

Die Stromversorgung der U-Bahn

Von Dipl.-Ing. W. Lang.

Ausser den Teilen eines Schnellbahnunternehmens, die der Fahrgast täglich sieht — schöne und bequeme Wagen, geschmackvolle und grosszügige Bahnhofsbauten, ausgedehnte Tunnel-, Brücken- und Gleisanlagen —, ist für die einwandfreie Abwicklung des Verkehrs noch vieles von grosser Wichtigkeit, was dem Laien nicht ohne weiteres zugänglich ist. Hierzu gehört auch die Stromversorgung der U-Bahn.

Bekanntlich wird den Zügen der U-Bahn der Fahrstrom von einer neben den Gleisen verlaufenden sogenannten dritten Schiene oder Stromschiene zugeführt. Seitlich am Wagen angeordnete Stromabnehmer schleifen auf der Stromschiene und leiten den Strom zu den Motoren. Die Stromschiene erhält den Strom von den stromliefernden Werken über Kabel, die an der Tunnelwand verlegt sind. Der Stromrückfluss erfolgt durch die Fahrschiene und über an diese angeschlossene Rückleitungskabel. Als Stromart kommt Gleichstrom von 800 Volt Spannung zur Verwendung.

Wie die meisten Verbrauchsgüter nicht unmittelbar in der Form, in der sie verbraucht werden, entstehen, sondern durch entsprechende Bearbeitung für den Verbrauch geeignet gemacht, also umgewandelt werden, so wird auch hier der Bahnstrom nicht unmittelbar als 800-Volt-Gleichstrom erzeugt. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen erfolgt vielmehr seine Erzeugung in Form von hochgespanntem Drehstrom, der erst in Gleichstrom, wie er für den U-Bahn-Betrieb am geeignetsten ist, umgeformt werden muss. So entstehen zwischen Stromerzeuger und Stromverbraucher die Umformerwerke, denen Drehstrom zugeführt wird und die diesen Strom in Bahn-Gleichstrom umformen.

Stromerzeuger für die U-Bahn sind die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. (BEWAG), die E. W. Südwest A.-G. und das der BVG gehörige Kraftwerk Unterspree. Die BEWAG und E. W. Südwest A.-G. liefern etwa 58 Prozent und das Kraftwerk Unterspree etwa 42 Prozent des gesamten Strombedarfs. Es soll hier jedoch nicht von der Stromerzeugung, sondern nur von der unmittelbaren Stromversorgung, d. h. von den Umformerwerken, die Rede sein.

Fliesst in einer Leitung Strom, so tritt ein Spannungsverlust auf, der um so grösser wird, je länger die Leitung ist. Man hat also am Ende der Leitung eine niedrigere Spannung als am Anfang und kann daher dort nicht mehr so viel Leistung entnehmen, als am Anfang der Leitung zugeführt wurde. Um diesen Leistungsverlust möglichst klein zu halten, versorgt man lange Strecken nicht von einem einzigen Werk aus mit Strom, sondern man verteilt längs der Strecke eine Reihe Umformerwerke, von denen jedes nur einen be-

stimmten, nicht zu grossen Speisebezirk hat. Im ganzen sind für die Stromversorgung der U-Bahn zwölf Umformerwerke vorhanden, von denen zwei Werke (Baumeisterstrasse und Forkenbeckstrasse) im Besitz der E. W. Südwest A.-G. sind, während die übrigen zehn Werke der BVG gehören. Von diesen zehn Werken werden zwei, und zwar Umformerwerk Bismarckstrasse und Umformerwerk Gleisdreieck, von dem der BVG gehörigen Kraftwerk Unterspree mit Drehstrom 10 000 Volt 40 Perioden versorgt. Die übrigen acht Werke, Senefelderplatz, Wedding, Hallesches Tor, Hermannstrasse, Alexanderplatz, Pankstrasse, Lichtenberg und Zehlendorf, werden von der BEWAG mit Drehstrom 6000 Volt 50 Perioden gespeist. Die Versorgungsgebiete der einzelnen Werke wurden bereits auf Seite 244 dieses Jahrganges der „Fahrt“ bildlich dargestellt.

Für die Umformung des hochgespannten Drehstromes in 800-Volt-Gleichstrom kommen vier verschiedene Arten von Maschinen zur Verwendung: der Einankerumformer, der Motorgenerator, der Kaskadenumformer, der Quecksilberdampf-Grossgleichrichter.

Eine eingehende Beschreibung dieser Maschinen würde zu weit führen, doch sei erwähnt, dass die ersten drei Maschinenarten rotierende Maschinen sind. Der Gleichrichter ist dagegen ein ruhender Apparat. Das bietet verschiedene Vorteile, z. B. geringen Verschleiss, geringe Wartung, niedrige Verluste. So hat sich auch der Gleichrichter mehr und mehr das Gebiet der Leistungsumformung erobert. Jede Umformung bedingt Verluste, d. h. es kann nur ein Teil der dem Umformer zugeführten Leistung wieder abgegeben werden. Das Verhältnis der abgegebenen zur zugeführten Leistung wird Wirkungsgrad genannt, der in Prozenten der zugeführten Leistung ausgedrückt wird. Hat z. B. eine Maschine einen Wirkungsgrad von 95 Prozent, so heisst das, dass sie $\frac{95}{100}$ der zugeführten Leistung abgibt. Bei den oben angeführten Maschinen kann man mit folgenden Wirkungsgraden rechnen: Einankerumformer 89 bis 91 Prozent, Kaskadenumformer 89 bis 91 Prozent, Motorgeneratoren 83 bis 87 Prozent, Quecksilberdampf-Grossgleichrichter 93 bis 95 Prozent.

Einankerumformer sind im ganzen vier im Betrieb, und zwar alle vier im Umformerwerk Bismarckstrasse, dem ältesten Umformerwerk der U-Bahn. An Motorgeneratoren sind nur noch zwei, und zwar im Umformerwerk Gleisdreieck, vorhanden, die von dem alten Kraftwerk Trebbiner Strasse übernommen wurden und überwiegend als Reserve zu betrachten sind. Dagegen sind zahlreiche Kaskadenumformer in den Werken der Linien A und C (Stadion—Pankow und Nord-Süd-Bahn) eingebaut.

Nachdem in den letzten Jahren der Eisen-Grossgleichrichter so weit durchkonstruiert war, dass man ihn als vollauf betriebssicher bezeichnen konnte, ging die U-Bahn zum Einbau derartiger Apparate über, die neben dem Vorteil des besten Wirkungsgrades den schon oben erwähnten Vorzug besitzen, dass sie keine rotierenden, sondern ruhende Maschinen sind und daher weniger Wartung bedürfen. Ausserdem können sie über ihre Normleistung hinaus sehr hoch — 100 Prozent für mehrere Sekunden — überlastet werden, was bei dem Bahnbetrieb von grosser Bedeutung ist, da er zum Anfahren der Züge besonders hoher Stromstärken benötigt.

Um einen Ueberblick über die in den verschiedenen Umformerwerken verwendeten Maschinenarten und die vorkommenden Leistungen zu haben, sei eine kurze Zusammenstellung hierüber eingefügt:

| | | | | |
|--|---|--------------------|--------|-----------------|
| Umformerwerk Bismarckstrasse | 4 | Einankerumformer | von je | 730 kW Leistung |
| „ Gleisdreieck | 3 | Grossgleichrichter | „ „ | 1100 „ „ |
| „ Senefelderplatz | 4 | Kaskadenumformer | „ „ | 3000 „ „ |
| „ | 2 | Motorgeneratoren | „ „ | 1000 „ „ |
| „ Wedding | 3 | Kaskadenumformer | „ „ | 1500 „ „ |
| „ Hallesches Tor | 1 | Kaskadenumformer | „ „ | 2000 „ „ |
| „ | 4 | Kaskadenumformer | „ „ | 1500 „ „ |
| „ Hermannplatz | 4 | Kaskadenumformer | „ „ | 1500 „ „ |
| „ | 2 | Kaskadenumformer | „ „ | 2000 „ „ |
| „ Alexanderplatz | 6 | Grossgleichrichter | „ „ | 1100 „ „ |
| „ Pankstrasse | 2 | Grossgleichrichter | „ „ | 750 „ „ |
| „ | 6 | Grossgleichrichter | „ „ | 1100 „ „ |
| „ Lichtenberg | 1 | Grossgleichrichter | „ „ | 1100 „ „ |
| „ Zehlendorf | 2 | Grossgleichrichter | „ „ | 750 „ „ |
| „ | 4 | Grossgleichrichter | „ „ | 1100 „ „ |
| „ | 2 | Grossgleichrichter | „ „ | 1100 „ „ |

Im ganzen sind also in den der BVG gehörigen U-Bahn-Umformerwerken 66 620 kW Leistung eingebaut. In dieser Zahl ist natürlich die für den Ausfall der Maschinen erforderliche Reserve mitenthalten, die notwendig ist, um den Betrieb auf der Strecke nicht unterbrechen zu müssen.

Nun sei einiges über den grundsätzlichen Aufbau eines Bahn-Umformerwerkes mitgeteilt, wie er sich bei allen Werken wieder-



Abb. 2. Umformerwerk Wedding, Maschinenhalle. Kaskadenumformer.

holt, selbstverständlich mit verschiedenen Abweichungen in der Ausführung der Einzelheiten. Man kann ein derartiges Werk in vier Hauptteile unterteilen.

1. Die Hochspannungsschaltanlage. Sie enthält die Hochspannungssammelschienen, die Schaltapparate für die Maschinen- und Kabelabzweige und die Apparate für Messung und Zählung. Der von der BEWAG bzw. dem Kraftwerk Unterspree gelieferte Drehstrom wird zur Sammelschiene geführt und von da auf die einzelnen Maschinen verteilt. Die Sammelschiene wird gewöhnlich in mehrere Gruppen mit je einer getrennten Zuführung eingeteilt, und die Maschinen werden auf die einzelnen Gruppen verteilt. Die Zu- und Abschaltung der verschiedenen Abzweige erfolgt durch Oelschalter, die das Öffnen des Stromkreises in einem geschlossenen Kessel unter Oel verrichten. Dadurch wird der bei den hohen Spannungen entstehende Abreisslichtbogen sofort zum Verlöschen gebracht. Der Oelschalter dient weiterhin zum Schutz der Maschinen, Transformatoren und Leitungen, indem er selbsttätig bei gefährlich hohen Strömen abschaltet. Die Hochspannungsanlage ist in besonderen, nicht jedem zugänglichen Räumen, getrennt von der übrigen Anlage, untergebracht.

2. Die Umformer. Ueber die Umformer wurde bereits oben gesprochen. Ergänzend sei noch bemerkt, dass die Einankerumformer und



Abb. 1. Umformerwerk Gleisdreieck, Maschinenhalle. Im Vordergrund drei Kaskadenumformer, im Hintergrund zwei Motorengeneratoren.

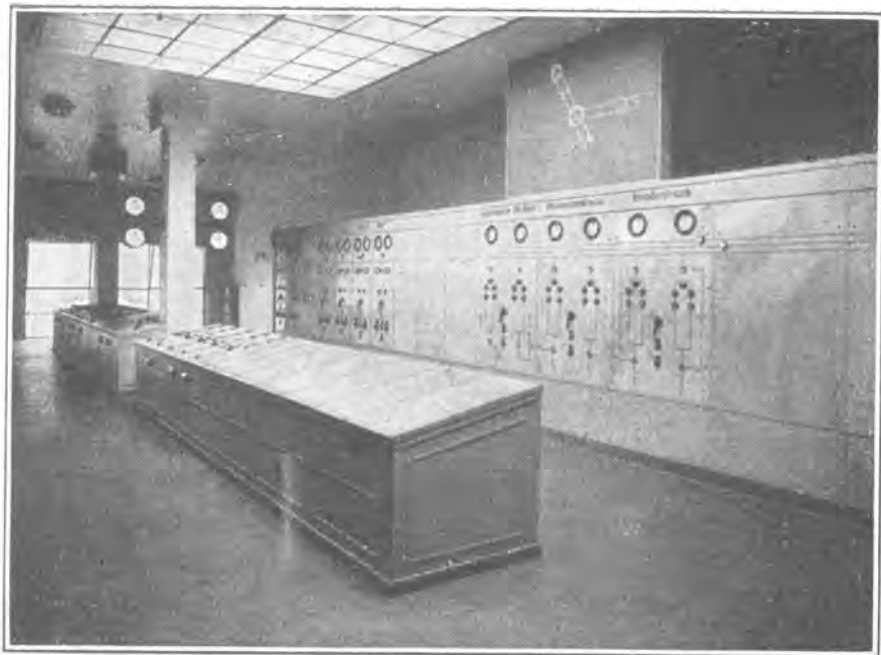


Abb. 3. Umformerwerk Alexanderplatz. Schaltwarte.

Grossgleichrichter nicht unmittelbar an die Hochspannungssammelschiene angeschlossen werden können, da sie bei einer bestimmten Gleichspannung eine bestimmte Drehspannung zugeführt bekommen müssen. Man schaltet daher Transformatoren zwischen Sammelschiene und Einankerumformer oder Gleichrichter, die die Sammelschienenspannung in die erforderliche Spannung umwandeln. Transformator und Umformer werden durch Kabel fest miteinander verbunden und bilden eine Einheit.

3. Die 800-Volt-Schaltanlage. Von den Umformern wird der Gleichstrom auf eine 800-Volt-Sammelschiene geleitet, von der die Speiseleitungen abgehen, die die Stromschiene der Strecke mit Bahnstrom versorgen. Die Maschinen und Strecken sind durch sogenannte Schnellschalter geschützt, die bei unzulässig hohen Strömen in etwa einhundertstel Sekunde selbsttätig abschalten und auch zum normalen Ein- und Ausschalten benutzt werden. Im Gegensatz zu den Oelschaltern unterbrechen die Schnellschalter in Luft, da es sich hier um Gleichstrom und geringere Spannungen handelt. Auf der Gleichstromseite sind ebenfalls Apparate für Messung und Zählung eingebaut.

4. Die Schaltwarte. Um sämtliche Schaltungen von einem Platz aus vornehmen zu können, sind entweder in einem besonderen Raum oder in der Maschinenhalle sogenannte Schalttafeln oder Schaltpulse untergebracht. Auf Marmor- oder Blechtafeln sind Handschalter eingebaut, mit denen man die in den verschiedenen Räumen verteilten Oel- und Schnellschalter schalten oder, wie man sagt, steuern kann. Lampen in verschiedenen Farben und Schalterstellungsanzeiger lassen den Schalttafelwärter die jeweilige Stellung aller Schalter erkennen. Ferner sind hier alle Instrumente zum Anzeigen der Spannungen und Stromstärken untergebracht. Akustische und optische Signale setzen den Schalttafelwärter von jedem selbsttätigen Schalten eines Schalters in Kenntnis, so dass sofort entsprechende Massnahmen ergriffen werden können.

Diese Einteilung ist, wie schon erwähnt, grundsätzlich in allen Umformerwerken vorhanden, jedoch sind die Einzelheiten der Schaltanlagen je nach der verwendeten Maschinengattung und der

in Frage kommenden Leistung verschieden. Auf Einzelheiten einzugehen, würde hier zu weit führen und kann auch nicht Aufgabe eines Aufsatzes sein, der nur einen allgemeinen Ueberblick über die Stromversorgung der U-Bahn geben will.

Eine Sonderstellung unter den Umformerwerken nehmen die Werke Zehlendorf, Pankstrasse und Lichtenberg ein, die in den Jahren 1929 und 1930 in Betrieb genommen wurden. Während in allen übrigen Werken dauernd zwei Schalttafelwärter Dienst machen, kommt dies bei den obengenannten Werken teilweise oder ganz in Fortfall. Da das Umformerwerk Zehlendorf unmittelbar neben der Werkstatt und Wagenhalle Zehlendorf errichtet werden konnte, die an sich immer mit Personal besetzt ist, beschloss man, dieses Werk halb selbsttätig auszuführen. Das Werkstattpersonal wurde so ausgebildet, dass es die Ueberwachung des Werkes mitübernehmen konnte. Bei Betriebsbeginn muss es durch einen Mann des Werkstattpersonals ein- und bei Betriebsschluss ausgeschaltet werden. Treten Störungen auf, bei denen Oelschalter oder Automaten ausschalten, so ertönt in der Werkstatt eine Hupe und veranlasst das Personal zum Eingreifen. Schaltet ein Streckenschnellschalter ab, so wird die Strecke mittels einer besonderen Apparatur auf Kurzschluss abgeprüft, und es ertönt ein Langsamschläger (Glocke). Ist sie kurzschlussfrei, so schaltet sich der Streckenschnellschalter selbsttätig wieder ein, und der Langsamschläger hört auf zu schlagen, ohne dass das Werkstattpersonal eingreifen braucht. Bei zu häufigem Ansprechen des Langsamschlägers würde das Personal der Werkstatt Meldung an die zuständigen Verkehrsstellen weitergeben bzw. die Apparatur untersuchen.

Bei den Umformerwerken Pankstrasse und Lichtenberg ist man noch einen Schritt weitergegangen. Diese Werke wurden mit Fernsteuerung ausgerüstet, so dass sie völlig unbesetzt bleiben können. Beide Werke werden vom Umformerwerk Alexanderplatz aus geschaltet und überwacht. Massgebend hierfür war einmal der Wunsch, von einer Stelle aus mehrere Werke schalten und überwachen zu können und so die Stromversorgung einer grossen Strecke zentral regeln zu können, was betrieblich Vorteile bietet. Zum anderen bedeutet der Wegfall von Be-

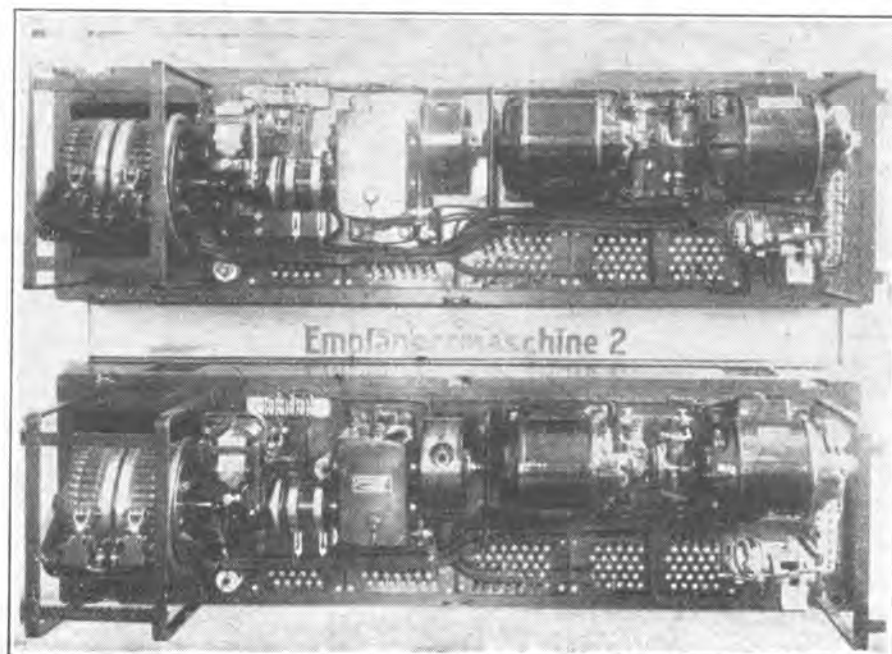


Abb. 4. Fernsteuermaschinen.

lend weniger Leistung entnimmt. Der Verbrauch ist im Sommer geringer als im Winter, da im Sommer bei schönem Wetter Strassenbahn und Omnibus bevorzugt werden und die Reisezeit den Verkehr überhaupt zurückgehen lässt. Im Winter bildet auch die elektrische Heizung der Züge eine zusätzliche Belastung für das Umformerwerk.

Sämtliche Umformerwerke sind so angelegt, dass ihnen reichlich Reserve beim Ausfall einer oder mehrerer Maschinen zur Verfügung steht. Dies ist erforderlich, da die Aufrechterhaltung des Betriebes sowohl im Interesse des Fahrgastes, der mit pünktlicher Beförderung rechnen muss, wie auch im geschäftlichen Interesse des Unternehmens oberster Grundsatz sein muss. Würde doch das Ausfallen eines ganzen Werkes eine empfindliche Störung für einen grossen Teil der Bahn bedeuten und nicht nur für die von diesem Werk gespeisten Bezirke, da ja nicht an allen Bahnhöfen Umkehrmöglichkeiten für die Züge bestehen. Das Personal der Umformerwerke ist daher ganz besonders dahingehend geschult, dass bei Störungen an den

Maschinen oder Apparaten des Werkes, die die Stromlieferung unterbrechen, in allererster Linie Ersatzmaschinen oder -schalter einzuschalten sind, um sofort die Strecke wieder unter Spannung zu setzen und die Stromunterbrechung auf ein Minimum herabzudrücken. Erst wenn der Zugbetrieb wieder einwandfrei läuft, darf der Ursache der Störung nachgegangen und eine eventuelle Reparatur in Angriff genommen werden.

Dank guter technischer Durchbildung der Apparate und Maschinen und dank dauernder sorgfältiger Wartung und Ueberwachung der Werke ist es heute gelungen, eine nahezu störungsfreie Stromversorgung der Bahn sicherzustellen, so dass der Fahrgast im allgemeinen an das Vorhandensein einer Stromversorgung überhaupt nicht erinnert wird, sondern sie wie viele technische Leistungen unserer Zeit als Selbstverständlichkeit voraussetzt. Für den Techniker ist die Erreichung dieses Zieles die vornehmste Aufgabe im Dienste der Allgemeinheit.

Die Fahrt

HERAUSGEGEBEN VON DER
BERLINER VERKEHRS-AKTIENGESELLSCHAFT

NUMMER 19

BERLIN, DEN 1. OKTOBER

JAHRGANG 1931

