

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 123/124 (1944)
Heft: 16

Artikel: Aufgaben und Leistungen der industriellen Forschung: Gedanken zur Einweihung des neuen Hochspannungs-Laboratoriums von Brown Boveri in Baden
Autor: CH.L.G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-53924>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 02.04.2025

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

INHALT: Aufgaben und Leistungen der industriellen Forschung. — Die Trolleybuslinie Spyrplatz-Albisriederplatz der Städtischen Strassenbahn Zürich. — Zum Ausbau unserer Wasserkräfte. — Die Blitzmessstation auf dem Monte San Salvatore. — Verwaltungsgebäude der Sparkasse Wädenswil. — Mitteilungen: Der Ausbau der Kraftwerke Brusio.

Gasentweichungen nach Entbenzolung des Gases. Persönliches. Eidg. Techn. Hochschule. Zementüberzüge und Zementglattstriche. Schweiz. Mehrzweckflugzeug C 3603. — Korrespondenz. — Wettbewerbe: Städtisches Verwaltungsgebäude in Bern. Erweiterungsbau des Zürcher Kunsthause. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortrags-Kalender.

Band 123

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestaffet

Nr. 16

Aufgaben und Leistungen der industriellen Forschung

Gedanken zur Einweihung des neuen Hochspannungs-Laboratoriums von Brown Boveri in Baden

Von Dipl. El.-Ing. CH. L. G., Zürich

1. Wirtschaftliche Bedeutung technisch-wissenschaftlicher Forschung für die Exportindustrie

In letzter Zeit hat sich die schweizerische Oeffentlichkeit mehr als jemals zuvor mit Fragen der industriellen Forschung befasst; dies entspricht der Einsicht in eine der grundlegendsten Voraussetzungen unseres zukünftigen Industrieexportes. Wenn die technischen Erzeugnisse der Schweiz sich trotz schärfster internationaler Konkurrenz durch Firmen mit wirtschaftlich ungleich günstiger Ausgangsposition auf dem gesamten Weltmarkt erfolgreich behaupten konnten, so spielte ihr hohes technisches Niveau eine entscheidende Rolle. Es bestehen alle Anzeichen dafür, dass sich diese grundlegende Situation auch nach dem Kriege nicht ändern wird, im Gegenteil: im Wettbewerb mit einem gewaltig gesteigerten, durch den Krieg in manchen Ländern überhaupt erst voll ins Leben gerufenen Industriepotential, mit in rationellster Serieerzeugung erfahrenen Grossunternehmen wird die technische Vollendung und der Qualitätsvorsprung des schweizerischen Erzeugnisses mehr als je zuvor als entscheidendes Gewicht in die Waagschale geworfen werden müssen.

Es käme jedoch einer gefährlichen Selbsttäuschung gleich, wollte man die Qualität als beinahe automatisches Attribut des Schweizer Industrieerzeugnisses betrachten. Dieser Qualitätsbegriff, der namentlich auf die ersten fünfzehn Jahre nach der Jahrhundertwende zurückgreift, wurzelt vorwiegend in den damals durch reiche Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung begünstigten Pionierleistungen der Maschinen- und Elektroindustrie; er wurde unterstützt durch das angeborene technische Verständnis und hohe handwerkliche Können des Schweizer Arbeiters. Heute genügen diese Voraussetzungen zur Erfüllung des Qualitäts-Anspruches nicht mehr. Die konstruktiven Grundlagen des normalen Elektro- und Maschinenbaues sind Allgemeingut geworden und das Gewicht der rein handwerklichen Fähigkeiten ist durch die Herbeiziehung hervorragender Spezialmaschinen in der Metallbearbeitung und Fertigung, ferner durch die jahrzehntelange Schulung des ausländischen Arbeiters stark geschmälert. Der langjährige Vorsprung des Schweizer Industrie-Erzeugnisses ist somit heute keineswegs mehr selbstverständlich, es bedarf im Gegenteil aussergewöhnlicher Anstrengungen, um die Spitze zu halten, wobei in erster Linie an Verbesserungen und Neukonstruktionen grundsätzlicher Natur gedacht ist, wie sie aus den Ergebnissen der technisch-wissenschaftlichen Forschung herauswachsen.

Die bedeutenden Exportindustrien unseres Landes haben die Konsequenz aus dieser Situation gezogen: der grosszügige Ausbau mancher Forschungsabteilungen zeugt von ihrer Entschlossenheit zu weiterer Pionierleistung, mit der Absicht, die auf den Weltmärkten bisher gehaltenen Positionen zu behaupten und zu festigen. In dieser Auffassung steht allerdings die Schweizer Industrie nicht allein da. Der gewaltige finanzielle Einsatz, mit dem die technische Forschung in den Vereinigten Staaten seit Jahren gefördert wird, ist längst bekannt. Kennzeichnend ist jedoch, dass nun auch in anderen Ländern die Bedeutung der industriellen Forschung als Voraussetzung für die technische Wettbewerbsfähigkeit nach dem Kriege anerkannt und geeignete Massnahmen in dieser Richtung getroffen wurden.

So wurde in Schweden, das dank günstiger Rohstoff- und Verschiffungsbasen in einer wirtschaftlich ungleich besseren Ausgangslage ist als die Schweiz, im Herbst 1942 ein «Staatlicher Technischer Forschungsrat» eingesetzt mit der Aufgabe, die technische Entwicklung zu beobachten und die für die Wirtschaft bedeutsamen Forschungsgebiete zu unterstützen, wofür ihm ansehnliche Mittel zur Verfügung stehen. Diese staatliche Förderung der wissenschaftlichen Forschung entspringt der Auffassung, dass heute überhaupt nur noch in Ländern mit hochentwickelter industrieller Forschung die Voraussetzungen für ein gut entwickeltes Wirtschaftsleben und einen hohen Lebensstandard vorhanden seien.

In Grossbritannien ist eine analoge Erscheinung zu verzeichnen. Neuesten Berichten in der führenden englischen

Fachzeitschrift der Elektrotechnik, dem «Journal of the Institution of Electrical Engineers» zufolge, wurde im Frühjahr 1943 ein aus führenden Wissenschaftlern und Industriellen sowie den Behörden zusammengesetztes «Post-War Planning Committee» aufgestellt, unter dessen Obhut ein Forschungs-Subkomitee der Aufgabe waltet, die technisch-wissenschaftliche Forschung zu fördern. Zu diesem Zwecke soll ein Britisches Elektrotechnisches Forschungsamt («British Electrical Research Board») geschaffen werden, das die von der Industrie individuell betriebenen Forschungsaufgaben überwachen, leiten und vom Standpunkt des Gesamtinteresses aus koordinieren soll. Dieser Tätigkeit liegt ein Organisationsplan zugrunde, nach dem die gesamten Forschungsaufgaben aufgeteilt werden in «abstrakte» Forschung, für deren Ergebnisse vorläufig noch keine spezifische industrielle Verwertung vorgesehen ist, und in «Industrieforschung», die im Hinblick auf konkrete praktische Ziele durchzuführen ist. Die ersterwähnte Aufgabe soll von ausgewählten Laboratorien in Anlehnung an das «National Physical Laboratory» zentral durchgeführt werden, während die zweite von der Industrie nach einem festgelegten Plan zu übernehmen wäre. Das Gesamtziel: wesentliche Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der Industrie auf nationalem und internationalem Boden — soll damit durch eine völlig neue Organisationsform der industriellen Forschung auf weitgehend kooperativer Basis erzielt werden.

Diese kurzen Hinweise auf die Anstrengungen des Auslands dürften genügen, um auch die in der Schweiz tatkräftig geförderte industrielle Forschung zu begründen, die damit zu einer massgebenden Grundlage für ein Mitspracherecht bei der technischen Durchdringung der Welt von morgen wird. Die zunehmende öffentliche Diskussion dieser Fragen dient wohl der Sache, denn angesichts der eminenten volkswirtschaftlichen Bedeutung der Exportindustrie kann es nicht schaden, wenn weite Kreise sich dieser Zusammenhänge bewusst werden und verstehen, warum die technische Entwicklung nicht stehen bleiben darf, sondern im Fluss bleiben muss und nur die Richtung und der Weg selbst Ziel sein können.

Andererseits muss jedoch der Tendenz gewisser Kreise entgegengetreten werden, für die das Wort «Industrielle Forschung» zu einem allmächtigen Zauberstab geworden ist, mit dem alle Zukunftsprobleme unserer Industrie zu lösen wären. Es wird dabei übersehen, wie jung das Primat der Forschung in der Entwicklungsgeschichte der Technik erst ist und wieviele andere Faktoren parallel dazu für die Sicherung des zukünftigen Exportes von Bedeutung sind, wie z. B. die Regelung der wirtschaftlichen Beziehungen zu den Absatzländern, der Ausbau der Handelsvertretungen, die Schulung des technischen Vertreterstabes, die systematische Marktforschung usw.

Auch muss mit Nachdruck darauf verwiesen werden, dass die Industrie durch den Verkauf von Spitzenprodukten allein, die durch die gewaltigen Kosten der oft jahrelangen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten untragbar belastet würden, nicht bestehen kann. Die Entwicklung solcher repräsentativer Spitzenerzeugnisse — so unentbehrlich diese auch sind, um den vorzüglichen Ruf der schweiz. Industrie aufrecht zu halten — kann nur auf Grund der laufend und weitgehend serienmässig hergestellten «Normalprodukte» bestritten werden. Dass die Schweizer Industrie dem Qualitätsanspruch auch in der massenweisen Herstellung Genüge zu leisten versteht, ist durch die Exporterfahrung gerade auch solcher Erzeugnisse, insbesondere auf dem Gebiet des Elektroapparatebaues, hinreichend unter Beweis gestellt. Auf diese Zusammenhänge wurde an der anschliessend beschriebenen Einweihung des neuen Hochspannungslaboratoriums von Brown Boveri besonders hingewiesen, wobei Dir. Th. Boveri in seiner Schlussansprache auch betonte, dass die Qualität des technischen Erzeugnisses durch nie erlassende Forschungstätigkeit immer wieder neu erworben werden muss.

Angesichts der zentralen Bedeutung dieser Fragen mag ein Versuch gerechtfertigt sein, die wechselvolle Rolle der technisch-wissenschaftlichen Forschung aus geschichtlicher Perspektive zu

betrachten. Anschliessend soll als aktueller Querschnitt durch die heutige Situation ein Kurzbericht über einige interessante Forschungsergebnisse folgen, die von der Firma Brown Boveri in Baden anlässlich der Einweihung ihres neuen Hochspannungslaboratoriums der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden.

2. Die Entwicklung des industriellen Forschungsgedankens

Seit ihren frühesten Anfängen lag es im Wesen der Technik, ihre Form und Anwendung zu verbessern und zu vervollkommen. So ist der gute Ingenieur ja geradezu durch die Unzufriedenheit mit seiner Schöpfung und dem Drang nach immer besserer Leistung gekennzeichnet. Diese dynamische Form der Entwicklung bedeutet somit für den vom technischen Schöpfungsdrang Beseelten innerstes Gesetz und zugleich höchste Lebenserfüllung. Damit ist die der technischen Entwicklung immanente Zielrichtung bereits festgelegt, die sich jedoch nicht autonom vollziehen kann, sondern der Ergänzung durch die Forderung der Wirtschaftlichkeit bedarf. Auf die wechselvollen Beziehungen dieser beiden Komponenten sei hier nur hingewiesen als die Dualität, aus deren innerer Spannung und gegenseitigem Anreiz eigentlich erst die grossen Meisterwerke der Technik geboren werden.

Für unsere Betrachtung sind jedoch in erster Linie die Mittel und Wege wesentlich, auf denen sich die Weiterentwicklung in der Technik praktisch vollzog. Anhand einiger charakteristischer Entwicklungsstadien sei versucht, die Bedeutung des industriellen Forschungsgedankens zu skizzieren. Es ist klar, dass hierbei einige Verallgemeinerungen vorgenommen und verschiedene an sich ebenfalls wichtige Faktoren ausser Spiel gelassen werden müssen.

Eines der ältesten Ziele der Technik war die Dienstbarmachung der Naturkräfte. Für die in dieser Richtung grundlegenden Schöpfungen — wie z. B. Pumpe, Dampfmaschine, Elektrizität — scheint kennzeichnend, dass das der technischen Realisation zugrundeliegende Naturgesetz längst entdeckt und in seinen grundlegenden Wirkungen theoretisch erforscht war, bevor es für einen praktischen Zweck verwertet und in technischer Gestalt der Allgemeinheit dienstbar gemacht werden konnte. Die grundlegende Idee war von der Wissenschaft gegeben — sie blieb jedoch solange abstrakt, bis sie vom Ingenieur verwirklicht wurde, der in der Materie eine ihr adäquate technische Lösung schuf. So sind die grossen Erkenntnisse Newtons über die Mechanik, die genialen, die ganze Elektrotechnik umfassenden Gleichungen Maxwells schon weit zurückliegende geistige Grundlagen, auf denen aber spätere Generationen von Ingenieuren ihre Werke bis zu den stolzen Schöpfungen der hochentwickelten Technik von heute aufbauen konnten.

Die erste Entwicklungsphase der Technik — wenn man von den rein handwerklichen Formen absieht — kann somit wohl als «Kampf des Ingenieurs mit der Materie» bezeichnet werden: Aus der Erkenntnis grundlegender Phänomene, die die Natur dem forschenden Genius als ihr Gesetz offenbart hatte, formte später die mit neuen Bearbeitungsmethoden und Hilfsmitteln vertraut gewordene Hand des Ingenieurs die materielle Gestalt der Idee. So fanden sich zwei völlig getrennte Welten zusammen: abstrakte, noch nicht zweckgebundene Naturforschung und kühner Ausbau der materialtechnischen Kunst. Noch unbeschwert von wirtschaftlicher Beschränkung konnte sich die Technik frei nach ihrem innersten Gesetz entwickeln. Jede neue technische Schöpfung fand die begeisterte Zustimmung einer zu neuem Daseinsgefühl erwachenden Menschheit, in deren Hand das Instrument der Technik zu ungeahnter Machtfülle anwuchs. Der revolutionierenden Leistung Stephensons, der aus James Watts Idee einer Dampfmaschine die erste Lokomotive entwickelte, folgten die Nutzenwendungen des elektrischen Stromes zur Nachrichtenübermittlung und Beleuchtung. Neue Möglichkeiten der Verständigung zwischen Menschen und Völkern waren geschaffen, neue Lebensformen begannen sich abzuzeichnen. Der technische Fortschritt, der sich seiner kulturellen Mission noch voll bewusst war, wies bereits auf eine kommende Vormachtstellung Europas in der Welt hin. Doch blieb die Technik damals ihrem Wesen nach in der Bewunderung der Materialgestaltung erstarrt. Der Bau des Eiffelturms ist für jene Epoche kennzeichnend: ein Bauwerk, das keine neue wissenschaftliche Leistung, sondern den an sich wohl völlig begründeten Stolz des Ingenieurs über die gelungene Beherrschung der Festigkeitsrechnung verkörpert.

Die Entwicklung der Technik etwa um die Jahrhundertwende leitet eine neue, äusserst stürmisch verlaufende Etappe ein, die sich durch einen raschen Ausbau auf Grund der ersten technischen Erfahrungen und Versuche kennzeichnete. So bildete — um nur einige typische Beispiele zu nennen — die erste grössere elektrische Kraftübertragung von Lauffen a. N. nach Frankfurt a. M. im Jahre 1891 den grundlegenden Erfolg des

Wechselstromsystems und damit den Ausgangspunkt für den im neuen Jahrhundert einsetzenden Siegeslauf der Elektrotechnik. Die Kolbendampfmaschine, deren Entwicklung bereits zu einem gewissen Abschluss gelangt und deren thermischer Wirkungsgrad sich trotz aller technischer Verfeinerungen nicht mehr über 12 bis 15 % hinaus steigern liess, wurde im Jahre 1900 durch die Parsons'sche Dampfmaschine überholt, die der kalorischen Krafterzeugung völlig neue Möglichkeiten wies.

Die Maschinen- und Elektro-Industrie wurde auf Grund solcher Forschungsergebnisse, die nicht mehr auf die abstrakte Naturerkenntnis allein zurückgreifen konnten, sondern bereits in industrieller Erfahrung und Forschung fussten, von einer raschen Entwicklung erfasst. Die weitgehende Durchbildung der konstruktiven Kunst und die technologischen Fortschritte im Fertigungsprozess erlaubten, das Ideengut, das in den Naturwissenschaften gegeben war und durch die wachsenden technischen Bedürfnisse befruchtet wurde, aufzugreifen und zu verwirklichen. Es war die Zeit, wo dem technischen Schaffensdrang scheinbar noch keine Grenzen gezogen und der Ingenieur «aus dem Vollen» schöpfen konnte. Die Etappe vor dem ersten Weltkrieg war insbesondere auch für die Schweizer Industrie bedeutsam, konnten doch die führenden Unternehmen ihre Exportorganisationen aufbauen und, gestützt auf ihre Pionierleistungen, den vorzüglichen Ruf des schweizerischen Qualitätserzeugnisses bis in alle Länder der Welt hinausragen.

Mit den wachsenden Abmessungen der Maschinen, der raschen Ausbreitung insbesondere der Elektrifizierung, ging jedoch nur eine relativ kleine wissenschaftliche Leistung parallel. Bei der vorwiegend expansiven technischen Entwicklung war eine eigentliche industrielle Forschung nach heutiger Auffassung noch kaum erforderlich, absorbierte doch der immer breiter werdende Markt die gesamte Erzeugung der Industrie mit Leichtigkeit.

Nach den Erschütterungen des ersten Weltkrieges leitete die Nachkriegszeit mit ihren wirtschaftlichen Schwierigkeiten und der stärker werdenden gegenseitigen Konkurrenzierung der Industrie auf dem nationalen und internationalen Märkte eine neue Phase technischen Schaffens ein. Die konstruktive Entwicklung schien die gegebenen Möglichkeiten erschöpft zu haben; der gewiegte Konstrukteur glaubte die Grenzen des konstruktiven Gestaltens erreicht und gefiel sich in der Virtuosität, schwierige Berechnungen zu «Faustformeln» zu vereinfachen. Der wachsenden Konkurrenz versuchte der Unternehmer vor allem durch wirtschaftlichere Fertigung zuvorzukommen. Es war die Zeit, wo die wirtschaftliche Forderung zu dominieren begann, Ford die Welt mit der Schaffung des laufenden Bandes in Erstaunen setzte und die Industrie ihr Heil in einer möglichst weit getriebenen «Rationalisierung» suchte.

Von diesem Gesichtspunkt aus musste auch die menschliche Arbeitskraft von der Stellung zielverbundener Mitarbeit zu einem blossen Produktionsfaktor herabsinken. Die ursprünglich bei den noch mittelgrossen Industrieunternehmen nahezu selbstverständliche Betriebsgemeinschaft war nun bei der bis ins Extreme getriebenen Arbeitsteilung und der Verbreiterung der Betriebe anscheinend nicht mehr zu halten. Das Primat der rein wirtschaftlichen Überlegungen, des «Geschäfts», liess die grundlegenden Fragen der Zusammenarbeit, der persönlichen Eingliederung des Menschen in die Aufgaben des Betriebs zurücktreten. Die Frage nach der Sinngebung allen technischen Schaffens, die bewusst oder unbewusst jeden im Produktionsprozess Eingegliederten beschäftigt, schien keiner dringlichen Beantwortung mehr zu bedürfen. Die Wurzel vieler sozialer Forderungen und Spannungen, die auch durch materielle Besserstellung allein nicht zu lösen sind, greift zweifellos bis in jene Zeit zurück; die Fehler von damals müssen heute in mühsamer Arbeit wieder berichtigt werden.

Es kennzeichnet durchaus die Lage, wenn zu jener Zeit auch starke Angriffe Aussenstehender gegen die Technik gerichtet wurden. So lautete etwa die leidenschaftliche Anklage eines führenden schweizerischen Literaten gegen die Technik: «Wenn auch die Ausbreitung des technischen Denkens nicht Grundursache der fraglosen Verödung der freien Schöpferkraft ist, so war doch wohl der Geist der Anfang der Technik, die Technik das Ende des Geistes. Im Werke der Technik erscheint der Atem des geistig Schöpferischen durch die eisige Kühle des Verstandes erstarrt ... Man fragt bei einer Maschine nicht nach Gesinnung und sittlichem Wert; man fragt nach ihrer Leistung ... Wie in allen Zersetzungsphasen einer geistigen Stufe: die (technische) Virtuosität triumphiert. Auch hier, bedeutsam für das Zeitalter der Technik, masst sich das Mittel an, Zweck zu sein» ...¹⁾).

¹⁾ Aus Stodola: «Gedanken zu einer Weltanschauung vom Standpunkt des Ingenieurs».

Zweifellos waren diese und andere Kritiken nicht nur durch die Erscheinungsform der Technik selbst, sondern durch die damalige geistige Einstellung des durchschnittlichen Ingenieurs und Technikers herausgefordert, die vom Triumph des Intellekts, der nüchternen Kalkulation ohne Berücksichtigung irgendwelcher seelischer Werte überzeugt, nicht ohne Grund das Wort «rationalisieren» zu einem Modeschlagwort gestempelt hatten. Heute entspricht die geistige Haltung innerhalb der führenden Industriefirmen zweifellos anderen sozialen Voraussetzungen, indem die führenden Männer der Industrie grosse Anstrengungen unternehmen, um die mit dem Problem «Mensch und Betrieb» zusammenhängenden Fragen befriedigend zu lösen. Aber auch der Ingenieur selbst, als wichtigster Träger der technischen Entwicklung, ist sich seiner grossen kulturellen und sozialen Verantwortung im Rahmen des Volksganzen wieder bewusster geworden. Heute sind daher literarische Diskussionen über den geistigen Gehalt der Technik, die uns schicksalhaft gegeben ist, kaum mehr am Platz; die Industrie, als einer der wichtigsten Träger der Arbeitsbeschaffung, dient der Allgemeinheit und erhält schon dadurch ihre volle Existenzberechtigung.

Die gegen Ende der Zwanzigerjahre einsetzende Hochkonjunkturwelle schien jedoch der herrschenden Auffassung zunächst noch recht zu geben. Ein Bedürfnis nach Vertiefung der industriellen Forschung konnte angesichts des Primates der betrieblichen Organisation, die in stande sein musste, ein immer grösseres Produktionsvolumen möglichst wirtschaftlich zu bewältigen, kaum aufkommen. Kennzeichnend für jene Zeitepope war denn auch die offene Gegensätzlichkeit von «Theorie» und «Praxis». Die auffallende Geringschätzung vieler Industrieller für die wissenschaftliche Seite der Technik, die Verteidigungsstellung, in die insbesondere die Hochschulingenieure gegenüber den erfahrenen Betriebsleuten vielfach getrieben wurden, hat kein Geringeres als Stodola — der weltbekannte Pionier der Dampfturbine — eindrücklich festgehalten. In seinem Abschiedswort an die akademische Jugend anlässlich seines Rücktrittes im Jahre 1930 gab er seinen Empfindungen mit folgendem Postulat bareden Ausdruck: «Wichtige Gebiete der Industrie müssen klarer einsehen, dass die Empirie, der sie noch vorzugsweise huldigen, oft sehr teuer produziert und für sich allein keine Gewähr für das Erringen höchster Vollendung bietet. Nur die Vereinigung mit wissenschaftlicher Kritik und Forschung verspricht höchste Dauererfolge. Es handelt sich überhaupt um die Einordnung der Wissenschaft an eine höhere Stelle in der Skala der nationalen Werte.»

Schon Goethe hat sich zwar in seinem «Faust» mit dem Ausspruch: «Grau, teurer Freund, ist alle Theorie», geringschätzig über die Theorie geäussert. Doch dürfte dieses Urteil nur für eine wirklichkeitsfremde Theorie zutreffen, nicht jedoch für eine zielbewusste wissenschaftliche Forschung, die für den praktischen Erfolg auf die Dauer unentbehrlich und für technische Neuschöpfungen überhaupt erste Voraussetzung geworden ist. Theorie bleibt nur solange eine sterile Wissenschaft, bis ihr der schöpferische Genius reale Werte abgewinnt, aus denen er Neues gestaltet.

In diesem Sinne war wohl der Appell Stodolas zu verstehen. Die Theorie durfte nicht zu einem Dogma erstarren, sondern musste zur soliden wissenschaftlichen Grundlage vertieft und mit schöpferischem Gestaltungswillen ergänzt werden, sollte technisches Neuland mit Erfolg erschlossen werden. Es bedurfte zweifellos der grossen Wirtschaftskrise anfangs der Dreissigerjahre, der Atempause innerhalb dieses wirtschaftlichen Rückschlags, um die produktiven Kräfte in der Industrie wieder frei zu machen für eine schöpferische Leistung in die Tiefe, statt in die Breite.

So leitete jene Krise trotz aller ihrer unerfreulichen Folgen doch eigentlich den Auftakt zu einer neuen und überaus fruchtbaren Entwicklung der Technik ein, die durch die Ereignisse des zweiten Weltkrieges nicht unterbrochen, sondern nur noch gesteigert wurde. In der Tat war jener Zeitpunkt zu Beginn der Dreissigerjahre, wo scheinbar die meisten Gebiete der Technik bereits zu «endgültiger» Form erstarrt und keine grundsätzlichen Neuerungen mehr zu erwarten waren, Ausgang zu einer Entwicklungsphase, die sich durch z. T. überraschende Neuerungen auf fast allen Gebieten der Technik, insbesondere der Elektrotechnik und der kalorischen Maschinen auszeichnete. Die wissenschaftliche Forschung übernahm unter dem Druck wirtschaftlicher Notlage ihre Führerrolle und verband die scheinbar unvereinbaren Gegensätze «Empirie» und «Theorie» zu gemeinsamer, schöpferischer Leistung. Diese zielgerichtete Zusammenarbeit aller beteiligten Kräfte lässt sich in den Begriff «industrielle Forschung» zusammenfassen.

Die industrielle Forschung verdankt ihre bisherigen und zukünftigen Erfolge somit nicht nur einer vernunftgemässen

Methodik, sondern dem harmonischen Zusammenspiel bestimmter geistiger Faktoren. Wenn zu Beginn der Dreissigerjahre die «Theorie» noch auf die Opposition der «Empirie» stiess, geschah dies wohl zum Teil deshalb, weil die Theorie a priori von ihrer Ueberlegenheit überzeugt war und ihre Rolle als Selbstzweck statt als Dienerin am Ganzen auffasste. Dem selbstzufriedenen Theoretiker fehlte auch die innere Voraussetzung, auf irgendeinem Gebiete fruchtbar zu wirken und etwas wirklich Neues zu schaffen. Wird die Theorie jedoch als die unentbehrliche, wissenschaftliche Grundlage betrachtet und durch praktische Erfahrung ergänzt, so sind die Voraussetzungen für neue technische Konzeptionen gegeben.

So bestätigen die Erfahrungen unserer führenden Industrielten, dass für den in technischem Neuland erfolgreich tätigen Ingenieur nicht nur die tiefgreifende wissenschaftliche Ausbildung allein, sondern auch die Kräfte der Intuition, der feste Glaube an die Verwirklichung der gesuchten Entwicklung und die Bereitschaft zu selbstloser Zusammenarbeit von ausschlaggebender Bedeutung sind.

3. Voraussetzungen und Hilfsmittel der industriellen Forschung

Bei aller Anerkennung des in den letzten Jahren auf Grund technisch-wissenschaftlicher Forschung Geleisteten muss auf die bedeutend verbesserten Hilfsmittel hingewiesen werden, die der industriellen Forschung heute zur Verfügung stehen und die sich etwa wie folgt zusammenfassen lassen: 1. **Wissenschaftliche Grundlagen**, die von besonderen Laboratorien der Industrie oder von unabhängigen, zentralen Forschungsinstituten bereitgestellt werden. Darunter sind im besonderen die Ergebnisse der modernen Atomforschung und der Werkstoff-Forschung verstanden; 2. **Experimentelle Grundlagen** durch Prüfung des Verhaltens von spezifischen Bau-Elementen oder Versuchsausführungen, im Prüflaboratorium. Dieses muss die Nachbildung aller praktisch vorkommenden Beanspruchungen, gegebenenfalls unter erschwerten Bedingungen, gestatten. Im Maschinenbau — im besonderen der Aero- und Hydrodynamik — hat der Modellversuch als Instrument wissenschaftlicher Forschung grosse Bedeutung erlangt; 3. **Messtechnische Hilfsmittel**, die im besonderen die Kenntnisse von rasch ablaufenden Vorgängen ermitteln und das betriebsmässige Verhalten technischer Einrichtungen und Apparate zu beobachten gestatten.

Die bereits erwähnte Besichtigung bei der Firma Brown Boveri in Baden führte die Bedeutung dieser drei Faktoren anschaulich vor Augen. Die wissenschaftliche Grundlage, an der auch von den Instituten der E. T. H. mit grossem Erfolg gearbeitet wird — so führte Dir. Th. Boveri in seiner Schlussansprache aus — wird von der Industrie voll anerkannt. Die Forschung für konkrete technische Aufgaben jedoch wird nur dann mit der erforderlichen Schlagkraft durchzuführen sein, wenn sie von der Industrie selbst übernommen wird. Die experimentelle Grundlage als zweiterwählter Faktor ist bei BBC ebenfalls in vollem Masse erfüllt, was der Rundgang durch die verschiedenen Laboratorien, in besonderem Masse aber die Vorfürungen im neuen Hochspannungs-Prüflabor bewiesen. Dass jedoch Grösse und Schönheit des Laboratoriums allein für den Erfolg der Forschung nicht entscheidend sind, betonte Dr. M. Schiesser. In der Tat haben BBC fast alle grundlegenden Arbeiten auf dem Hochspannungsgebiet in einem Laboratorium von recht beschränkten Ausmassen geleistet. Das neue Laboratorium mit seinen modernen Einrichtungen soll nun jedoch für alle Prüfungen innerhalb der nächsten 50 Jahre ausreichen.

Die messtechnischen Hilfsmittel schliesslich kamen an der erwähnten Besichtigung ebenfalls in vollem Masse zum Ausdruck; sie sind zweifellos eine der wichtigsten Grundlagen industrieller Forschung geworden. Als Beispiel sei darauf hingewiesen, dass an nahezu sämtlichen Vorfürungen und Demonstrationen der Kathodenstrahl-Oszillograph als Hilfsmittel zur Veranschaulichung des gezeigten Vorganges vertreten war. Dieses universelle Messgerät wurde u. a. verwendet zum Nachweis periodischer Erscheinungen in turbulenten Strömungen, zur Aufzeichnung des Druckverlaufes im Holzgasmotor mit oder ohne Aufladung, zur Demonstration der Eigenschaften elektrischer Filter, zur Vorfürung der Ausgleichvorgänge in Transformator-Wicklungen beim Auftreffen steiler Wanderwellen usw. Zur letztgenannten Vorfürung wurde ein Kathodenstrahl-Oszillograph mit vier Strahlen zur gleichzeitigen Beobachtung von vier Messgrössen verwendet; er bewies die zentrale Bedeutung, die der Verfeinerung der Messtechnik im Rahmen der industriellen Forschung zukommt.

Es hiesse einen wichtigsten Faktor vernachlässigen, würde neben den wissenschaftlichen und materiellen Hilfsmitteln nicht auch der Persönlichkeit der in der industriellen Forschung tätigen Ingenieure gedacht. Die grundlegende Bedeutung, die dem höchst

persönlichen Einsatz des ganzen Wissens und Könnens, der Begeisterungsfähigkeit und vorbildlichen Gemeinschaftsarbeit zukommt, fand in den offiziellen Begrüßungsansprachen bei BBC volle Anerkennung. Der Rundgang bestätigte vollends, dass der in der Forschung mit grossem sichtbarem Erfolg tätige Stab vorwiegend jüngerer Ingenieure alle Voraussetzungen erfüllt, die an die verantwortungsvolle Aufgabe unserer industriellen Zukunft geknüpft sind.
(Schluss folgt)

Die Trolleybuslinie Spyriplatz-Albisriederplatz der Städtischen Strassenbahn Zürich

Von Dipl. El.-Techn. MAX DENZLER, Betriebsassistent der St. St. Z.

Die Strecke ist durchwegs doppelspurig ausgebaut und weist eine Betriebslänge von 4839 m auf, worin Steigungen bis 80 ‰ auftreten (vgl. vereinfachtes Längenprofil Abb. 1).

Die Fahrleitung ist nach System der elastischen Fahrleitung der Firma Kummler & Matter in Zürich und Aarau¹⁾ an Pendeln und in Zickzackführung verlegt. Als Fahrdrabt wurde ein Cu-Profildraht entsprechend den SBB-Normalien, Grösse 3 verwendet (Abb. 2). Er soll nachstehende Eigenschaften aufweisen:

- Querschnitt 85 mm², Durchmesser 11 mm
- Elastizitätsmodul $1,2 \times 10^6$ kg/cm²
- Wärmeausdehnungskoeffizient $1,7 \times 10^{-5}$ cm/1° C
- spez. Gewicht 8,9 kg/dm³, Gewicht 0,757 kg/m
- spez. Zugfestigkeit minimal 36 kg/mm²

Dehnung nach dem Bruch gemessen auf 20 cm Messlänge min. 4,5 ‰, Widerstand 0,198 Ω/km bei 15° C, entsprechend einem spez. Widerstand von 0,01684 Ω mm²/m oder einer spez. elektr. Leitfähigkeit von 59,5 m/Ω mm².

Diese letzte Forderung konnte nicht mehr genau eingehalten werden (kriegsbedingt), da der Fahrdrabt durch Umschmelzen von Alt-Elektrolytkupfer gewonnen werden musste. Die oben angegebenen Widerstandswerte basieren auf einer chemischen Reinheit von mindestens 99,8 ‰, einem Werte, der durch das Umschmelzen nicht mehr eingehalten werden kann. Wohl wäre es möglich gewesen, das umgeschmolzene Kupfer zu raffinieren, doch sind die Kosten hierfür so gross, dass sie sich für Fahrleitungsdrabt nicht lohnen. Es wurde deshalb von der Lieferfirma nur verlangt, dass der Fahrdrabt bei 15° C eine minimale Leitfähigkeit von 50 m/Ω mm² entsprechend einem spez. Widerstand von 0,02 Ω mm²/m besitze.

Die ganze Fahrleitung ist nach den bestehenden eidg. Vorschriften verlegt, mit einem maximalen Abstand von 35 m zwischen den Fahrdrahtaufhängepunkten. Alle Kreuzungen zwischen der Trolleybusfahrleitung und einer Fahrleitung der Strassenbahn sind im Gegensatz zu der Linie B (Bezirksgebäude-Bucheggplatz) so ausgebildet, dass ein Befahren der Kreuzung mög-

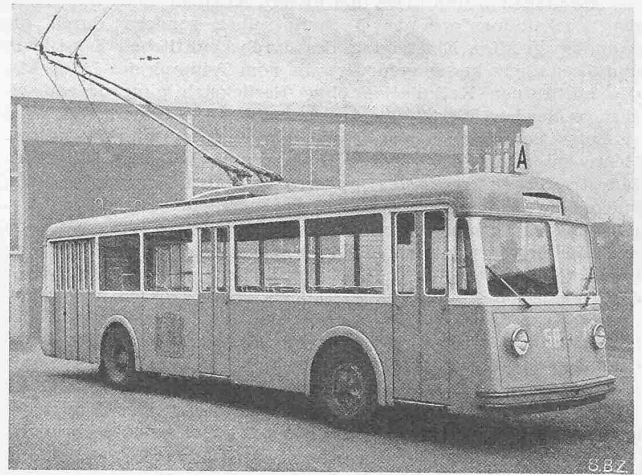


Abb. 9. Ansicht des neuen Trolleybus der St. St. Z.

lich ist, ohne dass die Energiezufuhr zum einen oder andern Fahrzeug unterbrochen werden muss (Abb. 3).

Auf der Linie A sind total vierzig solcher Kreuzungspaare eingebaut. Bei der Einmündung der Riedtliststrasse in die Weinbergstrasse (Schaffhauserplatz) ist eine Kehrschleife mit einem Radius von 4,6 m vorhanden. Die Einfahrt von der Streckenfahrleitung in die Kehre erfolgt über eine elektrische Luftweiche, deren Wirkungsweise aus dem Schaltschema Seite 187 ersichtlich ist (Abb. 4).

Die Fahrleitung ist in vier Speisestrecken aufgeteilt:

1. Albisriederplatz-Escher Wyss-Platz (Station Schlachthof)
2. Escher Wyss-Platz-Schaffhauserplatz (Station Letten)
3. Schaffhauserplatz-Winterthurerstrasse (Station Letten)
4. Winterthurerstrasse-Spyriplatz (Station Letten)

Bei Störungen in der Energiezufuhr können durch einfache Schaltungen andere Speisestrecken oder andere Unterstationen zur Energielieferung herangezogen werden. Sowohl die positiven als auch die negativen Fahrdrähte einer Speisestrecke sind von Zeit zu Zeit unter sich verbunden, um beide Querschnitte zur Energieübertragung heranzuziehen und den Spannungsabfall entsprechend zu verringern. Die negativen Fahrdrähte einer Speisestrecke, ausgenommen Speisestrecke 4, sind an zwei verschiedenen Stellen mit den Strassenbahngleisen verbunden, die die Stromrückleitung in Verbindung mit den Rückleitungskabeln nach den Unterstationen übernehmen. Die negativen Fahrdrähte der Speisestrecke 4 sind nur einmal, annähernd in der Mitte, mit den Strassenbahngleisen verbunden.

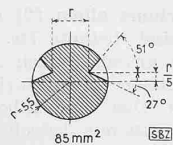


Abbildung 2. Fahrdrabtprofil

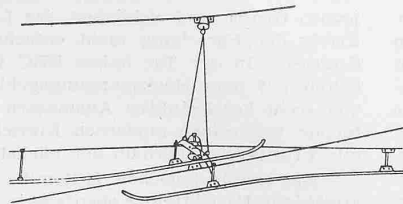


Abb. 3. Kreuzung der Fahrleitungen von Strassenbahn und Trolleybus

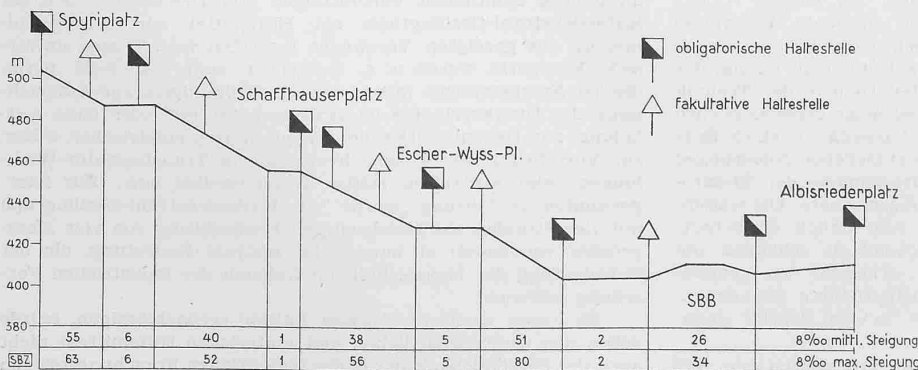
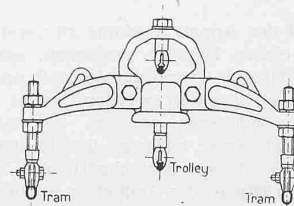


Abb. 1. Längenprofil der Trolleybusstrecke Spyriplatz-Albisriederplatz («Linie A»)

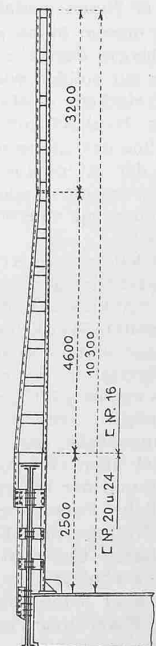


Abb. 5. Brückenmast

¹⁾ Beschrieben in SEZ Bd. 118, S. 28* (1941).