreis zum Gebiet der «Approximationstheorie».

Es ist nicht leicht, ein Datum für den Beginn der Elektrotechnik festzulegen, da in den Frühzeiten der physikalischen und chemischen Erkenntnisse, die ihr zu Grunde liegen, zwar zahlreiche interessante elektrische Apparate hergestellt wurden, von einer Technik aber kaum schon gesprochen werden darf.

Die frühesten, mehr kabinettartigen Studien der elektrostatischen Erscheinungen haben sich bis in die neueren Zeiten für die Technik als nicht sehr bedeutsam erwiesen, bis dann die Teilchenbeschleuniger für die Atomkernforschung plötzlich davon intensiven Gebrauch machten. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts drehte sich in den Laboratorien alles um die galvanische Elektrizität, mit den Fixpunkten etwa der Volta-Säule (1800) und der Galvanoplastik (*H. Jacobi* 1830), und dieses Interesse blieb wach bis in die Anfänge unseres Jahrhunderts.

Ungefähr die Zeitepoche von 1800 bis etwa 1835 erweist sich als ausserordentlich reich an Quellen für den Aufbau der Elektrotechnik. Es sind die Erscheinungen und Gesetze der Induktion, der Dielektrizitätskonstanten, des para- und diamagnetischen Verhaltens, des Bildes der elektrischen und magnetischen Kraftlinien *(Faraday* 1831), des Magnetismus und Elektromagnetismus, die Gesetze von *James Prescott Joule* (1840), *Georg Simon Ohm* (sein 1827 erschienenes berühmtes Werk «Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet»), der Physiker *Christian Oersted* (Ablenkung der Magnetnadel durch den stromdurchflossenen Leiter, 1819), *André Marie Ampère* (Ampèresches Verkettungsgesetz 1820—1826), *Jean Babtiste Biot* (1774—1882), *Felix Savart* (1791—1841), Gustav R. Kirchhoff (1824—1887) und *Carl Friedrich Gauss* (1832 seine berühmte Abhandlung «Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata»), die der Elektrotechnik im wesentlichen bis nahe an das Ende des 19. Jahrhunderts, dem Elektromaschinenbau sogar für weitere Jahrzehnte genügten.

Auf diese ersten dreieinhalb Jahrzehnte folgte die Zeitepoche der jungen Telegraphie, die einige Ansätze einer Technik aufweist: Elektrochemischer Telegraph von *Samuel Thomas von Soemering,* Professor der Anatomie und Physiologie (1809), elektromagnetischer Nadeltelegraph von *Schilling von Cannstadt* (1833), Induktionstelegraph von *Gauss* und *Weber* (1834) schreibender Nadeltelegraph von

Dr. phil. *Carl Steinheil* (1836), Nadel- und Zeigertelegraph von *Cooke* und *Wheatstone* (1837—1840), Drucktelegraph von *Morse* (1837—1844), Zeigertelegraph von *Werner Siemens* (1847—1857). Auch die ersten magnetoelektrischen Apparate, als sog. Rotationsapparate mit Dauermagnet und rotierenden Spulen, fallen in diese Epoche.

Als eigentliche Geburtszeiten der Elektrotechnik müssen aber wohl die Jahre zwischen 1865—1875 betrachtet werden, als die Ringankermaschine von *Pacinotti,* von *Gramme* und *Hefner-Alteneck* und ganz besonders auch von *Werner Siemens* zu technisch brauchbaren Dynamomaschinen führte. Das waren auch Zeiten starken Fortschrittes der Telegraphie, konnte doch 1885 ein namhafter Autor schreiben «die elektrische Telegraphie ist in der Tat das einzige, vollkommenste, was bezüglich der Fernschreibekunst erdacht werden kann, und es scheint, als ob das Höchstmögliche auch fast schon erreicht wäre». Die abenteuerlichen Ereignisse der ersten transatlantischen Telegraphenkabel-Verlegungen fallen in die Jahre 1866—1874. In die genannte Geburtszeit gehört ferner die Erfindung des Telephons durch *Philip Reis* (1861), das allerdings erst 15 Jahre später *(Bell)* zur Telephon*technik* führte.

Da hier von den *Quellen* der Elektrotechnik die Rede ist, übergehen wir die nun folgenden wichtigen Etappen der Technikgeschichte: Erfindung des Drehstromes und des Drehstrom-Asynchronmotors (1889), des Transformators *(Déri, Bláthy* und *Zipernowsky),* der verschiedensten weitern Motoren, zahlreicher Messinstrumente, Schaltapparate und vielem mehr, die denkwürdigen ersten Kraftübertragungen über grössere Entfernungen durch *Marcel Deprez* (1881) (1,5 kW über 57 km, Gleichstrom, Niederspannung) und AEG/MFO (1891) (Lauffen—Frankfurt 170 km, 220 kW, 25 kV Wechselspannung), die nicht eigentlich neuer Quellen seitens der exakten Wissenschaften bedurften, mit Ausnahme einzelner Probleme der Hochspannungstechnik.

Mitten in diesem schnellen Wachstumsprozess der Elektrotechnik kam es zu einer grossen Überraschung, als in den Jahren 1887 und 1888 durch den Physiker *Heinrich Hertz,* fussend auf den Arbeiten *Maxwells,* das Zeitalter des drahtlosen Nachrichtenwesens eingeleitet wurde. Besonders hervorzuheben ist dessen Arbeit vom Jahre 1888: «Kräfte elektrischer Schwingungen, behandelt nach der Maxwellschen Theorie» («Hertzscher Vektor» und «Hertzscher Dipol»). Dann seine grosse Arbeit über «Strahlen elektrischer Kraft». Auch die Entdeckung des photoelektrischen Effektes fällt in diese Zeit. Wenige Jahre später begann die technische Auswertung durch die Physiker *Marconi* (1895), *K. F. Braun* († 1918) und andere. Mit seiner letzten experimentellen Arbeit vom Jahre 1891 «Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten» greift *Hertz* über die durch die Maxwellsche Theorie gestellten Probleme hinaus und bahnt, ohne es zu wissen, den Weg zur Elektronentheorie. Die von *Braun* 1897 erfundene Kathodenstrahlröhre mit elektrostatischer oder elektromagnetischer Ablenkung der Elektronen und Leuchtschienen zu deren Sichtbarmachung, wurde zum wichtigsten Instrument der Oszillographen und Fernsehempfänger.

Der Amerikaner *Lee de Forest,* der 1906 mit den entscheidenden Versuchen und Ideen über Verstärkung durch Vakuumröhren begann, sah prophetisch voraus, als er, der seine Patente nicht aufrecht erhalten konnte, die Äusserung tat, er habe der Menschheit das grösste Geschenk gemacht, das ihr je zuteil wurde. 1906 begannen auch die Liebenschen Versuche über Vakuumverstärkerröhren. Die sehr bedeutsame Meissnersche Rückkopplungsschaltung entstand 1913. Und der eigentliche Aufschwung der Röhrentechnik begann nach dem ersten Weltkrieg.

Von der Elektrotechnik zunächst wenig beachtet, beschäftigen sich um die Mitte des 19. Jahrhunderts die Physiker mit Entladungserscheinungen in stark verdünnten Gasen und Dämpfen. Bald danach entdecken *Plucker* und *Hittorf* die Kathodenstrahlen. Starkes Aufsehen erregt 1895 die Röntgenröhre, die bald zu einem der wichtigsten Instrumente der Diagnose und der Therapie wird. Daneben sind Induktionsapparate und Tesla-Transformatoren in Zusammenwirkung mit den Geisslerschen Röhren beliebte Geräte für staunenerregende Experimente, von Zeileis' Wunderstab bis zum brennenden Funken in der Hand des Zauberers. Es war sozusagen eine Fortsetzung der einstigen physikalischen Salons, in denen die statischen Elektrisier- und Funkenvorführungen in fürstlichen Kabinetten stattgefunden hatten.

Anlässlich der Erfindung der Quecksilberdampflampe um 1890 erkannte *Aron* die gleichrichtende Wirkung des Hg-Lichtbogens. *Peter Cooper-Hewitt* baute um 1900 in Amerika seine ersten Glasgleichrichter in technischen Formen, die Vorläufer der späteren Grossgleichrichter in Metallgefässen, an deren Entwicklung die schweizerische Industrie ganz wesentlich beteiligt war.

Die Elektronenröhre in ihren mannigfaltigen Bauarten erwies sich als Einbruch der Physik in die Elektrotechnik von ganz ungeheurer Bedeutung. Die Elektrotechnik nahm den ihr zugeworfenen Ball begeistert auf und schuf die «Elektronik». Es war zuerst die drahtlose Nachrichtenübermittlung, die von ihr Gebrauch machte. Wer es nicht miterlebt hat, vermag sich kaum vorzustellen, welche Welle der Emsigkeit und Begeisterung durch die ganze Welt schlug. Erstmals seit Bestehen der Technik kam es zu einem allgemeinen «Do it yourself». All dies führte zu einer schlagartigen Befruchtung der industriellen elektrotechnischen Tätigkeit. Neue Unternehmungen entstanden, bestehende schufen neue Abteilungen, eine Flut kleiner Bestandteile wie Verstärkerröhren, feste und regelbare Kleinkondensatoren, Hochfrequenzspulen, Variometer, Sonderstecker und Antennenkabel erschienen in allen Schaufenstern der Elektriker und dienten dem Heer der Bastler zum Selbstbau ihrer Radioempfangsgeräte.

Merkwürdigerweise war das industrielle Interesse für diese Evolution in der Schweiz relativ gering: Einige wenige, finanziell wie technisch schwache Ansätze führten da und dort zur Kleinfabrikation, während ein beträchtlicher Vertreterstab sich mit dem Verkauf ausländischen Materials befasste. Unsere feinmechanische Industrie hat damals den Einsatz so sehr verpasst, dass sie ihn nie mehr ganz aufzuholen vermochte. Die Bastlerei verebbte allmählich, während sich die industriellen Erzeugnisse unter gegenseitigem Preisdruck rasch Eingang verschafften. Das wichtigste damalige Element der Elektrotechnik, die Glühkathodenröhre erfuhr unzählige Abwandlungen für die verschiedensten Sonderanwendungen.

Aus der Radiotechnik als Ausgangsgut der Elektronik wuchs diese alsdann rasch in die Tiefe wie auch in die Breite. Die Messtechnik und mit ihr die Regeltechnik machte bald

von den neuen Möglichkeiten Gebrauch. Es kam zu einer ganz neuartigen elektronischen Schaltungs- und Montagetechnik durch die Erfindung der sog. gedruckten Schaltungen.

Ein Erzeugnis der Elektronik von höchster Bedeutung für die wissenschaftliche Forschung, im besonderen für die Metallurgie und die biologische Forschung ist das Elektronenmikroskop, das an Stelle von Licht mit Elektronenstrahlen arbeitet und dadurch ein etwa hundertfaches Auflösungsvermögen bis auf 20 Å ergibt. Der letzte Schritt in der Analyse der Feinstruktur gelingt mit dem Feldionen-Mikroskop von *Erwin Müller* (1951). Mit diesem Instrument lässt sich das einzelne Atom beobachten.

Das Hauptinteresse der physikalischen Forschung hatte nach und nach eine immer deutlichere Zweiteilung erwirkt in die Atomforschung einerseits, in die Festkörperphysik anderseits. Innerhalb der Festkörperphysik entwickelte sich die Halbleitertechnik, deren wichtigstes Element der Transistor ist. Um das Jahr 1947 trat der Transistor in das Feld der Elektronik, diese innert weniger Jahre grundlegend und phantastisch bereichernd. Massgeblich waren vor allem die Arbeiten des englischen Physikers *A. H. Wilson,* dessen wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Jahre 1931 die Grundlagen lieferten. Die für den Transistor entscheidende Entdeckung gelang den drei Wissenschaftern der Bell Telephone Laboratoires, *William Shocklex* (Physiker), *John Bardeen* (theoretischer Physiker) und *W. H. Brattain* (Physikchemiker) im Jahr 1947.

Der Transistor ermöglicht, in Verbindung mit den gedruckten Schaltungen, eine unvorstellbare Miniaturisierung der Geräte und eine Ausweitung der Anwendungsgebiete. In neuester Zeit konnte die Verkleinerung soweit getrieben werden, dass Einheitselemente aus Transistor, Kapazität und Induktivität nur noch etwa 20 % des Volumens eines Zündholzkopfes benötigen. Diejenigen unter uns, die noch die Anfänge der drahtlosen Nachrichtenübermittlungstechnik mit Funkensender und Kohärerempfänger miterlebt haben, stehen staunend vor dem grossartigen Geschehen der neuesten Nachrichtenübermittlung über Satelliten der Erde im leeren Raum, und der Radioastronomie, welche mit Hilfe elektrischer Wellen die Erforschung des Weltraumes gewaltig erweitern half. Ohne die Elektronik wären Weltraumflüge undenkbar. Hier sprang auch die allgemeinere Elektrotechnik ein, als es galt, dauernd wirksame Energiequellen zu entwickeln, um die elektronischen Geräte der Satelliten zu speisen, unter ihnen die sog. Sonnenbatterien.

Die den Transistoren zu Grunde liegende Halbleiterphysik drang höchst erfolgreich auch in die Starkstromtechnik vor, wo sie namentlich auf dem Gebiet der Gleichrichter revolutionierend wirkte.

Machen wir hier einen kleinen Halt, um einige historische Grenzzahlen zusammenzufassen: Der industrielle Kraftmaschinenbau ist heute ungefähr 200 Jahre alt, die industrielle Elektrotechnik ungefähr 100 Jahre, die drahtlose Übertragungstechnik etwa 75 Jahre, die Elektronik an die 50 Jahre. Welch glückliche Zeit für die Freunde von Jubiläumsfeiern!

Während die Elektrotechnik mit der Auswertung all der lawinenartig auf sie einstürmenden Erkenntnisse absorbiert war, schritt die Forschung der Mathematiker einem eminent praktischen Ziel entgegen. Plötzlich eröffnete sich die Welt der das menschliche Denken unterstützenden Maschinen, die nach zwei grundsätzlich verschiedenen Prinzipien arbeiten: einerseits die Analog- anderseits die Digitalrechenmaschinen. Diese Entwicklungen wendet vor allem die Elektronik an. Solche Maschinen erlauben (durch die Möglichkeit der Speicherung von — insbesondere auch logischen — Befehlen) grosse Rechnungen ohne das immer sehr langsame Eingreifen des Menschen abzuwickeln, so dass Theorien, die zum Teil schon aus den zwei letzten Jahrhunderten herstammen, erst heute numerisch ausgewertet werden können. Die digitale Rechenmaschine muss programmiert werden. Dies führt zu einer langwierigen Arbeit, so dass die Übersicht leicht verloren gehen kann. Deshalb wird in letzter Zeit der Organisation dieser Arbeit grosse Aufmerksamkeit geschenkt: Sogenannte Programmiersprachen wie das «Algol» wurden geschaffen. Diese Programmiererleichterung wie auch der Ausbau der Methoden der angewandten Mathematik sind notwendige Teilstrecken auf dem Weg zur numerischen Verwertung der Theorien.

Die Erfindung und Entwicklung der erwähnten Maschinen wirkte weltweit faszinierend. Die Laienpresse spricht von Denkmaschinen, oft gar mit der falschen Vorstellung, sie könnten den menschlichen Geist generell ersetzen. Die Elektronik ist nicht allein mit der Fertigung solcher Maschinen betraut, sondern — und dies ganz besonders — verwendet sie deren Elemente für den Ausbau verschiedenster regeltechnischer Apparate. Die Automation nützt die Elemente der Rechenmaschinen in ausgiebigster Weise, muss sie doch Bestände aufnehmen, speichern und die Ausführung der erhaltenen Befehle selbst kontrollieren. Wie schnell solche maschinelle Rechnungen komplizierter Art vor sich gehen, ersieht man etwa an dem Beispiel des fortlaufenden automatischen Einzielens des Beobachtungsfernrohrs auf Weltraumfahrzeuge mit Hilfe eines vorausrechnenden Computers.

Bis vor dem Aufkommen der Rechenmaschinen herrschte bei den Ingenieuren eine Abneigung gegen das rein begriffliche, beweisende mathematische Vorgehen. «Warum beweist man denn die Existenz und Eindeutigkeit ganzer Klassen von Differentialgleichungen anstatt im konkreten Fall einfach eine explicite numerische Lösung anzugeben? Sie allein ist doch das Brauchbare» hiess es etwa damals unter den Ingenieurstudenten. Nun — dieses Bedürfnis nach expliziter Berechnung, ja gar dasjenige nach rechnerischen Experimenten grössten Stils aller Art kann heute, dank dem Einsatz der Rechenautomaten und dank der bequemen Programmiertechnik, leicht befriedigt werden. Damit geht beim Rechnenden eine psychologische Wandlung einher: Das Bedürfnis nach theoretischem Überblick wächst.

Als spektakuläres Ereignis soll noch die im Jahr 1913 durch den Physiker *Kammerlingh Onnes* eröffnete Technik der Supraleitfähigkeit bei tiefsten Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt, und der eigenartigen magnetischen Erscheinungen genannt werden. Wieder ist es die Elektrotechnik, die davon besonders stark berührt wird. Die Erscheinungen grenzen an das schwer Fassliche und bieten den praktischen Realisierungen nicht geringe Schwierigkeiten. Die Anwendungen erstrecken sich u. a. auf den Bau phantastisch starker Magnete, frei schwebender Lager, Oszillatoren, Energiespeicher, Schaltapparate, Gleichrichter, Schaltkreiselemente wie die Kryotrons und Tunneltrons, supraleitende Drähte, Generatoren und Transformatoren usw.

Die erwähnten Digital-Rechenmaschinen machen bereits Gebrauch von den Erscheinungen der Supraleitfähigkeit.

Es mag den Leser erstaunen, dass der Verfasser so spät erst auf die Atomenergietechnik zu sprechen kommt, denn gerade hievon war in unseren Leserkreisen über manche Jahre viel die Rede. Sie ist ja auch auf dem Energiesektor die grösste Schöpfung seit der Dampfmaschine oder vielleicht sogar seit der Entdeckung des Feuers. Doch hier liegt nun eine Quelle der physikalischen Forschung vor, die den Maschinenbau im allgemeinen stärker betrifft als die Elektrotechnik. Die Physik hat den überaus wichtigen neuen Zweig der «Reaktorphysik» aufgebaut, die zu einer hochmathematischen Wissenschaft geworden ist. Sie befasst sich unter anderem besonders mit der Diffusionstheorie der Neutronen.

Sache der Elektrotechnik ist ein, die Nukleartechnik betreffendes, neues Kapitel des Apparate- und Messgerätebaues. Sie übernahm die prinzipiellen Kenntnisse natürlich auch von der Physik.

Es sind ja in erster Linie die Elektrizitätswerke, denen die Energiebeschaffung der Zukunft Sorge bereitet, so dass es verständlich ist, dass gerade sie — trotz obiger Feststellung — als treibende und finanzierende Kräfte wirken. Das wesentlich Neue der Atomkraftwerke ist — mindestens heute und morgen — der Reaktor in seinen mannigfaltigen Bauarten. Die thermischen Turbinen, die Generatoren und Transformatoren, die Schaltanlagen können ihr bisheriges Material ohne grosse prinzipielle Änderungen verwenden. Man empfindet es aber als störend, dass die Atomzerfallenergie mit den konventionellen Maschinen niedrigen Wirkungsgrades zu elektrischer Energie umgewandelt werden muss. Hier versucht nun wieder die Elektrotechnik einzusetzen. Damit berühren wir ein weitläufiges und zum Teil der Entwicklung viel Mühe bereitendes Zukunftskapitel der Elektrotechnik, dasjenige der verschiedensten direkten Erzeuger elektrischer Energie aus Wärme oder aus chemischen Prozessen. Dies auf Grund zum Teil längst bekannter, zum Teil neu gefundener physikalischer Erscheinungen. Im Vordergrund des heutigen Interesses stehen die Brennstoffzellen und die seit langem bekannten, nun aber auf neuen Grundlagen fussenden Thermozellen und Photozellenwandler. In den thermoionischen Isotopenbatterien, die pro Leistungseinheit wesentlich leichter sind, wird die Zerfallsenergie des Nuklides durch Absorption in Wärme verwandelt, die dann einem Dampfkessel, einer Batterie von Thermoelementen oder einem thermoionischen Konverter zugeführt wird. Mit Hilfe sog. Radionuklidbatterien wird eine direkte Umwandlung in elektrische Energie erstrebt.

In den letzten Jahren beschäftigt die Plasmadynamik viele Forschungsstätten. Die physikalische Forschung hierüber ist auf dem Wege zur elektrotechnischen Anwendung. Mit Plasma wird ein ionisiertes und damit elektrisch leitfähiges Gas oder Gasgemisch bezeichnet. Mit dem neuerdings entwickelten Plasma-Brenner erreicht man Temperaturen bis 50 000 °C. Er verwendet elektrische Hochstrombögen. Plasmabrenner haben grosse technische Bedeutung erlangt. Bei diesen hohen Temperaturen können viele interessante chemische Reaktionen ablaufen, mit denen sich die Plasmachemie befasst. Das Plasma kann durch elektromagnetische Felder beeinflusst werden in Richtung, Beschleunigung, Kompression oder Expansion. Diese Erscheinungen werden durch die Magnetohydrodynamik (MHD) beschrieben.

In Raumfahrttriebwerken wird das Plasma durch zusätzliche elektrische Felder und Expansionsdüsen hoch beschleunigt, wodurch grosse Schubkräfte erzeugt werden.

Die Umkehrung dieses Prozesses benützt man im «MHD-Generator», welcher durch die Abbremsung der Plasmastrahlen deren Energie direkt in elektrische Energie umwandelt. Die in Hochtemperaturreaktoren anfallenden ionisierten Gase können in Lavaldüsen beschleunigt und in geeigneten Wicklungen an der Isolierwand zur induktiven Stromerzeugung verwendet werden. Diese Generatoren befinden sich in starker Entwicklung. Im «AVCO»-Laboratorium (USA) gelang es, kontinuierlich 5 MW zu erzeugen; dort versucht man zur Zeit einen 50-MW-Generator zu bauen.

Unter den energieverbrauchenden Geräten haben wenige so rasch aufeinanderfolgende Neuerungen erfahren wie die Leuchten. Die schon im 17. Jahrhundert bekannten Luminophore — damals mit viel Aberglauben umhüllt — führten, nachdem sich ihrer Physik und Chemie angenommen hatten, zu einer Revolutionierung der elektrischen Beleuchtungstechnik. Durch Zugabe kleinster Mengen metallischer «Verunreinigungen» konnten die lichterzeugenden Qualitäten natürlicher Phosphore gewaltig gesteigert werden. Das nächste grosse Anwendungsgebiet der Phosphore war das Fernsehen. Und seit 1951 wird eifrig an der Entwicklung der Elektrolumineszenz, d. h. einer durch elektrische Einwirkung hervorgerufene Lumineszenz für flächenhafte Raumbeleuchtung gearbeitet.

Ein Gebiet, das in der Schweiz in origineller Weise, fussend auf physikalischen Grundlagen, erfunden und bahnbrechend entwickelt wurde ist die Fernseh-Grossprojektion. Nur selten hat eine physikalische Erscheinung (die schon vor der Jahrhundertwende bekannt war) innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Jahren (beginnend etwa 1920, stürmische Entwicklungen seit etwa 1925), eine so vielseitige Anwendung auf fast allen Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik gefunden wie der Ultraschall (Frequenz $c > 20$ kHz). Obwohl an sich ein nicht elektrischer Effekt, hat die Elektrotechnik einen wesentlichen Anteil einerseits für die Ultraschallerzeugung, anderseits für den Ultraschallempfang. Die Anwendungen erstrecken sich auf das Nachrichtenwesen, die zerstörungsfreie Materialprüfung, Entgasung von Flüssigkeiten und Schmelzen, Reinigung, Koagulierung, thermische Wirkungen, biologische Wirkungen und vieles mehr.

Wie eingangs erwähnt, kümmerte sich die Elektro*technik* (nicht die Elektrophysik) ein Jahrhundert lang relativ wenig um die Elektrostatik, die mehr als einleitendes Kapitel des Schulunterrichtes hingenommen wurde, so etwa wie die griechische Geschichte im Geschichtsunterricht. Das änderte sich plötzlich, als die Atomforschung Teilchenbeschleuniger mit sehr grossem Potentialgefälle benötigte. Es war die Zeit um 1930, als die physikalische Forschung allgemein von den bescheidenen Forschungsgeräten zum Bau und Gebrauch von Grossanlagen überging. Zunächst wurde der Gedanke einer Band-Reibungselektrisiermaschine, die erstmals 1784 von *Walkiers* in Brüssel gebaut worden war und in verbesserter Form 1890 von *Lord Kelvin* und von *Van de Graaf* neu aufgenommen und weiterentwickelt. Seither hat sich der Erfindergeist auf diesem Gebiet in mannigfachster Weise ausgetobt. Maschinen für mehrere Millionen Volt sind in

verschiedensten physikalischen Forschungsinstituten in Gebrauch, aber auch andere Prinzipien wurden erdacht: das Zyklotron, der Linearbeschleuniger (1928), das Betatron (1921), das Synchrotron (1943), der Tensator (1939), der Kaskadenbeschleuniger (1920). Bei dem mit alternierenden Gradienten ausgerüsteten AG-Synchrotron des CERN in Genf beträgt die maximale Protonenenergie 30 000 MeV. Die Entwicklungen in dieser Richtung sind noch immer mit grossem finanziellem und geistigem Aufwand in vollem Gange. Sie manifestieren eine noch junge Erscheinung von historischer Bedeutung: Die Technik befruchtet nun ihrerseits die Naturwissenschaften, indem sie ihnen konstruktiv hochentwickelte Mammutapparate zur Verfügung stellt. Die mit den Grundlagen unseres Wissens sich beschäftigende «Hochenergiephysik» benötigt neue Beschleuniger, welche die bisher grössten Maschinen um eine Grössenordnung übertreffen. Ein CERN-Bericht empfiehlt, ein Protonensynchrotron für 300 GeV zu bauen, eine Maschine, deren mittlerer Durchmesser 2,4 km beträgt, ein Terrain von 20 km² benötigt, etwa 30 000 t wiegt, für seine Erregung etwa 20 MW elektrische Energie benötigt und etwa eine Milliarde Schweizerfranken kosten würde.

Kehren wir nun auf ein anderes Gebiet zurück, das in der Geschichte der Elektrotechnik eine manchmal pittoreske Rolle spielt: Aus den Gefilden der Chemie sprudelten schon sehr früh bedeutsame Quellen für die Elektrotechnik. Es sei erinnert an Faradays grundlegendes Gesetz der Elektrolyse, wonach zur Ausscheidung eines Grammäquivalentes jedes beliebigen Stoffes stets dieselbe Elektrizitätsmenge von 96 540 C gebraucht wird. Die Begründung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation durch *Svante Arrhenius* (1859) erfolgte sehr viel später.

Auf den Lehren der physikalischen Chemie im allgemeinen — auch sie erfuhren einen tiefschürfenden Ausbau — und der Elektrochemie im besonderen, entstand allmählich eine ausgedehnte Technik. Ein Jahrhundert lang von beherrschendem Einfluss war die Technik der galvanischen Elemente und Akkumulatoren, der galvanischen Metallisierung und Galvanoplastik. Es folgten die industriellen Elektrolysen als wässerige und als Schmelz-Elektrolysen. Frühe Beispiele sind die Chloralkalielektrolysen und, mit schweizerischem industriellem Pioniergeist stark gekuppelt, die Aluminiumschmelzelektrolyse.

Die Technik der elektrischen Isolierstoffe begann etwa um 1840 durch die Entdeckung der Kautschukvulkanisation und der Guttapercha als handwerkliches Pröbeln, konnte sich aber etwa von 1910 an mehr und mehr auf die Ergebnisse der organischen Chemie stützen. Sie wurde dadurch zu einer wissenschaftlich durchdrungenen Technik, die durch die Kunststoffchemie in den letzten 20 Jahren einen steilen Aufstieg erfahren hat und dadurch, in Verbindung auch mit den neueren Ergebnissen der Keramik und der Mineralölchemie, erst die eindrucksvolle Entwicklung der Hochspannungstechnik bis zu Übertragungsspannungen von 750 kV ermöglicht hat.

Das Verhalten der Schweizer Industrie bei der Entwicklung der Elektrotechnik

Es wäre eine schöne ergänzende Aufgabe, nun zu zeigen, wann und wie sich die schweizerische Elektroindustrie in die einzelnen historischen Phasen eingeschaltet hat. Wir müssen uns dies hier versagen und lediglich zusammenfassend konstatieren, dass der Einstieg im Land der Hirten oft, aber nicht ausnahmslos, rasch und erfolgreich war, so dass auf mehreren Gebieten der Technik eine weltweit führende Rolle erkämpft wurde. Und doch wird immer wieder der Vorwurf erhoben, die Schweiz sei gegenüber der neueren Entwicklung blind gewesen und habe ihr dadurch unersetzbaren Schaden zugefügt. Vorwürfe z. T. ähnlicher Art ergehen auch an unsere Hochschulen. Wir angehenden Maturanden hatten uns damals selbst geholfen (1912), indem wir, einfachsten Physikbüchern die nötigen Grundkenntnisse entnehmend, unsern Funkensender und Kohärerempfänger bauten. Als nach dem Weltkrieg die Vorhänge über den internationalen Bühnen der Technik wieder hochgezogen wurden, stand die junge Elektronik vielverheissend vor unsern staunenden Augen.

Rückschauend müssen wir zugeben, dass unsere Elektroindustrie in den Jahren während und nach dem ersten Weltkrieg der anstürmenden Elektronik bei weitem nicht das ihr angemessene Interesse entgegengebracht hat, im Gegensatz zur Laientechnik, die — etwa ab 1920 — wie bereits erwähnt, begeistert mitschwang. Einzelne ohne jede finanzielle Grosszügigkeit entstandene Kleinunternehmungen vermochten sich nicht recht durchzusetzen. Reichlich spät haben sich dann die Unternehmen der Nachrichtenindustrie und eine Grossfirma der Starkstromtechnik in den Starkstromsektor der Hochfrequenztechnik, nämlich den Senderbau, z. T. auch in den Empfängerbau, eingeschaltet, und einige neue Gründungen betätigten sich — zeitweise mit Erfolg, dann aber offenbar mühsam kämpfend — mit dem Empfängerbau. Die führende Rolle, wie sie die Schweizer Industrie zuvor auf den verschiedenen Sektoren der Energietechnik, des Textilmaschinenbaues und später des Werkzeugmaschinenbaues erlangte, blieb ihr hier grossenteils versagt. Auch die Uhrenindustrie, die am ehesten für Massenfertigung geschult war, setzte nicht, oder zu spät ein. Damals war die Fabrikationsindustrie noch nicht so gesättigt, dass sie Neues abwehren musste. Suchen wir anderswo:

Die der Elektronik zu Grunde liegenden Erfindungen stammen nicht von Schweizern, womit schon der erste Kristallisationskern uns fehlte. Das allein genügt zur Erklärung nicht, die Erfindung der Dampfmaschine, des Dieselmotors, der Dynamomaschine und des Transformators waren ja auch nicht schweizerisch und doch gelang es unserer Industrie gerade hier, sich rasch und sehr erfolgreich einzusetzen. Erinnerungen aus unserer Studienzeit zuhilfenehmend, müssen wir feststellen, dass in den kritischen Zeiten unsere Hochschulen, Techniken und Mittelschulen keine Lehrstuhlbesetzungen aufwiesen, die den jungen Ingenieuren das hier nötige Wissen zu geben vermochten oder die — wie es später z. B. durch die physikalische Abteilung der ETH auch auf andern Sektoren geschah — die Industriekreise aufgepeitscht hätten. Weder Ingenieure noch Techniker waren vorbereitet. Es ist schwer zu verstehen, dass die, wie weiter vorn dargestellt, schon etwa 1916 wuchtig einsetzende Elektronik an unsern höhern technischen Lehranstalten noch über manche Jahre fast unbemerkt blieb! (Ein 1921 modernes Lehrbuch der Physik von Prof. Dr. *U. Seiler* am Gymnasium Zürich, das der Elektrizitätslehre 122 Seiten widmete, hatte für die Elektronenröhre ganze 7 Zeilen übrig). Dazu kam eine gewisse Abschnürung durch den Krieg, und der hiedurch be-

dingte und noch längere Zeit fortgesetze Mangel an Personalaustausch mit dem Ausland. Unsere Finanzkreise waren damals noch nicht hellhörig gegenüber neuem, infolge seines scheinbar abstrakten Wesens schwer verständlichem Wissensgut.

Dazu ist festzustellen, dass die Schweizer Industrie von jeher einige Mühe hatte, sich in der Massenfertigung zu bewähren, wofür die Kleinheit unseres eigenen geographischen Gebietes bei gleichzeitig freiheitlicher Zollpolitik, in den Anlaufzeiten sehr ungünstig ist. Die Uhrentechnik, von der das Gesagte nicht zutrifft, war damals allzusehr handwerklich-mechanistisch eingestellt, es fehlte ihr noch der tiefere und vordringende wissenschaftliche Geist, um sich rasch für ihr sehr fernliegende Gedankengänge gefügig zu zeigen, abgesehen davon, dass die Elektronik zwar eine Feintechnik, nicht aber Feinmechanik ist. Es trifft sich, dass die Uhrentechnik (auch in der Schweiz) heute raschen Schrittes einer weitgehend elektronischen Entwicklung entgegengeht.

Es darf ferner nicht vergessen werden, dass die gesamte Bevölkerung unseres Landes der Hälfte derjenigen einer Weltstadt entspricht, oder in der Grössenordnung von 1...2 % derjenigen der industriell entwickelten Länder liegt. Mit unserem Bestand an technisch-wissenschaftlich Geschulten hatten wir eine Reihe dringlicher und gigantischer Aufgaben zu lösen: Die Elektrifikation der Bahnen (bei der die Schweiz führend war), der rationelle Ausbau unserer Elektrizitätsversorgung in der Zeitspanne einiger Jahrzehnte (1836), der mit manchen zwar nicht allzu spektakulären, aber deswegen nicht leichten Problemen verbunden war und unserer einschlägigen Industrie zum weltweiten Export verhalfen, der gleichzeitige Ausbau eines der dichtesten Telephonnetze der Welt, die Elektrifikation des Haushaltes bis in die Bergtäler hinauf — dies wieder in der vordersten Front. In die schweizerische elektrotechnische Familie gehört auch die Begründung und mit Riesenschritten vorangetriebene Entwicklung der Aluminium-Metallurgie. Weniger auffallende Probleme, die mit der stark elektrotechnischen Durchdringung der Schweiz gekoppelt sind, gingen erfolgreich einher, so der mannigfaltige Zähler- und Relaisbau, das Elektroinstallationswesen, die führend wirksame Isolationstechnik, der Aufzug- und Bergbahnenbau. Hätten wir dies alles vernachlässigen sollen, um uns freier zu machen für die Technik der Zukunft? Die «angestammte» Technik — immer wieder sich auch ihrerseits entwickelnd und erneuernd — ist eben grossenteils nicht alt geworden und nicht gestorben, sie behauptet sich mächtig neben all dem neuen Gut, so wie etwa die Eisenbahn dem Automobil und die Glühlampe der Fluoreszenzlampe nicht gewichen ist. Und doch empfinden wir es als drückend, in den weiterhin aufgeführten, der Elektronik zeitlich nachfolgenden grossen Entwicklungen zwar nun mitzuarbeiten, aber dies meist nicht führend. Die Erforschung der Elektronikapplikationen hat in der Schweiz seit längerer Zeit an Bedeutung zugenommen und wird auf mehreren Gebieten mit gutem Erfolg betrieben — meist als Gruppenforschung —, wobei viel Scharfsinn und Erfindungsgeist zusammenwirken. Ein schönes Beispiel unter vielen andern ist die neue registrierende Vakuumthermowaage.

Unsere industrielle Forschung trägt manchen wichtigen Stein auf die wachsende Mauer, und die Hochschulinstitute sind differenzierter und hellhöriger geworden; sie arbeiten an der Grundlagenforschung — für den Ingenieur nicht immer leicht erkennbar — mit beachtlicher Geltung im internationalen Wettbewerb mit und übertragen ihr Wissen und Können auf den technischen Nachwuchs.

Eines kann unsere industrielle elektrotechnische Forschung nicht: Ihre Ziele suchen mittels sehr grosser Teams, die wie der Strahl der Braunschen Röhre im Fernsehempfänger Zeile um Zeile, Punkt um Punkt, bestreichen, um schliesslich mit Sicherheit das gesuchte Ziel zu finden. Die schweizerische chemische Industrie kann sich teilweise diese Arbeitsweise leisten, für den Apparate- und Maschinenbau kostet er an Personal und Mitteln zu viel. Die oft angestellten Vergleiche unserer Forschung mit derjenigen der Grossstaaten auf Grund der aufgewendeten finanziellen Mittel hinken sehr, denn der Wirkungsgrad der «industriellen» Forschung im kleinen Team, wie es bei uns üblich ist, ist meist sehr viel höher als im Grossteam, soweit es sich nicht um Aufgaben grössten Ausmasses handelt.

Wenn wir Fehler begingen, so ist einer wohl der, dass die Technik — im besonderen auch die Elektrotechnik — für ihre Arbeiten zu wenig Vertreter der exakten Wissenschaften beizog, und wo sie es tat, sie lange Zeit eher als gebildete Hilfskräfte betrachtete, so dass die obere Führungsschicht nicht tief genug mit den ihr so fremden neuen Erscheinungen vertraut wurde.

Die Sorge des Einzelnen, nicht beachtet zu werden, sind in der weltweiten Forschungstätigkeit der exakten Wissenschaften viel grösser als die Angst, in geistigem Sinne bestohlen zu werden. Deshalb ist die Publizität der Ergebnisse ein stets fliessender ausserordentlich reicher Quell, den man gut ausschöpfen sollte. Hinsichtlich der exakten Wissenschaften fliesst dieser Quell sogar in den kommunistischen Staaten auffallend wenig gehemmt.

Während die chemische Forschung auch in der Schweiz von der gesamten einschlägigen Weltliteratur unter Aufwendung beträchtlicher Mittel und sorgfältigster Organisation Gebrauch macht und dadurch rechtzeitig über sich abzeichnende Tendenzen und Resultate unterrichtet ist, steht es diesbezüglich mit der Maschinen- und Elektrotechnik noch etwas kläglich. Durch den übertriebenen Propaganda- und Businessgeist wird die wahre Information verwischt, entstellt und zugedeckt.

Schweizerischen Finanzkreisen wird etwa vorgeworfen, bei industriellen Entwicklungen zu rasch und ohne Risiko schon die Resultate sehen zu wollen. Doch seien wir gerecht, solches kommt und kam auch andernorts vor und sei abschliessend durch ein Zitat von *Gibb* belegt:

«*Parsons* — Englands Pionier des Dampfturbinenbaues — wusste, dass es gegen die Grundsätze der Regierung verstiess, grosse Summen an Erfinder zu geben, deren erste Arbeiten, so erfolgreich sie auch sein mochten, noch weitgehend vervollkommnet werden mussten, bevor ihr praktsicher Wert erwiesen war. Die Erlaubnis zum Bau des geplanten Zerstörers 'Viper' sollte also erst gegeben werden. wenn *Parsons* das nötige Geld sowohl für den Schiffbau wie für die Turbinen aufgebracht hätte, und zugleich noch einen erheblichen Überschuss für unvorhergesehene Schwierigkeiten beim Bauen vorzeigen könnte. Man verlangte nicht weniger als 100 000 £ und erst als *C. J. Leyland,* der bei der Besprechung mit der Admiralität zugegen war, in Bezug auf *Parsons* sagte 'gut, ich werde für ihn eintreten', konnte der erste Schritt getan werden. Die ganze Ausgabe wurde erst nach der Probefahrt zurückbezahlt, und wenn es ein Misserfolg geworden wäre — so hätten *Parsons* und seine Freunde den ganzen Verlust tragen müssen».

Literatur

[1] *W. Heitler:* Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1961.

[2] *L. P. Lessing:* Verständliche Chemie. Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart 1962.

[3] *Joachim Euler:* Neue Wege zur Stromerzeugung. Akademische Verlagsanstalt Frankfurt a. M. 1963.

[4] Dr. *K. Sumpf:* Grundriss der Physik, 13. Aufl. Druck von August Lax, Hildesheim 1913.

[5] *L. Bergmann:* Der Ultraschall. VDI-Verlag 1937.

[6] Dr. *Albert Neuburger:* Die Wunder der Fernmeldetechnik. Hachmeister & Thal, Leipzig 1924.

[7] Dr. *P. Lertes:* Die drahtlose Telegraphie und Telephonie. Wissenschaftliche Forschungsberichte Bd. 11. Verlag v. Theodor Steinkopff, Dresden 1923.

[8] *J. A. Crowther:* Handbook of Industrial Radiology. Edward Arnold & Co., London 1944.

[9] *Ulrich Neubert:* Elektrostatik in der Technik. Verlag von R. Oldenbourg, München 1954.

[10] Dr. *J. J. Thomson:* Elektrizität und Materie. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1909.

[11] *A. Roth & A. Imhof:* Hochspannungstechnik. Springer 1950.

[12] *A. Imhof:* Die Entdeckung der Supraleitfähigkeit. STZ 59. Jg. (1962), S. 386.

Anwendung der Supraleitung in der Elektrotechnik. STZ 59. Jg. (1962), S. 389.

Zum Stand der Wirtschaft und der Technik vor 75 Jahren. STZ 58. Jg. 1961), S. 932.

[13] *W. Heisenberg:* Die Rolle der modernen Physik in der gegenwärtigen Entwicklung des menschlichen Denkens. STZ 59. Jg. (1962), S. 93.

[14] Die gesammelten Naturwissenschaften. 1. Bd. Druck und Verlag von D. D. Baedecker. 1873.

[15] Siemens Jahrbuch 1927 (enthält eine Auswahl von Briefen von Werner Siemens aus dem Jahre 1877).

[16] Werner Siemens. Lebenserinnerungen. Verlag Julius Springer. 1938.

[17] *A. Imhof:* Zur Erfindungsgeschichte des Telephons. STZ 59. Jg. (1962), S. 147.

[18] *Arnold Sommerfeld:* Vorlesungen über theoretische Physik. Bd. III. Elektrodynamik. Akad. Verlagsges. Geest u. Portig K. G. Leipzig 1949 (enthält biographische Notizen).

[19] Dr. *Friedrich Dannemann:* Vom Werden der naturwissenschaftlichen Probleme. Verlag von Wilhelm Engelmann. Leipzig 1928.

[20] Dr. *C. Heintze* und Dr. *H. Ebert:* Die Elektrophysik und die Theorie des Elektromagnetismus. Verlag v. S. Hirzel. Leipzig 1902.

[21] *W. Acklin:* Elektrische, galvanische Stromquellen vergangener Zeiten. Bull. SEV 54(1963)24, S. 1017.

[22] *E. T. Bell: Men of Mathematics.* Vol. I u. II Penguin Books 1953.

[23] *Werner Kuhn:* Physikalische Chemie. Verlag Wepf & Cie., Basel.

[24] Dr. *F. M. Penning:* Elektrische Gasentladungen, Philips Technische Bibliothek 1957.

[25] *R. Sänger:* Der feste Körper, 1938. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

[26] *J. Just:* Gleichrichter. Sammlung Göschen 1945.

[27] The Journal of Chemical Physics, published by the American Institute of Physics.

[28] Dr. Ing. e. h. *E. Feyerabend:* Der Telegraph von Gauss und Weber im Werden der elektrischen Telegraphie. Herausgegeben vom Reichspostministerium, Berlin 1933.

[29] *Wyssling:* Die Entwicklung der Schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile. Herausgegeben vom SEV, Zürich 1946.

[30] *Egon Hiedemann:* Grundlagen und Ergebnisse der Ultraschallforschung. Walter de Gruyter & Co. 1939.

[31] *Ulrich Seiler:* Lehrbuch der Physik. 4. Teil Elektrizitätslehre. Zürich 1921.

[32] *A. Imhof:* Beiträge zur Kenntnis der Tribolumineszenz. Physikalische Ztschr. 18. Jg. (1917), S. 78...91.

[33] *A. Imhof:* Elektrische Isolierstoffe. Orell Füssli Verlag, Zürich. 2. Aufl. Kapitel A: Aus der Geschichte der elektrischen Isolationstechnik.

[34] Technik-Geschichte, Bd. 25, VDI-Verlag 1936. R. v. Miller. Ein Halbjahrhundert deutsche Stromversorgung aus öffentlichen Elektrizitätswerken.

[35] Technik-Geschichte, Band 26, VDI-Verlag 1937.

[36] Eudeavour Bd. XXIII, Nr. 89, Mai 1964. (Aufsätze über Plasma-Chemie, Magnetohydrodynamik, Feldionen-Mikroskopie).

[37] Elektrotechnische Ztschr. Ausg. A. 85. Jg. Heft 13.
Herbert Weh: Zum Betriebsverhalten elektrodenloser MHD-Wandler.
Joachim Euler: Tagung über Energie-Direkt-Umwandlung.

[38] Bulletin Nr. 4 (1964) der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie. «Eindrücke von der Internationalen Hochenergiekonferenz in Dubna (UdSSR) August 1963». Von P. D. Dr. Ing. *R. Wideröe.*

[39] *A. Duschek, A. Hochrainer:* Grundzüge der Tensorrechnung in analytischer Darstellung, in drei Teilen. Tensoralgebra, Tensoranalysis, Anwendungen in Physik und Technik, Springer Verlag, Wien, 1946/1950/1955.

[40] *N. Trally:* Classical Electromagnetic Theory, McGraw-Hill Book Company, 1963.

[41] *C. E. Shannon:* The mathematical theory of communication, Bell Syst, Techn. Journal, 27, 979—423, 623—656 (1948).

[42] *A. I. Khinchin:* Mathematical Foundations of Information Theory. Dover Publications, New York 1957.

[43] *R. & F. Nevanlinna:* Absolute Analysis, Springer Verlag, Berlin, 1959.

[44] ALGOL Programmierungskurs des Rechenzentrums der ETH. Referate von Dr. HR Schwarz, Dr. P. Läuchli, Prof. Dr. Rutishauser.

[45] *Fr. Bacon:* Aus der Geschichte des englischen Schiffbaues. Technikgeschichte Bd. 26, VDI-Verlag GmbH 1937.

Adresse des Autors:

A. Imhof, dipl. Ingenieur ETH, Delegierter des Verwaltungsrates der Moser-Glaser & Cie. AG, Winzerstrasse 113, 8049 Zürich.

Herausgeber:
Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.
Telephon (051) 34 12 12.

Redaktion:
Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.
Telephon (051) 34 12 12.

«Seiten des VSE»: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1.
Telephon (051) 27 51 91.

Redaktoren:
Chefredaktor: **H. Marti,** Ingenieur, Sekretär des SEV.
Redaktor: **E. Schiessl,** Ingenieur des Sekretariates.

Inseratenannahme:
Administration des Bulletins SEV, Postfach 229, Zürich 1.
Telephon (051) 23 77 44.

Erscheinungsweise:
14täglich in einer deutschen und in einer französischen Ausgabe. Am Anfang des Jahres wird ein Jahresheft herausgegeben.

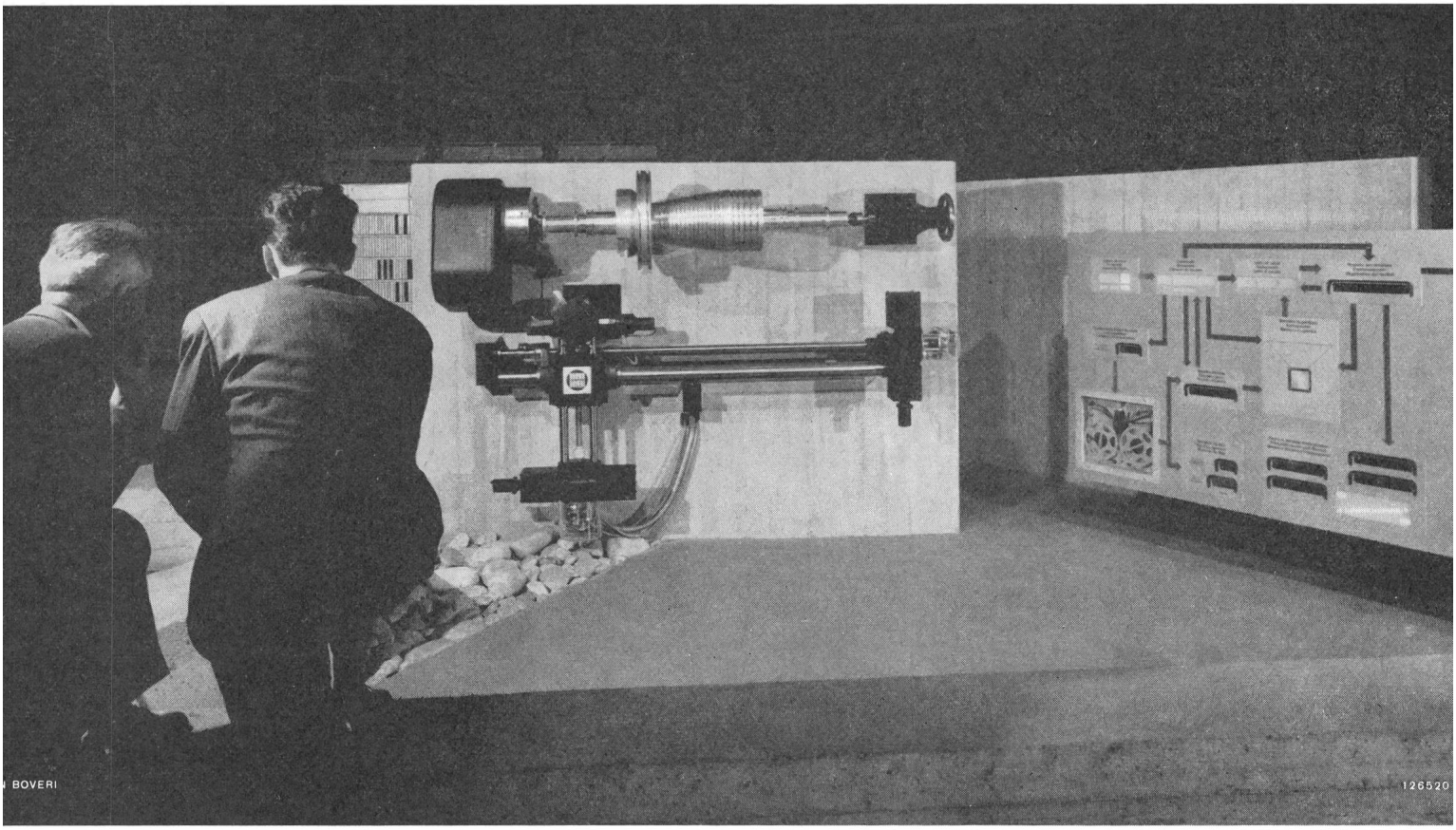
Bezugsbedingungen:
Für jedes Mitglied des SEV 1 Ex. gratis. Abonnemente im Inland: pro Jahr Fr. 66.—, im Ausland pro Jahr Fr. 77.—. Einzelnummern im Inland: Fr. 5.—, im Ausland: Fr. 6.—.

Nachdruck:
Nur mit Zustimmung der Redaktion.

Nicht verlangte Manuskripte werden nicht zurückgesandt.

BROWN BOVERI

Automatische Steuerung aus dem Brown Boveri Elektronik-Baukasten



An der Expo 64 zeigt Brown Boveri ein Modell zur Demonstration einer elektrischen Stetigbahnsteuerung. Rechts Leuchtschaltbild für die Funktionsanzeige.

Wir bauen:

digitale Streckenmesseinrichtungen für Istwertanzeige

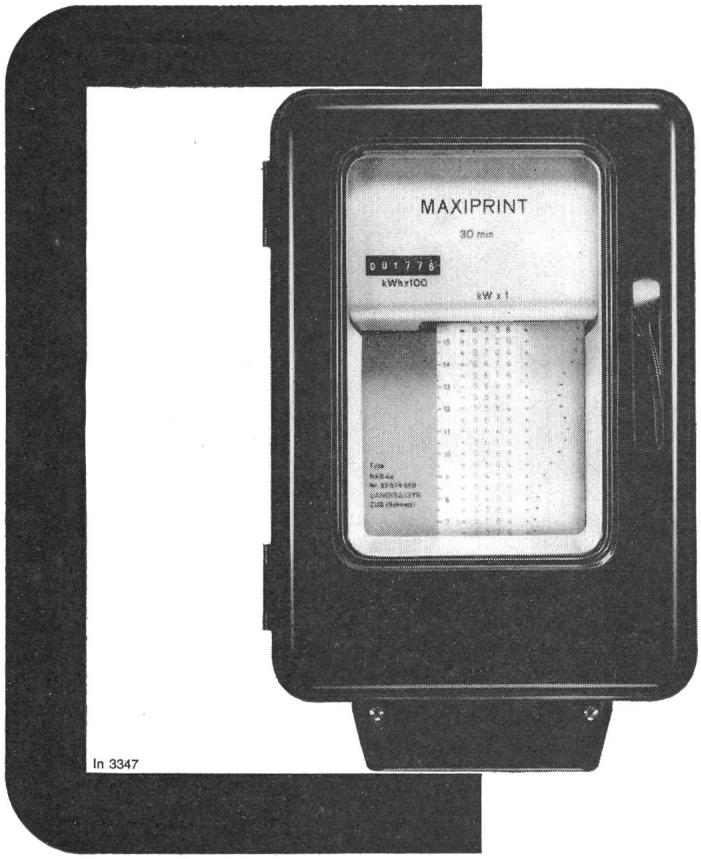
Punkt- und Streckensteuerungen für reine Hand- und kombinierte Hand- oder Lochstreifeneingabe mit laufender Istwertanzeige

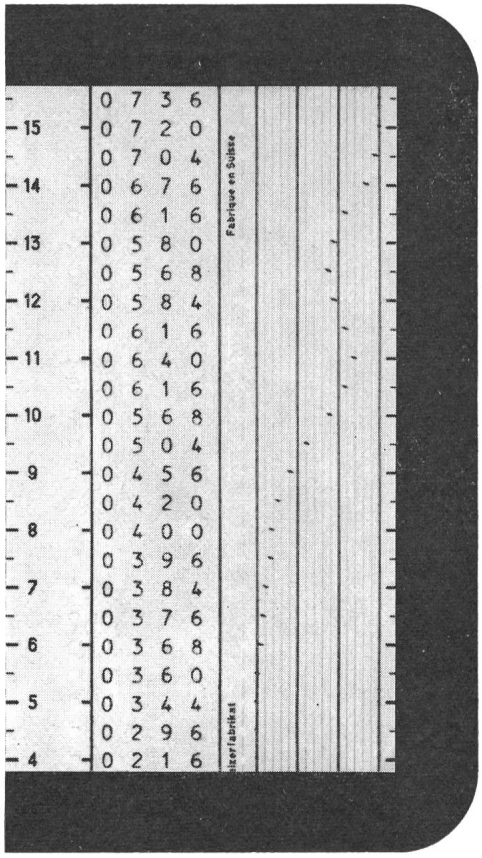
digitale Stetigbahnsteuerungen mit Innen-Interpolator

Unsere Systeme arbeiten auf dem Digital-Inkremental-Messverfahren und bestehen aus normalisierten Baueinheiten der Brown Boveri Elektronik
Verlangen Sie nähere Unterlagen

AG. BROWN, BOVERI & CIE., BADEN, SCHWEIZ

LANDIS & GYR





Landis & Gyr-Mittelwertdrucker «Maxiprint» mit Punktdiagramm

Der Nachfolger des «Printomaxigraph»

Registriert	die Mittelwerte der Belastung in Form klarer, leicht lesbarer Zahlen, den mittleren Belastungsverlauf in Form eines Punktdiagramms.
Erfasst	entweder den gesamten Messbereich zur Verfolgung des Belastungsverlaufs oder 30 % des Messbereichhöchstwertes zum leichteren Erkennen der Maxima. Dieser Ausschnitt kann zwischen 20 und 100 % des Höchstwertes verschoben werden.
Ist ausgerüstet	mit dem «Maxiprint»-Einheitswerk
Kann deshalb aufgebaut werden	aus den seit Jahren bewährten Geräten Maxiprint mit einfachem Druckwerk Maxiprint mit doppeltem Druckwerk
Kann deshalb vervollkommnet werden	zwecks Automatisierung der Verrechnung zum Maxiprint mit Code-Druckwerk
Führt also durch einfachen Aufbau des «Maxiprint»-Einheitswerkes	von der manuellen zur vollautomatischen Auswertung.

Landis & Gyr AG, Zug, Tel. (042) 42525