**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 62 (1971)

**Heft:** 4

**Artikel:** Die elektrischen Einrichtungen des Elektrotechnischen Instituts EPF-Lausanne

**Autor:** Hamburger, E.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-915801

**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**

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## Die elektrischen Einrichtungen des Elektrotechnischen Instituts der EPF–Lausanne

Von Frl. *E. Hamburger,* Lausanne

621.317.2(494.451.1):061.5
*(Übersetzung)*

### 1. Einleitung

Das Elektrotechnische Institut (EI) wurde in den Jahren 1963/64 erbaut. Die «Ecole Polytechnique de Lausanne» war damals noch eine Abteilung der «Université de Lausanne» und hiess «EPUL». Sie stand somit unter der Autorität des Kantons Waadt. Der Baukredit war, trotzdem ein Drittel vom Bund zur Verfügung gestellt wurde, bescheiden. Die Baukosten des Gebäudes (Fig. 1) samt Mobiliar, Inneneinrichtungen und zusätzlichem Kredit zur Deckung der Teuerung betrugen 6500000 Franken.

Mit den beschränkten, zur Verfügung stehenden Mitteln auszukommen, war nur dadurch möglich, dass die den besonderen Zwecken des Unterrichts entsprechenden Inneneinrichtungen zum grössten Teil in den eigenen Werkstätten erstellt wurden. Es scheint uns deshalb — und wir wurden hierin auch durch Besprechungen mit Kollegen anderer Technischen Hochschulen bestärkt — dass einige Angaben über die bei der Einrichtung des Institutes gewonnenen Erfahrungen auch für andere nützlich sein könnten. Dieser Bericht hätte bereits bei der Eröffnung des Instituts erscheinen sollen: Dies war leider in Ermangelung von Zeit und Hilfspersonal unmöglich.

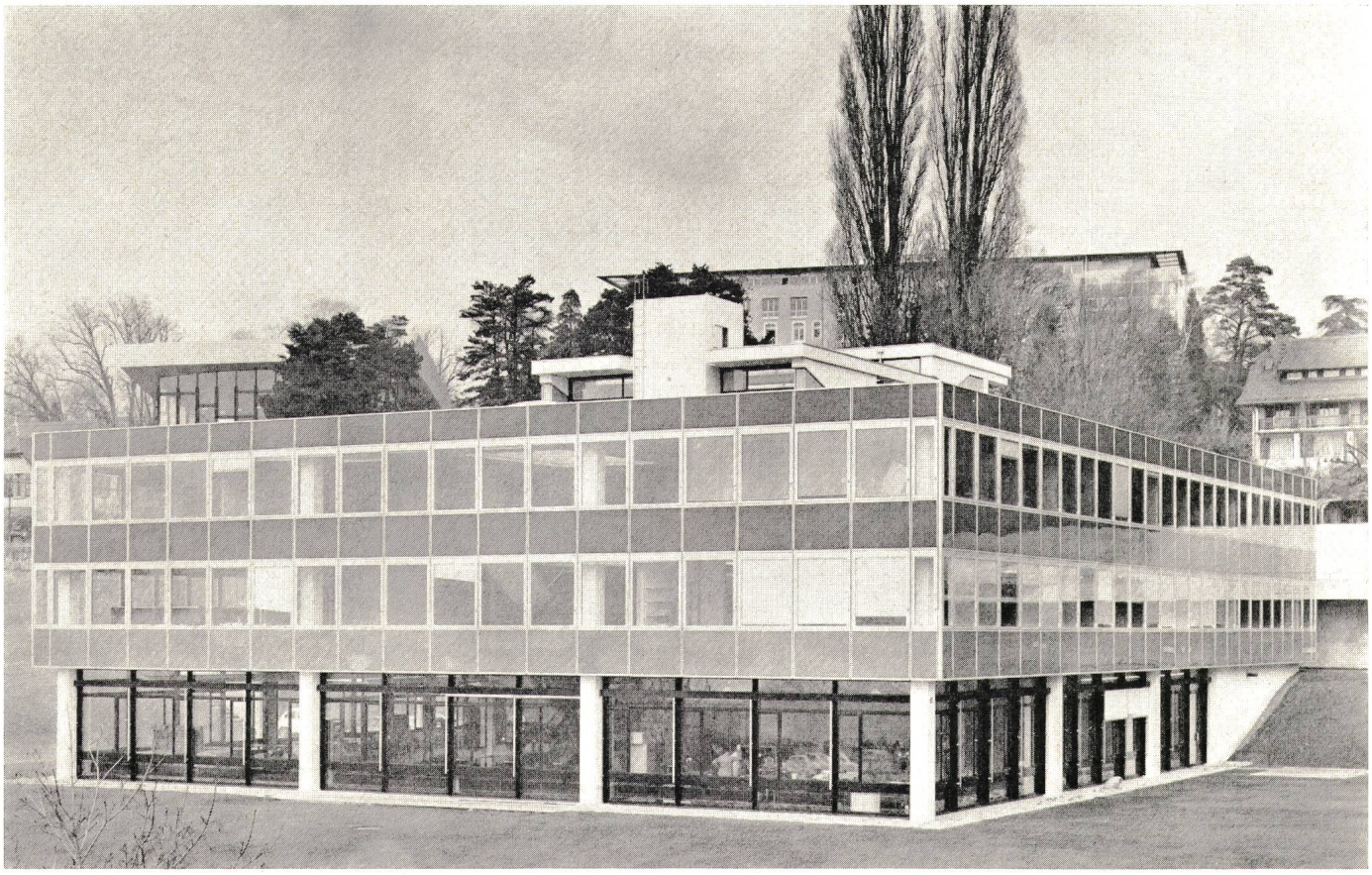

Fig. 1
**Das Institut für Elektrotechnik der EPF-Lausanne von Süd-Osten gesehen**
Im Hintergrund die Aula und das Hauptgebäude der Hochschule

## 2. Räume und ihre Zweckbestimmung

Im Gebäude sind die Lehrstühle sowohl für Starkstrom wie auch für Elektronik untergebracht — die beiden Zweige der Elektrotechnik, die man heute auch mit «Energie» und «Informatik» bezeichnet. Fig. 2 zeigt die Verteilung der Räume in den vier Stockwerken.

*2.1 Im Parterre* — es ist dies die oberste Etage des am Hang liegenden Gebäudes — befindet sich ein Hörsaal mit 120 Plätzen, das Institutssekretariat, sowie die Büros der Professoren und Assistenten. Die Büros der Assistenten müssen auch Doktoranden aufnehmen können und können deshalb mit Arbeitstischen ausgerüstet werden, auf denen Anschlüsse sowohl für Netzstrom als auch wahlweise für andere im Institut erzeugte Spannungen vorgesehen sind (Fig. 3).

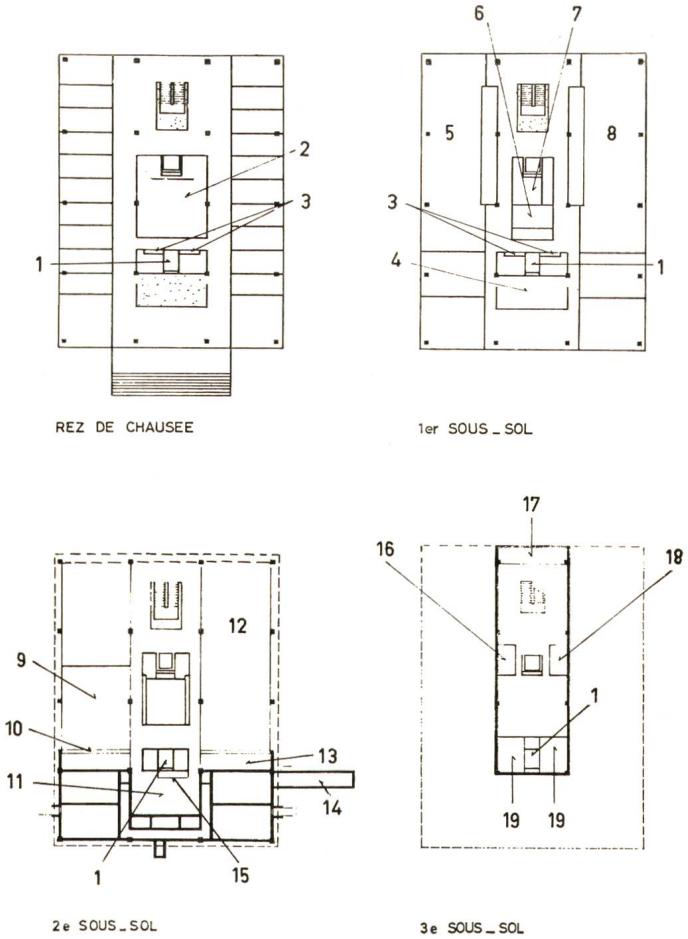


Fig. 2
**Schematischer Grundriss der vier Stockwerke**
*1* Zentralschacht; *2* Hörsaal; *3* Etagenschalttafel; *4* Hochspannungslaboratorium; *5* Messtechnik; *6* Akustik; *7* Lichtmesstechnik; *8* Elektronik; *9* Maschinensaal 2; *10* Hauptschalttafel; *11* Hilfsmaschinenraum; *12* Maschinensaal 1; *13* Messgeräteausgabe; *14* Unterwerk des Stadtnetzes; *15* Netzstromverteilung; *16* Schmiede; *17* Ausstellungsraum; *18* Tischlerei; *19* Akkumulatoren

*2.2 Im ersten Untergeschoss* befinden sich die Laboratorien für elektrische Messtechnik (Fig. 4) und Elektronik. Beide sind für 30 Gruppen von je 2 Studenten eingerichtet. Ferner befinden sich auf dieser Etage je ein kleines Laboratorium für Lichtmesstechnik und Akustik, sowie ein Hochspannungslaboratorium. Dieses dient vor allem Demonstrationen bei Hochspannungsversuchen. Die Nordwand — die auch die darüberliegende Etage durchsetzt — ist verglast und so können ca. 40 Studenten gefahrlos von aussen die Versuche beobachten.

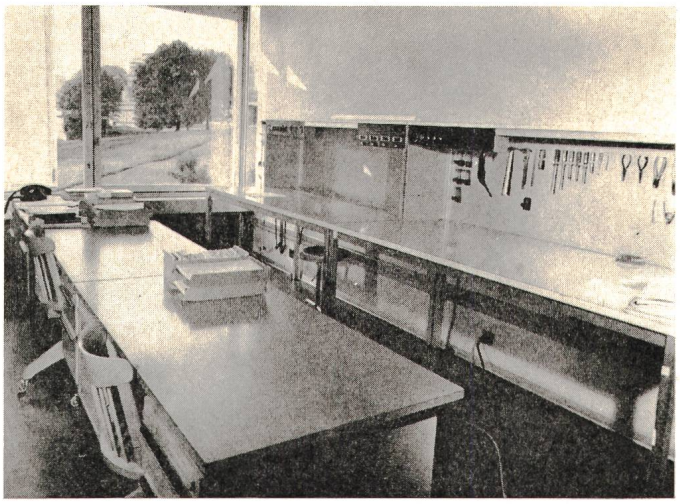

Fig. 3
**Assistentenbureau im Erdgeschoss**
Im Hintergrund ist der Fassadenkanal gut sichtbar

*2.3 Im 2. Untergeschoss* befindet sich auf der Westseite der Maschinensaal 1 (Fig. 5). Er bietet Platz für 20 Arbeitsgruppen von je 3 Studenten. 40 Maschinen sind zu je zwei auf einem gemeinsamen Betonsockel montiert, und mit einer lösbaren Kupplung verbunden. Jede Zweiergruppe besteht im allgemeinen aus einer Gleichstrom- und einer Asynchron- oder Synchronmaschine. 14 Gruppen wurden neu von der Schweizer Industrie geliefert und 6 Gruppen vom alten Maschinenlaboratorium der EPUL in der Rue de la Barre übernommen. Die Tatsache, dass die alten Maschinen grössere Kupfer- und Eisenverluste aufweisen, hindert nicht, dass man mit ihnen didaktisch gleichwertige Versuche ausführen kann.

Auf der Ostseite des 2. Untergeschosses befindet sich ein zweites, kleineres Maschinenlaboratorium mit 3 elektrodynamischen Wagen und Arbeitsplätzen zur Untersuchung von Transformatoren, Kleinmotoren, elektronischen und anderen Starkstromapparaten. Neben diesem Laboratorium befinden sich je eine mechanische und eine elektrische Werkstatt. Auf der Nordseite des Gebäudes befindet sich ein Raum für Hilfsmaschinen und für die Stromverteilanlage des städtischen Netzes.

*2.4 Das dritte Untergeschoss* ist nur im Mittelteil des Gebäudes ausgebaut und enthält auf der Nordseite die Heizanlage

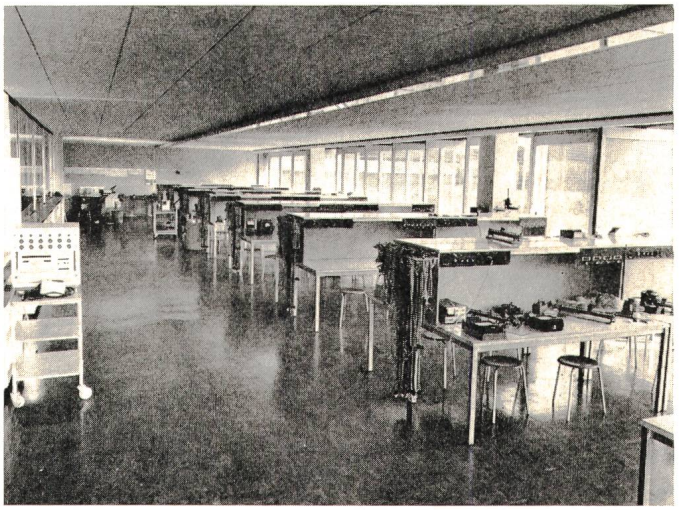

Fig. 4
**Gesamtansicht des Laboratoriums für Messtechnik im 1. Untergeschoss**

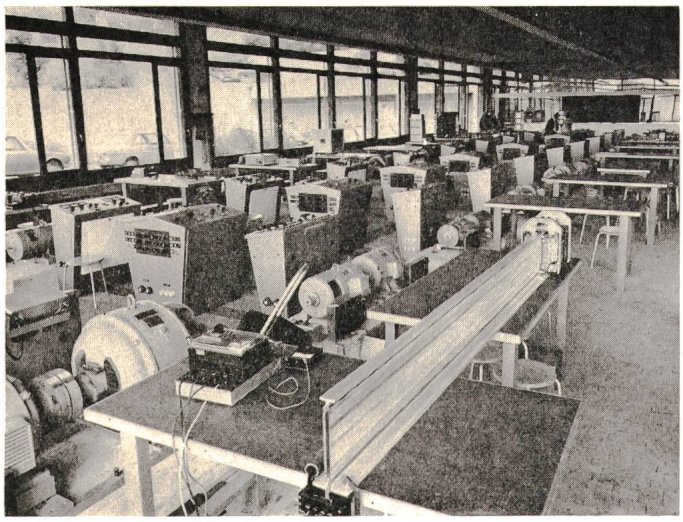

Fig. 5
**Gesamtansicht des Maschinensaals 1 im 2. Untergeschoss**

des Gebäudes, einen Akkumulatorenraum, eine kleine Schweisswerkstatt und auf der Südseite einen Ausstellungs- bzw. Vorführungsraum.

*2.5 Gebäudeabmessungen und Ausbaumöglichkeit.* Das Gebäude besteht in der Länge aus vier in der Breite aus drei Baueinheiten von je 10,5 × 10,5 m. Ein Ausbau des Gebäudes um zwei Baueinheiten über die ganze Breite und über alle vier Etagen ist vorgesehen.

Die elektrischen Einrichtungen mussten mit Rücksicht auf diesen Ausbau konzipiert werden. Der Ausbau wird wahrscheinlich Anfang 1971 in Angriff genommen.

## 3. Prinzipien der Planung

Man hat sich bei der Planung der elektrischen Einrichtungen des Gebäudes die Aufgabe gestellt im Rahmen des zur Verfügung stehenden Kredites folgenden Anforderungen zu genügen:

*3.1 Maximale Schaltmöglichkeiten.* Zu jeder Zeit soll es an jedem Arbeitsplatz möglich sein mit jeder Stromart versorgt zu werden, die vom Netz geliefert oder in einem der anderen Laboratorien erzeugt wird. Zusätzlich soll es möglich sein, diese Stromquelle fern zu steuern.

*3.2 Minimale Störbeeinflussung.* Die Benützung einer Stromart darf den benachbarten Benützer einer anderen Stromart nicht stören. So darf, z. B. ein Stoßspannungsversuch im Hochspannungslaboratorium Messungen im Laboratorium für Messtechnik oder Elektronik nicht stören. Die elektrostatischen und elektromagnetischen Kopplungen müssen also so niedrig wie irgend möglich gehalten werden.

*3.3 Maximale Sicherheit.* Wegen des fast jährlichen Wechsels von Assistenten muss das Schaltsystem einfach sein, und soweit nötig eine Verriegelung vorgesehen werden, die jegliches Schalten verhindert, welches Lebensgefahr oder erheblichen Materialschaden hervorrufen könnte.

*3.4 Minimale Kosten.* Da viele transistorisierte Laborgeräte jetzt Netz- oder Batterie- gespeist sind, werden die Wahlleitungen nicht täglich benutzt: somit wurde ihre Anzahl klein gehalten. Ferner musste aus Ersparnisgründen auch die Anzahl der Umschalter und Schaltschützen so weit wie möglich reduziert werden.

Wie diesen vier Anforderungen genügt wurde, sei im Folgenden beschrieben.

## 4. Maximale Schaltmöglichkeiten

*4.1 Das Stadtnetz.* Ein Unterwerk der Services Industriels de la Ville de Lausanne (SI) wurde anliegend an das Institutsgebäude errichtet. Sie enthält, auf unseren Wunsch und dank dem Entgegenkommen der SI, zwei Transformatoren 6000/380 V. Der eine Transformator (100 kVA) liefert die Energie für das Lichtnetz und die Laboratorien für Messtechnik und Elektronik, der andere (250 kVA) diejenige für alle «Störer» d. h. das Maschinenlaboratorium, das Hochspannungslaboratorium, die Werkstatt mit ihren Werkzeugmaschinen und Schweissgeräten, den Thyristorgleichrichter, den Aufzug usw. Von den Transformatoren führen zwei Drehstromkabel zu der im Raum der Hilfsmaschinen aufgestellten Schalttafel. Diese ist Teil des Gebäudes und wurde vom Bauherrn erstellt. Es wurden jedoch dem Institut auf seinen Wunsch zwei Schalttafelfelder für die dauernd unter Spannung stehenden internen Netze (Drehstrom 220/125 V und das Gleichstromnetz 110 V) zur Verfügung gestellt. Das Drehstromnetz wird von einem Transformator (100 kVA) gespeist, der früher in der Unterstation, die das Laboratorium an der Barre versorgte, aufgestellt war und den die SI dem Institut freundlicherweise als Geschenk überliessen. Das Gleichstromnetz 110 V wird von einem 6phasigen, thyristorgesteuerten Gleichrichter gespeist, der max. 200 A liefern kann und im Institut entwickelt bzw. gebaut wurde.

Die Spannung des Stadtnetzes, sowie das interne Drehstromnetz 220/127 V und das Gleichstromnetz sind direkt von der Schalttafel an alle Arbeitsplätze des Maschinensaales, das Stadtnetz auch an jeden Arbeitsplatz der Laboratorien des 1. Untergeschosses, geführt. Jedes Laboratorium besitzt jedoch einen Hauptschalter für das Drehstromnetz 380 V. Das Netz 220/127 V und das Gleichstromnetz werden durch Fernsteuerung an der Hauptschalttafel eingeschaltet.

*4.2 Hauptschalter (GT).* Die Hauptschalttafel (GT)[1]) für die Wahlleitungen und die speziellen Stromquellen ist im Maschinensaal 2 aufgestellt. Sie besteht aus 13 je 80 cm breiten Schalttafeln (Fig. 7 und 8).

Die 6 ersten linksgelegenen Felder — davon ein Reservefeld — stellen die Verbindung mit den zwei Maschinensälen her. Sie enthalten jeweils eine Drehstrom- und eine Gleichstrom-

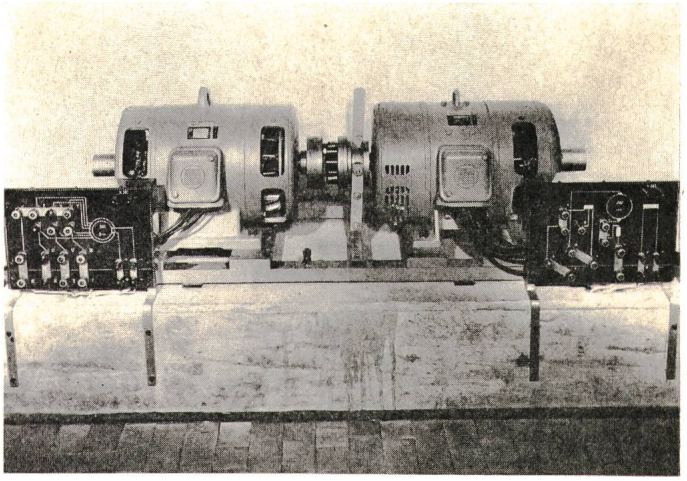

Fig. 6
**Eine Maschinengruppe mit ausgeschalteter Kupplung**
Rechts und links die Klemmbretter, an denen der Student seine Messgeräte anschliesst

[1]) GT = grand tableau.

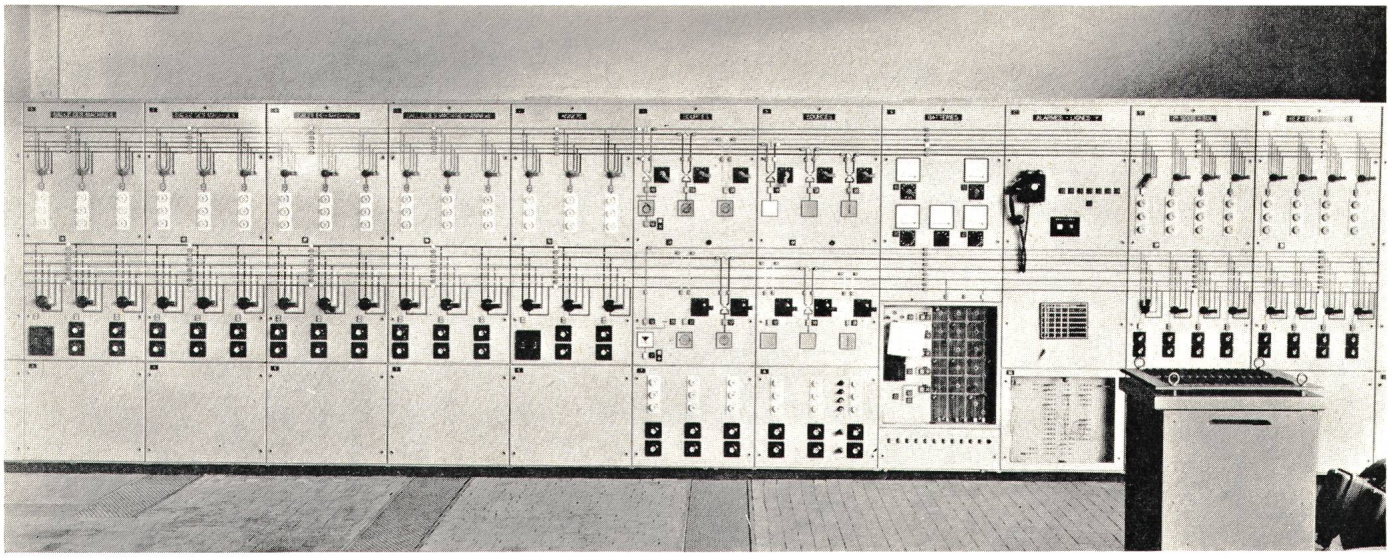

Fig. 7
**Gesamtansicht der Hauptschalttafel (GT) im Maschinensaal 2**

wahlleitung. Die mit 0...9 bezeichneten Leitungen kommen von den Verteilpulten des Maschinensaals 1 (PD) [2]), die Leitungen 20...24 von Verteilertafeln (TD) [3]) des Maschinensaals 2 und der Werkstatt (Fig. 8).

Die nächsten 4 Schaltfelder, wovon wiederum ein Reservefeld, enthalten die Anschlüsse der fest installierten Stromquellen. Es sind dies:

*Wechselstrom:*

1 Spartransformator 380/220 V, 100 kVA
1 Induktionsregler 0...700 V, 60 A
1 Induktionsregler noch in Diskussion
1 Drehstrom Maschinengruppe 500...1000 Hz, 2 kVA
2 Reserveleitungen, wovon eine an 4 auf der Schalttafel angebrachte Klemmen geführt ist

*Gleichstrom:*

1 Thyristorgesteuerter Gleichrichter 110 V, 200 A
1 Quecksilberdampfgleichrichter 0...300 V, 80 A
1 Generator 100...120 V, 100 A
1 Akkumulatorenbatterie 100...120 V, 200 Ah
1 Akkumulatorenbatterie 4 × 12 V, 200 Ah
(die vier Einheiten können serie, parallel oder serie-parallel geschaltet werden)

Auf dem Batteriefeld befinden sich einige Messgeräte, auf dem Reservefeld ein Telephon und Alarmsignale zur Lokalisierung von eventuellen Fehlern an den Stromquellen.

[2]) PD = pupitres de distribution.
[3]) TD = tableau de distribution.

Von den letzten drei Schaltfeldern, (wovon ebenfalls ein Reservefeld), gehen die Leitungen ab, die zu den Verteilanlagen der Etagen, Parterre und 1. Untergeschoss führen.

Am oberen, bzw. mittleren Teil der Schalttafel, jeweils direkt über den Schaltern, verlaufen die Sammelschienen, die es gestatten ein TD oder ein TE mit einer Stromquelle oder unter sich zu verbinden. Die Sammelschienen können in der Mitte unterbrochen werden, so dass jede Hälfte für sich zu Schaltzwecken verwendet werden kann. Ein auf der Schalttafel angebrachtes synoptisches Schema, auf dem jede Leitung durch eine andere Farbe und durch einen Buchstaben gekennzeichnet ist, erlaubt unverzüglich die ausgeführten Verbindungen zu erkennen.

Die Umschalter besitzen 7 oder 9 Stellungen und sind 4polig für den Wechselstrom, 2polig für den Gleichstrom, ausgeführt. Wegen ihres hohen Preises sind sie als Trennschalter zu betrachten, dürfen also nicht unter Last betätigt werden. Es wird im Abschnitt 7 gezeigt werden, welche Vorsichtsnahmen bei der Signalisierung und Verriegelung getroffen wurden, um Fehlschaltungen zu vermeiden.

*4.3 Die Schaltpulte* (PC) [4]). Jede Maschinengruppe hat ihr eigenes Schaltpult (Fig. 9). Dieses enthält sämtliche Schaltgeräte, die zum Anschluss an ein Netz und zur Inbetriebnahme

[4]) PC = pupitres de commande.

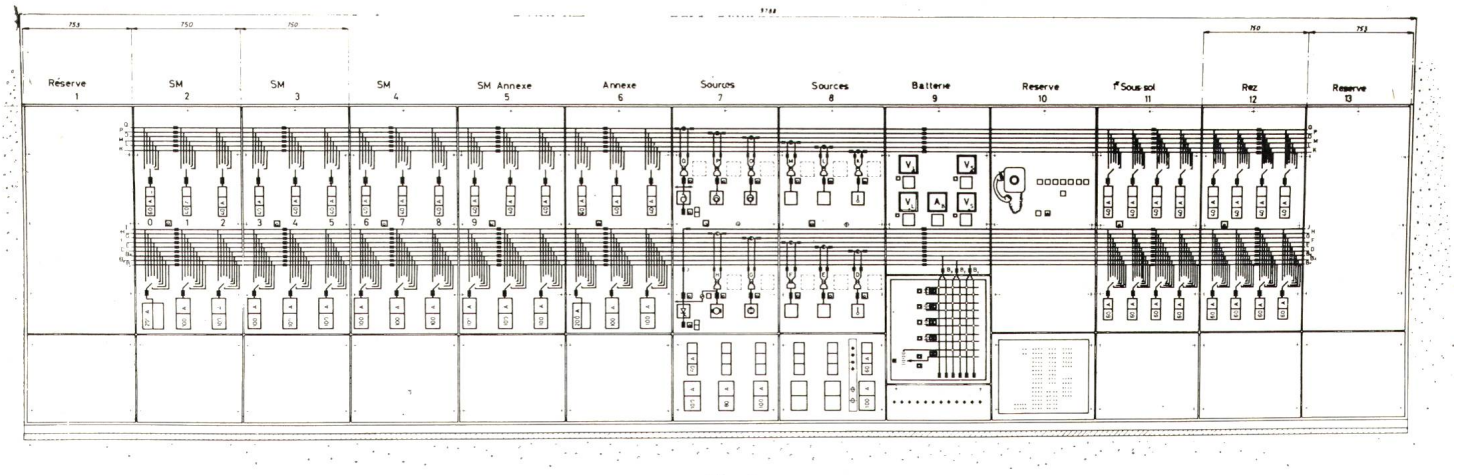


Fig. 8
**Schematische Darstellung der Hauptschalttafel**

der Gruppe benötigt werden. Grundsätzlich befinden sich für jede Maschine auf dem Pult ein Schaltschütz, die Sicherungen, ein Voltmeter, ein Ampèremeter und, wenn nötig, ein Anlasser, sowie die zur Erregung dienenden Schalt- und Regelgeräte. Das Ampèremeter des Erregerkreises besitzt keine Skala, sondern nur ein rotes Feld, das anzeigt, dass die Erregung genügt um das Anlassen zu gestatten oder den Synchronismus bei Normallast und $\cos \varphi = 1$ sicherzustellen.

An der Vorderwand jedes PC hängt, durch kleine Magnete gehalten, ein Schaltschema (Fig. 9 und 10), welches auch gut sichtbar auf das PC gestellt werden kann, so dass die Studenten jederzeit ein klares Bild der Funktion aller Organe der Schaltung vor Augen haben.

*4.4 Die Verteilpulte* (PD). Wie schon vorher gesagt, gehört grundsätzlich ein Verteilpult (PD) zu zwei Schaltpulten (PC) (Fig. 11). Ausnahmen bilden die Synchrongruppen. Dort sind je 4 Gruppen einem Doppel-Verteilpult zugeteilt, dies um an teuren Synchronisiereinrichtungen zu sparen (Fig. 12).

Der Schaltschütz jeder Maschine verbindet diese mit einem ihm entsprechenden Umschalter des Verteilpultes. Dieser erlaubt folgende Schaltungen:

a) Anschluss an das entsprechende Wechsel- oder Gleichstromnetz
b) Anschluss an die Wahlleitung, die das PD mit dem GT verbindet
c) Anschluss an vier, beziehungsweise zwei, Klemmen, die sich auf der Seite des PD befinden.

Diese Klemmen ermöglichen es, die Maschine, sei es an eine Last, sei es an eine äussere Stromquelle anzuschliessen, z. B. über einen Regeltransformator oder über einen Induktionsregler an das Netz oder gegebenenfalls an ein anderes Pult.

Ein entsprechender aber kleinerer Umschalter gestattet wahlweise die Erregung an das Gleichstromnetz 110 V oder an die Gleichstromwahlleitung anzuschliessen.

*4.5 Die Etagenschalttafeln* (TE)[5]). Andere Wahlleitungen gehen von der Hauptschalttafel auf die Etagenverteilertafeln. Es hat zwei solche Tafeln pro Etage, je eine für den Ost- und eine für den Westflügel des Gebäudes. Die Steigleitungen sind Kabel mit $4 \times 2{,}5$ mm² (15 A), bzw. $2 \times 4$ mm² Leitern (20 A). Auf den Etagentafeln befinden sich wiederum Umschalter, die es gestatten, jeden Arbeitsplatz mit jeder gewünschten Leitung zu verbinden. Ebenfalls wie beim GT und PD sind die Umschalter als Trennschalter anzusehen und dürfen nicht unter Last geschalten werden.

Zwei bis vier Arbeitsplätze werden je von der gleichen Leitung bedient. Es wäre Verschwendung an Platz und Geld gewesen, für jeden Arbeitsplatz eigene Leitungen vorzusehen: Es ist in einem Praktikum jederzeit möglich, Versuche, die die gleiche Stromquelle benötigen, auf benachbarte Arbeitsplätze umzulegen.

Die Verbindungsleitungen TE-Arbeitsplatz sind normalerweise Kabel $4 \times 2{,}5$ mm², bzw. $2 \times 2{,}5$ mm². Zwei Ausnahmen bestehen: Es sind dies die Wahlleitungen des Hochspannungslaboratoriums sowie diejenigen des Hörsaals. Diese haben grössere Querschnitte.

*4.6 Die Einrichtung der Arbeitsplätze* (TT)[2]). Nehmen wir das Laboratorium der Messtechnik als Beispiel:

Fig. 13 zeigt die Anordnung der Arbeitstische im Laboratorium. Vier Tische bilden eine Gruppe. Jede Gruppe wird

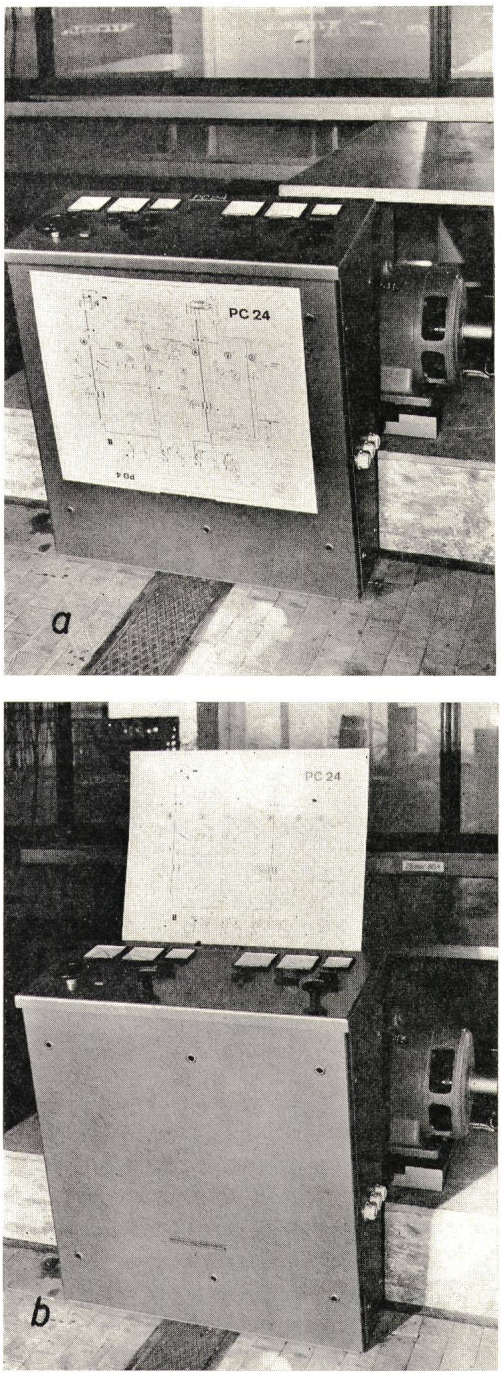


Fig. 9
**Ein Kommandopult mit Schaltschema**
*a* an der Pultwand versorgt
*b* gut sichtbar für den Studenten

durch die gleichen Wahlleitungen gespeist. Auf jedem Arbeitstisch befinden sich zwei Kleinschalttafeln (Fig. 14) und zwar:

a) *Netzverteilertafel* mit
3 Sicherungen
1 Hauptschalter mit Kontrollampe
1 dreiphasigen Steckdose
9 einphasigen Steckdosen, wovon 3 zwischen je einer Phase und Erde

b) *Verteilertafel* für die Wahlleitungen mit 4 zwölfstiftigen Steckern und den dazugehörigen 4 Kontrollampen. Es wurde als überflüssig erachtet, diese Anschlüsse — es hat deren im Institut ungefähr 250 — die nur gelegentlich benutzt werden — mit Schaltern und Sicherungen zu versehen, und es wurde vorgezogen. letztere in einen «Steckblock» (Fig. 15) zu montieren. Für jedes Praktikum genügen ca. 20 dieser Blöcke. Es ergibt sich dabei noch der Vorteil, dass dem Studenten Blöcke mit den, seinem Versuch entsprechenden, Sicherungen zur Verfügung stehen.

[5]) TE = tableaux d'étage.
[6]) TT = tableau de table.

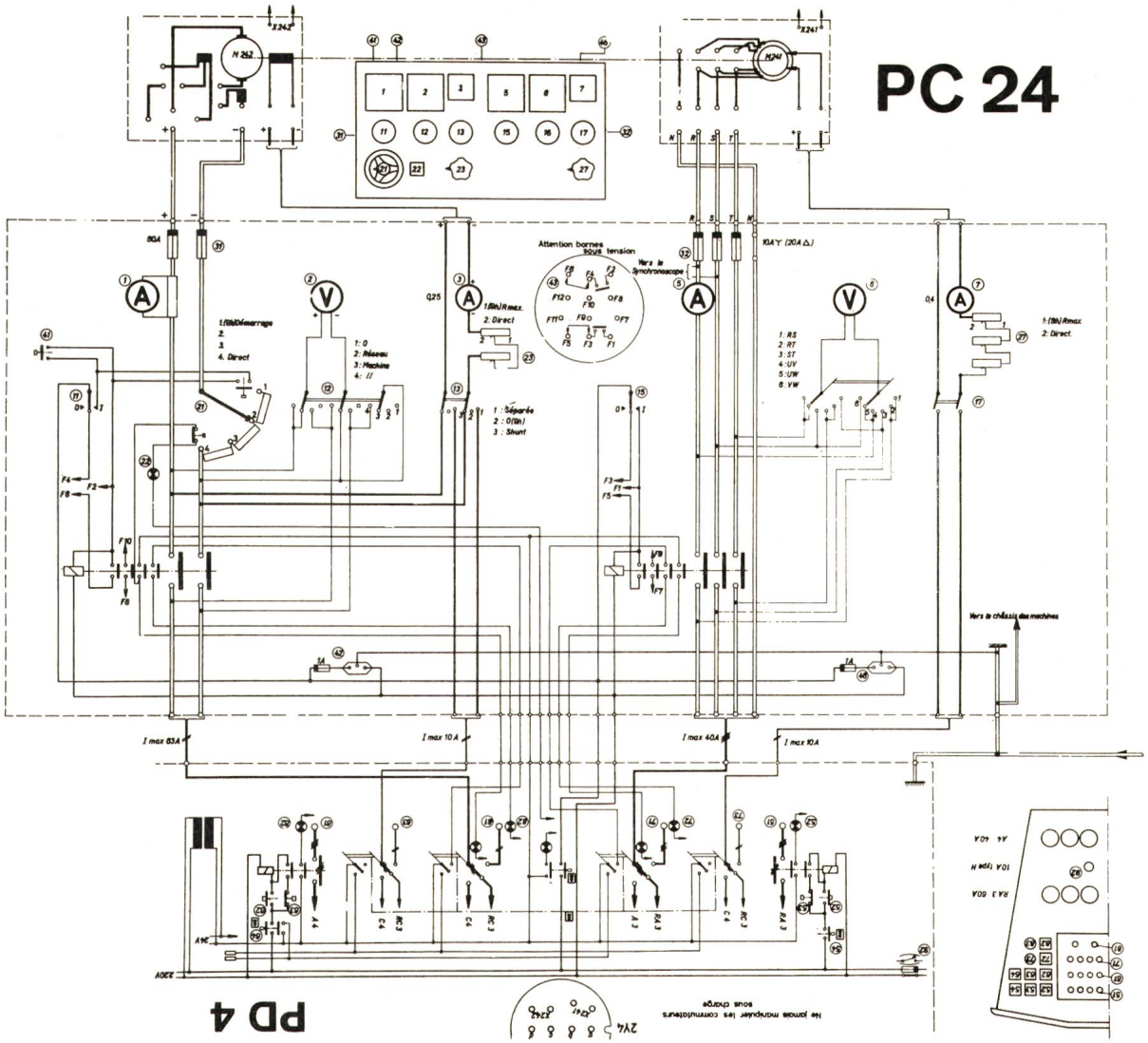


Fig. 10
**Schaltschema eines Kommandopultes**
(Das Schema des entsprechenden Verteilpultes ist um 180° gedreht, um Leitungskreuzungen zu vermeiden und die direkten Anschlüsse besser zu kennzeichnen)

Fig. 11
**Ein einfaches Verteilpult**

Fig. 12
**Ein Doppel-Verteilpult mit Synchronisiervorrichtung**

Die Wahl von Sicherungen statt Schaltschützen wurde durch die Überlegung bedingt, Schäden zu vermeiden, die durch unüberlegtes oder voreiliges Wiedereinschalten von Schützen hervorgerufen werden könnten. Kostenmässig können eine grosse Anzahl Sicherungen durchbrennen, ehe die Kosten eines Schaltschützes erreicht werden.

*4.7 Mess- und Steuerleitungen.* Zur Verbindung mit den speziellen Stromquellen genügen für einen Versuch meistens eine Drehstrom- und eine Gleichstromwahlleitung. Nur wenn diese Stromquellen ferngesteuert werden müssen, z. B. zur Regelung von Frequenz und Spannung, bedarf es noch 2 anderer Leitungen, im ganzen also 4 Leitungen. Man könnte als Zusatzleitungen freie Wahlleitungen der benachbarten Pulte verwenden. Aber es erscheint unzweckmässig, Leitungen, die für 60 oder 100 A dimensioniert sind, für die Übertragung einer Meßspannung oder eines Erregerstromes von 2 bis 3 A zu verwenden. Es wurden deshalb parallel zu allen Wahlleitungen grossen Querschnittes Messleitungen von $4 \times 1{,}5$ mm² Quer-

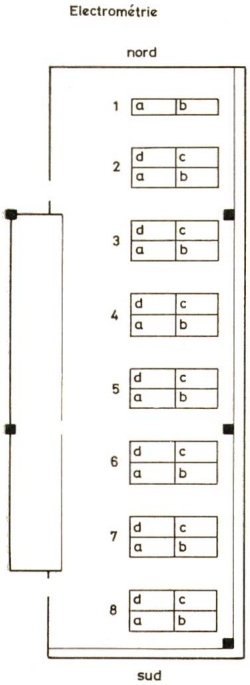


Fig. 13
**Verteilung der Arbeitsplätze im Laboratorium für Messtechnik**
Jeweils 4 bzw. 2 Tische einer Gruppe werden durch ein gleiches Bündel Wahlleitungen bedient

schnitt verlegt. Diese Messleitungen können untereinander durch flexible Kabel mit Bananensteckern beliebig verbunden werden.

An der Hauptschalttafel enden die Messleitungen auf einem besonderen Feld an 4-mm-Büchsen im Unterteil des Schaltfeldes 10. Je eine 4drähtige Leitung kommt von einem PD oder TD sowie vier je 4drähtige Leitungen von jedem TE. Die einzelnen Drähte einer Leitung sind durch Farben und Buchstaben gekennzeichnet. Eine 2drähtige Leitung verbindet jedes PD direkt mit dem Klemmbrett jeder Maschine. Mit zwei flexiblen Kabeln mit Bananananensteckern kann man somit diese Klemmen zum GT durchstecken.

Diese Klemmen kann man z. B. verbinden:

a) Mit den Klemmen der Maschine (für eine Fernmessung);
b) Mit den Klemmen der Erregung, z. B. zur Fernspeisung durch einen zu untersuchenden Regler;
c) In Serie mit der Erregung, um am Arbeitsplatz einen Regelwiderstand einzuschalten und so Spannung oder Drehgeschwindigkeit feinzuregeln;
d) Mit irgend einer Fremdspannung, erzeugt z. B. von einem am Wellenende der Gruppe montierten Tachymetergenerator.

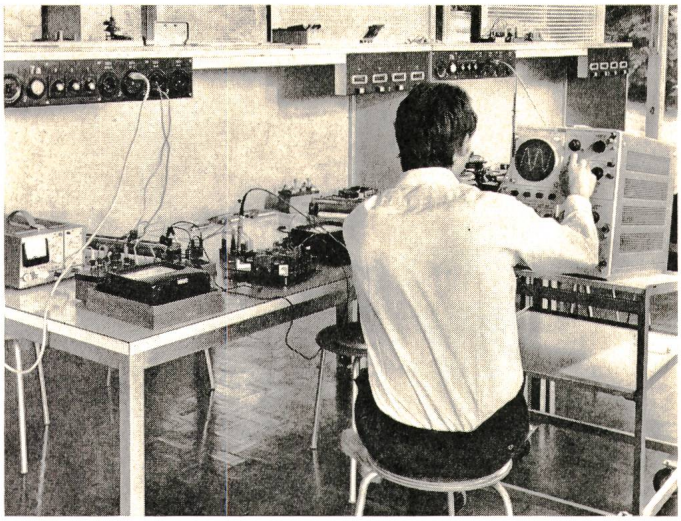

Fig. 14
**Ausrüstung eines Arbeitsplatzes**
*Links* die Kleinschalttafel für Netzanschluss und *rechts* diejenige mit den Steckvorrichtungen für die Wahlleitungen. Die Signallampe unter einer Wahlleitung brennt sobald der Schalter auf der Etagenschalttafel nicht in Nullstellung ist

An den Etagentafeln können die Messleitungen mit den Wahlleitungen verbunden werden, die zu den Tischen führen. Die Messleitungen erlauben eine Belastung mit 10 A. Wie schon gesagt, besitzt jeder Arbeitsplatz vier Wahlleitungen. Sollten diese nicht genügen, so kann auf die Leitungen des nebenliegenden Arbeitsplatzes zurückgegriffen werden.

## 5. Unterdrückung von Störbeeinflussungen

Da das Institut sowohl Starkstrom wie Schwachstrom beherbergt, waren alle Massnahmen zu ergreifen, die ohne übermässige Kosten, gegenseitige Störungen weitgehend ausschliessen.

*5.1 Elektrostatische Schirmung.* Die Armierungseisen des Stahlbetons wurden weitgehend verschweisst. Da aber jede Kreuzung zu verschweissen zu grosse Kosten verursacht hätte, beschränkte man sich auf eine Schweissung pro 3 Kreuzungen in jeder Richtung.

Das Hochspannungslaboratorium wurde als Faradaykäfig ausgeführt. Im Boden und an den Wänden wurden mit der Erde verbundene Metallnetzte angebracht. Schwieriger war die

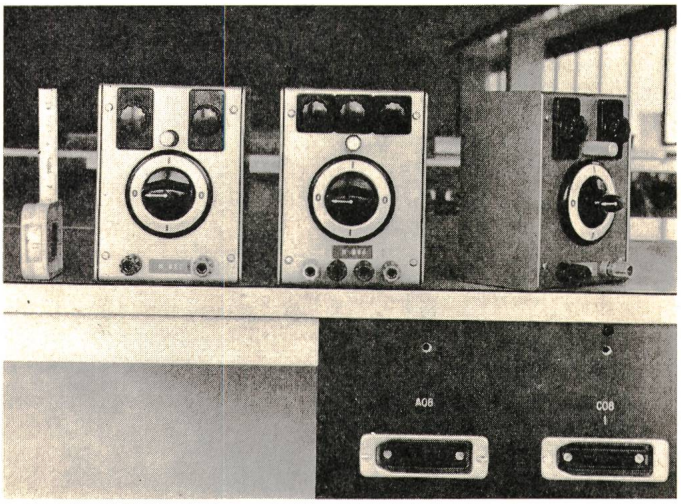

Fig. 15
**Gleichstrom- und Drehstrom-Steckblock mit Sicherungen und Schalter**

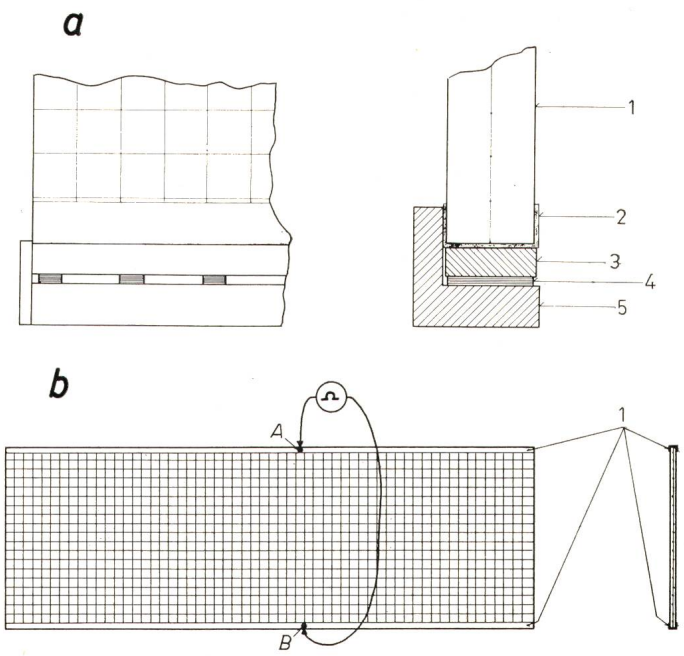


Fig. 16
**Montage einer Glasscheibe mit Drahtnetz für das Hochspannungslaboratorium**
*a* Realisierung des Kontaktes zwischen Drahtgitter und Metallrahmen
*1* Glas mit Drahteinlage
*2* Silberschicht
*3* Metallstreifen
*4* Elastische Plastikeinlage
*5* Metallrahmen
*b* Ausmessen des elektrischen Widerstandes vor der Montage
*1* Silberschicht

Abschirmung der Glaswände, insbesondere die Verbindung zwischen den im Glas eingebetteten Metallnetzen und den metallischen Rahmen derselben. Nach zahlreichen, vergeblichen Versuchen, die aus den Glasscheiben herausragenden Drahtenden mit dem Rahmen zu verbinden, wurde folgende Lösung gefunden: Die Glasscheiben wurden scharf auf Mass geschnitten; wurde dann auf die Ränder — erst der Längs-, dann der Querseiten — eine dicke Schicht kolloidalen Silbers aufgebracht. Die Silberschicht erstreckt sich noch auf 5 bis 10 mm beidseitig über die Glasoberfläche. Nach Aufbringung der Silberschicht auf die Längsseiten und deren Trocknung durfte der Widerstand zwischen den Punkten A und B (siehe Fig. 16) nicht mehr als 1 Ω, betragen. Diese Messung wurde also ausgeführt, bevor die Ränder der Querseiten metallisiert wurden. Ein guter Kontakt mit dem Rahmen wurde durch seitlichen Druck, erzeugt durch eine elastische Zwischenlage aus Kunststoff, erreicht.

Eine Ausmessung des Feldes ergab eine Dämpfung von über 80 dB bis zu einer Frequenz von 0,7 MHz. Um zu vermeiden, dass Störsignale über die Netz- oder Wahlleitungen übertragen werden, müssten noch entsprechende elektrische Filter eingebaut werden. Dies ist noch nicht geschehen, hat aber wegen der zur Zeit noch seltenen Benützung des Stossgenerators bisher wenig gestört.

*5.2 Die Erdung.* Die beiden Drehstromnetze sind am Eingang des Gebäudes durch die Wasserleitung geerdet. Wenn man sich damit begnügt hätte, den Nulleiter als Erdung zu benutzen, hätte man wegen den möglichen einphasigen Belastungen, und mit Rücksicht auf die Abmessungen des Gebäudes, mit Spannungen von einigen Volt zwischen Nulleiter und Erde rechnen müssen. Aus diesem Grunde haben wir mit Zustimmung der SI-Lausanne und, soweit wir wissen, zum ersten Mal in Lausanne, systematisch die 5drähtige Verteilung durchgeführt. Der Erdleiter ist also immer stromfrei, mit Ausnahme vielleicht von einigen Milliampère, bedingt durch an die Erde angeschlossene Entstörungskondensatoren.

Um den Erdleiter stromfrei zu halten, müssen also alle geerdeten, einphasigen Apparate mit Dreileiterkabeln angeschlossen werden, bei denen Null- und Erdleiter von einander getrennt sind. Nun besitzen aber manche auf dem Markt befindlichen Apparate im Inneren eine Verbindung zwischen Nulleiter und Gehäuse. Um diese Verbindungen festzustellen sowie um zu vermeiden, dass ein Student irrtümlich den Nullleiter an Erde legt, ist jeder Praktikumssaal mit einem Differentialschutz versehen, der die gesamte Speisung ausschaltet, wenn der Strom im Nulleiter sich von der Summe der Ströme in den 3 Phasen um mehr als 30 mA unterscheidet.

*5.3 Das magnetische Streufeld.* Um magnetische Streufelder zu vermeiden sind alle Drehstromleitungen des Netzes 5drähtig, alle Wechselstromwahlleitungen 4drähtig und alle Gleichstromwahlleitungen 2drähtig ausgeführt. Die Leitungen sind übliche Tdc-Kabel mit verseilten Leitern. Das magnetische Streufeld solcher Kabel ist somit bereits in geringem Abstand praktisch vernachlässigbar.

*5.4 Erschütterungen.* In beiden Maschinensälen steht jede Maschinengruppe auf einem Betonsockel, der direkt auf dem Erdboden liegt, und in keinem Punkt das Gebäude selbst berührt. Die Verbindung mit dem Schaltpult erfolgt durch genügend flexible Kabel, so dass Erschütterungen praktisch nicht übertragen werden. Zwischen Betonsockel und Fussboden (Holzpflaster) ist eine Schicht aus Schaumstoff eingelegt, damit die Studenten den Zwischenraum nicht als Aschenbecher benutzen.

## 6. Leitungskanäle und Schächte

In Unkenntnis der zukünftigen Entwicklung musste genügend Reserve vorgesehen werden, um jederzeit die Stromversorgung ohne Schwierigkeiten durch Verlegung neuer Kabel erweitern zu können.

*6.1 Der Zentralschacht.* Das Rückgrat des gesamten Verteilungssystems ist ein Zentralschacht, der das Gebäude von oben bis unten durchläuft. Er liegt auf der Achse und etwa auf ⅓ der Länge des Gebäudes von Norden gesehen (siehe Fig. 2). Im Zentralschacht bestehen durch alle Etagen hindurch drei Öffnungen — eine an der Rückwand (Querschnitt 2000 × 400 mm) und zwei auf den Seiten (Querschnitt 1500 × 300 mm). Auf der Rückseite des Zentralschachtes liegen die Leitungen des Netzes (Maschinenversorgung und Licht des Stadtnetzes). Die Wahl- und Signalleitungen sind an den Seitenwänden installiert.

Im zweiten Untergeschoss erlaubt eine grosse Öffnung an der Rückwand alle die Kabel herauszuführen, die zu den Schalttafeln im Hilfsmaschinenraum führen. Aus einer entsprechenden Öffnung im ersten Untergeschoss werden die Leitungen direkt in das Hochspannungslaboratorium herausgeführt. Ferner erlauben Öffnungen auf den Seitenwänden im ersten Untergeschoss und im Parterre die Wahlleitungen an die Etagentafeln zu führen.

*6.2 Die Bodenkanäle.* Überall dort, wo damit zu rechnen war querschnittstarke Kabel zu verlegen (Maschinensäle), wurden mit Eisenblech gedeckte Bodenkanäle vorgesehen. So verbindet ein 50 cm breiter Kanal die Hauptschalttafel mit dem

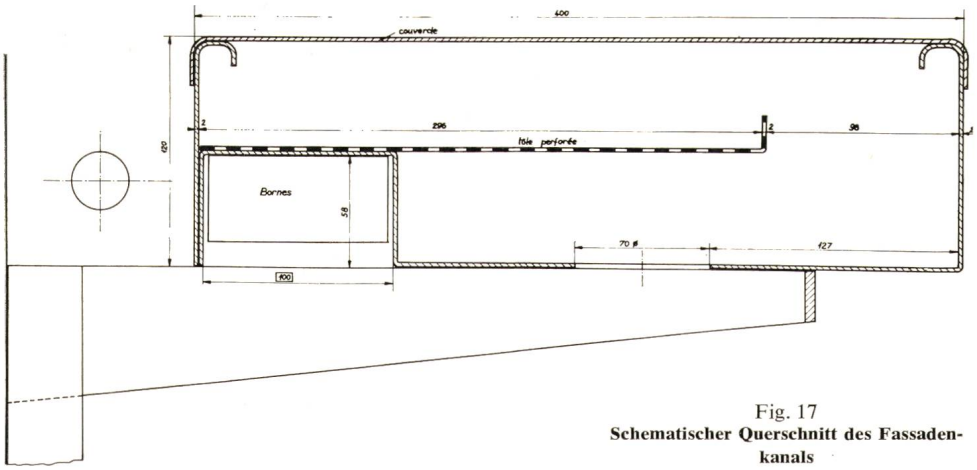


Fig. 17
**Schematischer Querschnitt des Fassadenkanals**

Maschinensaal und ein gleich breiter Kanal durchquert den ganzen Maschinensaal von Norden nach Süden. Die Verteilpulte stehen rittlings über diesem Kanal. Schmälere Kanäle (Breite 15 cm) verbinden jedes Verteilpult mit seinem Kommandopult (siehe Fig. 9 und 11).

*6.3 Die Kabelträgerkanäle an der Fassade.* Sowohl im Parterre wie im ersten Untergeschoss verläuft ein 50 cm breiter Kanal längs den Ost- und Westfassaden des Gebäudes (siehe Fig. 3). Dieser Kanal bildet zugleich ein Geländer und ist so solid ausgeführt, dass man sich ohne Gefahr daran lehnen oder auf ihm sitzen kann. Er ist zweietagig ausgeführt, wobei die untere Etage sich nur über etwa ⅔ der Breite erstreckt. Im offenen Drittel der unteren Etage liegt, abgeschirmt von den Wahlleitungen, die Drehstromleitung des Netzes (Fig. 17). In den beiden Etagen des Kanals liegen dann die Wahlleitungen etagenmässig für Gleich- und Wechselstrom getrennt. Der Kanal ist in jedem Zimmer durch einen aufklappbaren 3,5 m langen Deckel verschlossen. Es können also jederzeit Kabel zur zusätzlichen Verbindung von beliebigen Laboratorien eingezogen werden.

*6.4 Verbindung zwischen Etagenschalttafel und Fassadenkanälen.* Es war ursprünglich geplant, diese Verbindungen in dem freien Raum oberhalb der Hängedecke unterzubringen. Dabei zeigten sich jedoch Schwierigkeiten, da trotz geäusserter Bedenken das Gewicht der Kabel unterschätzt wurde. Deshalb wurde zur Verstärkung zwischen Beton und Hängedecke des 1. Untergeschosses ein Kabelträger von 60 cm Breite eingebaut. Die Kabel des ersten Untergeschosses werden beim Erreichen der Fassade jeweils innerhalb eines an der Mauer befestigten Metallkanals, herabgeführt, während die Kabel für das Parterre durch die Decke hindurchgeführt und in auf dem Boden verlegten Kanälen bis zu den Fassadenkanälen geführt werden.

Auf dem Kabelträger und in allen Kanälen hat es noch genügend Platz für kommende Erweiterungen.

## 7. Signalisierung und Verriegelung

Es wurde als wichtig erachtet:

a) Für eine maximale Sicherheit der Studenten zu sorgen, ohne aber dieselben zu hindern, selbst an den Maschinen zu schalten;

b) Die Aufgabe der Assistenten, die die Arbeiten zu überwachen und damit einen Teil der Verantwortung zu übernehmen haben, zu erleichtern;

c) Die Wahl der gewünschten Leitung durch Benützung der Umschalter zu ermöglichen, wobei darauf zu achten ist, dass diese nur lastfrei betätigt werden;

d) Jederzeit schnell feststellen zu können, welche Leitungen frei oder belegt sind.

*7.1 Maschinen, PC und PD.* Die Studenten stellen die nötigen Verbindungen vom Klemmbrett der Maschine aus her, wobei die Instrumente auf den Arbeitstischen aufgestellt werden. Währenddessen ist der Hauptschalter des PD, der alle Schaltschützen des PC verriegelt, geöffnet. Irgend eine Gefahr besteht also nicht. Sowie der Student seine Schaltung fertiggestellt hat, wendet er sich an den Assistenten. Dieser prüft die Schaltung, versichert sich durch einige Fragen, ob der Student weiss, was und wie zu messen ist, schaltet dann mit seinem Spezialschlüssel die Umschalter auf die gewünschten Netze oder auf die speziellen Stromquellen, die der Student benützen muss und gibt dann, wieder mit dem gleichen Spezialschlüssel, den Hauptschalter auf dem Kommandopult frei. Damit leuchtet die Signallampe am PD auf und so weiss der Assistent auch aus einiger Entfernung, welche Pulte unter Spannung stehen. Die Studenten können nun beliebig und so oft sie wollen, das PC ein- oder ausschalten. Weitere Verriegelungen, um grössere Schäden zu vermeiden, sind vorgesehen, z. B. die Blockierung der Schaltschütze, falls der Anlasser nicht auf Höchstwiderstand steht oder die Bürsten nicht heruntergelassen sind. Wenn bei Beendigung des Anlassens die Bürsten nicht abgehoben werden, bleibt eine rote Lampe am PC eingeschaltet, was ein Assistent auch wieder selbst aus grösserer Entfernung leicht sehen kann.

*7.2 Schaltungen an der Hauptschalttafel.* Wie schon gesagt, dürfen keine Schalter unter Last betätigt werden. Um falsche Handhabungen zu vermeiden, bestehen Lichtsignale und eine magnetische Verriegelung. Zur Aufhebung der Verriegelung bedarf es wiederum des Schlüssels. Dieser wird nur jenen Assistenten ausgehändigt, von denen man auf Grund der von Ihnen gesammelten Erfahrungen annehmen kann, dass sie mit den Schalthandlungen genügend vertraut sind.

Verfolgen wir eine Schaltoperation: Wir schalten eine Stromquelle auf eine Sammelschiene, sei es auf ihre ganze Länge, sei es auf eine der beiden Teillängen. Die Kontrollampen der geschalteten Leitungen beginnen zu blinken und das Schema zeigt, dass die Stromquelle eingeschaltet ist. Nun wird ein PD, ein TD oder ein TE eingeschaltet. Auf dieser Wahlleitung blinken die Kontrollampen dann nicht mehr. Wenn man nun am PD oder TE eine Wahlleitung einschaltet, leuchtet die entsprechende Kontrollampe unterhalb des Schalters auf. Der Benützer des GT weiss nun, dass er diesen Umschalter nicht mehr betätigen darf. Um auszuschalten, geht man den gleichen Weg im umgekehrten Sinn; man schaltet die Schütze der PC oder PD ab, trennt dann das PD, bzw. das TE, vom GT. Die Kontrollampe unter dem Umschalter erlischt, man bringt den Umschalter in horizontale Stellung, die Kontrolllampe der Sammelschienen beginnt zu blinken und man kann den Schalter der Stromquelle betätigen.

Die Beschreibung dieser Schalthandlungen erscheint kompliziert, wenn man sie mit Worten wiedergibt. Aber da sich alles systematisch abspielt und die synoptischen Bilder auf den Schalttafel sehr klar und deutlich sind, versteht der junge Diplomand sehr schnell das Prinzip der Anlage.

Unterschiedliche Farben erleichtern noch die Übersicht. So bedeuten:

| | | | |
|---|---|---|---|
| rot = Wechselstrom | jeweils | dunkel = Netz | |
| blau = Gleichstrom | | hell = Wahlleitung | |

Ausserdem ist jede Linie durch eine Codenummer gekennzeichnet, die sich auf die Etage und die Nummer der Sammelleitung, auf der sie endet, bezieht.

*7.3 Schaltung am TE.* Die Signalisierung und Verriegelung zwischen den TE und den TT ist in gleicher Weise aufgebaut. Es ist also unnötig, die Einzelheiten zu wiederholen.

*7.4 Generalabschaltung im Falle einer Gefahr.* Jedes Laboratorium besitzt einen Hauptschalter mit dem man den Strom, an allen Arbeitsplätzen abschalten und alle Schaltschützen öffnen kann. Dieser Hauptschalter kann nur vom Assistenten mit Hilfe des Schlüssels eingeschaltet werden. Dagegen kann irgend jemand im Falle einer Gefahr durch Betätigung eines Druckschalters den Hauptschalter ausschalten. Im Maschinensaal 1, sind sogar zwei Ausschalter, einer an jedem Ende des langen Saales, installiert.

## 8. Verschiedenes

*8.1 Batterieladevorrichtung.* Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, geschultes Personal zum Unterhalt der Batterien zur Verfügung zu haben, wurde folgendes, automatisches Ladesystem für die 110 V Batterie entwickelt:

a) Alle Zellen werden in Serie mit 20 A geladen;
b) Die Vorrichtung misst die Spannung an der letzten Zelle, die meist am wenigsten entladen ist;
c) Wenn die Spannung 2,6 V überschreitet, schaltet der Regler automatisch auf die nächste Zelle;
d) Die beiden vorgehenden Operationen werden so oft wiederholt, als es Schaltstufen, d. h. Regelzellen hat;
e) Wenn die Spannung an der letzten nicht abschaltbaren Zelle 2,6 V überschreitet, schaltet der Regler wieder auf die erste Stufe;
f) Der ganze Vorgang wird dann wiederholt, aber mit schwächerem Ladestrom von 1 A oder 0,5 A, bis die Ladung beendet ist.

Ein entsprechendes System besteht für die 4×12 V Akkumulatoren. Hier wird jedoch jede 12-V-Einheit einzeln geladen, da der Ladezustand der 4 Einheiten ganz verschieden sein kann. Man erreicht auf diese Weise, dass kein Akkumulator überladen werden kann und eine sachgemässe Ladung sichergestellt ist. Bei regelmässiger Benützung der Batterien, kann jeden Abend die Ladevorrichtung automatisch eingeschaltet werden, um die Batterien über Nacht aufzuladen. Bei Nichtbenützung, so z. B. in den Semesterferien, erfolgt das Einschalten von Hand alle 2 bis 4 Wochen.

*8.2 Versuche im Freien.* Ein gedeckter Arbeitsplatz ist auf dem Dach vorgesehen, um elektromagnetische oder akustische Stahlungsmessungen durchführen zu können. Zudem sind in 2 Räumen im Parterre (Ostseite) bis zum Dach gehende Rohre verlegt, in welche Verbindungsleitungen zwischen Antennen im Freien und Messapparaturen in diesen Räumen eingezogen werden können.

## 9. Schlussbemerkungen

Vor vier Jahren wurde das Institut bezogen und die ersten elektrischen Anlagen in Betrieb genommen; vor zwei Jahren wurde der Ausbau beendet. Die elektrischen Einrichtungen haben das geleistet, was man von ihnen erwartet hatte, und stets konnte jede Stromart, die verlangt wurde, geliefert werden.

Es ist ein Bedürfnis des Autors Prof. *P. Oguey,* ehemaliger waadtländischer Staatsrat und Chef des Erziehungsdepartementes seinen Dank auszudrücken, sowie des verstorbenen Direktors der EPUL Prof. Dr. h. c. *A. Stucky* ehrend zu gedenken, die für dieses Unternehmen ihre Zustimmung gegeben haben. Auch möchte der Autor Prof. *M. Cosandey,* Präsident der EPF-Lausanne, der es ermöglicht hat, das begonnene Werk unter den besten Bedingungen abzuschliessen, gebührend danken. Dieser Dank erstreckt sich auch auf den Architekten *H. Brechbühler,* Professor an der EPF-Lausanne, dem es gelungen ist, ein funktionelles und harmonisches Institut zu errichten, in dem das Arbeiten angenehm ist. In diesem Dank sind auch die Kollegen Prof. *Chatelain, Dessoulavy, Goldschmidt* und *Morf* eingeschlossen: zahlreiche Besprechungen fanden vor und nach der Verwirklichung der Installationen statt, um eine zufriedenstellende Lösung zu finden. Leider war es nicht möglich, jedem einzelnen Wunsch gerecht zu werden; aber der zufriedenstellendste Kompromiss für alle wurde gefunden, und alle Besprechungen trugen den Stempel eines guten Einvernehmens. Nicht zu vergessen sind die Oberassistenten, Assistenten, wissenschaftlichen Mitarbeiter, Techniker und Mechaniker — alle haben ihren Anteil zum Gelingen der Arbeit beigetragen — doch sind sie zu zahlreich, um einzeln genannt zu werden. Es wäre aber ungerecht, Dipl.-Ing. *P. Verettas,* Oberassistent, und *P. Palaz,* Chefmechaniker, nicht besonders zu erwähnen. *P. Verettas* war während 4 Jahren die treibende Kraft bei der Entwicklung der elektrischen Anlagen des Institutes und *P. Palaz* der verantwortliche Chefmonteur beim Aufbau der Schaltpulte und -tafeln.

Die vorstehenden Ausführungen beanspruchen nicht, alles im Einzelnen ausführlich beschrieben zu haben. Wenn irgend jemand sich für einen besonderen Fall interessiert, so kann er jeder Zeit an die untenstehende Adresse gelangen, um weitere Auskünfte zu erhalten.

**Adresse des Autors:**
Prof. *Erna Hamburger,* Dr ès sc. techn., Département d'électricité de l'EPF, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.