Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 25 (1934)

Heft: 7

Artikel: Entwicklung und Stand des Elektrotechnischen Institutes, Theoretische Elektrotechnik, Mess- und Hochspannungstechnik an der ETH, seit dem Jahre 1912

Autor: Kuhlmann, Karl

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056546

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: 22.08.2025

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

der Kanton Nidwalden seine Selbstversorgung auf Grund der bis heute bekannt gewordenen Projekte der Ausnützung des Bannalpbaches und des Seklisbaches an die Hand nehme. Die für die Deckung des in wenigen Jahren zu erwartenden Bedarfes von beispielsweise 3 750 000 kWh entstehenden Jahreskosten sind beim Seklisbachprojekt um 25 % und beim Bannalpprojekt um 70 % grösser als bei der Versorgung durch das Elektrizitätswerk Luzern-Engelberg, gemäss dem neuen Angebot, wie es dem Kanton vorliegt. Es wäre ein volkswirtschaftlicher Fehler, wenn der Kanton für seine Eigenversorgung durch Ausnützung der oben genannten Wasserkräfte Jahr für Jahr 50 000 bis 180 000 Fr. mehr ausgeben müsste als beim Bezug vom Elektrizitätswerk Luzern-Engelberg. Das würde gerade dem wünschbaren und letzten Endes beabsichtigten Zweck, die Bevölkerung möglichst wohlfeil mit Elektrizität für alle Bedürfnisse zu versorgen, zuwiderlaufen. Es müsste unvermeidlich dazu führen, entweder dass die Konsumenten in Nidwalden ihre elektrische Energie wesentlich teurer bezahlen als diejenigen in den umliegenden Kantonen, oder dass bei gleichen Tarifen der Kanton jährlich grössere Geldbeträge an das eigene Werk zuschiessen müsste.

Mit Nachdruck möchten wir uns der Empfehlung am Ende des vergleichenden Schlussberichtes Büchi anschliessen, dem neuen Energieversogungsvertrag mit dem EW Luzern-Engelberg den Vorzug zu geben:

- weil er für die Konsumenten die billigste Lösung darstellt,
- weil er den wechselnden und in Zukunft wohl ansteigenden Bedarf im Kanton in sicherer Weise deckt, und
- weil er dem Kanton gestattet, in absehbarer Zeit (in 11½ Jahren) die Verteilungsnetze — und zwar unter klaren Bedingungen — zurückzukaufen, um eine eigene kantonale Versorgung zu errichten, sei es mit Energiebezug en gros von einem produzierenden Werk, sei es durch die Erstellung eines eigenen Kraftwerkes.

Wir bitten die Behörden und die Stimmberechtigten von Nidwalden, in der vorstehenden Aeusserung keinerlei Bestreben zu erblicken, uns in die internen Verhältnisse ihres Kantons einzumischen, oder etwa für die eine oder andere Seite Partei zu ergreifen. Wir sind weder durch die eine noch die andere Seite hiezu aufgefordert worden. Wegleitend für uns war einzig und allein die Sorge um die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in der Schweiz, insbesondere im Kanton Nidwalden und das Bestreben, zu verhüten, dass ein volkswirtschaftlich und finanziell falscher Beschluss sich zum Schaden für alle Beteiligten auswirke.

Entwicklung und Stand des Elektrotechnischen Institutes, Theoretische Elektrotechnik, Mess- und Hochspannungstechnik an der ETH, seit dem Jahre 1912.

Von Prof. Dr. *Karl Kuhlmann.*

37(494) : 621.316.313

Es wird ein Ueberblick über die Entwicklung des elektrotechnischen Institutes an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) seit der Zeit des Professors H. F. Weber († 1912) gegeben, wobei besonders auf den mit dem Jahre 1932 vollzogenen Umbau eingegangen wird. Heute besitzt die ETH ein vorbildliches, grosszügig und zweckmässig eingerichtetes elektrotechnsiches Institut, in welchem die angehenden Elektroingenieure mit einem Minimum an Zeitaufwand für vorbereitende Arbeiten weitgehenden experimentellen Studien obliegen können.

L'auteur donne un aperçu du développement de l'Institut Electrotechnique de l'Ecole Polytechnique Fédérale (EPF) depuis l'époque du professeur H. F. Weber († 1912), en appuyant sur les transformations terminées en 1932. Aujourd'hui, l'EPF dispose d'un Institut Electrotechnique modèle et des plus perfectionné, dans lequel les futurs ingénieurs électriciens peuvent s'adonner à des études expérimentales en utilisant un minimum de temps pour les préparatifs des expériences.

Das Eidgenössische Physikgebäude an der Gloriastrasse 35, Zürich, wurde in den Jahren 1888 bis 1900 erbaut. Das Institut diente zunächst, wie aus der Zeit verständlich, vornehmlich den Bedürfnissen der Physik; doch fanden in ihm auch die experimentellen Bedürfnisse der damaligen, noch in den Anfängen der wissenschaftlichen Durchdringung steckenden Elektrotechnik Berücksichtigung. Der damalige Vorstand des Physikgebäudes war der vielen heute noch lebenden Schweizer Ingenieuren in Erinnerung stehende Prof. H. F. Weber. Er richtete in diesem Physikgebäude damals schon die nötigen Laboratoriumsräume für spezifisch elektrische Untersuchungen ein, unter anderm auch einen kleinen Maschinensaal, wie ihn Fig. 1 zeigt. Man erkennt auf diesem Bilde noch sehr deutlich die Anfänge der Elektrotechnik. Alle Untersuchungsmaschinen wurden noch über eine Transmission angetrieben; die Energie hierfür lieferten zwei Deutzer Gasmotoren und als Beleuchtung diente vornehmlich noch das Gasglühlicht. Eigentliche Schaltanlagen und Akkumulatorenräume gab es noch nicht: die Batterien waren in den Räumen aufgestellt, in denen man sie brauchte, und fast alle Leitungen waren, den augenblicklichen Bedürfnissen gerade entsprechend, fliegend installiert. Für die damalige Zeit, wo die gesamte Frequenz an Studierenden für Elektrotechnik und Maschinenbau

etwas mehr als ein Drittel von dem betrug, was wir selbst noch heute, trotz der Krise, an der Hochschule haben, waren die Einrichtungen immerhin schon so vorsorglich getroffen, dass dem damaligen Ingenieur ein den Bedürfnissen der Zeit angepasstes Wissen über elektrotechnische Dinge vermittelt werden konnte.

Mit dem Tode von H. F. Weber im Jahre 1912 wurde nun eine Trennung zwischen dem physikalischen und elektrotechnischen Institut vorgenommen, und von dieser Zeit an begann sowohl eine neue Organisation des gesamten elektrotechnischen Unterrichtes, als auch eine allmähliche innere Umgestaltung, besonders des Elektrotechnischen Institutes. Es zeigte sich hierbei, dass die alten Einrichtungen den zukünftigen Bedürfnissen natürlich nicht mehr gerecht werden konnten, und der Verfasser, dem die Leitung des Elektrotechnischen Institutes anvertaut wurde, strebte zunächst einmal mit den einfachsten Mitteln und so schnell als möglich eine den speziellen Bedürfnissen der damaligen Elektrotechnik angepasste innere Ausgestaltung an. Die Akkumulatorenbatterien wurden in einem grossen Raume zusammengefasst und dank der Unterstützung des inzwischen verstorbenen Direktors Wagner vom EW Zürich wurde auch eine Transformatorenstation mit Anschluss an das Stadtnetz eingerichtet. Im Frühjahr 1913 war die innere Ausgestaltung schon so weit vorgeschritten, dass man in allen Räumen ausser elektrischer Beleuchtung auch die nötige elektrische Energie für die experimentellen Arbeiten bekommen konnte. Allmählich verschwanden auch die Gasmotoren, die Transmissionen und Riemenvorgelege im Maschinensaal. Es wurden neue Maschinensockel errichtet und geeignete Schalttafeln dazu in der Institutswerkstatt angefertigt. Eine grössere Hauptschalttafel baute nach unsern Angaben die Firma Sprecher & Schuh in Aarau, und mit Beginn des Jahres 1914 war zu dem alten Maschinensaale bereits ein neuer hinzugekommen, der frühere Süd-Lichthof. In ihm wurde ein grösseres Maschinenaggregat von ca. 60 kW, welches die Maschinenfabrik Oerlikon lieferte, aufgestellt. Selbstverständlich waren das alles zunächst nur Notbehelfe, und die Mittel, die hierfür zur Verfügung standen, waren sehr bescheidene. Zum Teil waren sie dadurch beschafft worden, dass uns für die riesigen Kupfermassen, welche in den alten Maschinen steckten, die Firmen Brown Boveri & Cie. A.-G., Baden, und Maschinenfabrik Oerlikon modernere, kleine Maschinen lieferten.

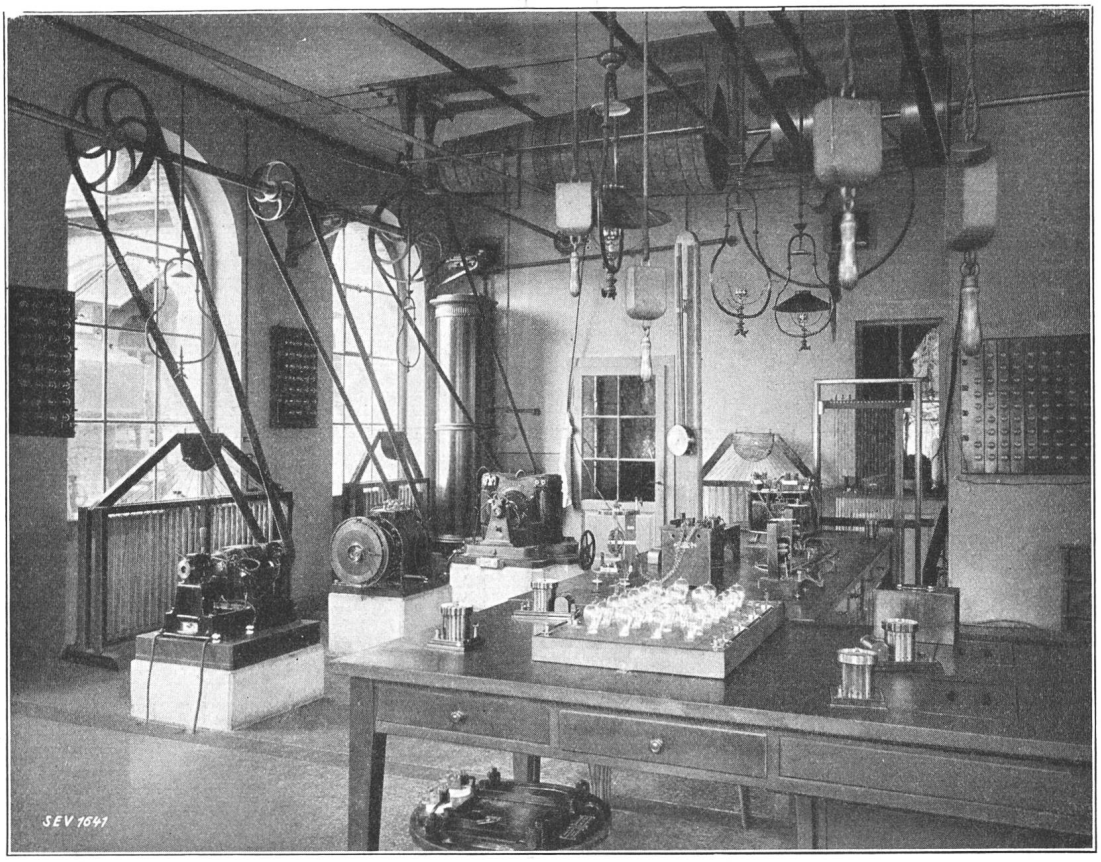

Fig. 1.
Alter Maschinensaal vor 1912.

Unsere Pläne, wie das Institut weiter ausgestaltet werden sollte, gingen aber weiter, und schon 1913 wurden Entwürfe für die Erweiterung des ganzen Physikgebäudes ausgearbeitet, wobei bereits eine Verbindung der beiden Flügel des im Grundriss als E-Form gestalteten Gebäudes vorgesehen wurde. Im Prinzip sind in den jetzt weiter zu beschreibenden

Neubauten diese Gedanken verwirklicht worden. Der Krieg brachte eine Unterbrechung in der Entwicklung. Besondere Mittel konnten damals von den Behörden nicht mehr bereitgestellt werden und wir trachteten nur darnach, der zwar gewaltig ansteigenden Frequenz an Studierenden und dem immer grösser werdenden wissenschaftlichen Fragenkomplex so gut als möglich gerecht zu werden. Es war ein langsames Weiterbauen, aber es ging doch stetig vorwärts. Fig. 2 lässt dies erkennen. Sie zeigt den veränderten alten Maschinensaal, wie er bis zum Jahre 1932 bestanden hat.

bei Anlass des 75jährigen Jubiläums der ETH im Jahre 1930 von den Firmen Brown Boveri & Cie. A.-G., Baden, und Maschinenfabrik Oerlikon noch eine besondere Schenkung in Waren (Transformatoren, Maschinen, Schalttafeln usw.) im Betrage von 150 000 Fr. zur Verfügung gestellt, die zur Erstellung eines modernen Hochspannungslaboratoriums dienen sollte.

Das heutige Physikgebäude enthält nun ausser einem ganz modern eingerichteten Physikalischen Institut (Prof. Dr. Scherrer) ein Elektrotechnisches Institut für Messtechnik und Hochspannungstech-

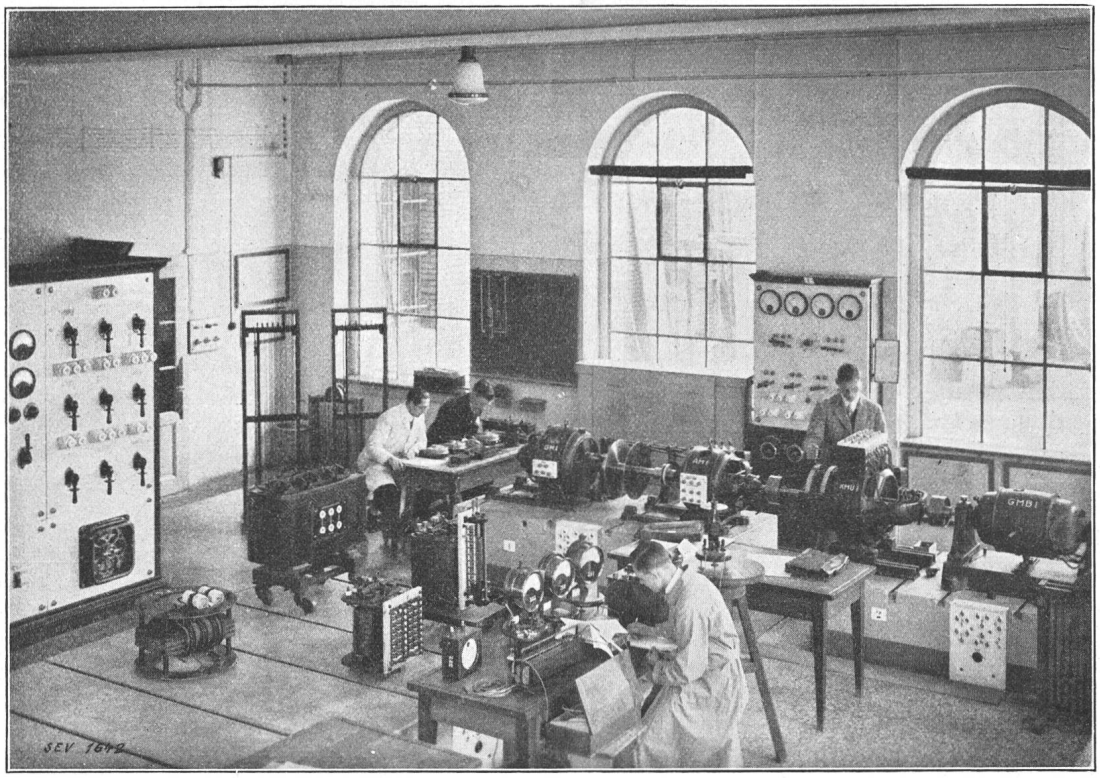

Fig. 2.
Gleicher Maschinensaal wie Fig. 1 ab 1917.

Viele Wünsche aber, die damals ihrer Befriedigung harrten, waren noch nicht erfüllt. Die aufkommende Hochfrequenztechnik und die immer wichtiger werdende Schwachstromtechnik konnten nur gelegentlich in Diplomarbeiten eine experimentelle Berücksichtigung finden, und ebenso die Hochspannungstechnik. Das änderte sich nun mit dem 1932 vollzogenen Umbau des Institutes, der uns, dank dem grossen Interesse, das der Schweizerische Schulrat und die eidgenössischen Behörden der Hochschule und speziell unserer 3. Abteilung erwiesen, die Erfüllung aller lang gehegten Wünsche brachte. Mit dem Elektrotechnischen Institut wurde gleichzeitig auch das Physikalische Institut durch Herrn Prof. Dr. Scherrer einer vollständigen inneren zeitgemässen Umänderung unterzogen. Die Mittel, welche die Eidgenossenschaft für alle diese Umbauten zur Verfügung stellte, beliefen sich auf etwa 2,5 Millionen Franken. Hierzu wurde

nik (Prof. Dr. Kuhlmann), ein Institut für Schwachstromtechnik (Prof. Dr. Forrer), ein Institut für Hochfrequenztechnik (Prof. Dr. Tank) und ein Institut für Technische Physik (Prof. Dr. Fischer). Ich beschränke mich weiter natürlich nur auf die Beschreibung des mir unterstellten Institutes für Messtechnik und Hochspannungstechnik.

1. Energieversorgung.

Die Speisung mit elektrischer Energie erfolgt vom Städtischen Elektrizitätswerk mit Dreiphasenstrom 6000 V bei 50 Per./s. Die maximal zur Verfügung stehende Leistung ist 600 kVA und wird durch drei Transformatoren: 6000/500 V für 480 kVA, 6000/250 V für 100 kVA und 500/125 V für 100 kVA auf Gebrauchsspannung gebracht. Von den drei Sammelschienen für Dreiphasenstrom (3 ~) 500, 250 und 125 V gelangt die Energie in die einzelnen Räume. Ein im Südhof aufgestelltes

Umformer-Aggregat und auch ein im Nordhof stehender Quecksilberdampfgleichrichter verwandeln diese Energien teilweise in Gleichstrom, der in den Akkumulatorenbatterien (Fig. 3) aufgespeichert wird.

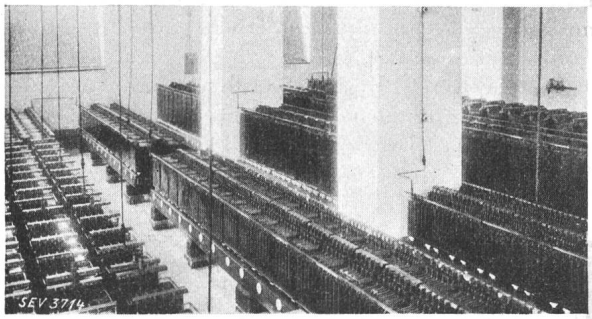

Fig. 3.
Akkumulatorenraum.

2. Akkumulatoren.

Aus diesen Batterien wird fast der ganze im Institut verbrauchte Gleichstrom bezogen. Die Verteilung nach den einzelnen Räumen des Institutes erfolgt über eine grosse Verteilungsschalttafel für Gleichsrom (Fig. 4) über geeignete Trenner und automatische Schalter. Die gesamte Gleichstromenergie geht aus von folgenden Sammelschienen:

1. 3-Leiter-Sammelschiene für 240 V mit Mittelanzapfung, Kapazität etwa 1000 Ah bei 165 A Entladestrom, bestimmt für Maschinenuntersuchungen in den Maschinen-Laboratorien.
2. 3-Leiter-Sammelschiene für 240 V mit Mittelanzapfung für eine Kapazität von 250 Ah bei 45 A Entladestrom. Sie versorgt besonders die Messlaboratorien.
3. Sammelschiene für 8 V, 16 V und 2 × 24 V, je mit einer Kapazität von etwa 200 Ah.

Beim Betrieb des Laboratoriums werden in die Leitung der 240 V-Batterien zwei Zusatzgeneratoren mit abgestimmter Serieerregung eingeschaltet. Diese

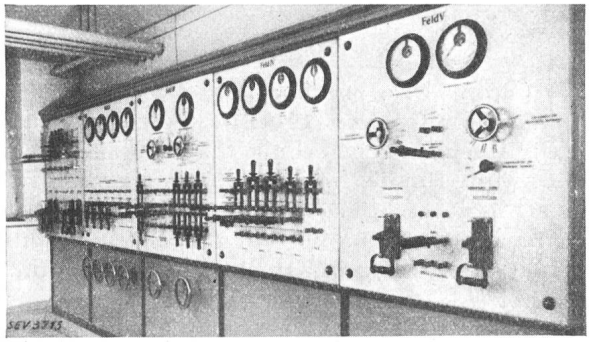

Fig. 4.
Schalttafel für Akkumulatorenraum.

Maschinen haben die Aufgabe, den Spannungsabfall in den Zuleitungen zu den Maschinensälen so zu kompensieren, dass die Spannung an den Arbeitsplätzen stets konstant ist. Die Ladung der 240-V-Batterien erfolgt mit einem besonderen Ladeaggregat, die der kleineren Batterien dagegen mit der erwähnten Zusatzgruppe, jedoch in Nebenschluss-Schaltung. Diese Zusatzmaschinen sind hinter der Gleichstromschalttafel untergebracht (Fig. 5, die hinteren zwei Aggregate). Die vorderen zwei Aggregate sind Hochfrequenzmaschinen, welche durch die rechts sichtbare Schalttafel ihre

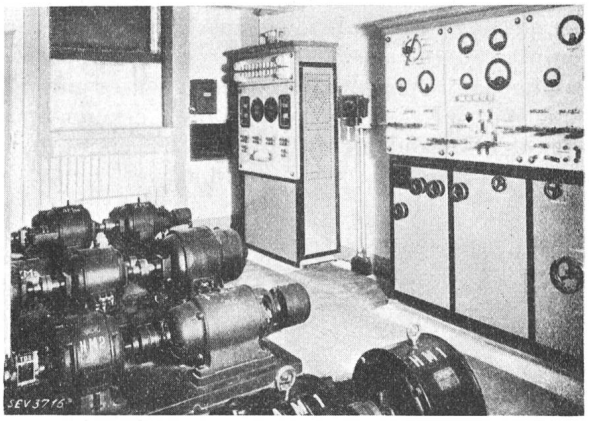

Fig. 5.
Hilfsmaschinen für die Maschinenlaboratorien.

Leistungen in die verschiedenen Laboratoriumsräume abgeben können. Das zur Wartung der Akkumulatoren nötige destillierte Wasser wird in einem elektrisch geheizten Destillierapparat von ca. 4 Liter Stundenleistung erzeugt und in einem Reservoir von ca. 600 Liter Inhalt gefasst.

3. Hörsaal.

Fassungsvermögen: 125 Sitzplätze (Fig. 6). Allgemeine Einrichtungen: Experimentiertisch, Projektionswand, Projektionsapparat, Wandtafeln mit motorischem Antrieb.

Elektrische Einrichtungen: Neben den fünf festen Spannungen von —240 V; —8 V; —24 V; 3 ~ 250 V; 3 ~ 125 V führen sechs dreiphasige Wahlleitungen auf den Linienwähler des Hörsaales. Diese Wahlleitungen ermöglichen, von irgendeiner beliebigen Stelle des Instituts aus eine beliebige Spannung oder eine Maschine in den Hörsaal zu schalten und fern zu regulieren. Die Verteilung der ankommenden Spannung erfolgt auf 16 dreipolige Schalter, die in zwei Pulten untergebracht sind (hinter den Säulen des Hörsaales sichtbar). In den gleichen Schaltpulten sind ferner Anlass- und Belastungswiderstände für 2,5 kW, Spannungsteiler für 250 V, 3 ~ Induktionsregler für ca. 1,6 kVA bei einer regulierten Spannung zwischen 40 und 460 V eingebaut. Ferner ist auf einem schallisolierten Betonsockel eine Maschinengruppe, bestehend aus einer Gleichstrommaschine, einer Asynchronmaschine, einer universell verwendbaren Kommutatormaschine, einem Einankerumformer und einem Doppelinduktionsregler, aufgestellt. Diese von der Maschinenfabrik Oerlikon speziell für Unterrichtszwecke erbaute Gruppe ermöglicht, fast sämtliche in der Elektrotechnik bekannten Eigenschaften der Einzelmaschine wie diejenigen der komplizierteren Kaskadenschaltungen zu demonstrieren.

Um Versuche aus der Hochspannungstechnik vorführen zu können, ist ein Hochspannungstransformator für maximal 65 000 V in primärer Verbindung mit dem bereits erwähnten Induktionsregler aufgestellt.

Neben den Leitungen für Gas, Wasser, Pressluft ist eine solche für Vorvakuum vorhanden. Diese Vorvakuumleitung wird zu einer Zentralgruppe geführt, die neben dem Hörsaal noch weitere Räume versorgt. Der minimale Druck in dieser Leitung beträgt ca. 0,001 mm Hg-Säule, die «Vakuumreserve» ca. 300 Liter. Anschliessend an den Hörsaal befindet sich das Depositorium, wo die spezifischen Hörsaalinstrumente und die Hilfsmittel der Experimentalvorlesungen aufbewahrt werden.

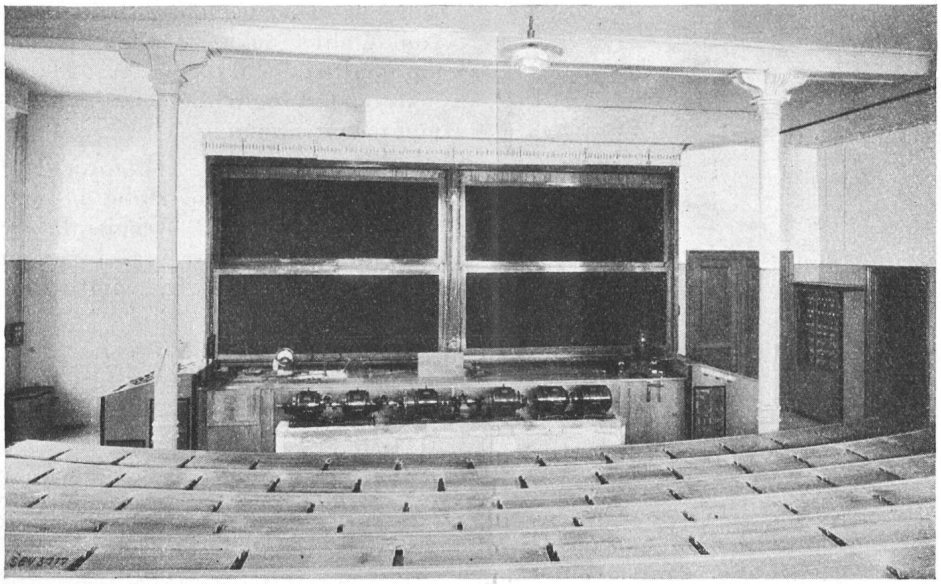

Fig. 6.
Hörsaal.

4. Anfängerpraktikum.

Das Anfängerpraktikum (Laboratorium A; Fig. 7 und 8) hat den Zweck, die Studierenden mit den Grundelementen der experimentellen Elektrotechnik vertraut zu machen. Zweckentsprechend ist es nun in der Hauptsache ein messtechnisches Laboratorium. 28 Arbeitsplätze, verteilt auf sieben Räume, bieten bequem 100 bis 120 Studierenden Platz zum Experimentieren. Von den erwähnten sieben Räumen sind zwei für lichttechnische Versuche als Dunkelzimmer ausgebaut. Zu erwähnen ist noch die aussergewöhnlich grosse Ulbrichtsche Kugel von 2,5 m Durchmesser.

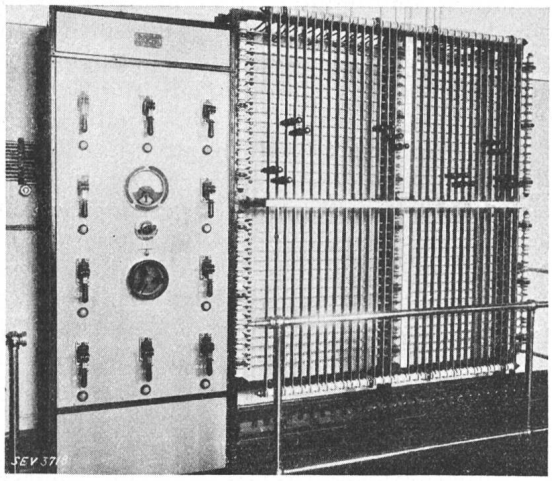

Fig. 7.
Spannungsverteilungsstelle im Laboratorium A (Anfängerlaboratorium).

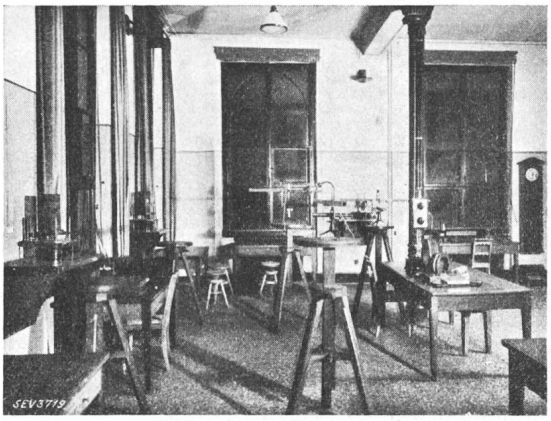

Fig. 8.
Arbeitsplätze im Laboratorium A (Anfängerlaboratorium).

5. Das feinmesstechnische Laboratorium.

Zur weiteren Vervollkommnung auf dem messtechnischen Gebiete, wobei auf Genauigkeit und Sorgfältigkeit der Messung das Hauptgewicht gelegt wird, besitzt das Institut ein Speziallaboratorium (Fig. 9). Der Ausbau dieses Laboratoriums ist seinem Zweck entsprechend so getroffen worden, dass eine gegenseitige Beeinflussung der darin

vorzunehmenden Versuche nach Möglichkeit ausgeschlossen ist. Die Arbeitsplätze sind in voneinander getrennte Räume verlegt. Zahl der Arbeitsplätze: 10; Zahl der Räume: 9.

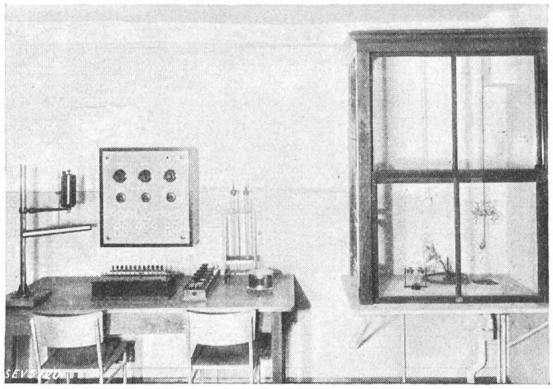

Fig. 9.
Zimmer im Feinmesslaboratorium (für fortgeschrittene Studierende).

6. Maschinenlaboratorium.

Das Maschinenlaboratorium besteht aus drei Arbeitssälen, wovon zwei beim Umbau modernisiert und einer neuerbaut wurde. Die in jedem Saal ankommenden Spannungen werden über automatische Schalter auf einen sogenannten Linienwähler geführt, an dem die Verteilung auf die einzelnen Plätze vorgenommen wird.

a) Südhof (Fig. 10). Untersuchungsraum für Maschinen von ca. 50 kW Leistung. Da es sich dabei um grössere Maschinenaggregate handelt, sind diese fest im Fundamentboden montiert und an Schalttafeln angeschlossen. Dabei ist die Leitungsführung so durchgeführt worden, dass die universelle Verwendung der Maschinen für Lehrzwecke beibehalten wurde. Diese Maschinen dienen ausser zur Untersuchung noch zur Erzeugung aussergewöhnlicher Stromarten, z. B. Zweiphasenstrom, abnormale Frequenz und Spannung usw.

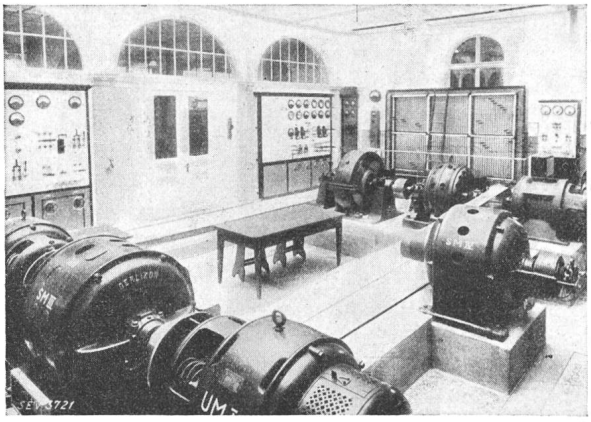

Fig. 10.
Südhof-Maschinenlaboratorium.

b) Nordhof (Fig. 11). Untersuchungsraum für Maschinenaggregate von ca. 4 bis 5 kW, bestehend aus fünf Arbeitsplätzen von je drei Maschinen. Der sechste Platz ist als Arbeitsstelle für Untersuchung eines sechsphasigen Quecksilberdampfgleichrichters von Brown Boveri für 200 V und 80 A Gleichstrom bestimmt. Sämtliche Plätze sind mit einem Belastungswiderstand für einphasige Last von ca. 4,5 kW bei 120 V versehen, wobei dieser durch Umschaltung auch als Anlasser für eine Gleichstrommaschine dienen kann. Ferner ist ein Nebenschlusswiderstand auf jedem Arbeitsplatz eingebaut. Die vom Wähler ankommenden Spannungen gehen auf automatische Platzschalter; Platzsicherungen finden nach Möglichkeit im ganzen Institute nicht mehr Verwendung.

c) Maschinensaal (Figur 12). Masse: Länge 20,5 m, Breite 12 m, Höhe 4,8 m. Dieser Arbeitsraum besteht aus 18 Arbeitsplätzen, wovon 12 für Maschinen- und 6 für Transformatorenuntersuchungen ausgebaut sind. Die sämtlichen Schaltapparate sind in einem Platzpult vereinigt. Der Ausbau dieser Schaltpulte ist ähnlich demjenigen des Nordhofes und ist von der Firma Brown Boveri gebaut worden. An den Transformatorenplätzen sind der Belastungswiderstand und Nebenschlusswiderstand weggelassen worden. Zur Messung der Drehzahlen sind an den Motorenplätzen Tachometermaschinen vorgesehen. — Für sorgfältige Untersuchungen an Maschinen sind noch folgende Hilfsapparate vorhanden: 6 Belastungswiderstände für 500 V verkettet und 35 A Maximalstrom, Totalleistung ca. 175 kW; stetig veränderliche dreiphasige Induktivität für 250 V und 2 bis 35 A, gebaut von der Fa. Moser, Glaser & Co., Basel; veränderliche dreiphasige Kapazität für 300 V Dauerspannung (500 V bis eine Stunde) und 1 bis 200 μF pro Phase in ca. 100 Stufen regulierbar, Fabrikat E. Haefely & Cie. A.-G., Basel. Zur Erzeugung von variablen Spannungen stehen neben sämtlichen Maschinen noch zur Verfügung: ein 3 ~ Induktionsregler 0 bis 600 V und 35 A Dauerstrom; ein 3 ~ Stufentransformator 30 bis 250 V, 45 A Dauerstrom, in 12 Stufen regulierbar; ein Drehstrom-Doppelinduktionsregler 0 bis 125 V, 35 A Dauerstrom; ferner eine Reihe Einphasenstufentransformatoren.

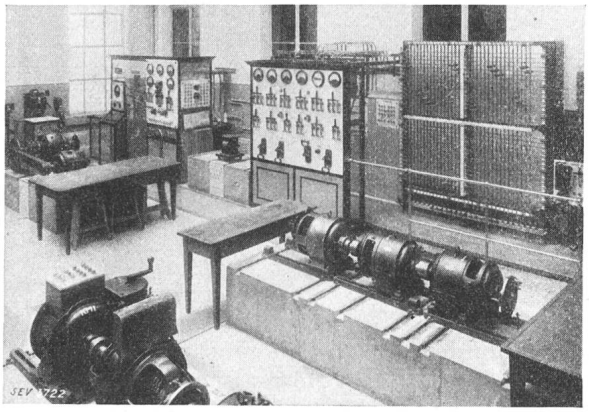

Fig. 11.
Nordhof-Maschinenlaboratorium.

Die Zahl der zur Untersuchung verfügbaren Maschinen und Apparate beträgt ca. 85. Es sind dies:

1 ~ Transformatoren
3 ~ Transformatoren
3 ~ Induktionsregler (einfach und doppelt)
3 ~ Asynchronmaschinen (Schleifring- und Käfigankermotoren)
3 ~ Synchronmaschinen
Einankerumformer
Gleichstrommaschinen
(Serie-, Nebenschluss- und Kompoundmaschinen; einige davon sind als Pendelmaschinen ausgebaut)
1 ~ Kommutatormaschinen (Repulsions-, Serie-, Deri-, Fynmotor)
Phasenschieber
3 ~ Kommutatormaschinen (Serie- und Nebenschluss)
Gleichrichter (Eisen- und Glas-Quecksilberdampfgleichrichter).

Sämtliche Maschinen sind so ausgebaut, dass ihre universelle Verwendung für Spezialuntersuchungen gewährleistet ist. Die Anordnung der Maschinen ist so getroffen, dass eine elektrische und mechanische Kopplung leicht herstellbar ist, was für Untersuchungen von komplizierten Kaskadenschaltungen von Vorteil ist.

d) Anschliessend an den Maschinensaal befindet sich ein *Instrumentenmagazin* (Fig. 13). Dieser Raum ist eine zentrale Aufbewahrungstelle für Instrumente und Hilfsapparate, welche für den Nordhof, den Südhof und den grossen Maschinensaal benötigt werden. Auf diese Art ist die Magazinierung der Hilfsapparate in der Laboratoriumsräumlichkeit selbst verhindert worden, wodurch eine grössere Uebersicht über das zur Verfügung stehende Material gewährleistet ist. Für Apparate, die meistens in andern Laboratorien Verwendung finden, sind ähnliche Magazinräume in der Nähe der Arbeitsstätten geschaffen worden (Hochspannungsraum, Messtechnisches und Anfängerlaboratorium).

Fig. 12.
Grosser Maschinensaal.

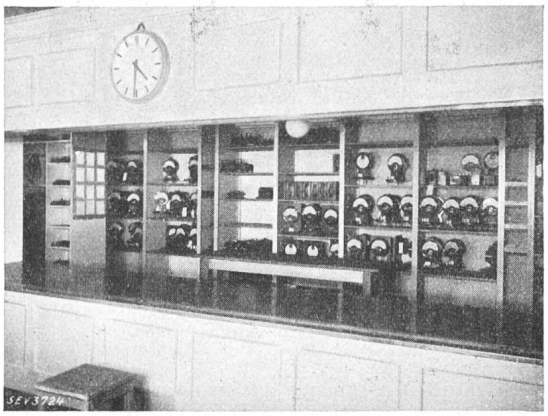

Fig. 13.
Instrumentenmagazin für den grossen Maschinensaal, Nordhof- und Südhof-Laboratorium.

7. Hochspannungslaboratorium.

Stromquelle. Maschinenaggregat, gebaut von der Maschinenfabrik Oerlikon (Fig. 14), bestehend aus

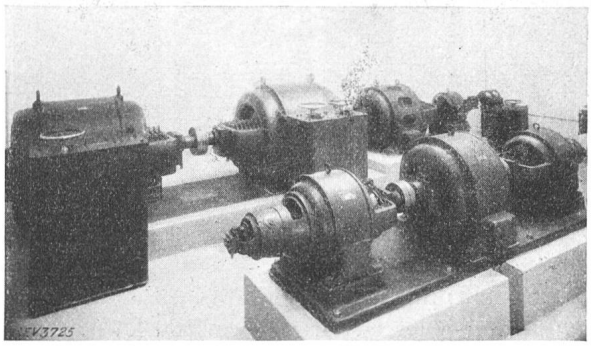

Fig. 14.
Generatoren für das Hochspannungslaboratorium.

zwei 3 ~ Generatoren und einer Antriebsmaschine. Die Antriebsmaschine wird als Asynchronmaschine (AM) angelassen und alsdann als Synchron-Induktionsmotor (SI) umgeschaltet. Die normale Drehzahl als SI-Motor ist 1500/min. Als AM verringert sich die Drehzahl entsprechend der Schlupffrequenz. Die Generatoren sind auf 500 V oder 1000 V schaltbar. Die Frequenz ist auch wählbar. Die Einstellung geschieht in Stufen durch Pol-Umschaltung $f = 50, 100, 150$ Per./s. Die Verwendung der An-

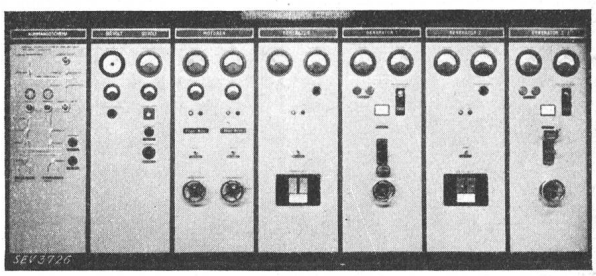

Fig. 15.
Vorderseite der Schalttafel im Hochspannungsraum.

triebsmaschine in der Görges-Schaltung ermöglicht die Reduktion der Drehzahl und somit auch der Frequenz auf die Hälfte. Die so resultierenden Frequenzen sind 25, 50 und 75 Per./s. Die Maschinen können parallel oder in Serie geschaltet werden, wobei eine beliebige Verdrehung der Phasen der beiden Generatoren gegeneinander möglich ist. Es ist somit bei Serieschaltung die Herstellung einer beliebig verzerrten Spannungskurve ohne weiteres ermöglicht.

Zur Erregung der Synchrongeneratoren ist ein weiteres Erregeraggregat vorhanden, welches aus vier Gleichstromerregermaschinen besteht. Die Regulierung der Spannung erfolgt im Erregerkreis der zweiten Erregermaschine. Die Erregerleistung beider Maschinen beträgt maximal ca. 60 kW.

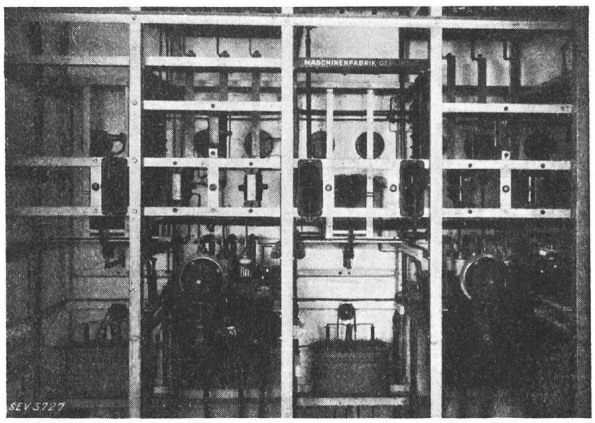

Fig. 16.
Rückseite der Schalttafel im Hochspannungsraum.

Normalleistung der Generatoren je 250 kVA, Stossleistung jedes Generators ca. 600 kVA.

Die Generatoren können wahlweise auch in den übrigen Räumen des Institutes verwendet werden; damit ist ihre dreiphasige Ausführung gerechtfertigt.

Schalttafel (Fig. 15 und 16). Die Generatoren arbeiten über Oelschalter auf zwei Sammelschienen-

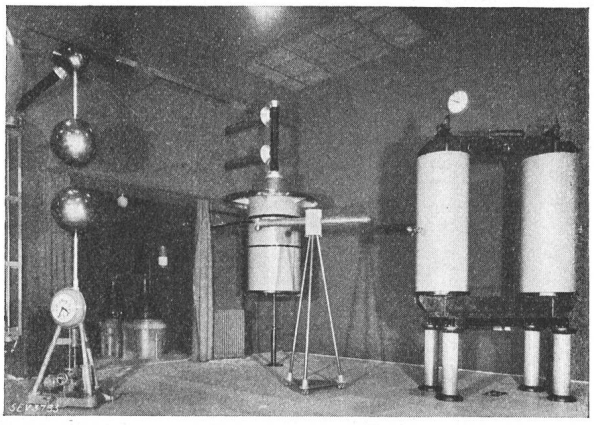

Fig. 17.
500 kV-Transformator, Hochspannungskondensator, grosse Kugelfunkenstrecke im Hochspannungsraum.

systeme der von der Maschinenfabrik Oerlikon erbauten Schalttafel. Die Fernschaltung der Oelschalter auf diese Sammelschienen geschieht von den Bedienungspulten im Hochspannungsraum aus, wobei jedem Sammelschienensystem ein Bedienungspult entspricht. Ueber jeden Schaltungszustand der Maschinen und der Anlage informiert auf der Schalttafel ein Leuchtschema, das, kombiniert mit verschiedenen Verriegelungsleitungen, eine Fehlschaltung verhindert.

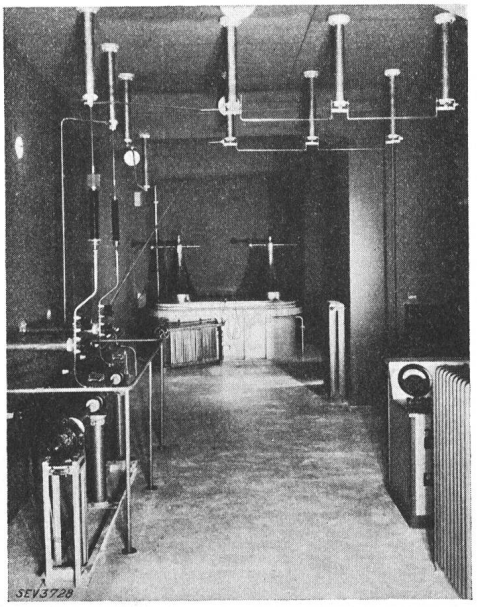

Fig. 18.
Röhren-Gleichrichteranlage für 200 kV.

Hochspannungsraum. a) Masse des *Hauptraumes:* Länge 21 m, Höhe 9,5 m, Breite 12 m. Für die Untersuchungen stehen folgende Apparate zur Verfügung:

1. Ein Transformator für 500 kV, 250 kVA (6-Stundenlast) (Fig. 17). Erbauer: Brown Boveri.
2. Ein Transformator für 250 kV, 200 kVA Dauerlast (Fig. 18). Erbauer: Brown Boveri.

Die Serieschaltung beider Transformatoren ergibt eine Höchstspannung von 750 kV.

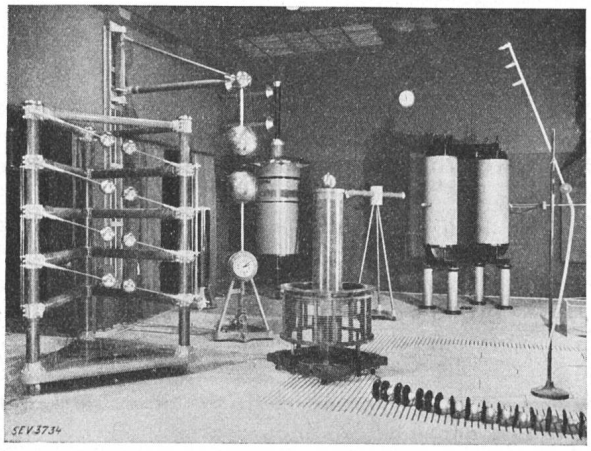

Fig. 19.
500 kV-Transformator, Teslatransformator, Messkondensator, Kugelfunkenstrecke und Stossanlage.

3. Eine Kugelmessfunkenstrecke für ca. 1000 kV, 750 mm Kugeldurchmesser (Fig. 17) (Brown Boveri).
4. Eine Messfunkenstrecke für ca. 350 kV von 250 mm Kugeldurchmesser (Brown Boveri).
5. Eine Röhrengleichrichteranlage für 200 kV und 200 kW Gleichstrom (Fig. 18) (Brown Boveri).

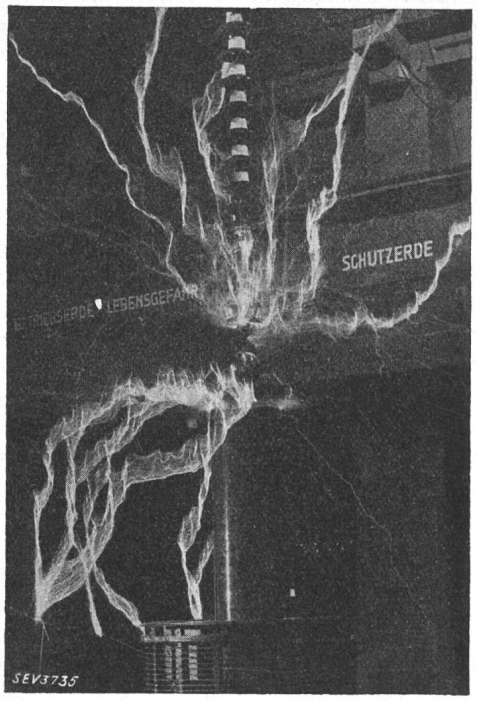

Fig. 20.
Teslatransformator im Betriebe.

6. Eine Stossanlage für ca. 600 kV und ca. 1 250 000 kW Stossleistung bei vollständiger Entladung der ganzen Anlage in 1 bis 0,5 μs (Fig. 19) (Brown Boveri).
7. Ein Teslatransformator, der bei Anregung mit Wechselstrom eine Maximalspannung von 1000 kV bei 100 000 Per./s erzeugt (Fig. 19 und 20) (Brown Boveri).
8. Ein verlustfreier, linear regelbarer Messkondensator nach Patent von Prof. Dr. Ing. K. Kuhlmann für 500 kV für 0 bis 40 cm oder 0 bis 400 cm (Fig. 17 und 19) (gebaut von der Micafil A.-G., Zürich-Altstetten, und Trüb, Täuber & Co., Zürich).
9. Ein induktivitäts- und kapazitätsfreier Messwiderstand für 500 kV (gebaut im Institut).

b) Nebenraum. Längs der Westwand des Hochspannungsraumes sind drei durch Asbestvorhänge abgetrennte Räume geschaffen, welche etwa 4,7 m hoch sind. Zwei dieser Räume dienen speziellen Untersuchungen, der dritte als Magazin für alle diejenigen Apparate, die nicht gerade benötigt werden. Hierdurch ist stets für genügend Platz in den Räumen des Hochspannungsraumes, in welchen gerade gearbeitet wird, gesorgt.

Für die Versuche unter Oel ist ein *Oeltank* mit ca. 20 Tonnen Transformatoröl vorhanden. Zur Wartung der Oeltankanlage (erbaut von Brown Boveri und Maschinenfabrik Oerlikon) ist ein System von festen Rohrleitungen vorhanden, an dem sämtliche Oel enthaltende Apparate neben einigen freien Leitungssystemen angeschlossen sind. Eine entsprechende Umschaltung ermöglicht eine Filtrierung, Heizung und Kühlung des Oeles (Fig. 21).

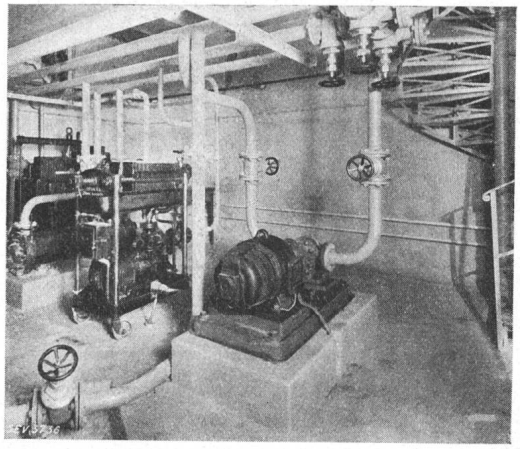

Fig. 21.
Maschinen im Oelkeller.

Messraum. Anschliessend an den Hochspannungsraum befindet sich ein kleiner Messraum, wo Messbrücken, Oszillographen und Projektionseinrichtungen aufgestellt sind. Die Projektion erfolgt aus dem Messraum in den Hochspannungsraum auf eine transportable Leinwand.

Faraday-Käfig. Der ganze Hochspannungsraum ist innenseitig mit einem Faradayschen Käfig umgeben, der die Störung der umliegenden Laboratorien wie die des Rundfunkempfanges vermeiden soll und nach den bisherigen Erfahrungen dies vollauf tut.

Galerie. Zur gefahrlosen Beobachtung von Versuchen durch Studierende ist längs der Südwand des Hochspannungs-Versuchsraumes eine Galerie angebracht.

Für Forschungsarbeiten mit geringerer Spannung bis ca. 100 kV steht im Parterre noch ein weiterer, entsprechend eingerichteter Raum zur Verfügung (Fig. 22). Die Lieferungen der elektrischen Einrichtungen des Hochspannungsraumes stammen in der Hauptsache von den Firmen Brown Boveri, Maschinenfabrik Oerlikon, Micafil und Haefely.

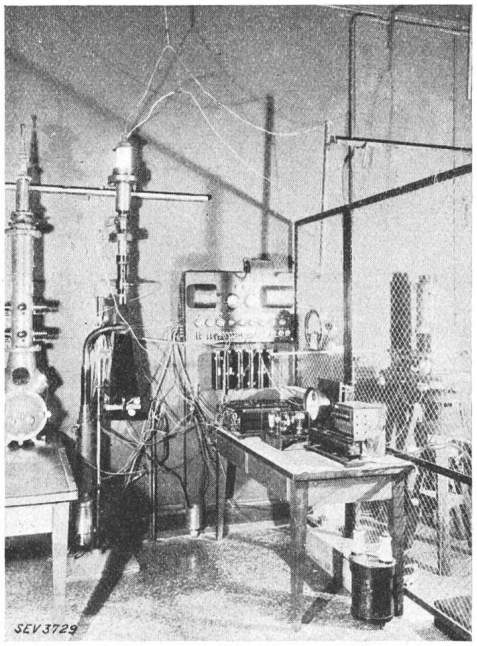

Fig. 22.
Kleines Forschungslaboratorium für Hochspannung.

8. Eichraum.

Ein besonderer Raum ist als ein Präzisions-Eichlaboratorium für die Instrumente des Institutes eingerichtet. In diesem Laboratorium befindet sich neben verschiedenen Eicheinrichtungen eine von der Firma Landis & Gyr, Zug, dem Elektrotechnischen Institute geschenkte Eichstation für Zähler mit zugehörigem Maschinenaggregat.

9. Allgemeine Einrichtungen.

Um eine bessere Ausnützung der Einrichtungen des Institutes zu ermöglichen, sind überall verzweigte Systeme von *Hilfsleitungen* angeordnet, die ermöglichen, von irgendeinem Arbeitsplatz des Institutes aus eine beliebige Maschine in einem andern Raume des Hauses fernzuregulieren und zu belasten. Diese Einrichtung ist von grossem Nutzen und Vorteil.

Zur allgemeinen Verwendung stehen, neben einer Anzahl von Apparaten, Maschinen und Hilfseinrichtungen, zwei Schleifen-Oszillographen und zwei Kathodenstrahl-Oszillographen zur Verfügung.

Schleifen-Oszillographen: Ein Schleifen-Oszillograph älteren Types und ein moderner Siemens-Oszillograph mit drei Schleifen, wobei ein Ausbau auf sechs Schleifen jederzeit möglich ist.

Kathodenstrahl-Oszillographen: Ein im Institut gebauter für 15 kV, ein anderer für 60 kV, hergestellt von der Firma Trüb, Täuber & Co.

Im ganzen Hause sind eine Reihe *Notschalter* angebracht, die ermöglichen, bei Gefahr das Institut spannungslos zu machen, indem durch Fernbetätigung die Speiseleitung abgetrennt wird. Ebenfalls ist eine sich automatisch einschaltende Notbeleuchtung des Institutes vorhanden.

Es ist noch zu bemerken, dass für rasche Herstellung der Schaltung im Elektrotechnischen Institut ein *Spezialsteckersystem* entwickelt wurde, wobei sämtliche zeitraubenden Schraubverbindungen wegfallen (Herstellerin: Suhner & Co., Herisau).

In einer modern eingerichteten *Werkstatt* werden neben den nötigen Reparaturen auch die Neuapparaturen für Messungen hergestellt. Für die Studierenden und Doktoranden ist im Kellergeschoss eine zweite Werkstatt vorhanden.

Da mit der Möglichkeit von Unfällen in einem solchen Institute gerechnet werden muss, stehen zwei Tragbahren mit dem nötigen Deckenmaterial und mit einem Medikamentenschrank sowie einigen besonders wichtigen chirurgischen Werkzeugen in einer *Unfallstation* zur Verfügung.

Als *Brandschutz* ist ausser einer Anzahl Hydranten und Handfeuerlöscher eine *Schaumlöschanlage* im Hochspannungslaboratorium, und zwar in der Nähe des grossen Oeltankes, vorhanden.

Der Hörsaal und der Hochspannungsraum sind an die grosse *Lüftungsanlage* des Institutes angeschlossen.

Wie aus vorstehender Beschreibung hervorgehen dürfte, besitzt die ETH heute dem Entwicklungsstande der Elektrotechnik entsprechende Laboratorien. Hoffnung und Wunsch muss es allen, die an der Hochschule und dem dort Gebotenen Interesse haben, bleiben, dass diese hervorragenden Einrichtungen nun nicht nur von Studierenden, sondern auch von Doktoranden in genügender Zahl benützt werden, damit neben dem eigentlichen Lehrstoff auch das ewig verjüngende Neue aus der Hochschule hervorgeht, ohne das die Technik nicht leben kann. Gewiss gehört hierzu insbesondere heute ein gewisser Idealismus; aber ich halte es trotzdem nicht für ausgeschlossen, dass die Mittel auch einmal zur Verfügung stehen, um gerade den begabtesten, aber nicht immer mit den nötigen materiellen Mitteln ausgerüsteten Studierenden zu ermöglichen, in dieser Richtung sich leichter als bisher an der Hochschule betätigen zu können.