

Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber: A. Waldner
Band: 2/3 (1875)
Heft: 1

Artikel: Locomotivbetrieb mit Luft im St. Gotthard-Tunnel
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-3822>

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: 30.01.2025

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

internationaler Bedeutung. Im Falle einer Missernte in Frankreich oder eines Krieges ist für die Schweiz eine auf neutralem Boden liegende Verbindung mit den Productionsgebieten im Osten von grossem Gewinn und ungleich wichtiger, als die hie und da auftauchenden Projecte nach einer zweiten nach Süden zielenden Alpenüberschienenung.

Der österreichische Reichsrath, die hohe volkwirthschaftliche, politische und strategische Wichtigkeit des Arlberges für Oesterreich erkennend, hat von der Generalinspection der österreichischen Eisenbahnen in Verbindung mit Delegirten der k. k. geologischen Reichsanstalt Tracéstudien veranlasst, welche schon 1872 in einem einlässlichen und schön ausgestatteten Berichte veröffentlicht wurden.

Wir greifen eines der drei erwähnten Projecte heraus, wonach die Bergbahn, von Landeck im Innthale ausgehend, mit den üblichen 25 0/0 nach St. Jacob (1276 Meter über Meer), dem östlichen Tunnelende, ansteigt, mittelst 12,4 Kilometer langem Tunnel den Arlberg unterfährt, und vom westlichen Tunnelende, bei Klösterle, an mit 29 0/0 nach Bludenz abfällt. Man nimmt nämlich an, dass der schwerere Verkehr in der Richtung Ost-West gehe und somit eine stärkere Steigung in der Richtung West-Ost ohne Nachtheil sei, eine Annahme, welche, wenn sie eine Zeit lang zutrifft, schliesslich doch grosse Verlegenheiten bereiten und die Concurrenzfähigkeit beeinträchtigen kann.

Die Baukosten sind für die Strecke von 51,28 Kilometer Bludenz-Landeck zu 30 Millionen Franken oder mit Verzinsung bei dreijähriger Bauzeit zu 41 Millionen, für den Haupttunnel von 12,4 Kilometer Länge zu 45 Millionen, mit Verzinsung zu 70 Millionen angenommen, was für die ganze Bergbahn von 67,4 Kilometer etwa 115 Mill. Franken ausmacht.

Wenn nun eine Zahnradüberschienenung angenommen wird, so könnte man die Bahn, 25 Kilometer, von Bludenz-Klösterle mit nur 25 0/0 längs der Thalsohle führen, von da würde die Zahnstange mit 80 0/0 die Höhe des Berges von 1790 Meter ersteigen und mit 70 0/0 nach St. Jacob fallen, im Ganzen auf eine Länge von 16 Kilometern; von St. Jacob bis Landeck ist das Gefälle 25 0/0. Die Zahnstangenbahn müsste von der Schneegrenze an ganz in Gallerien aus Stein und Eisen geführt werden, welche etwa 13 Millionen Franken kosten. Im Ganzen käme die Zahnradbahn mit Inbegriff von zehn Zahnrad-Locomotiven und 40 Bremswagen auf 23 Millionen, mit Verzinsung auf 31 Millionen zu stehen.

Die Zahnradbahn käme somit um etwa 40 Millionen, welche per Jahr 2 Millionen Zins repräsentiren, billiger als der Tunnel, was bei der Annahme von 9 Millionen Centner Transit und gleichen Betriebskosten die Taxen per Centner um 22 Cts. billiger zu stellen erlaubt.

Wenn auf der Zahnradbahn die doppelte Zahl Züge den gleichen Verkehr bewältigt, wie eine gewöhnliche Bahn, so kommt Hr. Schöber zu dem Resultate, dass für den Betrieb mit und ohne Zahnstange die gleiche Gesamtsumme nöthig ist, weil die doppelten Betriebskosten auf der Zahnstangenstrecke durch den Minderbetrag der Betriebskosten auf den geringern Steigungen der Zufahrtslinien compensirt werden.

* * *

Locomotivbetrieb mit Luft im St. Gotthard-Tunnel. Wir geben hier einen Auszug aus einer Mittheilung von Herrn Ribourt über die Verwendung von comprimierter Luft als Triebkraft der Locomotiven nach seinem System, welche beim Bau des grossen Alpentunnels zur Verwendung kommt.

Im Interesse rascher Arbeit war es für den Unternehmer des Tunnels sehr wichtig, ein möglichst ausgiebiges und billiges Transportmittel zu besitzen, mit dem auf einem Geleise der grosse Materialtransport bewerkstelligt werden kann und zwar im Innern eines Stollens, der nur von einer Seite zugänglich und nur künstlich ventilirt werden kann, und wobei die Transportdistanz successive von 1 auf 8 Kilometer wächst.

Der Aushub, welcher zu jeder der beiden Tunnelöffnungen, also sowohl im Norden bei Göschenen als auch im Süden bei Airolo, heraus zu schaffen ist, beträgt ungefähr 400 Cubikmeter in 24 Stunden.

Die Spurweite ist 1 Meter. Die Wagen halten 1 Cubikmeter, so dass also für den Abtrag 400 Wagen zu fahren sind, wobei noch 40 für Materialzufuhr und 10 für Bohrutensilien hinzukommen, was einem Transport von total 2300 Tonnen täglich gleich kommt.

Am Mont Cenis hatte man für die Beförderung der Wagen Pferde verwendet und es waren auf beiden Tunnelseiten täglich deren mehr als 100 beschäftigt, der Cubikinhalt des abzuführenden Gesteins war bedeutend geringer als am Gotthard.

Wegen Verunreinigung der Luft war an eine rauchende Locomotive gar nicht zu denken, und Herr Favre füllte zuerst am 18. Sept. 1873 den Kessel einer gewöhnlichen im Voreinschnitt bei Airolo gebrauchten Maschine mit 1 Cubikmeter comprimierter Luft von 4 Atmosphären. Da dieses unzureichend war, wurde der Maschine ein Reservoir von 8 Meter Länge und 1,6 Meter Durchmesser auf 2 Wagen stehend angehängt, welches 16,4 Cubikmeter Luft hielt. Mit dieser Disposition wurde bis vor kurzer Zeit gearbeitet und alle Transporte bewerkstelligt.

Die Kosten waren unbedeutend, da die zur Bohrarbeit nöthigen Compressoren auch für die Locomotiven genügend Luft abgaben und zudem die Kohle in Göschenen und Airolo bis auf Fr. 110 per Tonne zu stehen kommen soll.

Wie oben angedeutet, führt die Maschine total 17,4 Cubikmeter auf 7 Atmosph. comprimierter Luft und bewegt einen Zug von 30—60 Tonnen Gewicht auf die Distanz von 400 Meter und zurück, mit einer Geschwindigkeit von 10 Kilom. per Stunde.

Während des Ganges sinkt natürlich der Druck im Reservoir und es muss die Lufteströmung in die Cylinder durch den Führer entsprechend regulirt werden, um die Maschine in gleichmässigem Gang zu erhalten.

In Göschenen ist die Bahn beinahe horizontal und gerade, in Airolo findet sich eine Steigung von 12 0/0 und eine Curve von 100 Meter.

Wir lassen die Notizen einer der gemachten Beobachtungen folgen:

Locomotivgewicht	...	4,600	Kilogr.
Reservoir mit Wagen	...	7,000	"
16 leere Wagen à 1,370 Kil.	...	20,800	"
16 Ladungen à 2,000 Kil.	...	32,000	"
Total			64,400 Kilogr.

Durchlaufene Distanz 300 Meter.

Luftdruck pro □-Centimeter bei der Abfahrt	5	Kilogr.	
" " " " " " " " " " " " " " " "	4	"	
Inhalt des Luftreservoirs	...	17,4	Cubik-M.
Verbrauch der Cylinder im Mittel	...	0,4	"
Kolbendurchmesser	...	0,204	Meter
Kolbenhub	...	0,360	"
Triebbraddurchmesser	...	0,760	"

Die theoretische Arbeit der comprimierten Luft in den Cylindern wird nach dem Mariott'schen Gesetz und mit Vernachlässigung der Temperaturschwankungen durch folgende Formel ausgedrückt:

$$T_m = pv \left(1 + \log' \frac{1}{z} \right) p' v'$$

wobei

- T_m die Triebkraft in Kilogrammmetern,
- pv das Product aller Cylinderfüllungen in Cubikmetern mit dem Druck im Reservoir in Kilogramm pro Quadratmeter,
- z eine Cylinderfüllung,
- p' der Gegendruck auf die Kolben nämlich 12,000 Kilogr. pro Quadratmeter,
- v' das verbrauchte Luftvolumen während der Fahrt

bedeuten.

Bei dem erwähnten Versuch erhielt man

$$T_m = 262,500 \text{ Kilogrammometer.}$$

Wenn man als Reibungs-Widerstand per Tonne Zugsgewicht 8 Kilogramm und für die Widerstände des Mechanismus der Maschine 5 Kilogramm per Tonne ihres Gewichtes annimmt, so hat man den Gesamtwiderstand

$$T_r = 538 \text{ Kil.} \times 300 \text{ Meter}$$

oder

$$T_r = 161,400 \text{ Kilogrammometer.}$$

Das Verhältniss der geleisteten Arbeit zur theoretischen Arbeit des Motors ist:

$$\frac{161,400}{262,500} = 0,61$$

Verhältniss welches bei allen Versuchen zwischen 0,50 und 0,60 schwankt.

Hierin sind folgende practische Winke enthalten: Die Luftverluste an den Reibungsflächen vermindern den wirklich erzielten Nutzeffect bedeutend; da sie mit dem Luftdruck zunehmen ist es vortheilhaft mit niedrigem Druck zu fahren, wobei auch die Abkühlung der Cylinder von der Expansion herrührend geringer ist, diese Abkühlung ist schon bei 7 Atmosphären ein bedeutender Uebelstand. Man hat bei einer Locomobile in den Werkstätten von Göschenen, welche zuweilen mit comprimierter Luft läuft, beobachtet, dass sie nur dann in regelmässigem Gang erhalten werden konnte, wenn die Cylinder und Schieber mit Petroleum getränkter Baumwolle erwärmt wurden, weil das aus

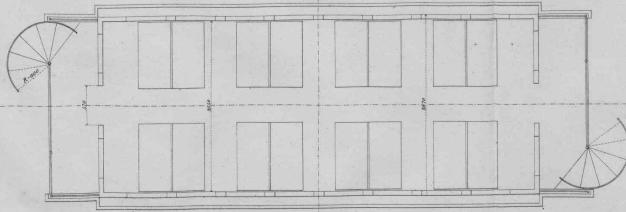
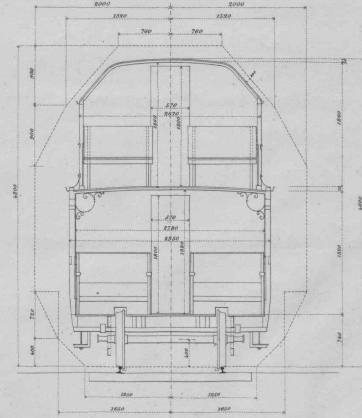
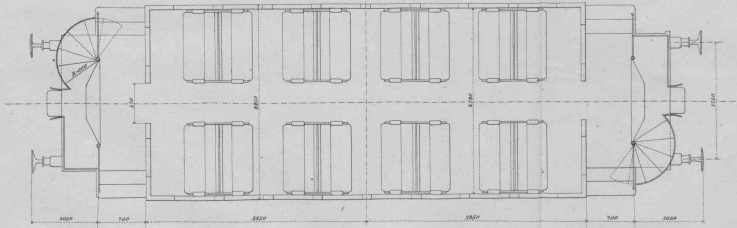
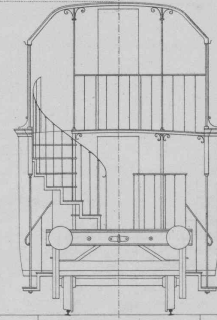
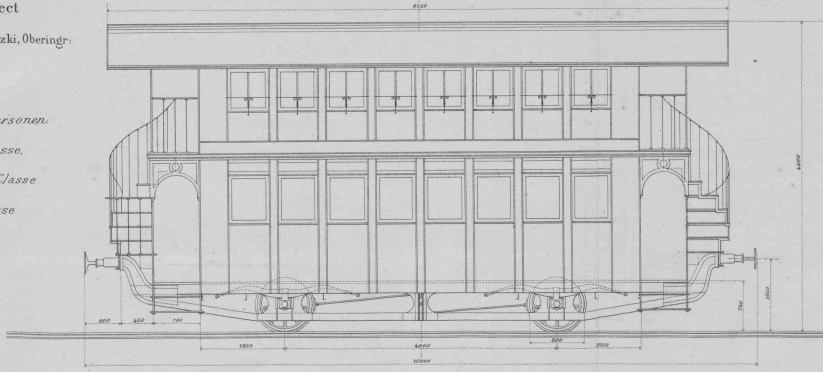
Project
von L. Blotnitzki, Oberingr.

für 66 Personen.
II^{ter} Classe,
II^{ter} & III^{ter} Classe
III^{ter} Classe

Schema X^a

Technisches Inspectorat.

Untere Etage 32 Plätze
Obere 32
Plattform 2
Total Sitzplätze 66



Maasstab 1:50.



Seite / page

leer / vide /
blank

den Compressoren mitgerissene Wasser mit dem Schmieröl einen festen Kitt bildete, welcher den Gang der Maschine sehr erschwerte.

Die Unvollkommenheiten der Luftvertheilung bei einer Locomotive etc. machen es wünschbar, dass der Eintritt derselben mit geringem Druck während $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ des Kolbenweges stattfindet.

In Folge der Druckabnahme der Luft im Reservoir, muss der Führer die Zuleitung zu den Cylindern variiren, was zu Stössen und Verlusten Anlass gibt.

Herr Ribourt hat sich nun die Aufgabe gestellt, eine Maschine zu construiren, welche mit Luft von niedrigem Druck und Expansion von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ arbeitet, und bei welcher der Luftdruck vor dem Eintritt in die Cylinder so regulirt wird, dass er immer gleich und unabhängig vom Druck im Reservoir ist. Diese Bedingungen werden durch 2 seit kurzem in Betrieb gesetzte und von MM. Schneider & Cie. in Creuzot gelieferte Maschinen erfüllt.

Der Mechanismus derselben ist der gleiche, wie bei allen andern Maschinen, der Kessel ist durch ein cylindrisches möglichst grosses Reservoir von Stahl ersetzt.

Vom Reservoir der Locomotive aus geht die comprimirt Luft in einen Regulator, in welchem sie expandirt und von da durch ein kleines Reservoir nach den Cylindern, um Stösse beim Anfahren zu vermeiden. Die Neuerung besteht in dem Regulator, in welchem die Luft durch Oeffnungen expandirt, deren Querschnitt von den im Reservoir vorhandenen Luftdruck regulirt wird, indem letzterer auf einen kleinen Kolben wirkt, welchem als Gegengewicht eine Feder entgegensteht, so dass der Druck der in die Cylinder einströmenden Luft ein wenig variiert werden kann.

Während sich im Reservoir Luft von hohem Drucke befindet, arbeiten die Cylinder mit ziemlich niedrigem Druck und nützen alle die damit zusammenhängenden Vortheile aus. Freilich verliert man die Expansionsarbeit der Luft entsprechend dem Unterschied der Spannung der Luft im Reservoir und derjenigen im Momente des Eintrittes in die Cylinder, aber dieser Verlust vermindert sich mit dem abnehmenden Druck im Reservoir immer mehr und wird dadurch gerechtfertigt, dass die Bedienung der Maschine einfach ist, da der Führer behufs regelmässigen Ganges der Maschine sich nicht um die Variationen des Luftdruckes im Reservoir zu kümmern braucht.

Bis specielle Compressoren Luft von 14 Atmosphären liefern, werden die beiden Maschinen mit Luft von 7 Atmosphären versehen, welche mit constantem Druck von 3 Kilogramm per Quadratcentimeter in die Cylinder strömt. Man beobachtete, dass seither die Luft besser ausgenützt wurde, als es bei der frühern Einrichtung der Fall war.

Die im Wasserfall der Reuss aufgespeicherte Arbeit wird folgendermaassen ausgenützt. Man nimmt theoretisch an, dass von der in die Cylinder eingeführten Luft 50% in Zugkraft verwandelt werden. Die gegenwärtigen Compressoren zu 7 Atmosphären geben 70% der dem Gefäll entsprechenden Arbeit ab. Die Leistung der mit comprimirt Luft arbeitenden Maschine beträgt 23% der in der Wasserkraft enthaltenen Arbeit, eine ziemlich hohe Ziffer, wenn man berücksichtigt, dass die Bohrmaschinen im Stollen eine Leistung von nur 4—8% haben.

Wenn man diesen Nutzeffect mit demjenigen der mit Kohle gefütterten Locomotiven vergleicht und wobei die Ausnützung der dem verbrannten Kohlenquantum entsprechenden Calorien nur ca. 10% beträgt, so ist damit bewiesen, dass die Maschinen mit comprimirt Luft unter gewissen Voraussetzungen vortheilhaft sind.

Da in der Jetztzeit die Ueberschreitung von Gebirgen mittelst Eisenbahnen anstatt durch starke, durch möglichst reducirte Steigungen und lange Tunnel vermittelt wird, so ist das Studium der Zugkraft mit comprimirt Luft wegen der nöthigen Ventilation sehr wichtig und in Vorliegendem ein wichtiger Beitrag zur praktischen Verwendung des neuen Motors gegeben.

Proben mit continuirlichen Bremsen in England.

(Schluss.)

Der Zug des Caledonian Railway wurde von einer schönen Locomotive gezogen, dieselbe hat 4 gekuppelte Räder von 2,1 Meter Durchmesser, die Cylinder von 42,5 cm. Durchmesser und 60 cm. Hublänge befinden sich ausserhalb der Räder, es war dies die einzige Locomotive auf dem Platze mit dieser Cylinderstellung; der Zug hingegen liess viel zu wünschen übrig und bestand den Vergleich mit dem Fahrmaterial anderer Bahnen nicht gut. — Die Bremse ist eine Erfindung von Herrn Steele und

McJnnes und es kommt bei derselben comprimirt Luft zur Verwendung. Es scheint jedoch, dass bei diesem System bedeutende Verluste an Luft nicht zu vermeiden sind, die Pumpe, welche zur Comprimierung der Luft unter der Locomotive angebracht ist, musste per Minute 60—70 Hübe machen um den Druck in den Bremscylindern zu erhalten. Die Bremse kommt zur Thätigkeit durch Oeffnen des Raumes über den Kolben der Bremscylinder, wodurch die darin befindliche Luft ausströmt und der Kolben gehoben wird.

Die Brighton Railway Company erschien mit der Westinghouse Vacuumbremse. Das Princip dieser, sowie auch der Smith Vacuumbremse ist bereits in frühern Artikeln besprochen worden.

Die Midland Company erschien mit drei Zügen, mit Clark's hydraulischer, Barker's hydraulischer und der Westinghouse selbstwirkenden Bremse.

Clark's hydraulische Bremse ist im Princip den Bremsen mit comprimirt Luft ähnlich und wirkt ungefähr in derselben Weise; die Verbindungsrohre bleiben immer mit Wasser gefüllt und es wird dasselbe auf höhern Druck gebracht indem Dampf unter den Kolben eines Cylinders, der mit den Röhren in Verbindung steht, eintritt.

Barker's hydraulische Bremse weicht von der eben skizzirten nur in der Detailausführung ab und ferner in dem Umstand, dass zum Zusammenpressen des Wassers der Kolben im Cylinder mehrere Hübe machen kann, während bei Clark nur ein Hub möglich ist.

Die Westinghouse selbstwirkende Bremse ist schon früher in diesen Spalten besprochen worden und verweisen wir auf den II. Bd. Nr. 14, Seite 151 u. f.

Endlich bleibt noch Fay's Bremse der Lancashire- und Yorkshire-Bahn zu erwähnen. Es gleicht diese Bremse unserer gewöhnlichen Handbremse, kann jedoch von einem Bremswagen aus auf circa 6 Personenwagen angewendet werden. Sie wird mit Hülfe eines grossen Schwungrades und zweier conischer Räder im Bremswagen in Bewegung gesetzt und wirkt durch Schrauben und Hebelübersetzung auf die Bremsklötze.

Die Beobachtungen der Zuggeschwindigkeiten wurden theils direct vorgenommen, von den Mitgliedern der Commission jedoch mit Hülfe eines electricischen Apparates controllirt. Ueberhaupt waren alle Vorkehrungen getroffen um die Resultate der Versuche mit aller Genauigkeit festzustellen.

Bei den Versuchen hätten die Züge die Geschwindigkeit von 60 engl. Meilen oder 96 Kilometer per Stunde erreichen sollen, was aber, obgleich die stärksten Schnellzugslocomotiven auf dem Platze waren, in keinem einzigen Falle gelang. Die gewöhnliche Geschwindigkeit war 80 Kilometer per Stunde und es erscheint daher, dass auf einer horizontalen geraden Strecke von 4 Kilometern keine Locomotive einen beladenen Zug von 15 Wagen auf die Schnelligkeit von 96 Kilometer bringen kann.

Als Resultate liegen uns eine grosse Reihe Zahlen vor und es lässt sich aus diesen eine Vergleichung der Leistungen der Bremsen ersehen. Die Zahlen, worauf wir uns stützen, sind bei jedem Versuche die folgenden: 1) Gewicht des Zuges; 2) Zeit, in welcher die letzten 800 Fuss, vor dem Anziehen der Bremsen, durchlaufen wurden und hieraus Geschwindigkeit des Zuges. 3) Länge des Weges und Zeit, in welcher der Zug zum Stehen gebracht werden konnte.

Die Aufzählung dieser Zahlen würde jedoch sehr wenig Licht über die relativen Leistungen der Bremsen verbreiten und wir werden daher aus diesen Zahlen diejenigen durch Rechnung herausziehen, welche für eine gerechte Vergleichung passen. Es sind dies die mechanische Arbeit, welche die Bremse zum Stellen des Zuges zu verrichten hat und diese Arbeit dividirt durch die Zeit in welcher der Zug zum Stillstand gebracht wurde oder die mechanische Arbeit der Bremse per Secunde.

Die erste Zahl berechnet sich wie folgt:

$$v \text{ Geschwindigkeit in Meter per Secunde}$$

$$G \text{ Gewicht des Zuges in Tonnen}$$

$$g = 9.81 \text{ Meter.}$$

Mechanische Arbeit:

$$m = \frac{G v^2}{2 g} \text{ in Metertonnen}$$

und ferner:

t Zeit in welcher der Zug zum Stehen gebracht wurde in Secunden.

$$\frac{m}{t} = \text{Mechanische Arbeit der Bremse per Secunde.}$$

Zur Vergleichung sind noch einige Zahlen beigefügt, nämlich die Reduction der Distanzen, in welchen der Zug gestellt wurde auf eine mittlere Geschwindigkeit von 80 Kilometer per