

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93/94 (1929)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Diesel-elekt. Triebwagen der Appenzellerbahn  
**Autor:** Trechsel, Max E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-43382>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.04.2026

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

INHALT: Diesel-elektrische Triebwagen der Appenzellerbahn. — Notes sur le calcul des conduites des usines hydrauliques. — Hotel-Umbauten von Architect A. Meili, Luzern. — Das Dornier-Flugschiff „Do. X“. — Mitteilungen: Untersuchung der Vorgänge beim Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. Zur Verminderung des Klopfens bei Fahrzeugmotoren mit hoher Kompression. Zweidruck-Dampfkraft-

anlagen. Prüfung von Wärme- und Kälteschutzanlagen. Strassenbahnwagen mit Sprengvorrichtung. Die Automobilausfuhr. — Wettbewerbe: Neugestaltung des Bahnhofplatzes in Zürich. Schwimmbad in Interlaken. — Literatur: Romanische Baukunst und Skulptur in Frankreich. Eingegangene Werke. — Mitteilungen der Vereine: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Section Vaudoise.

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. 4



Abb. 1. Zwei Sulzer-Dieselmotor-Triebwagen in der Station Herisau.

### Diesel-elekt. Triebwagen der Appenzellerbahn.

Von Dipl. Ing. MAX E. TRECHSEL, Ingenieur bei der Firma Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft, Winterthur.

Diesel-elektrische Triebwagen eignen sich neben der Verwendung auf Hauptstrecken vor allem auch zum Dienst auf Nebenbahnen, für die der Betrieb mit Dampflokomotiven infolge der hohen Brennstoff- und Personalkosten und der kleinen Züge nicht wirtschaftlich ist. Gewöhnlich ergibt die Elektrifikation zu hohe finanzielle Belastungen, sodass sie aus diesem Grunde nicht in Angriff genommen wird. Dagegen kann eine Anpassung an die Forderungen des modernen Verkehrs mittels der Einführung von Diesel-Lokomotiven und Diesel-Triebwagen erreicht werden.

Bei diesen Fahrzeugen sind infolge der guten thermischen Eigenschaften der Dieselmotoren und des niedrigen Brennstoffpreises die Betriebskosten bedeutend niedriger als bei Dampflokomotiven. Sie werden wie einige Fahrzeuge des rein elektrischen Betriebes nur von einem Mann bedient. Da sie keine so grossen Kapital-

aufwendungen wie die Einrichtung des elektrischen Betriebes erfordern, lässt sich eine Rentabilität eher erreichen. Als bei der Appenzeller-Bahn die teilweise Erneuerung des Traktionsmaterials in Frage kam, indem der Ersatz von Dampflokomotiven notwendig geworden wäre, entschloss sich der Verwaltungsrat zur Anschaffung von zwei Sulzer-Diesel-Triebwagen. Diese seit kurzem in Dienst stehenden Wagen (Abb. 1 und 2) sind die ersten schmalspurigen Fahrzeuge dieser Art in der Schweiz. Sie wurden von der Firma Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur entworfen, die auch die Dieselmotoren mit Zubehör gebaut hat. Die Lieferung der elektrischen Ausrüstung wurde der Maschinenfabrik Oerlikon übertragen, während der mechanische Teil aus den Werkstätten der Schweizerischen Industriegesellschaft Neuhausen stammt.

Die meterspurige Strecke von insgesamt 26 km Länge weist 37 ‰ Maximalsteigung und 90 m Minimalradius auf und überwindet zwischen der Talstation Gossau und dem Scheitelpunkt zwischen Gonten und Gontenbad (vergl. das Längenprofil Abb. 9 auf Seite 40) einen Höhenunterschied von 265 m.

Die Hauptdaten der Motortriebwagen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Diese Triebwagen können bis zu drei vierachsige Anhängewagen mitführen, sodass bergwärts etwa 150 Personen befördert werden können. Um die Möglichkeit zu haben, bei der Talfahrt Züge bis zu acht Wagen zusammenzustellen, wurde die Bremsausrüstung dementsprechend reichlich bemessen.

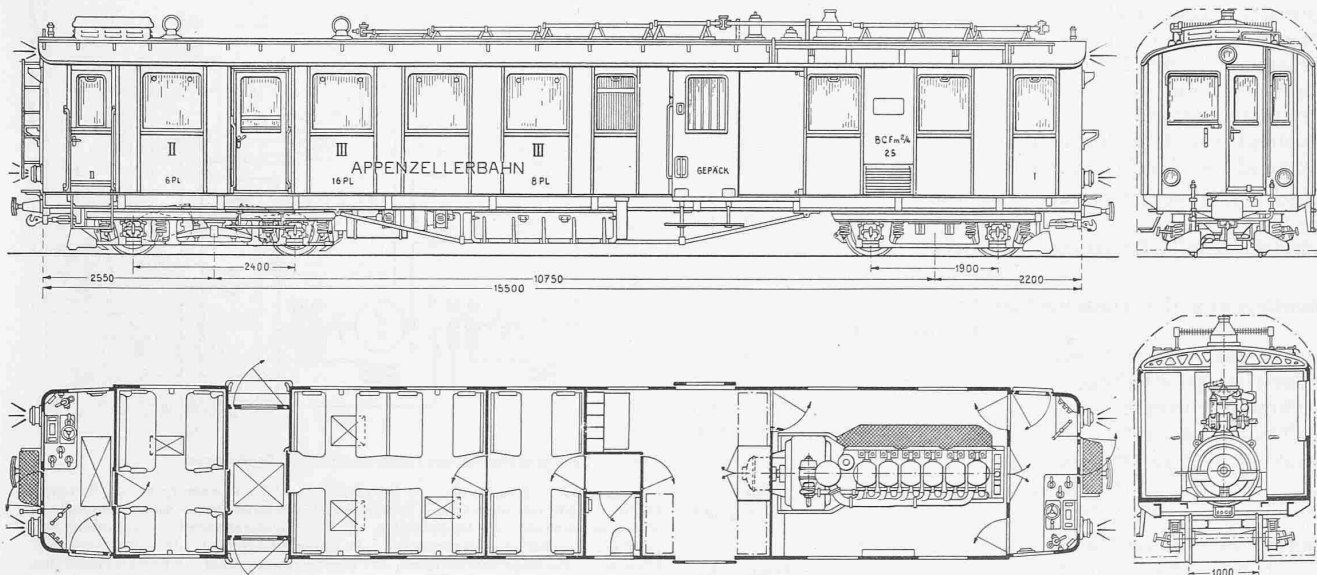


Abb. 2. Typenskizze 1:100 des Diesel-elektrischen Triebwagens der Appenzellerbahn.

Das Diesellaggregat (Abb. 3 und 4) besteht aus einem Sechs-Zylinder Sulzer-Dieselmotor und einem direkt gekuppelten Oerlikoner Gleichstromgenerator. Der Motor gibt bei 775 Uml/min eine Dauerleistung von 250 PSe und erträgt eine Ueberlastung von 10 %. In den Fällen, in denen nicht die Höchstleistung notwendig ist, kann er gegebenenfalls mit einer verminderten Drehzahl von 625 Uml/min laufen. Sein Gewicht ist entsprechend der Verwendung auf Schienenfahrzeugen gering, wobei aber durch geeignete Wahl von hochwertigem Baumaterial die Sicherheit des Betriebes erhalten bleibt.

Der Motor arbeitet in Viertakt nach dem Dieselprinzip mit Vorkammer, sodass trotz des verhältnismässig niedrigen Einspritzdruckes von nur etwa 100 at der Brennstoff restlos verbrennt. Für jeden Zylinder ist eine Brennstoffpumpe vorgesehen, die mittels eines Reglers derart beeinflusst wird, dass die Zylinder die der abzugebenden Leistung entsprechende Brennstoffmenge erhalten. Weiter können die Brennstoffpumpen mittels einer elektro-pneumatischen Abstellvorrichtung vom Führerstand aus so beeinflusst werden, dass die Brennstoffzufuhr aussetzt und der Motor zum Stillstand kommt; somit kann der Führer auf Stationen und im Gefälle den Dieselmotor abstellen, wie aus dem Diagramm der Messfahrt (Abb. 9) ersichtlich ist, sodass sich im Dienst beträchtliche Ersparnisse an Brennstoff erzielen lassen. Charakteristisch für die von Gebrüder Sulzer gebauten Diesel-Triebwagen und -Lokomotiven ist das Verfahren zum Anlassen des Dieselmotors. Dabei wirkt der mit dem Dieselmotor direkt gekuppelte Generator als Seriomotor und erhält Strom aus einer mitgeführten Akkumulatorenbatterie, sodass der Dieselmotor in Drehung versetzt wird und die Zündung beginnt. Der ganze Anlassvorgang dauert nur einige Sekunden und erfolgt vom Führerstand aus mittels eines Handschalters.

An den vom Dieselmotor angetriebenen Gleichstrom-generator ist ein Hilfsgenerator angebaut. Der vom Hauptgenerator erzeugte Strom wird den Triebmotoren, die im Triebdrehgestell untergebracht sind, in einer der Ward-Leonard-Schaltung ähnlichen Weise zugeführt. Durch diese Schaltung werden die hohen Energieverluste beim Anfahren

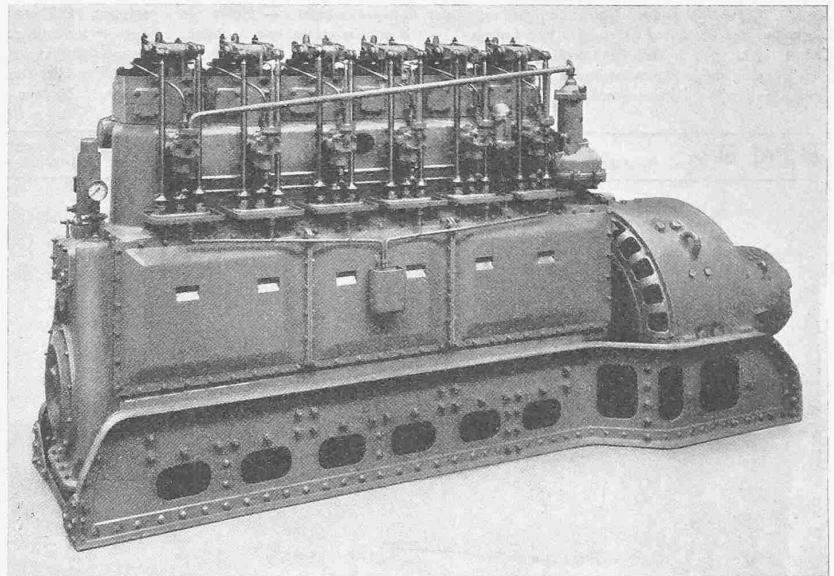


Abb. 3. Sechszylinder-Sulzer-Dieselmotor von 250 PSe mit luftloser Einspritzung.

und beim Regulieren der Geschwindigkeit vermieden, die bei Gleichstrombahnen mit Fahrleitung durch die vorgeschalteten Widerstände auftreten. Es wird auch erreicht, dass der Dieselmotor mit unveränderlicher Drehzahl und mit wirtschaftlichem Brennstoffverbrauch unter praktisch gleichbleibender Belastung unabhängig von der Zuggeschwindigkeit arbeiten kann. Der Hilfsgenerator liefert den Strom zur teilweisen Erregung des Generators, sowie zum Laden der Batterie. Die zwei Triebmotoren, die als Hauptstrommotoren nach der bewährten Bauart der eigenventilierten Bahnmotoren durchgebildet sind, werden durch Höchststrom-Auslöseschalter gegen Ueberstrom geschützt. Sie arbeiten mittels doppelter Zahnradübersetzung auf je einen Triebwheelsatz. Dieses hier angewendete diesel-elektrische System ergibt daher betriebstechnisch und wirtschaftlich bedeutende Vorteile.

Für die Zugkraft- und die Geschwindigkeitsregulierung des Fahrzeuges verändert man die Generatorspannung durch die Erregung. Dabei verwendet man bei den ersten Fahrstufen nur reine Fremderregung des Hauptgenerators mittels Batteriestrom, bei den höhern Fahrstufen ausser-

Hauptdaten der Dieselmotor-Triebwagen.

Normales Zugsgewicht . . . . .	rd.	70 t
Normales Adhäsionsgewicht . . . . .	rd.	16 t
Dienstgewicht des Motorwagens . . . . .		32 t
Länge über Puffer . . . . .		16,4 m
Drehzapfenabstand . . . . .		10,75 m
Radstand des Triebdrehgestells . . . . .		2,4 m
Radstand des Laufdrehgestells . . . . .		1,9 m
Achsdruck ohne Belastung: Triebräder . . . . .		7,8 t
Laufräder . . . . .		8,2 t
Achsdruck mit Belastung: Triebräder . . . . .		8,7 t
Laufräder . . . . .		8,8 t
Dauerleistung des Dieselmotors bei 775 Uml/min . . . . .		250 PSe
bei 625 Uml/min . . . . .		200 PSe
Anzahl der Triebmotoren . . . . .		2
Übersetzungsverhältnis . . . . .		1 : 7,5
Triebraddurchmesser . . . . .		722 mm
Laufreddurchmesser . . . . .		722 mm
Anzahl Sitzplätze, II. Klasse . . . . .		6
III. Klasse . . . . .		24
Gepäckraum (mit 10 Notsitzen) . . . . .	rd.	5,2 m <sup>2</sup>
Stundenzugkraft am Radumfang bei 25 km/h . . . . .		
Fahrgeschwindigkeit . . . . .		2000 kg
Höchstzugkraft am Radumfang . . . . .		5000 kg

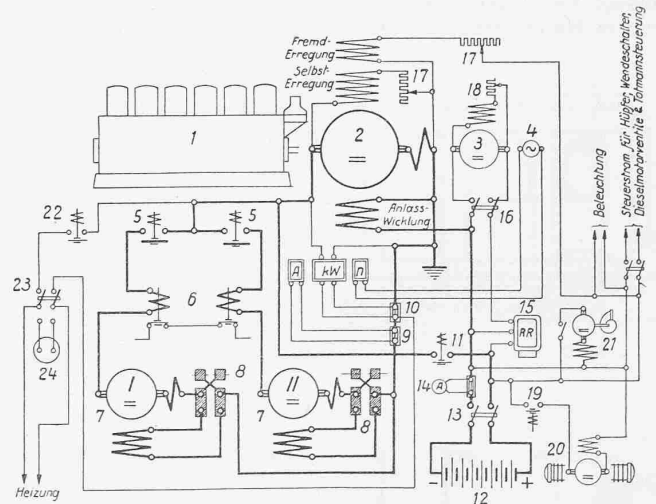


Abb. 5. Schaltungschema des Diesel-elektrischen Triebwagens.

- 1 Dieselmotor, 2 Generator, 3 Hilfsdynamo, 4 Tachymeterdynamo, 5 Haupt-hüpf, 5 Maximalstromrelais, 7 Triebmotor, 8 Wendeschalter, 9 Ampèremetershunt, 10 Wattmetershunt, 11 Anlasshüpf, 12 Akkumulatorenbatterie, 13 Batterie-Ausschalter, 14 Batterie-Ampèremeter, 15 Batterie-Laderelais, 16 Hilfsdynamo-Ausschalter, 17 Feldregulierwiderstand, 18 Feldeinstellwiderstand, 19 Kompressorhüpf, 20 Motor-Kompressor, 21 Kühlwasserpumpe, 22 Heizhüpf, 23 Heizumschalter, 24 Steckdose für Depotheizung.

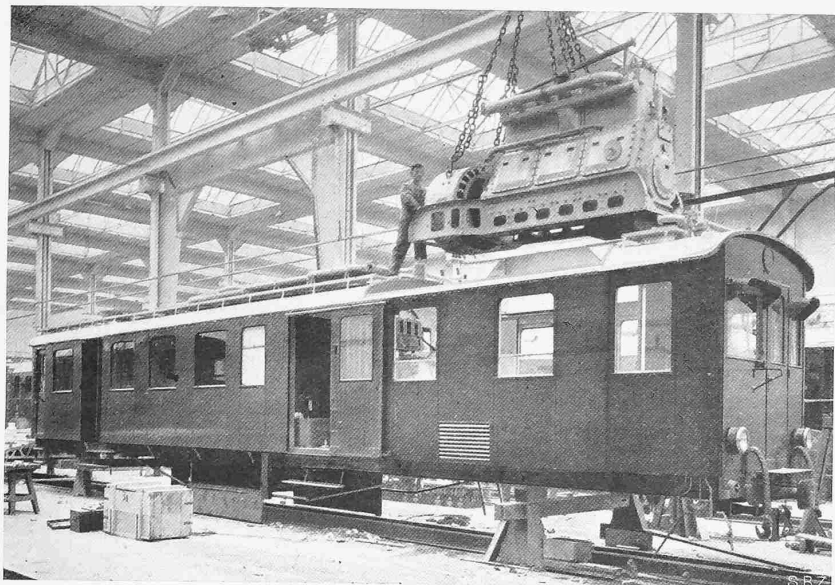


Abb. 4. Einbau des Dieselmotoraggregates in den Triebwagen.

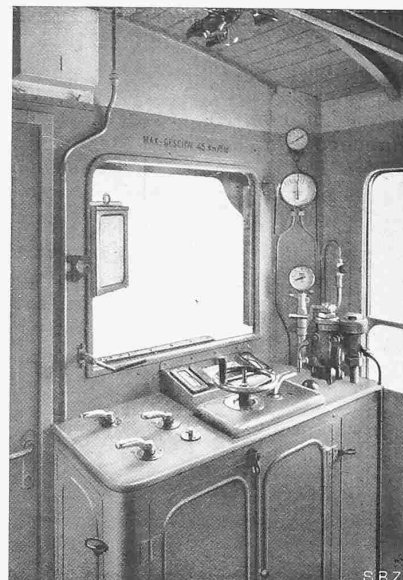


Abb. 8. Führerstand.

dem zusätzliche Selbsterregung (Schaltungsschema Abb. 5). Die mit der Fahrschaltwalze zu- und abgeschalteten Widerstände sind so abgestuft, dass die Generatorspannung in 14 Stufen von 0 bis rd. 600 V eingestellt werden kann. Um die Wirtschaftlichkeit bei Voll- und Teillast möglichst hoch zu halten, arbeitet der Dieselmotor mit zwei verschiedenen Drehzahlen.

Untenstehende Abbildung 6 gibt das Anfahrtdiagramm wieder. Ausserhalb des Gebietes der Adhäsionsgrenze ergibt sich eine sehr gute Anschmiegung der Anfahrtscharakteristik an die Grenzstromkurve, die der Normalleistung des Dieselmotors entspricht. Man erhält infolgedessen ein stossfreies Anfahren. Ausserdem läuft der Motor auf jeder Stufe voll belastet und daher mit dem niedrigsten spezifischen Brennstoffverbrauch. Diese vorzügliche Ausnutzung des Dieselmotors kann mit der rein mechanischen Uebertragung infolge der viel kleineren Zahl der Fahrstufen nie erreicht werden.

In Abbildung 7 ist die Charakteristik der elektrischen Uebertragung für die der vollen Dieselmotorleistung entsprechende Drehzahl des Diesel-Generator-Aggregats dargestellt. Wie man hieraus erkennt, wird die maximale Leistung, mit höchstem Wirkungsgrad, bei der Fahrgeschwindigkeit von 25 km/h abgegeben, die der Stundenleistung des Antriebes entspricht.

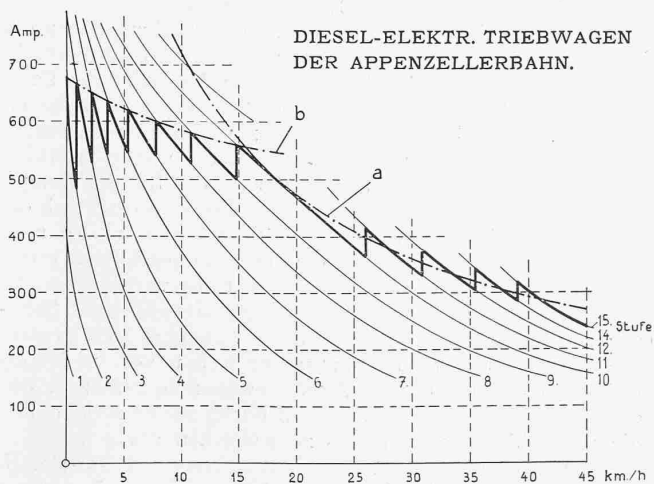


Abb. 6. Anfahrtdiagramm des Diesel-elektrischen Antriebes beim Sulzer-Triebwagen.  
a = Grenzstromkurve für die volle Leistung des Dieselmotors.  
b = Adhäsionsgrenze bei nassen Schienen.

Die beiden Triebmotoren sind vierpolige Tatzenlager-Motoren mit doppelter Zahnradübersetzung und Eigenventilation. Sie sind dauernd in Parallelschaltung an die Klemmen des Hauptgenerators angeschlossen und können einzeln durch Abschaltung des Steuerstroms ausser Betrieb gesetzt werden.

Die Erregermaschine, die auch zum Laden der Akkumulatoren dient, ist direkt mit dem Hauptgenerator gekuppelt. Da infolge der Kupplung mit dem Dieselmotor zwei verschiedene Drehzahlen auftreten, sorgt eine selbsttätige Regelung für annähernd unveränderte Spannungsabgabe bei beiden Drehzahlen. Zwei Höchststromrelais, die bei Ueberstrom die Hauptgenerator-Erregung abschalten, verhindern eine Ueberlastung des Generators und der Triebmotoren.

Der Wagenrahmen ist ein in üblicher Weise durchgebildeter, zwischen den Drehgestellen durch ein Sprengwerk verstärkter Profileisenbau. Unter den Längsträgern sind auf beiden Seiten in der Wagenmitte die Akkumulatorenkasten untergebracht.

Die Drehgestelle sind als Doppelrahmenkonstruktion durchgebildet, wodurch sich reichliche Abmessungen für die Achsbüchsenführungen ergeben. Die Tragfedern über den Achsbüchsen liegen zwischen den beiden Drehgestell-Längsträgern und werden ausserdem noch durch Zusatzspiralfedern gestützt.

Der Wagenkasten ruht in üblicher Weise mittels der Drehzapfen auf Bronzelinsen, die sich in einem Oelbad im Drehzapfen - Unterteil befinden. Gleitstücke stützen den Wagenkasten seitlich ab.

Der Wagenkasten enthält zwei für sich abgeschlossene Führerstände, einen Maschinenabteil zweiter Klasse mit 6 Sitzplätzen, zwei Personenabteile dritter Klasse mit insgesamt 24 Sitzplätzen, eine gemeinsame Einsteigepattform, W. C. mit

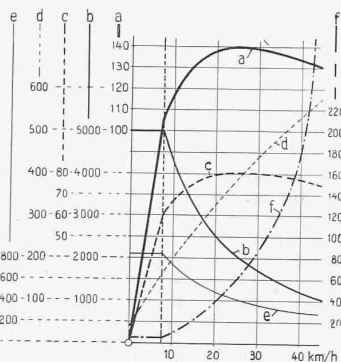


Abb. 7. Charakteristik der elekt. Uebertragung.  
Drehzahl des Dieselmotors bei voller Leistung: 775 Uml./min. — a Motorleistung in kW am Triebbad. b Zugkraft in kg am Triebbadumfang. c Totaler Wirkungsgrad in %. d Klemmenspannung in Volt. e Stromstärke in Ampère. f Zeit in Minuten, während welcher die der vollen Dieselmotorleistung (184 kW — 10 kW Hilfsbetriebe) entsprechende Zugkraft abgegeben werden kann.

## DIESEL-ELEKTRISCHE TRIEBWAGEN DER APPENZELLERBAHN.

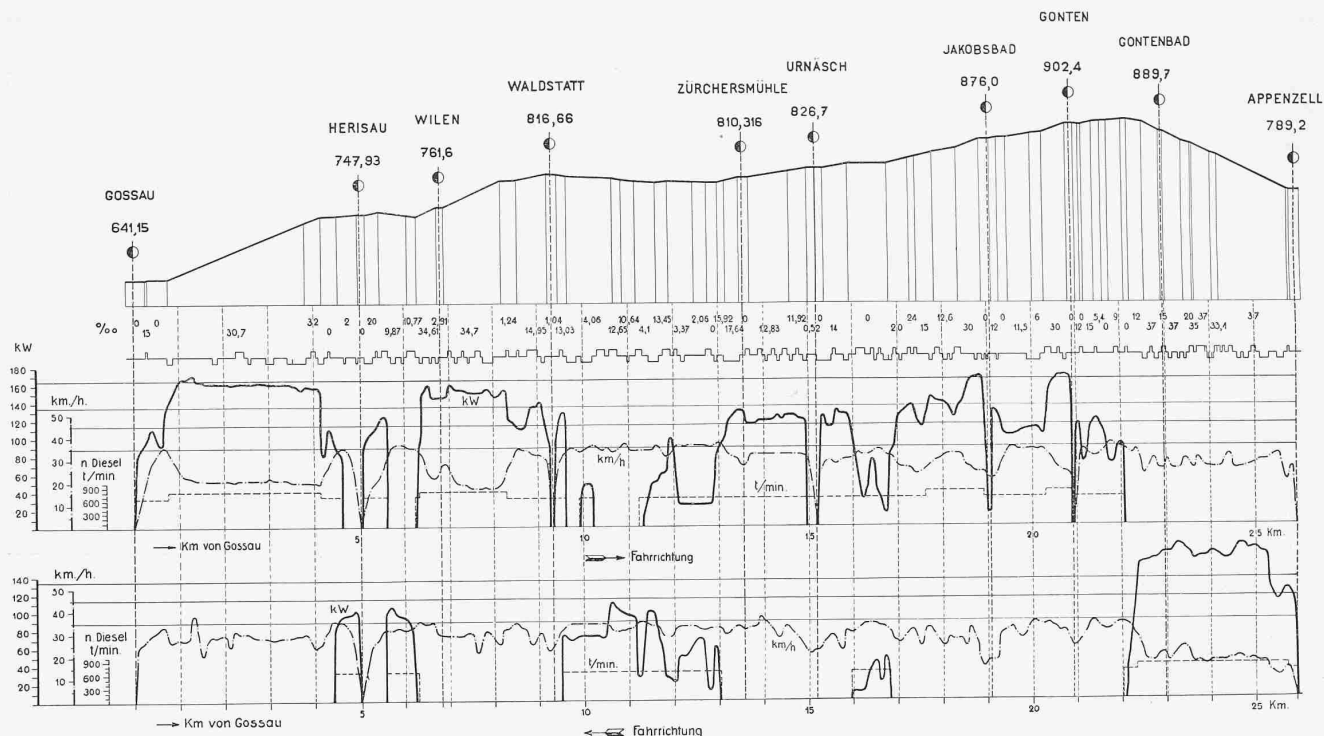


Abb. 9. Längenprofil der Appenzellerbahn und Ergebnisse einer Messfahrt mit einem Sulzer-Diesel-elektrischen Triebwagen. Leistungen in kW, Fahrgeschwindigkeit in km/h, Dieselmotor-Drehzahl  $n$  in t/min.

Vorraum, sowie ein Gepäckabteil mit Pult und 10 Klappsitzen (vergl. Grundriss Abb. 2). Ueber dem Dieselgenerator ist das Dach abnehmbar, sodass der Motor in der Werkstätte leicht revidiert werden kann.

Um den vorgeschriebenen höchst zulässigen Achsdruck von 9 t einhalten zu können, musste einerseits die Dieselmotorseite des Wagens möglichst leicht konstruiert werden, während andererseits darauf zu achten war, dass sich auf der Triebmotorenseite das nötige Adhäsionsgewicht ergibt. Demgemäss wurde die Verkleidung des im übrigen aus Eichenholz bestehenden Wagenkastengerippes auf der Dieselmotorseite aus Aluminium und auf der Triebgestellseite aus Eisenblech ausgeführt. Ebenso wurden alle Gerüste der elektrischen Apparate, Führerstandtische usw. sowie das wegnehmbare Dach über dem Dieselaggregat aus Leichtmetall hergestellt.

Zur Erzielung vollkommenster Betriebsicherheit ist eine Totmann-Einrichtung vorgesehen. Diese unterbricht die Erregung des Hauptgenerators und löst die Westinghousebremse aus. Die Bremswirkung tritt dabei infolge einer Verzögerungseinrichtung erst nach etwa 50 m Weg des Fahrzeuges ein, damit der Führer eine gewisse Bewegungsfreiheit hat, um auf kurze Zeit seinen Standort zu verlassen, was beim Manövrieren mit dem Fahrzeug wünschenswert sein kann. Im übrigen sind zur Sicherheit in allen Abteilen Notbremsgriffe angebracht.

Der Führerstand (Abb. 8) ist ausgerüstet mit einem Tachometer zum Dieselmotor, ferner mit einem Ampère- und einem Wattmeter für den Hauptgeneratorstrom. Sämtliche Instrumente sind zur bequemen Ablesung auf dem Führertisch montiert. Der Bremsluftkompressor wird selbsttätig mittels eines Druckreglers bei einem Behälter-Druck von 5,5 at ein- bei 7,2 at ausgeschaltet. Bei Störungen kann der Führer diesen Kompressor vom Führerstand aus betätigen.

Der Wagen wird elektrisch mit Strom vom Hauptgenerator geheizt. Ein Heizschalter in jedem Führerstand erlaubt, sowohl während der Fahrt, als auch während des Stillstandes der Triebmotoren die Wagen zu heizen. Zum Vorheizen vor Dienstbeginn im Depot dient ein Umschalter,

der die Heizleitungen auf den Depotstecker schaltet, sodass mit fremdem Wechselstrom von 500 Volt Spannung geheizt werden kann.

Abb. 9 zeigt die Ergebnisse einer Messfahrt mit einem der Triebwagen auf der Strecke Gossau-Appenzell; hierbei bestand der Zug aus einem Dieselmotor-Triebwagen und drei vierachsigen Anhängewagen mit einem totalen Zugschwerk von 68 t. Diese Messfahrt wurde ausgeführt, nachdem der Wagen bereits zwei Monate ununterbrochenen Betrieb hinter sich hatte. Es herrschte bei der Messfahrt ein sehr starker Wind, der den Zug zeitweise schräg von vorn traf. Die Schienen waren mit 10 cm Neuschnee bedeckt. Der gemessene Brennstoffverbrauch von 13 gr/tkm ist daher ein Höchstwert. Der Wert wird im normalen Betrieb nennenswert günstiger ausfallen. Uebrigens erscheint der festgestellte Brennstoffverbrauch als solcher schon recht günstig, wenn man in Erwägung zieht, dass es sich um eine ausgesprochene Gebirgsbahn mit vielen Kurven und langen Rampen handelt.

Seit der kürzlich erfolgten Inbetriebnahme haben die beiden Triebwagen zusammen über 20000 km zurückgelegt, indem sie 76 % des derzeitigen Verkehrs der Bahn bewältigen. Die erwarteten wirtschaftlichen Vorteile finden sich in vollem Umfange bestätigt; die Brennstoffkosten beim Bahnbetrieb mit Sulzer-Dieselmotorwagen belaufen sich auf einen kleinen Bruchteil der für den frühern Dampfbetrieb aufgelaufenen Kohlenkosten. Ferner ergab sich die Dienstvorbereitungszeit bei den Triebwagen zu 10 min, während zwei Stunden bei den Dampflokomotiven erforderlich waren. Im übrigen verdient hervorgehoben zu werden, dass die neuen Triebwagen sowohl beim Bahnpersonal als auch beim reisenden Publikum sich grosser Beliebtheit erfreuen. Die Fahrgäste ziehen vor, im Motorwagen zu reisen, statt die Anhängewagen zu benutzen, was ein Beweis dafür ist, dass auch in Bezug auf Bequemlichkeit die neuen Triebwagen nichts zu wünschen übrig lassen.

Die Betriebsergebnisse mit den neuen Sulzer-Dieselmotorwagen auf der Appenzellerbahn zeigen, dass diese Betriebsmittel auch für gebirgige Strecken mit stark wechselndem Längenprofil sehr geeignet sind.

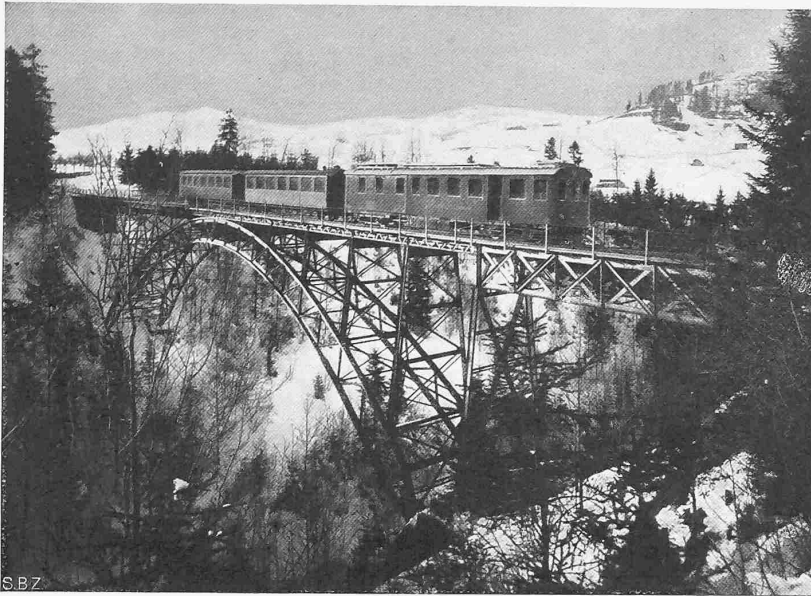


Abb. 10. Motorwagenzug der Appenzellerbahn auf der Kaubachtobel-Brücke.

**Notes sur le calcul des conduites des usines hydrauliques.**

Par ETIENNE DE FINÁLY, ing., Budapest.

On installe quelquefois les usines hydrauliques de haute chute de telle façon, que non seulement la tuyauterie, mais aussi le canal d'aménée en toute sa longueur soit une conduite forcée. Cette disposition a certainement des avantages surtout en cas d'un réservoir annuel dont la hauteur, s'additionnant à la chute, se laisse utiliser, en ce cas, tout automatiquement. Le canal d'aménée, entre ce réservoir et la chambre d'équilibre, est en général tracé avec une pente modérée pour ne pas avoir de trop grandes pressions intérieures. Sa section est alors plus grande que la section (totale) de la tuyauterie. On peut, dans un cas donné, fixer la proportion de ces deux sections et écrire

$$S_t = \alpha S_c \dots \dots \dots (1)$$

$S_t$  étant la section de la tuyauterie,  $S_c$  celle du canal d'aménée,  $\alpha$  un nombre de proportion  $< 1$ . On peut calculer, en ce cas, les pertes de charge par une formule pour toute la longueur de la conduite totale surtout si, pour être plus claire, on emploie une formule simple, par exemple celle de Dupuit.

La force motrice d'une usine hydraulique en chevaux-vapeur (ch) est

$$F = \frac{QH_n \gamma Q}{75}$$

si  $\gamma$  est le poids d'un m<sup>3</sup> d'eau,  $H_n$  la chute nette,  $Q$  le débit et  $Q$  le rendement des moteurs hydrauliques. Or, la chute nette est

$$H_n = H - h$$

$H$  étant la chute brute, et  $h$  la perte de charge.

Si la longueur du canal d'aménée est  $L_c$  et celle de la tuyauterie  $L_t$ ,  $h$  s'écrira approximativement

$$h = L_c J_c + L_t J_t$$

Selon la formule de Dupuit, on a la pente hydraulique

$$I = 0,0025 \frac{Q^2}{D^5} \dots \dots \dots (2)$$

donc

$$h = 0,0025 \left( L_c \frac{Q^2}{D_c^5} + L_t \frac{Q^2}{D_t^5} \right)$$

d'où, utilisant notre équation (1),

$$h = 0,0025 \frac{Q^2}{\alpha^{5/2} D_c^5} (\alpha^{5/2} L_c + L_t)$$

Si

$$A \equiv 0,0025 \frac{\alpha^{5/2} L_c + L_t}{\alpha^{5/2} D_c^5}$$

on a enfin

$$h = A Q^2$$

La force motrice s'écrira alors

$$F = b Q (H - A Q^2)$$

Dans cette équation, le coefficient

$$b = \frac{\gamma Q}{75}$$

est constant.

Pour que  $F$  soit maximum, il faut que

$$Q_m = \sqrt{\frac{H}{3A}}$$

et la force motrice maximum s'écrit, après quelques simplifications,

$$F_m = \frac{2}{3} H b Q_m$$

La charge d'une usine hydraulique quelconque est en général variable. Si la charge moyenne d'une période, p. ex. d'une année, est  $C_m$ , la charge maximum peut être 2 à 5 fois plus grande, ne durant que quelques minutes et retournant périodiquement. Si cette charge maximum est donnée, il semble tout naturel, que  $F_m$  soit égale à cette charge maximum. Si elle est  $C$ , nous écrivons

$$C = \frac{2}{3} H b Q_m$$

d'où on obtient le débit maximum

$$Q_m = \frac{3C}{2Hb}$$

Ayant  $Q_m$  on calcule

$$A = \frac{H}{3Q_m^2}$$

puis les sections des conduites par l'équation

$$D_c = \sqrt[5]{\frac{0,0025 (\alpha^{5/2} L_c + L_t)}{\alpha^{5/2} A}}$$

Enfin on reçoit de l'équation (2) la pente hydraulique selon laquelle on trace les conduites.

\* \* \*

Connaissant les données hydrologiques de l'usine, on peut estimer la quantité d'eau exploitable annuelle. C'est-à-dire, si on a le débit moyen du cours d'eau et le volume du réservoir, on peut calculer, selon le régime du cours d'eau, à une certaine vraisemblance, la quantité d'eau exploitable par l'usine, soit  $M$  m<sup>3</sup> par an. Donc on a le nombre des heures

$$T = \frac{M}{3600 Q}$$

et la quantité d'énergie annuelle (travail total annuel) en ch-h

$$E = F T$$

lequel s'écrit selon les formules données ci-devant

$$E = \frac{b M H}{3600} \left( 1 - \frac{Q^2}{3 Q_m^2} \right)$$

$Q$  étant le débit moyen exploité ou exploitable.

La quantité d'énergie annuelle ne peut jamais atteindre la valeur théorique

$$E_t = \frac{b M H}{3600}$$

Le nombre

$$c_u = \frac{E}{E_t}$$

nous donne donc un coefficient qui nous montre le rendement de l'usine. C'est une sorte de coefficient d'utilisation, ayant la valeur

$$c_u = \frac{3 Q_m^2 - Q^2}{3 Q_m^2} \dots \dots \dots (3)$$

Or le nombre annuel des heures ne peut pas être plus grand que 8760; le débit moyen exploité ne peut pas être plus petit que

$$Q = \frac{M}{8760 \cdot 3600} = \frac{M}{S}$$

$S$  étant le nombre des secondes par an.

Mettant cette valeur de  $Q$  dans l'équation (3), on a

$$c_u = \frac{3 Q_m^2 S^2 - M^2}{3 Q_m^2 S^2}$$

comme maximum pratique du coefficient d'utilisation.