

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

Artikel: Tunnelverbindung unter dem Aermelkanal
Autor: Andreae, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-34806>

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: 03.07.2025

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

INHALT: Tunnelverbindung unter dem Aermelkanal. — 2C₂ Heissdampf-Tenderlokomotiven für Java. — Die Steinfenster mit Buntverglasung von Richard A. Nüscheler. — Ueber die Stärke der Sonnenstrahlung. — Eidgenössische Technische Hochschule. — Miscellanea: Kraftwerk Eglisau. Deutsche Brennkrafttechnische Gesellschaft. Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen. Schweizerische Werkbund-Ausstellung in Zürich. Verbesserung des Stadtplanes von Konstantinopel. Société pour

l'Amélioration du Logement, Genève. Ausbau der Wasserkräfte in Norwegen. Schweizerische Bundesbahnen. Kantonsingenieur in Neuenburg. — Konkurrenzen: Ueberbauung des Obmannamt-Areals in Zürich. — Preisausschreiben: Preisfragen der Schlaffli-Stiftung. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein. Bündnerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Band 72.

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

Nr. 10.

Tunnelverbindung unter dem Aermelkanal.

Laut „Daily Chronicle“ stimmten die Delegierten der interparlamentarischen Konferenz in London einmütig einer Resolution zu Gunsten des Baues des Aermelkanal-Tunnels zu. Die öffentliche Meinung Frankreichs, die dieses Projekt stets begünstigte, wird von der italienischen öffentlichen Meinung unterstützt. „Daily Chronicle“ selbst tritt für möglichst rasche Inangriffnahme der Bauarbeiten ein.

In Band LXIX, Nr. 26 vom 30. Juni 1917 berichtete die Schweiz. Bauzeitung bereits kurz über das neue Projekt von Ingenieur A. Sartiaux für die Untertunnelung des Aermelkanales. Sie entnahm ihre Angaben einem Vortrage, den Ingenieur A. Moutier am 23. Juni 1916 vor der Société des Ingénieurs Civils de France hielt. Obige englische Zeitungsnotiz gibt Veranlassung, auf das Projekt, soweit es aus jenem Vortrage¹⁾ bekannt ist, etwas näher einzutreten.

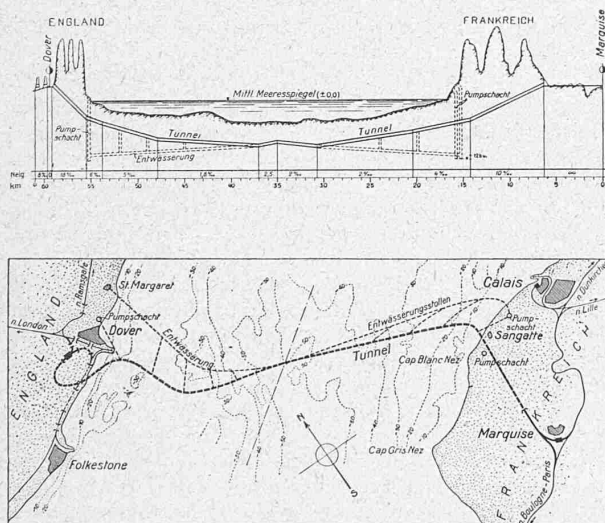
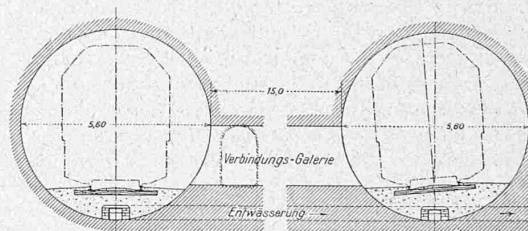


Abb. 1 und 2. Lageplan und Längenprofil zum Kanal-Tunnel nach Projekt Sartiaux. — Abb. 3. Tunnel-Querschnitt 1:200.

Der *Bauvorgang* wird für die französische Seite folgendermassen angegeben: Zunächst werden die sieben ersten Kilometer vom französischen Mundloch aus vorge- trieben. Das Ende dieser Teilstrecke wird mittels eines kleinen Stollens mit dem bereits erstellten Schacht westlich Sangatte (Abb. 1) verbunden. Gleichzeitig wird östlich Sangatte ein neuer, 125 bis 135 m tiefer Schacht abgeteuft, von dem aus der Entwässerungsstollen vorgetrieben wird. Von diesem aus sollen eine Anzahl Verbindungsstollen (vier, event. mehr) nach dem Tracé des Haupttunnels vorge- trieben werden. Ihre Enden ergeben die Angriffspunkte für diesen; und zwar soll von jedem dieser Angriffspunkte aus, mit Rücksicht für den Wasserabfluss, die rückwärts- liegende, ansteigende Strecke ausgeführt werden. Dieser Entwässerungsstollen, der der Tunneldurchörterung voreilt, soll auch das Gebirge sondieren. Alle 120 bis 130 m sollen Sondierungen nach oben und unten die genaue Lage der Cenomanschiebt feststellen und Wegleitung für den weitem Vortrieb, bezw. die Richtung sowohl dieses Stollens selbst, wie des Haupttunnels geben.

Auf Grund der anlässlich des Vortriebes von je einem Versuchstollen von etwa 1840 m von jedem Ufer aus mittels Bohrmaschinen System Beaumont erzielten Resultate, wird für den Hilfsstollen, sowie für jede Angriffsstelle des Haupttunnels, auf einen täglichen Fortschritt von 20 m gerechnet. Ebenfalls gestützt auf die vorgenannten Er- fahrungen wird der Wasserzutritt mit 1 l/min pro m Stollen angenommen.

Für die vorbereitenden Arbeiten (Schächte usw.) ist eine *Bauzeit* von zwei Jahren vorgesehen, für die Ausführung



Die Haupteigentümlichkeiten des Projektes sind bereits aus dem erwähnten Bericht der Bauzeitung ersichtlich. Der Tunnel soll einer etwa 60 m mächtigen, dichten, durch etwa 7000 Sondierungen festgestellten Cenomankreideschicht folgen. Längenprofil und Richtung sind ihrem Verlaufe angepasst (Abb. 1 und 2). Um Wassereinbrüchen zu ent- gehen, ist jeder Gebirgswechsel unter dem Meere vermieden. Der tiefste Punkt des Längenprofils kommt ungefähr in Tunnelmitte zu liegen. Für die Entwässerung ist ein nach beiden Seiten hin fallender Hilfsstollen von 3 m Durch- messer vorgesehen. Die Gesamtlänge des Tunnels beträgt rund 53 km, wovon 38 km submarin sind. Das Maximal- Gefälle beträgt auf französischer Seite 10⁰/₁₀₀, auf englischer 18, doch dürfte letzteres Teilstück durch Detailstudien der englischen Ingenieure noch Änderungen erfahren. In der Mitte wird der Tunnel etwa 50 m unter dem Meeresgrunde und etwa 100 m unter dem mittleren Meeresspiegel liegen.

Als *Tunneltyp* sind zwei einspurige, kreisförmige Zwillingstunnel von 5,6 m Weite vorgesehen. Der Horizon- talabstand von Lichtraum zu Lichtraum beträgt 15,0 m (von Axe zu Axe somit 20,6 m). Die beiden Tunnel sollen alle 100 m durch einen Querschlag verbunden werden (Abb. 3).

¹⁾ Erschienen im Bulletin Juli-September 1916 der Société des Ingénieurs Civils de France.

des Tunnels selbst von weitem drei bis vier Jahren. Da der Entwässerungsstollen als Angriffstollen dient, von dem aus die beiden Haupttollen angefahren werden, geht die gesamte Förderung durch ihn. Hierzu soll er ein Geleise von 60 cm Spur erhalten, auf dem der Transportdienst mittels elektrischer Lokomotiven bewältigt werden soll.

Jeder der beiden Schächte bei Sangatte soll mit einem Ventilator von 300 PS versehen werden. Ingenieur Moutier spricht jedoch in seinem Vortrage die Ansicht aus, dass die Ventilation durch die ein- und ausfahrenden Züge ge- nügen werde.

Die Baukosten sind auf 400 Millionen veranschlagt.

Da nun möglicherweise, nach der eingangs genannten Zeitungsnotiz zu schliessen, das Werk demnächst aus dem Stadium der Vorstudien in das der definitiven, bezw. der Ausführung treten dürfte, erscheint es von Interesse, auf dieses neueste Projekt, das durch den Vortrag Moutier in seinen Hauptzügen der Öffentlichkeit übergeben wurde, etwas näher einzutreten.

Auf die generelle Anlage der Bahn, bezw. des Tunnels, auf die Tracéföhrung und das Längenprofil können wir ohne genaue Ortskenntnisse und ohne Einblick in das offen- bar sehr umfangreiche Studienmaterial nicht näher ein- gehen. So genau, in Richtung und Höhe, einer bestimmten

geologischen Schicht mit einem doppelspurigen Eisenbahn-Tunnel zu folgen, dürfte wohl in mancher Beziehung seine Schwierigkeiten haben, doch möge diese Frage offen bleiben. Die Idee ist jedenfalls grosszügig und originell.

Mehr interessieren uns hier einige *tunnelbautechnische Fragen* allgemeiner Natur, deren Beantwortung sich aus den Erfahrungen beim Bau anderer grosser Tunnel ergibt, besonders des ebenfall als Zwillingtunnel erstellten Simplon-Durchstiches.

Vor allem fällt uns dabei der geringe, vorgesehene *Abstand beider Tunnel* auf. Auf Seite 513 des erwähnten „Bulletin“ erklärt Ingenieur Moutier, warum hier zwei kreisrunde, einspurige Paralleltunnel statt eines einzigen doppelspurigen gewählt werden: Unter einer Ueberlagerung von nur 40 bis 50 m, die an einzelnen Punkten noch geringer werden kann, könnte, so wird befürchtet, ein für die breite, doppelspurige Tunnelröhre gefährlicher Firstdruck von 15 bis 20 kg pro cm² entstehen. Dies werde bei Anwendung von zwei Röhren mit je 5,6 m lichtigem Durchmesser, die 15 m auseinander liegend einander nicht mehr beeinflussen, vermieden.

Nun werden Tunnelröhren von 5,6 m Durchmesser allerdings einzeln weniger Firstdruck auslösen als eine solche von 8 bis 9 m Lichtweite. Aber, dass zwei solche Tunnel in nur 15 m Entfernung einander nicht beeinflussen würden, ist ein Irrtum! Hierfür ist der Simplontunnel ein *Beweis*. Wohl sind hier die Verhältnisse andere. Am Simplon erreicht die Ueberlagerung 2000 m. Allein die Erfahrung weiss nun einmal, dass der Firstdruck nicht proportional der Ueberlagerungshöhe ist. In einem Gebirge, das mit der Beaumontschen Bohrmaschine 20 m Tagesvortrieb gestattet, und durch das einen doppelspurigen Tunnel zu legen man aus Rücksicht auf die Standfestigkeit bezw. den Firstdruck Bedenken hegt, ist bei diesem Abstände mit einer gegenseitigen Beeinflussung der beiden Tunnelröhren entschieden zu rechnen. Bei einer Entfernung von rund 12 m von Licht zu Licht (17 m von Axe zu Axe) haben sich im Simplontunnel infolge gegenseitiger Beeinflussung Bewegungen gezeigt, die auch bei 15 m nicht ausgeblieben wären. Im Kanaltunnel ist nach Voraussicht das Gebirge homogen; auch fällt der Einfluss der Temperaturerniedrigung, welcher Spannungen im Gebirge auslöst, sowie der Einfluss der schweren Vorortschüsse weg. Allein wenn hier die Verhältnisse vielleicht günstiger sind als am Simplon, so darf nicht vergessen werden, dass in letzterem Tunnel Einflüsse des einen Stollens auf den andern einige gebrochene Steine, etwa auch die Rekonstruktion einiger Mauerungsringe zur Folge hat; unter dem Aermelkanal bedeutet aber eine solche Bewegung, die sich bei 40 bis 50 m Ueberlagerung leicht bis Tag, d. h. bis zum Meeresgrund fortpflanzen kann, die *Katastrophe*.

Wenn, wie oben erwähnt, bei einem doppelspurigen Tunnel mit einem Firstdruck von 15 bis 20 kg/cm² gerechnet wird, so wird die Möglichkeit zugelassen, dass die ganze Ueberlagerung samt der darüberliegenden Wassersäule auf der Tunnelröhre lasten könnte (was nicht ausgeschlossen ist, wenn wirklich Bewegung entsteht). Konsequenterweise muss beim vorgeschlagenen System für den gleichen Fall eine Last von 3150 t/m auf den Zwischenpfeiler angenommen werden, was auf die ganze Pfeilerbreite von 14 m (15 m weniger 2 × 0,5 m Mauerung) verteilt 22,5 kg/cm² gibt. Diese Last wird sich aber nicht von vornherein gleichmässig verteilen. Sie kann an den Ulmen vorerst auf ein Vielfaches ansteigen (vergl. Theorie von E. v. Willmann¹⁾). Es werden Ablösungen stattfinden, die den Pfeiler schwächen und den spez. Druck erhöhen. Bleibt an einer Stelle die Mauerung etwas zurück²⁾, was bei einem so grossen Bau und so forciertem Betrieb etwa vorkommen

könnte, so pflanzt sich die Bewegung fort, d. h. die Bewegung wird bald durchgehend. Der Abstand zwischen beiden Tunnelröhren muss, wenn sie nicht auf einander reagieren sollen, wenigstens 40 bis 50 m betragen. Dabei werden allerdings die *Querstellen* länger, was Mehrkosten verursacht. Aber diese können ohne Nachteil in weiteren Abständen als vorgesehen angenommen werden. Das Projekt Sartiaux sieht sie alle 100 m vor. Diese Querstellen bilden stets schwache Punkte im ganzen System. Im Simplontunnel, wo im Gegensatz zum Kanaltunnel mit hohen Temperaturen zu rechnen war, sind sie 200 m von einander entfernt. Die jetzigen Hilfsmittel würden ohne weiteres gestatten, wenigstens in den ersten Kilometern, einen grösseren Abstand zu wählen. Für die Beaufsichtigung des Tunnels im Betrieb werden bei Erstellung des II. Tunnels im Simplon gegenwärtig nur noch zwei pro km offen gelassen, die andern vermauert.

Die gesamte *Förderung* soll durch den Entwässerungs-Stollen von 3 m Durchmesser gehen auf einer Geleisespur von 60 cm und mittels elektrischer Lokomotiven als Traktoren. Ein Vergleich mit den Erfahrungen im Simplontunnel¹⁾ lässt Zweifel am Genügen des hier gemachten Vorschlages zu.

Ist der angenommene Fortschritt möglich (der Verfasser des Projektes nimmt dies an auf Grund der Erfahrungen in den beiden Versuchstollen), so haben wir ein Stollen-Ort²⁾ zu $20 \frac{4^2 \pi}{4} = 250 \text{ m}^3$ und wenigstens zwei Tunnelorte zu $20 \frac{6,6^2 \pi}{4} = 684$, also total 1618 m³ theoretischen Ausbruch täglich (wozu noch unvermeidliches Ueberprofil kommt) zu fördern. Das gibt bei 60 cm Spur rund 50 ausfahrende Schutterzüge und ebenso viele einfahrende Leerzüge. Dazu 1000 bis 1200 t Mauerungsmaterial, was weitere zehn bis zwölf Züge in jeder Richtung vorstellt, dazu die Schichtzüge. Die Maximalgeschwindigkeit ist bei 60 cm Spur in dem engen Stollen mit 15 km/h, die Reisegeschwindigkeit mit 10 km/h wohl reichlich hoch bemessen. Das ergibt einen Zug alle rund 25 Minuten. Vom vierten km an werden somit in jeder Richtung je zwei Züge, vom achten km an drei, vom zwölften km an vier Züge usw. gleichzeitig in jeder Richtung unterwegs sein. Das bedingt eine Menge Kreuzungen u. dgl. Man stelle sich nun Störungen infolge der zu kurzen Lade- und Rangierzeit, oder gar Entgleisungen u. dgl. vor mit ihren Folgen für den regelmässigen Betrieb! Für den Geleiseunterhalt fehlt auch die nötige Zeit.

Der Förderstollen mündet in einen Schacht aus (Abb. 2). Den Umschlag der vielen Züge an dieser Stelle kann man sich schwer vorstellen.

Als Zugmittel sind elektrische Lokomotiven vorgesehen. Welcher Art ist nicht angegeben. Akkumulatoren-Lokomotiven mit genügender Kapazität für so lange Pendelfahrten werden zu gross ausfallen. Sie sind zudem für solchen Betrieb zu empfindlich. Eine Fahrdrableitung mit Hochspannung in einem Stollen von nur 3 m Durchmesser ist wohl ausgeschlossen.

Der kleine Stollen dient ausserdem der *Entwässerung*. Bei 1 l/min pro m Stollen Wasserzufluss wird die Wassermenge in den letzten Stadien³⁾ auf 50 bis 60000 l/min, oder 900 bis 1000 l/sek ansteigen. Dazu kommen in den Stollen die Röhren für die Ventilation und Leitungen für die Bohrmaschinen usw.

Der rationelle Transport solcher Materialmengen auf solche Entfernungen lässt sich nur mit leistungsfähigeren Mitteln bewerkstelligen, d. h. mit Normalspur, ähnlich wie beim Ausbau des II. Simplontunnels¹⁾, und zwar in beiden Hauptstollen zugleich. Das bedingt aber einen andern Arbeitsvorgang überhaupt.

¹⁾ Ueber einige Gebirgsdruckerscheinungen in ihren Beziehungen zum Tunnelbau, Leipzig 1911. Ferner S. B. Z., Bd. LIX, S. 277 (März 1912).

²⁾ Die ganze Organisation wird allerdings darauf ausgehen müssen, dieses unmöglich zu machen, d. h. das Programm des Vortriebs wird sich nach dem Fortschritte der Mauerung zu richten haben und nicht allein nach der Leistung der Bohrmaschine in den Versuchstollen.

¹⁾ Vergl.: Der Förderbetrieb beim Ausbau des II. Simplontunnels, von Ing. F. Rothpletz und C. Andreat. S. B. Z., Band LXXI, S. 99 (März 1918). [Auch als Sonderabdruck zu beziehen. Red.]

²⁾ Durchmesser des Ausbruches $3 + (2 \times 0,50)$.

³⁾ Drei Stollen zu rund 19 km von den Schächten von Sangatte bis Tunnelmitte.

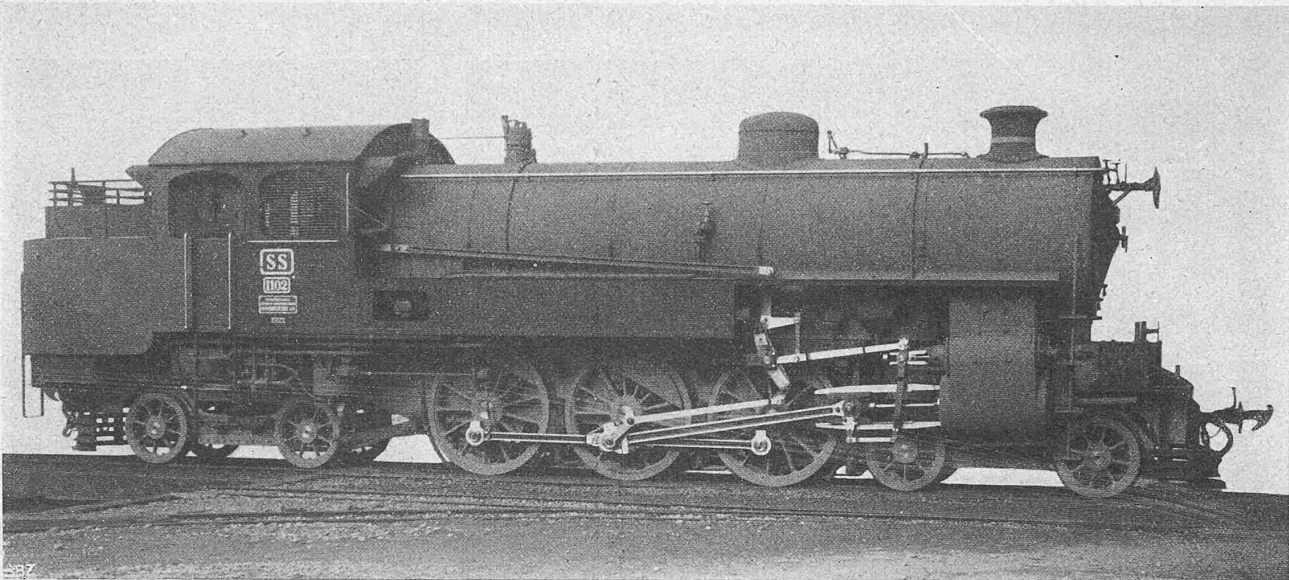


Abb. 1. 2C2 Heissdampf-Tenderlokomotive für Java. Entworfen und ausgeführt von der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

Der Entwässerungsstollen lässt sich bei der vorgesehenen Anlage des Tunnels wohl schwerlich vermeiden. Pumpen können ihn aus verschiedenen Gründen, besonders mit Rücksicht auf den spätern Bahnbetrieb, nicht ersetzen. Er sollte aber nicht als Vortriebstollen dienen, sondern es werden die beiden Haupttunnels mit Rücksicht auf die Förderung von ihren Mundlöchern aus vorzutreiben sein. Dadurch wird auch eines der Hauptargumente, die für Anwendung des Doppeltunnelsystems überhaupt sprechen, die Sicherheit der Arbeiter bei etwaigen Brüchen, erst zur Geltung kommen können, ebenso würde das Problem der Lüftung dabei besser gelöst. In den fertigen Tunnelstrecken könnte Normalspurbetrieb auf definitivem Betriebsgeleise und mit definitiver Fahrdrableitung angewendet werden, in den Arbeitsstrecken Kleinspurbetrieb mit Druckluft (event. Elektrizität).

Der Entwässerungsstollen wäre gleichzeitig vorzutreiben und häufiger, als im Projekte vorgesehen, mit dem Haupttunnel zu verbinden. Die Tunnelstrecke vom Portal bis zur letzten Verbindung mit dem Entwässerungsstollen wird dann durch diesen entwässert, während die übrige Strecke bis vor Ort ausgepumpt werden muss, was umso weniger Schwierigkeiten bereitet, je näher sich die Verbindungen mit dem Entwässerungsstollen folgen. Für seinen eigenen Förderbetrieb dürfte dieser Stollen genügen.

Noch eine Bemerkung über die *Ventilation*. Ingenieur Moutier hält die Lüftung durch die ein- und ausfahrenden Züge für hinreichend. Dem kann nicht beigepröft werden. Wohl wirken Züge in einem Tunnel kolbenartig.¹⁾ Allein, da der Kolben nicht anschliesst, entsteht kein Ueberdruck, der genügt, um den grossen Reibungswiderstand, der in einem so langen Stollen entsteht, zu überwinden. Sobald er eine gewisse Grösse erreicht, wird die Luft zwischen Zug und Stollenrand durchdrängen und sich wieder hinter den Zug setzen. Für den Bau genügt übrigens ein Hinweis auf den Umstand, dass bei der im Projekt vorgesehenen Betriebsweise, mehrere Züge gleichzeitig in beiden Richtungen zu verkehren haben.

Der Projektverfasser, Ingenieur Sartiaux, stellt sich übrigens auf einen andern Standpunkt und nimmt Ventilatoren an beiden Schächten an. Dem ist entschieden grundsätzlich beizupflichten. Wenn auch nicht gleiche Luftmengen wie im Simplon oder Tunnel unter hoher Ueberlagerung mit hohen Temperaturen überhaupt erforderlich sind, so ist doch eine Erneuerung der Luft für die Arbeiter

notwendig. Da 4000 Mann in drei bis vier Schichten, also 1000 bis 1300 pro Schicht angenommen werden, so sind hierfür wenigstens 3 bis 4 m^3/sek Frischluft vorzusehen, die wirklich die Arbeitsorte erreichen müssen.

Ueber weitere Details, wie Sicherungsmassregeln gegen etwaige Wassereinbrüche u. a. m. äussert sich Ing. Moutier im erwähnten Vortrage nicht.

Naters, 10. Juli 1918.

C. Andrae.

2C2 H.-D.-Tenderlokomotiven für Java.

Zwischen dem holländischen Kolonial-Ministerium im Haag und der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur wurde im Herbst 1916 ein Vertrag abgeschlossen auf Lieferung von 14 Stück 2C2 Tender-Lokomotiven mit Schmidt'schem Ueberhitzer. Die Maschinen sollen von Holland nach Niederländisch-Indien, speziell für die Staatsbahnen auf Java (Bestimmungsort Tandjong Triok, Hafenplatz bei Batavia) verschifft werden. Die Ablieferung hätte in den Monaten März und April des Jahres 1917 erfolgen sollen, zog sich aber wegen grossen Schwierigkeiten in der Materialbeschaffung (Kesselbleche, Siede- und Ueberhitzerröhren, Achsen usw.), sowie wegen noch grössern Schwierigkeiten in der Erlangung der Aus- und Durchfuhr-Bewilligung derart in die Länge, dass die ersten zwei seetüchtig verpackten Maschinen erst im März dieses Jahres nach Holland abrollen konnten.

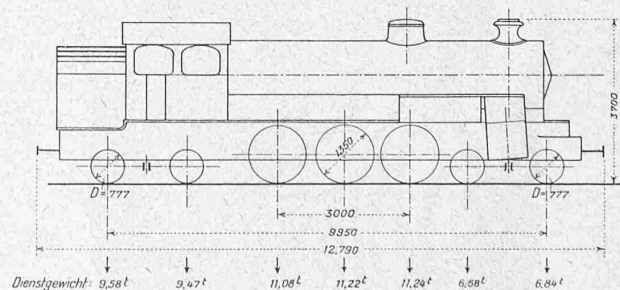


Abb. 2. Typenskizze. — Masstab 1:150.

Die Lokomotiven sind von obengenannter Firma entworfen und nachher in mehreren Besprechungen an Hand der Ausführungszeichnungen mit dem Oberingenieur des Technischen Bureau des holländ. Kolonial-Departements, Herrn J. C. Schäfer, überprüft und durchgearbeitet worden.

¹⁾ Vergl. Dr. Ing. O. Stix: Studie über den Luftwiderstand von Eisenbahnzügen in Tunnelröhren. S. B. Z., Bd. XLVIII, S. 39 ff. (28. Juli 1906).