

selbsttätige Feuerregelung) oder durch bauliche Maßnahmen (z. B. Vergrößerung des Feuer-raumes, Sekundärluftzuführung, Einbau einer mechanischen Feuerung) leicht Abhilfe zu schaffen ist, womit meistens gleichzeitig noch eine Brennstoffersparnis verbunden ist. Staubhaltige Abgase (verunreinigt durch Flugasche, Kohlenstaub, Metallstaub oder dgl.) können auf mechanische bzw. aerodynamische Weise (mit oder ohne Berieselung) oder auf elektrischem Wege gereinigt werden. Die erstgenannten Verfahren befriedigen im Reinigungsgrad bzw. in der Lebensdauer der Apparatur noch nicht ganz. Die elektrischen Verfahren besitzen wohl einen guten Reinigungswirkungsgrad (etwa bis 98%), doch sind sie in der Anlage verhältnismäßig teuer. Sofern die Staubabscheidung zugleich eine Rückgewinnung wertvoller Abfälle bedeutet (z. B. in Metallhütten, Kohlenmahlanlagen), ist allerdings trotz der hohen Anschaffungskosten der Betrieb elektrischer Reinigungsanlagen wirtschaftlich. Der zur Verfügung stehende Platz verbietet es, auf die Bauarten und Betriebsweisen der verschiedenen Reinigungssysteme einzugehen.

### 23. Elektrizitätsversorgung.

Stromart, Spannung, Frequenz. — Schaltanlagen. — Transformatorstationen. — Blindstrom, Phasen-kompensation. — Akkumulatorenräume. — Unterverteilungen. — Verbindungsleitungen. — Motoren.

Die elektrische Energie ist heute für jede Fabrikanlage, unabhängig von Art und Umfang derselben, unentbehrlich. Die beim Entwurf in erster Linie zu klärenden Fragen betreffen die Bezugsquelle, die Stromart und die Spannung. Die Entscheidung, ob Selbsterzeugung oder Fremdbezug, kann von mancherlei Faktoren abhängen. Außer dem errechneten reinen Preise der kWh können auch der eigentlichen Wirtschaftlichkeit ferner liegende Faktoren mitsprechen, z. B. beschränkte Raumverhältnisse, störende Einflüsse auf den eigenen Betrieb oder die Nachbarschaft, mangelnde Kühlwassermenge, behördliche Vorschriften u. a. m. Hierüber ist im vorstehenden das Notwendige bereits gesagt. Als Stromart kommen, von seltenen Sonderfällen abgesehen, nur Gleichstrom-Zwei- oder -Dreileiter und Dreiphasenstrom mit oder ohne Nulleiter in Frage. Bei Fremdbezug ist hierfür das Elektrizitätswerk bestimmend; auch bei reiner Eigenerzeugung tut man gut, sich danach zu richten, um bei etwaiger späterer Parallelarbeit nicht auf Schwierigkeiten zu stoßen. Es empfiehlt sich dabei, auf geplante Netzumstellungen der Werke, wie sie ja heute häufig zur Durchführung kommen, Rücksicht zu nehmen. Ebenso kann der Charakter der Fabrikation von Einfluß auf die Entscheidung sein. Motoren mit Feinregelung, Prüfeinrichtungen bestimmter Art, Transportanlagen, Hubmagnete und andere Dinge können auch heute noch für Gleichstrom sprechen, selbst wenn das Netz des öffentlichen Werkes Drehstrom verteilt. Im allgemeinen wird allerdings heutzutage die Wahl auf Drehstrom fallen müssen, der für die Energieverteilung besonders größerer Anlagen in jeder Hinsicht weit anpassungsfähiger ist. Der normale Drehstrommotor ist im Betriebe wesentlich robuster und unempfindlicher, besonders als schleifringloser Kurzschluß- oder Mehrnut- (Stromverdrängungs-) Motor.

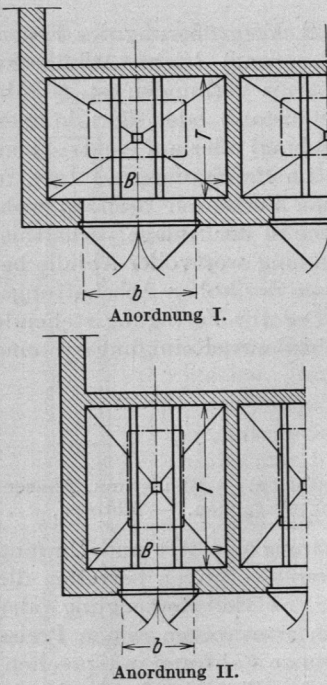
Hinsichtlich der Spannung ist die Entscheidung einfacher. Für Neuanlagen sind unbedingt nur VDE-Normspannungen zu nehmen. 110 bis 125 Volt kommt kaum mehr in Frage, es bleiben 220, 440/220 oder 220/380 Volt für den normalen Kraft- und Lichtbetrieb. In großen Betrieben können mit Rücksicht auf wirtschaftliche Querschnitte und Handlichkeit der Steuer- und Schaltorgane daneben auch höhere Spannungen zweckmäßig zur Anwendung kommen, z. B. 500 Volt Gleichstrom für Fabrikbahnen und 500 Volt Drehstrom für schwere Krane, Aufzüge und größere Motoren. Für ganz große Maschineneinheiten ist aus den gleichen Gründen auch Hochspannung etwa bis 6000 Volt bei sachgemäßer Ausbildung der Schaltanlagen verwendbar.

Die Frequenz des Phasenstromes ist in Deutschland heute fast durchweg 50 Hertz. Größere Werke mit abweichenden Zahlen streben die Umstellung auf diesen Normalwert an.

Hirn und Herz des elektrischen Betriebes ist die **Schaltanlage**. Hier laufen die Zuführungen von den Energiequellen zusammen, die Energie wird gesammelt, gemessen, überwacht, gezählt, geschützt, verteilt. Der Art und Größe des Betriebes entspricht der Umfang der Schaltanlagen. Bei Fremdbezug von Niederspannungsstrom kann sich in kleinen Betrieben die ganze Anlage auf eine kleine Schalttafel beschränken, in großen Betrieben können besonders bei gleichzeitiger Selbsterzeugung und Fremdlieferung von Hochspannungsenergie diese Anlagen einen beträchtlichen Umfang annehmen. In jedem Falle sollte man diesen Anlagen stets den rechten Platz nach Lage und Größe einräumen. Beste Zugänglichkeit und Übersichtlichkeit sind Haupt-

Zahlentafel 79. Abmessungen von Transformatorenkammern. (Maße in mm; hierzu Abb. 411.)

Leistung kVA	Lichte Mindesthöhen über den Fahrstienen		Anordnung I			Anordnung II		
	Kammer	Tür	B	T	b	B	T	b
100	2500	2000	2600	1800	1400	2200	2400	1000
125								
160								
200	2500	2000	3000	2200	1800	2500	2800	1200
250								
320								
400	3000	2400	3500	2400	2200	2700	3200	1400
500								
640								
800	3500	3000	3800	2600	2500	2900	3400	1600
1000								
1250								
1600	4000	3500	4100	2800	2800	3000	3600	1800



Bemerkung: Bei ungünstigen Lüftungsverhältnissen sind die Kamerabmessungen zu vergrößern.

bedingungen; eine möglichst zentrale Lage der Verteilungsanlagen im Schwerpunkt des Verbrauches ist erwünscht.

Abb. 411. Skizzen zu Zahlentafel 79.

Die Anordnung größerer Schaltanlagen kann waagrecht oder senkrecht sein, d. h. die einzelnen Teilanlagen, wie Transformatorenkammern, Hochspannungs-, Niederspannungs-, Blitzschutzraum, Kabelkanal u. dgl. liegen vorwiegend neben- oder übereinander.

Bestimmend sind hierfür in der Hauptsache die Platzverhältnisse. Beide Anordnungen haben ihre Vor- und Nachteile: bei senkrechter Bauart ist die Zugänglichkeit der einzelnen Räume unbequemer, die Führung der Verbindungsleitungen wegen Fortfall der Wegkreuzungen günstiger, die erforderliche Grundfläche geringer als bei der waagerechten. Beim Entwurf sollte man stets von dem Raum für die Transformatoren ausgehen. Ratsam ist, für jeden Transformator eine eigene, entsprechend große Kammer mit ins Freie gehenden Türen vorzusehen, wobei der Fußboden etwa 0,60 bis 0,80 m über Gelände liegt, um die Transformatoren leicht mit Hilfe eines Spezialwagens ein- und ausfahren zu können.

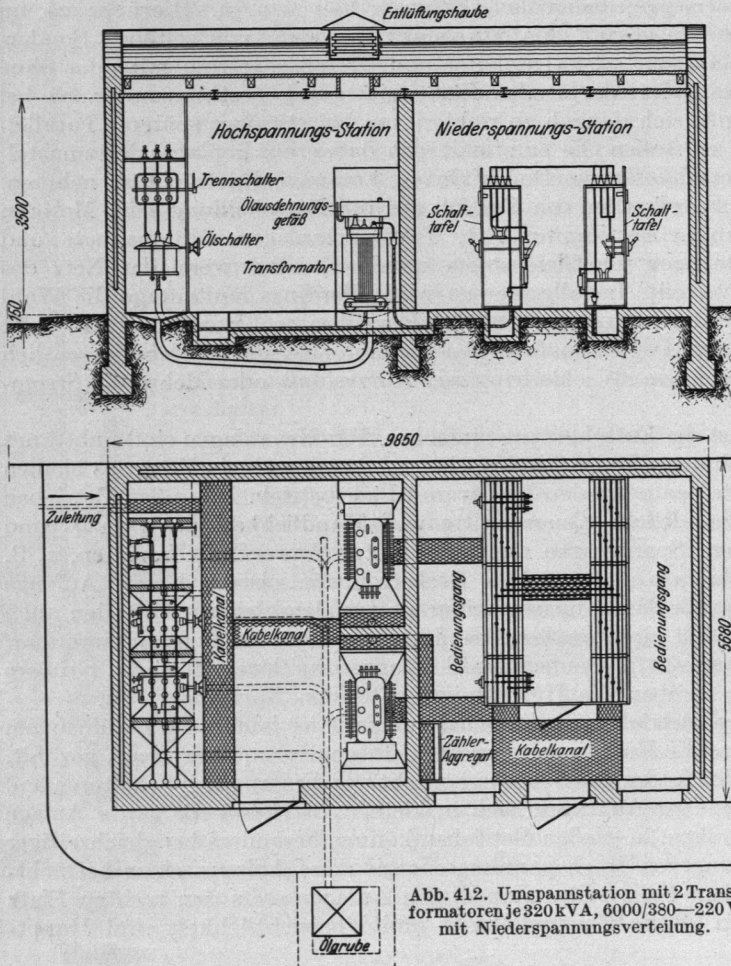


Abb. 412. Umspannstation mit 2 Transformatoren je 320 kVA, 6000/380—220 V mit Niederspannungsverteilung.

Der Fußboden der Zelle wird muldenartig ausgebildet, auslaufendes Öl sammelt sich in der



Mitte und wird durch Rohrleitungen der Ölgrube zugeführt. Man achte darauf, daß letztere vor Zufluß von Grund- und Tageswasser gesichert ist, damit sie im Gefahrenfalle zur Aufnahme des Öles auch wirklich frei ist.

Transformatoren sollten durchweg mit möglichst für jede Fahrrichtung umsteckbaren Transportrollen versehen sein. Zum Aufstellen der Transformatoren werden U-Eisen etwa NP 24 oder 26, nach unten offen, bündig mit der Türschwelle, passend für mehrere Rollenentfernungen als Fahrschienen eingelegt, wobei darauf zu achten ist, daß auslaufendes Öl nicht gestört wird. Bei Transformatoren mit natürlicher Luftkühlung muß die entwickelte Wärme gut abgeführt werden. Am wirksamsten ist Zuführung der Frischluft von unten, Abführung durch Luftkanäle nach oben. Schlechte Luftführung verringert die Leistung des Transformators, während durch kräftiges Anblasen mit Kühlluft erhebliche Mehrleistungen entnommen werden können. Im Falle eines Ölbrandes muß die Zuführung der Frischluft unbedingt unterbrochen werden. Erreicht wird das durch Zufallen einer Klappe, die durch ein feuerempfindliches Bruchglied (Zelluloid- oder Metallschmelzstreifen) im normalen Betriebe gehalten wird. Dieses einfache und sicher wirkende Mittel ist verwickelten Schutzeinrichtungen unbedingt vorzuziehen. Bei Transformatoren mit Umlaufkühlung kann entweder das Kühlwasser den Transformator in Kühlschlangen durchlaufen oder das Öl läuft um und wird außen gekühlt. In beiden Fällen muß durch richtige Bemessung der Flüssigkeitsdrücke verhindert werden, daß bei etwaigen Undichtigkeiten Wasser in das Öl tritt.

Transformatoren sollten durchweg mit möglichst für jede Fahrrichtung umsteckbaren Transportrollen versehen sein. Zum Aufstellen der Transformatoren werden U-Eisen etwa NP 24 oder 26, nach unten offen, bündig mit der Türschwelle, passend für mehrere Rollenentfernungen als Fahrschienen eingelegt, wobei darauf zu achten ist, daß auslaufendes Öl nicht gestört wird. Bei Transformatoren mit natürlicher Luftkühlung muß die entwickelte Wärme gut abgeführt werden. Am wirksamsten ist Zuführung der Frischluft von unten, Abführung durch Luftkanäle nach oben. Schlechte Luftführung verringert die Leistung des Transformators, während durch kräftiges Anblasen mit Kühlluft erhebliche Mehrleistungen entnommen werden können. Im Falle eines Ölbrandes muß die Zuführung der Frischluft unbedingt unterbrochen werden. Erreicht wird das durch Zufallen einer Klappe, die durch ein feuerempfindliches Bruchglied (Zelluloid- oder Metallschmelzstreifen) im normalen Betriebe gehalten wird. Dieses einfache und sicher wirkende Mittel ist verwickelten Schutzeinrichtungen unbedingt vorzuziehen. Bei Transformatoren mit Umlaufkühlung kann entweder das Kühlwasser den Transformator in Kühlschlangen durchlaufen oder das Öl läuft um und wird außen gekühlt. In beiden Fällen muß durch richtige Bemessung der Flüssigkeitsdrücke verhindert werden, daß bei etwaigen Undichtigkeiten Wasser in das Öl tritt.

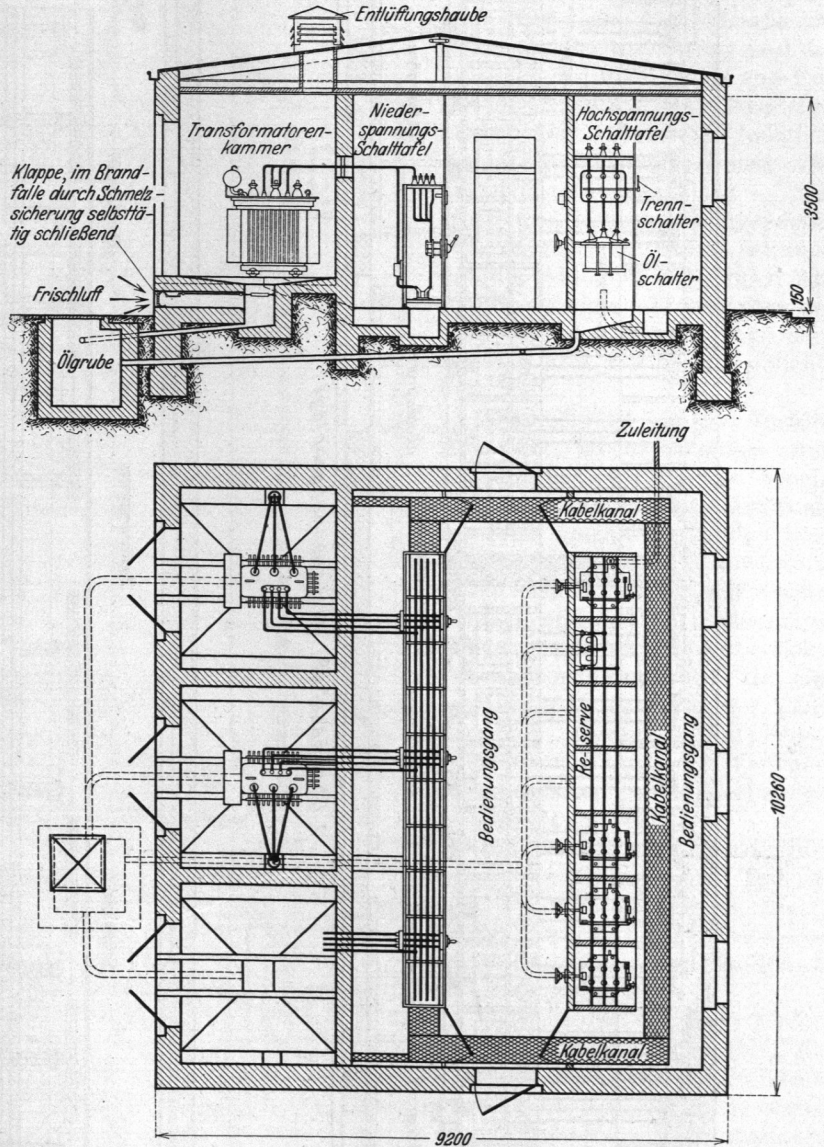
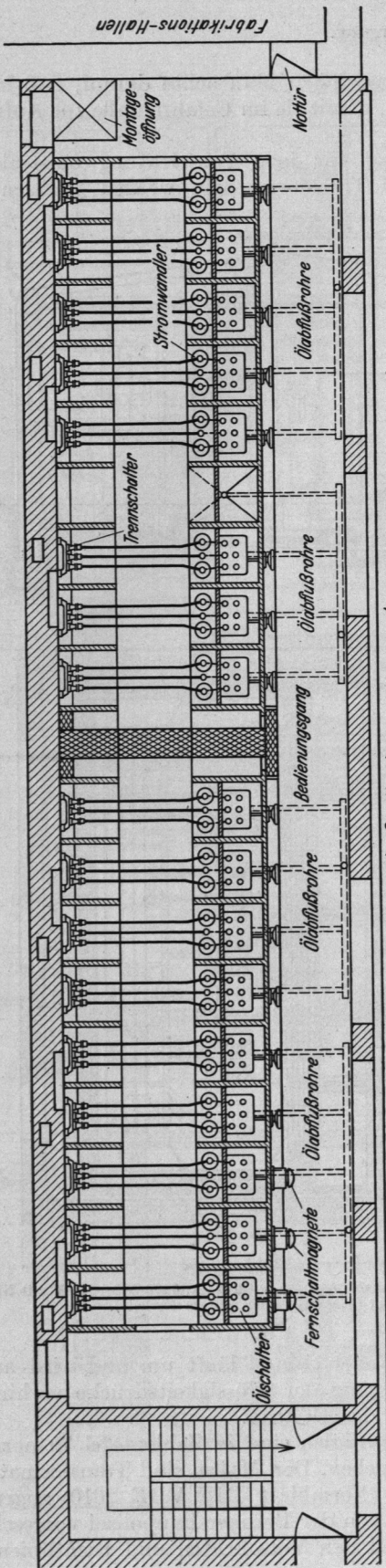


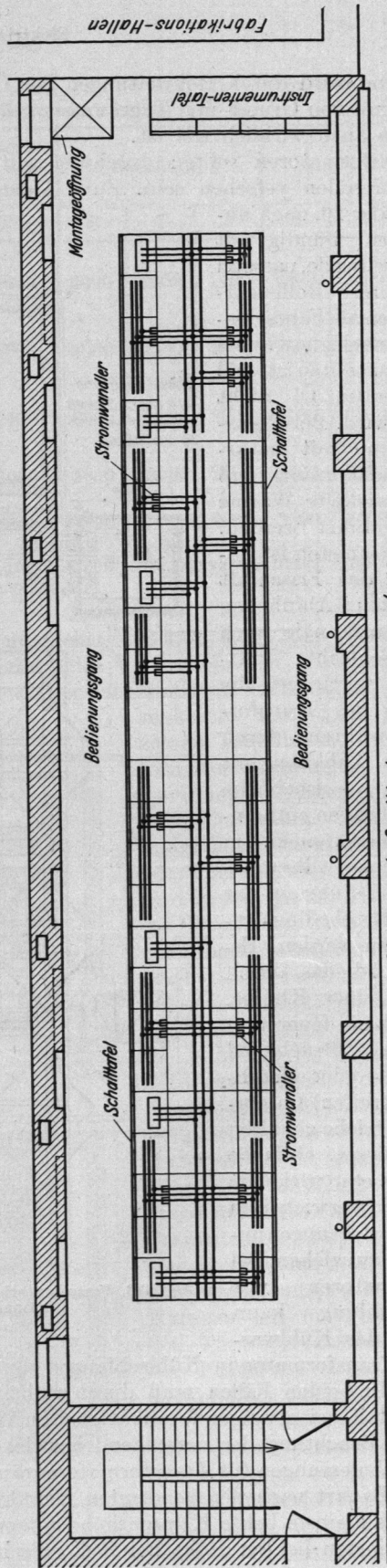
Abb. 413. Umspannstation mit 2 Transformatoren je 640 kVA, 6000/380—220 V mit Niederspannungsverteilung (Platz für eine weitere Einheit).

Unter Beachtung der vorstehend entwickelten Richtlinien sind in Zahlentafel 79 normale Kammerabmessungen für Transformatorenräume angegeben. Den Maßen sind Transformatoren neuester Bauart nach den genormten Nennleistungen (Normblatt DIN VDE 2610) zugrunde gelegt. Die kleinste lichte Kammerhöhe entspricht der von der Berliner Baupolizei vorgeschriebenen kleinsten lichten Höhe bei Kellergeschossen und den Vorschriften und Richtlinien für



2. Obergeschoß: Hochspannungsanlage

Abb. 414.



1. Obergeschoß: Niederspannungsanlage

Abb. 415.



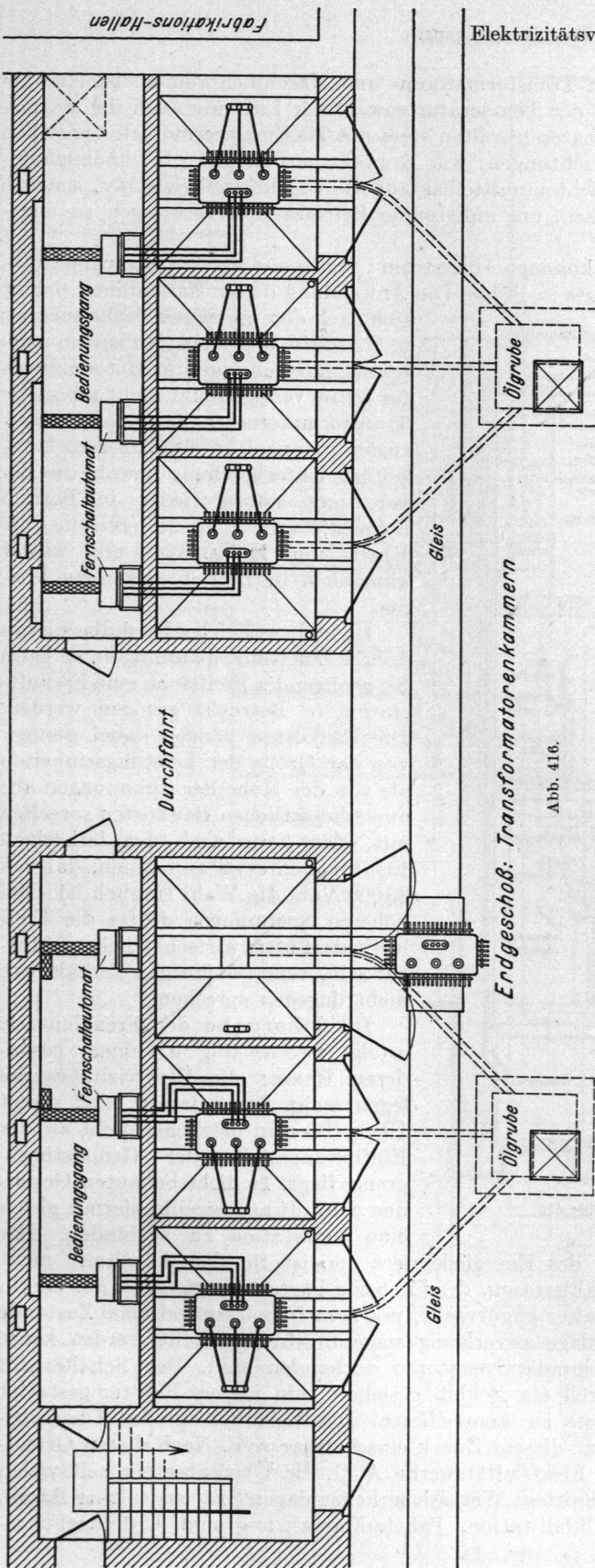


Abb. 414 bis 416. Schaltstation mit 6 Transformatoren je 1000 KVA und mit Hoch- und Niederspannungsverteilung.

die bauliche Einrichtung von Hochspannungs-, Netz- und Abnehmerstationen der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G.

Für die zur Aufnahme der Schaltanlagen bestimmten Räume kann man keine Normalmaße angeben, da die Ausführung und damit auch der Platzbedarf von Fall zu Fall verschieden ist. Daher sind in den Abb. 412 bis 418 lediglich einige Ausführungsbeispiele für Transformatorenstationen mit Hoch- und Niederspannungsschaltanlagen gegeben. Ferner sei auch auf die Abb. 392 im vorigen Abschnitt verwiesen. Einzelheiten der dort gezeigten Schaltanlage sind aus den Abb. 419 bis 421 ersichtlich.

Allgemein ist bei der Ausführung der Hochspannungs- und Transformatorenräume zu beachten, daß unmittelbare Ausgänge ins Freie geschaffen werden können, daß weiter die Transformatoren leicht ausgewechselt werden können, und daß die Bedienungsanlagen zugänglich und übersichtlich angeordnet werden. Die einschlägigen Vorschriften des VDE, der Bau-, Gewerbe- und Feuerpolizei sowie auch der Versicherungsanstalten sind hierbei gewissenhaft zu beachten.

In Ölschalterräumen rüstet man zweckmäßig einen Teil der Fenster mit pendelnden Kippflügeln aus, um bei Explosionen selbsttätig den erwünschten Druckausgleich zu schaffen.

Durch entsprechenden Einbau der Ölschalter und Verschuß der oberen Zellenhälften mit Vollblechtüren kann man die nicht betroffenen Ölschalter vor Verqualmung schützen. Die Ölschalter sind dann auf einer Blechplatte montiert, der Kessel hängt im unteren unverschlossenen Teil der Zelle (s. Abb. 420). Die neuerdings entwickelten ölfreien Hochspannungsschalter vermeiden die Nachteile der Ölschalter und machen die Öl-schutzmaßnahmen überflüssig; im übrigen verändern sie das Bild der Schaltanlage nicht wesentlich.

In allen Räumen, besonders in den Transformatoren- und Maschinenräumen, ist eine gewissenhafte und ständige Beobachtung der Temperatur sowohl der Luft wie auch der wärmeabgebenden Teile notwendig. Transformatoren sollten stets mit Maximalthermometer versehen sein. Bei Einbau sonstiger Schutzvorrichtungen, wie Kontaktthermometer, Buchholzschutzapparat u. dgl., ist es ratsam, diese nicht unmittelbar auf die zugehörigen Schalter, sondern auf Alarmeinrichtungen wirken zu lassen, um unliebsame Betriebsunterbrechungen zu ungelegener Zeit zu vermeiden.

Von weiteren Schutzvorrichtungen kommen Überstrom-, Nullspannungs-, Überspannungs-, Blitz-, Rückstrom- und Differentialschutz in Frage. Die Anwendung dieser Maßnahmen richtet sich nach den jeweiligen Verhältnissen; z. B. sollte man den Nullspannungsschutz möglichst an die Motorschalter selbst verlegen und nicht schon die Transformatorschalter damit ausrüsten, um nach gewöhnlich ganz kurzzeitiger Unterbrechung sowohl die Beleuchtung sofort wieder in Betrieb nehmen, wie auch andererseits die Kraft- und Heizanlagen erst wieder allmählich in Betrieb setzen zu können.

Handelt es sich bei Fremdbezug um höhere Zuleitungsspannungen, so kann bei genügender Freifläche eine Freiluftstation in Betracht gezogen werden. Die Baukosten hängen dabei weniger von der Größe der Leistungseinheiten als von der Höhe der Spannungen ab; auch die örtlichen Baukosten sprechen mit. Man kann nach den bisherigen Erfahrungen etwa annehmen, daß bei 30000 Volt die Wahl fraglich ist. Bei höheren Spannungen dürfte die Freiluftbauart stets wirtschaftlich ausführbar sein, wenn die übrigen Verhältnisse nicht dagegen sprechen.

Die Übergabe der Fremdenergie erfolgt zweckmäßig in einem besonderen Raum; die Elektrizitätswerke legen meist Wert darauf, daß dieser Übergaberaum möglichst dicht an der Einführungsstelle der Grundstücksgrenze liegt. In dicht bebauten Gegenden wird oft angestrebt, hiermit gleich eine Netzstation zu verbinden. Der

Übergaberaum liegt unter Verschluß des Energielieferers und ist für den Abnehmer nicht zugänglich. Daneben ist der neutrale Zählerraum, der für beide Parteien zugänglich ist. Hierin ist der Antrieb für den Haupttrennschalter angebracht, mit dem in belastungsfreiem Zustande im Bedarfsfalle die gesamte Fabrikanlage zuverlässig spannungsfrei gemacht werden kann, sofern nicht eigene Primär- oder Sekundärgeneratoren vorhanden sind. Der Schaltergriff wird gegen unbefugte Betätigung durch ein Schloß gesichert; ein kleines Fenster gestattet den Schalterzustand des Trennschalters zu kontrollieren. Die Beleuchtung des Übergaberaumes muß von der Schaltstelle aus zu diesem Zweck einschaltbar sein. Nach diesen Grundsätzen bildet die Berliner Städtische Elektrizitätswerke A.-G. die Übergabestelle seit vielen Jahren aus. In der Abb. 364 des Abschnittes „Werkssicherheitsanlagen“ ist ein solcher Raum, örtlich vereinigt mit Pfortnerhaus, Unfallstation, Paketaufbewahrung und Untersuchungs-

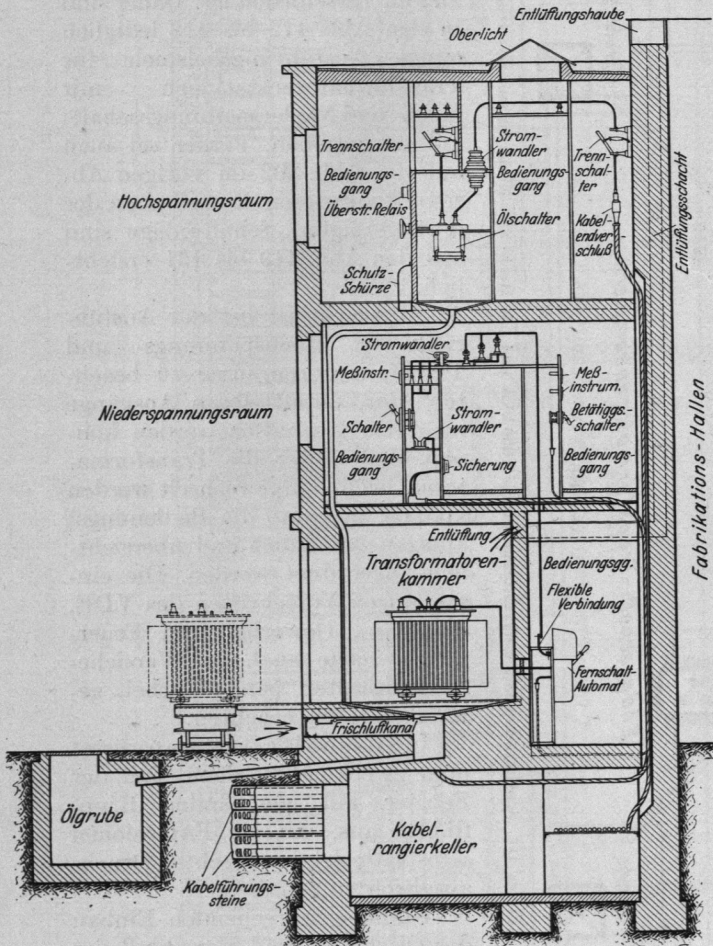


Abb. 417. Schnitt zu den Abb. 414 bis 416.



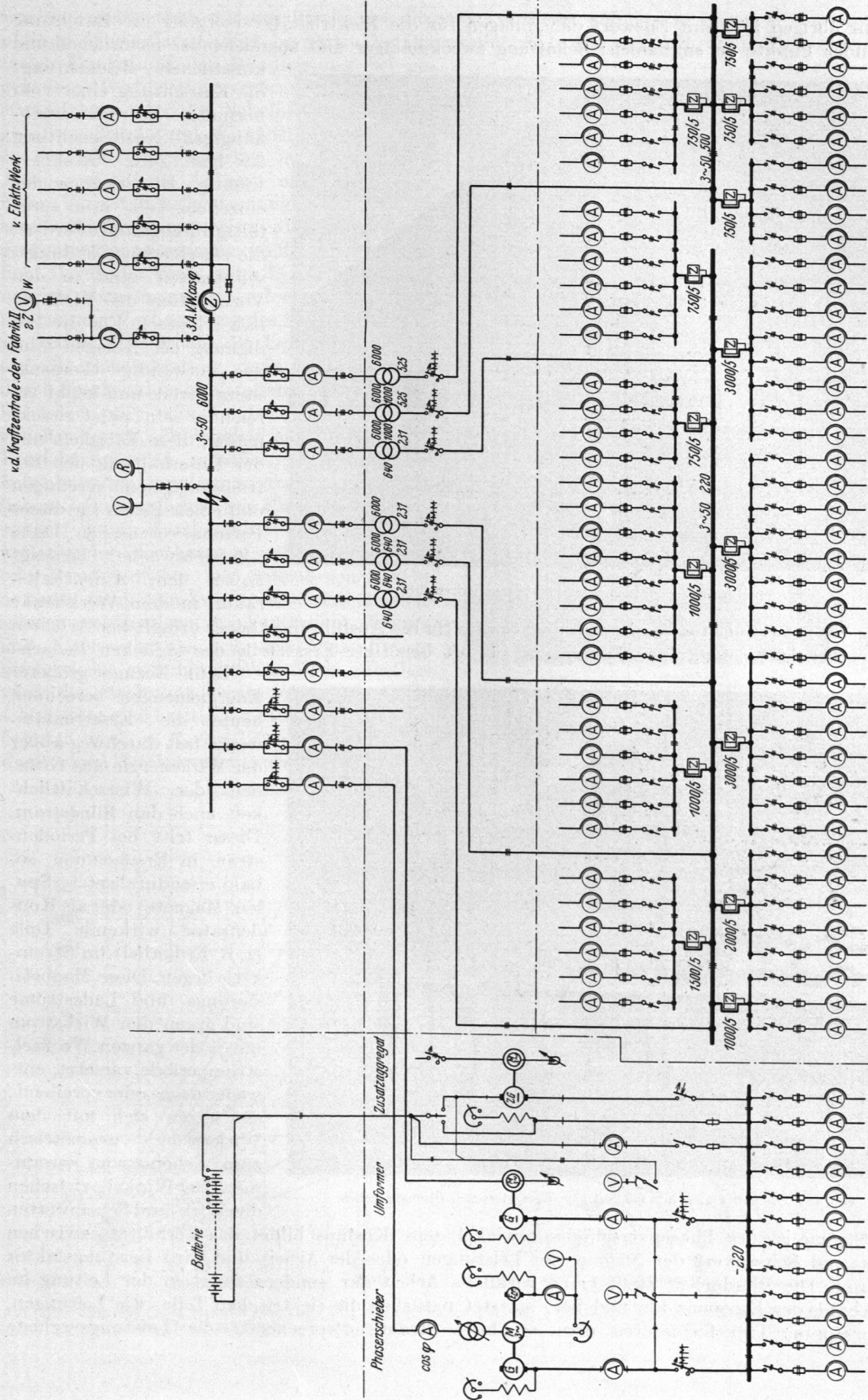


Abb. 418. Gesamtschaltbild zu den vorstehenden Abbildungen.

Im übrigen ist beim Entwurf der Anlagen für die Elektrizitätsversorgung die Beachtung folgender Punkte zu empfehlen: Schaffung zweckmäßiger und ausreichender natürlicher und künstlicher Beleuchtung;

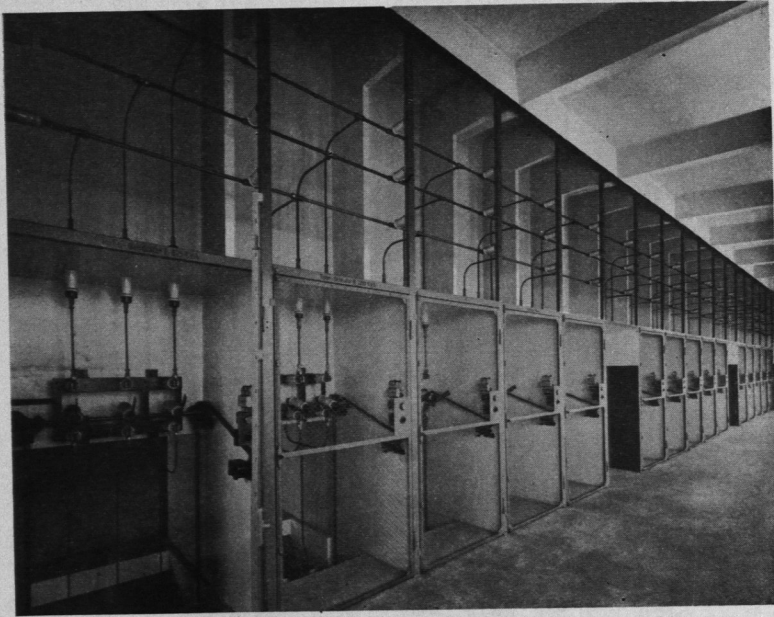


Abb. 419. Sammelschienenraum mit Trennschalterzellen.

sowie die notwendigsten Werkzeuge und Geräte für die Ausführung kleiner dringlicher Arbeiten untergebracht werden, einen Lagerraum für oft benötigte Ersatzteile des täglichen Bedarfs.



Abb. 420. Ölschalterraum mit qualmsicher abgeschlossenen Ölschalterzellen.

der Ströme ist der Phasenverschiebungswinkel, sein Kosinus bildet das Verhältnis zwischen Wirk- und Scheinwert der Ströme, der Leistungen oder der Arbeit und wird Leistungsfaktor genannt. Die Blindarbeit stellt keine wirkliche Arbeit dar, sondern flutet in der Leitung im Rhythmus der Frequenz hin und her, belastet natürlich die elektrischen Teile, wie Leitungen, Generatoren, Transformatoren dem erhöhten Strom entsprechend; die Leistungsverluste

künstlicher Beleuchtung; die Einrichtung einer vom normalen Betriebe unabhängigen Notbeleuchtung ist hier ganz besonders wichtig. Die Erdung der einzelnen Teile muß sorgfältig durchgeführt werden; die verschiedenen Erdungsarten sind in den Vorschriften des VDE genau erläutert. Für die Bedienung der Anlagen muß das notwendige Personal stets bereit und leicht erreichbar sein; es ist zweckmäßig, diese Tätigkeit mit der Unterhaltung der Betriebsanlagen zu vereinigen und einen Raum für dieses Personal vorzusehen. Diese „Betriebswache“ benötigt außer dem Aufenthaltsraum, in dem Werkbänke

Beim Bezuge größerer Energiemengen berechnen heute die Elektrizitätswerke fast durchweg außer der Wirkenergie aus Gründen der Wirtschaftlichkeit auch den **Blindstrom**. Dieser tritt bei Periodenstrom in Erscheinung, sobald eisdurchsetzte Spulen (Magnete) oder als Kondensator wirkende Teile (z. B. Erdkabel) im Stromkreis liegen. Diese Magnetisierungs- und Ladeströme sind gegen den Wirkstrom um  $\frac{1}{4}$  der ganzen Wechselstromperiode versetzt, entweder nach- oder voreilend; sie setzen sich mit dem Wirkstrom geometrisch zum Scheinstrom zusammen. Der Winkel  $\varphi$  zwischen den Wirk- und Scheinwerten



wachsen quadratisch mit der Stärke des Stromes; dagegen werden die Erzeuger der mechanischen Arbeit davon nicht berührt. Die Diagramme Abb. 422 und 423 ermöglichen eine einfache Ermittlung der Blindleistung bei gegebenem Wirkleistungsverbrauch und Leistungsfaktor oder der Scheinleistung bei gegebenem Blind- und Wirkleistungsverbrauch.

Den Elektrizitätswerken ist die schlechte Ausnutzung ihrer Anlagen mit den zusätzlichen Verlusten äußerst unangenehm, bei weiteren Entfernungen wird die Übertragung größerer Energiemengen völlig unwirtschaftlich. Durch die Verkaufstarife werden die Abnehmer gezwungen, die erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors zu treffen. Man erhebt die Leistungsgebühren auf die Scheinleistung, man berechnet den durch Spezialzähler ermittelten Blindverbrauch besonders oder man wendet beide Methoden gleichzeitig an. Es handelt sich nun darum, Einrichtungen zu schaffen, deren Gesamtbetriebskosten mindestens unter den zusätzlichen Gebühren liegen. Die Phasenkompensation kann durchgeführt werden mittels umlaufender Maschinen verschiedener Bauart oder Kondensatoren. Der Betrieb von Maschinen nur zu diesem Zwecke läßt sich meistens schwer rechtfertigen, da Verzinsung, Tilgung und Eigenverbrauch sehr leicht die Ersparnisse wieder aufzehren. Wesentlich günstiger wird die Rechnung, wenn ein solcher Maschinensatz gleichzeitig für andere Zwecke mitbenutzt wird, z. B. für Umformung in Gleichstrom. Als „Phasenschieber“ verwendet man

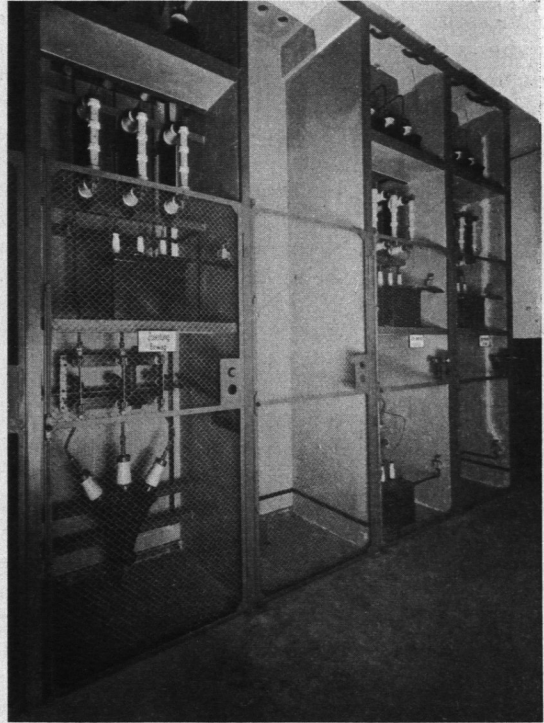


Abb. 421. Zellen für Kabelendverschlüsse, Trennschalter und Meßwandler.

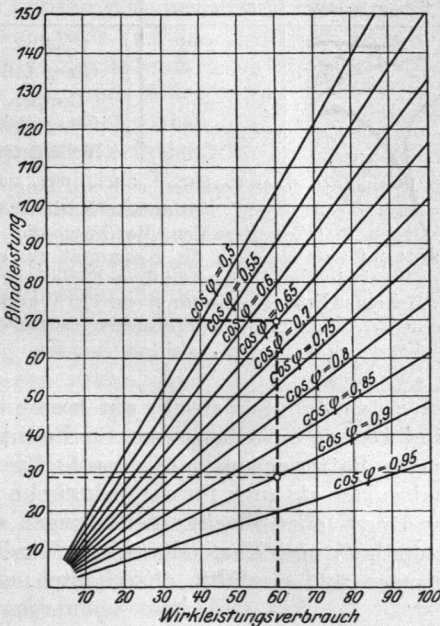


Abb. 422. Zusammenhang von Blindleistung, Wirkleistung und Leistungsfaktor.

Als „Phasenschieber“ verwendet man dann einen Drehstromsynchronmotor, der durch Übererregung mit  $\cos \varphi = 1$  oder darüber hinaus mit Blindstromabgabe arbeiten kann und den direkt gekuppelten Gleichstromgenerator antreibt. Durch diese oder ähnliche Kombinationen wird sich stets die Blindstromfrage wirtschaftlich lösen lassen. Ein anderes, vielfach angewendetes Mittel sind

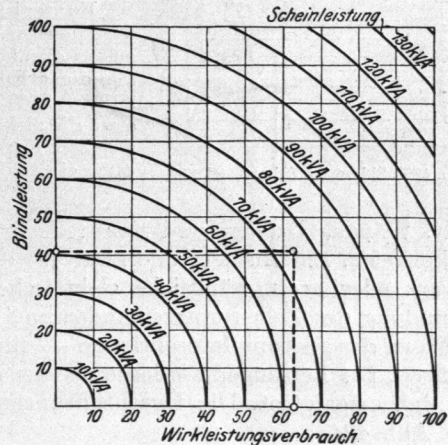


Abb. 423. Zusammenhang von Blindleistung, Wirkleistung und Scheinleistung.

die Kondensatoren, die heute in absolut betriebssicherer Bauart in Einheiten bis etwa 600 Blind-kW und für Spannungen von 220 bis 20000 Volt geliefert werden. Bei Hochspannungsstrombezug kann die Blindstromerzeugung sowohl auf der Hoch- wie Niederspannungsseite vor sich gehen. Technisch sind beide Methoden gleichwertig ausführbar. Die Anordnung auf der Niederspannungsseite hat den großen Vorzug, daß auch die Transformatoren an dem Vorteil der Kompensation teilnehmen. Oft lassen sich dadurch wesentlich geringere Einheiten verwenden oder bei mehreren Transformatoren einige außer Betrieb setzen, wodurch wieder erhebliche Leerlaufverluste vermieden werden. Bei Verwendung von Kondensatoren ist man in der Lage, eine Anzahl kleinerer Einheiten in den einzelnen Verbrauchsschwerpunkten selbst verstreut aufzustellen, und erreicht so auch eine Entlastung der Verteilungsleitungen. Abgesehen davon, daß man die Leitungen wesentlich besser ausnutzen kann, verringert man auch die Spannungsverluste erheblich. In den betriebsfreien Zeiten kann man diese Kondensatoren größtenteils abschalten, um die Transformatoren nicht wieder durch kapazitiven Strom unnötig zu belasten. Die ganze Blindstromfrage muß sich unbedingt den gegebenen Verhältnissen anpassen und daher von Spezialfachleuten bearbeitet werden. In ungünstigen Fällen sind schon schon Leistungsfaktoren unter 0,5 festgestellt worden; hier ist oft schon ohne Verlangen des Elektrizitätswerkes eine Korrektur ratsam. Häufig wird bei Einzelantrieb der Maschinen bereits bei der Auswahl der Elektromotoren gesündigt und dadurch ein schlechter  $\cos \varphi$  von vornherein geschaffen.

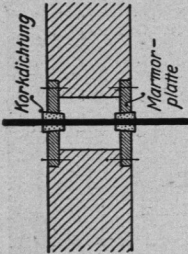


Abb. 424. Wanddurchführung einer blanken Kupferleitung bei Akkumulatoren-Räumen.

In vielen Anlagen ist die Anordnung einer **Akkumulatorenbatterie** notwendig, sei es als Stromquelle für Notbeleuchtungszwecke, sei es als Betätigungsbatterie in Schaltanlagen oder als Speicher zum Belastungsausgleich in Gleichstromnetzen. Die Akkumulatorenräume sollen trocken, hell, gut gelüftet und gegen das Eindringen von Staub und schädlichen Gasen geschützt sein. Die Räume brauchen meistens nicht geheizt zu werden. Liegen Akkumulatorenräume neben Schalt- oder Maschinenräumen, so dürfen diese Räume nicht durch Türen miteinander verbunden werden, damit die Maschinen und Apparate nicht unter der Einwirkung der Säuredämpfe leiden. Wichtig ist eine sorgfältige und zweckentsprechende Ausführung des Fußbodens; hierüber gibt der gleichnamige Abschnitt Aus-

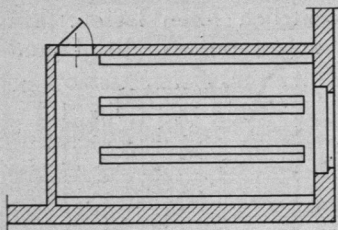


Abb. 425. Skizze zu Zahlentafel 80.

Zahlentafel 80.  
Platzbedarf in m<sup>2</sup> für Akkumulatorenbatterien mit 220 V  
Entladespannung bei dreistündiger Entladung (siehe Abb. 425).

Kapazität Ah	Bei Aufstellung der Zellen auf			Ausführung der Zellen als
	Boden- gestellen	Stufen- gestellen	Etagen- gestellen	
108	25—30	20—25	17—20	} Einfache Glaskgefäße
216	25—30	20—25	—	
540	36—42	—	—	} Doppel- Glaskgefäße
756	43—50	—	—	
1080	65—80	—	—	Holzkästen

Bemerkungen: 1. Die kleineren Werte beziehen sich auf längliche, die größeren Werte auf quadratische Räume. 2. Für andere Entladezeiten gelten ebenfalls die angegebenen Platzbedarfszahlen. Bei zwei- und ein-stündiger Entladung verringert sich lediglich die Kapazität um etwa 20 bzw. 35% und erhöht sich bei fünf- und zehnstündiger Entladung um etwa die gleichen Werte. 3. Bei einer Entladespannung von 110 V und der gleichen Kapazität tritt eine Verminderung des Platzbedarfes um etwa 40% ein.

kunft. Wände, Decken und Eisenteile erhalten einen guten Schutzanstrich, am besten mit alkoholfreiem Emaillack, und zwar für die Wände und Decken in hellem Ton, für Eisenteile schwarz oder grau. Sämtliche elektrischen Leitungen in Batterieräumen — sowohl für die Verbindung der Zellen untereinander und mit der Schaltanlage als auch für die elektrische Beleuchtung der Akkumulatorenräume — sind als blanke Rund- oder Flachkupferleitungen auszuführen. Die Leitungen werden entweder mit säurefestem Lack gestrichen oder mit Öl, Vaseline oder dgl. eingefettet. Die Durchführungen dieser Leitungen sind sorgfältig abzudichten, etwa nach Abb. 424.

Über den Platzbedarf von Akkumulatorenbatterien gibt Zahlentafel 80 Auskunft; Abb. 426 zeigt einen, den vorstehenden Richtlinien entsprechenden Akkumulatorenraum.



In den meisten Fällen ist es nicht möglich, die elektrische Energie von der Niederspannungsseite der Transformatorstation unmittelbar den Stromverbrauchern zuzuleiten. Vielmehr ist es notwendig, Gruppen von **Unterverteilungen** zu bilden, die bestimmte Fabrikabteilungen

versorgen und jeweils dem Schwerpunkt des Verbrauches naheliegen. Oft werden von diesen Verteilungen Leitungen zu weiteren Unterverteilungen führen, sei es zur Versorgung der einzelnen Stockwerke von Hochbauten oder einzelner, nebeneinander liegender Hallen. Fast durchweg werden diese Verteilungen heute als eisengekapselte Schaltanlagen ausgeführt, die gegenüber den früheren Schalttafeln große Vorteile aufweisen. Bei bester Zugänglichkeit aller Kontakt- und Konstruktionsteile von vorn sind allespannungsführenden Teile absolut vor unbe-

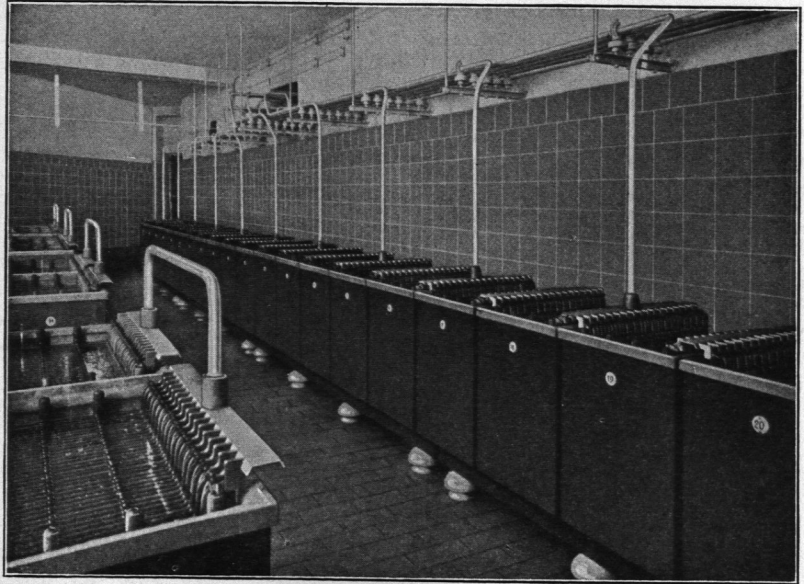


Abb. 426. Akkumulatoren-Raum.

fügter Berührung geschützt; die Raumbeanspruchung in der Tiefe ist sehr gering, die Bedienung ist auch für ungelernetes Personal gefahrlos, da durch gegenseitige Verriegelungen Schaltfehler erschwert werden; der Einbau von Trenn- und Schutzschaltern, von Meßinstrumenten und Zählern ist ohne weiteres möglich, die Aufstellung kann an der glatten Wand, in Ecken oder frei im Raume, der Anschluß der Zu- und Ableitungen nach oben oder unten erfolgen. Bei mehrschiffigen

Fabrikationshallen kann bei mangelnder Wandfläche oder wegen Behinderung des Verkehrs die Aufstellung solcher Schaltanlagen stören. Hier kann man oft einen günstigen Ausweg durch Hochlegung der Schaltanlagen in

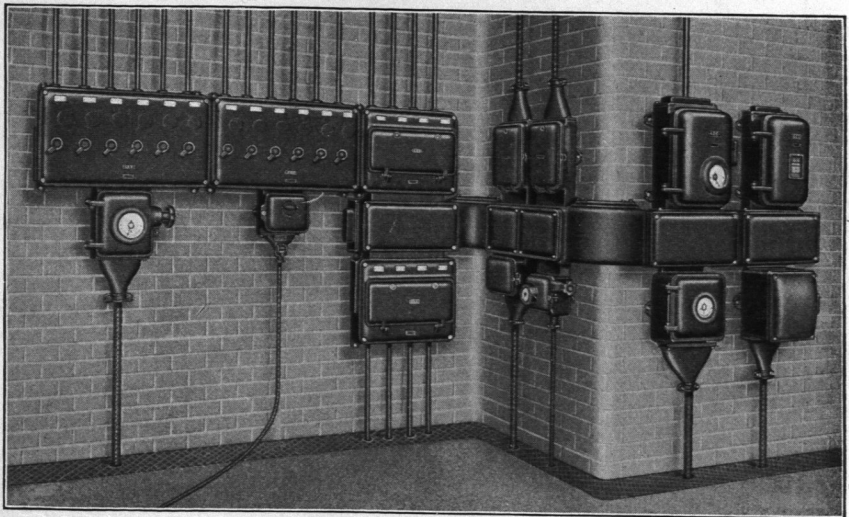


Abb. 427. Eisengekapselte Stromverteilung.

den Feldern zwischen den Binderstützen finden. Die Ausführung kann zweiseitig erfolgen; beiderseitig befindet sich eine Bedienungsbühne, seitlich an den Binderstützen werden die Kabel hochgeführt sowie die Zugänge angebracht. Die Ausführung einer eisengekapselten Verteilungsanlage zeigt Abb. 427.

Die Verbindungen zwischen den Haupt- und Nebenschaltanlagen werden in den meisten Fällen als eisenbandarmierte Bleikabel ausgeführt, die in den Kellerräumen oder, wo solche

nicht vorhanden, in Kanälen auf Wandregistern geführt werden. Häufig werden die Kabel auch an den Wänden oder Eisenkonstruktionen (Kranbahnen) aufgehängt. Diese Ausführung hat den Nachteil, bei etwa ausbrechendem Brand sehr leicht zerstört zu werden, wodurch natürlich der gesamte daran angeschlossene Betrieb in Mitleidenschaft gezogen wird. In Betrieben mit leicht brennbaren Gegenständen muß dieser Umstand unbedingt beachtet werden; die Abwicklung der äußeren Jutelage bei offenliegenden Kabeln ist aus diesem Grunde vom VDE vorgeschrieben. In Stockwerksbauten können die Steigeleitungen als Erdkabel, die an den Deckendurchführungen entsprechend zu schützen sind oder als Gummiaderleitungen in Rohren ausgeführt werden. Die Zuleitungen zu den einzelnen Verteilungen kann man als Einzelstränge oder Ringleitung ausbilden. Haben die Werkstattmaschinen Transmissions-Gruppenantriebe, so stellt man die Antriebsmotoren in der Nähe der Steigeleitungen auf; diese Antriebsart ist heute jedoch fast ganz durch den Einzelantrieb verdrängt. Bei Einzelantrieb verlegt man die Leitungen zu den Motoren oft im Fußboden; einen Verteilungskasten, der im Fußboden versenkt wird und an den bis zu vier in unmittelbarer Nähe stehende Maschinen angeschlossen werden können, zeigt Abb. 428. Der Kasten besitzt einen dicht schließenden Deckel, der bündig mit dem Fußboden verlegt wird. Die Stromabzweige sind in dem Kasten gesichert.

Billiger und bei Betriebsumstellungen beweglicher ist die Verlegung an der Wand oder unter der Decke; zur Vermeidung der teuren Stenmarbeiten empfiehlt sich bei gleichzeitiger

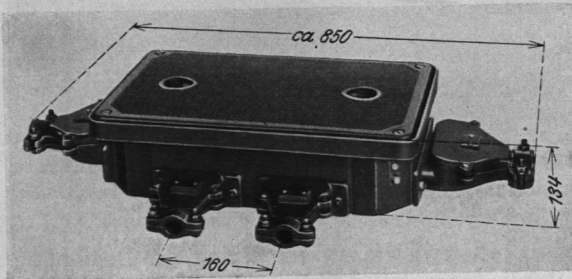


Abb. 428. Im Fußboden versenkter Verteilungskasten für Maschinenanschlüsse.

Verlegung mehrerer Leitungen eine an der Decke, am besten an Trägern, angehängte Tragkonstruktion, auf der auch die Zuleitungen für die Beleuchtung mit untergebracht werden. Handelt es sich um Motoren geringerer Leistung, so wählt man oft von der Decke herabhängende Steckvorrichtungen. Diese Anordnung bietet den Vorteil, die Arbeitsmaschinen jederzeit in gewissen Grenzen umstellen zu können; man gibt jedoch dafür einen wesentlichen Vorteil des Einzelantriebes — die Übersichtlichkeit des freien Fabrikationsraumes — wieder

auf; wo Laufkrane in der Werkstatt eingebaut sind, verbietet sich diese Anordnung von selbst.

Bei der Auswahl der **Antriebsmotoren** sollte man eine möglichst große Einheitlichkeit anstreben, vor allen Dingen hinsichtlich der Drehzahl. Je höher diese ist, desto günstiger liegen die Werte für Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Preis und Gewicht. Drehstrommotoren von 3000 U/min haben naturgemäß ein beschränktes Anwendungsgebiet, aber die vierpolige Bauart, d. h. Motoren mit 1500 Leerlaufumdrehungen, kann in fast allen Fällen eingebaut werden, wenn von vornherein hierauf Rücksicht genommen ist. Auch die notwendige Lagerhaltung von Reservemotoren wird dann sehr vereinfacht.

Die zu verwendende Motorenbauart richtet sich nach den vorliegenden Betriebsverhältnissen. In den meisten Fällen wird der gewöhnliche offene Motor genügen; sonst kommt ein Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper, Tropf- und Schwallwasser, Luftfeuchtigkeit, beizender Dämpfe, gegen allgemeine Verschmutzung, feuergefährlichen Staub und explosive Flüssigkeiten und Gase in Frage. Der Elektromotor ist für alle diese Anforderungen in brauchbaren Ausführungen lieferbar; die letzte Entwicklung ist der ganz geschlossene, außenbelüftete Motor, der durch beste Oberflächenkühlung die früheren Typen des leistungsverminderten gekapselten, des mantelgekühlten und des frischluftgekühlten Motors ersetzt hat. Für Räume mit explosiblen Gasen kommt nur der schlagwetttersicher gebaute Motor in Betracht. Oftmals kann beim Entwurf der Baulichkeiten die Aufstellung eines normalen, offenen Motors ermöglicht werden, indem man für den Motor einen abgetrennten, ungefährdeten Raum schafft und den Antrieb durch eine abgedichtete Durchführung der Trennwand leitet.

Die Ausführungen des hiermit abgeschlossenen Absatzes können auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen. Eine auch nur einigermaßen erschöpfende Behandlung des Stoffes verbietet sich wegen des verfügbaren Platzes; sie würde allzuleicht auch den Rahmen dieses Buches sprengen.