

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 16

Artikel: Elektrifikation der Zahnradbahn Visp-Zermatt
Autor: Altorfer, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43435>

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: 06.02.2025

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

INHALT: Elektrifikation der Zahnradbahn Visp-Zermatt. — Wasserkraftanlage am Shannon-River, Irland. — Wettbewerb für die Friedhof-Erweiterung und ein Krematorium in Oberkirch-Frauenfeld. — Dachwohnung und Bauvorschriften. — Baubudget 1930 der Schweizer Bundesbahnen. — Elektrisch geschweisste Hallenbinder für den Scala-Kino in Biel. — Mitteilungen: Kreuzungsbauwerke für Landstrassen bei Pcnig in Sachsen. Die „Werkbund-Siedlung“ in Breslau. Abnahme

geschweisster Stahlbauten. Der Eisenbetonkurs der S.I.A. in Lausanne. Vom Schweizer Wohnungsbau. Wasserbauschule in Grenoble. Eidgen. Technische Hochschule. Die neue Hängebrücke über den Rhein in Köln-Mülheim. Das englische Luftschiff „R 101“. — Nekrologe: Rudolf Wekerlin. — Wettbewerbe: Schulhaus mit Turnhalle in Dietikon. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine: Basler Ingenieur- und Architekten-Verein.

Band 94

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 18

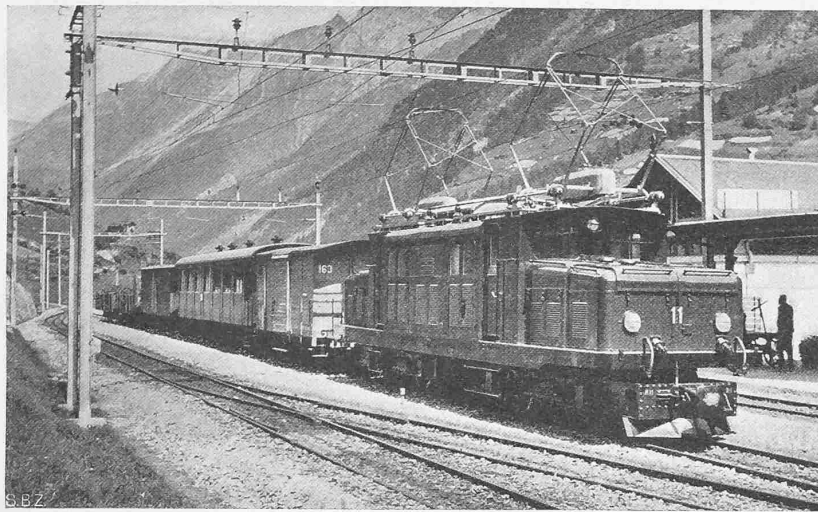


Abb. 2. Zug der Visp-Zermatt-Bahn im Bahnhof Zermatt.

Elektrifikation der Zahnradbahn Visp-Zermatt.

Von Ingenieur PAUL ALTORFER, Oerlikon.

Die ersten Elektrifikationspläne dieser Bergbahn, greifen bereits auf eine Reihe von Jahren zurück. Diese ältern Projekte befassten sich hauptsächlich mit Studien über den Umbau der jetzigen Dampflokomotiven für elektrischen Betrieb unter Verwendung der alten Triebgestelle, sie führten jedoch zu keinem praktischen Ergebnis. Im November 1926 wurden darauf die Grundlagen für die Elektrifikation geändert, indem als Betriebssystem Gleichstrom von 2000 oder 3000 Volt und als Triebfahrzeuge Motorwagen für gemischten Betrieb vorgesehen waren.

Nach eingehender Prüfung der eingereichten Projekte und Diskussion mit den Konstrukteuren erfolgte abermals eine Neu-Ausschreibung, bei der anstelle der Triebwagen nunmehr Lokomotiven in Aussicht genommen waren, und zwar für Anhängelasten von max. 60 t. Auch sollte eine Variante für Betrieb mit Einphasenstrom von 15000 oder 10000 Volt und $16\frac{2}{3}$ Perioden in Betracht gezogen werden.

Nach Prüfung der verschiedenen Konkurrenzangaben erteilte die Visp-Zermatt-Bahn der Maschinenfabrik Oerlikon als Generalunternehmerin den Auftrag für fünf Lokomotiven für Zahnrad- und Adhäsionsbetrieb. Als Betriebssystem wurde Einphasenstrom von 10500 Volt am Speisepunkt gewählt. Die für den Betrieb nötige Energie wird

dem SBB-Bahnnetz in Visp unter Zwischenschaltung eines Reduktions-Transformators entnommen.

Der Entschluss, Einphasenstrom im vorliegenden Fall zu verwenden, bedeutet eine neue Etappe im Bau von Bergbahn-Lokomotiven, indem dieses Betriebssystem für Zahnradlokomotiven bisher noch nie angewendet worden war.

Die Hauptdaten der Strecke sind folgende: Betriebslänge 35,050 km; Höhendifferenz Visp-Zermatt 954,5 m; Zahnstangensystem Abt, mit zwei Lamellen auf Steigungen über 100‰, und 120 mm Teilung; Länge der Adhäsionstrecken 27,610 m, der Zahnradstrecken 7,440 m; Minimaler Kurvenradius auf offener Strecke 80 m, in Zahnradstrecken 100 m; Maximalsteigung auf Adhäsionstrecken 20‰, auf Zahnradstrecken 125‰; Zulässiger Achsdruck 12 t; Zulässige Fahrgeschwindigkeiten auf Adhäsionstrecken max. 45 km, auf Zahnradstrecken von 41 bis 70‰

20 km/h, von 70 bis 110‰ 18 bis 15 km/h, von 110 bis 125‰ 14 km/h; Max. Zugsgewicht 108 t, und zwar 48 t für die Lokomotive, 60 t für die Anhängelast.

Ausser der eigentlichen Bergstrecke, deren Längsprofil in Abbildung 1 wiedergegeben ist, hat die Bahngesellschaft Visp-Zermatt noch die Konzession erworben für ein Teilstück Visp-Brig von 8,9 km Länge, deren Bau bereits begonnen hat. Auf diese Weise findet die VZ-Bahn direkten Anschluss an die Züge der Furka-Oberalp-Bahn, was die Möglichkeit bietet wird, direkte Wagen vom Netz der Rhätischen Bahn über die Furka-Oberalp-Bahn nach Zermatt zu führen.

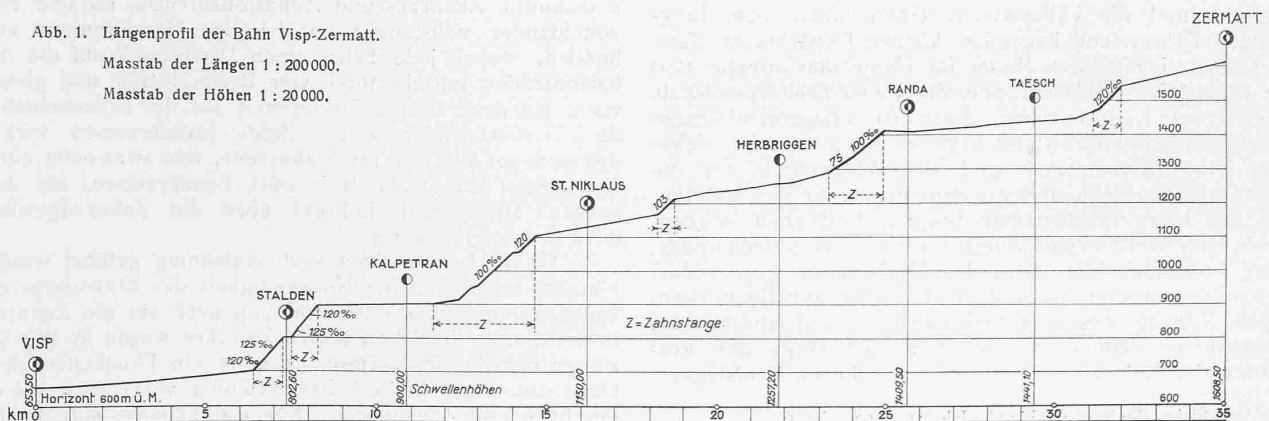
Der allgemeine Aufbau der Lokomotiven ist aus den Abb. 2 bis 4 ersichtlich. Die Einhaltung der vorgeschriebenen Tara stellte an alle beteiligten Firmen sehr hohe Anforderungen hinsichtlich genauester Gewichtsrechnung; insbesondere musste für den Lokomotivkasten, der bei der Schweizerischen Wagons- und Aufzügefabrik A.-G. Schlieren in Auftrag gegeben wurde, in ausgiebigem Masse für Boden, Seitenwände, Dach, Zwischenwände, Vorbauten Aluminium, zum Teil sogar das kostspielige „Anticorodal“ der Aluminium-Industrie A.-G. Neuhausen verwendet werden.

Auf Grund von Pflichtenheft und Fahrplan wurde die Lokomotivleistung am Triebbradumfang zu 650 PS als Einstundenleistung berechnet. Für den Antrieb auf Adhäsions- und Zahnstangenstrecken wurde das gleiche Antriebsystem

Abb. 1. Längenprofil der Bahn Visp-Zermatt.

Masstab der Längen 1 : 200000.

Masstab der Höhen 1 : 20000.



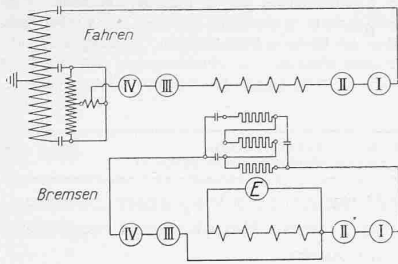


Abb. 7. Schaltungsdiagramm der vier Triebmotoren der Einphasenstrom-Lokomotive Visp-Zermatt. Oben Fahrschaltung. Unten Bremsenschaltung.

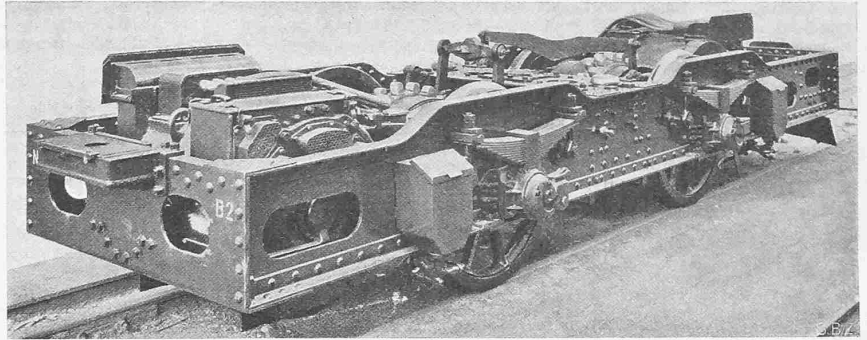


Abb. 6. Zweiachsiges Drehgestell mit zwei Triebmotoren.

verwendet, das seinerzeit für die Motorwagen der Martigny-Châtelard-Bahn angewendet worden war.¹⁾ Dieses System wurde gewählt mit Rücksicht auf die einfache und betriebssichere Einfahrt in die Zahnstange. Die Motoren (Abb. 5) arbeiten mittels doppelter Zahnradübersetzung über ein mit der Rutschkupplung zusammengebautes Ritzel und ein grosses Zahnrad auf eine für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb gemeinsame Zwischenwelle. Diese trägt zwei Zahnkolben; der eine arbeitet im Eingriff in ein fest auf die Triebachse aufgekeiltes Zahnrad und dient als Adhäsionsantrieb, der andere greift in ein Zahnrad ein, das direkt mit dem Zahnstangenantrieb verschraubt und mittels einer Hohlwelle auf die Adhäsionstriebachse aufgesetzt ist. Die Uebersetzung zwischen Motorwelle und Adhäsionsantrieb beträgt total $1:6,2$, jene für den Zahnradantrieb $1:5,6$. Auf den reinen Adhäsionsstrecken laufen die Zahnräder für Zahnstangenantrieb leer mit, während auf den Zahnradstrecken der Adhäsionsantrieb den Zahnradantrieb unterstützt.

Die Drehgestelle (Abb. 6), die samt den Uebersetzungstriebmotoren für die Motoren von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur ausgeführt worden sind, haben einen Radstand von 2010 mm. Die zwei Motoren jedes Drehgestells sind mittels Tatzenlagern auf den Radsätzen aufgesetzt und die Motorgehäuse federnd an den äusseren Kopftraversen der Drehgestelle gestützt. Zur Verhinderung von Schlingerbewegungen ist diese Aufhängung mit einer besonderen Bremsvorrichtung versehen.

Die Lokomotivkastenbrücke ruht mittels Drehzapfen auf in den mittlern Drehgestelltraversen eingelassenen Drehpfannen. Zur seitlichen Stützung des Kastens auf die Drehgestellrahmen dienen gefederte Gleitplatten. Eine sogenannte Wiegenfederung ist nicht vorhanden.

Für die Sandung ist eine pneumatisch betätigte Sandervorrichtung vorhanden. Zwei Schmierapparate sorgen für die Spurradschmierung; für die Triebzahnäder ist eine regulierbare Schmierung vorgesehen.

Der Lokomotivkasten, auf einem kräftigen Längsgestell aus Profilleisen aufgestellt, umfasst zwei Führerstände und die Vorbauten für die Aufnahme der Hilfsbetriebsgruppen und die Hilfsbatterie, einen hinter dem bergseitigen Führerstand liegenden kleinen Gepäckraum, dann in Lokomotivmitte den Raum für Haupttransformator und die zugehörige Gebläsegruppe, die Ueberschaltrosselspule sowie zwei Luftreservoirs. Zwischen Transformatorraum und talseitigem Führerstand liegt der Apparateraum. Ueber dem Transformatorraum sind die Widerstände für die elektrische Kurzschlussbremse angeordnet, die von Kühlluft, die den Haupttransformator bespült, bestrichen werden. Beide Führerstände sind durch einen schmalen Bedienungsgang verbunden, der neben dem Hochspannungs- und dem Transformatorraum vorbeiführt. Für den allfällig notwendigen Zugang des Zugspersonals zur Lokomotive (bei einmänniger Bedienung) dienen aussen längs der Vorbauten der Lokomotive angeordnete schmale Laufstege.

¹⁾ Siehe „Bulletin Oerlikon“, Jahrgang 1922, Nr. 6.

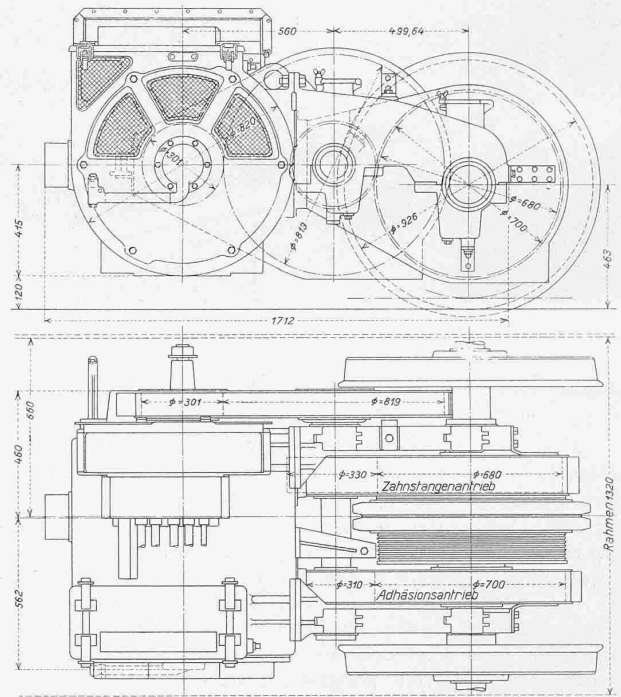


Abb. 5. Einphasenwechselstrom-Triebmotor für 160 PS Einstundenleistung bzw. 140 PS Dauerleistung.

Die Disposition und Bemessung der Bremsen mit Berücksichtigung des relativ hohen Zuggewichtes von 108 t und der Steilrampen von 125 ‰ erforderten erhebliche Vorstudien. Die Lokomotiven sind mit Vakuumbremse System Hardy mit zwei Bremszylindern für die reine Adhäsionsbremse, sowie mit Handbremse für Adhäsion und Zahnstange und endlich mit Einrichtung für elektrische Kurzschlussbremse ausgerüstet. Dabei dient die Hardybremse auch als durchgehende Zugsbremse; bei den Anhängewagen wirkt sie sowohl als Adhäsions- als auch als kombinierte Zahnrad- und Adhäsionsbremse. Es sind zwei voneinander vollständig unabhängige Handbremsen vorhanden, wobei jede beim einen Drehgestell auf die Adhäsionsräder mittels total vier Bremsklötzen und gleichzeitig auf dem andern Drehgestell auf die Bremscheiben der Triebzahnäder wirkt. Beide Handbremsen wirken demnach auf alle vier Triebzahnäder, und zwar beim einen Drehgestell direkt durch je zwei Bandbremsen, auf dem andern Drehgestell indirekt über die Zahnradgetriebe mittels der Klotzbremse.

Da die Lokomotiven auch einmännig geführt werden können, ergab sich die Notwendigkeit des Einwirkens der sogenannten Sicherheitseinrichtung auch auf die Zahnradbremse; zum Erreichen dieses Zweckes wurde in das Gestänge der Zahnradbremse noch je ein Druckluftzylinder eingebaut. Diese Sicherheitseinrichtung wirkt auch auf die durchgehende Zugsbremse. Für die Talfahrt soll als Be-

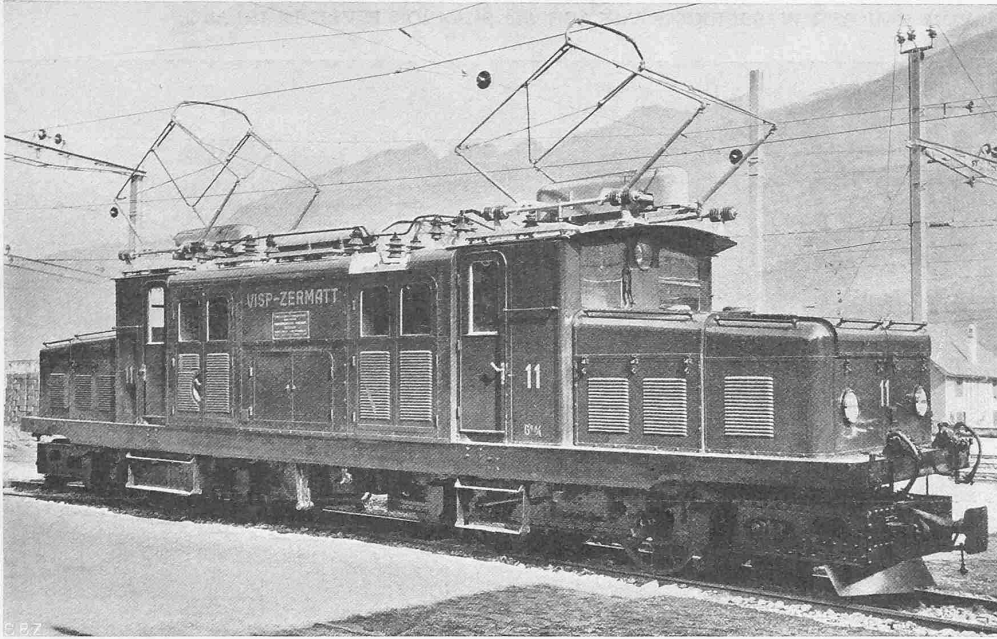


Abb. 3. Einphasen-Wechselstrom-Zahnradlokomotive der Bahn Visp-Zermatt.

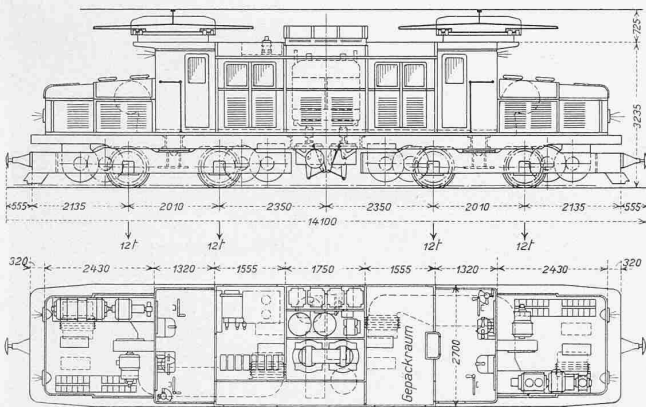


Abb. 4. Typenskizze der Lokomotive. — Masstab 1 : 130.

triebsbremse die elektrische Kurzschlussbremse benutzt werden, die weiter unten beschrieben ist.

Gemäss den Bedingungen des Pflichtenheftes ergaben die Berechnungen unter Zugrundelegung des maximalen Zuggewichtes von 108 t eine Normalleistung der Lokomotive von rd. 640 PS einständig, am Triebtrieb gemessen, und eine Normalzugkraft von 8650 kg; die Maximalzugkraft für Anfahren auf 125 ‰ wurde zu rd. 14000 kg festgesetzt. Demnach wurden die vier Motoren einer Lokomotive für je 160 PS Einstundenleistung bzw. 140 PS dauernd gebaut, beides am Triebtrieb gemessen. Sie sind als kompensierte Einphasen-Kollektormotoren und für Fremdkühlung ausgeführt, und alle vier dauernd in Reihe geschaltet (Abb. 7 oben). Die Ankerlager sind wie bei allen modernen Traktionsmotoren als Rollenlager gebaut, die in den am Motorgehäuse sitzenden Tragarmen befindlichen Lager für Zwischenwelle und Triebachse dagegen als Gleitlager mit Kissenschmierung.

Die Regulierung der Fahrgeschwindigkeit erfolgt in zwölf Stufen mittels Steuerkontroller vom Stufentransformator in Sparschaltung unter Verwendung zweier Uberschaltspulen in Kombination mit elektropneumatisch gesteuerten Hüpferschaltern. Die Reversierung für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt und für elektrische Kurzschlussbremsung geschieht wie üblich für den ferngesteuerten Wendeschalter. Zur Eliminierung eines allfällig defekten Motors dient ein Motortrennschalter. Die elektrische Kurzschlussbremsung (Schema Abb. 7 unten) wird derart bewerkstelligt, dass

die Felder der vier Triebmotoren im Bremsbetrieb in Reihe geschaltet und durch Gleichstrom fremd erregt werden. Dabei sind die Anker der vier Motoren ebenfalls unter sich und mit einem Bremswiderstand in Reihe geschaltet.

Die Regulierung der Fahrgeschwindigkeit im Bremsbetrieb erfolgt wie beim Fahrbetrieb vom Steuerkontroller aus durch Regulierung des Erregerstromes der Erregerdynamo. Je nachdem auf Adhäsion oder Zahnstange gebremst wird, wird der Bremswiderstand auf je einen bestimmten Wert automatisch umgeschaltet.

Für den Einmannbetrieb ist in jedem Führerstand unter dem Fahrschalter ein Pedal angeordnet, sowie ein Druckknopf auf der

dem Fahrschalter abgekehrten Führerstandseite. Beim Loslassen des Pedals bzw. Druckknopfes wird der sogen. Totmann-Apparat in Gang gesetzt, der nach Durchlaufen eines Weges von 30 m die Schnellbremse ansetzt und gleichzeitig den Hauptölschalter auslöst.

Der Transformator wurde aus räumlichen Gründen und besonders mit Rücksicht auf die Gewichtsfrage als Trockentransformator gebaut.

An Hilfsbetrieben besitzt die Lokomotive: Zwei Gebläsegruppen, bestehend aus je einem vierpoligen Einphasen-Kollektor-Motor für 220 Volt Spannung und eine Leistung von etwa 8 PS bei 1500 Uml/min, gekuppelt mit je einem Gebläse für die Kühlung eines Triebmotorpaares. Eine Gebläsegruppe, bestehend aus einem Motor, direkt gekuppelt mit zwei Gebläsen für die Kühlung des Stufentransformators und gleichzeitig für die Kühlung der im Dachaufsatz montierten Bremswiderstände. Ein Kompressor- und Vakuumaggregat, umfassend einen 8 PS Einphasen-Kollektormotor 1500 Uml/min, gekuppelt mit einem kleinen Oerlikon-Kompressor für Erzeugung der Druckluft von 5 bis 7 at für die Apparatensteuerung und für die Hilfsbremszylinder, ferner eine Vakuumpumpe Bauart Oerlikon für 2700 l/min Hubvolumen bei voller Drehzahl für die Betätigung der Hardybremse, eine Motorgeneratorgruppe mit Gleichstrom-Nebenschluss-Generator 72 bis 80 Volt zum Laden der Hilfsbatterie, ein Niederspannungsdynamo für die Erregung der Triebmotorenfelder im Bremsbetrieb, und eine Nickeisenbatterie System Jungner mit 48 Zellen für eine Kapazität von 120 Ah bei vierstündiger Entladung. Diese Batterie dient für die Apparatensteuerung in Kombination mit der Hilfsumformergruppe und bildet gleichzeitig eine Reserve für den Antrieb der Hilfsbetriebe bei Ausfall der Linienspannung. In solchen Fällen werden die Motoren der Hilfsbetriebe durch Umschaltung mit der Batterie verbunden. Bei der aufgeführten Umformergruppe wird deren Gleichstrom-Nebenschlussgenerator als Motor für die Erregerdynamo benutzt, sodass auch bei Ausfall der Linienspannung — allerdings in zeitlich beschränktem Ausmass — die Kurzschlussbremsung gewährleistet ist.

Die Steuerspannung für die elektropneumatisch gesteuerten Hüpferschalter beträgt normal 64 V, während die Heizung der Führerstände und des Gepäckraumes durch Einphasenstrom 300 V erfolgt. Die Lokomotiven sind auch mit Kupplungsdosen für Zugsheizung Typ Rhätische Bahn ausgerüstet, um den eingangs erwähnten Durchgangsverkehr von Personenwagen dieser Bahngesellschaft zu ermöglichen.

Mit der ersten Lokomotive, die Anfang August 1929 abgeliefert worden ist, konnten die Abnahmeversuche mit dem vertraglich festgelegten Zuggewicht von 108 t bereits am 15. und 16. des gleichen Monats stattfinden.

Fahr- und Bremsproben ergaben bemerkenswerte Resultate. Die vorgeschriebenen Fahrzeiten bergwärts zwischen Stationen konnten genau eingehalten werden.

Die Einfahrten in die Zahnstangenstrecken gingen leicht von statten, wie dies bei dem vorliegenden System zu erwarten war. Anfahrten auf der Maximalrampe von 125 ‰ mit obigem Zuggewicht boten keine Schwierigkeiten; der maximale Stromstoss lag rd. 25 ‰ über dem dem Beharrungszustand entsprechenden Wert. Bei den Bremsproben auf Maximalgefälle konnte der ganze Zug von 108 t mit jeder der beiden Handbremsen (kombinierte Zahnrad- und Adhäsionsbremse) von der Lokomotive allein mit Bremswegen von 25 bis 30 m bei Anfangsgeschwindigkeiten von 15 bis 16 km/h gestellt werden. Die Sicherheitsvorrichtung brachte nach Loslassen des Totmannpedals den Zug auf dem Maximalgefälle nach einem Bremsweg von 30 m zum Halten. Auf Adhäsionstrecken mit 5 ‰ Gefälle und einer Anfangsgeschwindigkeit von 45 km/h betrug der Bremsweg 95 m; dies entspricht einer Verzögerung von 1,32 m/sek², auf die Horizontale bezogen. Die elektrische Kurzschlussbremsung als Betriebsbremse für das ganze Zuggewicht bewährte sich dank der feinen Abstufung vorzüglich.

Der Energiebedarf für eine Hin- und Rückfahrt auf der ganzen Strecke mit dem Zug von 108 t betrug an der Oberspannung von 15000 Volt des Stationstransformators in Visp gemessen 735 kWh, und zwar 585 kWh für Bergfahrt und 150 kWh für Talfahrt. Dies entspricht einem Energiebedarf von 97 Wh/Bruttotkm, auf Hin- und Herfahrt bezogen, einschliesslich Verluste im Stationstransformator und in der Kontaktleitung. Dieses Ergebnis darf als sehr befriedigend bezeichnet werden.

VOM BAU DER WASSERKRAFTANLAGE AM SHANNON RIVER IN IRLAND.

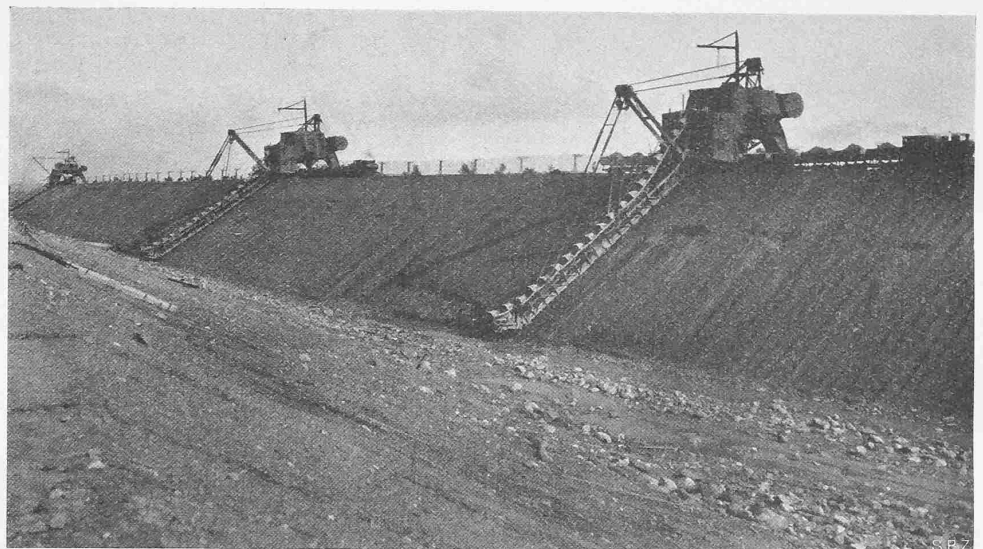


Abb. 3. Kanal-Aushub mittels Baggern von je 375 m³ Stundenleistung.

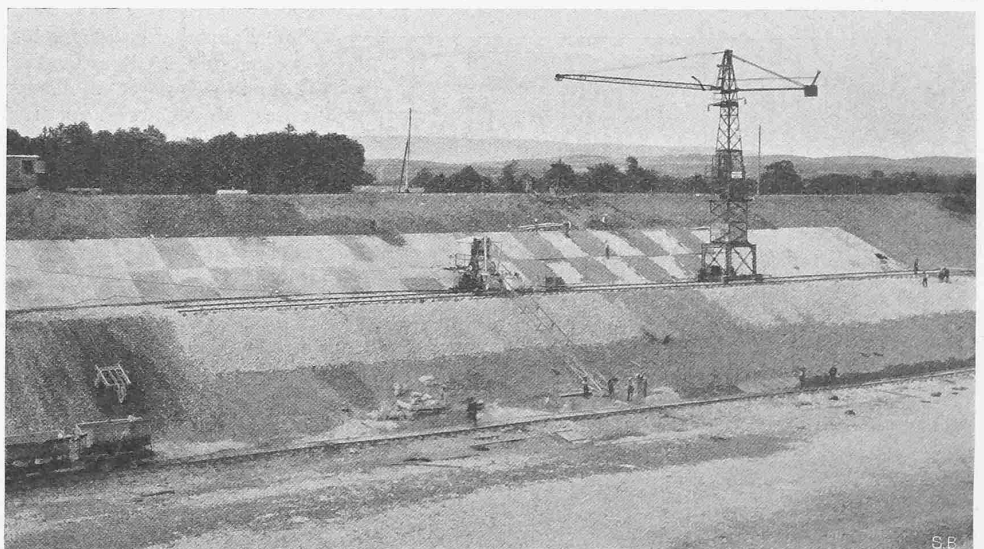


Abb. 4. Verkleidung der Kanalböschungen: Steinschlag, von 1 m über H.-W. bis 1 m unter N.-W. mit Beton abgedeckt.

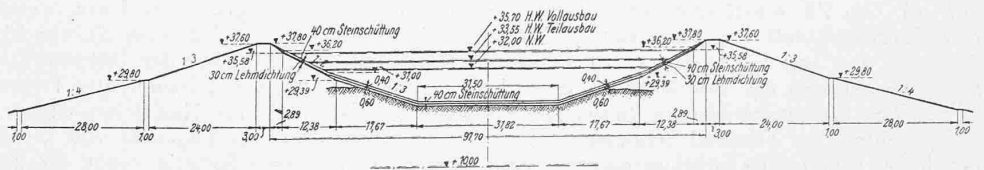


Abb. 2. Kanalprofil, Masstab 1:1500. (Abb. 1 und 2 nach „Bautechnik“.)

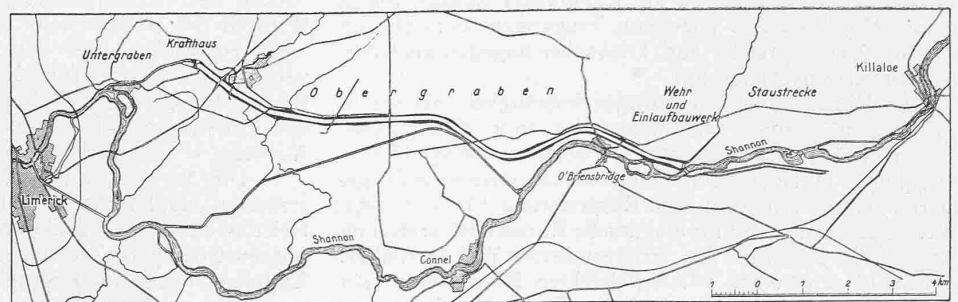


Abb. 1. Uebersichtsplan des Shannon-Kraftwerks. — Masstab 1:150 000.