Zeitschrift: Schweizerische Lehrerzeitung
Herausgeber: Schweizerischer Lehrerverein
Band: 102 (1957)
Heft: 19

Anhang: Die Linienführung im Gelände ; Der Gotthardtunnel
Autor: [s.n.]

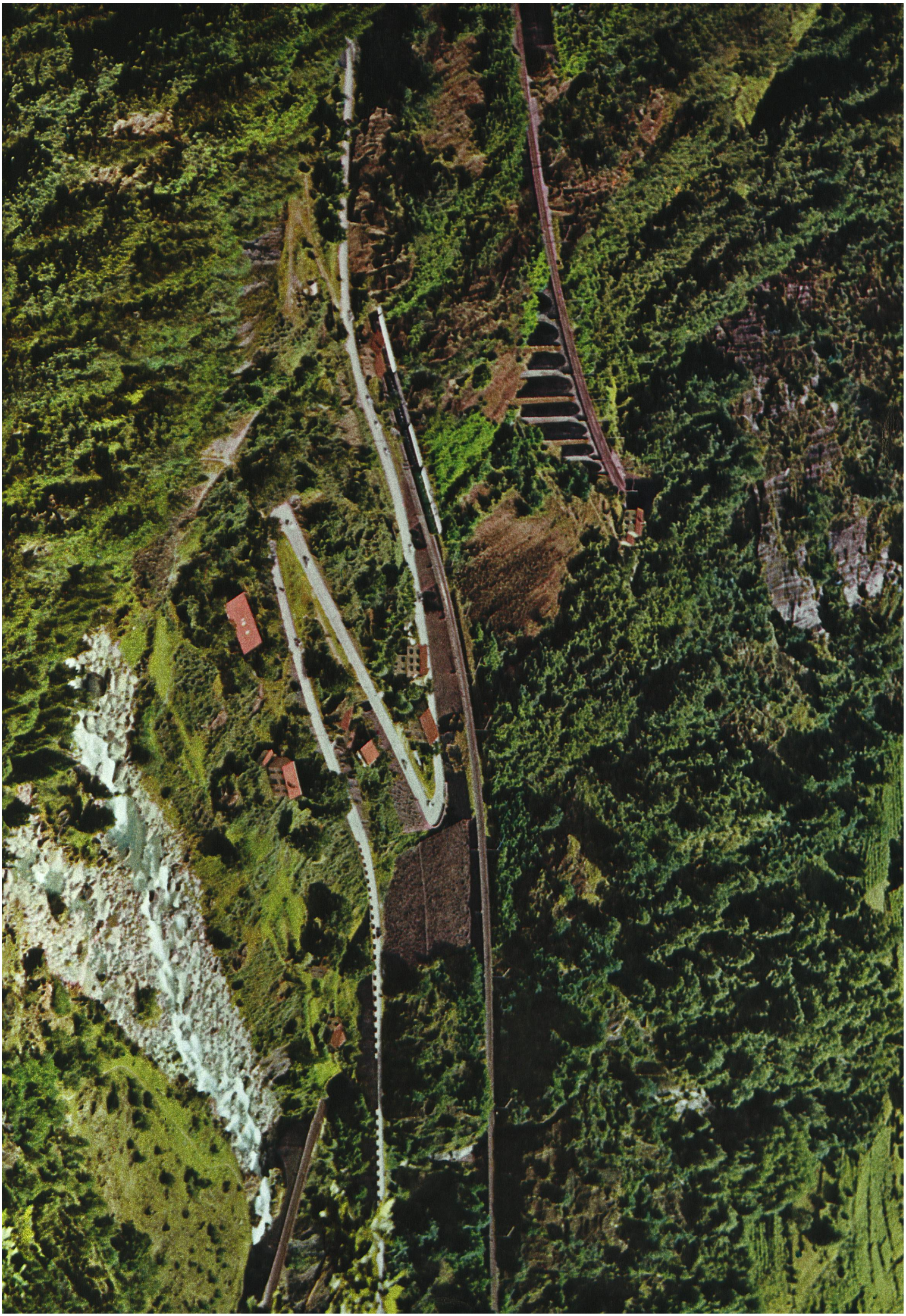
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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: 12.07.2025

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



DIE LINIENFÜHRUNG IM GELÄNDE

Unter allen Transportmitteln besteht bei der Eisenbahn zwischen Fahrweg und Fahrzeug die innigste technische Verbindung. Dies ist der Grund, warum man, als die Eisenbahnen aufkamen, zunächst glaubte, sie müssten auf die Ebenen beschränkt bleiben und die Reibung der Lokomotivräder vermöchte nur geringe Steigungen zu überwinden. In unserem Lande war es der Kantonsingenieur von Graubünden, der geniale La Nicca, der mit diesem Vorurteil aufräumte. Schon zur Zeit der Spanisch-Brötli-Bahn beschäftigte er sich mit der Idee der Überschienung eines der bündnerischen Alpenpässe. Den ersten Alpenbahnprojekten war eigen, dass sie die Pässe überschienen, die Bahn also mehr oder weniger offen über den Scheitelpunkt führen wollten. La Nicca sah die Lösung aber bald in der Überwindung des Höhenunterschiedes mit schiefen Ebenen und langen Tunnels. Damit sind die beiden technischen Probleme angedeutet, von denen die Verwirklichung einer Alpenbahn und deren Eingliederung in das Gelände abhängig sind. Erst der Bau der *Semmeringbahn* von 1848—1854, die Wien mit Triest verbindet, brachte die entscheidende Wendung. Deren Erbauer, Ing. Karl *Ghega,* geb. 1803 in Venedig, veranlasste damals auf Grund seiner in Deutschland, England und Amerika gesammelten Erfahrungen über die Anwendung der Lokomotivkraft auf kurzen Steigungen ein Preisausschreiben für die beste Lokomotive zum Betrieb der genannten Gebirgsbahn. Das Ergebnis darf in seiner weittragenden Bedeutung wohl dem Wettbewerb an die Seite gestellt werden, den Georg Stephenson mit seiner ersten Lokomotive 25 Jahre vorher in England zu bestehen hatte. Es erschloss der normalspurigen Adhäsionslokomotive den Weg ins Gebirge bei einem Steigungsverhältnis von maximal 25—30 Promille, das seither bei allen grössern Gebirgsbahnen und so auch bei der Gotthardbahn zur Anwendung kam.

Als erster Ingenieur trat der Winterthurer Gottlieb *Koller* im Jahre 1852, damals Chef des eidgenössischen Eisenbahnbureaus in Bern, für den *Gotthard* ein, unterstützt durch die beiden Kantonsingenieure von Uri und Tessin, K. E. Müller und Pasquale Lucchini. Während Müller als erster schon 1851 die Idee eines zwischen Göschenen und Airolo verlaufenden Basistunnels vertrat, befasste sich Lucchini mehr mit dem Problem der Längenentwicklung. Ihre ersten Vermessungen zur Bestimmung der Bahnachse setzte im Auftrag des Gotthardcomités der Zürcher Kantonsingenieur Kaspar *Wetli* fort. Seine im Jahr 1861 in der Rekordzeit von kaum 5 Monaten auf der Strecke Erstfeld—Lugano im Maßstab 1 : 10000 vorgenommene Absteckung zur Ermittlung der Bahnachse bildet ein Glanzstück der Vermessungstechnik. Es diente weitgehend als Richtlinie und Grundlage für das in den Jahren 1878—1882 ausgeführte Detailprojekt der Zufahrtslinien zum Gotthardtunnel, das von den Oberingenieuren *Gerwig* und *Hellwag* aus Deutschland bearbeitet wurde.

Aus insgesamt über 70 Projektvarianten heraus, von der Idee zum Plan entwickelt, am Reissbrett auf Grund der während mehr als 20 Jahren in verschiedenen Längen- und Höhenmaßstäben gemachten Geländeaufnahmen in feste Gestalt gezwungen, hält die Bahnachse Richtung und Steigungsverhältnis ein, wie sie von der internationalen Gotthard-Konferenz 1869 in Bern bestimmt und durch die folgenden Gotthardverträge zwischen der Schweiz, Italien und Deutschland zur Verpflichtung erhoben worden sind.

Damit sind auch alle Betriebssysteme, die als solche eindrücklich wieder die technische Einheit zwischen Fahrweg und Fahrzeug dartun, nämlich Förderseil- und Zahnradbetrieb, pneumatische und andere Speziallokomotiven, solche mit Propeller- und Raupenantrieb, Schraubenradwalze usw. am Gotthard ausgeschieden. Nicht zuletzt dank dem grossen und schöpferischen Anteil, den *Italien* an den technischen Vorstudien nahm, entschied man sich für eine durchgehende normalspurige Adhäsionsbahn. Der *Leitgedanke* in der Detailprojektierung war, günstiges Terrain in der Nähe des Talbodens zu suchen und diesen solange als es das vorgeschriebene Steigungsverhältnis von 26 ‰ und die Richtung der Bahnachse zuliessen, beizubehalten und auszunützen. Dort aber, wo übermässige Gefällsverhältnisse der Fortführung der Bahn in Talrichtung Einhalt geboten, wurde zum Mittel künstlicher Linienverlängerungen gegriffen. Nachdem einmal die Richtung der Bahnachse festgelegt war, ging man daran, die beste Lage hiefür ausfindig zu machen. Im Verlaufe dieser Studien sind unter Berücksichtigung der geologischen, meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse und Elementarvorkommen alle nur denkbaren Varianten studiert und in ihren Vorzügen und Nachteilen sowie in den Kosten miteinander verglichen worden, bis man zum günstigsten Detailprojekt gelangte.

Bei der Enge des Reuss- und des obern Livinentales, dem Mangel an Seitentälern, die hätten ausgefahren werden können und der Gefährlichkeit von Lehnen mit ihren zahlreichen Lawinenzügen und Wildbachrunsen gelangte man fast zwangsläufig zur Lösung der *Kehrtunnels.*

Der Gedanke der eigentlichen Kehrtunnels, der unterirdischen Bahnschrauben, wurde indessen zuerst beim Bau der Brennerbahn in den Jahren 1863—1869, und zwar ebenfalls unter einem Schweizer Ingenieur, dem Basler Achilles Thommen, verwirklicht. Im ersten Generalplan vom Jahre 1861 des Ingenieurs Wetli war in der Gegend von Göschenen bereits ein Kehrtunnel eingezeichnet. Aus Ersparnisgründen empfahl der Genannte aber für die Überwindung der Steilrampen die Anlage von *Spitzkehren.* Die Spitzkehre ist die einfachste Form künstlicher Längenentwicklung. Diese Art der Höhenüberwindung ist aber für den Betrieb ebenso zeitraubend wie kostspielig.

Die von Wetli in seinem Plan angedeutete Lösung des Kehrtunnels wurde von Oberingenieur Gerwig auf der *nördlichen* Bergrampe verwirklicht. Er hatte sich Jahre vorher mit den offen geführten Schleifen bei Triberg an der von ihm erbauten Schwarzwaldbahn einen Namen gemacht. Zwischen dieser Anlage und der von ihm erdachten Doppelschleife bei Wassen besteht eine verblüffende Ähnlichkeit. Diese Lösung bot die einzige Möglichkeit, die bei 220 m Höhenunterschied nur 4 km betragende Weglänge zwischen Wattingen und Göschenen mehr als zu verdoppeln. Die fehlende Länge von 5 km gewann Gerwig durch die sehr geschickte Anlage einer gestreckten doppelten Schleife. Die zwischen Gurtnellen und Pfaffensprung bestehende Kreiskehre wurde von seinem Nachfolger Oberingenieur Hellwag in das definitive Projekt eingefügt.

Auch auf der *südlichen* Bergrampe stellten sich gewaltige Geländeschwierigkeiten in den Weg. Sie fanden im Projekt von Oberingenieur Hellwag ihren Meister. Er führte die Bahn von Airolo ausgehend im Maximalgefälle, um dann die beiden grossen Gefällstufen im Dazio Grande und in der Biaschina durch künstliche Bahnverlängerung mittels je zwei vollständigen Spirallinien zu überwinden. Auf diese Weise wird mit fünfmaliger Überschreitung des Tessintales und Überfahren mehrerer Talschluchten und Wildbäche auf Brücken und Viadukten und 13 Tunnels, die eben erwähnten Kehrtunnels inbegriffen, Giornico erreicht. Einer Riesen-Wendeltreppe gleich, über die sich der Weltverkehr bewegt, sind in der *Biaschina* der Pianotondo- und der Travi-Kehrtunnel übereinandergelagert. Die Verwandlung von Höhe in Länge drückt sich hier sehr anschaulich aus im Höhenunterschied, der zwischen dem Nordende des Pianotondo-Viaduktes und der Eisenbahnbrücke in der Flußsohle 104 m beträgt, während die Luftlinie zwischen beiden Punkten 350 m, die Länge der Bahnachse aber 4,5 km misst.

Vergleicht man das Längenprofil Erstfeld—Biasca des alten Gotthardweges vom Jahre 1300 von 78,2 km mit demjenigen der Gotthardbahn von rund 91 km, so stellen wir zu unserer Verwunderung fest, dass der Weg im Laufe der Zeit länger geworden ist, und dies trotz der grossen Abkürzung, die der Gotthardtunnel gebracht hat. Anderseits ist die Gesamthöhe der Aufstiege von rund 3000 m auf 680 gesunken. Der Pilger des 14. Jahrhunderts musste das 4fache, das Saumtier das 3fache, die Gotthardpost das 2½fache der Höhe ersteigen, die heute der Eisenbahnzug zu überwinden hat. Von 400 Promille Steigung ist man heute bei 27 Promille angelangt.

Bereits spricht man von einem noch tiefer liegenden und 50 km langen Tunnel mit Mündungen in Amsteg und Bodio, der eine Wegkürzung gegenüber dem bestehenden Gotthardtunnel von über 30 km bedeuten würde.

Vgl. das Längenprofil und Linienführung bei Wassen, im Dazio Grande und in der Biaschina (graphische Beilagen).

In the Biaschina Gorges: Spiral Tunnels and Gotthard Highway

Nella Biaschina: Galleria elicoidale e strada del S. Gottardo

Dans la Biaschina: Tunnels hélicoïdaux et route du Saint-Gothard

In der Biaschina: Kehrtunnels und Gotthardstrasse

UR 657
BELLINZONA

DER GOTTHARDTUNNEL

Je länger der Tunnel, je kürzer die Linie, das war, auf eine knappe Formel gebracht, die Stellungnahme der italienischen Expertenkommission, die 1865 dem italienischen Bauminister Graf Jacini (als Knabe im Fellenberghaus in Hofwil, Kanton Bern, erzogen) die Frage zu beantworten hatte, ob ein kurzer Scheiteltunnel oder ein langer Basistunnel, die höhere oder die tiefere Linie den Vorzug verdiene. Sie sprach sich einstimmig für einen Basistunnel aus, dessen Länge am Gotthard damals auf 14 800 m geschätzt war.

Der italienische Ingenieur Grattoni, beim Bau des Mont Cenis-Tunnels 1857—1871 führend beteiligt, als Experte über die Ausführbarkeit eines über 14 km langen Gotthardtunnels von der italienischen Regierung befragt, machte sich anheischig, diesen Tunnel in 8½—9 Jahren zu erstellen. Das Gotthardkomitee säumte nicht, sich von Grattoni eine Richtofferte in diesem Sinne ausarbeiten zu lassen, die dann für den internationalen Gotthardvertrag von 1869 als Grundlage diente. An der Idee des Gotthardtunnels, sie geht auf die Jahre 1847—1852 zurück, waren G. B. Pioda, der zweite tessinische Bundesrat, Ing. Gottlieb Koller, der technische Berater des Gotthardkomitees, und K. E. Müller, der urnerische Kantonsingenieur, beteiligt. Der erste Vorschlag, Italien mit der Schweiz durch einen Tunnel (am Splügen) zu verbinden, datiert vom Jahre 1838 und wurde der St. Galler Regierung von Prof. Zanino Volta aus Como, dem Sohn des grossen Physikers Volta, unterbreitet.

Gehen wir von der Tatsache aus, dass der Gotthardtunnel — durch mehrfache Verlängerung der Tunnelmündungen und eine 1938 vorgenommene geodätische Berichtigung ist seine Länge von 14 900 m nach Bauvertrag allmählich auf 15 002 m angestiegen — gegenüber der 32,1 km langen Passstrasse zwischen Göschenen und Airolo eine Wegverkürzung um rund 18 km gebracht hat. Ein weiterer Vorteil der Tunnelbenützung liegt darin, dass die Überwindung des Höhenunterschiedes von annähernd 1000 m zwischen Tunnelröhre und Passhöhe wegfällt. Als Drittes kommt dazu, dass der gerade Tunnel grössere Fahrgeschwindigkeit erlaubt und damit Fahrzeitverkürzung erbringt; dadurch wird der Ausnützungsgrad der Fahrzeuge verbessert und deren Abnützung, auf die Transportleistung bezogen, verkleinert. Der Tunnel ist ein teures Bauwerk. Jeder Quadratmeter seines Querschnitts verschlingt auf die ganze Länge des Gotthardtunnels ein Millionenvermögen an Baukapital. Die der Eisenbahn eigentümliche feste Spurhaltung gewährleistet beim elektrischen Betrieb, der keinerlei Ventilation mehr bedarf, die minimalste Beanspruchung von Tunnelraum durch das Schienenfahrzeug, das in Zugsformation und zum Plattform-Spezialwagen ausgebildet, sich am besten eignet für den Massentransport von Automobilen. Alle diese Umstände führten zu einem neuen Verkehrsbegriff, der *rollenden Strasse,* die in der Idee auch im Flugzeugträger und in der rollenden Treppe des Warenhauses im grössten und im kleinsten Massstab verwirklicht ist. Der Gotthard, Symbol der europäischen Gemeinschaft und der Einheit des schweizerischen Staates, hat im Verkehrswesen das Wunder der Verkehrskoordination Bahn/Auto zustandegebracht.

Aus ungefähr 1 600 000 Wölbsteinen setzt sich die Mauerung des Gotthardtunnels in seiner ganzen Länge zusammen. Der erste längere Eisenbahntunnel in der Schweiz, der alte Hauensteintunnel mit einer Länge von 2485 m, ebenfalls in der Nord-Südachse des Gotthardweges liegend, ist in den Jahren 1852—1858 und zwar noch von Hand erbohrt worden. Die Wandlung vom Handwerk zur maschinellen Bohrung ist dem Genfer Physiker Daniel *Colladon* zu verdanken. 1852 empfahl er in einer Denkschrift die mechanische Bohrung am Mont Cenis durch komprimierte Luft, gleichzeitig zu verwenden für die Tunnellüftung. 1855 erhielt er in Italien ein Patent auf seine Erfindung. Mit seinen Vorschlägen erreichte Colladon die Inangriffnahme des Baues des Mont Cenis-Tunnels von 10 233 m Länge, der 13 Jahre (1857—1871) benötigte und als unmittelbares Vorbild für den Gotthardtunnel galt. Zu Versuchen mit einem neuen System von Kompressionspumpen, die er durch die Firma Sulzer in Winterthur 1871 erbauen liess, zog Colladon auch seinen Freund Louis Favre bei und bewog ihn, sich um den Bau des Gotthardtunnels zu bewerben. Favre, aus 7 Mitbewerbern berücksichtigt, begann mit dem Bau im Spätherbst 1872. Ihm stand Prof. Colladon in guten und bösen Tagen unentwegt als technischer Berater bei mit eigens in Genf eingerichtetem Bureau für Gotthardbaufragen. Favre durfte damit rechnen, dass die Bohrmaschinen (von denen 18 verschiedene Modelle im Betrieb standen), noch wesentlich vervollkommnet würden, wie ihm auch zustatten kam, dass gerade damals das weit wirksamere Dynamit das Schwarzpulver, das noch ausschliesslich am Mont Cenis verwendet worden war, als Sprengmittel verdrängte. Trotzdem ist es erstaunlich und bewundernswert, dass Favre, der es mit so vielen «Unbekannten» zu tun hatte, den Zeitpunkt des Durchschlages bis auf zwei Monate genau zum voraus zu errechnen vermochte. Dieses Ereignis trat mit jener unwesentlichen Verspätung ein an einer Stelle, die 7145 m vom Nord- und 7155 m vom Südportal entfernt war, und zwar genau genommen bereits am Vorabend des offiziellen Festtages vom 29. Februar 1880. Favre erlebte ihn nicht mehr, da er bei einer Tunnelbegehung schon am 19. Juli 1879 plötzlich gestorben war. Für den Vollausbruch und die Mauerungsarbeiten, die innert der nachfolgenden 10 Monate hätten vollendet sein sollen, beanspruchte die Bauunternehmung 22 Monate. In Fachkreisen ist Favre schwer kritisiert worden, weil er sich trotz Abmahnung auf den Firststollen- statt auf den Sohlstollenvortrieb festgelegt hatte. In Wirklichkeit und wenn auch vor und nachher vom Firststollen-Betrieb bei langen Tunnels abgesehen worden ist, bot dieser doch grosse Vorteile (wie geringere Kosten, bessere Übersicht und leichtere Ventilation des ganzen Raumes). Die Operationslänge im Tunnel von der Stollenbrust im Vortrieb bis zur Mauerung betrug etwa 2000 m. Bohrung, Sprengung (jeder Laufmeter Vortrieb erforderte ca. 17 Bohrlöcher), Lüftung, Wasserabfluss, Ausweitung in den verschiedenen Phasen (Stollenausbruch, seitliche Erweiterung, Schlitz auf die Tunnelsohle, Abbau der beidseitigen Strassen) und Mauerung waren gegenseitig abzustimmen und dies bei einem täglichen Fortschritt von durchschnittlich 7,3 m, was denjenigen am Mont Cenis um das Doppelte übertraf. Infolgedessen war die dort angewandte Betriebsweise nicht mehr anwendbar, und Favre musste nach eigenen Lösungen suchen. Besondere Schwierigkeiten bot der Ausbau der 90 m langen Druckstrecke bei km 2,800 vom Nordportal aus, sie wurden nach dem Tod von Favre überwunden durch den bauleitenden Oberingenieur der Gotthardbahn-Gesellschaft, Ing. Bridel aus Biel. Die geologischen Verhältnisse sind während des Baues durch genaue und umfassende Aufnahmen des Geologen Dr. Stampf, von der Bauherrin angestellt, laufend untersucht und beobachtet worden. Er erhielt später den Lehrstuhl für Geologie der Universität Berlin. Der Wasserzufluss war auf der Südseite besonders gross, bis 348 Sekundenliter. Aus diesem Grunde wurde während des Baues das vertragsgemässe Gefälle von 1 Promille gegen das Südportal mehrfach abgeändert. Es beträgt heute 2 Promille. Der Tunnelausbruch belief sich im gesamten auf 827 000 m³. Pro m³ wurden 1,08 kg Dynamit verbraucht. Die Gesteinstemperatur in der Tunnelmitte bei 1700 m grösster Gebirgsüberlagerung und ungefähr 6° C mittlerer äusserer Temperatur betrug im Zeitpunkt des Durchbruchs 31 °C (heute 20° C). Sie wurde durch die menschliche Tätigkeit, Beleuchtung und Sprenggase trotz Ventilation meist noch um mehrere Grad erhöht. Die Sprengschüsse der Südseite hörte man auf der Nordseite erstmals am 24. Dezember 1879, als die beiden Stollenenden noch 422 m entfernt waren. Der Durchbruch des Richtstollens erfolgte mit einer Abweichung von 33 cm seitlich, 5 cm in der Höhe und 7,4 m in der Länge. Am 24. Januar 1881 durchfuhr die erste Lokomotive den Tunnel. Es wurden insgesamt 4 400 000 Tagschichten aufgewendet. Von rund 10 000 Arbeitern meist italienischer Nationalität waren 80 während der ganzen Bauzeit beschäftigt. 177 Arbeiter kamen ums Leben und über 400 erlitten schwere Verletzungen. 37% der tödlichen Unfälle sind auf Sprengmittel-Explosionen zurückzuführen.

Für sie alle wie für Favre und seine Mitarbeiter gilt das Wort des grossen westschweizerischen Denkers Alexandre Vinet: «Le but de l'homme est de se réaliser».

Vgl. Triangulation Gelpke/Koppe und geologisches Profil des St. Gotthard in der Tunnelaxe (graphische Beilagen).

Im Gotthardtunnel: Autozug — In the Gotthard Tunnel: Motorcar-Convey-ance Train

Nella galleria del S. Gottardo: Treno per trasporto d'automobili

Dans le tunnel du Saint-Gothard: un train chargé d'automobiles