

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71/72 (1918)
Heft: 10

Artikel: Der Förderbetrieb beim Ausbau des II. Simplontunnels
Autor: Rothpletz, F. / Andraea, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-34725>

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: 02.04.2025

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

INHALT: Der Förderbetrieb beim Ausbau des II. Simplontunnels. — Wettbewerb Greifengasse Basel. — Zum Wettbewerb Gross-Zürich. — Untersuchungen über den Rostangriff durch Kesselwässer und dessen Bekämpfung. — Nekrologie: J. J. Stambach. E. v. Tschärner. J. Classen. — Miscellanea: Ueber die Ermüdung von Maschinenteilen. Schweizerische Bundesbahnen. Elektrische Kraftleitung von 1500 m Spannweite

über den St. Lawrence River. Neuer Bahnhof in Sofia. Eidgenössische Technische Hochschule. Schwere Blechkantenhobelmaschine. — Konkurrenzen: Strassenbrücke über die Reuss bei Gisikon. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Groupe genevois de la G. e. P. Maschineningenieur-Gruppe Zürich der G. e. P. Stellenvermittlung.

Band 71.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 10.

Der Förderbetrieb beim Ausbau des II. Simplontunnels.

Von F. Rothpletz und C. Andrae, Ingenieure.

(Fortsetzung von Seite 102.)

Als Traktionsmittel für die Normalspur waren nach Programm die elektr. Lokomotiven, die im I. Simplontunnel in Betrieb stehen, mit dem Betriebsfahrdrabt vorgesehen. Die von Oberst Locher geäusserten eingangs erwähnten Bedenken teilten wir nämlich nicht.¹⁾ Für den Ausbau von Stollen II stehen die Erfahrungen des ersten Tunnels zur Verfügung. Es sollten daher Rekonstruktionen dabei nicht in einem Masse nötig werden, dass die Fahrdrähte bei dem heutigen Stande der Technik eine Gefahr vorstellen. Reparaturen, die während des Baues von Tunnel II in Tunnel I notwendig wurden, bestätigen dies. Die Systemfrage des elektr. Betriebes im Simplon-Tunnel war aber damals noch nicht entschieden und die S. B. B. konnten sich daher nicht entschliessen, auf die Gefahr hin später etwas ändern zu müssen, von Anfang an schon die elektr. Ausrüstung von Tunnel II nach dem System von Tunnel I auszuführen.

So kamen, wie Oberst Locher vorgeschlagen hatte, nur aus anderen Gründen, Akkumulatoren-Lokomotiven zur Anwendung, von denen drei angeschafft wurden. Eine manövriert in den Installationen, die zweite fördert die Tunnelzüge, die dritte dient als Reserve. Von auswechselbaren Akkumulatoren wurde abgesehen. Der Fahrplan, den wir auf Seite 112 geben, gestattet das Laden zwischen den einzelnen Tunnelfahrten. Bei längerer Förderstrecke, d. h. wenn der Tunnelbahnhof weiter ins Innere verlegt wird, kann die Tunnel-Lokomotive mit der Reserve-Maschine abwechseln.

Das Betriebsgeleise Brig-Iselle der S. B. B. wird zwischen Tunnelportal und Bahnhof Brig à niveau gekreuzt. Diese Kreuzung ist durch Signale, die nur bei Freigabe durch den Bahnhof Brig geöffnet werden können, sowie durch verriegelte Weichen geschützt (Abb. 6; 1 und 2 sind Entgleisungs-Weichen). Die Akkumulatoren-Lokomotiven werden durch Lokomotivführer der S. B. B. einmännig geführt.

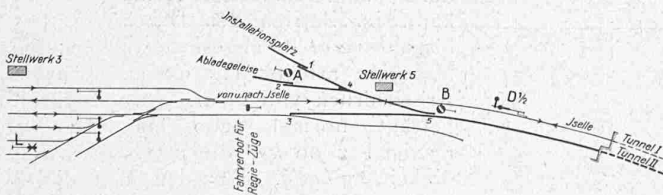


Abb. 6. Kreuzung der S. B. B. durch das Baubetriebsgeleise in Brig.

Die S. B. B. studierten damals einen neuen Schienentyp für den Simplontunnel. Da jene Studien noch nicht abgeschlossen waren, und auch weil die Bahndienstorgane Bedenken trugen, das Legen und Befahren des Betriebs-

¹⁾ Diese Gefahr kann auch bei neuen Tunnels auf ein Minimum reduziert werden, selbst wenn sie als Doppeltunnel erstellt werden, was unter gegebenen Verhältnissen der Fall sein dürfte, da dieses Bausystem bei zu erwartenden hohen Temperaturen und bei grosser Länge immer noch als das richtigste anzuerkennen ist. Voraussetzung hierzu ist, dass die Erfahrungen am Simplon berücksichtigt werden (in erster Linie ein grösserer Axenabstand von wenigstens 40 bis 50 m), und dass die Bauleitung die statischen Gesetze des Gebirgsdruckes gewissenhaft beobachtet und berücksichtigt, ohne sich aus Sparsamkeit und allfälligem Geldmangel zu «Experimenten» verleiten zu lassen.
Die Verfasser.

Geleises der Tunnelbauleitung zu überlassen, musste leider altes Oberbaumaterial der S. B. B. verwendet werden. Nur der endgültige Schotter wird eingebracht (erste Schotterlage). Es sei aber ausdrücklich betont, dass das Legen und die Verwendung des definitiven Oberbaues für den Bau mit zum Förderungs-System gehört, wie die Verwendung der definitiven Betriebsmittel. Dadurch wird zweimaliges Legen des Geleises erspart. Die Zeit, die das Geleiselegen und die elektrische Ausrüstung beanspruchen und um die die Betriebseröffnung, d. h. der Beginn der Einnahmen von der Schlusssteinlegung weg verschoben wird, wird bedeutend gekürzt. Der endgültige Oberbau gestattet grössere Fahrgeschwindigkeiten unter Schonung des Rollmaterials, das hier, besonders die Akkumulatoren, infolge des schlechten

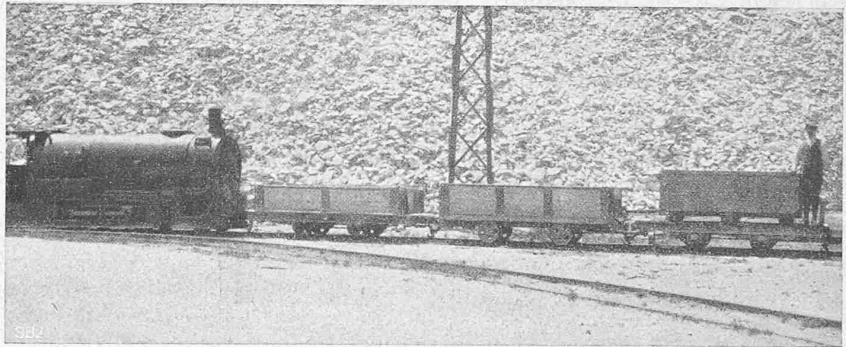


Abb. 10. Dampflokomotive mit Rollmaterial der 80 cm-Spur (Südseite).

Geleisematerials stark leidet. Bei der geringen Zugzahl des Baubetriebs (neun in jeder Richtung im Tag) und ihrer verhältnismässig geringen Belastung und Geschwindigkeit wäre der Verschleiss nicht gross, und es könnte ja der Bau in irgend einer Form, sei es durch Anrechnung eines Minderwertes oder einer entsprechenden Miete, damit belastet werden.

Fördermittel und Installationen.

Bevor wir auf die Organisation, Leistung und Wirtschaftlichkeit der verschiedenen am zweiten Simplontunnel zur Anwendung gebrachten Fördersysteme, besonders dessen der Nordseite näher eintreten, wollen wir vorerst im Folgenden die einzelnen Transportmittel und Installationen näher beschreiben und charakterisieren.

1. Wagenmaterial.

Für den Kleinspurbetrieb stand auf beiden Seiten der Rollwagenpark von Tunnel I zur Verfügung. Dieser bestand auf der Südseite aus drei Wagentypen: den alten sog. „Vor Ort-Wagen“ (Abb. 7), den Mauerungswagen (Abb. 8) und den Halbkippwagen (Ausbruchwagen, Abb. 9) zu je 1,65 m³ Inhalt (vergl. auch Abb. 10).

Für den Kleinbetrieb der Nordseite wurden die vom Tunnel I übernommenen Wagen von 80 cm auf 75 cm-Spur abgeändert. Auch hier sind drei Typen vorhanden: Wagen mit festem Kasten und zwei seitlichen Türen (alte Mauerungswagen); Wagen mit abhebbaren Holzkasten (Ausbruchwagen) und Wagen mit abhebbarem eisernem Kasten (alte „Vor Ort-Wagen“), ähnlich denen der Südseite.

Die zwei letztgenannten Typen waren bereits beim Bau des ersten Tunnels mittels eines Krans entleert worden und konnten neuerdings für das Umladen im Tunnel ohne weiteres verwendet werden. Auch die Wagen mit festem Kasten werden verwendet, nur muss bei diesen der ganze Wagen gehoben und transportiert werden, also mehr totes Gewicht.

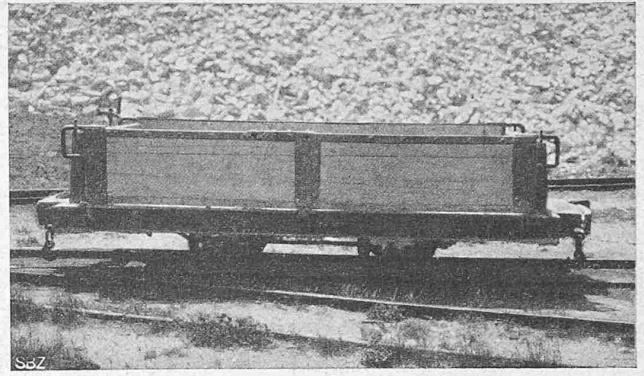
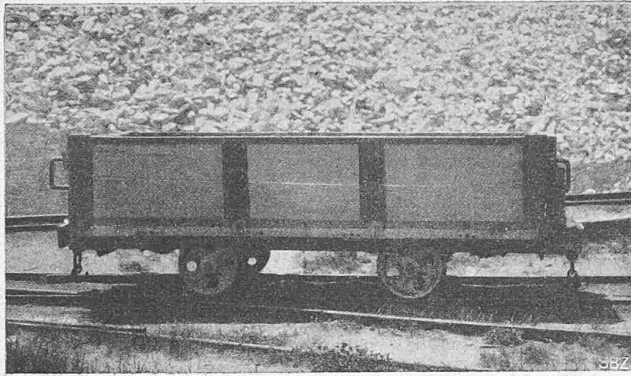


Abb. 7. „Vor Ort“-Wagen. — Rollmaterial der 80cm-Spur der Südseite. — Abb. 8. Mauerungs-Wagen.

Während der provisorischen Periode, d. h. bis zur Einführung des Normalspurbetriebes, kamen daneben auch gewöhnliche, hölzerne Kippwagen zur Verwendung, die aber jetzt nur noch für die Bedienung der Sandmühlen aus dem Steinbruch benützt werden. Für den Arbeitertransport auf Schmalspur dienten auf beiden Seiten ebenfalls die alten Personenwagen.

Dem Normalspurbetrieb der Nordseite dienen S-Wagen der S. B. B. mit um 25 cm erhöhten Seiten-Klappwänden. Diese können je vier der obenerwähnten abnehmbaren Kasten (von 2,0 m³ Fassungsraum) voll Mauerungsmaterial oder den Inhalt von 4 bis 6 Rollwagen (zu 1,4 bis 1,6 m³) Ausbruchmaterial („Berge“) aufnehmen. Zum Ein- und Ausfahren der Arbeiter bis zum Tunnelbahnhof werden (seit Dez. 1917) vier Personenwagen III. Klasse benutzt.

2. Lokomotiven.

Die für den provisorischen Betrieb der Südseite verwendeten Dampf- und Druckluftlokomotiven sind vom Tunnel I her bekannt. Wir begnügen uns, in Abb. 10 ein Bild davon wiederzugeben.

Auf der Nordseite standen in jener Periode vier Benzinlokomotiven, (System Oberursel) in Betrieb, drei von 25 PS, später eine vierte von 28 PS (Abb. 11). Diese,

etwas breiter und mit äussern Kurbelstangen, statt Kettenkuppelung, befuhr nur die fertige Tunnelstrecke. Die kräftig gebauten Maschinen leisten auf kurzen Distanzen gute Dienste, und es wurden damit hier auch recht grosse Leistungen (über 10 m fertiger Tunnel täglich) erreicht. Für längere Tunnel sind aber die Fahrgeschwindigkeiten zu klein, der Mechanismus etwas zu heikel und die Verbrennungsgase unangenehm. Die Leistungsfähigkeit der Typen, die die Arbeitstrecken befahren können, ist beschränkt. Für grössere Leistungen müssen die Züge getrennt und mehrere Maschinen angewendet werden. Der Fahrplan wird dadurch für lange Förderstrecken kompliziert (Abbildung 12, Seite 112).

Die Druckluftlokomotiven, die auf beiden Seiten der Förderung vom Tunnelbahnhof durch die Arbeitsorte, während der provisorischen Periode auch durch die ganze Tunnelstrecke, dienen, sind von der Schweiz. Lokomotivfabrik Winterthur nach System Rud. Meyer, Mülheim a/Ruhr erstellt (Abb. 13 bis 15). Sie haben dreifache Expansion: der Niederdruckzylinder (links) ist doppelwirkend, während Mittel- und Hochdruckstufe in einem Zylinder (rechts) mit Differenzialkolben untergebracht sind. Die Vorwärmung geschieht durch direkte Heizung auf der Maschine mit Koks oder Holzkohlen. Die Maschinen haben aber auch ohne Vorwärmung einen zwar etwas geringeren, aber dennoch genügenden Nutzeffekt. Zwölf nahtlos gezogene Stahlflaschen von je 300 mm innerem Durchmesser und ungefähr 4500 mm Länge (Gesamtvolumen etwa 3,5 m³) nehmen Druckluft von 165 at auf (Probedruck der Flaschen 250 at). Durch ein zwischen den Luftbehältern und den Zylindern eingeschaltetes Reduzier-Ventil kann im Betrieb der Druck von 165 bis auf 12 at herabgesetzt werden; die Maschine arbeitet mit einem normalen Arbeitsdruck von 25 at. Ihre Zugkraft beträgt normal 1200 bis 1400 kg, maximal 2000 kg, die max. Geschwindigkeit 15 km/h. Für den Bau dieser Lokomotiven galten die Vorschriften der S. B. B. für die Lieferung von Lokomotiven und Tendern.

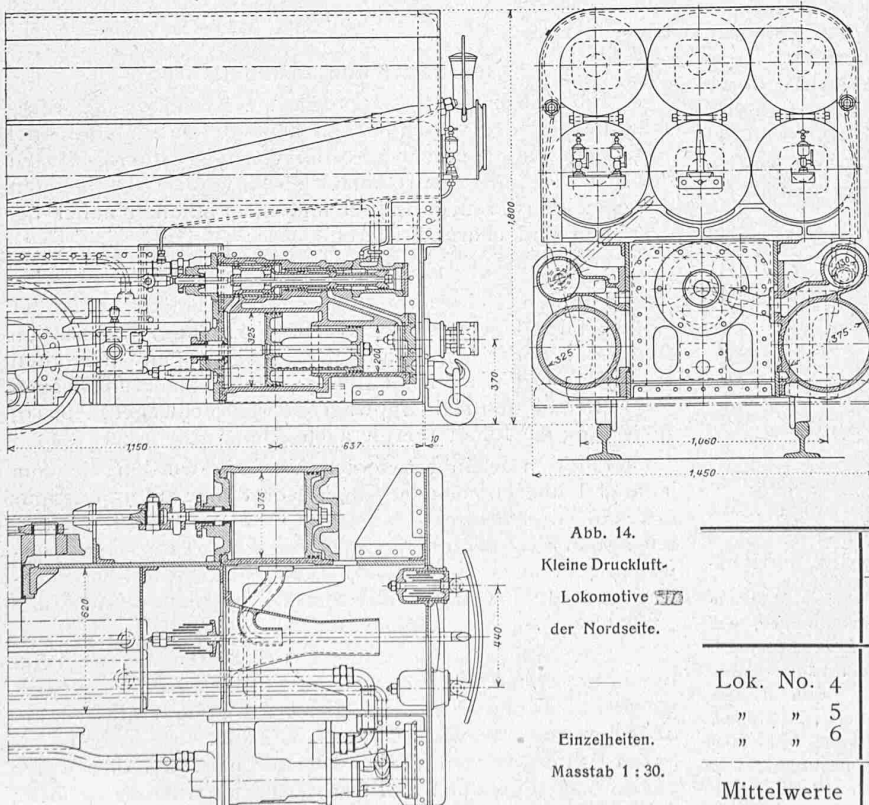


Abb. 14.
Kleine Druckluft-Lokomotive der Nordseite.
Einzelheiten.
Masstab 1 : 30.

Lok. No.	Luftverbrauch in m ³ pro Brutto-tkm					
	Mit Vorwärmer			Ohne Vorwärmer		
	Bergfahrt	Talfahrt	Mittel	Bergfahrt	Talfahrt	Mittel
4	0,88	0,32	0,60	1,03	0,29	0,69
5	0,99	0,32	0,55	0,95	0,46	0,70
6	0,87	0,35	0,61	—	—	—
Mittelwerte	0,85	0,33	0,59	0,99	0,37	0,68

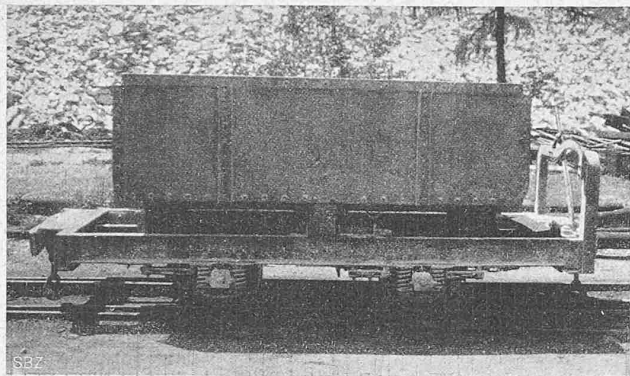


Abb. 9. Halbkippwagen der Südseite.

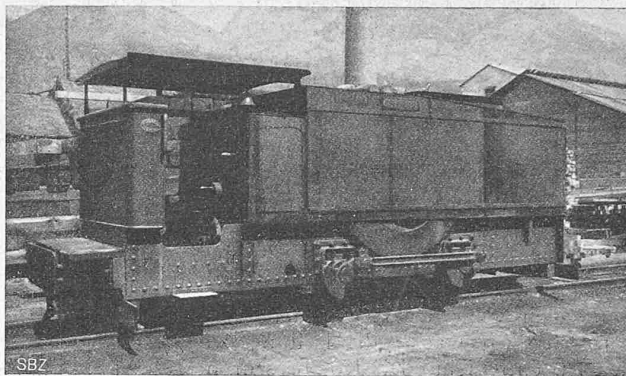


Abb. 11. Benzin-Lokomotive „Oberursel“ für 75 cm-Spur, 28 PS.

Der garantierte Luftverbrauch ist: mit Vorwärmung $0,65 m^3$ Freiluft pro Brutto-*tkm*; ohne Vorwärmung $0,75 m^3$ Freiluft pro Brutto-*tkm*, als Mittel aus Berg- und Talfahrt. Die Abnahmeversuche hatten nach Vertrag mit einem Zuge von 10 Wagen, mit Lokomotive rund $70 t$ Gewicht, auf einer $1 km$ langen, geraden Strecke im Tunnel, also auf Neigungen (Nordseite 2‰ , Südseite 7‰) stattzufinden. Für jeden Zehntel m^3 Mehrverbrauch an Freiluft, der sich bei der Abnahme ergeben hätte, war eine Konventionalstrafe festgesetzt. Die Abnahmeversuche ergaben für die grössere Steigung und $70,36 t$ Zugsgewicht die in der Tabelle auf Seite 110 zusammengestellten Werte.

Die Abnahmeversuche entsprechen somit den Bedingungen. Im praktischen Betriebe ist jedoch der Luftverbrauch bedeutend grösser. Betriebsversuche im Juli 1917 ergaben einen Luftverbrauch von rund $1,3 m^3$ pro Brutto-*tkm* im Durchschnitt und Beobachtungen von vier Monaten des gleichen Jahres ergaben sogar einen Verbrauch von rund $1,5 m^3$ Freiluft, an den Kompressoren gemessen.

Der grosse Unterschied rührt hauptsächlich daher, dass die Versuche auf gutem Geleise und mit kleinen Geschwindigkeiten (4 bis $6 km/h$) durchgeführt wurden, während die Fahrgeschwindigkeit im Betriebe auf grössern Strecken etwa $15 km/h$ beträgt und nur in den Arbeitstrecken auf 4 bis $6 km/h$ sinkt; dort ist aber das Geleise gewöhnlich

schlechter (Material, Sand und Defekte infolge Sprengungen u. s. w.). Das Rollmaterial wurde zu den Versuchen sorgfältig instandgestellt und geölt, während im Betriebe stets Wagen mit etwas grösserem Widerstand mitrollen. Trotz sorgfältiger Dichtung entweicht, wenn auch wenig, so doch stets etwas Luft den Leitungen, Behältern u. s. w. Auch mag die Abnutzung der Lokomotiven bei den Versuchen im Jahre 1917 (sie stehen seit Dezember 1913 in Betrieb) einen Einfluss gehabt haben. Kompressoren und Luftbehälter müssen daher stets für einen (um etwa 100‰) grössern als den theoretischen Bedarf berechnet werden.

Von diesen Lokomotiven standen auf jeder Tunnelseite zwei im Betrieb; je eine dritte diene als Reserve.

Für die Förderung der Züge in der fertigen Tunnelstrecke der Südseite wurden zwei weitere, grössere Druckluftlokomotiven von der Maschinenfabrik Rud. Meyer, A.-G. in Müllheim a. Ruhr angeschafft. Bei diesen Lokomotiven wird die Druckluft in 13 nahtlosen, gezogenen Stahlflaschen von je $300 mm$ innerem Durchmesser und rd. $6000 mm$ Länge (tot. $5,3 m^3$) mitgeführt (Abb. 16). Durch das Reduzierventil kann der Betriebsdruck von $165 at$ bis auf $15 at$ herabgesetzt werden. Die Maschine arbeitet normal mit einem Arbeitsdruck von $25 at$ mit dreifacher Expansion und kann ebenfalls mit oder ohne Vorwärmer verwendet werden. Der Luftverbrauch war in gleicher Höhe

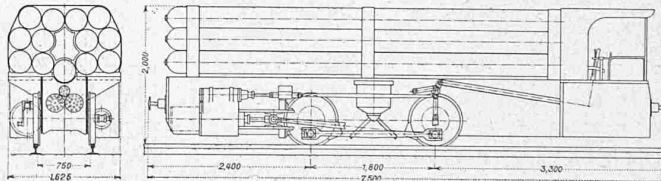
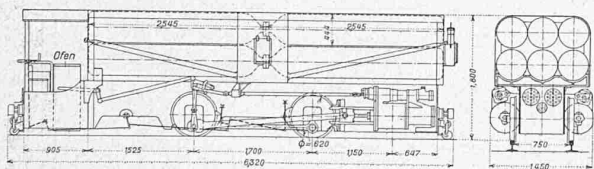


Abb. 13. Kleine Druckluft-Lokomotive. — Typenskizzen $\frac{1}{100}$. — Abb. 16. Grosse Druckluft-Lokomotive.

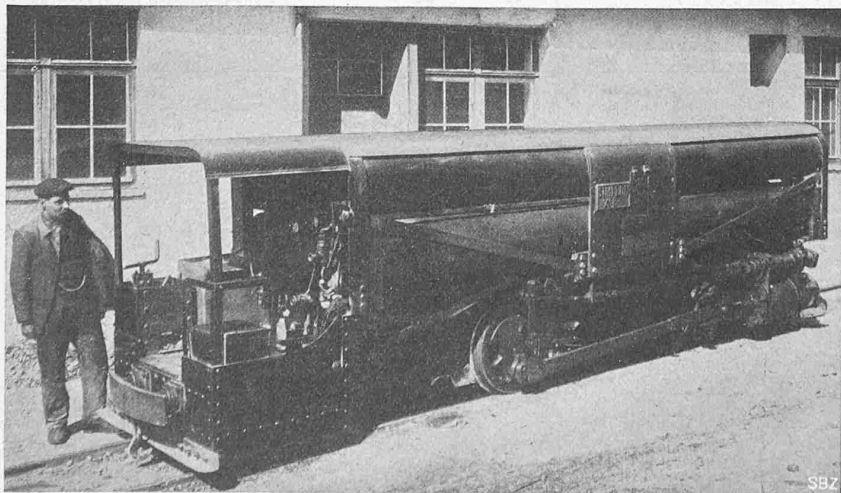


Abb. 15. Kleine Druckluft-Lokomotive des Simplonbaues II.

wie bei den eben erwähnten kleinern Maschinen garantiert, bei Versuchen mit einem Zuge von rd. $100 t$, einschl. Lokomotive, auf einer $1,5 km$ langen, geraden Strecke im Tunnel als Mittel einer Berg- und einer Talfahrt. Auch bei diesen Maschinen entsprachen die Abnahmeversuche den Bedingungen.

Die Druckluft für die beschriebenen Lokomotiven liefern auf der Nordseite zwei, auf der Südseite drei Hochdruckkompressoren der Maschinenfabrik Rud. Meyer. Der Tunnelfahrplan (Abb. 17 und 18) gewährt für das Nachfüllen der Lokomotiven nur 10 bis 20 Minuten. Der Behälterdruck der Lokomotive beträgt bei Ladebeginn gewöhnlich noch etwa 30 bis $35 at$. Die Nachfüllung der kleinern Lokomotiven benötigt somit rd. $(165-30) \times 3,5 m^3 = 472,5 m^3$ Freiluft. Es muss aber gelegent-

lich, bei nur noch etwa 12 at in Behältern, auch mit einer beinahe gänzlichen Füllung gerechnet werden, somit $(165 - 12) \times 3,5 = 535,5 \text{ m}^3$ Freiluft. Rationeller als Kompressoren, die $535,5 : 15 = 36,7 \text{ m}^3$ pro Minute, auch zu zweien, also je $18,35 \text{ m}^3/\text{min}$ ansaugen und auf 165 at komprimieren, ist die hier getroffene Anordnung mit Kompressoren, die die Luft mit so viel höherem Druck in so grossen Windkesseln akkumulieren, dass die jeweilige Luftentnahme für die Füllung dem Ueberdruck mal dem Behälterinhalt (wozu auch die Leitung zu zählen ist) entspricht. Die Kompressoren füllen dann die Leitung samt Windkessel in der Zwischenzeit wieder auf.

Die hier gewählten Kompressoren sind fünfstufig (Abb. 19 und 20). Es betragen: Angesaugte Freiluft $7 \text{ m}^3/\text{min}$; Endspannung 200 at; Kraftbedarf 130 PS an der Kompressorwelle gemessen; Kühlwasserverbrauch $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ bei 15° C ; Gewicht rd. 11500 kg.

Die Kühlung zwischen den Stufen erfolgt mittels vierfachem Röhrenzwischenkühler. Der Kraftbedarf von 130 PS für 7 m^3 angesaugte Freiluft, Endspannung 200 at, war bei einem Barometerstand von 690 mm vertraglich garantiert. Auf Mehrverbrauch stand Konventionalstrafe. Die Ergebnisse der Abnahmeversuche entsprachen den Bedingungen reichlich.

Die Tunnel-Druckleitung hat einen Durchmesser von 50 mm. Zwischen ihr und den Kompressoren ist ein Windkessel eingebaut, bestehend aus 20 nahtlosen, gezogenen Stahlflaschen von je $0,25 \text{ m}^3$ Inhalt (Abb. 21), Probedruck 250 at. Wir erhalten so, zusammen mit der Tunnelleitung von 2,5, bezw. 4,5, bezw. $6,5 \text{ km}$ Länge¹⁾, einen Behälter-Inhalt von:

$$5,0 + \frac{0,005^2 \pi}{4} \cdot 2500 = 9,9 \text{ m}^3$$

$$5,0 + \frac{0,005^2 \pi}{4} \cdot 4500 = 13,8 \text{ ,,}$$

$$5,0 + \frac{0,005^2 \pi}{4} \cdot 6500 = 17,7 \text{ ,,}$$

Die beim Laden der Lokomotiven auf 165 at Betriebsdruck verfügbare Luftmenge beträgt somit, bei einer Leitungslänge von

$$2,5 \text{ km } 9,9 \times 35 = 346 \text{ m}^3$$

$$4,5 \text{ km } 13,8 \times 35 = 483 \text{ ,,}$$

$$6,5 \text{ km } 17,7 \times 35 = 619 \text{ ,,}$$

Während der Ladezeit von 15 Minuten presst ein Kompressor weitere 105, beide zusammen 210 m^3 in die Leitung ein. Diese Anordnung genügt somit den gestellten Anforderungen.

Auch die Leitung ist auf ihre Leistungsfähigkeit zu prüfen. Dazu nehmen wir einfachheitshalber, weil hier die Füllung ohne Nachpumpen der Kompressoren erfolgen kann und wir dieses somit nicht zu berücksichtigen brauchen, die Leitung von $6,5 \text{ km}$ Länge. Bei einem Drucke von 200 at enthält sie 3540 m^3 Freiluft. Nach Entnahme von 535 m^3 verbleiben noch 3005 m^3 , wobei noch ein Druck von 169,6 oder rund 170 at vorhanden ist. Bei Beginn der Füllung beträgt somit der Druckunterschied zwischen Leitung und Lokomotivkessel $Z_1 = 200 - 12 = 188 \text{ at}$, am Schlusse noch $Z_2 = 170 - 165 = 5 \text{ at}$.

¹⁾ Diese Längen entsprechen der jeweiligen Lage der Ladestelle im zweimal einwärts verlegten Tunnelbahnhof der Nordseite.

Der Förderbetrieb beim Ausbau des II. Simplon-Tunnel.

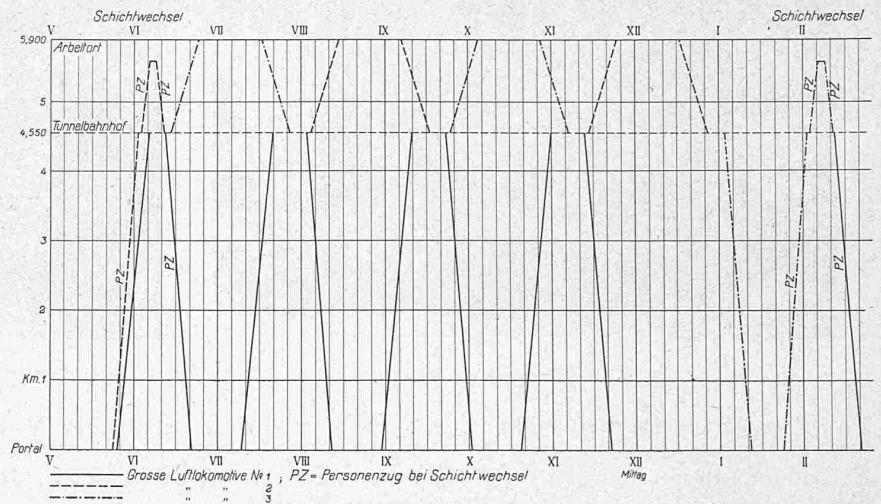


Abb. 17. Fahrplan (I. Schicht) Südseite, 1 grosse und 2 kleine Druckluft-Lokomotiven.

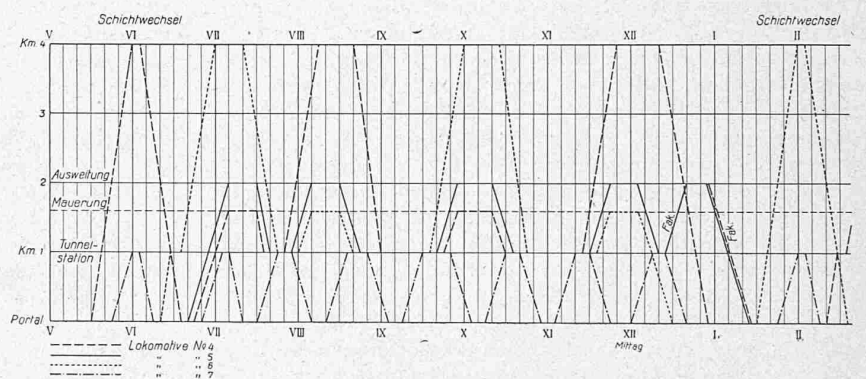


Abb. 12. Fahrplan (I. Schicht) Nordseite, Provisorischer Betrieb mit 4 Benzin-Lokomotiven.

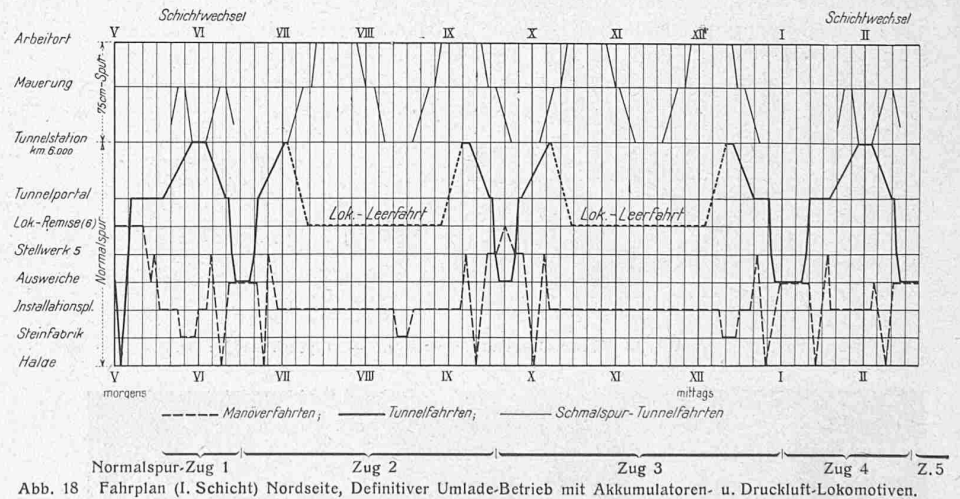


Abb. 18. Fahrplan (I. Schicht) Nordseite, Definitiver Umlade-Betrieb mit Akkumulatoren- u. Druckluft-Lokomotiven.

Für die Füllung wird die Hauptleitung mittels eines $2,5 \text{ m}$ langen Kupferrohres von $0,011 \text{ m}$ innerem Durchmesser mit der Lokomotive verbunden. Die Durchflussmenge der Druckluft ergibt sich aus der Formel von Riedler & Gutermuth (Hütte):

$$Q = \sqrt{\frac{Z \cdot 10^{10} \cdot d^5}{864 \cdot \gamma \cdot l}}$$

[worin: Q = Luftmenge in m^3/sek

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{188 + 5}{2} = 96,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma = \frac{\rho m}{R(273 + t)} = \frac{1370000}{29,3 \times 293} = 159,6$$

d = Rohrdurchmesser und l = Rohrlänge].

