

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Preis Ausschreiben.

Auf Beschluss des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen werden hiermit Geldpreise im Gesamtbetrage von 30000 Mark zur allgemeinen Bewerbung öffentlich ausgeschrieben, und zwar:

- A. für Erfindungen und Verbesserungen, die für das Eisenbahnwesen von erheblichem Nutzen sind,
- B. für hervorragende schriftstellerische Arbeiten aus dem Gebiete des Eisenbahnwesens.

Für die einzelnen Bewerbungen werden Preise von 1500 Mark bis zu 7500 Mark verliehen.

Für den Wettbewerb gelten folgende Bedingungen:

1. Nur solche Erfindungen und Verbesserungen, die ihrer Ausführung nach, und nur solche schriftstellerischen Werke, die ihrem Erscheinen nach in die Zeit

vom 1. April 1922 bis 31. März 1928

fallen, werden bei dem Wettbewerbe zugelassen.

2. Jede Erfindung oder Verbesserung muß, bevor sie zum Wettbewerb zugelassen werden kann, auf einer dem Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen angehörenden Eisenbahn ausgeführt und der Antrag auf Erteilung eines Preises durch diese Verwaltung unterstützt sein. Gesuche zur Begutachtung oder Erprobung von Erfindungen oder Verbesserungen sind nicht an die Geschäftsführende Verwaltung des Vereins, sondern unmittelbar an eine dem Verein angehörende Eisenbahnverwaltung zu richten.
3. Preise werden für Erfindungen und Verbesserungen nur dem Erfinder, nicht aber dem Zuerkannnt, der die Erfindung oder Verbesserung zum Zwecke der Verwertung erworben hat, und für schriftstellerische Arbeiten nur dem eigentlichen Verfasser, nicht aber dem Herausgeber eines Sammelwerkes.
4. Die Bewerbungen müssen in Druck- oder wenigstens in gut lesbarer Maschinenschrift eingesandt werden; sie müssen die Erfindung oder Verbesserung durch Beschreibung, Zeichnung, Modelle usw. übersichtlich so erläutern, daß über die Beschaffenheit, Ausführbarkeit und Wirksamkeit der Erfindungen oder Verbesserungen ein sicheres Urteil gefällt werden kann. Bewerbungen, die Mängel in dieser Richtung aufweisen oder Zweifel zulassen, können vom Preisausschuß zurückgewiesen werden.
5. Die Zuerkennung eines Preises schließt die Ausnutzung oder Nachsuchung eines Patents durch den Erfinder nicht aus. Jeder Bewerber ist jedoch verpflichtet, die aus dem erworbenen Patente etwa herzuleitenden Bedingungen anzugeben, die er für die Anwendung der Erfindungen oder Verbesserungen durch die Vereinsverwaltungen beansprucht.
6. Der Verein hat das Recht, die mit einem Preise bedachten Erfindungen oder Verbesserungen zu veröffentlichen.
7. Die schriftstellerischen Werke, für die ein Preis beansprucht wird, müssen den Bewerbungen in zwei Druckstücken beigelegt sein, die zur Verfügung des Vereins bleiben.

In den Bewerbungen muß der Nachweis erbracht werden, daß die Erfindungen und Verbesserungen ihrer Ausführung nach, die schriftstellerischen Werke ihrem Erscheinen nach derjenigen Zeit angehören, die der Wettbewerb umfaßt.

Die Prüfung der eingegangenen Anträge auf Zuerkennung eines Preises, sowie die Entscheidung darüber, an welche Bewerber und in welcher Höhe Preise zu erteilen sind, erfolgt durch den vom Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen eingesetzten Preisausschuß.

Ohne die Preisbewerbung wegen anderer Erfindungen und Verbesserungen im Eisenbahnwesen einzuschränken, und ohne andererseits den Preisausschuß in seinen Entscheidungen zu binden, wird die Bearbeitung folgender Aufgaben als erwünscht bezeichnet:

1. Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Güterwagenumlaufs, betrachtet vom Standpunkt des Verkehrs-, Betriebs-, Bau- und Werkstättendienstes.
2. Den rauen Anforderungen des Bahnbetriebs gewachsene Meßeinrichtung für elektrische Lokomotiven, welche die der elektrischen Lokomotive aus dem Fahrdrat zugeführte Leistung in Abhängigkeit von der Zeit fortlaufend registriert und auch die von der Lokomotive aufgenommene elektrische Arbeit zählt und den Zählerstand laufend registriert oder in gewissen Zeitabschnitten selbsttätig aufschreibt.
3. Welche Wege können die Eisenbahnen einschlagen, um dem immer mehr fühlbaren Kraftwagenwettbewerb erfolgreich entgegenzutreten? Bedarf es im Eisenbahninteresse einer Rechtsfortbildung? (Auch Teillösungen sind bewerbungsfähig.)
4. Verfahren und Vorrichtungen, welche die von den Rädern der Lokomotive auf die Schienen während der Fahrt einwirkenden Kräfte feststellen und gegebenenfalls aufzeichnen.
5. Vorrichtung, die das Herannahen eines Zuges an unabgeschränkten Wegübergängen selbsttätig anzeigt.
6. Elektrische Bremse für elektrische Einphasen-Wechselstrom-Lokomotiven.

Die Bremse soll bei allen betriebsmäßigen Fahrgeschwindigkeiten nicht nur das ganze Lokomotivgewicht, sondern auch einen Teil des Wagenzuges abbremsen können.

Die erforderliche Einrichtung soll ein möglichst geringes Gewicht besitzen und derart beschaffen sein, daß ihre Instandhaltung leicht durchführbar und mit geringen Kosten verbunden ist.

Die Bremse soll auch bei Stromloswerden der Fahrdradleitung mit Sicherheit arbeiten und eine Einrichtung besitzen, die im Falle eines Versagens der elektrischen Bremse selbsttätig die Luftdruck- (Luftsauge-) Bremse in Tätigkeit treten läßt.

Erwünscht wäre es auch, daß die Bremsenrichtung einen Rückgewinn elektrischer Energie ermöglicht.

7. Spindelbremse hoher Übersetzung mit möglichst gutem Wirkungsgrad.
8. Abschluß von Gleitlagern bei Fahrzeugen gegen Ölverlust und Verschmutzung.
9. **Betriebssichere und wirtschaftliche mechanische Kraftübertragung bei Schienenmotorfahrzeugen** (Verbrennungsmotortriebwagen, Diesellokomotiven usw.).

Die **Bewerbungen** müssen während des Zeitraumes

vom 1. Oktober 1927 bis 15. April 1928

postfrei an die Geschäftsführende Verwaltung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Berlin W 9, Köthener Straße 28/29, eingereicht werden.

Die Entscheidung über die Preisbewerbungen erfolgt im Laufe des Jahres 1929.

Berlin, im Juni 1926.

W 9, Köthener Straße 28/29.

Geschäftsführende Verwaltung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Die Arbeiten zur Einführung des elektrischen Zugbetriebes im bayerischen Netz der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Von Reichsbahnoberrat **Naderer**, München.

Hierzu Tafel 23 bis 28.

Einleitung.

Die Arbeiten zur Einführung des elektrischen Zugbetriebes, über welche im nachstehenden berichtet werden soll, umfassen den Zeitraum von rund sechs Jahren, beginnend vom Jahre 1919 bis Ende 1925. Sie erstrecken sich im wesentlichen auf:

1. die Erstellung des Ausbauplanes und die Schaffung einer diesem Plane entsprechenden Bauorganisation;
2. die Bereitstellung der Bahnstrom-Erzeugungsanlagen;
3. den Bau der Bahnstrom-Fernleitungen;
4. die Errichtung der Unterwerke und der mit ihnen verbundenen Nebeneinrichtungen;
5. die Erstellung der elektrischen Streckenausrüstungen und deren Anschluß an die Unterwerke, ferner die mit dem Bau der Fahrleitung verbundenen Nebenarbeiten, wie Gleisabsenkungen, Höherlegen, Verstärken und Umbau von Brücken; Umbau vorhandener Starkstromleitungen und Starkstrom-Kreuzungen;
6. den Umbau und die Ergänzung der Fernmeldeeinrichtungen und sonstigen Schwachstromanlagen der Bahn- und Postverwaltung;
7. die Beschaffung elektrischer Lokomotiven und Triebwagen;
8. die Errichtung von Werkstätten zur Unterhaltung und von Schuppen zur Hinterstellung elektrischer Lokomotiven;
9. die elektrische Zugheizung;
10. die Anpassung des Fahrplans an die elektrische Betriebsform;
11. die Ausbildung des Personals für den elektrischen Zugbetrieb sowie für die Unterhaltung der elektrischen Einrichtungen.

Die Aufstellung zeigt, daß bei der Umstellung der Betriebsform wichtige Zweige des Eisenbahnwesens entweder eine grundlegende Veränderung oder doch wenigstens einen mehr oder weniger wesentlichen Eingriff erfahren. Der Übergang zur elektrischen Betriebsform ist daher zweifellos die größte Umwälzung, welche die umgestellten Strecken seit ihrem Baue durchgemacht haben. Daß eine solche Umwälzung sich auch auf die Personalwirtschaft (z. B. durch die Art der Besetzung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen), ferner

auf die Stoffwirtschaft (z. B. durch Rückgang des Brennstoffverbrauches, des Wasserverbrauches) und in letzter Linie auch auf die Finanzwirtschaft in sehr merkbarer Weise auswirken muß, ist selbstverständlich; hierüber sollen im Schlußwort nähere Angaben gemacht werden.

1. Ausbauplan und Bauorganisation.

Schon mehr als ein Jahrzehnt vor Beginn der zu beschreibenden Arbeiten hatten umfassende Untersuchungen über die Einführung des elektrischen Zugbetriebes in Bayern ihren Abschluß gefunden. Diese wertvollen, in der Denkschrift des Bayerischen Verkehrsministeriums vom 7. April 1908 enthaltenen Vorarbeiten erstreckten sich in ihrem allgemeinen Teile auf die Feststellung des Kraftbedarfes für die einzelnen Bahnlinien und für das gesamte bayerische Bahnnetz, ferner auf Untersuchungen über die Wahl der Stromart und auf die Prüfung der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes. Ein besonderer Teil der genannten Denkschrift befaßte sich mit Einzeluntersuchungen über die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Strecke Salzburg — Reichenhall — Berchtesgaden und auf dem bayerischen Teil der Mittenwaldbahn, ferner auf den Strecken der Garmischer und Holzkirchener Liniengruppe; ein Teil dieser Betrachtungen war auch der Bereitstellung der Kraftquellen für den elektrischen Betrieb der genannten Strecken gewidmet. Während dieser auf der Mittenwaldbahn im Jahre 1912/13 mit der Betriebseröffnung dieser Strecke, jener auf der Linie Salzburg — Berchtesgaden im Jahre 1915 eingeführt werden konnte, blieb die Umstellung der Betriebsform auf der Holzkirchener und Garmischer Liniengruppe vorerst unmöglich, weil der Ausbau der für die Stromlieferung in Betracht kommenden Kraftquelle, des Walchenseewerkes, nicht durchgesetzt werden konnte. Als dann die Nöte des Krieges den Wert der Wasserkräfte deutlich vor Augen gestellt hatten, schritt die bayerische Regierung, gestützt durch die zielbewußte Tatkraft Oscar von Millers, zu ihrer Erschließung. Damit mußte auch Entscheid getroffen werden über die Aufteilung in der Verwendung der auszubauenden Kräfte; denn die Verschiedenheit in der Stromart für die Zwecke der allgemeinen Landesversorgung (Drehstrom mit

50 Doppelwechsel) und des elektrischen Zugbetriebes (Einquadranten-Wechselstrom mit $16\frac{2}{3}$ Doppelwechsel) beeinflusst zwar nicht den Ausbau der Wasser-, wohl aber jenen der Kraftgewinnungsanlagen in maßgebender Weise. Auch bestand von Anfang an mit Rücksicht auf die Ausnützung der Wasserführung kein Zweifel, daß die Auswertung einzelner Kräfte ausschließlic für die Zwecke der Bahnstromerzeugung wirtschaftlich ungünstiger ist als ihre gleichzeitige Verwendung für die allgemeine Landesversorgung. Dem Aufteilungsschlüssel für die Verwendung der ausgebauten Wasserkräfte muß aber jeweils Umfang und Verkehrsgröße der vom Dampf- auf den elektrischen Betrieb umgestellten Bahnlinsen entsprechen. Es war daher erforderlich, einen Ausbauplan für die Einführung des elektrischen Betriebes aufzustellen. Der 1920 vom Herrn Reichsverkehrsminister gebilligte Bauplan reichte bis zum Jahre 1930 und nahm neben der Einführung des elektrischen Betriebes auf den wichtigsten Hauptbahnstrecken südlich der Donau auch die Umstellung der Linien Augsburg—Treuchtlingen, Ingolstadt—Nürnberg und Regensburg—Hof in Aussicht mit einer Gesamtlänge von 1480 km und einem jährlichen Kohlenverbrauch von rund 480 000 t.

Wenn auch die finanzielle Bedrängnis, in welche die Deutsche Reichsbahn durch Annahme des Dawes-Gutachtens geriet, die Einhaltung des Bauplanes vom Jahre 1920 nicht zuließ, so konnten doch bis Ende 1925 folgende Linien auf die elektrische Betriebsform umgestellt werden:

München—Garmisch	100,6	km
München—Gauting Nahbahn	18,9	»
Tutzing—Kochel	35,5	»
Weilheim—Peißenberg	8,9	»
München—Herrsching	38,3	»
München—Landshut	76,1	»

hierzu die Güterverbindungsbahnen:

Pasing—München Laim	3,1	km
Moosach—München Laim	5,49	»

zusammen 286,89 km

In Angriff genommen sind bereits die Strecken:

Landshut—Regensburg	62,1	km
Feldmoching—München Ost Güterbahn	18,3	»
München—Rosenheim—Kufstein	99,0	»
München Laim—München Südbhf. Güterbahn	4,73	»

zusammen 184,13 km

deren Umstellung wenigstens in einzelnen Abschnitten noch im laufenden Jahre vor sich gehen wird. Für 1927 kann mit einem Zuwachs der elektrisch betriebenen Strecken auf $286,89 + 184,13 =$ rund 471 km gerechnet werden; hierzu kommen noch die schon früher gebauten Versuchsstrecken Salzburg—Reichenhall—Berchtesgaden (21,6 km), der auf Reichsgebiet liegende Teil der Mittenwaldbahn (37,9 km), sowie die Gleichstrombahnen (1000 Volt) Berchtesgaden—Reichsgrenze bei Schellenberg (12,6 km) und Berchtesgaden—Königsee (4,3 km), so daß im Jahre 1927 die Gesamtlänge der elektrisch betriebenen Reichsbahnstrecken in Bayern sich auf 547 km belaufen wird.

Die Durchführung der Bauarbeiten forderte die Schaffung einer besonderen Bauorganisation. Die erste Entwurfsbearbeitung durch örtliche Aufnahmen, ferner die Beaufsichtigung des Baubetriebes für die Erstellung der Streckenausrüstungen, Speise- und Fernleitungen sowie der Unterwerke obliegt besonders hierfür errichteten Ämtern, den Neubauinspektionen für den elektrischen Eisenbahnbetrieb, denen an wichtigen Punkten (Unterwerken) eigene Bauführungen unterstellt sind.

Der Bau der Fahr-, Speise- und Fernleitungen wird, in Lose unterteilt, an die elektrotechnischen Bauanstalten vergeben; die Arbeiten in den einzelnen Losen werden durch Unterbeamte der Neubauinspektionen beaufsichtigt; diesen Beamten

obliegt nach Umstellung der Strecke auf die elektrische Betriebsform die Unterhaltung der unter ihren Augen entstandenen Anlagen. Die Entwürfe der Neubauinspektionen werden durch die Reichsbahndirektionen geprüft und berichtigt; diese erwirken deren Genehmigung durch die Reichsbahn- und Landesaufsichtsbehörden, sorgen ferner für einheitliche Bauausführung und Zusammenarbeiten der Inspektionen sowie für Beschaffung der Baustoffe und Bereitstellung der Mittel. Zu diesem Zwecke sind die Reichsbahndirektionen München und Regensburg mit je einem Stabe von Beamten ausgestattet, die in einem »starkstromtechnischen Büro« zusammengefaßt sind, welches dem Referenten für Starkstrom und elektrische Bahnen untersteht. Die Errichtung der Werkstätten- und Schuppenanlagen für die elektrischen Triebfahrzeuge gehört in den Geschäftsbereich eines besonderen maschinentechnischen Neubaureferates; daß außerdem die Hochbaureferate, ferner die bautechnischen Referate anlässlich der Absenkung der Gleise, des Verstärkens und Abänderns der Brücken und Überbauten, sowie auch die Betriebs- und Verwaltungsreferate der Reichsbahndirektionen mit der Entscheidung der einschlägigen, nach dem Geschäftsplan von ihnen zu behandelnden Fragen, welche die Umstellung der Betriebsform betreffen, beauftragt sind oder wenigstens bei deren Erledigung mitzuwirken haben, ist durch die allgemeine Organisation der Reichsbahndirektionen begründet. Nicht zu den Geschäftsaufgaben der letzteren gehört die Behandlung jener Fragen, die über die Belange einer Direktion hinausgreifen, wie die Beschaffung der Triebfahrzeuge, die elektrische Zugheizung, die Strombelieferung usw.; diese gehören in den Geschäftsbereich der Gruppenverwaltung, der überdies die Oberleitung der gesamten Arbeiten zusteht.

2. Bereitstellung der Bahnstrom-Erzeugungsanlagen.

Arbeitsbedarf und Belastungsverlauf eines elektrisch betriebenen Bahnnetzes sind durch Verkehrsgröße und Fahrplan bestimmt. Die letzteren werden wesentlich beeinflusst von den jeweiligen wirtschaftlichen Verhältnissen. Die Entscheidung der Frage, in welchem Umfang Kraft- und Arbeitsdarbietung der zu erschließenden Großwasserkräfte den Zwecken des elektrischen Zugbetriebes dienstbar gemacht werden sollte, war in einer Zeit des wirtschaftlichen Tiefstandes (1919/20) besonders schwierig. Dazu kommt, daß einerseits die Ausnützung der Bahnstrom-Erzeugungsanlagen im allgemeinen Betriebe eine ungünstigere ist als jene der Drehstromerzeuger, andererseits wegen der niedrigeren Wechselzahl Gewicht und damit auch Preis der Bahnstromerzeuger je Leistungseinheit höher ist als jener der Drehstromerzeuger. Auch war von vornherein klar, daß aus wirtschaftlichen und technischen Gründen die Umstellung der einzelnen Eisenbahnstrecken auf die elektrische Betriebsform nicht auf einmal mit der Fertigstellung der Wasserkräfte, sondern nur schrittweise erfolgen konnte. Im Gegensatz hierzu ist der schrittweise Ausbau der Wasser- und zum Teil auch der Kraftgewinnungsanlagen im allgemeinen nicht möglich. Den hierdurch bedingten wirtschaftlichen Schwierigkeiten wurde einerseits durch Beteiligung der Reichsbahn an den Aktiengesellschaften, welche den Ausbau der zunächst von der bayerischen Regierung in Angriff genommenen Großwasserkräfte, nämlich des Walchenseewerkes und der Mittleren Isar, vollendeten, sowie durch Gewährung eines zinslosen Darlehens an diese Gesellschaften in der Höhe des Ausbauwertes der für die Bahnstromerzeugung in Betracht kommenden Anlagen, andererseits durch Abschluß eines dem Ausbauplane über die Einführung des elektrischen Zugbetriebes angepaßten Stromlieferungsvertrages mit der den Betrieb der Großwasserkräfte führenden Aktiengesellschaft, dem Bayernwerke begegnet. Hierbei ist, soweit der Ausbau der Kraftgewinnungsanlagen, wie bei der Mittleren Isar, in zwei Bauabschnitten erfolgt, die Möglichkeit der Beteiligung und

des Strombezuges aus der erweiterten Anlage sicher gestellt. Nachstehende Übersicht 1 gibt Aufschluß über die Leistung der in den Wasserkraften (Ende 1925) ausgebauten und für den weiteren Ausbau vorgesehenen Bahnstromerzeuger. Die technischen Einzelheiten, im besonderen jene der Bahnstromerzeugung der beiden Großwasserkraften sind im Schrifttum*) wiederholt eingehend beschrieben worden; in der nachstehenden Übersicht 2 sind die wichtigsten für ihre Kennzeichnung maßgebenden Angaben zusammengefaßt.

*) Organ 1922, Heft 11; Elektrische Bahnen 1925, Heft 2, 6 und 10; Weichmann, „Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn“, Seite 55 bis 65.

Die hohe Bedeutung des Walchenseewerkes für den elektrischen Zugbetrieb in Süddeutschland liegt in seiner Fähigkeit, große Spitzen des Kraftverlangens decken zu können und zwar zu jeder Jahreszeit, vermöge der Wasserspeicherung im Walchensee. Dafs letzterer zugleich als Jahresspeicher eine äußerst wertvolle Sicherung der Strombelieferung in Zeiten der Wasserknappheit, in der Regel im Winter, bildet, stempelt das Werk zu einer sowohl als Spitzen- als auch als Ausgleichskraft hervorragenden Hochdruckanlage. Ein Beispiel aus dem Zuförderungsdienst veranschaulicht dies am besten. Ein Sonderzug mit 500 Bruttotonnen Gewicht soll elektrisch von Regensburg bis Kufstein befördert und der Arbeitsverbrauch hierzu

Übersicht 1.
Stromlieferung.

O.-Z.	Kraftwerk	Kraftstufe	Die eingebaute Turbinenleistung genügt für eine Leistung der Bahnstromerzeuger in Kilowatt von:					
			I. Ausbau (1925)		II. Ausbau		I. und II. Ausbau	
			Zahl der Einheiten	Leistung je Einheit kW	Zahl der Einheiten	Leistung je Einheit kW	Zahl aller Einheiten	Leistung aller Einheiten kW
1	Walchenseewerk . . .	—	4	15000 ¹⁾	—	—	4	60000
2	Mittlere Isar							
	a) Aufkirchen		2	8600 ²⁾	—	—	2	17200
	b) Eitting		1	8200 ²⁾	1	8200 ²⁾	2	16400
	c) Pfrombach		—	—	1	13400 ³⁾	1	13400
	Zusammen:		7	85400	2	21600	9	107000

1) Leistung der Bahnstromerzeuger je 10650 kVA; überlastbar um 40% auf 1 Std. um 100% auf 3 Min.

2) Leistung der Bahnstromerzeuger je 12000 kVA; überlastbar um 25% auf 1/2 Std.

3) Leistung des Bahnstromerzeugers 19200 kVA; überlastbar um 25% auf 1/2 Std.

Übersicht 2.
Wasserkraften zur Speisung des Bahnnetzes.

Bauteil	Walchenseewerk		Mittlere Isar		Bemerkungen
			Aufkirchen	Eitting	
I. Wassergewinnung.					
Stauhöhe am Wehr m	4,0 ¹⁾		4,45 ²⁾		1) Bei Krünn. 2) Bei Oberföhring. 3) 150 m ³ /Sek. vom Einlaufbauwerk bis Finsing wegen Füllen des späteren Speicherweihers; 125 m ³ /Sek. von Finsing bis Stufe Eitting; 132 m ³ /Sek. Endstrecke (wegen Seitenbäche). 4) Einschließlich Freispiegelstollen Wallgau-Sachsensee 1500 m lang. 5) Voller Ausbau; durchschnittlich 0,105 m/km Wasserspiegelgefälle; Länge des Semptflutkanales 5,57 km. 6) Speicherweiher von Finsing noch nicht gebaut. 7) 78 · 10 ⁶ bei Absenkung von +0,3 m auf - 4,6 m 110 · 10 ⁶ „ „ +0,3 m auf - 6,6 m 8) Bei v = 3,5 m/Sek.; Stollen 1200 m lang; kreisförmiges Profil mit 4,8 m Durchmesser. 9) Hiervon 2 für Einphasenstromerzeugung lichter Durchmesser am Wasserschloß 2,25 m „ „ vor dem Kraftwerk 1,85 m „ „ vor der Turbine 1,2 m. 10) Hiervon 2 für Einphasenstromerzeugung 5,0 m lichter Durchmesser. 11) Hiervon 1 für Einphasenstromerzeugung. 12) Günstigster Wirkungsgrad (0,83) bei 9000 PS. 13) Bei Höchstbelastung. a) Größter Laufraddurchmesser: 2,78 m b) „ „ : 3,03 m c) „ „ Spiraldurchmesser: 14,00 m c) Bei cos φ = 0,75. d) Bei cos φ = 0,7 zugleich Dauerleistung des zu jeden Erzeuger gehörigen Umspanners 6,0/110 kV. e) Gewichte annähernd. *) Äußerer Grundring.
Größte Wasserführung der Kanalstrecke m ³ /Sek.	25,0		150/125/132 ³⁾		
Länge der Kanalstrecke km	8,2 ⁴⁾		38,9 (53,7) ⁵⁾		
II. Kraftgewinnung.					
Mittlere Seefläche qkm	16,2		6)		
Speicherinhalt m ³	78 (110) · 10 ⁶ 7)				
Wasserführung des Druckstollens . . . m ³ /Sek.	64 ⁸⁾				
Zahl der Druckrohrleitungen	6 (2) ⁹⁾		4 (2) ¹⁰⁾	3 (1) ¹¹⁾	
Länge der Rohrbahn m	430		33,5	47,7	
Mittleres Nutzgefälle m	192		26,4	25,3	
Zahl der Turbinen für Bahnstromerzeugung .	4		2	1	
Leistung jeder Turbine für Bahnstromerzeugung PS	18 000 ¹²⁾		12 000		
Schluckfähigkeit der Turbinen . . . m ³ /Sek.	10 ¹³⁾		42		
Bauart der Turbinen für Bahnstromerzeugung	Zwillings-Freistahl-turbinen (wagrechte Welle) a)		Francis-Spiralturbinen (senkrechte Welle) b)		
Drehzahl der Turbinen in der Minute . . .	250		166 ^{2/3}		
Dauerleistung der Bahnstromerzeuger . . kVA	10 650 e)		12 000 d)		
Erzeugerspannung kV	6,0 bis 6,9		6,0 bis 6,6		
Gewicht des Ständers e) t	158 (SSW)		150 (BBC)		
Äußerer Durchmesser des Ständers . . . m	6,9		7,04 *)		
Gewicht des Läufers t	115		96		
Gewicht eines Poles t	7,65		2,9		

aus dem Speicherinhalt des Walchensees gedeckt werden. Rechnet man einen Verbrauch im Kraftwerk von durchschnittlich 26 Wh je Brutto/km auf die Länge von 237 km (d. i. die Entfernung Regensburg—Kufstein), so ermittelt sich der Gesamtarbeitsverbrauch im Kraftwerk zu $A = 500 \cdot 237 \cdot 0,026 = 3081 \text{ kWh}$.

Um bei $H^W = 193 \text{ m}$ Nutzgefälle die Arbeitsmenge von 3081 kWh zu erzeugen, ist eine Wassermenge von

$$Q^W = \frac{493}{193} \cdot A = 2,5544 \cdot 3081 = 7870 \text{ m}^3$$

nötig. Da die mittlere Seefläche 16,2 qkm überdeckt, bedeutet die Wasserentnahme von 7870 m³ oder die Zugförderungsleistung von $237 \cdot 500 = 118500 \text{ tkm}$ eine Absenkung der Seespiegelhöhe in mm um:

$$a = 1000 \cdot \frac{Q^W}{16,2 \cdot 10^6} = \frac{1000 \cdot 7870}{16,2 \cdot 10^6} = 0,4858 = \text{rd. } 0,5 \text{ mm.}$$

Wenn rund $\frac{1}{3}$ des größten Speicherinhaltes des Walchensees (bei 6,6 m Absenkung), d. i. eine Wassermenge von 36 Millionen m³ für den elektrischen Zugbetrieb zur Verfügung steht, so können mit diesem Vorrat

$$\frac{237 \cdot 500}{Q^W} \cdot 36 \cdot 10^6 = 542 \times 10^6 \text{ tkm}$$

geleistet werden, also eine Zugförderungsleistung, wie sie im Jahre auf der Strecke von Regensburg bis Landshut anfällt.

Gegenüber solch ausgezeichneten Vorzügen dieser Hochdruckanlage kann die verhältnismäßig große Entfernung derselben vom Verkehrsschwerpunkt (Entfernung Walchenseewerk—München rund 70 km) in keiner Weise ins Gewicht fallen; denn letztere beeinflusst lediglich die Kosten der Kraftübertragung.

Das oben durchgeführte Beispiel bietet auch einen guten Wertmesser für die Beurteilung der zur Bahnstrom-Erzeugung herangezogenen Mitteldruckstufen Aufkirchen und Eitting des Großkraftwerkes Mittlere Isar, die etwa 35 km nördlich von München, dem wichtigsten Verkehrsknotenpunkte Süddeutschlands, liegen. Soll die Arbeitslieferung für den untersuchten Sonderzug Regensburg—Kufstein aus den genannten Kraftstufen erfolgen, so ist hierzu bei einem mittleren Gefälle von $H^{MJ} = 26,4 + 25,3 = 51,7 \text{ m}$ eine Wassermenge von

$$Q^{MJ} = \frac{493}{51,7} \cdot 3081 = \text{rd. } 30000 \text{ m}^3$$

erforderlich. Wird angenommen, daß der Wasserzulauf in den Werkkanal am Einlaufbauwerk (bei Oberföhring) — so lange der geplante Speicherweiher mit $34,7 \cdot 10^6$ Gesamtfassungsraum noch nicht gebaut ist — für andere Zwecke benötigt wird, so muß die Arbeitsabgabe für den Sonderzug aus dem Wasserinhalt der vor den Kraftstufen liegenden Kanalhaltungen entnommen werden; da der Inhalt der Haltung vor Stufe Aufkirchen etwa $1,23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, jener vor Stufe Eitting $0,71 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ beträgt, so tritt eine Verminderung des Wasservorrates durch die Sonderleistung bei der erstgenannten Haltung auf 98,78 v. H., bei der letztgenannten auf 97,89 v. H. Die Zahlen zeigen, daß im Notfalle auch die Mitteldruckstufen Spitzen- und Sonderleistungen übernehmen können, eine Eigenschaft, die — besonders nach Ausbau des Speicherweihers — die Mittlere Isar zu einem ganz vollwertigen Bahnstromkraftwerk macht. Ihre Bedeutung für den elektrischen Zugbetrieb in Süddeutschland wird allerdings weniger durch diese Eigenschaft, als durch den Umfang der Stromlieferung gekennzeichnet sein, der später ein Vielfaches von jenem des Walchenseewerkes betragen wird.

3. Bau der Bahnstrom-Fernleitungen.

Für die Wahl der Höhe der Übertragungsspannung zur Bahnstromverteilung von den Kraftwerken ab war Länge und Verlauf der nach dem Ausbauplan auf die neue Betriebsform umzustellenden Bahnstrecken maßgebend. Da unter den

letzteren sich auch Linien nördlich der Donau (Luftlinie Walchenseewerk—Regensburg 175 km, Walchenseewerk—Nürnberg 215 km) befanden, ferner auch die Bahnstromversorgung von nach Südwestdeutschland führenden Linien (München—Ulm—Stuttgart) ins Auge zu fassen war, kam für die Fernübertragung nur eine Spannung von 110 kV in Frage.

Für die Linienführung der Übertragungsleitungen war außer der örtlichen Lage der elektrischen Stützpunkte (Bahnstromunterwerke) noch die Forderung nach größter Sicherheit für die Strombelieferung der letzteren entscheidend. Die Leitungsstraßen waren daher so anzuordnen, daß wichtige Stützpunkte von mindestens zwei voneinander unabhängigen Kraftquellen aus und mit Hilfe von zwei örtlich getrennten Leitungsstraßen versorgt werden können. Solchen Forderungen wird genügt durch eine Vermaschung des Oberspannungsnetzes, wie sie der in Textabb. 1 wiedergegebene Zukunftsplan darstellt.

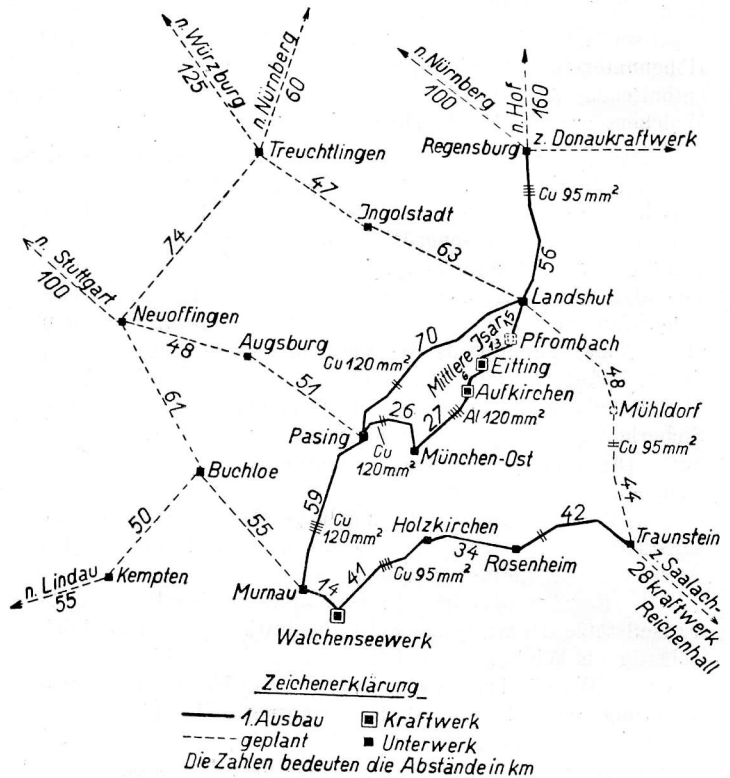


Abb. 1. 110 kV Bahnstromfernleitungsnetz.

Von den geplanten 110 kV Übertragungsleitungen waren Ende 1925 betriebsfertig die Leitungsstraßen:

Walchenseewerk—Murnau—Pasing	73 km
Pasing—Landshut	70 »
Pasing—München Ost	26 »
München Ost—Landshut	61 »
zusammen	230 km

im Bau begriffen:

Walchenseewerk—Holzkirchen—Rosenheim	75 km
Landshut—Regensburg	56 »
zusammen	131 km

Sowohl vom Walchenseewerke als auch von der Mittleren Isar führen je zwei Leitungsstraßen ab. Man erkennt bereits den Beginn der Vermaschung des Netzes durch den Ausbau des 110 kV-Ringes Pasing—Landshut—Mittlere Isar—München Ost—Pasing mit 157 km Gesamtlänge. Eine zweite, weit größere Leitungsmaße wird die Stützpunkte für die Bahnstrecken Südostbayerns beherrschen, nämlich der Ring Walchenseewerk—Rosenheim—Traunstein—Landshut—Pasing—Walchenseewerk mit einer Längenausdehnung von 338 km.

Der Verlauf der Leitungsstraßen zwischen den Kraftwerken und den Stützpunkten bedingte bisher eine Mehrlänge der ausgebauten Leitungen von durchschnittlich 11,6% gegenüber der Lufflinie; die geringste Mehrlänge, nämlich 6,4%, weist die Leitungsstraße Walchenseewerk—Rosenheim auf, die größte, nämlich 68%, die Leitung Pasing—München Ost, welche die Stadt München im Norden umfährt. Bei der Festlegung der Linienführung wurde in gleicher Weise wie bei den Höchstspannungsleitungen der Überlandversorgung auf die Belange der Forst- und Landwirtschaft, sowie des Heimatschutzes Rücksicht genommen; besonderer Wert ist noch auf die Nähe von Verkehrswegen gelegt worden, um den Bau und die Unterhaltung der Leitungen zu erleichtern. Rund 4% der ausgebauten Leitungslängen führen durch Wälder, 11% durch mooriges Gelände. Im Aufriß schmiegt sich die Linienführung möglichst an das Gelände an; die gebirgige Art des letzteren in der Nähe des Walchenseewerkes sowie die Erhebungen des Alpenvorlandes zwangen bisweilen zur Überwindung großer Höhenunterschiede auf kurze Längen, wie aus dem auf Taf. 23 enthaltenen Abschnitt des Höhenplanes der Leitungsstraße Walchenseewerk—Holzkirchen—Rosenheim ersichtlich ist.

Die Tragvorrichtungen der Leitungsstraßen sind für 250 m Spannweite sowie für eine Belegung mit zwei Schleifen, bestehend aus je zwei Kupferseilen von je 120 mm² Querschnitt und einem Eisenerdseil von 50 mm² berechnet. Die Knicksicherheit der Eckpfosten an den Tragmasten, besonders im Oberschuß, ferner Lochleibungsdruck und Scherbeanspruchung an den Stoßverbindungsstellen wurden etwas höher gewählt als die Verbandsvorschriften zulassen; die Eckpfosten weisen im Unterschufs eine 2,6fache, im Mittelschuß eine 2,9fache, im Oberschuß eine 3,4fache Sicherheit gegen Ausknicken nach der Formel von Tetmajer auf. Die verwendeten Tragvorrichtungen zerfallen in vier Gruppen:

a) Regel-Tragmaste: Gesamtlänge über Boden ohne Erdseilstütze 20 m; Querschnitt rechteckig; noch zulässig bei Änderung der Leitungsrichtung um 3°;

b) Regel-Abspannmaste: Gesamtlänge über Boden ohne Erdseilstütze 19 m; Querschnitt quadratisch; auch zugleich zulässig als Winkelmast bei Richtungsänderung bis zu 160°, sowie als Winkelmast ohne Abspannung bis zur Richtungsänderung von 129° und als Kreuzungsmaste bei Überqueren von Schwachstromleitungen;

c) Regel-Endmaste: Gesamtlänge über Boden ohne Erdseilstütze 19 m; Querschnitt quadratisch; zulässig als Abspann- und zugleich Winkelmaste bei Richtungsänderungen von 150°, als Winkelmaste ohne Abspannung bis zu einer Richtungsänderung von 114°;

d) Sondermaste: Trag- und Abspannmaste mit Überlängen und mit verstärkten Trägern und Eckpfosten.

Als Mastbild für die Tragvorrichtungen wurde, wie aus Taf. 24 ersichtlich, bis auf sieben Maste vor dem Walchenseewerk die Schellenbaumform gewählt, deren wichtigste Maße im Mastbild eingetragen sind. Den Eisenaufwand in den einzelnen Abschnitten der Leitungsstraßen zeigt nachfolgende Übersicht 3:

Die Regelspannweite von 250 m ist im Durchschnitt um 26,5 m unterschritten; dies hat seinen Grund hauptsächlich in der absichtlichen Verkürzung der Spannweiten in Strecken mit Rauhreifgefahr, in welchen zur Erhöhung der Betriebssicherheit bis auf 170 und 180 m zurückgegangen wurde, sowie in den geringen Spannweiten der Kreuzungsfelder mit Schwachstromleitungen und Eisenbahnstrecken. Die Zahlenwerte in den Spalten 6 und 7 der Übersicht 3 bilden einen Maßstab für die Schwierigkeit des Baues auf den einzelnen Leitungsabschnitten; je größer das Verhältnis der Zahl und des Gewichts der Sondermaste zur Zahl und zum Gewicht der Regelmaste ist, desto höher werden im allgemeinen die Baukosten des Leitungs-

abschnittes. Am auffallendsten tritt dies bei der Leitungsstraße Walchenseewerk—Murnau in Erscheinung, auf welcher wegen der schwierigen Geländeverhältnisse nicht bloß das durchschnittliche Mastgewicht am höchsten, sondern auch Zahl und Gewicht der Maste mit Sonderbauart am größten ist. Die Überquerung von zwei Buchten des Kochelsees in Spannweiten von 516 und 668 m machte die Aufstellung von Türmen bis zu 40 m Höhe über Boden nötig; auch im weiteren Verlauf der Leitungsstraße bis zum Unterwerk Murnau mußten vier aufeinander folgende Spannfelder mit 437, 387, 408 und 492 m Weite angeordnet werden. Auf der Leitungsstraße Walchenseewerk—Rosenheim erforderte die Überquerung des Flußlaufes der Isar bei Tölz und die Überspannung der Mangfall bei Holzkirchen die Überschreitung der Regelspannweite in vier Fällen um ein erhebliches Maß. In allen Weitspannfeldern wurden statt der Kupferseile Bronceseile (70 kg/mm²) und als Erdseil ein Stahlseil von besonderer Festigkeit (100 kg/mm²) verwendet.

Einen erheblichen Einfluß auf den Bau der Leitungsstraßen übt die Art und Weise der Gründung der Maste aus. Die Tragmaste erhielten Schwellenrostgründung. Neben Schwellen aus Fichtenholz wurden solche aus Beton mit Eiseninlagen (Textabb. 2) verwendet; die größere Lebensdauer der

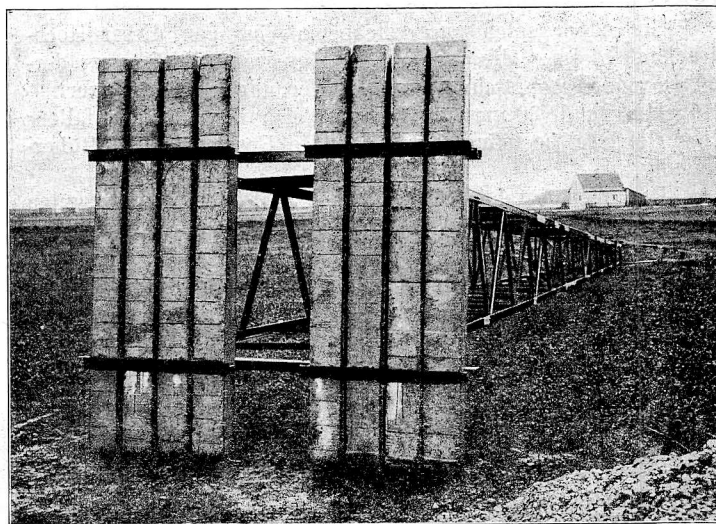


Abb. 2. Gründung der Fernleitungsmaste auf Betonschwellen.

letzteren muß mit höheren Ausgaben für die Verfrachtung bis zur Baustelle erkaufte werden. In Gegenden mit Moorsäure enthaltendem Boden wurden Eichenschwellen als Rost eingebaut. Einzelne Tragmaste, die ins Moor zu stehen kommen, wurden auf einen Pfahlrost gesetzt (acht Pfähle mit je 28 cm Zopfstärke). Abspann-, Winkel- und Kreuzungsmaste erhielten Betongründung; auch von diesen kamen einige ins Moor zu stehen; in solchen Fällen wurde die Betongründung auf einen aus 16 Pfählen bestehenden Rost gesetzt. Um den Betonkörper gegen die Angriffe der Moorsäure zu sichern, wurden seine Außenflächen mit drei Lagen Asphaltpappe abgedeckt; jede Lage erhielt einen Anstrich mit besonderem Asphaltkitt; eine halbesteinstarke Schicht aus Klinker wurde um die äußere Lage der Abdichtung gemauert und der freie Raum bis zur Verschalung der Baugrube mit Kies gefüllt; Abb. 7 und 8 auf Taf. 24 zeigt die grundsätzliche Ausführung der Pfahlrostgründungen. Letztere mußte bei 1,4% aller Maste angewendet werden; 20,1% der Maste erhielten Betongründung; 50,2% stehen auf Rosten aus Betonschwellen, 17,8% auf Rosten aus Fichten- und 10,5% auf solchen aus Eichenschwellen.

Von den im Betriebe befindlichen Leitungsstraßen ist die

Übersicht 3.
Leitungsmaste für Fernleitungen.

O.-Z.	1		2		3	4	5	6		7
	Leitungsstraße		Zahl und Gewicht der eingebauten Maste		Durchschnittl. Gewicht je Mast Tonnen	Mittlere Spannweite in m	Verhältnis Sondermaste Regelmaste		Zahl	Gewicht
	von	bis	Stück	Tonnen			Zahl	Gewicht		
1	Walchenseewerk	Unterwerk Murnau	56	199,2	3,56	249,8	1,000	1,720		
2	Unterwerk Murnau	" Pasing	277	698,1	2,52	213,0	0,078	0,134		
3	" Pasing	" Landshut	310	787,2	2,53	226	0,175	0,200		
4	" "	München Ost	111	333,2	3,0	233	0,077	0,099		
5	München Ost	Unterwerk Landshut	269	689,9	2,56	226	0,116	0,172		
6	Walchenseewerk	Holzkirchen	186	533,3	2,58	219	0,134	0,272		
7	Holzkirchen	Unterwerk Rosenheim	156	458,0	3,01	215	0,068	0,210		
Zusammen auf 305 km Länge . .			1365 ¹⁾	3698,9	2,71	223,5	0,119	0,212		
Bezogen auf 1 km Länge			4,48	12,13						

¹⁾ Von den 1365 Masten waren 997 (73%) Regel-Tragmaste, 119 (8,7%) Regel-Abspannmaste, 87 (6,4%) Regel-Kreuzungsmaste und 162 (11,9%) Sondermaste.

vom Walchenseewerk über Murnau nach Pasing und die von München Ost über die Mittlere Isar nach Landshut führende Leitung mit je zwei Schleifen belegt. Diese bestehen bei der erstgenannten Leitung aus je zwei Kupfer-, bei der letztgenannten aus je zwei Aluminiumseilen von je 120 mm² Querschnitt (19 Drähte mit je 2,8 mm Durchmesser). Die Leitungsstraßen Pasing—Landshut und Pasing—München Ost sind einschleifig und zwar sind die zwei Seile nicht auf demselben Querträger, sondern am oberen und unteren Querträger auf derselben Mastseite aufgelegt; hierdurch wird nicht blofs das spätere Auflegen der zweiten Schleife erleichtert, sondern auch die Leitungsinduktivität verringert.

Den Einwirkungen der statischen Influenz der Leiteranordnung, ferner den induktiven und statischen Einflüssen gleichlaufender Starkstromleitungen wurde durch Verdrillung der Schleifen begegnet.

Abb. 9, Taf. 24 zeigt das Verdrillungsbild einer Leitung. Da bei Anordnung von zwei Schleifen nur ein synchroner Betrieb derselben in Frage kommt, war eine gegenseitige Verdrillung nicht nötig; soweit der Einfluß fremder Leitungen nicht in Rechnung zu ziehen war, wurden die Bahnstromfernleitungen so verdrillt, daß die Gesamtlänge der gradzahligen Verdrillungsabschnitte gleich jener der ungradzahligen wurde. Bei Gleichlauf mit den Bayernwerksleitungen in kurzem Abstand erhielt die Bahnstromfernleitung doppelt so viel Verdrillungsabschnitte wie die Bayernwerksleitung.

Die Leiter sind an Hängeketten befestigt, die bei den Tragmasten gewöhnlich sechs Glieder haben. Bei Kreuzungsfeldern, an Abspannmasten oder an Stellen, wo die Sicherheit zu erhöhen war, wurde die Gliedzahl um eins erhöht. Bei Kreuzungen von Eisenbahnstrecken und bei großen Spannweiten wurden Doppelketten verwendet. Bis jetzt wurden nur Kappenisolatoren eingebaut, die unter dem Namen Kugelkopf-, Kegelkopf- und V-Isolatoren bekannt sind. Eine besondere Bauart von Abspannisolatoren wurde nicht gewählt. Die gewährleistete Bruchfestigkeit der Isolatoren beträgt 4800 kg bei Belegung der Schleifen mit Kupferseilen, 4000 kg bei Verwendung von Aluminiumseilen. Die Leiter sind an den Ketten mit Klemmen befestigt, die aus Bronze bei Kupferleitern, aus verzinntem Tempergufs bei Aluminiumleitern hergestellt sind. Die Backen der Tragklemmen wurden so zusammengeschraubt, daß sie das Kupferseil bei 500 kg Zug durchrutschen lassen; bei Aluminiumseilen sind Auslöseklemmen verwendet, die bei einer Auslösekraft von 150 kg mit Sicherheit wirken.

4. Errichtung der Unterwerke.

Die örtliche Lage der Unterwerke ist nicht nur abhängig von der Reichweite der Fahrleitungsspannung (15 kV), sondern auch von der wirtschaftlichen Führung der von den Unterwerken nach den Fahrleitungen zu verlegenden 15 kV-Anschlußleitungen. Verkehrsknotenpunkte, in denen eine gröfsere Zahl von Eisenbahnstrecken zusammentrifft, sind daher auch die gegebenen Orte für die elektrischen Stützpunkte und für die Knoten des vermaschten Oberspannungsnetzes (Textabb. 1).

Ende 1925 waren zwei Bahnstromunterwerke dem Betrieb übergeben, nämlich Murnau und Pasing, ein drittes war der Vollendung nahe, nämlich Landshut, ein viertes in Angriff genommen, Rosenheim. Die Verschiedenheit in den Spannungen für die Fernübertragung und für die Speisung der Fahrleitungen gliedert von selbst die Bauanordnung der Unterwerke in zwei Hauptteile, die Hochvolt- und die Niedervoltseite. Das Bindeglied zwischen beiden Teilen bilden die Umspanner. Die Bedeutung eines Unterwerkes als Knotenpunkt im Hochspannungsnetz oder auch seine Wichtigkeit als Verteilungsstützpunkt für die Speisung der Fahrleitungen wirkt sich im Einzelfalle auf die Bauform aus.

Das Schaltbild Abb. 1, Taf. 25, in welchem die grundsätzliche Schaltanordnung des Oberspannungsnetzes einschliesslich jener der Kraftwerke wiedergegeben ist, läfst ohne weiteres erkennen, daß die Unterwerke Pasing und Landshut als Hauptknoten in der 110 kV-Masche Pasing—München Ost—Mittlere Isar—Landshut—Pasing eine überragende Bedeutung in der Oberspannungsverteilung gegenüber den übrigen Unterwerken besitzen. Da das Unterwerk Pasing mit Rücksicht auf die Speisung der zahlreichen von München ausgehenden Eisenbahnstrecken auch für die Unterspannungsverteilung einen Hauptstützpunkt bildet, wurde es als Schaltbefehlsstelle ausgebildet, von dem aus die Schaltanordnungen für das gesamte Oberspannungsnetz ergehen.

Unterwerk Pasing.

Der Stützpunkt ist 8,5 km vom Hauptbahnhofe München entfernt, westlich von Station Pasing, von welcher aus fünf doppelspurige Bahnen abführen. In einem Geländezwickel, der von zwei dieser Strecken gebildet wird, ist das Unterwerk auf einem 20000 m² umfassenden eingefriedeten Gelände in der aus Abb. 1, Taf. 26 ersichtlichen Form angeordnet. Die großen Ausmafsse der Hochvoltanlage und der Niedervoltanlage zwangen zur aufgelösten Bauweise. Hochvolthaus mit Trans-

formatorenkammern, Niedervolthaus mit Betätigungsraum und Umformeranlage, Wohn- und Pförtnergebäude, Diensträume mit Kraftwagenschuppen und die Fahrleitungswerkstätte sind als selbständige Bauwerke errichtet. Das Hochvolthaus mit einer Breitenentwicklung von 70 m ist für die Aufnahme von acht 110 kV-Schleifen gebaut, von denen zunächst vier (2 Walchenseewerk—Murnau—Pasing, 1 Landshut—Pasing, 1 Landshut—Mittlere Isar—München Ost—Pasing) eingeführt sind (Textabb. 3). Sie kommen alle von Westen an; ihre Einführungen können von einer Galerie aus geprüft werden.

Grundriß Abb. 1, sowie die Schnitte Abb. 4, Taf. 26, zeigen die räumliche Aufteilung des aus zwei Geschossen

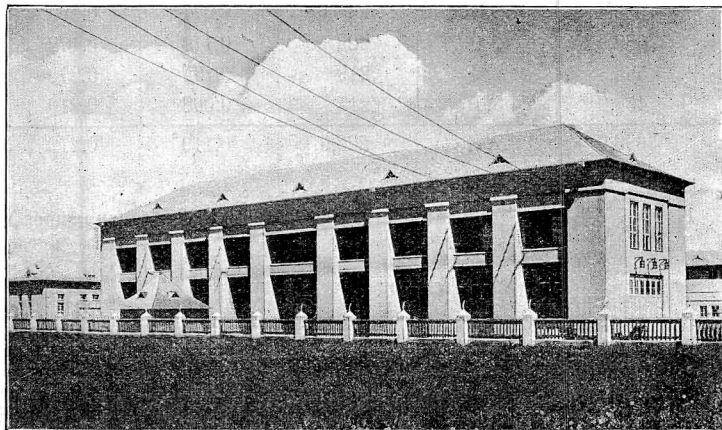


Abb. 3. Unterwerk Pasing. Einführung der 110 kV Leitungen in die Südwestseite des Hochvolthauses.

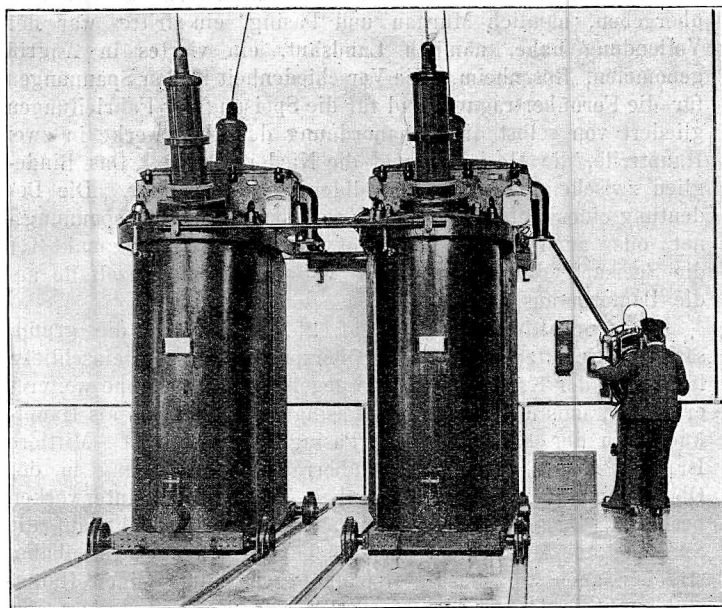


Abb. 4. Unterwerk Pasing. 110 kV-Ölschalter.

bestehenden Hochvolthauses; im Obergeschoße befinden sich die Doppelsammelschienen und die Trennschalter, im Erdgeschoße sind die Ölschalter, und zwar je zwei in je einer der nach dem 4,1 m breiten Gänge zu offenen Kammern, ferner die Antriebe für diese Schalter untergebracht (Textabb. 4). Eine Sicherheitsmauer teilt das Erd- und Obergeschoß des Hochvolthauses in je zwei Teile. Sechs Transformatorenkammern mit 5,5 m Tiefe sind durch einen 4,5 m breiten Gang, in dem sich die Ölkühleinrichtungen für die Transformatoren befinden, vom Hochvolthause getrennt (siehe Querschnitt Abb. 4, Taf. 26.).

Die Kammern haben Eisentüren nach Osten, vor denen ein regelspuriges Gleis liegt, so daß die Transformatoren unmittelbar vom Tiefladewagen aus in die Kammern gebracht werden können.

Von den letzteren sind zunächst drei mit Kern-Transformatoren von je 5000 kVA und mit einem Übersetzungsverhältnis von 115/17,25 kV besetzt. Der Eisenkern hat vier Einzelteile, zwei Schenkel und zwei Joche, welche durch kräftige Verspannung zusammengehalten werden. Die Wicklungen, wegen der Kurzschlüsse besonders versteift, sind als doppelkonzentrische Röhrenwicklungen gebaut und zwar so, daß eine spiralenförmig gewickelte Unterspannungsröhre dem Eisenkern zunächst angeordnet ist, hierauf folgen, durch einen Isolationszylinder (Papier) geschützt, die Oberspannungsspulen und über diesen, wieder durch Papierzylinder getrennt, die äußere Unterspannungsröhre. Die Hochspannungswicklung läßt sich auch nachspannen, ohne den Kessel öffnen zu müssen.

Aus dem wegen der Verfrachtung abgewalmtten Deckel des Transformatorgehäuses ragen, wie Textabb. 5 zeigt, drei Oberspannungsdurchführungen; letztere, auf 250 kV geprüft, bestehen aus Papierklemmen mit übergestülptem Porzellanstück und Strahlungskugel. Die dritte Klemme führt den Nullpunkt heraus, ist jedoch vorerst noch nicht an Erde gelegt. Die Unterspannungsseite hat acht Durchführungen, um das Übersetzungsverhältnis ändern zu können, nämlich von 115/17,25 und 115/16,5 kV. Zu jedem Transformator gehört ein Ölkonservator. Das erwärmte Öl wird in einem Wasserbade mittelst Schlangen gekühlt. Das Wasser wird einer westlich des Hochvolthauses (Abb. 1, Taf. 26) gelegenen Brunnenanlage entnommen. Bei einer Belastung von 5000 kVA sind rechnungsgemäß 7,7 m³ erforderlich, damit sich das

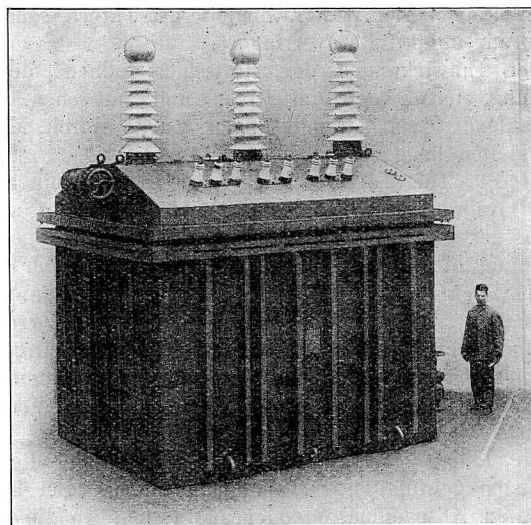


Abb. 5. Bahnstrom-Transformator für 5000 kVA.

Kupfer des Transformators nicht um mehr als 50 ° C über das Kühlwasser erwärmt. Mit einer Gefahrmeldeanlage wird die Erwärmung und die Kühlung überwacht.

Der Eisenverlust der Transformatoren beträgt 19,2, der Kupferverlust 94,5 kW. Der günstigste Wirkungsgrad ($\cos \varphi = 1$) liegt bei etwa $\frac{1}{2}$ Belastung mit 98,32 %; er beträgt bei $\frac{5}{4}$ Belastung 97,4 %, bei $\frac{1}{4}$ Belastung 98,04 %; die Kurzschlußspannung ist 9,2 % (gemessene Werte).

Die Übertemperatur der Wicklung darf nicht mehr als 70 ° C gegenüber der Wärme des zuströmenden Kühlwassers betragen, wenn nach dauernder Vollast die Einheit mit 6500 kVA auf zwei Stunden, oder mit 7500 kVA auf $\frac{1}{2}$ Stunde oder mit 10000 kVA 10 Minuten lang beansprucht wird.

Gewichte: Ölkessel mit Deckel und Zubehör	8,7 t
Kern mit Wicklungen	41,45 t
Öl	18,20 t
zusammen	68,35 t.

Die größte Breite des Transformators beträgt 4614 mm, die Tiefe 3120 mm, die Höhe ab Laufschiene bis Strahlungskugel 5323 mm. Je vier Stück einpolige Kabel mit 95 mm² Querschnitt führen von der Niederspannungsseite der Transformatoren nach dem 35,5 m von den Kammern entfernten Niedervolthaus und sind dort über Stromwandler, Öl- und Trennschalter an die 15 kV-Doppelsammelschienenanlage angeschlossen. Diese ist mit den Trennschaltern im Obergeschoße des 61 m breiten und 15,8 m tiefen Gebäudes untergebracht. Das durch einen 3 m breiten Gang in zwei Hälften geteilte Erdgeschoß enthält auf der Westseite die Zellen für die Transformatorschalter, die Überspannungsschutzeinrichtungen (Bauart Bendmann) und die Umspanner für den Eigenverbrauch des Unterwerkes, auf der Ostseite sind die 15 kV-Ölschalter für die Speise- und Anschlussleitungen in Zellen untergebracht, deren Türen ebenso wie jene der Zellen an der Westseite nach einem 3,1 m tiefen Vorbau aufgehen; in diesen Vorbauten ist je ein regelspuriges Gleis verlegt (s. Grundriß Abb. 1, Taf. 26).

Die allgemeine Anordnung der 15 kV-Seite zeigt das Schaltbild Abb. 2, Taf. 25. 20 Speiseleitungen — teils als Kabel, teils als Freileitungen — führen von den Sammelschienen ab, die in sechs Gruppen unterteilt sind; drei Kupplungsschalter, die auch zur Kurzschlussprüfung benutzt werden können, ermöglichen bei Störungen oder Instandsetzung eine entsprechende Umschaltung. Zwei Einphasen-Umspanner mit je 300 kW Leistung und einem Übersetzungsverhältnis 15/0,22 kV dienen zur Stromversorgung des Unterwerkes, das außerdem einen Anschluß an die 5 kV Drehstromverteilung des Hauptbahnhofs München erhalten hat.

Mit dem Niedervolthaus durch einen 5 m breiten Zwischenbau verbunden ist der in einem besonderen, ganz unterkellerten Gebäude angeordnete Betätigungsraum von 320 m² Grundfläche (Textabb. 6). Sein Kellergeschoß, in das zahlreiche Verbindungs- und Steuerleitungen hineinführen, ist durch einen begehbaren Kanal mit den Querkanälen des Hoch- und Niedervolthaus verbunden, in welchen neben den Ölsammelleitungen auch die zu den Ölschaltern führenden Steuerleitungen verlegt sind. Im Betätigungsraum mit Fernsprechanlage zwischen den Kraftwerken und Unterwerken sind die Haupttafeln für die Oberspannung und Unterspannung in ovaler Grundrißform aufgestellt; zwei weitere Reihen von Tafeln dienen für Melszwecke, Auslöseeinrichtungen und dergleichen.

An das Südende des Niedervolthauses ist der Umformeranbau angebaut; in diesem soll der Bahnstrom auf Drehstrom von 100 Polwechseln zur Versorgung der Werkstätten sowie der Bahnhofbeleuchtungsanlagen in München umgeformt werden. Zu diesem Zwecke wird ein Umformersatz aufgestellt, der aus einem asynchronen Einphasenmotor für 1700 kW Leistung bei $\cos \varphi = 1$ nebst Kommutator-Hintermaschine und einem Drehstrom-Synchron-Generator für 1750 kVA sowie den nötigen Erregermaschinen besteht.

Ein Wohn- und Pfortnergebäude, ferner ein Dienstraumbau mit Kraftwagenschuppen liegen an der Straßeneinfahrt zum Unterwerk. Eine kleine Werkstätte, mit regelspurigen

Gleisen und Drehscheiben an das von Station Pasing in das Unterwerk geführte Anschlussgleis angeschlossen, gestattet, die schweren Bauteile (Schalter usw.) instandzusetzen und Ausbesserungen an Fahrleitungsbauteilen auszuführen.

Unterwerk Murnau.

Die längste Strecke der Garmischer Liniengruppe von München bis zur Reichsgrenze bei Mittenwald mißt rund 120 km; auf diese Länge kann die Strombelieferung vom Unterwerk Pasing allein nicht übernommen werden; es war daher die Anlage eines weiteren Stützpunktes südlich Pasing nötig. Da die bayerischen Äste der Mittenwaldbahn bis zur Reichsgrenze bei Scharnitz und bei Griesen sehr starke Steigungen aufweisen, zudem die Linien südlich Tutzing alle eingleisig sind, wurde der Stützpunkt in Murnau, dem Ausgangspunkt der ersten Einphasenbahn Deutschlands (Murnau—Oberammergau 1905, 16²/₃ Doppelwechsel 5,0 kV) errichtet; dieses liegt 35 km südlich von Tutzing und ist 26 km von Garmisch entfernt.

Die Aufgabe dieses Umspannwerkes als Unterspannungsverteilungspunkt gestattete seine Oberspannungsseite verhältnismäßig einfach auszuführen. Die beiden Schleifen der Leitungsstraße Walchenseewerk—Murnau—Pasing sind daher nicht in

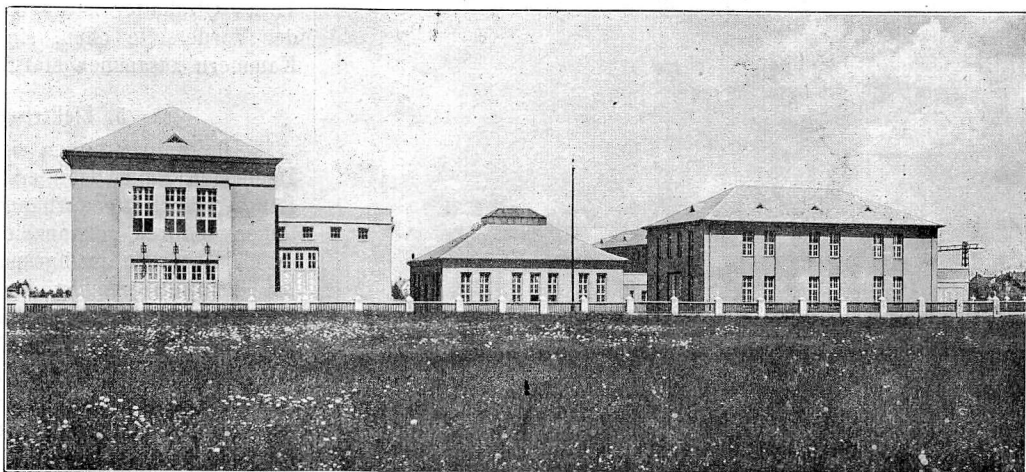


Abb. 6. Unterwerk Pasing. Gesamtansicht von Süden.

das Unterwerk eingeführt, sondern in der aus Abb. 1, Taf. 25 ersichtlichen Weise angezapft. Zu diesem Zwecke sind vor dem Unterwerke in beide Schleifen Freiluft-Trennschalter eingebaut, die auf einem vor dem Unterwerke im Zuge der Leitungsstraße errichteten Gerüste angebracht sind (Textabb. 7). Die Schaltung läßt erkennen, daß es möglich ist, sowohl von Pasing (Mittlere Isar), als auch vom Walchenseewerk aus mit einer oder mit beiden Schleifen eine jede der zwei 110 kV-Sammelschienen zu versorgen. Durch diese Anordnung gelang es, vier Oberspannungs-Ölschalter zu sparen und damit sowohl den elektrischen als auch den baulichen Teil des Hochvolthauses einfacher und billiger auszubilden als bei unmittelbarer Einführung der Schleifen. Da auch die Unterspannungsseite dieses Stützpunktes nicht einmal die Hälfte der Abführungen aufweist als jene des Unterwerkes Pasing, ging man zur geschlossenen Bauform über, wie sie aus dem aus Abb. 3, Taf. 27 ersichtlichen Grundriß zu ersehen ist. Dabei gestattet die Anwendung einer der Firma Brown, Boveri & Cie. geschützten Bauweise der 110 kV-Ölschalter, auch noch die Ausmalse der Hochvolthalle zu verringern. Entgegen der Anordnung der 110 kV-Schalter — wie sonst üblich — in offenen oder geschlossenen Kammern, wurden hier Ölschalter verwendet, deren Kessel in betonierte Gruben versenkt und deren Schalteinrichtungen an dem aus Stahlguß bestehenden Deckel des Kessels aufgehängt sind. Zum Nachsehen der Schalter wird der Deckel nebst den Durchführungen mit Hilfe einer fahrbaren

Hebevorrichtung aus dem in der Betongrube bleibenden Kessel gehoben. Wie der Querschnitt Abb. 2, Taf. 27 zeigt, sind Doppelsammelschienen, Trennungsschalter und 110 kV-Schalter in einer Halle vereinigt. Von den letzteren sind sechs vorhanden, je zwei für die Oberspannungsseite der beiden Transformatoren, zwei für die Kupplung der Sammelschienen.

Die Umspanner nebst den Kühleinrichtungen haben die gleiche Leistung und Bauweise wie jene im Unterwerk Pasing.

Rechtwinklig zur Hochvolthalle liegt das 15 kV-Haus, zweigeschossig, nämlich mit Ölschaltern. Überspannungsschutz, Werkumspanner usw., in betonierten Zellen im Erdgeschoss, 15 kV-Doppelsammelschienen und Trennschalter im Obergeschoss. Die letzteren werden mit Seilantrieb durch Handrad von dem Bedienungsgange im Erdgeschoss aus betätigt. Dieser ist vollkommen gegen die Zellen abgeschlossen, deren Blechtüren ebenso wie im Unterwerk Pasing in Vorbauten münden, in welche ein Schmalspurgleis hineinführt. Der Betätigungsraum im Erdgeschoss ermöglicht der Bedienungsmannschaft, rasch in die Hochvolthalle und in den 15 kV-Bedienungsgang zu gelangen. Die Hauptschaltanlage ist im Betätigungsraum an einer Längswand angeordnet; sie besteht aus sechs Feldern, und zwar je einem für die Gefahrmelde-

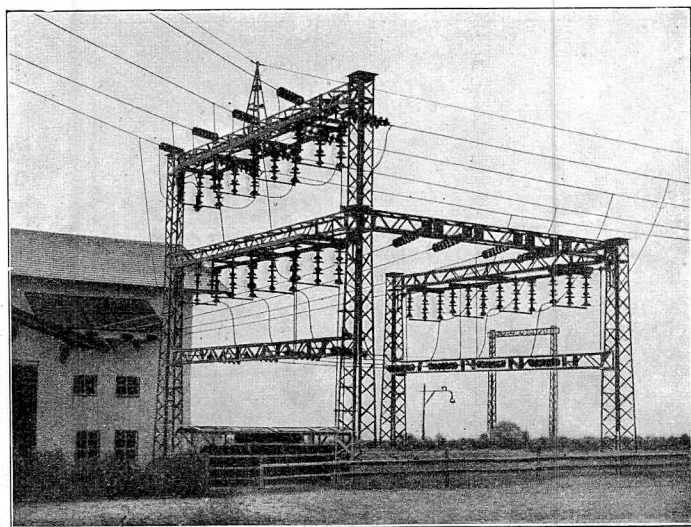


Abb. 7. Anzapfung der Leitungsstraße Walchenseewerk—Pasing mit Freiluft-Trennschalter vor Unterwerk Murnau.

und Temperaturmessanlage, für die Oberspannungs-Zuführungen und Schalter, für die Umspanner, für die schreibenden Leistungs- und Spannungsmesser und zwei für die abgehenden 15 kV-Speiseleitungen. Ein in Metalleisten ausgeführtes Schaltbild, das auf der Tafel angebracht ist, enthält die Schauzeichen für die Rückmeldung der Stellung der Trenn- und Ölschalter, die zugehörigen Signallampen und die Schalter zur Betätigung des Fernantriebes der Ölschalter.

Im Obergeschoss sind untergebracht ein Einphasen-Gleichstromumformer, ein Bleispeicher für 150 und 15 Volt und ein Lagerraum.

Von der Hochvolthalle leitet ein auf einer Seite offener Verbindungsbau mit Schienenanlage zu einer 100 m² umfassenden kleinen Werkstätte über; neben dieser ist ein Kraftwagenschuppen angeordnet; im Obergeschoss sind Lager- und Diensträume; in größerer Entfernung ist ein Dienstwohngebäude erbaut.

Unterwerk Landshut.

Dieses steht als Hauptknotenpunkt in der Vermaschung des Oberspannungsnetzes nicht wenig in seiner Bedeutung dem Unterwerk Pasing nach. Das Hochvolthaus ist für die Einführung von fünf Bahnstrom-Doppelschleifen vorgesehen, von

denen zunächst eine von der Mittleren Isar ankommende und eine nach Regensburg abgehende Doppelschleife, ferner eine von Pasing ankommende Einfachschleife erstellt sind.

Die Hochvolt-Doppelsammelschienen sind aus Gründen der Betriebssicherheit in zwei Teile unterteilt, von welchen ein jeder von zwei verschiedenen Kraftwerken aus versorgt werden kann. Dies ist durch entsprechende Einführung der Leitungsstraßen erreicht. Da die vorgesehene Ausbauleistung erheblich kleiner als im Unterwerk Pasing ist — von den im Hochbau vorgesehenen drei Umspannern kommen zunächst zwei in der gleichen Ausführung und Leistung wie im Unterwerk Pasing zur Aufstellung — liefs sich die Grundriffsform in der auf Abb. 1, Taf. 23 wiedergegebenen Weise lösen.

Auf der einen Seite des Hochvolthauses sind die Transformatorenkammern mit den Ölkühleinrichtungen, auf der anderen Seite ist das Gebäude für den Betätigungsraum angebaut; letzterer befindet sich im Obergeschoss; im Erdgeschoss dieses Anbaues sind Kabelkeller sowie sonstige Hilfseinrichtungen untergebracht. Wegen des hohen Grundwasserstandes im Baugelände wurde die Unterkellerung auf ein Mindestmaß beschränkt. Ein kurzer Verbindungsbau leitet zum Niedervolthaus über. Von der Errichtung besonderer Überbauten vor den einzelnen im Erdgeschoss des Niedervolthauses angeordneten Zellen für die 15 kV-Ölschalter ist abgesehen. Je fünf bis sechs Zellen, nach der Vorderseite offen, sind in mit Blechtüren verschlossenen Kammern zusammengefaßt.

5. Elektrische Streckenausrüstung.

Die Fahrleitungen sind nach der Einheitsbauart*) der Deutschen Reichsbahn erstellt worden. Diese Bauform — eine Längs- oder Kettenaufhängung des Fahrdrahtes — ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß der Fahrdraht selbsttätig durch Gewichte nachgespannt wird, das Trageil aber nicht. An dem letzteren ist der Fahrdraht alle 12,5 m mit dünnen Seilchen (10 mm² Querschnitt) aufgehängt. Vereinheitlicht ist ferner die Querschnittsform des Fahrdrahtes, nämlich Kreisform mit Rillen; an letzteren wird der Fahrdraht festgeklemmt. Die Klemme ist für Fahrdraht und Trageil die gleiche. Die Zugspannung im Fahrdrahte darf 10 kg/mm², die Länge eines Nachspannfeldes 1500 m nicht überschreiten; in der Mitte eines solchen Feldes ist der Fahrdraht verankert. Die Hochlage des Fahrdrahtes ist so bemessen, daß unter den ungünstigsten Verhältnissen — ausgenommen bei Überbauten — seine Unterkante nicht weniger als 6,0 m über Schienenoberkante liegt. Dies zwingt dazu, den Fahrdraht bei + 10°C auf 6,25 m Höhe über S. O. zu verlegen. Die Querlage des Fahrdrahtes zur Gleisachse ist durch die Breite des Stromabnehmerbügels (2,1 m) und seine Schleiffläche (1,3 m) bestimmt. Die Seitenverschiebung des Fahrdrahtes, die an jedem Stützpunkt angeordnet ist, kann bei Vorhandensein einer gewissen Sicherheitsstrecke also ± 60 cm betragen; die neueren Erfahrungen weisen jedoch darauf hin, mit dem Zickzack etwas zurückzugehen, um Entgleisungen des Bügels zu vermeiden, wenn die Seitenschwankungen der Triebfahrzeuge und ihrer Stromabnehmer infolge nicht genauer Gleislage zu groß werden.

Für den Abstand der Tragvorrichtungen ist der Abtrieb der Fahrleitung durch den Wind entscheidend. Bei der Einheitsfahrleitung ist eine Windstärke von 31 m/sek. zugrunde gelegt; dies führt zu einem Höchstwert der Spannweiten von rund 75 m. Der seitliche Abstand der Tragvorrichtungen von der Gleisachse beträgt in der Regel 2,7 m; örtliche Verhältnisse zwingen jedoch häufig zu Abweichungen von diesem Maße. Textabb. 8 zeigt das Mastbild der elektrischen Ausrüstung einer eingleisigen Strecke. Bei Gleiskrümmungen wird der Mast an die Außenseite der Krümmung gesetzt, um den Fahrdraht

*) Siehe Organ 1924, Heft 9/10, Seite 197 bis 205, Elektr. Bahnen 1926, Heft 2, Seite 50 bis 57.

abziehen zu können; wo dies nicht möglich ist, werden sogenannte »Rüssel«-Ausleger für den Abzug verwendet.

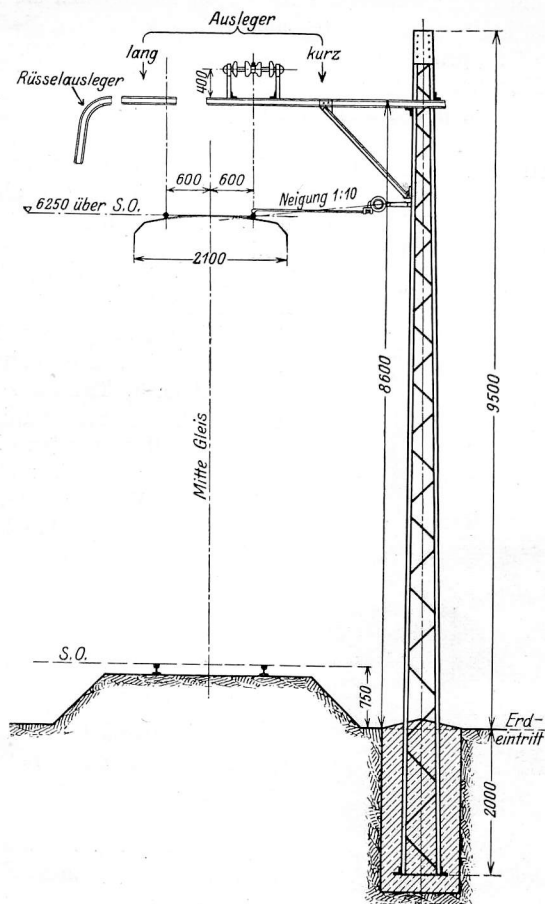


Abb. 8 Allgemeines Mastbild der elektrischen Streckenausrüstung.

Die Festlegung der »Einheitsfahrleitung« hat in keiner Weise den Fortschritt im Fahrleitungsbau gehemmt, denn in der Ausbildung eines wichtigen Teiles der Fahrleitung ist eine Bindung der Bauform nicht gegeben; dies ist die Isolation. Bei den Strecken der Garmischer Liniengruppe und bei der Strecke München—Landshut wurde auf einen bewährten Isolator zurückgegriffen, der schon früher (Salzburg—Reichenhall—Berchtesgaden) verwendet wurde: der Isolatorensatz mit zwei Glocken und einem Diabolo-Isolator, wie er auf Textabb. 8 angedeutet ist; also doppelte Isolation mit drei räumlich getrennten Isolatoren zum Halten des Tragseiles sowie zur seitlichen Festlegung des Fahrdrahtes. Nur ein Unterschied besteht gegenüber der älteren Ausführung; die Isolatoren sind nicht mehr zweischerbig, sondern einscherbig ausgeführt. Auch in Bahnhöfen, wo an Stelle von Jochen in den meisten Fällen Querseile zum Befestigen der Fahrleitung zur Ausführung gekommen sind, wird dieser

Isolatorensatz benützt. Textabb. 9 zeigt diesen Isolatorensatz, eingebaut in einen Tempergußrahmen, in der Querseilaufhängung des Hauptbahnhofs München, Textabb. 10 den gleichen Isolatorensatz, ohne Rahmen und um 90° gedreht, in der Querseilaufhängung der Station Schleißheim der Strecke München—Landshut.

Der Isolatorensatz hat einen großen Nachteil; er ist, namentlich unter Berücksichtigung der Befestigungsteile, recht schwer und damit teuer. Deshalb wurde in Anlehnung an die Isolatoren-Bauformen der Überlandversorgung dazu übergegangen, auch für die Fahrleitung Kappen-Isolatoren zu verwenden. Der erste größere Versuch mit solchen wurde auf der Strecke Pasing—Herrsching und im Bahnhof Landshut gemacht; das Tragseil ist hierbei an einer Hängekette befestigt, die aus zwei Kappen-Isolatoren Bauart Vaupel besteht. Textabb. 11 zeigt eine solche Ausführung. Der gleiche zweigliedrige Isolatorensatz ist auch für die Abspannungen und für die seitliche Festlegung des Fahrdrahtes verwendet worden. Bei letzteren wurde versuchsweise zwischen den Stationen Germering und Gilching der Strecke Pasing—Herrsching die Stützstrebe nicht an den Mast, sondern an ein »Schrägseil« angeklemt, wie Textabb. 12 zeigt. Die Verwendung von Hängeketten für den Fahrleitungsbau macht besonders in Bahnhöfen die Ausrüstung leichter und durchsichtiger.

Bei den Isolatoren der Bauart Vaupel ist das Porzellan auf Druck beansprucht. Auf der 9 km langen Zubringerlinie Weilheim—Peißenberg wurden zum ersten Male Isolatoren eingebaut, bei denen das Porzellan auf Zug beansprucht wird. Textabb. 13 zeigt den Doppel-Doppelkopf-Isolator, wie er auf genannter Linie zur Anwendung kam. Mit der Herstellung durchschlagsicherer Isolatoren (Motorisolatoren) wurde die Forderung nach doppelter, räumlich getrennter Isolation gegenstandslos. Man entschloß sich, solche Isolatoren, jedoch mit Rillen an Stelle von Schirmen, auf Bahnhof Feldmoching der Strecke München—Landshut auszuprobieren (Textabb. 14); der Versuch gelang, so daß die Absicht besteht, auf einem längeren Ab-

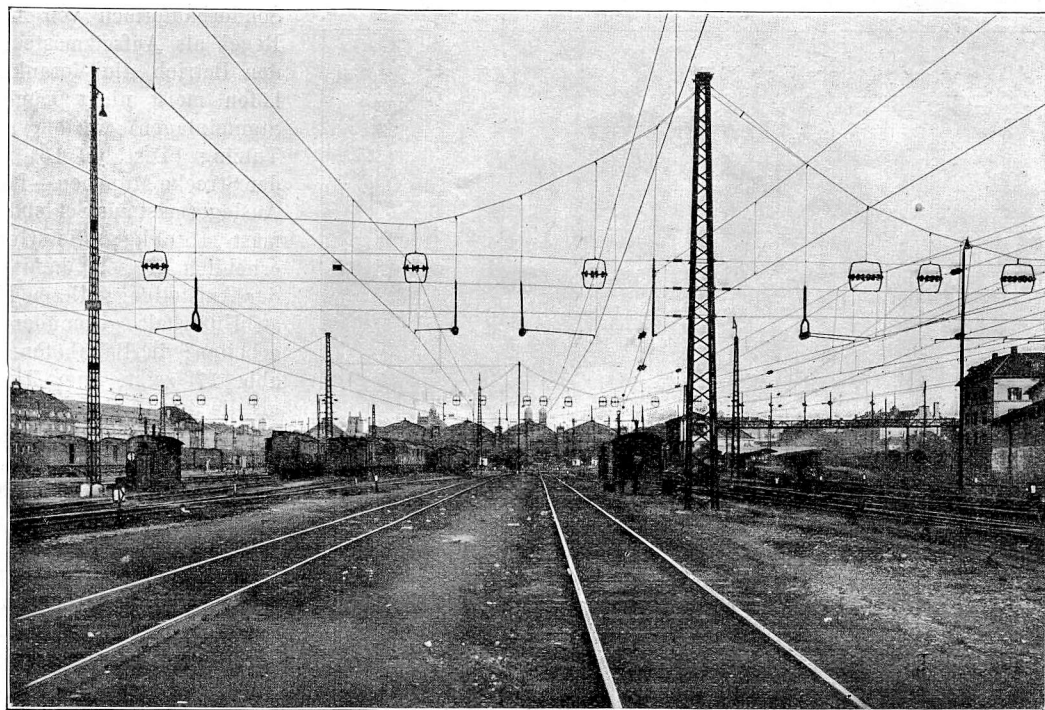


Abb. 9. Diabolo-Isolatorensatz in Tempergußrahmen der Fahrleitungsanlage München Hbf.

schnitt der Linie München—Rosenheim einen größeren Versuch zu machen.

Ein Vergleich der Fahrleitungsbilder (Textabb. 8—14) zeigt, daß die Bauform der Isolatoren das äußere Ansehen der Streckenausrüstung wesentlich beeinflusst; man erkennt deutlich, — wie namentlich in Bahnhöfen — die Durchsichtigkeit der Fahrleitungsanlage seit Beginn der Bauarbeiten durch die Anwendung neuzeitlicher Isolatorenformen erheblich zugenommen hat. Da die Zahl der Isolatoren gegenüber der älteren Ausführung wesentlich geringer ist, nämlich vier bzw. zwei Stück statt sechs Stück je Stützpunkt und außerdem eine einfachere

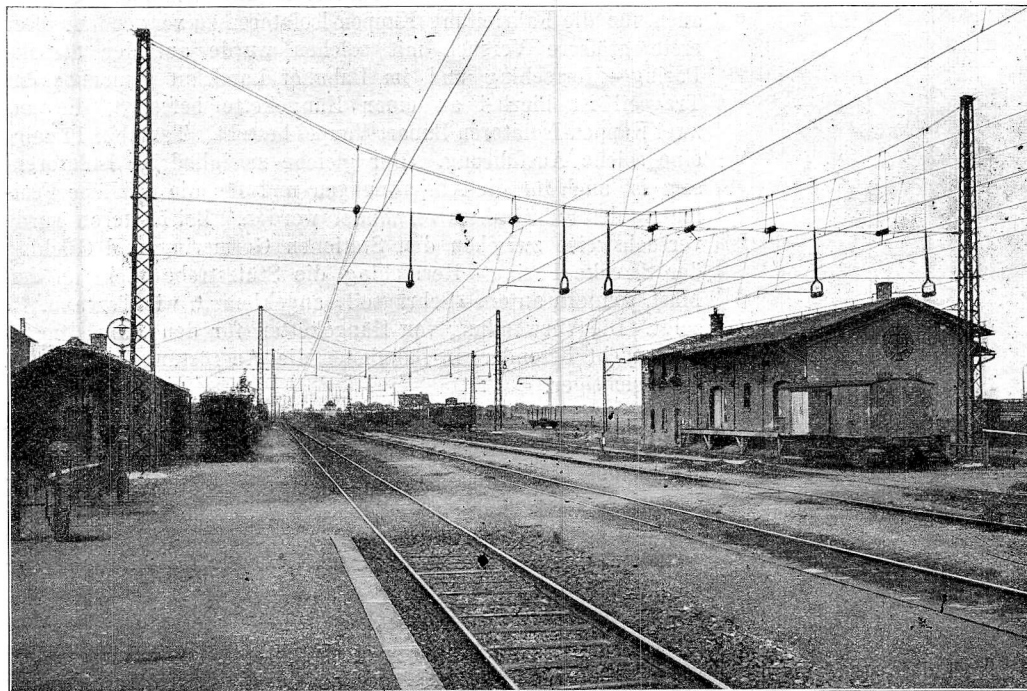


Abb. 10. Diabolo-Isolatorenansatz in der Querseilaufhängung der Station Schleifheim.

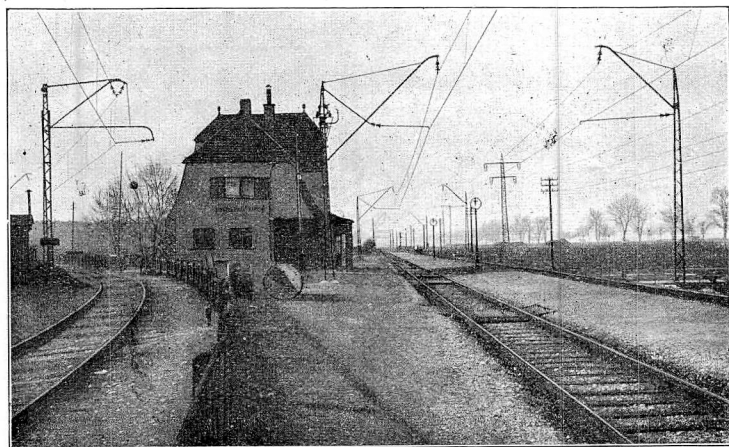


Abb. 11. Fahrleitungen mit an Hängeketten befestigtem Tragseil.

Befestigung dieser Isolatoren möglich ist, sind damit auch die Baukosten niedriger geworden.

Gute Isolation ist die erste Bedingung jeder elektrischen Kraftübertragung; dies gilt auch für die Fahrleitung elektrischer Bahnen. Da bei der großen Zahl der benötigten Isolatoren Störungen unvermeidlich sind, ist die Schaltung der Fahrleitungsanlagen von größter Wichtigkeit. Deshalb ist es Grundsatz, bei Doppelbahnen die Fahrleitungen in beiden Fahrrichtungen elektrisch von einander zu trennen, damit Störungen in der einen Fahrrichtung nicht auf die andere Richtung übergreifen können. Bei eingleisigen Strecken sind Umgehungsleitungen

nötig, wenn die Speisung nicht von zwei verschiedenen Unterwerken aus mit Sicherheit erfolgen kann. In den Stationen werden die Fahrleitungen der Nebengleise von jenen der Hauptgleise abschaltbar eingerichtet, auf großen Bahnhöfen die Nebengleise in Gruppen zusammengefaßt, in ganz großen Bahnhöfen wie in München Hbf. oder in München Laim sind die Fahrleitungsanlagen der Station besonders gespeist; denn die Unfälle und Störungen sind in den Stationen häufiger als auf der freien Strecke. Deshalb sind die Stationen zu beiden Seiten gegen die freie Strecke abschaltbar, weniger wichtige Bahnhöfe sind nur einseitig abzuschalten. Die Fahrleitungen der Ladegleise in den Stationen sind für sich abschaltbar und werden zwangsläufig mit dem Ausschalten gerdet. Abb. 3, Taf. 25 zeigt ein grundsätzliches Schaltbild. Die Schalter selbst werden in der Regel in der aus Textabb. 15 ersichtlichen Weise an den Fahrleitungsmasten angebracht; sie erhalten mechanische oder elektrische Fernbedienung wie die Weichen oder Signale, wenn ihre örtliche Bedienung mit Rücksicht auf die Verkürzung der Störungsdauer nicht möglich ist.

Die Tragvorrichtungen werden aus Profleisen oder Beton hergestellt; ein gewöhnlicher Auslegermast der eingleisigen Strecke (L-Eisen NP Nr. 12) wiegt rund 350 kg, ein Abspannmast (Γ-Eisen 90 : 90 : 9) rund 850 kg; die Eisenmaste werden einbetoniert; in Bahnhöfen sind zahlreiche

Sonderbauformen von Masten nötig; diese werden in der Regel als Aufsetzmaste ausgebildet, da mit Rücksicht auf den Betrieb die Verankerung von Einsetzmasten in Bahnhöfen meist nicht möglich ist. Schleuderbetonmaste (mit Stahleinlagen) wurden auf der Strecke von Starnberg bis Tutzing (Textabb. 16) und von Freising bis Langenbach der Strecke München—Landshut verwendet; ein gewöhnlicher Auslegermast aus Schleuderbeton wiegt 1300 kg, ein Abspannmast 1500 kg; die Gewichte der Betonmaste sind also erheblich größer; damit steigen die Kosten der Fracht und der Aufstellung; diesen Mehrkosten steht ein Minderaufwand an Unterhalt gegenüber wegen des Entfalles der Anstricharbeiten; in Bahnhöfen machen die Betonmaste, wie Textabb. 17 zeigt, zum Teil einen schwerfälligeren Eindruck als die durchsichtigen Eisengittermaste. Bei Aufstellung der Maste ist besondere Rücksicht auf die Freihaltung der Sicht des Lokomotivführers auf die Fahrsignale zu nehmen. Zu diesem Zwecke werden, beginnend 400 m vor jedem Signal, die Maste in etwas größerem Abstände von der Gleisachse abgerückt; dadurch entsteht ein sogenannter »Sehkeil«, der an sich infolge der Unterbrechung der stetigen Mastfolge auffällig ist und dadurch am Tage dem Lokomotivführer das Herannahen des Signales ankündigt.

Größere Schwierigkeiten bietet die Verlegung der Fahrleitungen unter Überbauten, die manchmal sehr nahe an die obere Umgrenzung des lichten Raummaßes der Eisenbahnen (4800 mm) herankommen. Da das Lademaß I bis zur Höhe von 4650 mm reicht, ein Abstand der spannungsführenden Teile von 300 mm gegen Erde aus Sicherheitsgründen nötig ist, mußte ein bestimmtes Mindestmaß für die Hochlage des Fahr-

drahtes unter Überbauten vorgeschrieben werden. Auf Taf. 22 des Jahrgangs 1923 sind die für leichte und schwere Überbauten festgesetzten Mindestmaße wiedergegeben. Die Einhaltung dieser Maße machte in vielen Fällen die Höherlegung von Stegen und Brücken nötig; wo dies nicht möglich oder nur mit sehr

Hilfsmittel gesichert werden; Textabb. 18 veranschaulicht eine solche Ausführung. Der Fahrdrabt ist beiderseits des Überbaues von seiner Regelhöhe aus im Verhältnis 1 : 200 geneigt, um ein anstandsloses Befahren bei hohen Geschwindigkeiten zu ermöglichen.

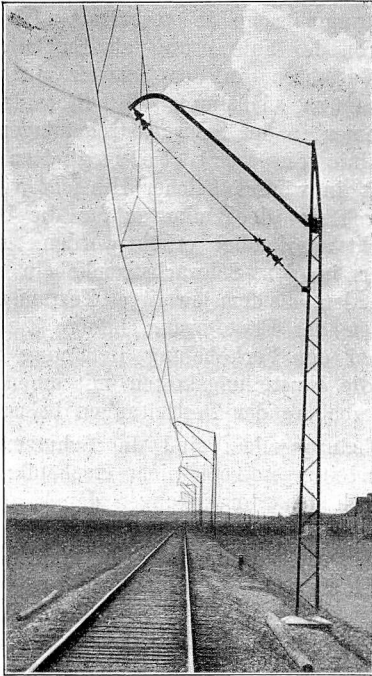


Abb. 12. Schrägseilaufhängung auf einem Teilabschnitt der Strecke München—Herrsching.

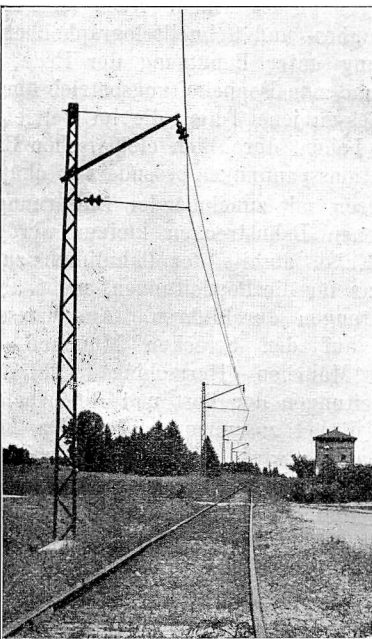


Abb. 13. Doppel-Doppelkopf-Isolator der Strecke Weilheim—Peißenberg.

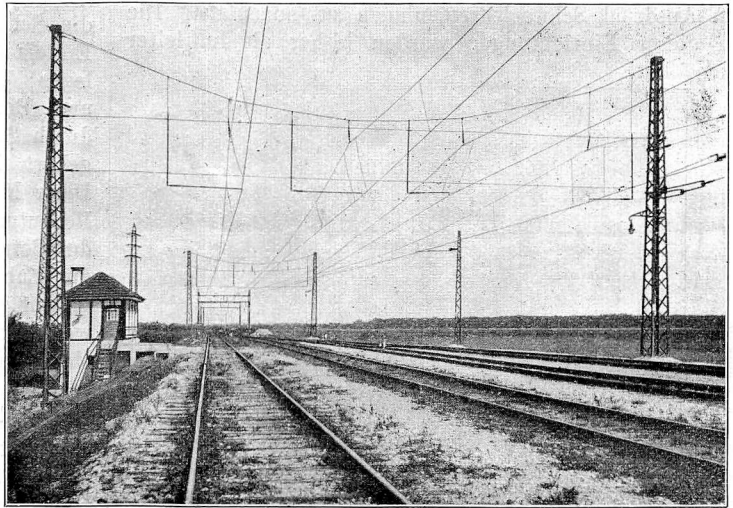


Abb. 14. Knüppelisolator in der Querseilaufhängung der Station Feldmoching. (München—Landshut).

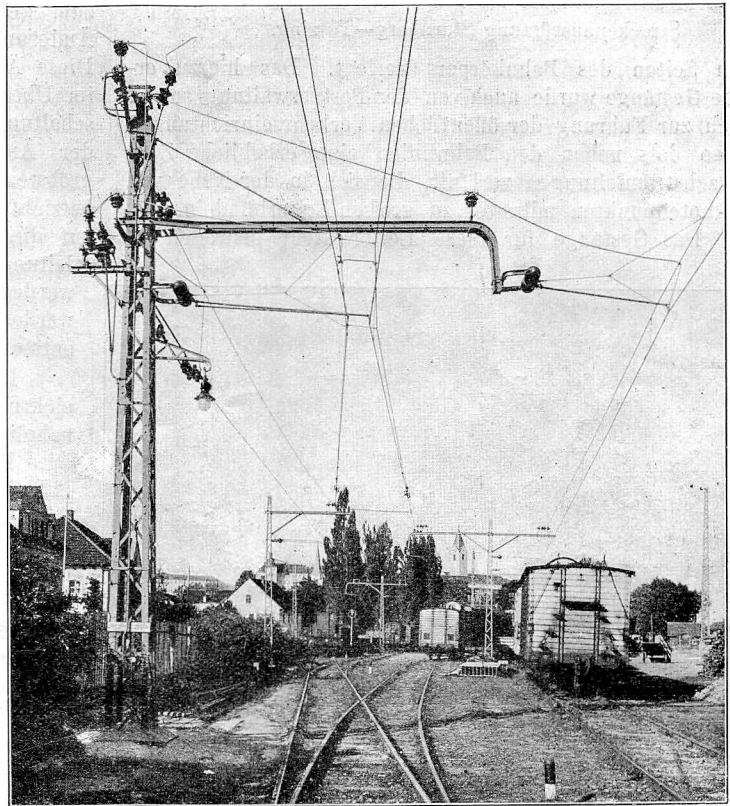


Abb. 15. Anordnung der Streckenschalter an Masten.

hohem Aufwand durchzuführen ist, werden die Gleise unter den Überbauten abgesenkt. Bei 4951 mm Hochlage kann das Tragsel unter dem Überbau nicht mehr durchgeführt, sondern muß an diesem beiderseits abgespannt werden; der Fahrdrabt geht allein unter der Brücke durch und muß durch besondere

In diesem Zusammenhange sind ferner noch zu erwähnen: der Umbau der Windverbände eiserner Brücken, welche das für die Durchführung der Fahrleitungen erforderliche lichte Maß nicht besitzen, ferner die Höherlegung der vorhandenen die Eisenbahnstrecken überquerenden Starkstromleitungen der

Überlandversorgung, sowie die Verkabelung der bahneigenen Starkstromleitungen für Licht- und Kraftzwecke, soweit diese vorher als Freileitungen verlegt waren.

6. Umbau und Ergänzung der Schwachstromanlagen.

Der Eisenbahnbetrieb verlangt eine große Zahl von Verständigungs- und Fernmeldeeinrichtungen, die man allgemein unter dem Ausdruck Schwachstromanlagen zusammenfaßt. Die Leitungen dieser Einrichtungen wurden bisher als Luftleiter

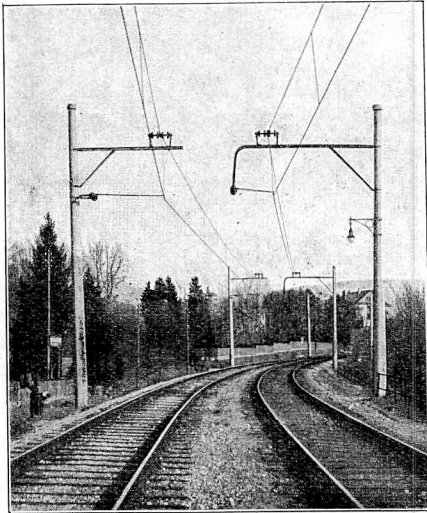


Abb. 16. Schleuderbetonmast als Tragvorrichtung der elektrischen Streckenausrüstung Starnberg—Tutzing.

zu beiden Seiten des Bahnkörpers verlegt. Das hierzu erforderliche Gestänge wurde auch von der Postverwaltung soweit als möglich zur Führung der öffentlichen Verkehrseinrichtungen benützt, so daß neben den Bahnliesen eine erhebliche Zahl von Schwachstromleitungen verläuft, die sich in der Nähe von Verkehrsknotenpunkten mitunter zu großen Leiterbündeln auswachsen. Das Gestänge für diese Leiter steht bisweilen so

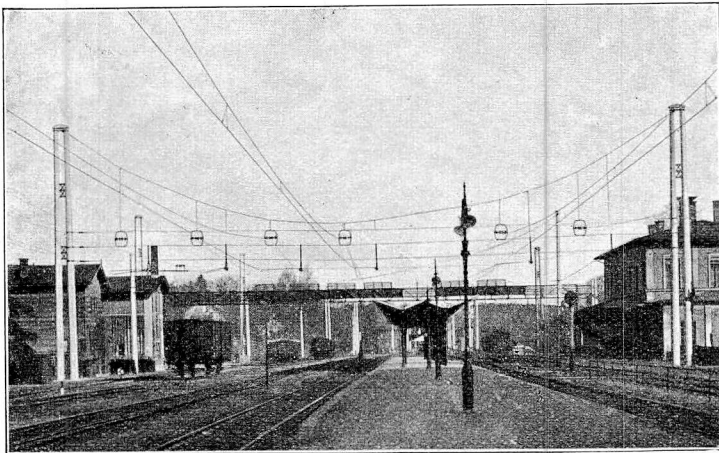


Abb. 17. Schleuderbetonmaste in Bahnhöfen.

nahe am Gleis der Bahnlinie, daß die Maste für die Fahrleitungen in den Schwarm der Drähte hinein ragen würden. Schon aus Gründen der Betriebssicherheit kann an eine Belassung der vorhandenen Schwachstrom-Freileitungen in so geringer Entfernung von den Fahrleitungsanlagen nicht gedacht werden. Dazu kommen noch die störenden Einwirkungen des schwingenden elektrischen und magnetischen Feldes der Fahrleitungen auf die Schwachstromleitungen. Um die elektrischen Störwirkungen dem Verkehre nicht fühlbar werden zu lassen,

gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren. Das eine, hauptsächlich in Schweden*) und Norwegen angewendet, besteht darin, die Ursachen der störenden Einflüsse zu unterdrücken durch Maßnahmen im Bahnstrom-Verteilungsnetze, insbesondere in der Fahrleitungsanlage; zu diesem Zwecke wird die letztere mit Saugtransformatoren, sowie Rück- und Ausgleichsleitungen ausgestattet; hierdurch wird ermöglicht, die Schwachstromleitungen noch in verhältnismäßig geringer Entfernung (15 m) von der Fahrleitung als Luftleiter zu verlegen; das zweite Verfahren, in der Schweiz, in Österreich und Deutschland benützt, bekämpft die Störwirkungen durch Schutzmaßnahmen in den Schwachstromanlagen. Hierzu gehört in erster Linie die Verkabelung der Leiter. Diese Maßnahme ist in wirtschaftlicher Hinsicht von großer Bedeutung, weil durch sie die Baukosten für die Umstellung der Betriebsform nicht unerheblich erhöht werden. Auch muß die Zahl der Leiter in den Schwachstromkabeln wesentlich größer genommen werden, als dem jeweiligen Zustand entspricht, weil den Bedürfnissen der Erweiterung infolge Zunahme des Verkehrs bereits bei der Verkabelung Rechnung zu tragen ist; ferner werden die Umstellungskosten mit einem Teil des Aufwandes der Verkabelung der Postleitungen belastet.

Mit der Verkabelung allein sind die Schutzmaßnahmen für die Schwachstromleitungen noch nicht erschöpft; auch die Kabel unterliegen noch den Störwirkungen der Fahrleitungen, namentlich bei den im Betrieb nicht zu vermeidenden Kurzschlüssen. Da die Schwachstromtechnik seit langem die Erde als Leiter benützt, andererseits aber auch bei den elektrischen Bahnen der Rückstrom nur zu einem Teile in den Fahrleitungen, zum größeren Teile durch die Erde geleitet wird, ist eine Änderung der Schwachstrom-Schaltanordnung unvermeidbar. Diese Änderung besteht im Fernsprechwesen im wesentlichen im Übergang von der Gleichstromschaltung zur Wechselstromschaltung. Damit besteht die Möglichkeit, die Einrichtungen der Ämter durch Transformatoren (Übertrager) gegen die größten Störwirkungen abzuschirmen. Auch im Fernschreibebetrieb (Morse-, Hughes- und Schnelltelegraphenbetrieb) muß auf die Einfachleitung unter Benützung der Erde als Rückleitung verzichtet und zum Doppelleitungsbetrieb übergegangen werden. Dabei müssen jene Teile, die im Betriebe berührt werden, gegen die hohen, durch den elektrischen Bahnbetrieb entstehenden Induktionsspannungen besonders geschützt werden.

Da die letzteren mit zunehmender Entfernung von den elektrisch betriebenen Bahnstrecken kleiner werden, ist es naheliegend, die Kabel abseits der Bahnliesen zu verlegen. Dies läßt sich zwar für die Postleitungen, nicht aber für die Bahn-Fernmeldeleitungen durchführen. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden auf den Strecken München—Garmisch, Tutzing—Kochel, München—Herrsching und München—Regensburg die Leitungen der Post und Reichsbahn in ein gemeinschaftliches Kabel zusammengefaßt. Da hierbei nur ein Kabelgraben benötigt wird, sind die erzielten Einsparungen nicht unerheblich, wenn auch zuzugeben ist, daß die Gefährdung der Postleitungen und der Einrichtungen der zugehörigen Ämter durch die große Nähe der Fahrleitungen eine größere ist als bei Verlegung der öffentlichen Verkehrsleitungen abseits der Bahnstrecken. Da die Reichweite der Störwirkung nicht gering ist, mußten die Schwachstromleitungen auch auf noch nicht elektrisierten Strecken einige Stationen weit verkabelt werden, so z. B. von Pasing nach Aubing und Lochhausen und von München nach Allach. Die Bauart der Kabel mit 0,9 mm und 1,4 mm starken Leitern zeigt Textabb. 19. Die Adern sind viererseilt, größtenteils pupinisiert und zwar Stämme und Vierer. Zur Vermeidung von Geräuschen, die durch Einwirkung von höheren Harmonischen des Bahnstromes entstehen, sind die Erdkapazitäten der Adern mittels Zusatzkondensatoren aus-

*) Siehe Organ 1923, Heft 11 und 12, Seite 243.

geglichen. Textabb. 20 zeigt die grundsätzliche Anordnung der Pupinspulen und des Ausgleiches an dem Kabel der Strecke München—Herrsching. Der Abgleich ist hier nicht wie auf der Garmischer Liniengruppe in besonderen Abgleichkästen, sondern in Kondensatormuffen eingebaut. Entsprechend den derzeitigen und zu erwartenden Verkehrsbedürfnissen sind die Aderzahlen der Kabel abgestuft. So hat das Kabel von

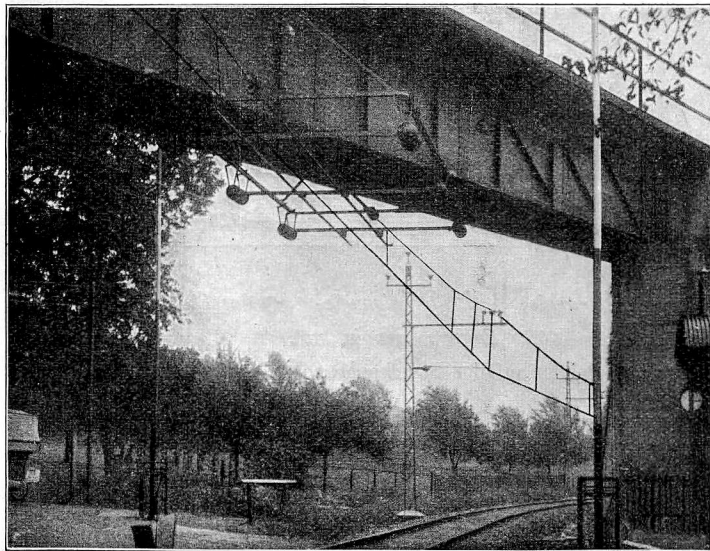


Abb. 18. Fahrdrähtanordnung unter schwerem Überbau und gleichzeitiger Straßens Kreuzung.

München Hbf. nach Laim 186 nur dem Eisenbahnverkehre dienende Aderpaare, seine Fortsetzung nach Pasing 118 Aderpaare. Die Fortsetzung nach Tutzing zählt 64 Doppeladern, wovon die Hälfte dem Betriebe der Postverwaltung dient; der Ast Tutzing—Kochel hat 34, jener von Tutzing nach Garmisch 44 Aderpaare (häufig zur Verfügung der Post und der Reichsbahn).

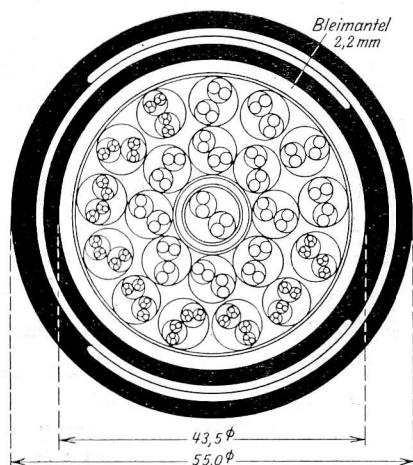


Abb. 19. Querschnitt eines Schwachstromkabels Tutzing—Kochel.

KBA $\left\{ \begin{array}{l} \text{KB } 2 \times 1,4 \text{ (4) C } 20 \\ 24 \times 1,4 \text{ (3) C } 20 \text{ bes. Konstr.} \\ 36 \times 0,9 \text{ (8) C } 20 \end{array} \right.$

Im allgemeinen ist es gelungen, den Betrieb der bahneigenen Fernmeldeleitungen und der öffentlichen Verkehrsleitungen der Reichspostverwaltung ohne wesentliche Störungen umzustellen. Auch die beim Selbstwähleramt Weilheim der Reichspost, dem ersten Gruppenwähleramt der Welt, an welches Teilnehmer bis im Umkreise von 2500 qkm angeschlossen sind, anfänglich aufgetretenen Schwierigkeiten konnten dank der

unerschütterlichen Tatkraft der Schwachstromtechniker des Reichspostministeriums, Abteilung München, überwunden werden.

7. Die elektrischen Triebfahrzeuge.

Im Schrifttume*) sind die Bauarten der von der Gruppenverwaltung Bayern vergebenen elektrischen Lokomotiven für die neu auf den elektrischen Betrieb umgestellten Strecken wiederholt beschrieben worden. Aus folgender Übersicht 4 ist zu entnehmen, daß Ende 1925 im ganzen 60 Stück von den bestellten fünf Bauarten von Lokomotiven angeliefert waren. Taf. 28 gibt einen Überblick über die grundsätzliche Bauanordnung dieser Lokomotiven, von denen drei Bauarten, nämlich die 1 C 1, 2 B-B 2 und 1 B-B 1 im Jahre 1925 eine Gesamtleistung von rund 2,77 Millionen km zurücklegten. Die Monatsleistung stieg von Januar bis Dezember 1925 von 51 600 auf 373 900 km.

8. Schuppen und Werkstätten für die elektrischen Triebfahrzeuge.

Da die vorhandenen, auf den Dampftrieb zugeschnittenen, teilweise veralteten Schuppen und Werkstätten für die Hinterstellung und Unterhaltung der elektrischen Triebfahrzeuge ungeeignet waren, mußten neue Einrichtungen hierfür geschaffen werden. Ein alter Ringschuppen für Dampflokomotiven beim Betriebswerk I München wurde beseitigt und der dadurch gewonnene Platz für die Erbauung eines neuzeitlichen, 7600 m² umfassenden Schuppens für elektrische Lokomotiven ausgenutzt. Sein Grundriß ist so angeordnet, daß er auf der einen Seite von der Gleisanlage, auf der anderen Seite von einer Schiebebühne mit 20 m Nutzlänge und 300 t Tragfähigkeit bestrichen wird; er hat 88,4 m Länge und 63,8 m Breite. In denselben führen auf der Ostseite mit einem gegenseitigen Abstand von 5,5 m elf Gleise, von denen acht mit je vier Arbeitsgruben und mit Fahrdräht ausgerüstet sind, der ständig unter Spannung steht. Drei Gleise, ebenfalls mit je vier Arbeitsgruben, sind nicht mit Fahrleitung bespannt und dienen dazu, neben kleinen Ausbesserungen auch Arbeiten auf dem Dache der Lokomotiven ausführen zu können. Der Schuppen enthält 40 Stände, ferner zwölf zur Instandsetzung; eine kleine, im Schuppen untergebrachte Werkstätte ermöglicht, die leichteren Ausbesserungsarbeiten anlässlich der kurzfristigen Überholungen durchzuführen. Da die Ausnutzung der elektrischen Lokomotiven eine wesentlich größeré ist als jene der Dampflokomotiven — namentlich wegen des Entfalles der Bekohlung, des Wasserfassens usw. — ist die benötigte Zahl der Hinterstellungsstände beim elektrischen Betrieb erheblich geringer als beim Dampftrieb. Die Schuppen für die neue Betriebsform werden daher wesentlich kleiner als jene beim Dampftrieb.

Zur Vornahme der größeren Instandsetzungsarbeiten wurde ein besonderes Nebenbetriebswerk errichtet, das bis zur Erbauung einer eigenen Hauptwerkstätte für elektrische Lokomotiven auch deren Aufgabe zu übernehmen hat. Dieses an der Landsbergerstraße in München errichtete Nebenbetriebswerk umfaßt, abgesehen von den Nebengebäuden, im ganzen 9200 m² Grundfläche. Die Grundrißbildung des Werkes war beeinflusst von dem verfügbaren Platze. In der Mitte des 216 m langen und rund 40 m breiten Werkes befindet sich die Hilfswerkstätte mit den erforderlichen Werkzeugmaschinen. Beiderseits dieses Teiles liegen je zwei vollständig gleichartig ausgebildete Kranfelder; das eine wird bestrichen von einem 20/5 t-, das andere von einem 5 t-Laufkran. An die Kranhallen schließt sich beiderseits je ein Schiebebühnenfeld mit einer Bühne von 20 m Nutzlänge und 220 t Tragfähigkeit an, ausgestattet mit einem 5 t-Drehkran, der ermöglicht, die Schiebebühnengrube zum Abstellen von Aufbauten usw. zu verwenden. Auf das Schiebe-

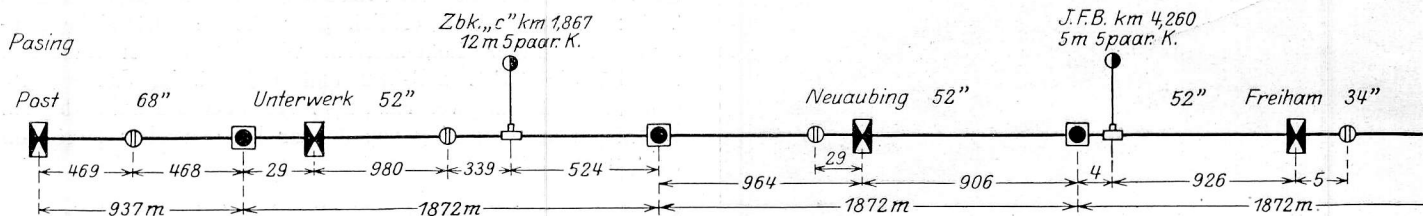
*) Organ 1924, Heft 9/10, S. 177; 1926, Heft 6, S. 109 bis 120. — Wechmann: „Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn“, S. 182 bis 230.

bühnenfeld folgt beiderseits je eine mit Rädersenke versehene Aufbauhalle. Im ganzen sind 24 Lokomotivstände vorhanden.

9. Die elektrische Zugheizung.

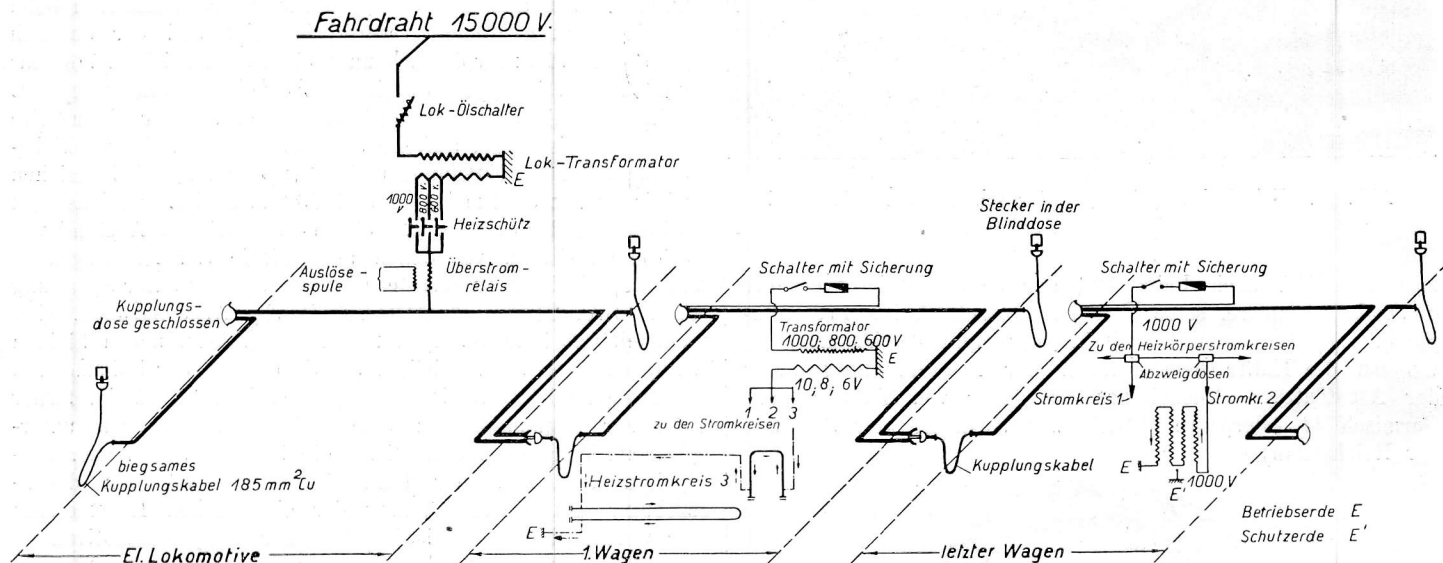
Die wesentlichen Grundlagen für die Ausbildung der elektrischen Zugheizung sind durch Beschlüsse des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen festgelegt. Die Wagen werden hiernach mit einer durchgehenden Heizleitung ausgerüstet; die höchste vom Lokomotiv-Transformator abgegebene Heizspannung ist

1,0 kV bei 15 kV Fahrdrabtspannung; hierbei soll von der Lokomotive aus eine Regelung der Heizspannung in drei Stufen, nämlich 1000, 800 und 600 Volt entsprechend einer Heizwirkung von 100, 64 und 36 v. H. erfolgen. Die allgemeine Anordnung der elektrischen Heizanlage zeigt Textabb. 21. An beiden Stirnseiten der Lokomotiven und Wagen ist je eine Kupplungsdose und ein Kupplungskabel angebracht; letzteres trägt an seinem freien Ende einen Stecker. Die Dose befindet sich immer unterhalb des Puffers mit gewölbter Scheibe,



Zeichenerklärung: Einführung (Endverschluß), Pupinspule; Kondensatormuffe; Abzweigmuffe; Anschlußstelle (J.F.B.); " = Aderpaare; — Hauptkabel; — Anschlußkabel; 905 = Entfernungen in „m“.

Abb. 20. Grundsätzliche Anordnung der Pupinspulen und des Abgleichs auf der Strecke München—Herrsching.



Verbundheizung. Hochspannungsheizung.
Abb. 21. Schaltbild eines Zuges mit elektrischer Heizung.

Übersicht 4.
Triebfahrzeuge.

Achsanordnung	Bestimmt für	Höchstgeschwindigkeit km/h	Größtes Zuggewicht t	Dienstgewicht t	Dauerleistung der Triebmaschinen PS	Ende 1925 angelieferte Stück	Gesamte bestellte Stückzahl	Lieferer des elektrischen Wagen-Teiles	
1 C 1	Leichte Personenzüge	75	300	85,0	1000	19	29	BBC	Maffei
2 B B 2	Schwere Personenzüge	90	500	143	1960	24	35	{ AEG SSW	"
1 Do 1	Schnellzüge	110	600	109	2000	—	10	BBC	Kraufs
1 B — B 1	Leichte Güterzüge	65	850	114	1920	17	31	{ BEW MSW	"
C — C	Schwere Güterzüge	55	1200	124	1960	—	20	{ AEG SSW	"
Triebwagen	Vorortverkehr	75	100	56	Zusammen:	60	125	BBC	Fuchs Mannheim
						500	10*)		
					Insgesamt:	60	135		

*) Hiervon vier mit aus Dampftriebwagen umgebautem Wagenteil.

das Kupplungskabel ist unterhalb des Puffers mit flacher Scheibe befestigt. Der nicht gekuppelte Stecker wird in einer Blinddose eingehängt und verriegelt (Textabb. 22). An eine der beiden Kupplungsdosen ist die Heizanlage des Wagens mit einer über Sicherung und Schalter führenden Abzweigleitung angeschlossen.

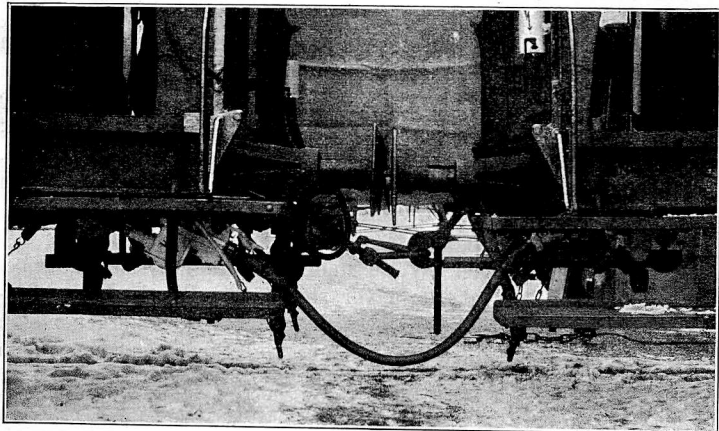


Abb. 22. Elektrische Heizkupplung (Seitenansicht).

Die Heizkörper sind entweder als Niederspannungsheizkörper oder als Hochspannungsheizkörper ausgebildet. Bei der erstgenannten Bauart sind die vorhandenen Dampfheizrohre als Heizkörper benützt; die Heizspannung in solchen Wagen beträgt 10 bzw. 8 oder 6 Volt. Ein Transformator am Untergestell des Wagens aufgehängt, setzt die von der Lokomotive abgegebene Heizspannungen auf 10 bzw. 8 oder 6 Volt herab. Die Leistung

Leitungen der Schutzerde für das Gehäuse der Heizkörper (4 mm² Cu) nicht geschützt sind. Die Heizkörper sind in der Regel unter den Sitzbänken angebracht. Eine Regelung der Heizung im Wageninnern ist nicht vorgesehen. Die Heizleistung wird vom Lokomotivführer geregelt.

Für die Bedienung der Heizkupplung, deren wichtigste Maße vereinheitlicht wurden, sind besondere Vorschriften erlassen, da bei der hohen Betriebsspannung ein Berühren spannungsführender Teile lebensgefährlich ist. Die Kupplung darf nur betätigt werden, wenn die durchgehende Heizleistung vorher spannungslos gemacht worden ist; das gleiche gilt auch für das Öffnen des Sicherungskastens; andererseits darf der Lokomotivführer erst die Heizung einschalten, wenn die Kupplung der Heizleitung sämtlicher Wagen durchgeführt ist.

10. Die Anpassung des Fahrplanes an die neue Betriebsform.

Würde sich die Bahnverwaltung damit begnügt haben, die Dampfkraft durch die elektrische Lokomotive zu ersetzen, so wäre die Enttäuschung über die neue Betriebsform nicht nur in fachtechnischen Kreisen, sondern auch in der Öffentlichkeit eine allgemeine gewesen. Eine so grundlegende Änderung der Betriebsweise wie die Umstellung auf den elektrischen Betrieb verlangt auch nach einer sichtbaren Auswertung derselben auf den öffentlichen Verkehr. Es ist das Verdienst des Präsidenten der Reichsbahndirektion München, Geheimen Rates v. Völcker, dieses Ziel klar erkannt und mit großer Tatkraft durchgesetzt zu haben. Zunächst kam hierfür mit Beginn des Sommerfahrplanes 1925 nur die in ihrer ganzen Länge fertiggestellte Strecke München—Garmisch mit Tutzing—Kochel in Frage.

In erster Linie liefs sich eine wesentliche Kürzung der Fahrzeiten aus dem Grunde erreichen, weil die elektrischen Lokomotiven in der Lage sind, die Züge rascher zu beschleunigen

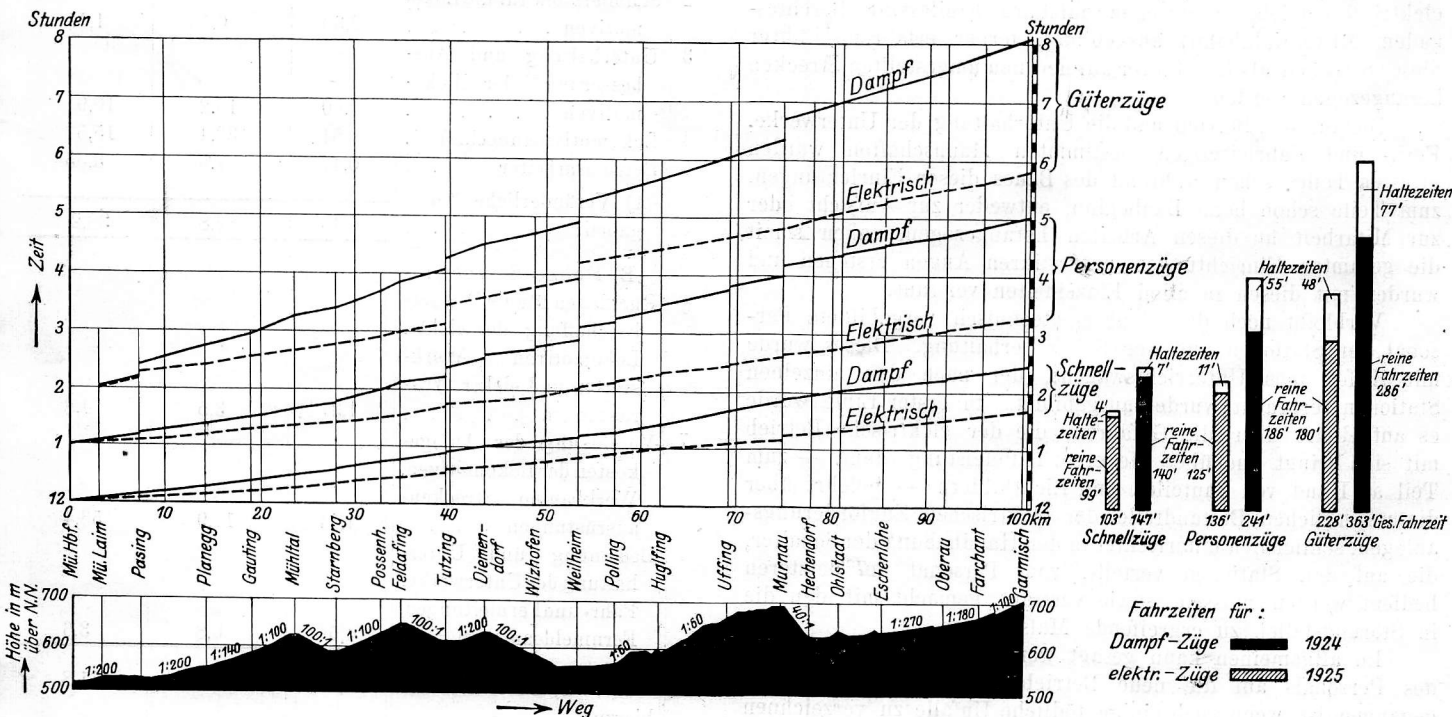


Abb. 23. Vergleich der Fahrzeiten bei Dampf- und elektrischem Betrieb der Strecke München—Garmisch.

des Transformators beträgt für einen dreiachsigen Wagen rund 20 kVA (Wagen 1 der Textabb. 21). Bei den Wagen mit Hochspannungsheizkörpern werden die Heizkörper mit der einen Klemme an die Spannung der durchgehenden Heizleitung (1,0; 0,8 bzw. 0,6 kV) gelegt, mit den anderen Klemme an die Längsträger (Erde) des Wagens angeschlossen; diese Leitung (Betriebserde, 10 mm² Cu) ist isoliert verlegt, während die

und die Bergstrecken fast ebenso schnell zu befahren wie die Talstrecken. Textabb. 23 zeigt die Auswirkung dieser Eigenschaften auf die Fahrzeiten gegenüber dem vorher in Kraft gewesenen Fahrplan beim Dampfbetrieb. Die Reisezeit München—Garmisch liefs sich bei den Schnellzügen um 39%, bei den Personenzügen um 47% herabdrücken. Ein noch weiter gestecktes Ziel war die Neuordnung des Zugverkehrs

durch den staffelförmigen Aufbau des letzteren. Denn der bisherige Fahrplan berücksichtigte nur zum geringen Teile die an einzelnen Punkten der Strecke anfallende Verkehrsgröße; die Folge hiervon war das unnütze Mitführen von leeren Wagen auf langen Strecken, z. B. von Starnberg bis Garmisch bzw. Kochel und zurück, sowie die Verlängerung der Aufenthalte bei den Fernzügen. Die Abstufung des Verkehrs nach Staffeln brachte eine Verkleinerung der Zugeinheit, eine Verkürzung der Reisezeit und eine Vermehrung der Fahrgelegenheit, ohne daß eine Erhöhung der Gesamtbetriebskosten eintrat.

11. Die Ausbildung des Personals für die neue Betriebsform.

Die Beibehaltung vorhandenen Personals für den Betriebsmaschinendienst, für die Unterhaltung der elektrischen Lokomotiven, für Betrieb und Unterhaltung der Unterwerke, Fern- und Fahrleitungen war oberster Grundsatz. Da die Betriebssicherheit wesentlich abhängig ist von dem Verständnis, mit welchem an die neuen Aufgaben herangetreten wird, mußte der Ausbildung geeigneter Kräfte besonderes Augenmerk zugewendet werden.

Der Unterricht im Aufbau und in der Unterhaltung der elektrischen Lokomotiven wurde erleichtert durch den Entschluß, das unter Abschnitt 8 erwähnte Nebenbetriebswerk an der Landsbergerstraße in München so rechtzeitig zu erstellen, daß der Aufbau des elektrischen Teiles der neuen Lokomotiven durch die elektrotechnischen Bauanstalten im wesentlichen in diesem Werke vor sich gehen konnte. Gruppen von Lokomotivführern und Arbeitern wurden in mehrwöchentlichen, durch Vorträge und Anschauungsunterricht ergänzten Kursen mit den Einzelteilen der elektrischen Lokomotiven, des Zusammenbaues und ihrer Wirkungsweise vertraut gemacht. Im Betriebsmaschinendienst konnten die Lokomotivführer auf den älteren, elektrisch betriebenen Strecken (Salzburg Freilassing-Berchtesgaden, Mittenwaldbahn) ausgebildet, ferner erfahrene Führer dieser Strecken als Lehrführer auf den neu umgestellten Strecken herangezogen werden.

Die für den Betrieb und die Unterhaltung der Unterwerke, Fern- und Fahrleitungen bestimmten Mannschaften wurden größten Teiles schon während des Baues dieser Einrichtungen, zum Teile schon beim Baubeginn, entweder zur Aufsicht oder zur Mitarbeit an diesen Arbeiten herangezogen, sahen somit die gesamten Einrichtungen unter ihren Augen entstehen und wurden mit diesen in allen Einzelheiten vertraut.

Verbleibt noch das nicht fachtechnisch vorgebildete Personal der Stationen und der Bahnunterhaltung. Dieses wurde mit Hilfe eines Unterrichtswagens, der nach den einzelnen Stationen verbracht wurde, ausgebildet. In erster Linie wurde es aufgeklärt über die Gefahren, die der elektrische Betrieb mit sich bringt und über die erste Hilfeleistung, dann — zum Teil an Hand von Bauteilen und Lichtbildern — belehrt über die wesentlichen Bestandteile der elektrischen Zugförderungsanlagen, schließlic unterrichtet in der Handhabung der Schalter, die auf den Stationen verteilt, vom Personal der letzteren bedient werden müssen, sowie vertraut gemacht mit den die in Störungsfällen zu ergreifende Maßnahmen.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß die Umstellung des Personals auf die neue Betriebsweise glatt von statten gegangen ist, wenn auch einige tödliche Unfälle zu verzeichnen waren.

12. Schlufswort.

Die geschilderten Arbeiten erforderten einen ganz erheblichen Aufwand an Mitteln; wohl den größten, der für die in Betracht kommenden Strecken jemals aufgewendet wurde. Einschließlic der Kosten der Bahnstrom-Fernleitungen, Unterwerke und Speiseleitungen kann für je km eingleisige Strecke ein Aufwand von rund 40 000 \mathcal{M} für die Umstellung der Betriebsform ohne Berücksichtigung der Zugkraft, Zugheizung,

Werkstätte- und Schuppenanlagen gerechnet werden. Die Fahrleitung allein erfordert ohne die Bahnhöfe etwa 12 bis 13 000 \mathcal{M} je km Einfachgleis; die Ausrüstung der Bahnhöfe etwa 30 v. H. mehr je km Gleis. Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit*) eines solchen Aufwandes drängt sich daher in erster Linie auf. Dies führt zu einem Vergleich*) der Betriebskosten beim Dampf und beim elektrischen Betrieb. Da die festen Kosten infolge des großen Bauaufwandes erheblich steigen, müssen, wenn eine Wirtschaftlichkeit gegeben sein soll, die veränderlichen Kosten beim elektrischen Betriebe wesentlich geringer sein als beim Dampftrieb; der Umwälzung in der Betriebsform muß also auch eine Umstellung in der Finanzwirtschaft entsprechen; diese Verschiebung besteht darin, daß sich veränderliche Kosten, die beim Dampftrieb angefallen sind, in feste Kosten beim elektrischen Betriebe verwandeln.

Die Betriebsergebnisse des Jahres 1925 lassen bereits erkennen, in welcher Weise und Höhe die Verschiebung bei den einzelnen Ausgabetiteln vor sich geht. Werden diese Ausgaben beim Dampftrieb jeweils = 1 gesetzt, so ergeben sich folgende Umstellungsfaktoren für die Einzelausgaben beim elektrischen Betrieb:

Übersicht 5.

O.-Z.	Ausgaben für	Umstellungsfaktor	Vom Hundertsatz der Gesamtkosten beim	
			Dampfbetr.	elektr. Betr.
	Spalte:	1	2	1 × 2
	A) Veränderliche Kosten:			
1	Zugförderungsarbeit	0,27	26,2	7,1
2	Schmierstoffe für die Lokomotiven	2,30	0,5	1,15
3	Unterhaltung und Ausbesserung der Lokomotiven	0,60	18,2	10,9
4	Lokomotivmannschaft	0,51	30,4	15,5
5	Betriebsarbeiter	0,47	7,5	3,55
	A) Veränderliche Ausgaben:	0,46	82,8	38,2
	B) Feste Kosten:			
6	Rücklagen für die Wiederbeschaffung der elektr. Lokomotiven, Werkstätten und elektr. Ausrüstungen	1,37	3,5	4,8
7	Verzinsung der Anlagekosten der Lokomotiven, Werkbauten, Streckenausrüstungen	4,14	12,9	53,4
8	Bedienung und Unterhaltung der Unterwerke, Fahr- und Fernleitungen, Fernmeldeanlagen	4,5	0,8	3,6
	B) Feste Kosten: hierzu:	3,6	17,2	61,8
	A) Veränderliche Kosten:	0,46	82,8	38,2
			100	100

Die Übersicht zeigt, daß die festen Kosten etwa auf das 3,6 fache jener beim Dampftrieb ansteigen, die veränderlichen Kosten sinken etwa auf die Hälfte (0,46). Bei Beurteilung der Ziffern der Übersicht ist zu beachten, daß es sich um das

*) Organ 1924, Heft 9/10, Seite 237.

erste Betriebsjahr handelt, die Kosten der Unterhaltung der elektrischen Lokomotiven und der neuen elektrischen Ausrüstungen also verhältnismäßig gering sind. Deutlich erhellt jedoch der geringere Aufwand für die Zugförderungsarbeit wegen des Entfalles der Kohlen- und Wasserkosten, ferner der geringere Bedarf an Personal wegen der Entbehrlichkeit der Heizer und der günstigeren Ausnutzung der elektrischen Lokomotiven. Die Kosten der Zugförderungsarbeit bestehen beim elektrischen Betrieb lediglich aus der für die Stromlieferung an das Bayernwerk, als Betriebsführerin der Großwasserkräfte zu leistenden Vergütung (1,73 Pf./kWh); die Grundlage für letztere bilden die monatlichen Ablesungen der Bahnstrom-Maschinen-Zähler in den Wasserkraften. Textabb. 24 zeigt den Verlauf des Stromverbrauches in den einzelnen Monaten des Jahres 1925 und die zugehörige Zugförderungsleistung in

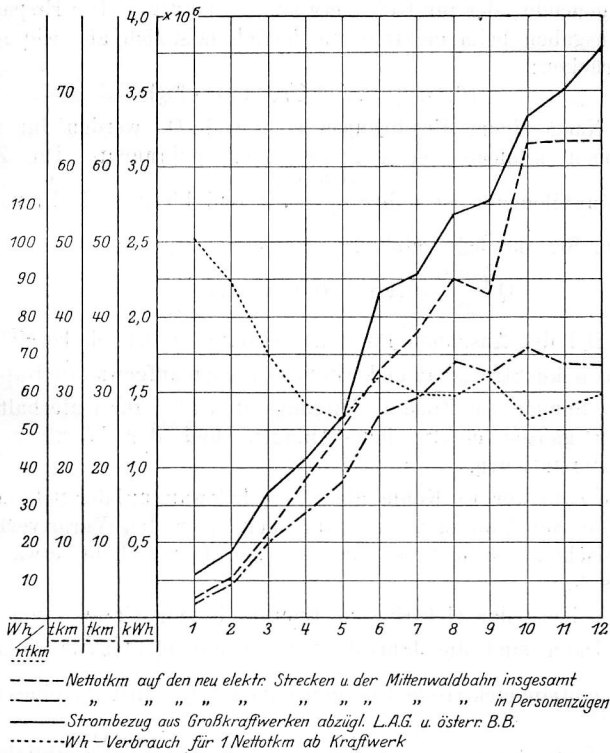


Abb. 24. Arbeitsverbrauch für elektrische Zugförderung 1925.

Netto-tkm. Wegen der schrittweisen Umstellung sowohl der einzelnen Strecken als auch der einzelnen Zugsgattungen auf den elektrischen Betrieb ist der Arbeitsverbrauch je Netto-tkm noch verhältnismäßig schwankend. Das Ansteigen der Linie in den Monaten Oktober bis Dezember 1925 ist auf den Ein-

fluß der elektrischen Zugheizung zurückzuführen, die je nach der eingeschalteten Heizstufe auf etwa 8 bis 12 Wh je gefahrenen Personenwagen-Netto-tkm anzuschlagen ist. Der Arbeitsverbrauch der Züge schwankt je nach der Ausnutzung der Zugkraft, den Streckenverhältnissen und der Geschwindigkeit der Züge; er kann im Durchschnitt zu 26 bis 28 Wh/Brutto-tkm ab Kraftwerk angesetzt werden. Diese Verbrauchsziffer wird jedoch mit Umstellung von Strecken, welche mit schweren Güterzügen belegt sind, voraussichtlich noch weiter sinken. Bei den festen Kosten ist die Verzinsung der Anlagekosten für Dampftrieb zu 7% angenommen; für den elektrischen Betrieb ist ein Zinssatz von 11,8% zugrunde gelegt, der sich aus der vergleichenden Wirtschaftsrechnung ergibt, wenn die neue Betriebsform nicht teurer kommen soll als die bisherige.

Diese Wirtschaftsergebnisse des ersten Betriebsjahres können aber aus dem Grunde nicht zu allgemeinen Eolgerungen über die Verwertung der Wasserkräfte für den elektrischen Zugbetrieb herangezogen werden, weil sie sich auf Strecken beziehen, deren Verkehrsgröße eine verhältnismäßig kleine ist. Die Strecken Regensburg—München, Kufstein—München, Salzburg—Rosenheim, München—Augsburg—Ulm, werden eine erhebliche günstigere Ausnutzung der neu geschaffenen Anlagen bringen als die 1925 umgestellten Linien. Die manchmal geäußerte Ansicht, daß die Umstellung der Betriebsform in erster Linie nicht auf Wasserkraft, sondern auf Kohlenfeldern aufzubauen wäre, weil der Ausbau der Wasserkräfte, wenn auch volkswirtschaftlich wegen der Schonung der Kohlenfelder zu begrüßen, finanzwirtschaftlich aber wegen der hohen Aufwendungen für den Ausbau dieser Kräfte nicht zu empfehlen ist, trifft für die bisher ausgebauten bayerischen Großwasserkräfte nicht zu; denn der Aufwand für ein ausgebautes PS zur Bahnstromerzeugung beträgt bei diesen Kräften rund 260 M, ein Betrag, welcher auch für Wärmekraftwerke nicht unterschritten wird. Die Ausbildung der Kraftwerke als Stromerzeugungsanlagen gleichzeitig für Drehstrom und Bahnstrom — wie beim Walchenseewerk und bei der Mittleren Isar geschehen — wirkt sich eben nicht bloß in einer günstigeren Ausnutzung der Wasserführung als bei Errichtung besonderer Bahnstromwerke aus, sondern verteilt die Baukosten der Wassergewinnungsanlagen auf zwei tragfähige Verbraucher. Volkswirtschaftlich und finanzwirtschaftlich fehlerhaft wäre es dagegen, einmal geschaffene Anlagen nicht auszunutzen. Deshalb müssen in den nächsten Jahren entsprechend dem seiner Zeit aufgestellten Bauplane weitere Eisenbahnstrecken in Bayern auf die elektrische Betriebsform umgestellt werden, wenn die ausgebauten Kräfte ausgenutzt werden sollen; denn die bis jetzt umgestellten und in Umstellung begriffenen Strecken werden nur zu etwa $\frac{1}{3}$ die für die Bahnstromerzeugung verfügbaren Kräfte in Anspruch nehmen.

Einiges über die elektrischen Bahnen Amerikas im Jahre 1925.

Gegenwärtig sind in Amerika 582 elektrische Lokomotiven auf 4800 km mit elektrischer Streckenausüstung versehenen Bahnstrecken in Verwendung. Dazu kommen 8791 Motorwagen mit Vielfach-Einheits-Steuerung.

Für die Bergwerks-Gesellschaft von El Potosi wurden fünf Gleichstrom-Lokomotiven von je 25 t, 600 V geliefert, die mit Rücksicht auf den Umstand, daß sie für Schmalspur 762 mm bestimmt sind, besonders entworfen werden mußten. Die Fahrgestelle sind mit vier Antriebsmotoren ausgerüstet.

Eine ölelektrische Lokomotive von 60 t wurde auf mehreren Bahnlinien versucht und von sechs Bahnverwaltungen bestellt. Die Antriebseinrichtung besteht aus einer 300 PS-Ölmaschine, unmittelbar gekuppelt mit einem Gleichstrom-Stromerzeuger, der wieder vier Motoren speist, die auf die Treibräder durch Zahnräder wirken. Diese Lokomotiven sind in erster Linie für den Verschiebedienst bestimmt; sie eignen sich aber auch für den Güterverkehr auf Zweigstrecken, die wenig befahren werden. Die laufenden Betriebskosten werden

durch den Wegfall der Stillstandsverluste und durch die geringeren Brennstoffkosten wesentlich herabgesetzt.

Der gasolinelektrische Motorwagen ist für Zweigstrecken besonders geeignet. Die Betriebsaufzeichnungen ergeben rund 1 M oder weniger je Zug-km, gegenüber 2,60 bis 4,60 M je Zug-km beim Dampftrieb. Es sind gegenwärtig mehr als 50 solche Motorwagen eingestellt. Sie wiegen 35 t und besitzen eine 175 PS-Gasolinmaschine. Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit liegt zwischen 40 und 56 km/h, die Höchstgeschwindigkeit zwischen 80 und 96 km/h. Wenn erforderlich, werden die Motorwagen mit Anhänger geführt.

Die Canadian National Railway hat 7 Motorwagen von je 18,3 m Länge eingestellt, die je eine 185 PS Ölmaschine enthalten, unmittelbar gekuppelt mit einem Gleichstrom-Stromerzeuger von 600 V Betriebsspannung. Einer dieser Wagen hat letzthin die Strecke Montreal—Vancouver in drei Tagen zurückgelegt, ohne jede Unterbrechung. Die ganze Strecke hat 4700 km, die Fahrtdauer betrug 67 Stunden, entsprechend einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 69,6 km/h. Sch-a.

Zur Einrichtung des elektrischen Betriebs auf der Paris—Orléans-Bahn*).

Von Dipl.-Ing. E. Th. Homolatsch.

Die Paris—Orléans-Bahn (P. O.) begann bereits im Jahre 1900 eine Strecke innerhalb Paris (Quai d'Orsay—Gare d'Austerlitz) elektrisch zu betreiben und dehnte diesen Betrieb im Jahre 1904 bis Juvisy aus. Es wurde damals 600 Volt Gleichstrom gewählt und bis heute beibehalten. Bisher versahen 18 Lokomotiven von 1000 bis 2000 PS und 7 Triebwagen von 700 PS den Dienst auf dieser 23 km langen Linie bei einem Verkehr von über 10 Millionen tkm je km doppelgleisiger Strecke. Die Jahreskilometerzahl betrug hierbei für die Triebwagen 75000 km. Bereits im Jahre 1910 erwog man die Umstellung weiterer Strecken auf elektrischen Betrieb, doch konnte bei den damaligen Kohlenpreisen eine befriedigende Wirtschaftlichkeit nicht erwiesen werden. Erst die im Kriege auftretende Kohlennot veranlasste zur Wiederaufnahme der Studien, insbesondere der Energieversorgung aus Wasserkraftwerken im »Massif Central« (franz. Mittelgebirge). Schliesslich wurde 1919 ein Entwurf grossen Stils vorgelegt, der ausser der Elektrisierung der wichtigsten Linien der P. O. auch die Ausbeutung der Wasserkräfte im Mittelgebirge und die Übertragung elektrischer Energie auf grosse Entfernungen ins Auge fasste.

Wirtschaftliches. Von dem richtigen Standpunkt ausgehend, dass die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes nur in geringem Masse davon abhängt, wo die elektrische Kraftquelle liegt, dass dagegen im Interesse der Wirtschaftlichkeit eines ganzen Bahnnetzes auf den Linien mit der Elektrisierung zu beginnen ist, die den grössten Kohlenverbrauch je km Strecke haben und von den Kohlenfelder weit entfernt liegen, ging man daran, ausgedehnte Berechnungen aufzustellen.

An erster Stelle steht die Strecke Paris—Orléans, sodann folgt Paris—Toulouse (im Süden).

Setzt man in erster Annäherung die Betriebsausgaben $d = a + bT$, einem gleichbleibenden und einem mit dem Verkehre T wachsenden Gliede gleich, so kommt man den Angaben der Statistiken schon recht nahe. Hat eine Strecke viele Steigungen, so ist ein Berichtigungsfaktor einzusetzen, der von verschiedenen Autoren berechnet, im allgemeinen eine hyperbelähnliche Funktion der Durchschnittssteigung ist und in den Angaben der Quelle zu $K = \frac{52,5(1 + 0,04 i)}{60 - i}$ angenommen ist, wobei i die Durchschnittssteigung in $\frac{\%}{100}$ bedeutet. 60 ist hierbei die Höchstgrenze der Steigung für den Dampfbetrieb; für den elektrischen Betrieb kann sie zu $140 \frac{\%}{100}$ eingesetzt werden, woraus der Berichtigungsfaktor für den elektrischen Betrieb gleich $K = \frac{52,5(1 + 0,04 i)}{140 - i}$ wird.

Man kommt so zu dem Ergebnis, dass oberhalb einer gewissen Verkehrsstärke und über eine gewisse Steigung die elektrische Zugförderung der Dampfförderung überlegen ist.

Für den Dampfbetrieb kommen in Frage: die Ausgaben für Kohle und die Ausgaben für die Führung, Unterhaltung und Ausbesserung der Lokomotiven; für den elektrischen Betrieb dagegen: die Kosten der elektrischen Energie, die Ausgaben für die Führung usw., die Zinsen und Tilgungsraten für elektrische Zentralen, Leitungen, Unterstationen und Fahrleitungen.

Vom Ansatz des Lokomotivparkes kann abgesehen werden, da die bisherigen Erfahrungen lehrten, dass die Anschaffungskosten der weniger zahlreichen aber teureren elektrischen Lokomotiven, den Kosten der zahlreicheren, aber billigeren Dampflokomotiven nahezu gleichkommen.

* Nach einem Aufsatz der Revue Générale des Chemins de fer, Nov. und Dez. 1925 und im Engineering 1926.

Setzt man für die verbrauchte Kohlenmenge in t je km Strecke Q und für den Preis einer t Kohle frei Tender C , so sind die Brennstoffausgaben je km Strecke QC . Die Erfahrung der P. O. auf zwei gleichgestalteten, jedoch verschiedenartig betriebenen Linien haben gezeigt, dass die Ausgaben für die Führung, Unterhaltung usw. je km Strecke für den elektrischen Betrieb um 1 fr. (1920) (0,30 fr. vor dem Kriege) niedriger sind. — Nun macht die Wirtschaftlichkeitsrechnung der Quelle eine etwas gewagte Annahme bezüglich der Stabilisierung, indem der Frank in zwei Glieder zerlegt wird: $0,10 + 0,009 C$ was bei dem Kohlenpreise von rund 100 fr. 1 fr. ergibt. Für die Linien mit grösseren Steigungen wird nun für den Dampfbetrieb, wegen der schwierigeren Arbeitsverhältnisse eine Zuschlag von $e\%$ gemacht, der für $15 \frac{\%}{100}$ etwa $25 \frac{\%}{100}$ beträgt. Die Ersparnis an Ausgaben beim elektrischen Betrieb lässt sich also wie folgt ausdrücken:

$$(0,10 + 0,009 C) \cdot (1 + e\%)$$

Nach einem Erfahrungswert der P. O. werden für den Lokomotivkilometer etwa 28 kg Kohle gebraucht. Die Zahl der Zugkilometer ist daher $\frac{1000}{28} \cdot Q$ und hiermit die Ersparnis je km Strecke beim elektrischen Betrieb gleich:

$$Q \frac{1000}{28} (0,10 + 0,009 C) (1 + e\%)$$

Bei den Ausgaben für den elektrischen Betrieb bezeichne: P das je km Strecke an elektrischen Anlagen aufgewandte Kapital, r die Summe aus Zinsfuß, Tilgungsraten $1 \frac{\%}{100}$ für Unterhaltung der ganzen elektrischen Anlagen und der Wartung der Unterstationen,

l die Zahl der kg Kohle die einem Kilowatt an der Sekundärseite der Unterstation entsprechen, (für den Vorortverkehr zwischen 3,5 und 4, und für den Fernverkehr etwa 2,5 bis 3,5),

p den Preis der elektrischen Energie in der Unterstation.

Dann sind die Jahreskosten für die elektrische Anlage: $\frac{Pr}{100}$ und die elektrische Energiemenge zur Bewältigung eines dem

Dampfbetriebe gleichgestalteten Verkehrs: $\frac{1000 Q}{1}$; schliesslich

die Ausgaben für elektrische Arbeit: $\frac{1000 Qp}{1}$.

Unter diesen Bedingungen lässt sich die Bilanzformel wie folgt schreiben:

$$QC + \frac{1000}{28} Q (0,10 + 0,009 C) (1 + e\%) = \frac{1000 Qp}{1} + \frac{Pr}{100}$$

und durch Ableitung:

$$Q = \frac{\frac{Pr}{100}}{C [1 + 0,32 (1 + e\%)] + 3,57 (1 + e\%) - \frac{1000 p}{1}}$$

Für Flachbahnstrecken, wo $1 + e\% = 1$ wird, vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$Q = \frac{\frac{Pr}{100}}{1,32 C + 3,57 - \frac{1000 p}{1}}$$

Im folgenden sind für verschiedene Kohlenpreise die Werte dieser Formel, die Grenzwerte des Kohlenpreises je km Strecke, für die verschiedenen Linien ausgerechnet unter der Annahme, dass für

	flache Strecken	Gebirgsstrecken
l	3	3,3
p	0,10 fr.	0,09 fr.*)
r	8,5 ⁰ / ₀	8,5 ⁰ / ₀
e	—	25 ⁰ / ₀

angenommen werden kann.

Ferner wurde als Anlagekapital P je km Strecke
 800000 fr. für viergleisige,
 650000 fr. für dreigleisige,
 470000 fr. für doppelgleisige und
 250000 fr. für eingleisige Strecken der Rechnung zugrunde gelegt.

Die Ergebnisse der Formeln sind in Abb. 1 bildlich dargestellt. Die Beziehung der Verkehrsdichte in tkm zur Tonnenleistung je km Strecke stellt der Erfahrungswert der P. O. von 0,06 kg Kohlenverbrauch je tkm her. Alle diese Betrachtungen haben die französischen Wirtschaftsverhältnisse des Jahres 1920 zur Grundlage, gestatten aber immerhin sich ein Bild zu machen, wo der Mindestwert des Verkehrs in bezug

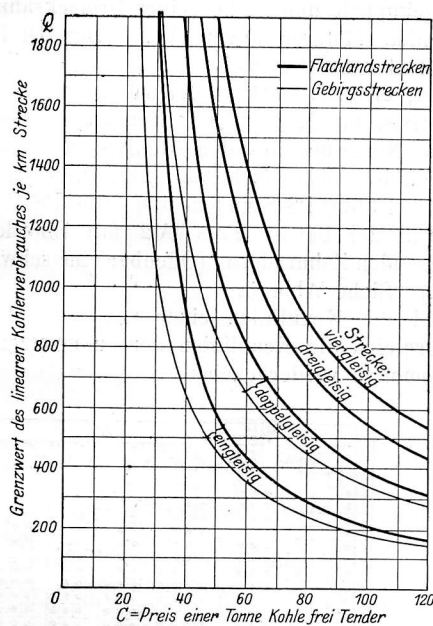


Abb. 1.

auf den Kohlenpreis liegt, von dem an sich der elektrische Betrieb billiger stellt als der Dampftrieb.

Erzeugung, Verteilung und Umformung der elektrischen Energie. Die elektrische Energie wird als 50periodiger Drehstrom in den Dampfkraftwerken der Pariser Umgebung, in Gennevilliers und Vitry; dem Wasserkraftwerk in Eguzon und den Wasserkraftwerken in der Haute Dordogne und zwar in Coindre, Vernéjoux und auf dem Chavanon erzeugt. Für die Großverteilung wurde für 60000 V Kabel, für 90000 und 150000 V (später 220000 V) Freileitung vorgesehen. Die Verteilungsleitungen zu den Unterstationen in der Umgebung von Paris werden mit 13500 V (Kabel) gespeist, alle anderen sind Freileitungen mit 90000 V. Der Drehstrom wird in den Unterstationen in Gleichstrom von 1500 V umgeformt. Jede Unterstation hat zwei oder drei Einankerumformer zu 2000 kW Dauerleistung 100% Überlastungsfähigkeit; ein Umformer davon dient als Reserve. Als Stromzuführung zu den Lokomotiven dient in der Nähe von Paris die seit 1900 bestehende dritte Schiene, auf den übrigen Strecken ein Doppelfahrdraht.

*) Etwas niedriger gehalten, da Gebirgsstrecken näher an den Wasserkraftwerken liegen.

Lokomotiven und Triebwagen. Für den Pariser Vorort- und Nahverkehr wurden 80 Triebwagen bestellt, aus denen 25 Züge zu je drei Triebwagen gebildet werden, doch sind diese Züge auch unterteilbar in Teile mit einem oder zwei Triebwagen, da Vielfachschtaltung vorgesehen ist. Diese Triebwagen wiegen etwa 63 t, sind vierachsrig und haben auf jeder Achse einen Motor von 250 PS Stundenleistung (200 PS Dauerleistung) in Straßenbahnaufhängung; der Triebwagen hat also 1000 bzw. 800 PS. Die Motoren sind für 750 V gewickelt und liegen zu zweien dauernd in Reihe. Eine Reihen-Parallelschaltung ist innerhalb der beiden Drehgestellgruppen möglich. Bei den Triebwagen, die in der Umgebung von Paris verkehren, wo wie schon erwähnt, die Spannung nur 600 V beträgt, sind die in einem Drehgestell untergebrachten Motoren parallel geschaltet.

Für den Güter- und Personenverkehr sind Lokomotiven der Achsanordnung AA + AA vorgesehen, die sowohl im flachen Land als auch, zu zweien gekuppelt, auf gebirgigen Strecken verwendet werden können.

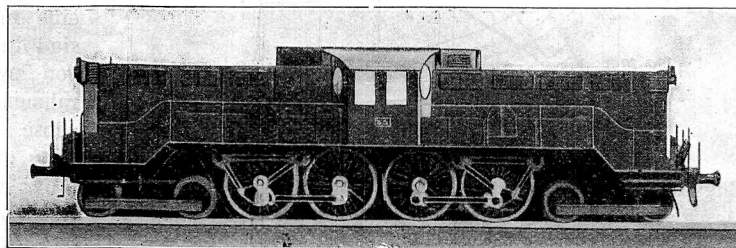


Abb. 2. 4000 PS-Lokomotive mit Kuppelstangenantrieb.

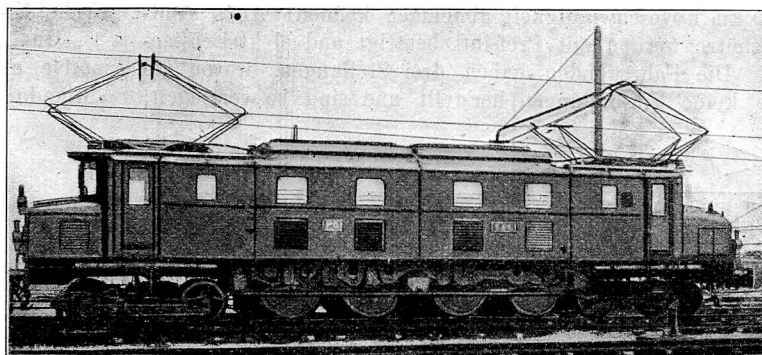


Abb. 3. 3600 PS-Lokomotive mit außenliegendem Antrieb.

Die Lokomotiven haben folgende Kennzeichen:

Stundenleistung am Radumfang	1730 PS
Gesamtgewicht	64 t
Höchste Zugkraft am Radumfang	21600 kg
Raddurchmesser	1350 mm
Zahnradübersetzung	1 : 3,47
Gesamtgewicht der Lokomotive mit Ausrüstung für Energierückgewinnung und Widerstandsbremse	72 t
Höchste Geschwindigkeit	100 km/Std.
Gewicht des mechanischen Teiles	35 t
Gewicht des elektrischen Teiles	29 t.

Die Lokomotiven sind mit beiden Westinghousebremsen ausgerüstet und bremsen 85 v. H. des Lokomotivgewichtes. In einem Führerstand ist ein einfacher, im anderen ein schreibender Geschwindigkeitsmesser angebracht. Die elektrische Ausrüstung ist für eine mittlere Spannung von 1350 V vorgesehen und von 1100 bis 1800 V betriebsfähig. Einzelne Lokomotiven können zusammengekuppelt werden und in Vielfachschtaltung von einem Führerstand aus gesteuert werden. Die Motoren wirken auf die Achse über beiderseitige Zahnräder mit federndem

Zwischenglied. Sie sind im Drehgestell wie bei den Strafsenbahnen aufgehängt und mit Wendepolen versehen, die 50% Feldschwächung gestatten. Die Stundenleistung beträgt 300 PS ohne und 430 PS bei Fremdbelüftung, welche von zwei Lüftern für sämtliche Motoren einer Lokomotive besorgt wird. Kennlinien siehe Abb. 4.

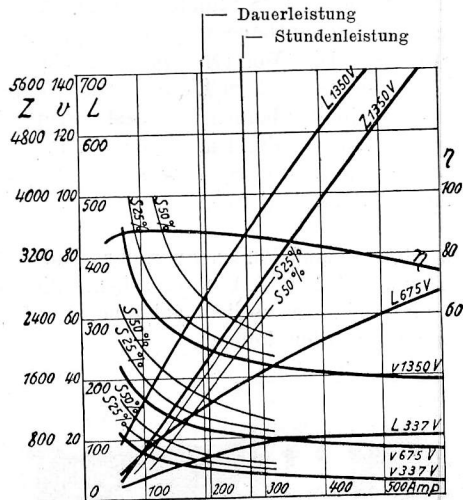


Abb. 4. Gerechnete Motorkennlinien.

Z = Zugkraft am Radumfang. L = Leistung am Radumfang.
v = Geschwindigkeit. η = Gesamtwirkungsgrad.

Jede Lokomotive hat zwei elektrisch gesteuerte durch Druckluft geschaltete Scherenstromabnehmer, die zusammen 1200 Amp. bei 100 km/h Geschwindigkeit abnehmen können. Auch sämtliche Schütze werden mit Preßluft betätigt und elektrisch gesteuert. Die Fahrtwenden haben drei Stellungen, wovon die mittlere keine Verbindungen herstellt und sind so verriegelt,

9,5 PS-Motor, der unter Last ohne Anlasser an die Fahrdratspannung gelegt wird. Die Lokomotiven sind außerdem mit einer 32 V-Batterie versehen, die die Steuergeräte zu versorgen hat. Eigenartig erscheint es, daß die Beleuchtung an die Hochspannung angeschlossen ist, ebenso wie die Heizung.

Am Führerstand befinden sich: ein Beschleunigungs- und ein Fahrtwendehebel nebst dem Fahrschalter, der 36 Stellungen aufweist, wovon neun wirtschaftliche Fahrstufen sind. In Abb. 5 ist das Schema der Motorenstromkreise nebst der Schaltfolgetabelle wiedergegeben (entnommen aus den Oerlikon-Nachrichten).

Für den Schnellzugverkehr sind fünf Versuchslokomotiven bestellt und zum Teil schon geliefert. Die erste ist eine Doppellokomotive mit Achsmotoren (ohne Zahnräder oder Treibstangen) der Anordnung 2 AAA + AAA 2 mit 2700 PS Stunden- und 2100 PS Dauerleistung. Diese von der General Electric Company in Shenectady N. Y. gebaute Maschine erreichte auf der amerikanischen Versuchsstrecke 167 km/h.

Zwei weitere Lokomotiven sind von der Achsanordnung 2 BB 2 mit 4000 PS Stunden- und 3500 PS Dauerleistung bei nur 130 t Gesamtgewicht. (Es dürfte sich hier wohl um eine ungarische Konstruktion handeln.) Je zwei Treibachsen sind durch Stangen gekuppelt und mittels eines Dreieckrahmens von zwei hochliegenden Motoren angetrieben. Der Dreieckrahmen der drei Gelenke an der Stelle wo er an die Treibachse angreift, besitzt, erinnert stark an Ká nd o s c h e Bauarten. Eine dieser Lokomotiven hat Motoren mit Kompensationswicklung, was wohl eine Neuerung auf dem Gebiete der Gleichstromlokomotivmotoren ist (siehe auch Abb. 2). Die restlichen zwei Lokomotiven haben 3600 PS Stunden- und 3000 PS Dauerleistung und sind von der Bauart 2 AAAA 2 mit Einzelachs-antrieb und aufsenliegenden Zahnradern. (Offenbar eine schweizerische Konstruktion.) Siehe Abb. 3.

In Abb. 6 sind die Kennlinien einer AA + AA Lokomotive und zum Vergleich die Kennlinien der zu ersetzenden »Mikado«-Dampflokomotive wiedergegeben.

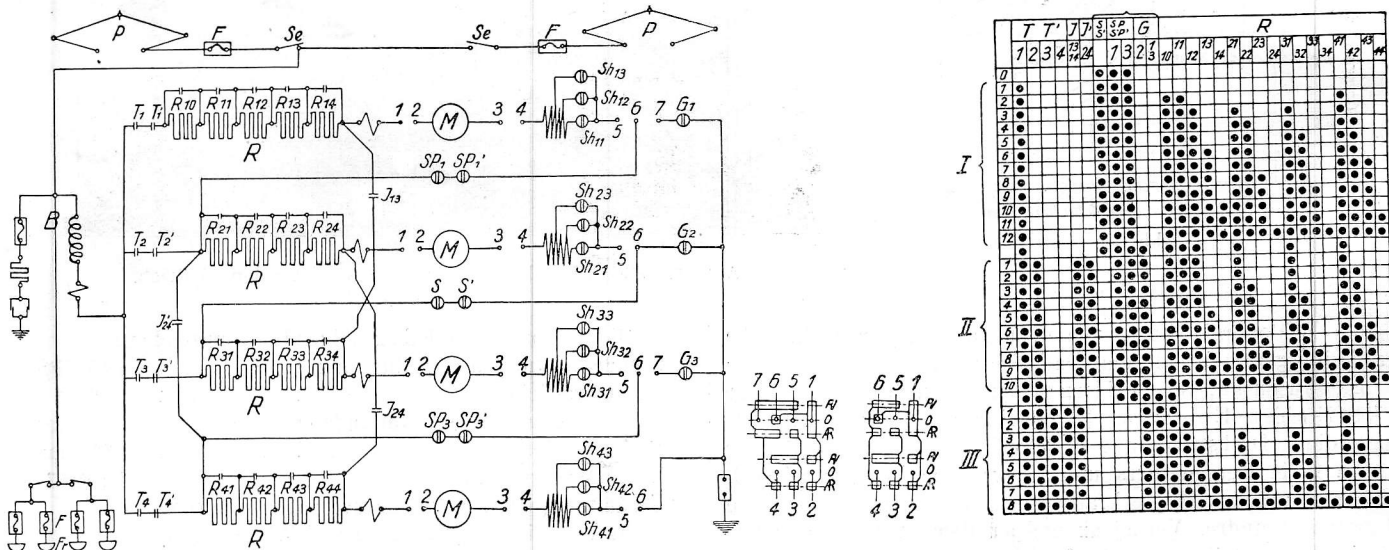


Abb. 5.

P = Stromabnehmer. Fr = Gleitschuh für dritte Schiene. F = Schmelzsicherung. Se = Trennschalter. B = Blitzableiter.
R = Anfahrwiderstände. M = Lokomotivmotoren. Sh = Erregerspulenabschalter. T, S, SP, J, G, R = Schütze. 1, 3 bzw. 2, 4 Fahrtwender.

daß noch mit drei Motoren angefahren und mit zwei weitergefahren werden kann, falls einer schadhaft sein sollte. Eine Schaltwalze mit neun Kontakten stellt die Reihen-, Reihen-Parallel- und Parallelschaltung der einzelnen Motoren her: Ein einziges Schaltgerät für alle vier Motoren dient zur Einstellung der Feldschwächung (Abschalten von Windungen) auf 25 und 50%. Für die beiden Motorlüfter und die beiden Kompressoren ist ein und dasselbe Motormodell vorgesehen. Es ist ein

Es ist bekannt, daß elektrische Lokomotiven für denselben Zug und dieselbe Reisegeschwindigkeit etwas leichter ausfallen als Dampflokomotiven; die elektrische Lokomotive hat hierbei den Vorteil einer über einen größeren Geschwindigkeitsbereich gehenden hohen Zugkraft. Jedenfalls ist bei elektrischen Lokomotiven immer die Möglichkeit geboten, das ganze Lokomotivgewicht als Reibungsgewicht zu verwenden. Bei den folgenden Vergleichsrechnungen bedeute:

N die Zahl der Dampflokomotiven,
 N' die Zahl der elektrischen Lokomotiven,
 p den Einheitspreis je kg für Dampflokomotiven,
 p' den Einheitspreis je kg für elektrische Lokomotiven und
 G das Gewicht der Lokomotiven.

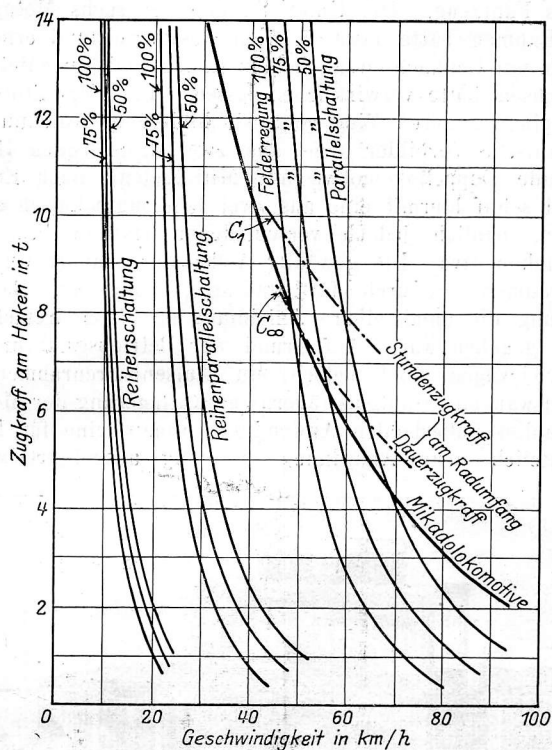


Abb. 6.

Im Durchschnitt ist das Gewicht des Tenders das halbe der Lokomotive und der Einheitspreis auch etwa die Hälfte, so daß man den Preis der betriebsfähigen Dampflokomotive

mit 1,25 Gp einsetzen kann. Der Einheitspreis p' für elektrische Lokomotiven ist etwa 70% höher als p. Wenn nun die Anschaffungskosten für die elektrischen Lokomotiven niedriger als für Dampflokomotiven sein sollen, was für die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes aber nicht allein von ausschlaggebender Bedeutung ist, so muß folgende Ungleichung erfüllt sein:

$$\Sigma N' 1,7 Gp < \Sigma N 1,25 Gp, \text{ oder} \\ \Sigma 1,36 N' < \Sigma N.$$

Sie wird erfüllt, wenn die Lokomotivkilometerzahl für die elektrischen Lokomotiven mindestens 36% größer ist als die der Dampflokomotiven. Dadurch aber, daß Dampflokomotiven in regelmäßigen Zeitabständen aus dem Dienst gezogen werden müssen, während elektrische Lokomotiven monatelang ohne Unterbrechung im Betriebe bleiben können, ist schon die Grundlage für die 36% höhere Kilometerleistung gegeben. Es sind aber noch andere, als rein wirtschaftliche Gründe, die für die elektrische Lokomotive sprechen; läßt sich doch auf einem elektrischen Fahrzeug eine große Leistung viel leichter unterbringen und verteilen ohne übermäßige Fahrzeuglängen annehmen zu müssen und das Ganze kann dann immer noch von einem einzigen Manne bedient werden, während bei den bisherigen Großdampflokomotiven mindestens drei Mann notwendig sind. Ja durch die Vielschaltung ist es ermöglicht, von einer Stelle und von einem Manne fast unbegrenzt hohe Lokomotivleistungen zu steuern. Die P. O. hat bereits erfolgreiche Versuche gemacht die Schiebelokomotive ihrer elektrischen Züge durch drahtlose Einrichtungen vom Führer der ersten Lokomotive aus zu steuern. Im heutigen Berichte sind Lokomotiven mit 4000 PS angeführt worden; das sind aber schon Leistungen die wir von Dampflokomotiven nicht gewohnt sind. Wenn erst einmal auf unserem Erdteil die Zug- und Stoßverbindungen einheitlich so verstärkt sein werden, daß man beispielsweise Züge mit Dauerzugkräften von 20 t am Haken führen kann, dann wird der Leistungsbedarf so steigen, daß die Dampflokomotive wohl von vornherein aus dem Wettkampf ausscheidet, denn bei 20 t am Haken und 80 km/h werden für den Zug allein schon rund 6000 PS benötigt.

Die Einführung des elektrischen Zugbetriebes auf den Berliner Stadtbahnen.

Das zu 84% mittels Dampfkraft betriebene Netz der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen der Deutschen Reichsbahn ist nur mit 30% an dem gesamten Berliner Nahpersonenverkehr beteiligt. Die Schuld an dieser geringen Leistung trägt die Dampfbetriebsform, die den auftretenden Verkehrsbedürfnissen nicht mehr gewachsen ist, ferner der ungenügende Wagenpark und die sonstigen veralteten Betriebsanlagen. Seit mehr als zwei Jahrzehnten waren die notwendigen Neu- und Ersatzbeschaffungen mit Rücksicht auf die zu erwartende Einführung des elektrischen Betriebes zurückgestellt worden. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und des Wettbewerbs kann die Elektrisierung der Berliner Nahbahnen der Deutschen Reichsbahn nun nicht mehr länger hinausgeschoben werden.

Mit der Einführung des elektrischen Betriebes werden folgende Verbesserungen erzielt:

a) Die Personenzugbeförderung wird durch Verkürzung der Fahrzeiten eine erhebliche Beschleunigung erfahren. Diese beträgt z. B. auf der Stadtbahn zwischen Charlottenburg und Strela-Rummelsburg etwa 25%.

b) Die Zugfolge wird erheblich verdichtet werden können und zwar auf der Stadtbahn von 24 auf 40 Züge je Stunde = 66²/₃%, wobei die bisherige Zahl der Plätze (27000 je Stunde) auf das 2,4fache gesteigert werden kann, und auf der Ringbahn von 12 auf 24 Züge je Stunde = 100% bei einer Steigerung der bisherigen Zahl der Plätze (12400 je Stunde) auf das dreifache.

c) Die Zuglänge kann der wechselnden Verkehrsstärke angepaßt werden durch entsprechende Ausgestaltung des Wagenparkes. Jeder Zug besteht aus 8 Wagen von gleicher Länge (17,5 m) und kann in 4 Teile von je einem Trieb- und einem Beiwagen als selbständige Einheiten zerlegt werden.

Die für den elektrischen Zugbetrieb benötigte elektr. Arbeit soll in einem bahneigenen Kraftwerk mit einer Spannung von 20 kV erzeugt und auf Gleichstrom von 800 V Fahrstienenspannung umgeformt werden. Der dem gegenwärtigen Verkehr entsprechende Jahresstrombedarf wird zu 130 Millionen kWh angenommen. Bei einer Verkehrssteigerung von 75% wird das Kraftwerk für eine jährliche Stromerzeugung von 237 Millionen kWh ausgebaut werden. Da das Kraftwerk als ein Bestandteil der gesamten elektrischen Zugförderung angesehen werden muß, das von den Vorgängen des elektrischen Zugbetriebes unmittelbar beeinflusst wird, wird der Bau eines bahneigenen, von fremden Einflüssen unabhängigen, Kraftwerkes für zweckmäßig erachtet.

Mit der Einführung des elektrischen Betriebs wird eine Reihe von sonstigen baulichen Maßnahmen notwendig, u. a. der Bau eines Wagenschuppens für einen Teil der Triebwagenzüge, ein Abstellbahnhof in Tempelhof, ein Ausbesserungswerk für die Unterhaltung des Wagenparkes, selbständige Streckenblockung.

Mit Rücksicht auf die Finanzlage der Reichsbahn ist die Elektrisierung der Wannseebahn für später in Aussicht genommen. — Die Ausbaurkosten betragen unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Verkehrsbedürfnisses (1. Bauabschnitt) 150 Millionen Mark und erfordern eine Bauzeit von 2¹/₂ Jahren. Bei einer 75%igen Steigerung des Verkehrsbedürfnisses sind weitere 55 Millionen (2. Bauabschnitt) notwendig. Die vorsichtig angestellte Wirtschaftlichkeitsberechnung ergibt für den 1. Bauabschnitt einen jährlichen Reinüberschuss von 7,5 Millionen Mark oder eine Überverzinsung von 5,1% des Bauaufwandes; während im 2. Bauabschnitt der jährliche Reinüberschuss von 32,4 Millionen Mark eine Überverzinsung von 16,4% ergeben wird.

„Die Reichsbahn.“

Ta.

Die elektrische $C_0 + C_0$ -Personen- und Güterzug-Lokomotive der italienischen Staatsbahn. Gruppe E 620*).

Von Georg Lotter, München.

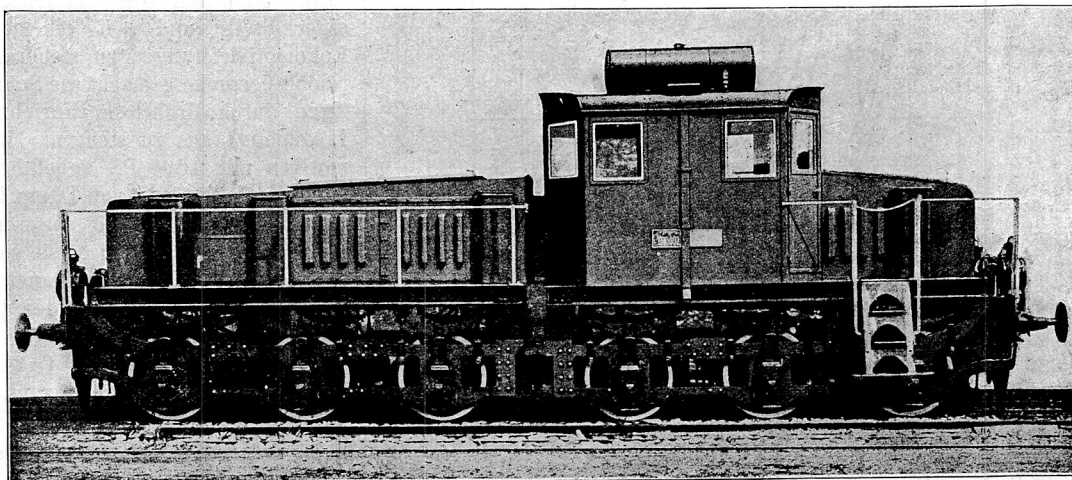
Hierzu Tafel 29.

Die mit Gleichstrom von 650 Volt und Stromzuführung durch dritte Schiene seit 1901 elektrisierte, 75 km lange, zweigleisige, regelspurige Strecke Mailand—Gallarate—Varese—Porto Ceresio**) wickelt ihren Personenverkehr vorwiegend durch vierachsige Triebwagen bekannter Bauart***), den sonstigen Verkehr mit Dampflokomotiven ab. Für den Güterzugdienst dieser Strecke und den Personenzugdienst der benachbarten Linien von Gallarate nach Laveno und Arona wurde im Laufe des Jahres 1925 eine sechsachsige $C_0 + C_0$ -Lokomotive mit geringem Achsdruck und sechs Vorgelegemotoren von $6 \times 225 = 1350$ PS. Stundenleistung beschafft, die nachstehend kurz besprochen sei, da ihr Antrieb und die Durchbildung ihres Fahrzeuges nach Richtlinien erfolgte, welche auch bei uns zur Zeit vielfach als wirtschaftlich und deshalb richtig angesehen werden.

Beim Entwurf der Lokomotive waren nachstehende zwei Gesichtspunkte ausschlaggebend: 1. Die Verwendung von nur erprobten Teilen für die elektrische Ausrüstung, welche möglichst aus Teilen der Triebwagenausrüstung zusammengesetzt sein sollte; 2. die Schaffung einer nicht nur im Betrieb, sondern auch in der Beschaffung möglichst billigen, dabei möglichst einfachen Lokomotive. Die regelmäßige Geschwindigkeit wurde mit 65 km/Std., die Höchstgeschwindigkeit mit 85 km/Std. festgesetzt. Die Zugkraft sollte 5000 kg bei 65 km/Std., die Leistung somit 1200 PS am Treibradumfang betragen. Der höchstzulässige Achsdruck war bis zu 15 t zugelassen.

Die dieses Programm erfüllende Lokomotive ist aus der Textabb. sowie aus Taf. 29 ersichtlich. Die gewählte Bauart stellt fahrzeugtechnisch einen Versuch dar. Den bekannten Nachteilen des Achsvorgelegemotors mit Strafsenbahnaufhängung (tiefe Schwerpunktlage, Notwendigkeit beträchtlicher ungefederter Massen, welche im vorliegenden Fall etwa 3 t je Radsatz betragen) suchte man dadurch zu begegnen, daß man den größten Achsdruck der Lokomotive mit nur 9 t bemafs, um die Inanspruchnahmen des Oberbaues in senkrechtem und wagrechtem Sinn möglichst zu vermindern. Der zulässige Achsdruck wird also nur zu 60 v. H. ausgenutzt, ein ganz aufergewöhnliches Vorgehen. Weiter wurde die Lokomotive trotz der verlangten Höchstgeschwindigkeit von 85 km/Std. ohne Drehgestelle und ohne Endlaufachsen gebaut, um jeden unnützen Gewichtsaufwand zu vermeiden. Zur Erreichung der geforderten Leistung wurde der bewährte Motor des Triebwagens GE 55 (130 PS, geschlossene Bauart) für künstliche Kühlung umgebaut, wodurch die Dauerleistung auf 200 PS, die Stundenleistung auf 225 PS gesteigert werden konnte. Da die genannte Gesamtleistung sechs Motoren erforderte, entstand nach den obigen Richtlinien ein sechs-

achsiges Fahrzeug. Die Unterbringung der sechs Motoren in einem Rahmen hätte etwa 7,75 m Gesamtradstand erfordert, der sich mit Lenkachsen an beiden Enden und verschiebbaren Mittelachsen hätte verwirklichen lassen. Die Verwaltung zog jedoch einen anderen Weg vor; sie bildete in Anlehnung an amerikanische Vorbilder eine aus zwei dreiachsigen Hälften bestehende Doppellokomotive mit Mittelgelenk nach Engerth aus und schuf hiermit eine aus zwei fahrzeugtechnisch gleichwertigen, baulich jedoch verschiedenen Hälften bestehende Gliederlokomotive. Die gewählte Achsmotorenbauart verlangte Aufsenrahmen, wodurch für Radsätze, Federung, Rahmenausbildung die unmittelbare Anlehnung an einen dreiachsigen Tender gegeben war. Auf Grund der Betriebserfahrung mit den Triebwagen fand jedoch ein Aufsenbarrenrahmen mit Stahlgufswangen, Stahlgufsträgern zur Auflagerung der Motoren und Stahlgufspufferbohlen Anwendung, womit eine für Italien grundsätzlich neue Anordnung erstmalig ausgeführt wurde.



Elektrische Lokomotive für die Bahn Mailand—Porto Ceresio.

Die Zahl der Schrauben und Nieten zur Verbindung der einzelnen Rahmenteile wurde hiermit wesentlich vermindert, außerdem wurden durchwegs große Haftflächen der Rahmenteile geschaffen und gleichzeitig gute Zugänglichkeit der Motoren und ihrer Lager erreicht. Die beiden C_0 -Hälften sind durch einen senkrechten zylindrischen Bolzen derart gekuppelt, daß irgendwelche störende Bewegungen von der einen Hälfte auf die andere nicht übertragen werden können. Infolge kugelförmiger Lagerung nur der vorderen Hälfte auf genanntem Bolzen können die beiden Lokomotivteile gegeneinander wanken; senkrechte Spielräume gestatten auch freie Nickbewegungen beider Teile in beschränktem Grade; dem Schlingern beider Hälften sucht die Mittelkupplung vorzubeugen.

Die eine Hälfte enthält einen geräumigen Führerstand, die andere in einem niedrigen, gute Übersicht gewährenden Aufbau die Anfahrwiderstände. An beiden Enden sind Motor-gebläse zur Kühlung von je drei Triebmotoren vorgesehen. Die Zahnradübersetzung der letzteren ist 19 : 58, also 1 : 3,05, die Teilkreisdurchmesser sind, wie aus den Zeichnungen ersichtlich, auffallend klein ausgeführt. Die sechs Motoren ermöglichen drei Geschwindigkeitsstufen (je drei Motoren hintereinander, je zwei Motoren hintereinander, sämtliche Motoren parallel).

Die Hauptabmessungen und Gewichte der Lokomotive sind nachstehend zusammengestellt:

*) Nach Rivista Tecnica 1926, S. 1 bearbeitet.

**) Organ 1902, S. 124; 1910, S. 16.

***) Glasers Annalen 1902/I, S. 119 und Z. d. V. deutscher Ingenieure 1907, S. 161.

Treibraddurchmesser	1060 mm
Fester Radstand der beiden Lokomotiv-Hälften	3100 »
Gesamtradstand	8300 »
Fahrzeuglänge der Puffer	11 700 »
Gewichte:	
Fahrzeug	32,42 t
elektrische Ausrüstung	17,90 t
Ausrüstung mit Geräten, Sand und Mannschaft	1,35 t
	51,67 t
Dienstgewicht = Reibungsgewicht	51,67 t
Größter Achsdruck	9 t

Den Betriebsergebnissen dieser ganz augenscheinlich leichten und billigen Lokomotivbauart darf man mit Spannung entgegensehen, insbesondere hinsichtlich der Ruhe des Ganges

bei höheren Geschwindigkeiten, welcher bisher befriedigt hat, und hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der Rahmenkonstruktion gegen die Stosswirkungen, über die sich erst nach Jahren ein Urteil wird fällen lassen. Hat sich doch bei den vor mehr als 20 Jahren beschafften Triebwagen dieser Bahn gezeigt, daß die elektrische Ausrüstung sehr gut standhielt, während die aus Blech und Winkel gebildeten Drehgestelle und Wagenrahmen ersetzt oder ausgebessert werden mußten. Die Barrenrahmenkonstruktion der neuen Lokomotiven beschreitet auf Grund dieser Erfahrungen einen grundsätzlich richtigen Weg. Endlich sei die Absicht der Verwaltung erwähnt, den Fahrzeugteil bei Übergang zum Betrieb mit Gleichstrom von 3000 Volt für eine 2000 PS-Lokomotive zu benützen, wobei alsdann der höchste Achsdruck von 15 t voll ausgenutzt werden soll.

Die Vorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrom-Fernbahnen.

Mit Verfügung der Hauptverwaltung der D. R. G. vom 9. Februar 1926 wurden die ab 1924 vorläufig in Geltung gewesenen Vorschriften nach neuerlicher Überarbeitung auf Grund der jüngsten Erfahrungen im elektrischen Zugbetriebe ab 1. März d. Js. endgültig genehmigt. Diese Vorschriften über die sogenannte „Einheitsfahrleitung“*) sind einschließlic der von Reichsbahnrat Schieb (Halle a. S.) verfaßten Erläuterungen hierzu in Heft 2 der Zeitschriften „Elektrische Bahnen“, Seite 50 bis 62 veröffentlicht.

Sie sind in drei Abschnitte unterteilt, nämlich solche über Ausführung Baustoffe und Berechnung.

In den Ausführungsvorschriften sind neben grundlegenden Anordnungen in mechanischer und elektrischer Hinsicht auch hierfür in Betracht kommende Grenzwerte festgelegt. Zu den ersteren gehören die Bestimmungen über die Unterteilung der Fahrleitungen, die Zickzackführung, Aufhängung und Verankerung der Fahrdrähte, ferner über den Einbau von Nachspannern, Streckentrennern und Seitenhaltern, sowie über die Strom-Rückleitung und die auszuführenden Schutzerdungen. Bei der Unterteilung der Fahrleitung die von grundlegendem Einfluß auf die Schaltanordnung ist, wird im Gegensatz zur Gepflogenheit aufserdeutscher elektrischer Bahnen daran festgehalten, daß bei mehrspurigen Bahnen die Fahrleitungen der Gleise in beiden Fahrrichtungen elektrisch voneinander getrennt sein müssen.

Von den vorgeschriebenen Grenzmaßen ist zu erwähnen der Mindestabstand von 300 mm unter Spannung stehender Teile von

geerdeten Teilen, ein Wert, der bei Führung der Fahrleitungen unter Überbauten und in Tunneln besondere Bedeutung erhält, welche Fälle in dem Erlaß*) des Herrn Reichsverkehrsministers vom 6. Februar 1923, der den Vorschriften als Anlage beigegeben ist eigens behandelt sind. Der gegenseitige Abstand der Stützpunkte ist durch die Bedingung festgelegt, daß der größte seitliche Abtrieb des Fahrdrabtes nicht mehr als 750 mm sein darf bei einem größten Zickzack von — 600 mm und einer Zugspannung im Fahrdraht von nicht weniger als 8 kg/mm² und nicht mehr als 10 kg/mm² Querschnitt. Der Abstand der Nachspannfelder soll etwa 1500 m betragen.

Die Vorschriften über Baustoffe — Prüfbestimmungen — gliedern sich in solche über das Kettenwerk und die Isolatoren. Querschnitt, Form, Eigenschaften und Festigkeitsziffern für Fahrdraht, Trageil, Hängeseile, Klemmen und sonstige Verbindungsteile sind festgelegt. Besonders eingehend sind die Prüfbedingungen für die Isolatoren behandelt hinsichtlich ihrer Durchschlagfestigkeit und Überschlagnspannung, ihres Verhaltens gegenüber Wärmeschwankungen, sowie in bezug auf ihre mechanische Festigkeit und Porosität.

Der dritte Abschnitt enthält in seinem ersten Teile eine Übersicht über die Ursachen der Beanspruchung, von denen die festgelegte höchste Windgeschwindigkeit von 31 m/sek. besonders hervorzuheben ist, in seinem zweiten Teile die darauf sich gründenden Vorschriften für die Berechnung der Hoch- und Querlage des Fahrdrabtes, des Längs- und Quertragwerkes, der Maste und ihrer Gründungen, ferner die zulässigen Grenzwerte für die Beanspruchung der Baustoffe, die zum Teil gegenüber den älteren Vorschriften erhöht wurden. Nad.

*) Organ 1924 Heft 9/10, Seite 197 bis 205.

*) Organ 1923 Heft 5, Seite 95.

Die Elektrisierung der Spanischen Nordbahnen.

Die Vorteile, welche der elektrische Bahnbetrieb besonders für Gebirgsstrecken bietet, veranlaßte die Spanische Nordbahngesellschaft auf einer Anzahl wichtiger Bahnlinien diese Betriebsweise einzuführen. Wie in Nr. 12 des 1. Jahrgangs der Zeitschrift des internationalen Eisenbahnverbandes aufgeführt ist, hat die Gesellschaft vor einiger Zeit die Elektrisierung der Gebirgsrampe von Pajares in den Asturischen Pyrenäen auf einer Länge von 62 km eingleisiger Strecke vorgenommen. Diese Strecke, die durchweg eine Neigung von 2% besitzt, stellt eine der schwierigsten Linienführungen der Bahnen Europas dar. Sie besitzt 70 Tunnel mit einer Einzellänge bis zu 3 km und einer Gesamtlänge von 25,5 km.

Als Stromart wurde Gleichstrom mit 3000 Volt Spannung gewählt. Die Speisung der Fahrleitung erfolgt durch zwei Unterwerke, die den von einem Privatwerke gelieferten Drehstrom von 30000 Volt in den benötigten Gleichstrom umformen. Die gesamte Maschinenleistung eines jeden Unterwerkes beträgt gleichstromseitig 6000 kW. Die 12 im Betriebe befindlichen elektrischen Lokomotiven sind von gleicher Bauart und werden sowohl für Personenzüge als auch für Güterzüge verwendet. Das Gewicht jeder Lokomotive beträgt 78 t und ist auf

6 Achsen und zwar zu je 3 auf 2 Drehgestellen verteilt. Jede Achse wird durch einfachen Zahnradantrieb von einem Motor mit Nasenaufhängung angetrieben. Die Lokomotiven besitzen eine Leistung von 1600 PS und befördern auf einer Neigung von 2% Züge von 330 t mit einer Geschwindigkeit von 36 km/h. Besonders bemerkenswert ist die Verwendung von Bremsvorrichtungen, die durch Ausnutzung der Bremskraft auf Gefällstrecken eine Rückgewinnung von 10—14% des Gesamtstromverbrauches der Lokomotive ermöglichen.

Die Fahrleitung ist ein einfaches Kettenwerk mit doppelten Fahrdrähten aus geschlitztem Hartkupfer von 107 mm² Querschnitt, die an einem Stahltragseil mittels hängender Pendel in Abständen von 4,60 m befestigt sind. In den Bahnhöfen ist die Kettenlinie mittels einer Drahtseilquerverbindung der eisernen Leitungsstangen aufgehängt.

Die Elektrisierungsarbeiten gestalteten sich durch den Einfluß des rauhen Klimas dieser Gegend sehr schwierig und erforderten einschließlic der Vorarbeiten eine Zeit von über zwei Jahren. Durch die Einführung des elektrischen Betriebes konnte die tägliche Förderung bis auf das dreifache gegenüber dem bisherigen Dampfbetrieb gesteigert werden. Schn.

Einführung des elektrischen Betriebs auf dem chilenischen Teile der Transandenbahn.

Die Strecke. Die Transandenbahn führt von Los Andes (in Chile) auf 834 m Meereshöhe über die Anden (Cordillieren) auf einer Höhe von 3207 m und endet auf argentinischem Gebiete in Mendoza

auf 768 m Meereshöhe. Die ganze Strecke ist 249 km lang. Der chilenische Teil umfaßt davon nur 70 km mit 5 Zahnradstrecken, deren steilste 1750 m lang ist und 80% Neigung hat.

Die Betriebsführung der hochliegenden Streckenteile ist durch starken Schneefall und Lawinen außerordentlich erschwert, so daß bisher im Winter während einiger Monate überhaupt nicht gefahren wurde. Um diesem Übelstand abzuwehren, wurden ausgedehnte Schutzeinrichtungen in Form von Schneewänden und Galerien gebaut, deren längste 1½ km lang ist. Durch den Umstand, daß große Teile der Strecke ganz eingeschlossen wurden ohne genügend entlüftet zu werden, erhöhte sich natürlich die Rauchplage für Personal und Reisende. Zur Vermeidung dieser Mißstände wie auch zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ging man zum elektrischen Betrieb über. Die beigefügte Aufstellung gibt einen Überblick über die Streckenverhältnisse.

Die Lokomotiven. Der Bau von leistungsfähigen Dampflokomotiven für die meterspurige Bahn war durch den Umstand erschwert, daß sie ja sowohl für Reibung- wie für Zahnstangenbetrieb eingerichtet werden mußten. Die schwersten und letzten Ausführungen hatten 88 t Gewicht und konnten nur Züge von 110 bis 120 t schleppen. Die neuen elektrischen Lokomotiven werden 84 t wiegen und 150 t-Züge

Übersicht 1.

	Streckenlänge km	Größte Steigung ‰	Mittlere Steigung ‰	Bogenhalbmesser m
Los Andes—Rio Blanco (Chile)	34,000	25	17,2	100
Rio Blanco (Chile)—Zanjon Amarillo (Argentinien)				
a) Chilenischer Teil				
1. Fünf Zahnradstrecken	21,456	80	69,5	200
2. Adhäsionsstrecke	15,100	25	20	150
b) Argentinischer Teil				
1. Sechs Zahnradstrecken	13,401	61	48,6	180
2. Adhäsionsstrecken	32,549	25	10,6	100
Zanjon Amarillo—Mendoza (Argentinien)	133,000	27,3	10,9	100
Zusammen	249,506			

über die schwierigsten Streckenteile fördern. Insbesondere wird das Nachlassen der Leistung in starken und langen Steigungen wie bei Dampflokomotiven, nicht mehr auftreten. Auch sind die elektrischen Lokomotiven gegen die vorkommenden sehr niedrigen Außentemperaturen unempfindlich. Die Dampflokomotiven haben einen Achsdruck

von 13,1 t und ein Gewicht bis zu 15 t auf den laufenden m, was für Schienen von 25 bis 27 kg/m recht reichlich erscheinen mag. Die elektrischen Lokomotiven haben 12 t Achsdruck und höchstens 12 t auf den laufenden m Gewicht, woraus eine Ersparnis an Unterhaltskosten erhofft wird. Da das Reibungsgewicht der Dampflokomotiven nur 50 t beträgt, gegen 72 t bei den elektrischen, werden die Zahnstangen beim elektrischen Betrieb weniger beansprucht, obwohl das angehängte Zuggewicht um 30 bis 40 t größer ist. Vier Motoren, je zwei in Reihe an 3000 Volt geben der Lokomotive eine Geschwindigkeit von 30 bis 35 km/h. Bei der Fahrt auf Zahnstangensrecken werden alle vier Motoren in Reihe gelegt, die Geschwindigkeit also auf die Hälfte herabgesetzt, während zwei besondere Motoren (ebenfalls in Reihe geschaltet) die Zahnräder antreiben. Mit der Schaltwalze (Kontroller) läßt sich die — gewöhnlich gleiche — Arbeitsverteilung auf Zahn- und Reibungsräder um $\pm 10\%$ verändern. In starken Gefällen werden die Motoren auf Nutzbremse (Energieerückgewinnung) umgeschaltet.

Stromversorgung. Die Cia-Chilena de Electricidad, Limitada liefert der chilenischen Staatsbahn bis Los Andes elektrische Energie in Form von 50periodigem Drehstrom von 42000 Volt. Die weitere Energieverteilung und die Umformung in Gleichstrom von 3000 Volt geschieht durch die Bahn selbst. 3000 Volt Gleichstrom wurde mit Rücksicht auf den schwachen Verkehr mit viel Energie verbrauchenden Einheiten auf größeren Entfernungen, wegen der Möglichkeit der Nutzbremse, endlich auch wegen des geringeren Gewichtes der Lokomotiven gewählt. Jede Unterstation hat zwei 1500 kW-Motorgeneratoren, wovon einer als Reserve dient. Der Fahrdrat hat 107 qmm Querschnitt und ist vielfach an einem als Speiseleitung dienenden Kabel auf 5,5 m über S. O. aufgehängt.

Bremseinrichtungen. Die Fahrzeuge sind mit Westinghouse-Zweileitungsbremse versehen. Jeder Wagen hat zwei Bremszylinder (153 und 203 mm Durchmesser), wobei der kleine für den leeren Wagen (10 t), der große für den halbbeladenen (20 t) und beide für den vollbeladenen Wagen (30 t) je 75% des Gesamtgewichtes abbremsen. Sowohl die selbsttätige als auch die unmittelbare (nicht selbsttätige) Bremseinrichtung kann auf die Triebräder der Lokomotive allein oder auf den ganzen Zug wirken. Auf die Bremscheiben, die auf die Achsen der Treibzahnäder aufgekeilt sind, wirkt nur die unmittelbare Luftdruckbremse. Die elektrische Bremsung, durch Energieerückgewinnung aus den Motoren, ist bei allen sechs Motoren wirksam, also auch bei den Zahnradmotoren. Außerdem ist eine kräftige Handbremse vorgesehen, die auf die Triebäder und die Bremscheiben der Zahnäder wirkt. Der Bremsklotzdruck auf die Triebäder der Lokomotive beträgt 90 v. H. des Gewichtes. Für die Talfahrt auf Zahnradstrecken ist eine Sicherheitseinrichtung in der Weise vorgesehen, daß beim Überschreiten einer zwischen 18 und 25 km/h einstellbaren Geschwindigkeit die selbsttätige Vollbremse auf Lokomotive und Zug eintritt.

Bull. Chem d. fer.

Hh.

Über einen eigenartigen Unfall im elektrischen Zugbetrieb

berichtet R. Heinemann, Leipzig, im Märzheft der „Elektrischen Bahnen“. Eine Arbeitsgruppe der Fahrleitungsmeisterei war beauftragt im Bahnhof Roslau bei Dessau einen leichten Kurvenauszugsmast um 20 cm zu verschieben. Mit Rücksicht auf die Erfordernisse des Betriebes wurde nach Entfernung des Seitenhalters des Mastes die Fahrleitung wieder unter Spannung gesetzt, da der Mast nunmehr keine Verbindung mit der Fahrleitung mehr hatte. Um die Verschiebung des Mastes zu erleichtern, wurde die Erdverbindung zwischen Mast und dem auf Eisenschwellen liegenden Gleis vorübergehend entfernt. Zwischen Mast und Schienen bestand somit keine elektrische Verbindung mehr. Nachdem das Fundament bis auf 1,5 m freigelegt war, neigte sich, bevor eine Verankerung durch Flasenzüge möglich war, plötzlich der Mast und kam in Berührung mit dem Fahrdrat.

Ein in der Grube befindlicher Arbeiter drückte sich auf den Warnungsruf seiner Arbeitsgenossen in eine Grubenecke. Der durch die Berührung des Mastes mit der Fahrleitung entstandene Kurzschlussstrom bahnte sich seinen Weg von der Fundamentsohle durch die infolge des regnerischen Wetters im oberen Teile durchnässte Sandschicht nach den Schienen und von hier zu einer etwa 200 m von der Unfallstelle entfernten, im Grundwasser befindlichen Erd-

platte, die allerdings durch Lockerung der Erdungsdrahtöse mit der nächst gelegenen Schiene nur in loser Verbindung stand. Ein Teil des Kurzschlussstromes nahm von der Fundamentsohle aus seinen Weg durch den einen geringen Widerstand darstellenden Körper des Arbeiters, der zwar nicht mit dem Fundament, jedoch mit der durchnässten Sandschicht in Berührung stand, und führte, wahrscheinlich infolge wiederholten Einschaltens der Fahrleitung durch das Unterwerk, seinen Tod herbei. Im Unterwerk löste der Ölschalter nicht sofort aus wegen des erst allmählich ansteigenden Kurzschlussstromes.

Wie sich bei der Untersuchung später herausstellte, wurde die Neigung des Mastes hervorgerufen durch die nach unten konische Form des Betonklotzes. Solche unregelmäßige Fundamentformen können bei Mastgruben in Schwemm- oder Rieselsand entstehen.

Ein Verschulden des Umbauleiters kam nicht in Frage, da dieser die Form des Betonklotzes nicht vorhersehen konnte.

Aus dem Unfall ergibt sich die Folgerung, daß bei allen Umbau- und Instandsetzungsarbeiten in der Nähe von spannungsführenden Anlagen mit den ungünstigsten Verhältnissen gerechnet werden muß und daß alle Teile, die aus nicht vorherzusehenden Gründen mit der Fahrleitung in Berührung kommen können, unter allen Umständen gerdet werden müssen.

Ta.