Kunstbauten ; Der Ausbau

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Schweizerische Lehrerzeitung**

Band (Jahr): **102 (1957)**

Heft 21

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

KUNSTBAUTEN

Lage, Umfang und Zahl der Kunstbauten, worunter der Ingenieur Brücken, Tunnels, Einschnitte und Dämme mit Stütz- und Futtermauern versteht, richten sich nach dem Steigungsverhältnis. Greifen wir ein praktisches und anschauliches Beispiel aus der Bauprojektierung der Gotthardbahn heraus: Der bauleitende Oberingenieur wollte im ersten Detailprojekt der Jahre 1872—1874 den Bahnhof Erstfeld etwa 1600 m nördlich vom heutigen Standort anlegen, um dadurch früher und mehr Höhe zu gewinnen, was erlaubt hätte, in die obere Stufe des Maderanertales einzudringen und dort hinein eine Entwicklungsschleife zu legen. Die Verwirklichung dieses Projektes hätte zur Folge gehabt, dass anstelle der heute bestehenden Kerstelenbachbrücke von 54 m Höhe über der Flußsohle und 120 m Spannweite eine solche von 160 m Höhe, aber bloss 45 m Länge gebaut worden wäre.

Die für das Auge des Laien hervorstechendste Kunstbaute im offenen Gelände ist die Brücke oder der Viadukt. Obschon die Kunst des Baues gewölbter massiver Steinbrücken mit Spannweiten bis zu 50 m in Frankreich unter dem berühmten Brückenerbauer Perronet schon im 18. Jahrhundert entwickelt worden ist und man längs der Bergrampen der Gotthardbahn wahrlich keinen Mangel an solchem Baustoff hat, sahen die Normalien nur bis zu einer lichten Weite von 8—10 m gemauerte gewölbte Brücken vor, bei grössern Bauwerken aber als freitragende Konstruktion eiserne Brücken. Damals hatte Prof. Culmann von der ETH in Zürich internationalen Ruf als Begründer der Theorie der Fachwerkträger-Brücken. Es war die Blütezeit des Eisenbaues. Steinerne Brücken erforderten wesentlich längere Bauzeiten als Brücken mit eisernen Überbauten, die weitgehend in ihren Einzelheiten in der Brückenwerkstätte fertiggestellt wurden und dann am Verwendungsort nur noch zusammengebaut werden mussten. Auch die Transportfrage war von Bedeutung, denn die Quadersteine als Baustoff hätten auch noch herbeigeschafft und eingebracht werden müssen, wofür aber nur die Gotthardstrasse und keine Bahn zur Verfügung stand. Sämtliche Brücken der Gotthardbahnstrecken wurden vorerst nur eingleisig erstellt. Mit zunehmender Betriebslast wurden sie verstärkt und auf Doppelspur ausgebaut und allmählich, diese Phase ist noch nicht abgeschlossen, in massive Brücken aus Stein und Beton umgebaut. Bei diesem Umbau tritt nun interessanterweise wiederum das Transportproblem hervor. Die Bautechnik hat sich inzwischen gewandelt. Zement als Bindemittel und Beton als plastischer Baustoff haben dem Naturstein voraus, dass sie rascher auf Bauform zugerichtet und in der Baustelle eingebracht werden können, was die Baukosten erheblich vermindert. Aus diesen wirtschaftlichen Erwägungen werden Brücken in Naturstein immer seltener. Als Schutz gegen Verwitterung und aus ästhetischen Gründen, damit sich das Bauwerk besser in die Umgebung der Gebirgswelt einfügt, wählt man aber oft eine Verkleidung aus Naturstein.

Ein glücklicher Umstand kam dem Bau der Gotthardbahn zustatten: Dort nämlich, wo die Natur die grössten Hindernisse in den Weg gestellt hat, in Airolo, im Dazio Grande, in der Biaschina, am Ceneri, in Göschenen, Wassen und am Pfaffensprung und wo infolgedessen auch die grössten Kunstbauten herzustellen und die längsten Tunnels zu durchbrechen waren, hat sich die Naturkraft des Wassers in Fülle zur Verfügung gestellt. Sämtliche Richtstollen der 5 Spiraltunnels und der Monte-Ceneri-Tunnel wurden unter Benützung vorhandener Wasserkräfte grösstenteils mittels Maschinenbohrung ausgeführt und hiebei Pressluft mit etwa 4 Atmosphären Druck zum Betrieb der Stossbohrmaschinen in Anwendung gebracht.

Von der Gesamtlänge von 39 km der Strecke Flüelen—Göschenen, die einen Höhenunterschied von 670 m überwindet, entfallen rund 7300 m auf 20 verschiedene Tunnels und Galerien und 1300 m auf grosse Brücken und Viadukte. Das längste gemauerte Brückenbauwerk auf diesem Abschnitt und der ganzen Gotthardbahn überhaupt ist der Viadukt in der Säcken zwischen Amsteg und Gurtnellen, der mit 10 Öffnungen eine Gesamtlänge von 124 m aufweist. Die Intschi-Reussbrücke hat mit 77 m die grösste Spannweite und ist zugleich mit ihren 76 m Schienenhöhe über dem Fluss die *höchste* Brücke der Gotthardlinie.

Die *längste* ebenfalls eiserne Brücke weist eine Länge von nicht weniger als 256 m auf mit 5 Öffnungen. Sie befindet sich zwischen Cadenazzo und Riazzino. Die steinerne Brücke der *grössten* Kubatur ist die Göschener Reussbrücke mit 11 000 m³ Mauerwerk, die 1921 an die Stelle einer eisernen Brücke trat. Auf der südlichen Bergrampe weist die Bahnlänge von 46 km zwischen dem Gotthardtunnel und dem Bahnhof Biasca einen Höhenunterschied von 849 m auf, was beinahe der dreifachen Höhe des Eiffelturmes entspricht. Von der Gesamtlänge entfallen hier 8013 m auf Tunnels und 1050 m auf grosse Brücken und Viadukte, worunter sich das landschaftlich wohl ansprechendste Pianotondo-Viadukt von 90 m Länge in der Biaschina befindet. Bedeutend umfangreicher aber als Tunnels und Brücken sind die aus *Einschnitten und Dämmen* bestehenden Kunstbauten, die entsprechend zahlreiche und grosse Stütz- und Futtermauern zur Stützung der Fahrbahn und der über dieser liegenden angeschnittenen Berglehne nötig machten. Der Fels- und Erdaushub beträgt auf offener Strecke der ganzen Gotthardlinie rund 6 Mio m³. Dieser gewaltigen Erdbewegung kam die auf grossen Abschnitten vorhandene Lage der Bahn am Hang zustatten. Sowohl das Aushubmaterial der Einschnitte wie auch dasjenige der Tunnels fand vorteilhafte Verwendung bei der Anlage von Stationsgeländen und der Dämme, sowie für Uferschutzbauten und Pflästerungen. Die Dammanschüttung zwischen Ambri und Rodi stammt zum grossen Teil von Aushubmaterial des Gotthardtunnels. Soweit es sich um Gestein handelte, bot es auch willkommenes Baumaterial für die riesigen Mengen von Mauerwerk, das für Pfeiler und Widerlager der eisernen und für den Bau der vielen kleinern gemauerten Brücken und die unzähligen gewölbten Durchlässe benötigt wurde. Unter freiem Himmel waren über 1000 Kunstbauten mit beinahe 300 000 m³ Mauerwerk zu erstellen.

In den letzten 150 Jahren haben die Eisenbahnbauten Anlass zu Erdschürfungen von riesigen Ausmassen gegeben. Sie haben bei der Gotthardbahn im besondern wertvolle Erkenntnisse geologischer Natur und für die Erddrucktheorie vermittelt und darüber hinaus nicht bloss die Wissenschaft, sondern auch die Bautechnik reich befruchtet. Ohne die Pionierarbeit bei Tunnelbohrungen wäre auch eine wesentliche Voraussetzung für die Beschaffung elektrischer Energie, nämlich der ausgedehnte Bau von Wasserstollen kaum denkbar. Wo und wie man die Dinge ansieht, überall und gerade am Gotthard treten Wechselwirkungen und eigentliche Kettenreaktionen der technischen Schöpfung auch in den Kunstbauten zutage.

Die *Stalvedrobrücke* unterhalb Airolo am Ausgangspunkt der ersten südlichen Gefällsstrecke der Gotthardbahn zählt zu den grössern Brücken-Bauwerken. Sie ersetzte vor wenigen Jahren eine eiserne Brücke von 50 m Stützweite und besteht aus nicht armiertem, sogenanntem Stampfbeton mit einer Verkleidung in Mauerwerk aus Tessinergranit. Die Stalvedrobrücke bietet ein schönes Beispiel der natürlichen Einfügung eines Gewölbebaues in das gesamte Landschaftsbild. Die Fundation war dadurch erschwert, dass die Umgebung von Airolo und das Canariatal sehr viel Gips enthalten. Das Gipswasser zerfrisst den Beton, so dass die Fundamente gegen das Grundwasser isoliert werden mussten. Die Stalvedroschlucht ist ein alter, übertiefter und nun wieder mit Schotter aufgefüllter Einschnitt. Die Widerlager des grossen Bogens stehen daher nicht, wie man annehmen sollte, auf Fels, sondern auf von Fluss und Gletscher zugeführtem Kiesmaterial.

Auf der Brücke sehen wir einen der ca. 20 Lebensmittelzüge, die auf der Gotthardlinie täglich in der Richtung Süd-Nord verkehren. Der Zug fährt Schnellzugs-Reisegeschwindigkeit. Die Zugsanhängelast beträgt etwa 600 t und besteht aus 30 Wagen, die in Sizilien, in Calabrien, der Toscana, in Venetien, in der Lombardei und im Piemont beladen worden sind und Köln, Belgien, England oder die nordischen Länder zum Ziel haben.

Wenn heute der Fahrgast von Arth-Goldau nach Chiasso fährt, so legt er eine Strecke von 197 km zurück. Dabei rollt sein Wagen über eine künstliche Fahrbahn von 176,3 km, bestehend ausschliesslich aus Tunnels, Brücken, Viadukten, Einschnitten und Dämmen. Auf dem Rückweg, also in entgegengesetzter Richtung dagegen durchfährt er nicht mehr wie auf dem Hinweg 48,6 km an Tunnels und Brücken, sondern bloss noch 46,8 km, also 2 km weniger, trotzdem anderseits die Gesamtlänge des Geleises Süd-Nord um 553 m zugenommen hat. Die Lösung dieses Verkehrsrätsels ist im nächsten Kapitel zu finden.

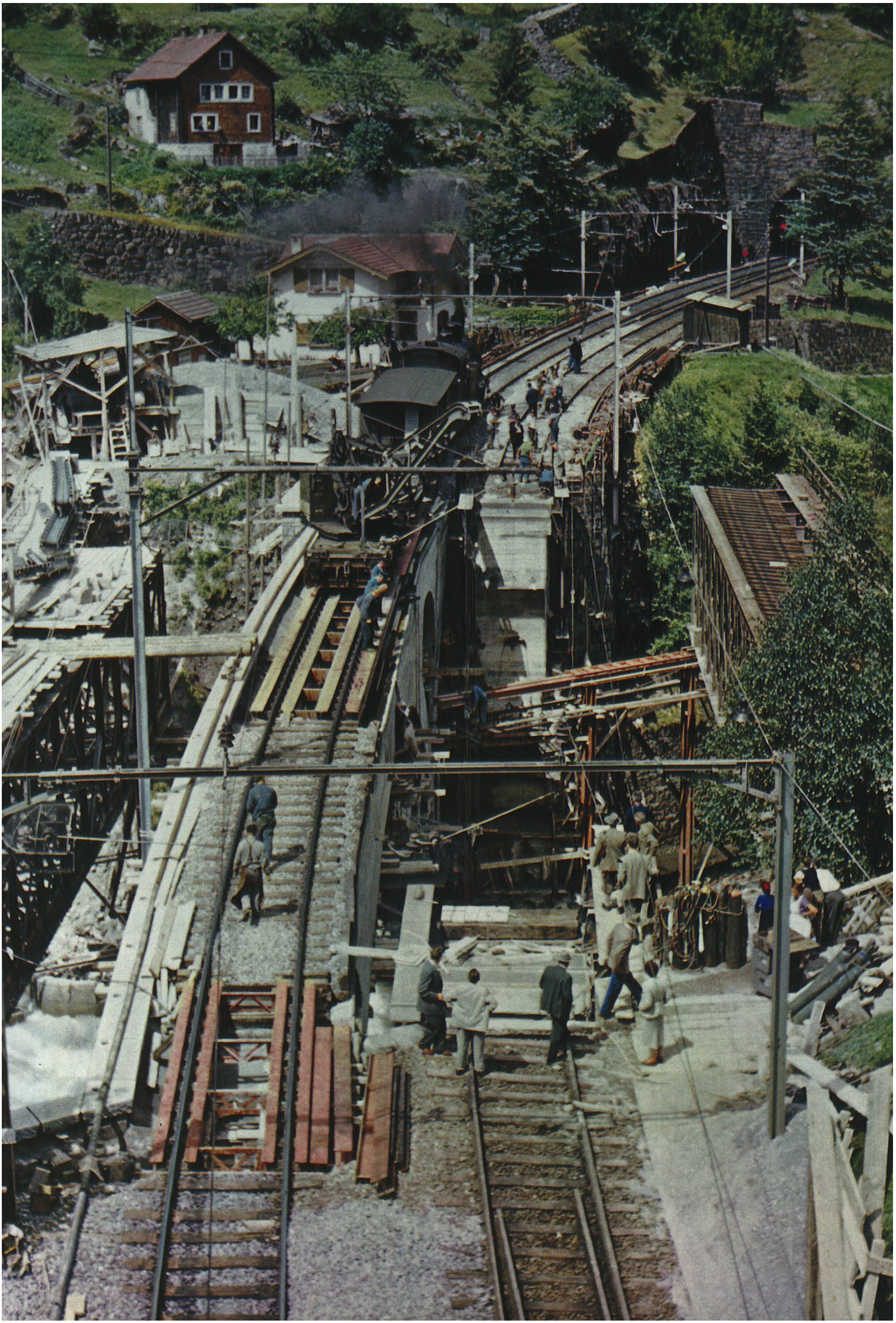
Vgl. Brückenumbau-Pläne sowie Absteckung des Wattinger-Kehrtunnels (graphische Beilagen).

Bei Airolo: Lebensmittelzug auf der neuen Stalvedrobrücke

Près d'Airolo: un train de denrées alimentaires sur le nouveau pont du Stalvedro

Presso Airolo: Treno di derrate sul nuovo ponte di Stalvedro

Near Airolo: Food-Supply Train on the new Stalvedro Bridge



DER AUSBAU

Hat das Flugzeug als Verkehrsträger den Vorteil der Luftlinie als kürzeste Distanz in der Raumüberwindung schon vom Anfang an im vollen Masse ausgenützt, so stehen der Eisenbahn in der Anwendung der Geraden als kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten noch ungezählte Möglichkeiten offen. Die Gotthardbahn im besondern hat dank ihrer grosszügig projektierten Anlage die Verkehrsbedürfnisse fast eines ganzen Jahrhunderts vorweggenommen, und dies auf der Grundlage des Staatsvertrages vom 15. Oktober 1869, der drei Nationen, die Schweiz, Italien und Deutschland zu einer Werkgemeinschaft zusammenfasste. Darnach waren die Linie von Flüelen bis Biasca doppelspurig und die Tunnels von Goldau bis Bellinzona ebenfalls für eine zweigleisige Bahn zu erstellen. Geldnöte, die sich nach Baubeginn (1872) wegen unzulänglicher Veranschlagung der Kosten einstellten, führten aber zu vorläufigen einschneidenden Vereinfachungen. Es fehlte nicht an Vorschlägen aus ernst zu nehmenden Technikerkreisen, selbst die verkleinerte erste Anlage betriebsmässig noch zu beschneiden, indem man an behelfsmässigen Trajektschiffverkehr Luzern-Flüelen anstelle der Schiene, sowie zur Überwindung der Steilrampen neuerdings an Zahnrad, Seilbahn und Spitzkehren dachte. Die Werkgemeinschaft hielt aber im zusätzlichen Staatsvertrag von 1878 am Grundsatz der durchgehenden normalspurigen Adhäsionsbahn fest. Dieser bestimmte, dass die Rampen Erstfeld–Göschenen und Airolo–Biasca zwar eingleisig, aber überall so zu bauen seien, dass sie im Bedürfnisfall für zwei Geleise erweitert werden könnten. Dieser Bestimmung ist man so nachgekommen, dass abgesehen vom Gotthardtunnel, der von Anfang an auf Doppelspur ausgebrochen wurde, die Tunnels nach einem Spezialprofil erstellt wurden, das eine spätere Erweiterung auch während des Betriebes zuliess. Auch erbaute man zahlreiche Stütz- und Futtermauern in der für die doppelgeleisige Bahn gebotenen Entfernung von der Bahnachse, wie man auch Widerlager und Pfeiler grösserer Brücken, die nicht auf Fels oder sonst ganz unnachgiebigen Boden zu ruhen kamen, in der Breite gleich für zwei Geleise fundierte. Mit Rücksicht auf den schon mit Betriebseröffnung (1. Juni 1882) einsetzenden starken Verkehr und um betrieblichen Schwierigkeiten auszuweichen, wurde der Ausbau auf Doppelspur der beiden Bergrampen bereits fünf Jahre später an die Hand genommen und bis 1893 beendigt. Von 30 Tunnels waren nur 4 kleinere nach zweigleisigem Profil hergestellt. Insgesamt mussten damals 11724 Laufmeter Tunnel ausgeweitet und mit Mauerwerk verkleidet werden. Die Ausbruchmasse betrug 183000 m³, jene der Mauerung 23000 m³. Was besonders bemerkenswert und einmalig ist, zu diesen umfangreichen und langwierigen Arbeiten konnte nur die Nacht benützt werden, weil dann die Zugsintervalle am längsten waren, und der Rauch am wenigsten sich fühlbar machte. Im Zeitpunkt, da die Gotthardbahn an den Bund überging, 1. Mai 1909, war der Sollbestand des Linienausbaues nach Massgabe der beiden Gotthardverträge von 1869 und 1878 erreicht. Die Bundesbahnen, ihrerseits bestrebt, die grossen Durchgangslinien des Landes in erster Linie mit dem zweiten Geleise auszurüsten, gingen über den Rahmen jener internationalen Abmachungen sogar hinaus, so dass heute die ganze Gotthardlinie, abgesehen vom 800 m langen Seedamm von Melide, doppelspurig ist.

Mit der *Elektrifikation* der Gotthardlinie, 1904 durch Einsetzung einer Studienkommission in die Wege geleitet, 1912 vorläufig für die Strecke Erstfeld–Bellinzona beschlossen und 1917—1920 ausgeführt, ist nicht nur die Leistungsfähigkeit der Linie gewaltig gesteigert worden, sondern auch eine Wendung im Verhältnis zwischen Anlage und Betrieb eingetreten. Aufgaben, die beim Dampfbetrieb dem Betrieb zukamen, haben sich auf die bauliche Anlage verlagert. Mit der durch den elektrischen Betrieb bewirkten Zunahme der Betriebs- und Verkehrslasten wurde die Fahrbahn viel stärker belastet als vordem. Eine andere Folge war, dass wegen der gesteigerten und empfindlicher gewordenen Abhängigkeit zwischen Anlage und Betrieb überall dort, wo die offene Strecke verlassen werden musste, beim Ausbau auf Doppelspur für das zweite Geleise ein besonderes Tracé aufgesucht, also eine vom Einspurgeleise der ersten Anlage getrennte Verkehrsebene geschaffen werden musste. Dies war der Fall am Ceneri, wo für das zweite Geleise 2 neue Tunnels von 2400 m Länge gebaut werden mussten. In noch grösserem Ausmass hat sich diese Entwicklung beim Ausbau auf Doppelspur der Strecke Brunnen–Flüelen (1939—48) geltend gemacht, wo auf eine Gesamtlänge von 12 km gleich 3 neue einspurige Tunnelröhren von 7,8 km Länge zu erstellen waren. Infolgedessen machen heute die Tunnels in der Fahrrichtung Nord–Süd Brunnen–Flüelen 68,3 % der gesamten Geleiselänge aus, jene der Richtung Süd–Nord aber nur 49,6 %. Der Quer-Abstand beider Tracés beträgt bis zu 870 m. Da die erste Anlage den Windungen des Seeufers folgt, während die neue fast geradlinig verläuft, ist die letztere 551 m kürzer als das alte Tracé. Die beiden Geleise sind also nicht mehr gleich lang wie bei einer normalen Doppelspurstrecke, was sowohl Tariffachleuten wie Fahrplantechnikern zu denken gab. Immerhin ist die Längendifferenz noch zu unbedeutend, als dass sie zu praktischen Weiterungen in jener Hinsicht Anlass geben konnte.

Auf der Linie Luzern–Chiasso ist durchschnittlich pro Tag gleichzeitig an 2—3 verschiedenen Orten irgend ein Streckenabschnitt wegen Geleise- und Weichenumbauten, Brückenumbauten oder Erweiterung von Bahnhof- und Stationsanlagen, Arbeiten in Tunnels und an den Fahrleitungsanlagen gesperrt. Arbeiten auf offener Strecke drängen sich aus klimatischen Gründen auf die Monate April-September zusammen, also auf die Zeitspanne des stärksten Reise- und Lebensmittelverkehrs. Zu dieser enormen Betriebsbelastung kommen noch im Mittel 10 Langsamfahrstellen, die, eine Streckenlänge von je 100—400 m aufweisend, nur mit stark herabgesetzter Zugsgeschwindigkeit (30—45 km/h) befahren werden dürfen. Es liegt in der Natur der Sache, dass sich diese störenden baulichen Einwirkungen auf den Betrieb nie ganz vermeiden lassen. Das Aufsuchen einer neuen Verkehrsebene aus diesem Grunde und die daherigen gewaltigen Kapitalinvestitionen lassen sich aber zeitlich lange hinausschieben durch intensive Bewirtschaftung der vorhandenen Verkehrsfläche. Am Gotthard geschieht dies, abgesehen von der Anwendung neuester Errungenschaften der Sicherungstechnik, durch eine *zentrale Zugleitung und Zugüberwachung*, die den gesamten durchgehenden Güterverkehr zwischen Basel/Zürich und Chiasso/Luino erfasst, für gute Auslastung und planmässigen Verkehr der Züge sorgt, solche einleitet, abstellen, nachziehen oder umleiten lässt, wie es die Lage gerade erfordert.

Dass die Gotthardbahn ein in ständigem Wachstum begriffener Organismus ist, geht aus folgenden Vergleichszahlen hervor:

	1882	1957
Gesamttotal der Strecken- und Stationsgeleise	332,9 km	634,2 km
Gesamttotal der Tunnellängen Goldau–Chiasso	41,7 km	52,6 km
Investiertes Baukapital	216 Mio Fr.	600 Mio Fr.

Auf der Gotthardlinie sind heute 4800 Laufmeter Brücken vorhanden, aus Eisen, aus einbetonierten Trägern und solche aus Mauerwerk und Stampfbeton. Die gemauerten, gewölbten Brücken bewähren sich am besten wegen ihrer grossen sogenannten Belastungsreserve. Sie erheischen geringern Unterhalt und sind vor allem viel weniger empfindlich auf zunehmende Betriebs- und Verkehrslast, da ihr Eigengewicht an der Gesamtlast einen viel grössern Anteil ausmacht als bei Eisenbrücken. Der Achsdruck ist seit 1882 bis heute von 12 t auf 21 t und die Belastung pro Laufmeter Brückengeleise von 4,83 auf 9,8 t angestiegen. Diese Zunahme machte im gleichen Zeitraum hunderte von Brückenumbauten (zweimalige Verstärkung, Erweiterung und Umbau von eisernen in Gewölbe- und einbetonierte Trägerbrücken) notwendig. Der Brückenumbau ist heute ein Bauvorgang, der sozusagen mit der Stoppuhr geregelt wird, ein Kampf aufs Messer mit der Zeit. Hier summieren sich alle Schwierigkeiten zwischen Anlage und Betrieb. Das Bild zeigt den Umbau der eisernen obern Wattinger-Reussbrücke Gurtnellen–Wassen in eine Bogenbrücke aus Beton mit Granitverkleidung in einer kritischen Bauphase, die sich nach folgendem Zeitplan abgewickelt hat:

04.30–08.00 Uhr: Ausbau der Geleise und Abbruch der Brückenenden
10.00–10.30 Uhr: Ausschieben der alten eisernen Brücke
12.12–13.30 Uhr: Aufstellen des eisernen Joches mittels 15-t-Kran
20.40–23.50 Uhr: und 00.20–01.10: Einbau der Hilfsbrücken
01.20–06.50 Uhr: Einbau und Heben des Geleises
06.59 Uhr: Wiederaufnahme des doppelspurigen Betriebes (nach Einspurbetrieb während 22½ Std.).

Vgl. Kraftwerkschema mit Lageplan und Längenprofil (graphische Beilagen).

Bei Wassen: Umbau der oberen Wattinger-brücke

Près Wassen: Transformation du pont supérieur de Wattingen

Presso Wassen: Ricostruzione del ponte superiore di Wattinger

Reconstruction of upper Wattinger Bridge