

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer
Elektrizitätswerke (VSE)

Band: 63 (1972)

Heft: 21

Artikel: Notstrom- und Dauerstromversorgung : allgemeine Erfordernisse und
technische Lösungsmöglichkeiten

Autor: Amstein, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915747>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.10.2024

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

Einführung

Von Prof. Dr. R. Zwicky

In der heutigen Tagung wird der Problembereich der Versorgung wichtiger Verbraucher bei Ausfall des Netzes behandelt.

Die Tagung trägt den Titel «Notstrom- und Dauerstromversorgung». Von *Notstromversorgung* spricht man, wenn es sich lediglich darum handelt, bei Netzausfall nach kurzer Zeit eine Ersatzenergiequelle zur Verfügung zu stellen. Bei gewissen Verbrauchern, zum Beispiel Datenverarbeitungsanlagen, Nachrichtenübertragungssystemen oder Operationssälen in Spitälern, sind jedoch auch kurzzeitige Unterbrüche der Speisung nicht zulässig. Die Ersatzenergiequelle muss hier ohne stromlose Umschaltpause arbeiten. In diesem Falle spricht man von *Dauerstromversorgung*.

Für die Notstrom- und Dauerstromversorgung stehen verschiedene Energieformen zur Verfügung, insbesondere

- gespeicherte elektrische Energie (Akkumulatoren),
- gespeicherte mechanische Energie (Schwungrad),
- gespeicherte Brennstoffe (Dieselgruppen).

Die verschiedenen Anforderungen bezüglich Unterbruchfreiheit oder zugelassener Unterbruchszeit, die verschiedenen verwendeten Energiequellen und auch die Art der abgegebenen Energie in Form von Gleich- oder Wechselstrom, führen zu zahlreichen technischen Möglichkeiten.

Das Ziel dieser Informationstagung besteht darin, einen Überblick über den heutigen Stand der Technik auf diesem Gebiete zu vermitteln. Das Programm ist thematisch folgendermassen gestaltet:

In den beiden Vormittagsreferaten werden die grundsätzlichen technischen Lösungsmöglichkeiten und Varianten gezeigt. Es handelt sich dabei sowohl um Anlagen im Rahmen der klassischen Technik als auch um neue Lösungen, die durch die Entwicklung der Leistungshalbleiter erst in den letzten 5 bis 10 Jahren realisierungsfähig wurden. Die beiden Referate am Nachmittag sind speziell der Einführung in diese moderne Technik der statischen Dauerstromversorgungsanlagen gewidmet.

Notstrom- und Dauerstromversorgung

Allgemeine Erfordernisse und technische Lösungsmöglichkeiten

Vortrag, gehalten an der Informationstagung des SEV über Notstrom- und Dauerversorgung am 7. Juni 1972 in Luzern,

von R. Amstein

621.311.8 : 621.313.322-843.6

Trotz gut ausgebauten Verteilungsnetzen muss jederzeit mit einem Unterbruch in der öffentlichen Energieversorgung gerechnet werden. Für zahlreiche Energiebezügler wie Spitäler, Banken, Warenhäuser, Computeranlagen, Flugsicherungs- und Verkehrsanlagen usw. sind daher Notstromversorgungen unentbehrlich. Als Energiequellen kommen vor allem Akkumulatorenbatterien und Dieselgeneratoraggregate in Frage. Für letztere werden verschiedene Ausführungsformen und Schaltungsmöglichkeiten dargestellt.

Bien que les réseaux de distribution soient convenablement aménagés, il faut compter en tout temps avec une panne de l'alimentation publique en énergie électrique. Pour de nombreux utilisateurs, tels qu'hôpitaux, banques, grands magasins, installations d'ordinateurs, services de sécurité aérienne, installations de réglage du trafic routier, etc., des alimentations de secours sont indispensables, principalement au moyen de batteries d'accumulateurs ou de groupes électrogènes à moteur Diesel. Différentes formes d'exécution de ceux-ci et leurs possibilités de couplage sont décrites.

1. Einleitung

Bei der Planung elektrischer Anlagen stellt sich immer wieder die Frage: Ist eine Notstromversorgung notwendig, kann im Zeitalter des internationalen Verbundbetriebes und der auf allen Spannungsstufen gut ausgebauten Energieverteilungsnetze nicht auf eine eigene Energiequelle verzichtet werden? Zur Beantwortung muss man sich über zwei Punkte Klarheit verschaffen:

a) Wie wichtig ist eine kontinuierliche Energieversorgung für die angeschlossenen Verbraucher und welche behördlichen Vorschriften sind einzuhalten?

b) Wie oft und wie lange ist mit Unterbrüchen in der öffentlichen Energieversorgung zu rechnen?

Zum Punkt 1 muss man sich einmal kurz überlegen, wie abhängig man heute selbst im Haushalt von der elektrischen Energieversorgung geworden ist. Dabei sei an die zahlreichen elektrisch betriebenen Heizungsölbrenner und Umwälzpumpen oder an die in vielen Haushalten vorhandenen Tiefkühlschränke, die zwar kurze Netzunterbrüche durchaus ertragen, bei denen längere Unterbrüche aber zu empfindlichen

Schäden führen können, erinnert. Denkt man aber erst an die Versorgung von Spitälern, Flugsicherungs- und Verkehrsanlagen, Grosscomputer, stromempfindliche Fabrikationsprozesse u. a. m., so können Stromunterbrüche äusserst schwerwiegende Folgen haben. Das gleiche gilt für Banken, Warenhäuser, Post- und Bahngelände, deren Sicherheitsanlagen im Falle eines Netzunterbruchs keinesfalls ausser Betrieb gesetzt werden dürfen.

Über die Zahl und Dauer der Netzunterbrüche können am besten die Statistiken der Verteilwerke Auskunft geben. Folgende Ausschnitte, welche im Laufe des letzten halben Jahres der Tagespresse entnommen wurden, geben ein instruktives Bild über Dauer, Umfang und Gründe von Netzunterbrüchen:

Stromausfall auf dem Flughafen Kloten

Marder als Ursache

Zürich, 21. Jan. (upi) Ein Marder, der in einen der Hochspannungsschalter der Haupttransformatorenstation des Flughafens Zürich-Kloten geraten war, verursachte am Don-

nerstag abend kurz vor 21 Uhr auf dem Flughafen einen Kurzschluss. Wie das Amt für Luftverkehr am Freitag in Kloten bekanntgab, traten die beiden für die Flugsicherung bestimmten Notstromgruppen sofort in Funktion, konnten aber den momentanen grossen Energieverbrauch nicht decken. Ein sich im Anflug auf den Flughafen befindendes Flugzeug musste nach Basel umgeleitet werden, die andern hatten lediglich einige Verspätung. Eine der Notstromgruppen war wegen Überbelastung ausgefallen, weshalb verschiedene Beleuchtungsanlagen der Pistenbefahrung, des Flugsicherungsdienstes und des Flughafes vorübergehend ohne Strom waren.

Bern

Die Bundesstadt eine halbe Stunde ohne Strom

Bern, 5. Febr. (sda) Infolge einer Fehlschaltung im 150 000-Volt-Netz fielen am Samstag um 14 Uhr für eine halbe Stunde zwei Drittel des Netzes Bern durch Kurzschluss aus. Das Missgeschick geschah, als wegen Brückenarbeiten bei *Worblaufen* spezielle Schaltmassnahmen notwendig waren. Die Verkehrsbetriebe waren von der Störung ebenfalls betroffen. In den Spitälern wurde auf die Notstromgruppen umgeschaltet. Der Polizei wurden keine Zwischenfälle gemeldet.

Stromausfall in Riehen

Basel, 24. Febr. (sda) Um 11.25 Uhr hat am Donnerstag an der nordöstlichen Peripherie Basels und bis gegen den Dorfkern von Riehen die *Stromversorgung ausgesetzt*. Der Ausfall dauerte bis etwa 12 Uhr. Betroffen waren schätzungsweise einige tausend Wohnungen, die mittels Umschaltungen wieder mit Strom versorgt wurden.

Ein Bagger hatte an der Autobahnbaustelle Schwarzwaldallee-Bäumlihofstrasse ein 6000-Volt-Kabel beschädigt. In der Folge brannte eine Transformatorenkabine für die Speisung der Bauplatzinstallationen für das Bäumlihofgymnasium wegen eines Kurzschlusses aus. Darauf schalteten die Einspeisungen automatisch ab. Nach ersten Schätzungen des Elektrizitätswerkes Basel beträgt der *Schaden 20 000 Franken*. Für die Instandstellung der beschädigten Anlagen wird mit etwa drei Tagen gerechnet.

Während in Überlandnetzen atmosphärische Entladungen und Schnee und Eis die häufigsten Störungsursachen sein dürften, werden in städtischen Verhältnissen Störungen durch Bauarbeiten im Vordergrund stehen. Netzzusammenbrüche infolge menschlichen Versagens von EW-Personal können durch entsprechenden technischen Aufwand wohl anzahlmässig vermindert, aber nie ganz eliminiert werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Energiekonsument in städtischen Verhältnissen pro Jahr im Mittel mit 1...2 Netzunterbrüchen von wenigen Minuten bis zu ca. ½ h Dauer rechnen muss. Damit dürfte auch klar sein, dass in vielen Fällen das Erstellen einer Notstromversorgung unumgänglich ist.

2. Allgemeine Erfordernisse

Der Ersteller einer Anlage muss vorerst einmal eine Anzahl behördlicher Vorschriften beachten. Kurz zusammengefasst handelt es sich dabei um:

- das Elektrizitätsgesetz mit den zugehörigen Verordnungen;
- die Hausinstallationsvorschriften des SEV (HV);

- Verordnung III zum Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (Art. 25 lit. 3);
- bei Zivilschutzanlagen die Vorschriften des BZS;
- kantonale Gesetze und Vorschriften, insbesondere der Gebäudeversicherungsanstalten;
- örtliche baupolizeiliche Vorschriften.

Die meisten dieser Vorschriften beziehen sich auf die Notbeleuchtungsanlagen, und erst in neuerer Zeit wurde in einzelnen Kantonen verlangt, in bestimmten Fällen zum Beispiel Abluftanlagen oder Aufzüge mit einer Notstromversorgung sicherzustellen.

Entsprechend den Hausinstallationsvorschriften sind Notbeleuchtungsanlagen erforderlich für:

- Elektrische Betriebsräume (unter bestimmten Voraussetzungen);
- Räume für Menschenansammlungen.

Über die an Notbeleuchtungsanlagen gestellten Bedingungen gibt Ziffer 48.230 der HV Auskunft:

«Elektrische Notbeleuchtungsanlagen müssen an eine Stromquelle angeschlossen sein, die von den speisenden Netzen unabhängig ist. Notbeleuchtungsanlagen für Räume müssen ortsfest installiert sein. Im übrigen haben diese Anlagen den örtlichen baupolizeilichen Vorschriften zu entsprechen.»

In den Beispielen und Erläuterungen zu den HV wird ergänzend folgendes festgehalten:

- Hinweis auf weitere Anwendungsfälle für Notbeleuchtungen, insbesondere Hochhäuser, Strassentunnels und Anlagen, die aus Gründen der Betriebssicherheit eine Notbeleuchtung erfordern;
- Hinweis auf die Bemessung der Beleuchtung;
- Hinweis auf Schaltungen bei Batterie- und Dieselanlagen;
- Angaben über die minimal vorzusehende Batteriekapazität.

Diese kurze Übersicht zeigt, dass in den HV nur einige Grundprinzipien umrissen sind. Es bleibt daher weitgehend dem Planer überlassen, zusammen mit dem Anlagebenützer die an die Notstromversorgung zu stellenden Bedingungen zu bestimmen.

Bevor auf Einzelheiten eingegangen wird, dürfte es zweckmässig sein, einige Begriffe festzulegen, damit Klarheit besteht, von was gesprochen wird.

Notstromversorgung allgemein:

Energieversorgung aus einer vom normalerweise speisenden, öffentlichen Netz unabhängigen Energiequelle. (Oft als *Eigenstromversorgung* bezeichnet.)

Notstromversorgung mit Unterbrechung der Speisung:

Die Versorgung erleidet einen Unterbruch von mehreren Sekunden bis Minuten.

Notstromversorgung mit Schnellumschaltung (in Deutschland als Schnellbereitschaftsanlagen bezeichnet):

Die Versorgung wird nur während Bruchteilen von Sekunden unterbrochen (Schaltzeit der Schützen).

Unterbruchlose Notstromversorgung oder Dauerstromversorgung (in Deutschland als Sofortbereitschaftsanlagen bezeichnet):

Die Versorgung erleidet keinen Unterbruch. Spannungs- und Frequenztoleranzen werden von Fall zu Fall festgelegt.

Welches sind nun die tatsächlichen Erfordernisse an die Notstromversorgung?

In erster Linie muss – obwohl scheinbar selbstverständlich – die Zuverlässigkeit der Anlage verlangt werden. Es wäre sinnlos, hier auf möglichst «billige» Anlagen zu tendieren,

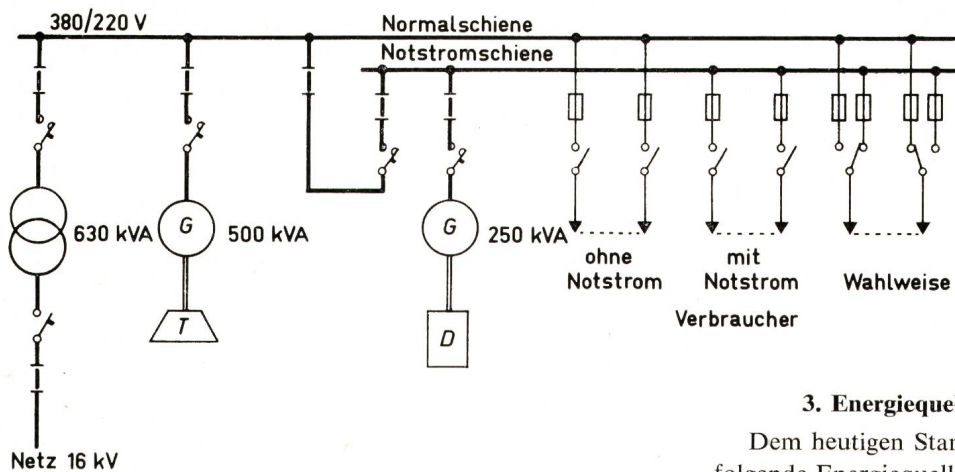


Fig. 1
Anlage Königsfelden mit Dampfturbine
und Dieselgruppe
Prinzipischema

umschaltung oder die unterbruchslose Versorgung im Vordergrund stehen.

die dann aber im entscheidenden Moment nicht funktionieren, ihre eigentliche Aufgabe also nicht erfüllen können.

In sehr vielen Fällen wird eine Versorgung mit Unterbrechung genügen. Bei handelsüblichen Dieselgeneratoranlagen mit automatischem Start kann damit gerechnet werden, dass der Notstrom innerhalb von ca. 10...15 s zur Verfügung steht.

Begnügt man sich damit, die Notstromgruppe von Hand zu starten, wird man in der Regel mit einigen Minuten Unterbruch in der Versorgung rechnen müssen. Ein typischer Anwendungsfall hierfür sind die zahlreichen kleineren und mittleren Zivilschutzanlagen.

Bei Spitalanlagen wird für die Allgemeinversorgung ein Unterbruch von 7...10 s gerade noch als zulässig erachtet. Für spezielle Bereiche wie Operation und Intensivpflege drängt sich allerdings die Anwendung von Anlagen mit Schnellumschaltung oder die unterbruchslose Versorgung auf.

Besonders empfindlich in bezug auf Unterbrechung der Versorgung sind Fernmeldeanlagen, Flugsicherungsanlagen, unterirdische Verkehrsanlagen, Atomkraftwerke usw. Hier werden die zulässigen Werte für Unterbruch (Schnellumschaltung oder unterbruchslose Versorgung) sowie die Anforderungen an die Genauigkeit von Spannung, Frequenz, Klirrfaktor von Fall zu Fall festzulegen sein. Ähnlich liegen die Verhältnisse vielfach bei Computeranlagen. Grossbanken, Verwaltungen, Verkehrsbetriebe usw. können die Vielzahl der zu verarbeitenden Daten nur noch mit Computern bewältigen. Ein auch nur kurzzeitiger Unterbruch der Energieversorgung kann für die betroffenen Unternehmen zu einem Chaos führen, das mit beträchtlichen wirtschaftlichen Schäden verbunden ist. Moderne Computer verlangen aber nicht nur eine unterbruchslose Versorgung, sondern stellen auch an die Qualität der Einspeisung besondere Ansprüche. Die Daten im Pflichtenheft einer solchen Stromversorgungsanlage lauten beispielsweise wie folgt:

Spannungsabweichungen	+ 10 ‰, - 8 ‰
Frequenzabweichungen	± 1 ‰
Klirrfaktor	< 5 ‰

Bei den Notbeleuchtungsanlagen geht es darum, sich sofort orientieren zu können, um Unfälle oder Panik zu vermeiden. Ein Unterbruch der Beleuchtung von einigen Sekunden Dauer kann zum Beispiel in einem Untergrundbahnhof oder in unterirdischen Fussgängerpassagen bereits zu kritischen Situationen führen. Hier wird daher die Schnell-

3. Energiequellen für Notstromversorgungen

Dem heutigen Stand der Technik entsprechend kommen folgende Energiequellen in Betracht:

3.1 Akkumulatoren-Batterien

Im Vordergrund stehen heute vor allem Bleibatterien und alkalische Batterien, wobei von beiden Typen verschiedene Ausführungsarten bestehen. Es ist von Fall zu Fall zu prüfen, welche Batterieart am geeignetsten ist.

Der Hauptvorteil der Batterien ist die sofortige Verfügbarkeit der Energie. Demgegenüber stehen als wesentliche Nachteile die beschränkte Speicherkapazität sowie die Tatsache, dass es sich um eine Gleichspannungsquelle handelt. Letzteres fällt heute allerdings nicht mehr so stark ins Gewicht, hat doch der statische Wechselrichter hier ganz neue Perspektiven eröffnet.

Hauptanwendungsgebiete der Batterien sind Notbeleuchtungsanlagen, Alarm- und Steueranlagen sowie unterbruchslose Versorgungen mit Wechselrichter.

Bei den Notbeleuchtungsanlagen haben sich in den letzten 10...15 Jahren immer mehr die kombinierten Kleingeräte, bestehend aus einem Netzspeisegerät, einem vollständig geschlossenen Akkumulator sowie einer angebauten Kleinleuchte, durchgesetzt. Solche Geräte sind heute in zahlreichen Variationen erhältlich. Sie garantieren vor allem eine Verminderung des Störungsrisikos, ist doch die in der konventionellen Ausführung übliche zentrale Batterie durch zahlreiche verteilte Einzelbatterien ersetzt.

3.2 Wärmekraftmaschinen

Dieselmotoren stehen als Antriebsmaschinen für stationäre Anlagen zweifellos im Vordergrund. Auf sie wird noch im Detail eingegangen.

Benzinmotoren werden häufig für mobile Notstromaggregate kleinerer Leistung verwendet. Für stationäre Anlagen sind sie wegen dem relativ feuergefährlichen Brennstoff weniger zu empfehlen.

Gasturbinen haben wegen ihrer hohen Drehzahl den Vorteil eines relativ geringen Gewichtes pro Leistungseinheit. Dagegen benötigen sie eine wesentlich längere Startzeit (Grössenordnung eine halbe Minute) als Dieselmotoren. Gasturbinen werden daher nur in speziellen Fällen zur Anwendung kommen. Als Beispiel kann das Computer-Zentrum der Westminsterbank in London angeführt werden. Hier wurden nachträglich auf dem Dach 3 Gasturbinen-Generator-Einheiten von je 750 PS installiert. Über Dach ist der erforderliche relativ hohe Luftdurchsatz einfach zu bewältigen, wobei allerdings auch die nötigen Schalldämpfer vorzusehen sind.

Dampfturbinen sind als eigentliche Notstromeinheiten selten anzutreffen. Normalerweise benötigen sie eine noch wesentlich längere Anfahrzeit als Gasturbinen.

Als einzige Dampfturbinennotstromanlage ist dem Verfasser diejenige in der Kantonalen Klinik Königsfelden bekannt. Bei einem Netzausfall übernimmt eine Dieselgeneratorgruppe die sofortige Versorgung der wichtigsten Verbraucher (Fig. 1).

Dauert der Netzunterbruch länger, wird der Kessel für die Dampfturbine angefahren und alsdann die Turbogruppe in Betrieb genommen. Die Inbetriebnahme ist aber nur dann möglich, wenn die Hilfsbetriebe wie Ölbrenner und Pumpen von der Dieselgeneratorgruppe gespeist werden können. Dampfturbinengruppe und Dieselgruppe können parallelgeschaltet werden und vermögen die Versorgung des ganzen Spitals zu decken. Diese unkonventionelle Lösung wurde gewählt, weil die Dampfturbine von der benachbarten HTL Windisch für Unterrichtszwecke ohnehin benötigt wurde.

3.3 Wasserkraftmaschinen

Wasserturbinen werden hin und wieder in hydraulischen Kraftwerken zur Notstromversorgung verwendet. Es handelt sich meist um separate sog. Hilfsgruppen beschränkter Leistung, welche die für den Eigenbedarf des betreffenden Kraftwerkes benötigte Leistung zu decken vermögen.

3.4 Kinetische Energiespeicher

In rotierenden Schwungrädern kann kinetische Energie gespeichert werden, die über einen angekoppelten Generator in Form elektrischer Energie wieder abgegeben werden kann. Solche dauernd mitlaufenden Schwungradgruppen können für unterbrochslose Versorgungen verwendet werden, um die Zeitspanne bis zum Hochlaufen eines Dieselaggregates zu überbrücken. Dieses Prinzip wurde zum Beispiel im Flughafen Kloten angewendet, wo mehrere Gruppen in Betrieb stehen (Fig. 2).

Mit dem Aufkommen der statischen Wechselrichter dürften Schwungradgruppen mehr und mehr an Bedeutung verlieren, da sie doch einige wesentliche Nachteile, wie zum Beispiel sinkende Frequenz mit zunehmender Entladung, beschränktes Speichervermögen, Unterhalt der Lager usw., aufweisen.

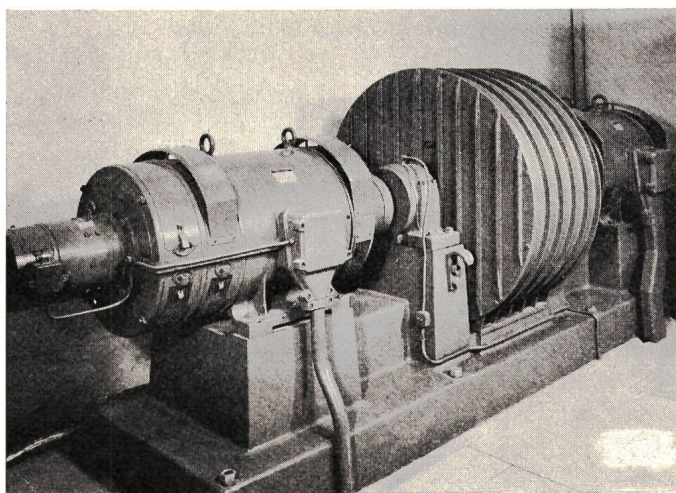


Fig. 2
Schwungrad-Mitlauf-Gruppe 80 kVA
Flugsicherungsgebäude Kloten

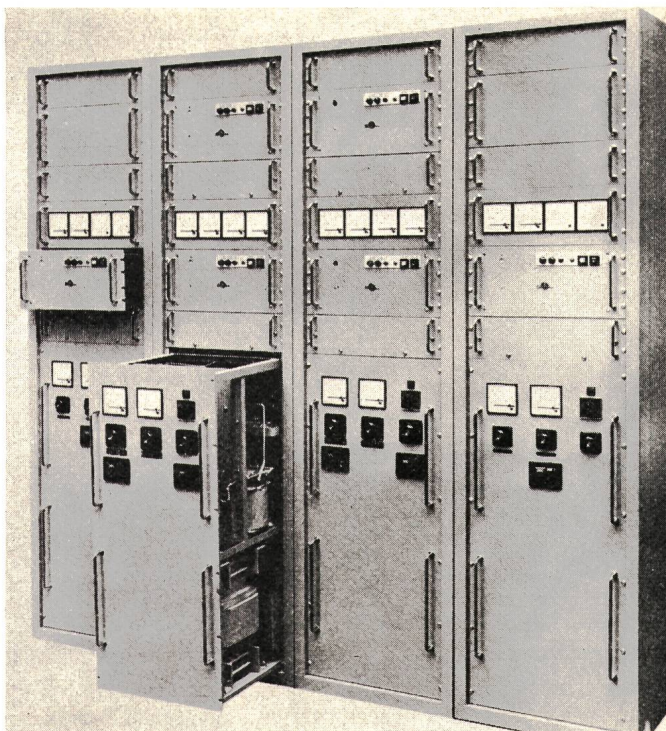


Fig. 3
Statische Frequenzumformer 16 2/3 / 50 Hz
bestehend aus Gleichrichter 220 V, 16 2/3 Hz, 48 V₋ und
Einphasenwechselrichter 48 V₋, 220 V, 50 Hz, 500 VA

3.5 Von der öffentlichen Versorgung unabhängige Netze

Es handelt sich hier um einen Spezialfall, der wohl nur für die Bahnbetriebe Bedeutung hat.

Die meisten Schweizer Bahnen werden ja bekanntlich mit Einphasenwechselstrom von 16 2/3 Hz betrieben. Die Bahnen verfügen über eigene, separate Energieerzeugungs- und Verteilanlagen. Bei einem Ausfall des Ortsnetzes wird normalerweise das 16 2/3-Hz-Netz weiterhin unter Spannung sein. Es besteht daher die Möglichkeit, Umformergruppen 16 2/3 Hz/50 Hz einzusetzen.

Die SBB verwenden seit einiger Zeit rotierende Umformergruppen zur Sicherstellung der Stromversorgung wichtiger Stellwerk- und Fernmeldeanlagen. Die BLS ihrerseits ist zu einer Lösung mit statischen Gleich- und Wechselrichtern mit Pufferbatterie gekommen (Fig. 3).

Von den angeführten Energiequellen ist die Dieselgeneratorengruppe die universellste und neben den Batterien am häufigsten vorkommende Notstromversorgungsanlage. Auf sie wird daher im folgenden Kapitel näher eingegangen.

4. Dieselnostromanlagen

4.1 Ausführungsformen

Es gibt heute eine Vielzahl von Ausführungsvarianten auf dem Markt, die sich nach ganz verschiedenen Kriterien einteilen lassen. Geht man von der Dauer des zu erwartenden Unterbruches in der Stromversorgung aus, kann man folgende Unterteilung machen:

a) Einfache Anlagen mit Handstart.

Hier wird auf jegliche Automatik verzichtet, wobei bewusst ein entsprechender Unterbruch in der Energieversorgung in Kauf genommen wird.

b) Anlagen für automatischen Start.

Unterschreitet die Netzspannung einen bestimmten Wert, wird der Dieselmotor gestartet, und nach Erreichen der Nenn-

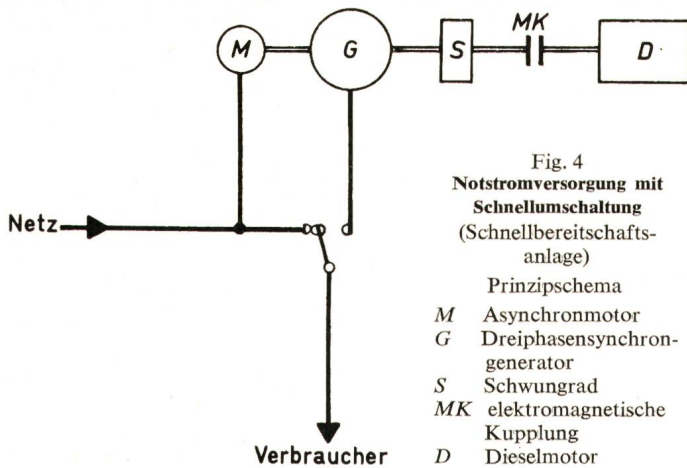


Fig. 4
Notstromversorgung mit Schnellumschaltung
(Schnellbereitschaftsanlage)

- Prinzipschema
- M Asynchronmotor
 - G Dreiphasensynchron-generator
 - S Schwungrad
 - MK elektromagnetische Kupplung
 - D Dieselmotor

spannung erfolgt die Zuschaltung der Verbraucher auf den Generator. Sollte ein Motor nicht auf Anrieb anspringen, wird der Startversuch meist mehrere Male wiederholt. – Nach Rückkehr der Netzspannung werden die Verbraucher automatisch wieder auf Netzspeisung umgeschaltet, der Dieselmotor zur Abkühlung noch einige Zeit im Leerlauf betrieben und dann stillgesetzt. Gleichzeitig soll die Anlage wieder für einen neuen Start bereit sein.

Die Start-und-Stopp-Automatik inklusive die nötige Alarmsignalisierung zum Beispiel für Öldruck und Temperatur wird heute von verschiedenen Herstellern weitgehend in genormter Halbleitertechnik geliefert, und es wurde hier ein recht hoher Sicherheitsgrad erreicht.

c) Anlagen für Schnellumschaltung.

Solche Anlagen funktionieren nach folgendem Grundprinzip (Fig. 4):

Ein relativ kleiner Asynchronmotor treibt über Keilriemen oder ein Getriebe den Notstromgenerator sowie ein Schwungrad an. Die Speisung der Verbraucher erfolgt aus dem Netz. Bei Netzunterbruch werden die Verbraucher sofort auf den Generator umgeschaltet. Die im Schwungrad gespeicherte kinetische Energie übernimmt einerseits den Antrieb des Generators, andererseits wird über die magnetische Kupplung der Dieselmotor innernt kurzer Zeit auf die Nenndrehzahl hochgerissen. Von diesem Moment an erfolgt der Antrieb dann durch den Dieselmotor. Der Unterbruch in der Versorgung ist auf die Schaltzeit des Umschalterschützes, das heisst auf ca. $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}$ s, beschränkt.

d) Anlagen für unterbrechungslose Versorgung.

Das Grundprinzip geht aus Fig. 5 hervor:

Die Speisung der Verbraucher erfolgt ständig aus dem Generator, der von einem in diesem Fall für die volle Leistung ausgelegten Asynchronmotor angetrieben wird. Handelt es sich um frequenzempfindliche Verbraucher, wird der Generator über ein Zwischengetriebe auf Synchrondrehzahl gebracht. Ein mit dem Generator fest gekuppeltes Speicherschwungrad dient bei Netzunterbruch sowohl zum Antreiben des Generators als auch über eine elektromagnetische Kupplung zum Hochreissen des Dieselmotors. Die Dimensionierung des Schwungrades erfolgt so, dass

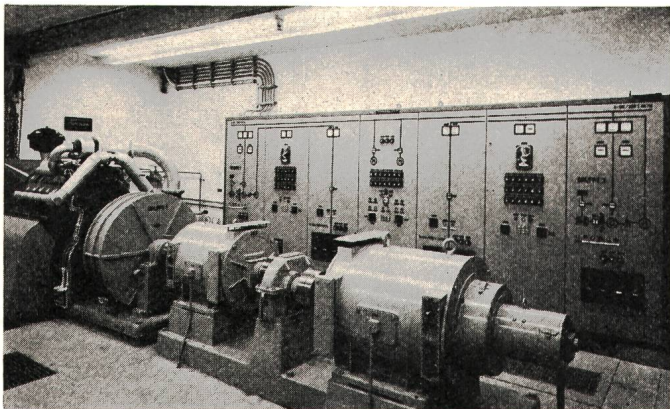


Fig. 5

Unterbrechungslose Versorgung der Radarstation Lägern-Hochwacht

V. r. n. l.: Asynchronmotor, Getriebe, Dreiphasen-Synchron-Generator 60 Hz, 208 V, Schwungrad, elektromagnetische Kupplung (nicht sichtbar), luftgekühlter Dieselmotor 165 PS / 1800 U./min

die Frequenz- und Spannungsabweichungen bis zur Übernahme des Antriebs durch den Dieselmotor innerhalb der zulässigen Toleranzen gehalten werden.

4.2 Anzahl Gruppen, Drehzahl

Bei einfacheren Anlagen wird man sich meist mit der Installation einer Dieselgruppe begnügen. Man muss sich aber bewusst sein, dass jeder Dieselmotor von Zeit zu Zeit überholt werden muss oder dass auch einmal eine Störung auftreten kann und dann die Gruppe nicht einsatzbereit ist. Bei Anlagen, in denen eine erhöhte Sicherheit verlangt wird, gelangen daher häufig zwei Gruppen zur Aufstellung. Oft wird dabei die Leistung der einzelnen Gruppen etwas grösser als 50 % der Gesamtleistung gewählt, zum Beispiel 60...70 %, um mit einer Gruppe allein notfalls einen wenn auch reduzierten Betrieb aufrechterhalten zu können.

Von einigen Firmen werden auch sog. Tandemaggregate angeboten, bei denen 2 Motoren entweder auf einen mit 2 freien Wellenenden oder mit einem Kupplungsgetriebe ver-

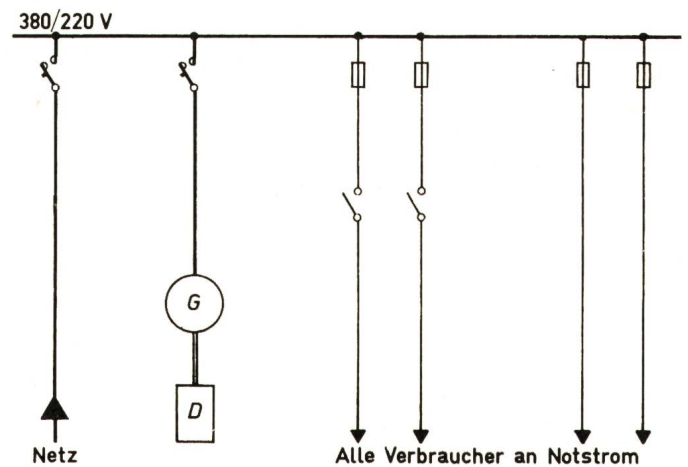


Fig. 6
Gesamtumschaltung (durchgehende Sammelschiene)
Prinzipschema

sehenen Generator gemeinsam arbeiten. Die Kupplungen zwischen Generator und Motoren werden dabei so ausgebildet, dass jeder Motor einzeln abgetrennt werden kann.

Wird eine Notstromversorgung für einen länger dauernden Betrieb konzipiert, gelangen mit Vorteil 3 Aggregate gleicher Leistung zur Aufstellung, wobei jede Gruppe für 50 % der Gesamtleistung dimensioniert wird. Der Betrieb erfolgt dann mit 2 Gruppen. Die 3. Einheit ist Reserve für den Fall einer Störung oder der Revision einer der beiden andern Gruppen.

Rechnet man mit einem länger dauernden Betrieb, wird man auch die Frage der Drehzahl gründlich prüfen müssen. Langsam laufende Gruppen mit Drehzahlen von 500, 625 oder 750 U./min sind naturgemäss teurer als Gruppen gleicher Leistung mit 1500 U./min. Sie sind aber in der Regel für Dauerbetrieb besser geeignet als die schnelllaufenden Maschinen, wobei allerdings nicht die Drehzahl allein, sondern auch die mittlere Kolbengeschwindigkeit und der mittlere Druck zu beachten sind.

4.3 Schaltungsbeispiele für die Hauptstromkreise

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, die von der Notstromversorgung erzeugte Energie an die Verbraucher zu verteilen. Einige Varianten seien nachstehend aufgezeigt:

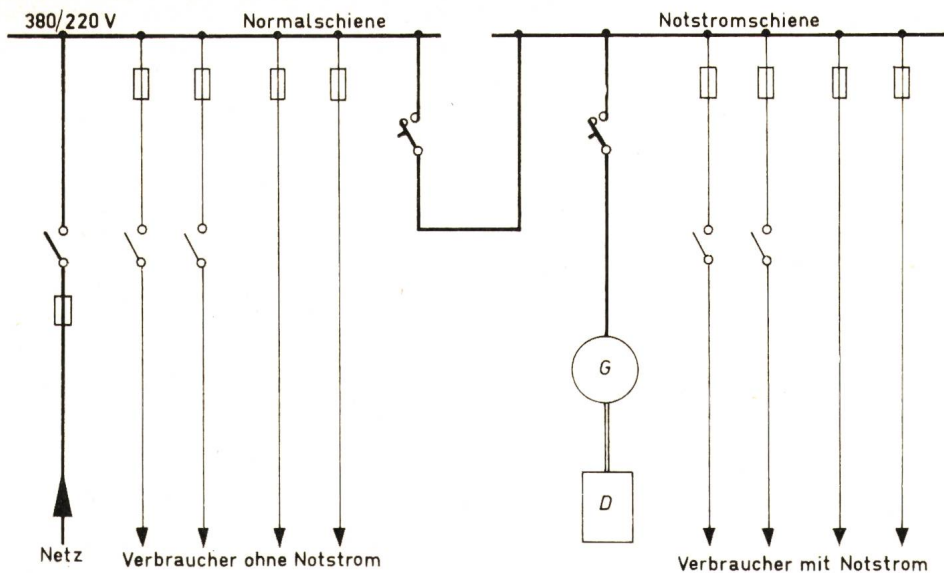


Fig. 7
Unterteilte Sammelschiene
Prinzipschema

a) Gesamtumschaltung (Fig. 6).

Schaltungsmässig handelt es sich hier um die einfachste Lösung, da sämtliche vom Netz gespeisten Verbraucher von der Notstromgruppe versorgt werden und kein separates Notstromnetz erforderlich ist. Der grosse Nachteil dieser Schaltung liegt darin, dass bei umfangreichen Anlagen sehr grosse Dieselmotorleistungen benötigt werden und generell die Gefahr besteht, dass mit der im Laufe der Zeit zunehmenden Verbraucherleistung die Notstromgruppe zu klein wird. Netzschütz und Generatorschütz müssen selbstverständlich gegeneinander verriegelt sein oder aber durch eine Synchronisierereinrichtung zusammengeschaltet werden können.

b) Unterteilte Sammelschiene (Fig. 7).

Bei dieser Schaltung müssen die notstromberechtigten Verbraucher ausgeschieden und an die Notstromsammelschiene angeschlossen werden. Die Ausscheidung von Verbrauchern ohne Notstromspeisung gestattet in vielen Fällen, die Leistung der Notstromgruppe auf einen Bruchteil der Gesamtleistung zu reduzieren. Sie bedeutet aber eine wesentliche Einschränkung in der Freizügigkeit der Notstromversorgung.

c) Einfachsammelschiene mit Schützen (Fig. 8).

Baut man in der Hauptverteilung in die einzelnen Abgänge oder einen Teil davon Schützen ein, kann man bei Notstromspeisung einen Teil der Last abwerfen und bei Bedarf einzelne Verbraucher entsprechend der zur Verfügung stehenden Leistung wieder zuschalten. Dieses System ermöglicht bei beschränktem Aufwand eine gute Flexibilität des Notstrombetriebs.

d) Doppelsammelschiene (Fig. 9).

Alle Verbraucher, die sofort oder in einer zweiten Stufe mit Notstrom zu versorgen sind, werden über Handumschalter an ein Doppelsammelschienenensystem angeschlossen. Im normalen Netzbetrieb wird die Notstromschiene über ein Kuppelschütz mit der Normalschiene zusammengeschlossen. Bei Netzausfall öffnet das

Kuppelschütz, und die Dieselgruppe übernimmt die Speisung der Notstromschiene und der darauf zugeschalteten Verbraucher 1. Priorität, wie zum Beispiel Notbeleuchtung, Überwachungs- und Signalanlagen usw. Je nach der noch verfügbaren Leistung können von Fall zu Fall weitere Verbraucher auf die Notstromschiene zugeschaltet werden.

Diese Anordnung bedingt einigen Aufwand in der Hauptverteilung, gestattet aber eine sehr bewegliche Betriebsführung.

e) Verwendung von 2 Notstromgruppen, Doppelsammelschiene, Ausscheidung der Verbraucher nach Dringlichkeit (Fig. 10).

Wie bereits früher erwähnt, muss bei jeder Dieselgeneratorgruppe mit der Möglichkeit einer Störung gerechnet werden. Für wichtige Anlagen werden daher mit Vorteil 2 Gruppen eingebaut und die Verbraucher in der Hauptverteilung nach Dringlichkeit geordnet. Normalerweise übernimmt die Notstromgruppe 1 bei Netzausfall die Speisung der Verbraucher 1. Dringlichkeit, während die Gruppe 2 die Verbraucher 2. Dringlichkeit versorgt. Sollte Gruppe 1 einmal nicht starten, übernimmt die Gruppe 2 über den Sammelschienenwechsler 1 die Speisung der Verbraucher 1. Dringlichkeit, während Schalter 2 öffnet und die Verbraucher 2. Dringlichkeit bis zur Behebung der Störung an Gruppe 1 stromlos bleiben.

Selbstverständlich wird bei dieser Anordnung die Möglichkeit vorgesehen, die beiden Notstromgruppen unter sich parallelzuschalten.

Diese Beispiele sollen nur einige Möglichkeiten aufzeigen. Sicher gibt es noch andere Varianten oder Kombinationen der dargestellten Prinzipschemas. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Umschaltung auf Notstrom wesentlich mehr Aufwand erfordert, wenn die Verbraucher in verschiedene Tarifgruppen, zum Beispiel Licht, Motoren, Wärme, aufgeteilt werden müssen oder wenn neben dem Einheitsnetz 220/380 V noch ein 500-V-Kraftnetz vorhanden ist.

4.4 Notstromversorgung von grossen Arealen.

Bei der Notstromversorgung von ganzen Arealen stellt sich die Frage, ob die Notenergieerzeugung an einer Stelle zentral oder verteilt in mehreren Gebäuden erfolgen soll.

Erstere Lösung hat für Betrieb und Unterhalt wie auch hinsichtlich Umweltschutz wesentliche Vorteile. Dagegen kann die dezentrale Aufstellung kostenmässig günstiger sein, unter Umständen grössere Sicherheit bieten und einfacher und übersichtlicher zu realisieren sein. Handelt es sich um ein neu zu überbauendes Areal, können die einzelnen Notstromzentralen entsprechend den Bauetappen gestaffelt erstellt und da-

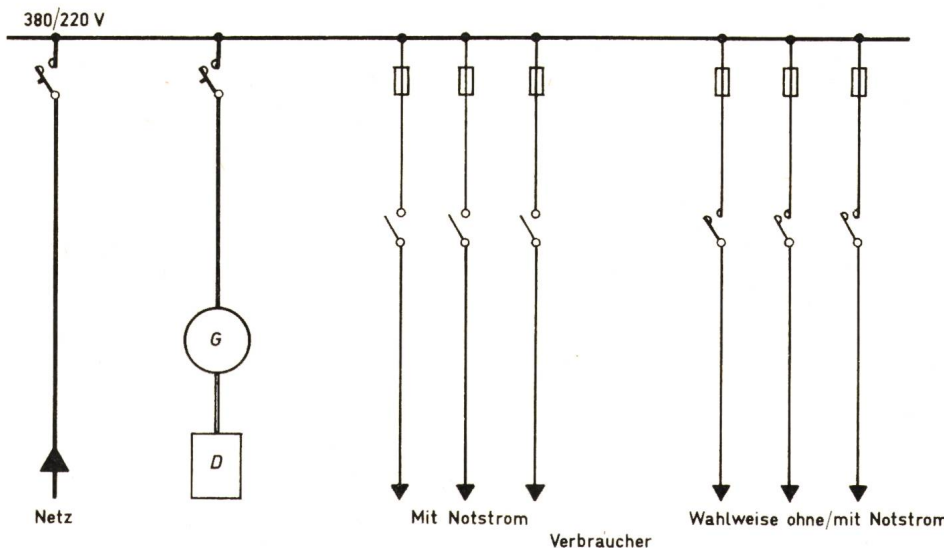


Fig. 8
Einfachsammelschiene mit Schützen
Prinzipschema

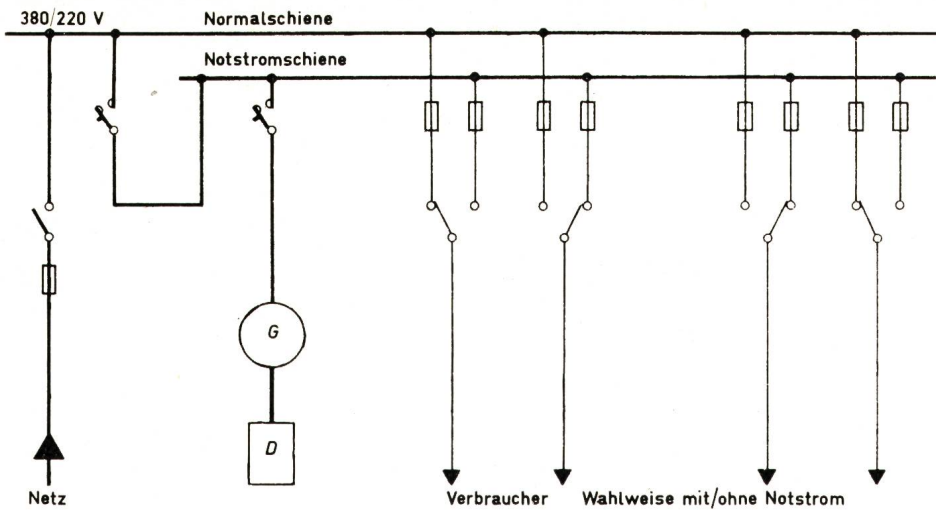


Fig. 9
Doppelsammelschiene
Prinzipschema

senen Verbraucher kein Unterbruch. Neben dem wesentlichen Vorteil bei Probeläufen ergibt eine Parallelschalteinrichtung aber auch die Möglichkeit, bei einem Netzausfall nach Rückkehr der Netzspannung durch Synchronisierung die Last unterbrochlos von der Notstromgruppe wieder auf das Netz zu übergeben.

mit langfristige und kostspielige Vorinvestitionen vermieden werden.

Die beiden Varianten sind schematisch in den Fig. 11 und 12 dargestellt.

Als Beispiel einer eigentlichen Notstromzentrale mit Energieverteilung in Hochspannung kann die kürzlich neu erstellte Anlage im Kantonsspital Zürich erwähnt werden (Fig. 13). Die Dieselmotoren von je 1100 PS Dauerleistung sind mit Generatoren von je 940 kVA, 3000 V gekuppelt, welche ihrerseits die Energie über Blocktransformatoren an die 11-kV-Sammelschiene abgeben. Von hier erfolgt die Verteilung über separate 11-kV-Notstromkabel an die einzelnen Transformerstationen (Fig. 14).

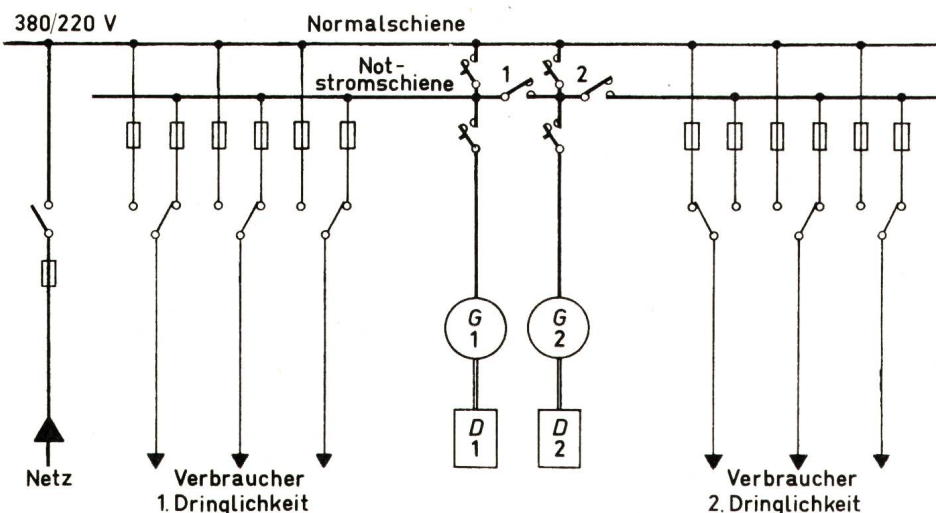
4.5 Parallelschaltung mit dem Netz

Beim Beispiel «Gesamtumschaltung» wurde kurz die Parallelschaltung von Dieselgruppe und Netz erwähnt. Eine solche Parallelschaltung bringt zwar einige Komplikationen mit sich, bietet aber für den Unterhaltsbetrieb ganz erhebliche Vorteile. Zur Überprüfung der Bereitschaft müssen ja mit jeder Dieselnostromgruppe periodisch Probeläufe durchgeführt werden. Um Schäden zu vermeiden, sollte der Dieselmotor nicht im Leerlauf, sondern mit mindestens 75 % seiner Nennleistung betrieben werden. Kann man die Dieselgruppe mit dem Netz parallelschalten, lässt sich während dem Probelauf die Belastung in weiten Grenzen sehr leicht regulieren. Zudem erfolgt in der Versorgung der angeschlos-

Leider wird aber die Parallelschaltung von Netz und Notstromgruppen vielfach noch abgelehnt. Einerseits befürchten Anlagebesitzer Fehlmanipulationen des Betriebspersonals, andererseits haben einzelne Elektrizitätswerke Bedenken wegen unkontrollierten Rückspannungen von Notstromgruppen in ihr Netz. Dieser Gefahr kann aber durch Einbau eines Frequenzrelais wirksam begegnet werden. Sollte während dem Parallelbetrieb das Ortsnetz ausfallen, sinkt infolge Überlastung der Dieselgruppe die Frequenz sofort, was ein Ansprechen des Frequenzrelais und damit ein Trennen der Notstromgruppe vom Netz zur Folge hat. Das einwandfreie Funktionieren dieser Schutzeinrichtung kann bei zahlreichen vorhandenen Anlagen nachgewiesen werden, und es ist sehr zu hoffen, dass hier die bei einer Anzahl von Elektrizitätsversorgungen noch vorhandenen Einschränkungen bald der Vergangenheit angehören werden.

Die ebenfalls erwähnten möglichen Fehlmanipulationen beim Parallelschalten können durch Einbau eines Synchronisierautomaten verhindert werden. Solche Automaten sind heute als Serienfabrikate zu vernünftigen Preisen auf dem Markt erhältlich.

Für Probeläufe und Kontrollen bei Zivilschutzanlagen sei auf folgende, sehr zweckmässige Lösung hingewiesen: Ein transportables Synchronisiergerät wird über Vielfachstecker an die Notstromschalttafel angeschlossen. Auf diese Weise ist bei Probeläufen ein Parallelbetrieb mit Belastung des Dieselmotors möglich, während bei Belegung der Anlage und möglicherweise fehlendem Fachpersonal im sog. Inselbetrieb gefahren wird.



5. Hilfseinrichtungen für Dieselnostromanlagen

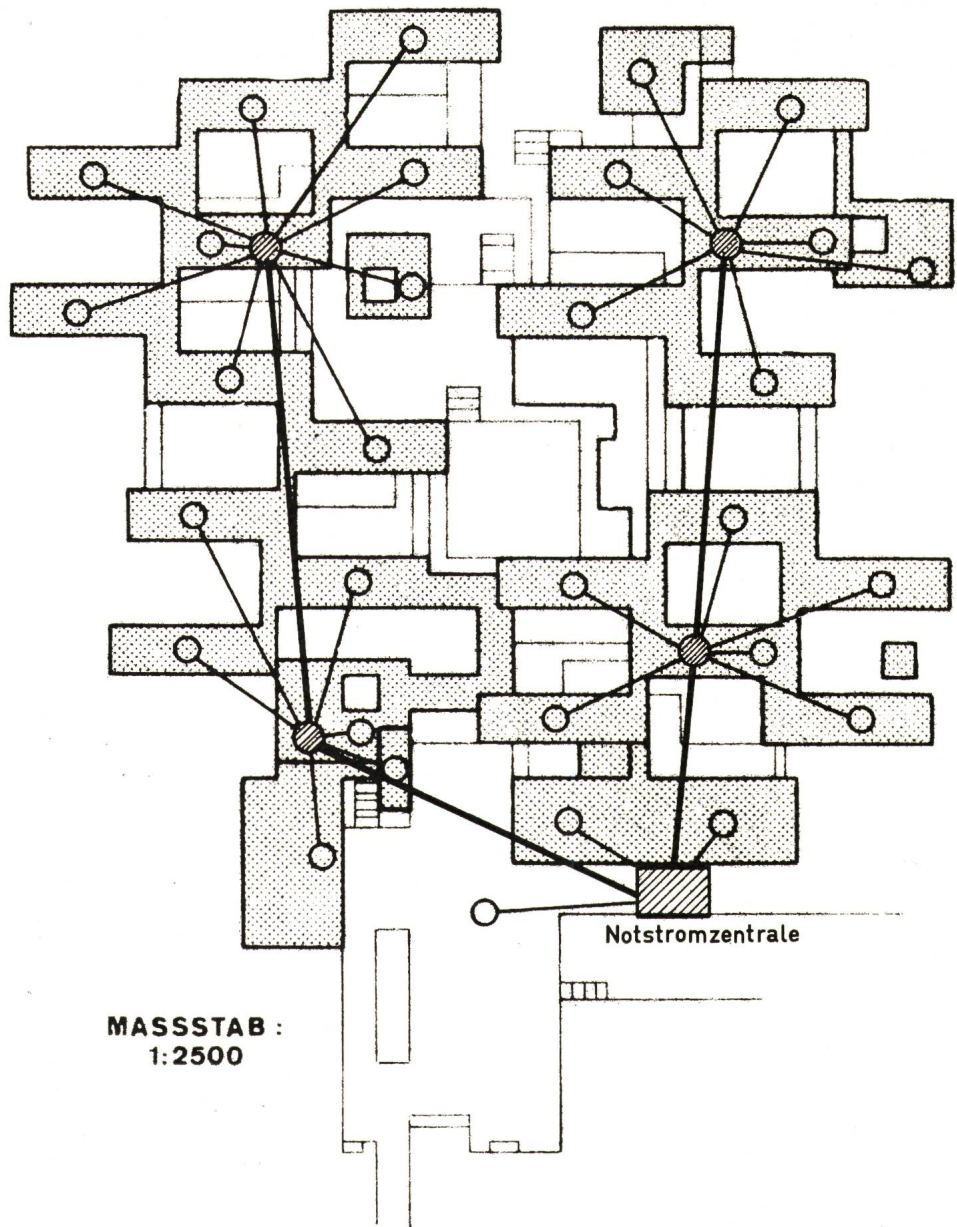
5.1 Anlaßsysteme

Am meisten verbreitet ist heute wohl der elektrische Anlasser mit Starterbatterie. Es können dabei handelsübliche Serienfabrikate ver-

Fig. 10
2 Notstromgruppen, Doppelsammelschiene
1. und 2. Dringlichkeit
Prinzipschema

Fig. 11
**Zentrale Notstromerzeugung für
ein grosses Areal**
Prinzipschema

- Transformatorstation
- Notstromkabel Hochspannung
- Notstromkabel Niederspannung



wendet werden, die dementsprechend preisgünstig sind.

Druckluftstart empfiehlt sich für Einheiten grosser Leistung, und wo man auf rasanten Anlauf und damit auf kurze Startzeit Wert legt, wird die Druckluft meist direkt in die Zylinder eingeblasen, während Druckluftstartmotoren kaum mehr anzutreffen sind.

Will man besonders kurze Startzeiten erreichen, reisst man den Dieselmotor mit einem ständig rotierenden Schwungrad über eine elektromagnetische Kupplung hoch.

Handstart kann nur für sehr kleine Gruppen angewendet werden, da beim Dieselmotor verhältnismässig hohe Kompressionsdrücke überwunden werden müssen.

5.2 Kühlung

Von der im Brennstoff dem Dieselmotor zugeführten Energie wird nur ungefähr $\frac{1}{3}$ in mechanische Arbeit umgewandelt. Etwa $\frac{1}{3}$ geht als Wärme mit den Abgasen weg. Der Rest ist als Abwärme von den Zylindern beziehungsweise als Strahlungswärme aus dem Raum abzuführen. Wird die für die Zylinderkühlung benötigte Luft durch den Maschinenraum angesaugt, können mit ihr gleichzeitig auch die Strahlungswärme und die Generatorverlustwärme weggeführt werden.

Motoren mit direkter Luftkühlung werden für Leistungen bis ca. 150...200 PS gebaut. Lässt sich die relativ grosse Kühlluftmenge gut zu- und wegführen, hat diese Kühlung den Vorteil der Einfachheit und Betriebssicherheit.

Bei wassergekühlten Motoren besteht die Möglichkeit, die Wärme über einen Waben- oder Rippenkühler an die Luft abzugeben (Fig. 15) oder über einen Wärmeaustauscher an durchfliessendes Kühlwasser zu übertragen. Welches der beiden Systeme zweckmässiger ist, hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. Bei der Wasserkühlung muss jedenfalls noch ein separater Raumkühler eingebaut werden. Zu beachten ist, dass dem Motor möglichst kühle Verbrennungsluft zugeführt wird. Nach DIN 6270 ist die Nennleistung des Motors auf 20 °C Ansauglufttemperatur, 60 % relative Luftfeuchte und 736 mm Hg Luftdruck bezogen. Bei normalen Saugmotoren sinkt nun bei einer Erhöhung der Ansauglufttemperatur um 10° die Leistung um ungefähr 5 %. Der mit zunehmender Temperatur erfolgende Leistungsabfall ist

bei aufgeladenen Motoren etwas weniger ausgeprägt. Beim Aufladen wird die Verbrennungsluft über ein Turbogebläse verdichtet und unter Druck dem Motor zugeführt. Der Antrieb des Gebläses erfolgt meist über eine Abgasturbine. Durch das Aufladen kann die Leistung eines Motors um ca. 30...50 % gesteigert werden, wobei im Notstrombetrieb aber zu berücksichtigen ist, dass die volle Leistung nicht sofort nach dem Start zur Verfügung steht.

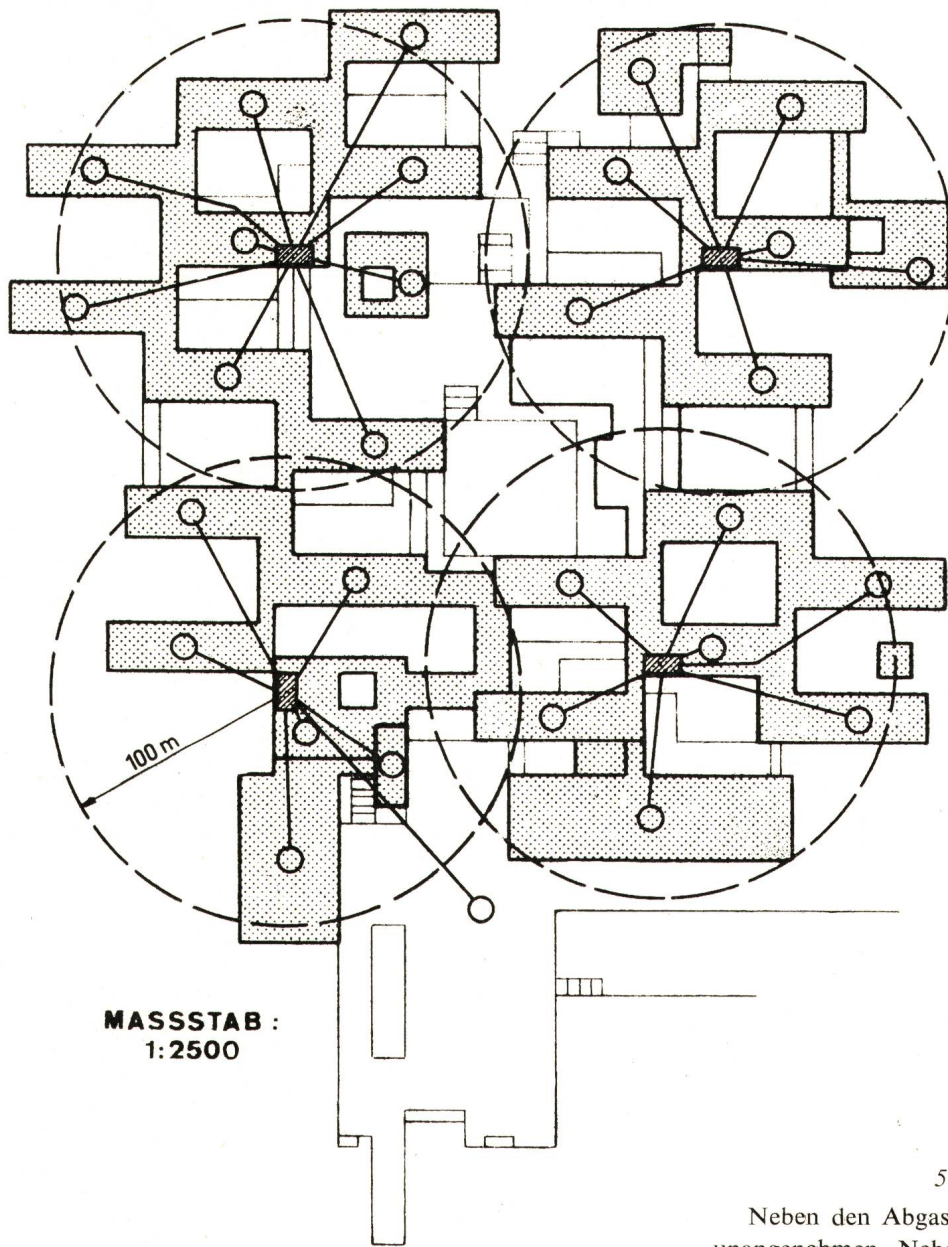
5.3 Brennstoffanlage

Der spezifische Brennstoffverbrauch eines Dieselmotors beträgt ca. 165...180 g/PS_h. Für eine gegebene Anlage lässt sich damit rasch ermitteln, wie gross der stündliche Brennstoffverbrauch ist. Der Anlagebesitzer muss sich nun festlegen, für wie viele Stunden Betrieb er Brennstoffvorrat anlegen will. Beispielsweise wird für Zivilschutzanlagen ein Vorrat für 14 Tage Vollastbetrieb verlangt.

Normalerweise wird ein Lagertank sowie im Maschinenraum ein sog. Tagestank eingebaut. Letzterer hat einen Vorrat für einige Stunden Betrieb und wird aus dem Lagertank mit einer Elektropumpe automatisch oder aber mit einer einfachen Flügelpumpe von Hand nachgefüllt.

Fig. 12
Dezentralisierte Notstromanlagen
für ein grosses Areal
Prinzipschema

■ Notstromzentrale
— Notstromkabel, Niederspannung



5.4 Abgasanlage

Die Abgase treten am Dieselmotor mit einer Temperatur von 400...500 °C aus, je nach Maschinenausführung und Belastung. Für das Erstellen der Abgasleitungen sind im wesentlichen folgende Punkte zu beachten:

a) Die Gesamtdruckverluste im Abgassystem dürfen den vom Motorenhersteller angegebenen Wert nicht überschreiten. Der Durchmesser der Abgasleitung ist entsprechend anzupassen.

b) Infolge der hohen Temperaturen ist die Wärmeabstrahlung beträchtlich. Es empfiehlt sich daher, vor allem im Bereich des Maschinenraums und wo eine Berührung möglich ist, die Abgasleitungen genügend zu isolieren.

c) Es müssen Ausdehnungsmöglichkeiten durch Einbau von Dehnungsstücken oder Dehnungsbogen versehen werden.

d) Es ist die Möglichkeit vorzusehen, durch Korrosion schadhafte gewordenen Leitungsteile später ersetzen zu können.

e) Der Austritt ins Freie ist so vorzusehen, dass die Umgebung durch Geruch, Rauch und Lärm nicht belästigt wird.

5.5 Schalldämpfung

Neben den Abgasen gehört vor allem der Lärm zu den unangenehmen Nebenwirkungen einer Dieselnotstromanlage. Während bis vor wenigen Jahren die Lärmschutzmassnahmen mehr oder weniger nach dem persönlichen Empfinden beurteilt wurden, sind heute an manchen Orten behördlich vorgeschriebene Schallpegelwerte einzuhalten. Für eine Anlage in Zürich lauteten diese Werte beispielsweise:

Abstand	m	10	30	50
Schallpegel	dB(A)	60	50	45
	(nachts)			

Ähnliche Werte sind in der deutschen Norm VDI 2058 festgelegt.

Ohne entsprechende Massnahmen überschreiten die Abgasgeräusche die angegebenen Werte. Daher sind in die Abgasleitung geeignete Schalldämpfer einzubauen. Sehr gute Resultate werden mit Schallgruben erreicht, doch ist deren Einbau in vielen Fällen aus baulichen Gründen nicht möglich.

Die Maschinengeräusche können sich ebenfalls sehr störend auswirken. Der Maschinenraum ist daher vollkommen geschlossen auszuführen, und die Zu- und Abluftöffnungen sind zur Vermeidung der Ausbreitung des Luftschalls nötigenfalls mit Kulissenschalldämpfern auszurüsten. Zur Verhinderung der Übertragung des Körperschalls wie auch der

Da Dieselbrennstoff von gleicher Qualität ist wie sog. «Heizöl spezial», besteht die Möglichkeit, für Heizung und Dieselanlage den gleichen Lagertank zu benützen.

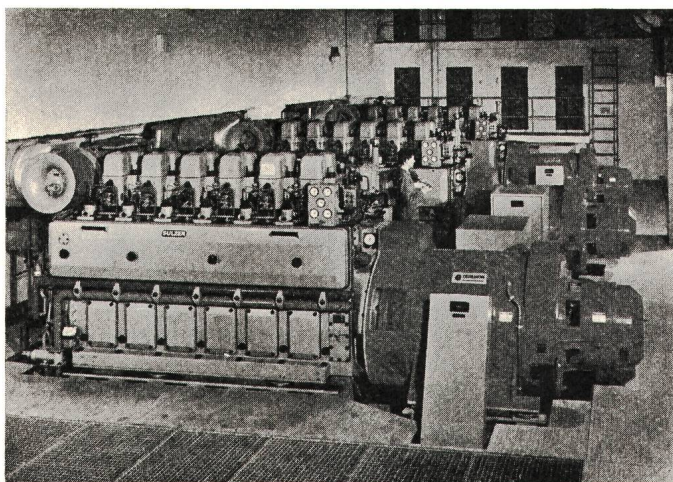


Fig. 13
Dieselzentrale Kantonsspital Zürich
3 Gruppen 1100 PS, 750 U./min

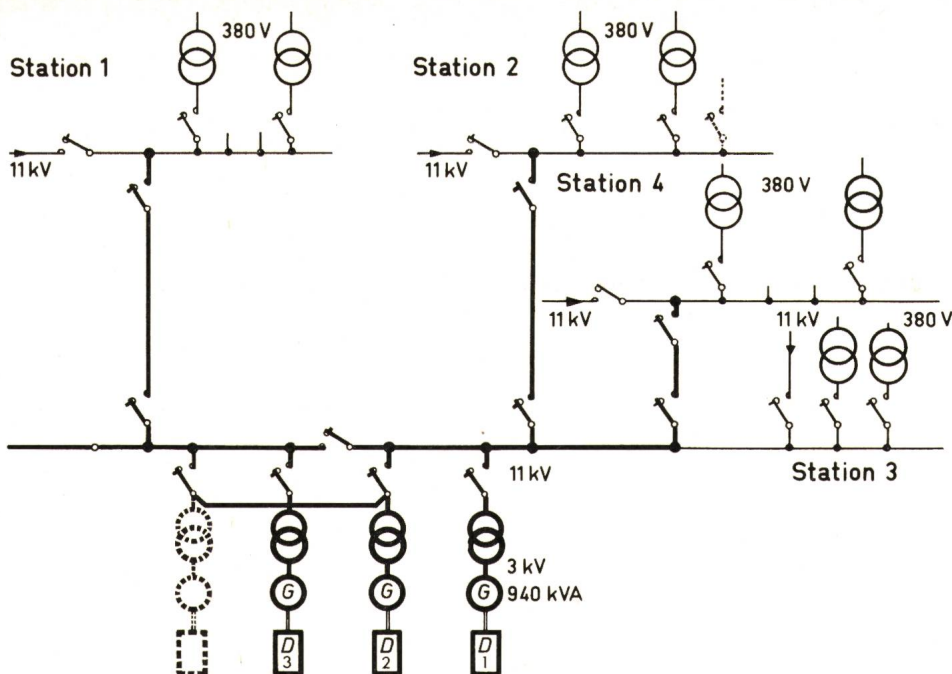


Fig. 14
Notstromhochspannungsanlagen
Kantonsspital Zürich
Prinzipischema

Im Netzbetrieb speist je 1 Transformator à 1000 kVA den Sammelschieneenteil für den Computer inklusive Raumbelichtung (unterbrechungslose Versorgung) und den Teil Klimaanlage/Hilfsbetriebe (Versorgung mit Unterbrechung). Bei Netzausfall stehen 3 Diesel-Notstromgruppen zu je 1500 PS/1000 kW zur Verfügung. Gruppe 2 ist dabei Reserveeinheit, und zwar primär für Gruppe 3, sekundär für Gruppe 1.

Vibrationen ist das Dieselgeneratoraggregat auf Gummi- oder Federelementen elastisch zu lagern.

6. Kombinierte Anlagen

Es sei abschliessend an einem Beispiel für einen Grosscomputer kurz dargestellt, wie komplex heute Notstromversorgungen für anspruchsvolle Verbraucher aufgebaut sind.

Die Anschlussleistung des Computers beträgt in diesem Beispiel 640 kVA, wovon 220 kVA mit 50 Hz beziehungsweise 400 Hz und 420 kVA mit 60 Hz zu speisen sind. Zu diesen Werten kommt noch die Leistung der unbedingt erforderlichen Klimaanlage. Im Gegensatz zum Computer kann die Energieversorgung für letztere kurzzeitig, das heisst höchstens für einige Minuten, unterbrochen werden. Das Prinzipschema für die Speisung der Anlage ist in Fig. 16 dargestellt.

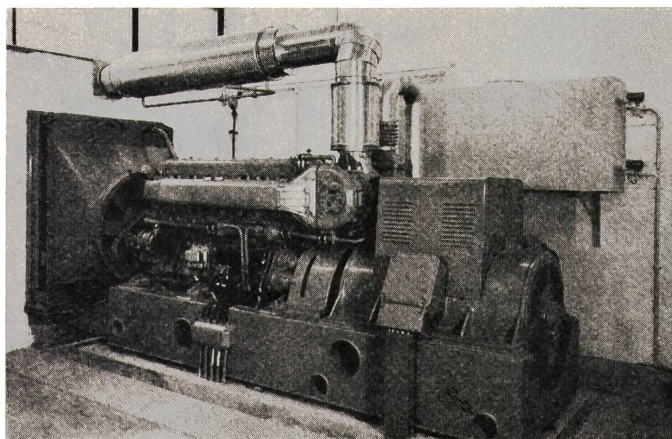
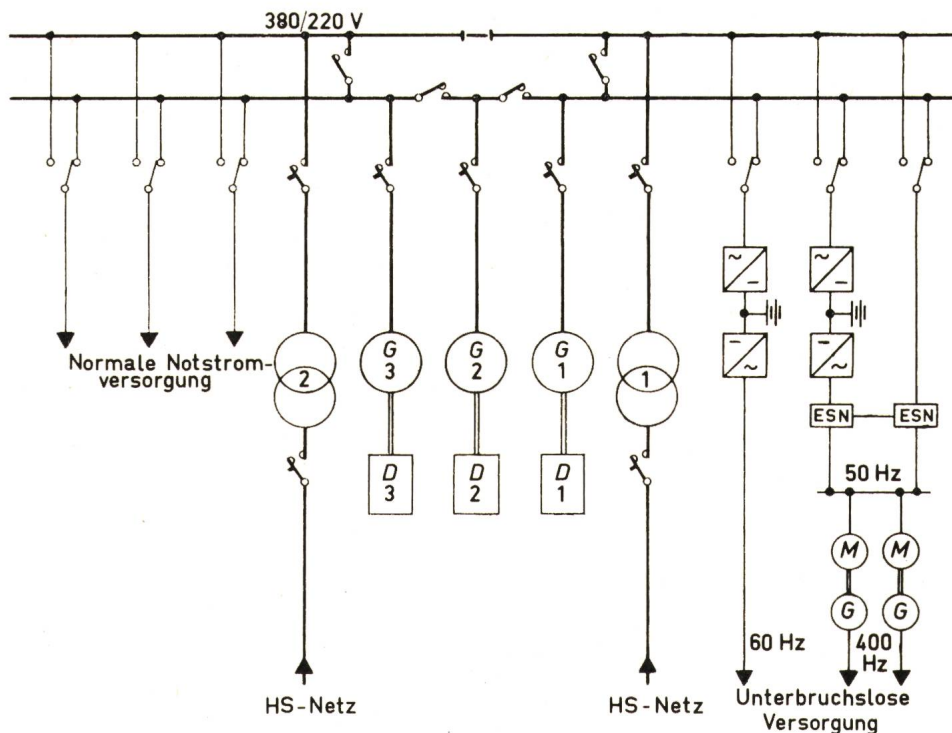


Fig. 15
Notstromgruppe mit wassergekühltem Motor und vorgebautem Wabekühler
Leistung 300 PS, 1500 U./min



Die unterbrechungslose Versorgung des Computers wird über eine Gleichrichter-/Wechselrichteranlage mit Batterie sichergestellt, welche in Fig. 17 schematisch dargestellt ist.

Die Speisung des 60-Hz-Teils erfolgt über 5 im Parallelbetrieb arbeitende Gleichrichter-/Wechselrichtereinheiten gleicher Leistung. 3 dieser Einheiten würden dabei leistungsmässig genügen, um den Computer voll zu speisen. Der Betrieb kann also uneingeschränkt weitergeführt werden, auch wenn an 2 Einheiten gleichzeitig ein

Fig. 16
Energieversorgung für Computeranlage
Prinzipischema

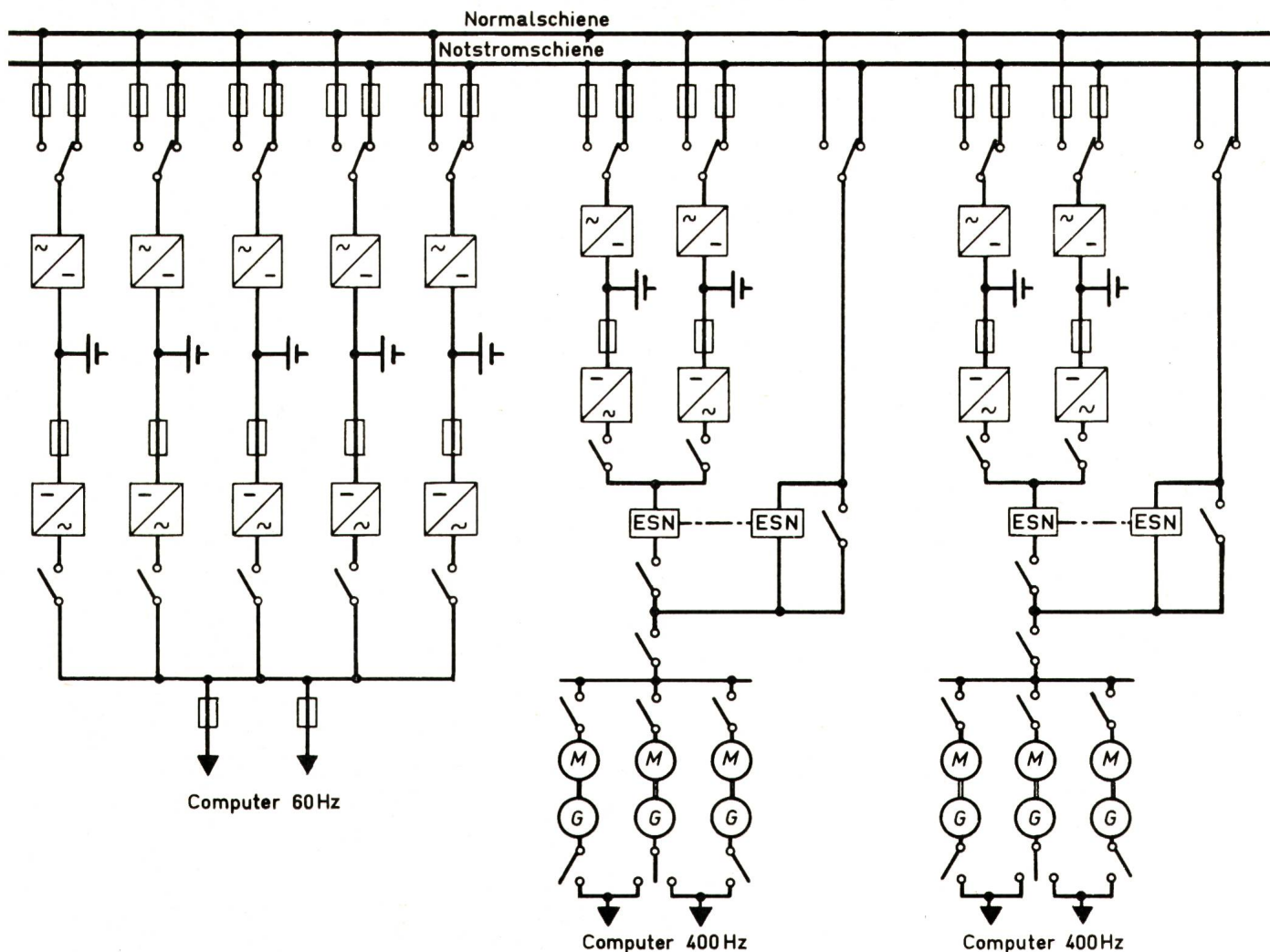


Fig. 17
 Redundante, unterbrechungslose Energieversorgung für Computeranlage
 Prinzipschema

Störung auftreten sollte. Man spricht hier von einer redundanten Versorgung (Redundant ist vom englischen Redundancy = Überfluss abgeleitet. Unter Redundanz versteht man in der Elektrotechnik das Vorhandensein von ausreichenden, jederzeit einsatzbereiten Reserven, die an sich zum blossen Funktionieren eines Systems nicht erforderlich wären.)

Die 400-Hz-Versorgung besteht aus 2 genau gleich aufgebauten Anlagenteilen von je 2 Gleichrichter-/Wechselrichter-einheiten und je 3 rotierenden Frequenzumformergruppen 50/400 Hz. Innerhalb der beiden Teile sind Reserveeinheiten vorhanden. Zudem kann beim Ausfall eines Teils der andere die Speisung des 400-Hz-Teils allein sicherstellen. Diese Verdoppelung der Energieversorgung erfolgt in konsequenter

Weiterführung der auch bei der Computerausrüstung vorgesehenen Redundanz. Es handelt sich hier um einen allerdings etwas speziellen Fall eines sog. Duplexbetriebs.

Literatur

- [1] F. Streuli: Projektierung, Bau und Betrieb von Notstromanlagen. Bull. Oerlikon —(1967)375, S. 1...15.
- [2] F. Streuli: Notstromversorgung von Flugsicherungseinrichtungen. Bull. Oerlikon —(1967)375, S. 16...23.
- [3] K. Boettger: Redundante unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen. Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch Mehrfach-Parallelbetrieb. ETZ-B 23(1971)5, S. 97...99.
- [4] J. Moon: Standby gas turbine power for London computers. Diesel and Gas Turbine Progress. Worldwide edition. —(1971)7/8, p. 44...46.

Adresse des Autors:

R. Amstein, dipl. Ing. ETH, E. Brauchli & R. Amstein, Beratende Ingenieure, Mühlebachstrasse 43, 8008 Zürich.