

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 67/68 (1916)
Heft: 20

Artikel: Der elektrische Betrieb auf den Linien des Engadin
Autor: Haueter, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-33008>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.03.2025

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

wenn mit Bestimmtheit die Beruhigung des Schuttkegels konstatiert sein wird, ein definitives Bauwerk zu erstellen. Die provisorische Galerie dient nun dem Betriebe und hat bis jetzt keine Bewegung gezeigt.

Es sei hier erwähnt, dass auch die Frage einer radikalen Abhilfe durch Erstellung eines Tunnels, der die Schuttkegel der Roten Lawine und des Stockgrabens im anstehenden Felsen umfahren hätte, studiert worden war. Da



Abb. 31. Stockgraben-Galerie, Portal Seite Brig Ende 1911.

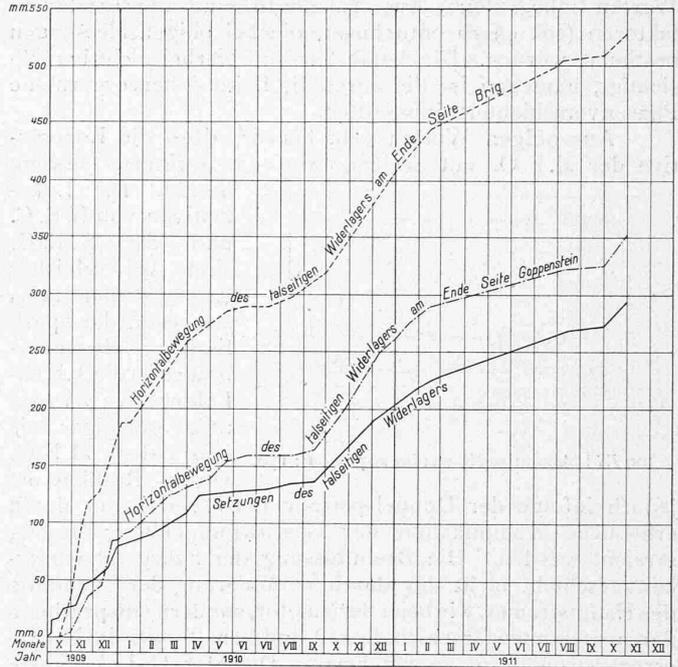


Abb. 32. Diagramm der Bewegungen der Stockgraben-Galerie.

die Mehrkosten aber, nach Abzug der noch auszuführenden Arbeiten, am Stockgraben noch rund 600 000 Fr. betragen hätten, wobei die Schintigrabengalerie noch nicht vermieden gewesen wäre, wurde, wie an andern Stellen, auf die wir noch zu sprechen kommen werden, darauf verzichtet. Die Kosten der Sicherungsarbeiten, die provisorische Galerie inbegriffen, belaufen sich auf rund 180 000 Fr., die ursprüngliche Galerie selber stellte einen Bauwert von rund 160 000 Fr. dar, wovon die jetzt noch benützten Teile ungefähr die Hälfte ausmachen.

Bei der nach gleichem Typ und in ähnlichen Verhältnissen gebauten *Schintigrabengalerie* (S. 227), zeigten sich bald nach Vollendung wohl einige kleine Risse, die sich aber, sobald der im Frühjahr über die Galerie fließende Bach oberhalb des Objektes eine Strecke weit in eine gemauerte Schale gefasst worden war, nicht mehr erweiterten. Aber sie zeigten, dass auch hier die Gleichgewichtsgrenze beinahe erreicht ist. (Forts. folgt.)

Der elektrische Betrieb auf den Linien des Engadin.

Von H. Haueter, Ingenieur, Bern.

Um den Lesern der „Schweizerischen Bauzeitung“ über die Durchführung der Elektrifizierung der Engadiner Strecken der Rhätischen Bahn, insbesondere über die Abnahmeversuche der Lokomotiven eine, der Wichtigkeit der Anlagen angemessene, zusammenhängende Berichterstattung

zu bieten, sind auf Grund der von der Direktion der Rhätischen Bahn herausgegebenen, auf Seite 131 des letzten Bandes bereits kurz besprochenen Denkschrift die nachstehenden Angaben zusammengestellt worden.

Bekanntlich wurden die Engadinerlinien für Einphasenwechselstrom von 10 000 Volt und $16\frac{2}{3}$ Perioden ausgebaut, nachdem reifliche Überlegungen, speziell unter Berücksichtigung der spätern Ausdehnung des elektrischen Betriebes auf das ganze Netz, dieses Stromsystem als das vorteilhafteste erscheinen liessen. Die Tatsache, dass die von Brown, Boveri & Cie., der Maschinenfabrik Oerlikon und der A. E. G. gelieferten elektrischen Lokomotiven nach den gleichen Grundlagen erstellt wurden, ermöglicht sehr interessante Vergleiche. In Tabelle I sind die Gewichte der im Betriebe befindlichen Lokomotiven zusammengestellt¹⁾, während die drei beigegebenen Typenskizzen deren Abmessungen und Gewichte erkennen lassen. Die A. E. G.- und die M. F. O.-Lokomotiven von 600 PS-Leistung sind gleicher Bauart wie die M. F. O.-Lokomotive von 800 PS. Die unbedeutenden Massabweichungen sind aus Tabelle I ersichtlich. Tabelle II enthält die Ergebnisse der Messfahrten, die Werte der verbrauchten Wattstunden pro Bruttotonnenkilometer. Da die elektrischen Messinstrumente in die abgehende Leitung der Ueberstation Bevers eingebaut waren, sind die Energieverluste von Fahr- und Speiseleitung und der Schienenrückleitung in den angegebenen

¹⁾ Die Angaben über die später gelieferte 800 PS-Lokomotive der M. F. O. sind einer Publikation dieser Firma entnommen.



Abb. 34. Prov. Holzgalerie im Stockgraben-Lawinezug.

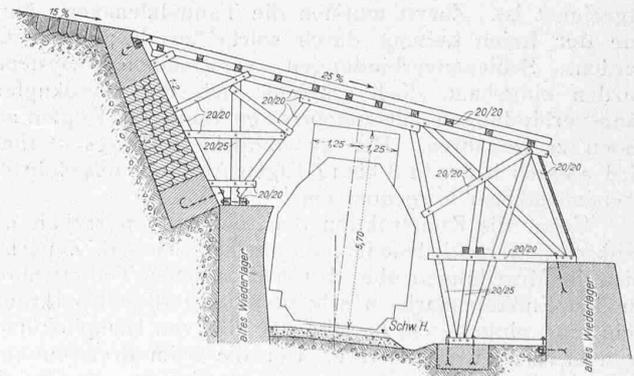
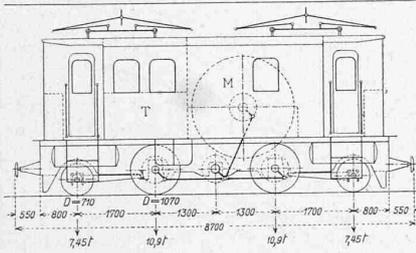


Abb. 33. Prov. Holzgalerie im Stockgraben. — 1 : 200.

Werten inbegriffen. Aus Tabelle III sind die Leistungsfaktoren ($\cos \varphi$) zu entnehmen, die bei obigen Messungen bestimmt wurden. Die Anfahrten sind hierbei nicht berücksichtigt, hingegen ist die durch die Leitung hervorgerufene Phasenverschiebung inbegriffen.

Aus obigen Werten geht hervor, dass die Lokomotive der M.F.O. mit Seriemotoren das geringste Gewicht besitzt. Die Lokomotiven von B.B.C. und der A.E.G. sind bei gleicher Leistung um 12% schwerer. Im spezifischen Stromverbrauch ist die A.E.G.-Lokomotive um 1 bis 2% günstiger als jene der M.F.O. Dieses Resultat ist



300 PS-Lokomotive Nr. 201 bis 207. — 1 : 150.

jedoch infolge der Doppelspeisung der Motoren nur durch erhebliche Komplikation der Geschwindigkeitsregulierung erreicht worden. Die Beeinflussung der Fahrgeschwindigkeit geschieht nicht nur durch Veränderung der Spannung des Hauptstromes, wie beim Seriemotor, sondern entsprechend der momentanen Geschwindigkeit sind Schaltungen im Neben-erregstromkreise vorzunehmen. Die M.F.O.-Lokomotive ergibt wiederum die günstigsten Werte von $\cos \varphi$. Leider enthält oben genannte Quelle keine eingehenden Angaben über die Anfahrverhältnisse der Lokomotiven der drei Firmen, Werte, die ganz besonderes Interesse beanspruchen.

Die Betriebserfahrungen seien im Folgenden skizziert. Die Fahrleistungen und der Stromkonsum in der Zeit vom 1. Juli 1913 bis 30. Juni 1914 sind aus Tabelle IV ersichtlich. Auffällig ist der hohe spezifische Stromverbrauch in den Monaten November bis Februar. Er ist auf die elektrische Zugsheizung zurückzuführen.

Die Umformeranlage in Bevers und die Speiseleitung über den Berninapass haben stets befriedigt.

Was die Fahrleitung anbetrifft, so zeichnet sie sich durch eine hervorragende Isolation aus. In der ganzen Betriebszeit ist bisher ein einziger Isolationsdefekt eingetreten. Dies ist auf die hohen Ansprüche zurückzuführen, die schon anlässlich der Versuche gestellt wurden. Bei Prüfung unter Regen erfolgte ein Durchschlag erst bei 4,5- bis 5-facher Betriebsspannung. Infolge der grossen Temperaturdifferenzen, +30° bis -30°C, die im Engadin auftreten, konnten die Streckentrennungen nur mittelst selbsttätiger Gewichtsnachspannungen ausgeführt werden. In Kurven mussten nachträglich eine Anzahl Zwischenmaste und Abzüge eingebaut werden, da sich herausstellte, dass grössere Bügelausschläge unter ungünstigeren Verhältnissen eintraten als vorausgesehen wurde. Die Schwankungen, die sich aus den Einflüssen der Schienen, der Lokomotivfederung, der Schwankungen von Bügel und Fahrdrat zusammensetzen, konnten Werte erreichen, die Bügelentgleisungen zuließen. Auch der Geleiseunterhalt musste den neuen Verhältnissen angepasst werden. Ferner zeigte sich, dass Messing in Bandform als Klemmenmaterial ungeeignet ist. Zuerst mussten die Tunnelklemmen, dann jene der freien Leitung durch solche aus Kupfer ersetzt werden. Schienenverbindungen verschiedener Systeme wurden eingebaut, doch scheinen sich die Rundkupfer-Längsverbindungen mit angepressten konischen Köpfen am besten zu bewähren. Der gewöhnliche Leitungsunterhalt wird anlässlich der in 8 bis 14 Tagen Abstand ausgeführten Revisionsfahrten vorgenommen.

Ueber die Konstruktion der Lokomotiven enthält die Denkschrift verschiedene interessante Einzelheiten. Zunächst seien die Mitteilungen über den mechanischen Teil erwähnt. An den Endkuppelachsen scheint eine stärkere Spurkranz-abnutzung eingetreten zu sein, als dies von Dampflokomo-tiven erwartet worden wäre. Um die beim Bremsen ent-stehende Bandagenerwärmung zu verringern, wurde die Hardybremsausrüstung mit einer Verzögerung gegenüber

Tabelle I. Gewichtsverhältnisse der elektrischen Lokomotiven der Rhätischen Bahn.

Lokomotive-Nr. und -Type	Nr. 201 bis 207	Nr. 301	Nr. 351 u. 352	Nr. 355 bis 357	Nr. 391
	1-B-1	1-D-1	1-D-1	1-D-1	1-D-1
Erstherstellerin	B. B. C.	B. B. C.	M. F. O.	M. F. O.	A. E. G.
Anzahl	7	1	2	3	1
Stundenleistung . . . PS	300	600	600	800	600
Länge über Puffer . . . mm	8700	11 500	10 800	11 100	11 000
Gewicht des mech. Teiles . kg	18 900	26 700	27 600	30 500	30 200
Gewicht des elektr. Teiles . kg	17 800	28 470	21 700	25 870	25 180
Totalgewicht kg	36 700	55 170	49 300	56 370	55 380
Adhäsionsgewicht kg	21 800	42 110	39 160	43 800	41 380
Gewicht des elektr. Teiles pro PS kg/PS	59,3	47,5	36,2	32,4	42,9
Gewicht der ganzen Lokomotive pro PS kg/PS	122	92	82,3	70,5	92,3

Tabelle II. Wattstundenverbrauch pro Bruttotonnenkilometer.

Lok.-Nr.	Erstherstellerin	Lokomotiv-gewicht. t	Anhänge-gewicht. t	Zugs-gewicht. t	Brutto-tonnen-kilometer	Verbrauchte kWh			Watt-stunden pro Br.-tkm
						Talfahrt	Bergfahrt	Tal- und Bergfahrt	
<i>Leerfahrt</i>									
301	B. B. C.	55,17	—	55,17	6261	145,0	274,6	419,6	67,0
351	M. F. O.	49,54	—	49,54	5623	114,6	230,7	345,3	61,4
391	A. E. G.	55,38	—	55,38	6285	130,4	248,0	378,4	60,2
<i>Halblast</i>									
301	B. B. C.	55,17	62,35	117,52	13 338	154,5	393,9	548,4	41,1
351	M. F. O.	49,54	65,24	114,78	13 027	140,4	375,8	516,2	39,6
391	A. E. G.	55,38	62,35	117,73	13 362	142,0	383,5	525,2	39,3
<i>Vollast</i>									
301	B. B. C.	55,17	124,70	179,87	20 414	155,2	516,6	671,8	32,9
351	M. F. O.	49,54	130,62	180,16	20 449	142,0	517,0	659,0	32,2
391	A. E. G.	55,38	124,70	180,08	20 438	144,9	517,4	662,3	32,4

Tabelle III. Leistungsfaktor ($\cos \varphi$).

Fahrt auf der Strecke	Halblast			Vollast		
	Nr. 301 B. B. C.	Nr. 351 M. F. O.	Nr. 391 A. E. G.	Nr. 301 B. B. C.	Nr. 351 M. F. O.	Nr. 391 A. E. G.
Lavin-Süs 0%/100	0,29	0,68	0,60	0,33	0,77	0,65
Scansf-Zuoz 10%/100	0,53	0,81	0,78	0,65	0,80	0,70
ZerneZ-Carolina 20%/100	0,57	0,82	0,78	0,65	0,83	0,81
Schuls Tara-p Fetan 25%/100	0,61	0,83	0,81	0,72	0,82	0,82

Tabelle IV. Stromverbrauch.

Monat	Lokomotiv-kilometer	Bruttotonnen-kilometer	Verbrauchte kWh	Wattstunden		Umformerstation	
				pro Lok.-km	pro Br.-tkm	Höchste Leistungs-spitze kWh	Höchste Belasung w. 10 Min. kWh
<i>1913</i>							
Juli	43 535	4 160 675	180 250	4140	43 3	1570	860
August	44 389	4 591 089	207 800	4681	45,2	1700	770
September	35 671	3 393 488	163 350	4579	48,3	1700	600
Oktober	30 702	2 888 784	134 300	4374	46,5	1460	650
November	29 178	2 639 206	134 700	4616	51,0	1400	600
Dezember	29 148	2 835 661	160 050	5485	56,4	1680	650
<i>1914</i>							
Januar	32 589	2 922 059	168 300	5170	57,6	1740	600
Februar	28 807	2 597 097	131 950	4580	50,8	1600	670
März	30 291	2 789 123	134 650	4440	48,2	1500	660
April	30 077	2 693 747	120 950	4020	44,8	1370	660
Mai	35 695	3 189 392	147 250	4125	46,1	1350	600
Juni	36 343	3 176 842	140 350	3862	44,1	1390	580
	406 425	37 877 163	1823 900	4488	48,1	1740	860

der Zugsbremsung versehen, die sich gut bewährt hat. Die Lokomotiven mit rasch laufenden Motoren (M.F.O. und A.E.G.) zuckten anfangs bei der Geschwindigkeit von 30 km/h. Dem Uebelstand wurde durch sorgfältiges Ausbalancieren jedes einzelnen rotierenden Teiles abgeholfen. Im allgemeinen befriedigen die Blindachsenantriebe, doch zeigte sich, dass für die bei der 600 PS-Lokomotive von

Herr Professor Dr. E. Blattner, die Beamten der Bahngesellschaft und die Lieferanten ihr Bestes geleistet haben; durch ihr gutes Zusammenarbeiten haben sie das erfreuliche Resultat ermöglicht.

Die Denkschrift der Rhätischen Bahn enthält des Interessanten noch viel, sowohl konstruktive als experimentelle Angaben, die für Jedermann, der am elektrischen Bahnbetrieb Interesse hat, sehr wertvoll sind. Die Lektüre dieses Berichtes ist sehr zu empfehlen.

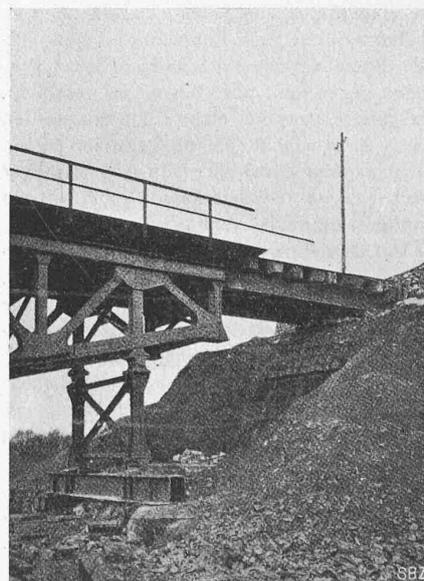
Miscellanea.

Wasserstrassenprojekte in Russland. Im Laufe der letzten Jahre hat die russische Regierung ein weitreichendes Programm über die Anlage von Wasserstrassen aufgestellt, das neben der Entwicklung des Binnenschiffahrtsnetzes als Hauptzweck die Verbindung der Ostsee mit dem Schwarzen Meer und die Vereinigung der europäischen Schifffahrtskanäle mit jenen des asiatischen Russlands verfolgt. Nach der „Oesterreichischen Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst“ sind acht Hauptlinien ins Auge gefasst. Die erste soll als nordrussische Magistrale unter Ausbau der bereits bestehenden Kanäle von der Newa in die nördliche Dwina, von dort in die Petschora, sodann durch Ilytsch und Sosswa über die Uralwasserscheide zum Ob führen. Das zweite System, die mittelrussische Magistrale, wird unter Benutzung des bestehenden Dnjepr-Bug-Kanals von der Weichsel durch Bug, Pripet, Dessna und Oka zur Wolga, und weiter der Kama und der Tschussowaya folgend, bei Jekaterinburg den mittleren Ural durchschneiden, um durch den Isset und den Tobol wieder zum Irtisch und Ob zu gelangen. Weiter nach Osten soll dann die Verbindung durch einen Ob-Jenissei-Kanal, die Angara und den Baikalsee mit dem System des Amurs und der Lena hergestellt werden. Die südrussische Magistrale wird den Dnjestr von der österreichisch-ungarischen Grenze bis zum Schwarzen Meer benützen, und weiter durch den Dnjepr und die Samara aufwärts eine Verbindung mit dem Donetz und dem Don herstellen.

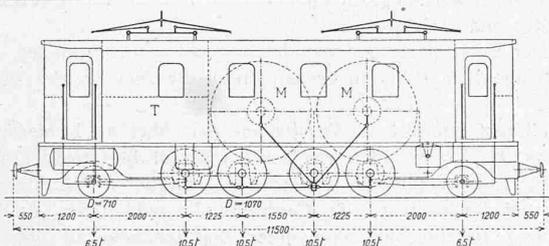
Eine vierte Hauptlinie bildet im Zuge des Dnjeprs und der Düna die Verbindung zwischen Ostsee und Schwarzem Meer mit einer Abzweigung durch den Uswiat in den Lowat zum Anschlusse an das nordrussische System. Privatprojekte sehen sogar die Ausbildung dieses Wasserwegs zur Benutzung durch Ozeandampfer und Kriegsschiffe vor. Die fünfte Linie ist die bereits bestehende Verbindung zwischen dem Kaspischen Meer und der Ostsee, über Wolga, Scheksna und die nordrussischen Kanäle. Die drei letzten Hauptlinien werden von den sibirischen Strömen Ob, Jenissei und Lena von ihren Oberläufen bis zur Mündung gebildet.

Erneuerung der Widerlager an der Regabrücke bei Regenwalde. In einfacher Weise wurde an der bei Regenwalde

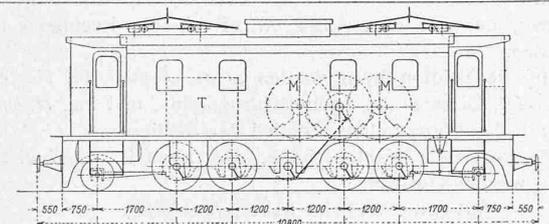
in Pommern über die Rega führenden Eisenbahnbrücke, unter Umgehung des kostspieligen Baues einer Notbrücke und unter Aufrechterhaltung des Verkehrs, der notwendig gewordene Ersatz der Widerlager vorgenommen. Nachdem zunächst auf der einen Seite der 37 m weit gespannte, eiserne Ueberbau im vorletzten Knotenpunkte durch ein Pendeljoch abgefangen worden war, wie auf nebenstehender, der Zeitschrift „Eisenbau“ entnommene Abbildung ersichtlich ist,



wurde zwischen dem letzten Querträger und dem anschliessenden Damme ein Schleppträger gelegt, und nun unter diesem das Widerlager abgebrochen und erneuert. Während dieses Bauzustandes



600 PS-Lokomotive Nr. 301. — Ma·stab 1 : 150.



MFO	600 PS	5,1	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	5,1	
	600 PS	6,3	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	6,3	
AEG	600 PS	7,0	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	7,0	Achsgewichte in Tonnen

600 PS-Lokomotiven Nr. 351 und 352, sowie 391.
800 PS-Lokomotive Nr. 355 bis 357. — 1 : 150.

B. B. C. angewandte Konstruktion eine peinlich genaue Einstellung aller Triebwerksteile unter Vermeidung jeglichen Spieles für einen guten Gang erforderlich ist. Bei den 300 PS-Lokomotiven von B. B. C. wurden die ursprünglich eingebauten Achskompressoren durch Motorkompressoren ersetzt, da die Erzeugung der Druckluft z. B. im Manöverdienst Schwierigkeiten bot und zudem der Unterhalt kostspielig war.

Auch am elektrischen Teile zeigten sich verschiedene Störungen. An den Motoren der B. B. C.-Lokomotiven traten Defekte ein, die zu Verbesserungen an den Rotorwicklungen Anlass gaben. Die anfangs zu häufigen Brüche der Motorkohlen an den M.F.O.-Lokomotiven wurden dadurch hintangehalten, dass die Kollektoren von Zeit zu Zeit, sobald sich ein Beginn von Unrundwerden zeigt, abgeschliffen werden. Durch Anbringen von Führungsnasen seitlich am Schleppbügel der Stromabnehmer wurde die Wahrscheinlichkeit schwerer Defekte bei Bügelentgleisungen verringert. Ferner traten bei den Luftsaug-Motorpumpen sämtlicher Lokomotiven Betriebsstörungen infolge Eindringens von Kohlenstaub auf. Durch Einbau guter Luftfilter wurde diesem Uebelstand gesteuert. Was schliesslich die elektrische Zugsheizung betrifft, so hat sie vollkommen befriedigt, nachdem verschiedene Teile den Beanspruchungen des Bahnbetriebes entsprechend stark erstellt worden waren, insbesondere die Kupplungen.

Auch die Erfahrungen an den Schwachstromanlagen sind durchaus befriedigend. Die Leitungen sind alle als Freileitungen erstellt mit Ausnahme eines Kabels durch den Charnadura-Tunnel. Telephon und Telegraph besitzen von Erde isolierte Rückleitungen. Die Apparate eines Stromkreises sind stets parallel geschaltet. Kreuzungen der zwei Drähte einer Schleife sind je nach Bedarf in 120 bis 1000 m Abstand eingebaut. Als Schutzmittel dienen Grob- und Feinsicherungen. Von grossem Einfluss ist auch die angewandte hohe Isolation und eine geeignete Konstruktion der Fahrzeugmotoren.

Der von Anfang an fast störungsfreie Betrieb beweist, dass alle Beteiligten, der beratende Ingenieur der Rh. B.,