Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpentunnels und die Erfahrungen beim Baue des Simplontunnels

Autor(en): **Brandau, Karl**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **53/54 (1909)**

Heft 1

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-28073

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

Säulenloggia bot aber für den Hotelier Anlass zu besondern Klagen, weil die Loggia nur für die Zimmer im I. Stock eine Annehmlichkeit bedeutete, während im II. und III. Stock die schönsten Zimmer unter der Beschattung durch den hohen Architrav und das stark ausladende Gesimse litten, sodass die Zimmer in ihrer Aussicht auf die Strasse beschränkt waren und den Eindruck von Dachzimmern erweckten. Kein Wunder also, dass der Besitzer sich anfänglich gegen jede Wiederholung des Loggienmotives sträubte. Er war erst dann wieder für etwas Aehnliches zu haben, als es gelang, durch Anwendung von Veranden für jedes Geschoss an Stelle der durchgehenden Loggia, alle Zimmer der Fassade der Vorteile dieses Schmuckmotives teilhaftig zu machen. Dieses, vereint mit der Notwendigkeit die neuen schmalen Fassadenpfeiler im Erdgeschoss nur mit schlanken, leichten Pfeilern zu belasten und doch anderseits die Horizontale kräftig zu betonen, führte zu einer Lösung, die jetzt nicht nur die Hotelgäste befriedigt, sondern auch den Teil der Bevölkerung, dem die alte Fassade lieb geworden war (Abbildung 2).

Der Hoteleingang führt wie früher von der Poststrasse in ein freundliches, helles Vestibül (Abbildung 6), von dem man zu den im I. Stocke liegenden Speise- und Gesellschaftsräumen gelangt (siehe Grundrisse, Abbildung 3, 4 und 5). Der alte Speisesaal wurde mit seiner reichen, aber feinen Renaissance-Dekoration belassen, nur die etwas schadhafte Ausmalung ist durch einen weissen Anstrich ersetzt worden. Neu sind, als Hauptgesellschaftsräume, die in Eiche getäfelte Halle (Abbildung 7, S. 4), ein Damenzimmer, ein Schreibzimmer, sowie Klub- und Sitzungszimmer hinzu gekommen. Der übrige Teil des ersten Stockes enthält gegen den Paradeplatz Fremdenzimmer, die durch Abschlüsse vor Geräusch geschützt sind. Im allgemeinen zeichnen helle Gänge und gute Uebersichtlichkeit dieses und die weitern Obergeschosse des Hauses aus.

Ebenfalls mit dem Hotel direkt verbunden, daneben aber auch von der Waaggasse aus unmittelbar zugänglich, sind die zunächst für das städtische Publikum bestimmten Restaurationslokale (Abb. 9 und 10, S. 5) angeordnet. Die Küche verblieb an ihrer alten Stelle, von der aus sie in direkter Verbindung mit diesen neuen Restaurationsräumen steht und den Speisesaal mit den Frühstückszimmern des Hotels im ersten Stock, sowie das „Café Orsini" bedienen kann. Letzteres ist durch den Umbau nicht berührt worden. Das Haus enthält nunmehr rund 170 Fremdenbetten.

Die vermieteten Magazine verzinsen ungefähr die Hälfte des gesamten Anlagekapitals, das sich einschliesslich der Möblierung auf reichlich 3,8 Millionen Franken belaufen dürfte. Die Kosten des Umbaues haben während der Ausführung infolge der sich ergebenden Notwendigkeit grösserer Ausdehnung der Arbeiten fortwährend zugenommen; sie erreichten schliesslich den Betrag von rund 1,1 Mill. Fr.

Während des Umbaues blieb ein Grossteil der Magazine in Benützung, sodass die Arbeit in zeitlich getrennten Gruppen vorgenommen werden musste. Mitte Januar 1907 wurde mit den Arbeiten an der Poststrasse begonnen. Im Juni konnten die Ladenmieter am Paradeplatz in die umgebauten Lokale an der Poststrasse übersiedeln, worauf auch am Paradeplatz mit den Arbeiten begonnen werden konnte. Im November waren alle Läden beziehbar und im Mai 1908 der ganze Umbau vollendet, sodass es möglich wurde, Mitte Juli 1908 den Hotelbetrieb wieder aufzunehmen.

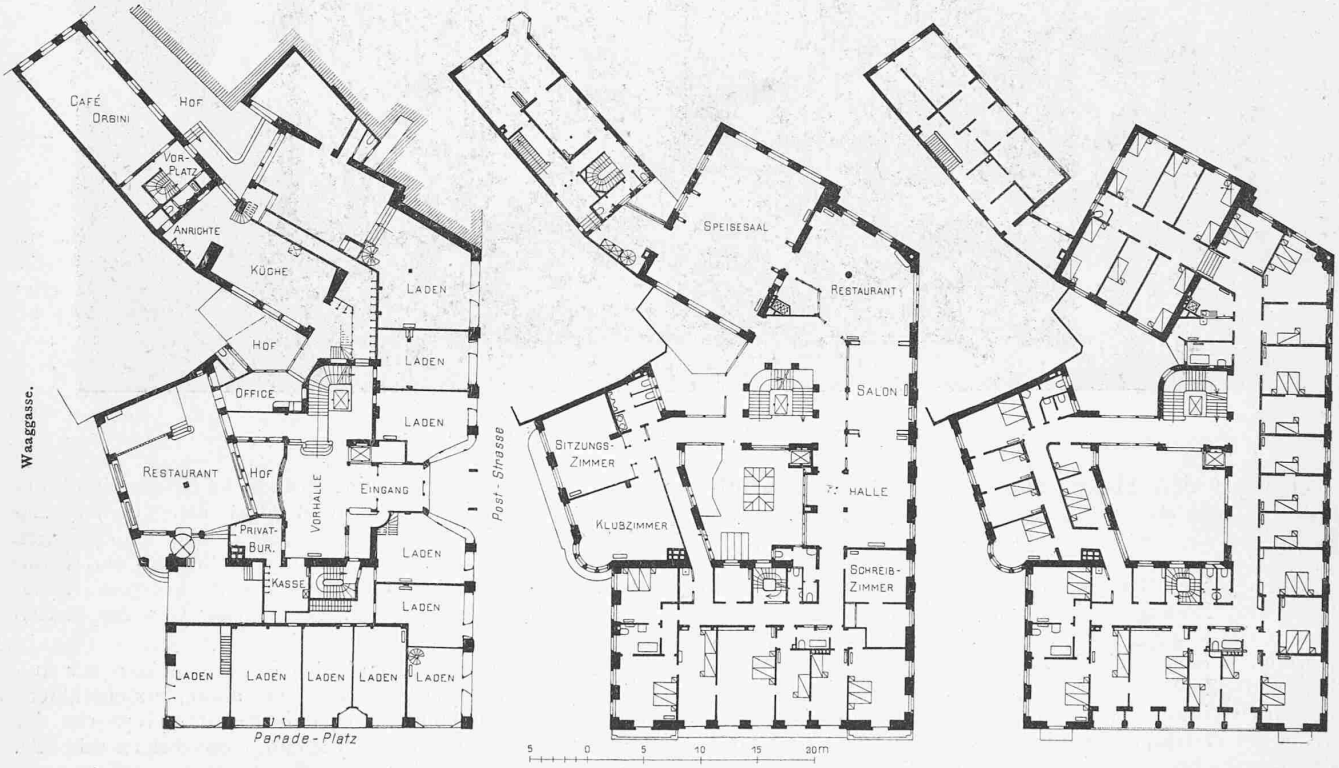

Abb. 3, 4 und 5. Grundrisse des Erdgeschosses sowie des ersten und zweiten Obergeschosses vom umgebauten Hotel Baur. — 1 : 600.

Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpentunnels und die Erfahrungen beim Baue des Simplontunnels.

von *Karl Brandau.*

Einleitung.

Beim Baue des Simplontunnels ergaben sich zwischen den vorausgesehenen Zuständen im Erdinnern und den erschlossenen durchaus grosse Kontraste. Es überraschte deshalb das Verhalten der Gesteine, die Höhe der Gesteinstemperaturen und die Menge und Art der Wasserzuflüsse. Der Voraussicht hatten als Masstab ältere, für einwandfrei angesehene Erfahrungsresultate gedient. Trotz der im praktischen Sinne ungeheuren Kontraste soll nun doch der ungünstige Befund im Simplon als regelrecht und gesetzmässig gelten. Daraus entspringen schwerwiegende Konsequenzen und damit wären die Chancen der Verwirklichung von projektierten Alpenbahnen, die mit langen Tunnels die

Umbau des „Hotel Baur en Ville“ in Zürich

durch die Architekten *Pfleghard & Häfeli* in Zürich.

Ansicht von der Bahnhofstrasse aus.

Eigene Aufnahme der Schweiz. Bauzeitung (C. Dussmann).

Aetzung von *C. Angerer & Göschl* in Wien.

Typ. *Jean Frey*, Zürich. 1612

Seite / page

2(3)

leer / vide / blank

hohen Kämme der Alpen unterfahren müssen, bedenklich verschlechtert. Ist doch der Tunnel für diese Bahnen immer der kostspieligste Teil — ein Objekt, dessen Kosten stets viele Millionen erfordert.

Unsere auf eigene Erfahrung gegründeten Ansichten widersprechen der Deutung, dass alle Erscheinungen im Simplontunnel der Ausdruck der seiner Tiefenlage zukommenden gesetzmässigen Zustände in der Erdtiefe waren. Wir wollen hier deshalb darlegen, welchen Anteil am Auftreten der Erscheinungen im Simplontunnel man der Mitwirkung von zufälligen Umständen beizumessen hat.

Zum erstenmal sind beim Bau des Simplontunnels auch neue Mittel und Methoden angewendet zur Ueberwindung der elementaren Kräfte und Zustände, die in den grössern Erdtiefen zur Geltung gelangen. Da für den Bau künftiger ähnlicher Tunnels entsprechende Baudispositionen getroffen werden müssen, ist die Frage erklärlich, ob die Lösung, welche die Aufgabe des Simplontunnelbaues gefunden hat, zweckmässig war; ob sie nicht etwa verteuernd gewirkt hat oder geradezu falsch gewesen ist. Die Meinungen sind darüber sehr geteilt und man ist auf der Suche nach anderen Lösungen. Unsere Absicht ist es, durch die Mitteilung der beim Baue des Simplontunnels gesammelten Erfahrungen Beiträge zu liefern für die Beurteilung der vorliegenden Fragen. Das Ziel aller zweckmässigen Dispositionen und Baumethoden erblicken wir darin, dass sie:

> Die Ueberwindung aller Erschwernisse, so umfangreich sie noch denkbar sind, in den Tiefen verbürgen, ohne unübersehbare Verluste, ohne Arbeitsunterbrechungen, ohne Epochen mit aufgezwungener Forcierung und Ueberhastung, ohne Momente der Ratlosigkeit, und dass sie die Durchführung eines vor Beginn des Baues aufgestellten Programmes ermöglichen.

I. Der Wert der geologischen Voraussage für den Tunnelbau in grössern Erdtiefen.

Während der Bau der ersten langen Alpentunnels durch den Mont Cenis, St. Gotthard und Arlberg keine unerwarteten Zustände aufschloss, brachte der Bau des Simplontunnels des Unerwarteten vieles mit sich. Schon aus dem Grunde, weil die Tektonik des Simplongebirges ein Unbekanntes war, wies die geologische Voraussage fehl; es musste deshalb auch die darauf begründete Voraussicht des Ingenieurs über das Mass seiner Aufgabe versagen. Nicht im entferntesten denken wir daran, den ausgezeichneten geologischen Forschern des Simplongebietes zu nahe zu treten. Des Hrn. Professors C. Schmidt Darstellung der Geologie des Simplongebirges hat ein gewaltiges Bild aufgerollt von den Resultaten ihrer Forschung und von ihrer erleuchteten Geistesarbeit. Sie brachte es fertig, die Vorgänge aus rätselvoller Vorzeit, denen der heutige Simplon und eine lange Alpenkette ihre Entstehung verdankt, und die sich auf einem Schauplatz von hunderten von Kilometern abspielten, in vollendeter Klarheit zu enthüllen. Einer solchen Tat gilt unsere uneingeschränkte Bewunderung und Hochachtung. Aber dennoch darf die Geologie nicht die Illusion erzeugen wollen, dass aus ihrem Gutachten eine zutreffende Beurteilung der *bautechnischen Aufgabe* herausgelesen werden könne. Bedenke man doch, dass die Geologie nie die Verantwortung für ihre Voraussage über das mechanische Verhalten der Gesteine, über die Temperaturen, Zuflüsse usw. übernehmen wird. Es kann beim Baue so kommen, wie sie prognostizierte oder auch anders. Die Wahrscheinlichkeit oder nur die Möglichkeit grosser Widersprüche zwischen der geologischen Voraussage und der Wirklichkeit der Zustände in grossen Erdtiefen, in denen wir Tunnels zu bauen haben, verbietet es, Kalkulationen und Dispositionen von der Voraussage abhängig zu machen. In diesem Sinne mögen unsere Betrachtungen aufgefasst werden.

Der Umbau des Hotel Baur en Ville in Zürich

durch die Architekten *Pfleghard Häfeli* in Zürich.

Abb. 6. Die Vorhalle im Erdgeschoss.
(Links ein Säulenkapitäl von der alten Loggia.)

Dem Simplontunnel war von den Geologen *vorausgesagt,* er würde Verhältnisse antreffen, die für den Bau durchaus günstige seien. Sie sollten denen vom Gotthard ähnlich sein. Das Vorkommen von besonders erschwerenden Umständen war in Abrede gestellt. Nur für die Südseite schien an einer bestimmt bezeichneten Stelle das Vorhandensein von dekompositiertem Gneiss als „vermutbar" in Aussicht zu stehen. Da sollten dann starke Mauerverkleidung und Sohlengewölbe erforderlich werden. Zudrang von grössern Wassermengen war unwahrscheinlich. Von Quellen heissen Wassers war nicht die Rede. Die Gesteinstemperaturen sollten auf kurzen Strecken an 39 °C bis 42 °C heranreichen.

Nun ergaben die *Aufschlüsse beim Baue*, dass jene mutmasslich schwierige Strecke der Südseite nicht aufgefunden wurde. Dafür erfand sich das Gestein auf langen Strecken so ungünstig, dass auf fast 4 *km* Länge Sohlengewölbe erforderlich wurden. — Eine 42 *m* lange Druckpartie hielt die Stollenherstellung ein halbes Jahr lang auf und die Erweiterungsarbeiten samt der Mauerverkleidung erforderten weitere anderthalb Jahre. Die Umstände waren derartig erschwerend, dass die Bemessung der Mauerstärken eine ganz ungewöhnlich hohe werden musste. Zwei Quellengebiete schütteten enorme Wassermassen aus. Die Region der kalten Quellen hatte auf 65 *m* Länge einen Maximalertrag bis zu 1200 *l/sek.* Die Region der heissen Quellen von 600 *m* Länge lieferte einen Ertrag von rund 330 *l/sek.* bei Temperaturen von 46 bis 56° *C.* Schliesslich betrugen die Gesteinstemperaturen auf 6 *km* Länge über 40° *C*, davon 3 *km* mit über 50° *C* bei einem Maximum von 55° *C.*

In der Eclogae geologicae Helvetiae, Vol. VIII, Nr. 4 1904, hat Herr Professor Heim gesagt: „Die Gesteins-

Der Umbau des Hotel Baur en Ville in Zürich

durch die Architekten *Pfleghard & Häfeli* in Zürich.

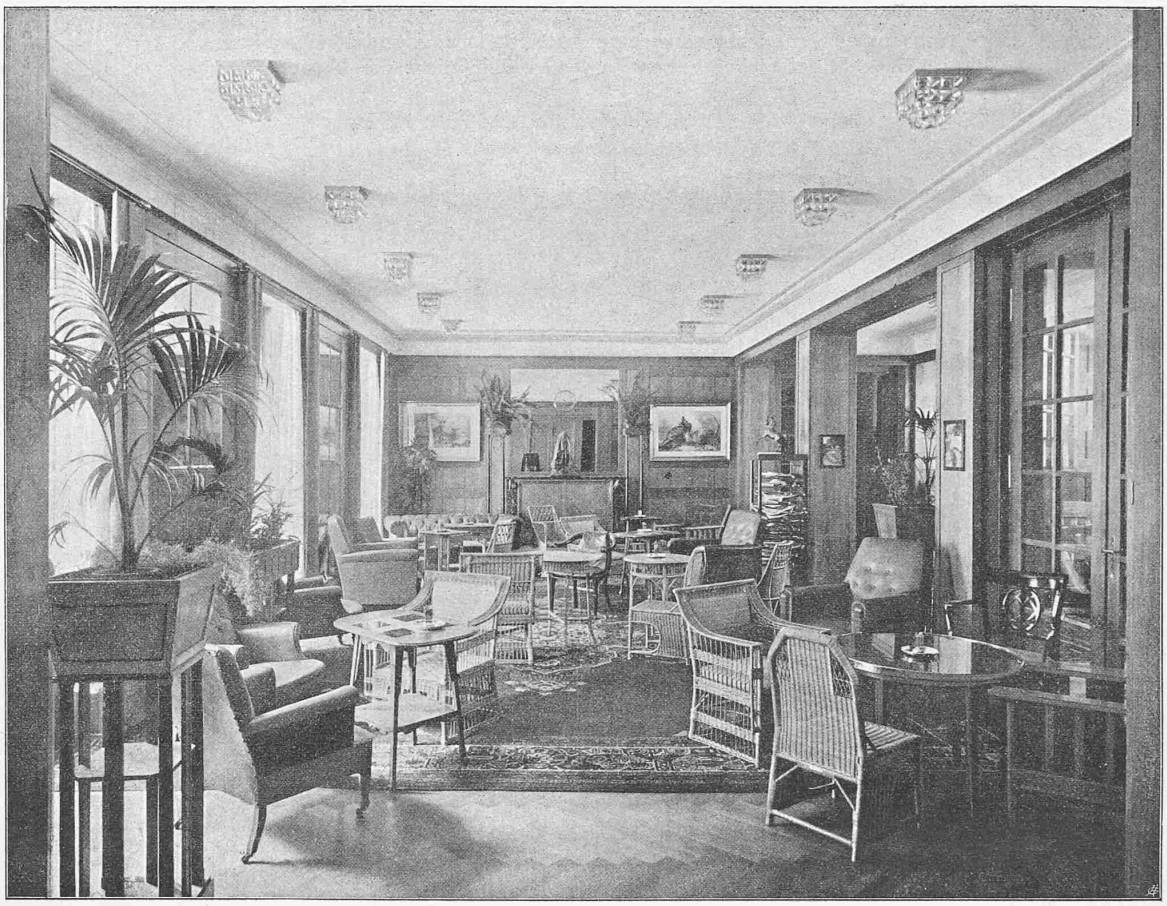

Abb. 7. Halle im ersten Stocke.

vorausbestimmung im Tunnel ist die Hauptaufgabe des Geologen und an dieser Vorausbestimmung im Simplon ist kein Haar zu korrigieren."

Ferner hat Herr Ingenieur A. Stella im Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia 1905, No. 1, unter dem Titel „Il Problema geotettonico dell'Ossola e del Sempione" sich folgendermassen ausgesprochen: „ . . . . . Heim . . . . concludeva col riconoscere la grande complicazione la quale fa sì che anche dopo tanti studi generali, rilevamenti particolareggiati e dati di gallerie, la geologia di essa presenti ancora come presenterà forse sempre dei punti interogativi."

Mit diesen Aussprüchen hätte sich scheinbar schon die geologische Voraussage an ihren rechten Platz gerückt. Wie am Simplon hat die Erfahrung anderwärts festgestellt, dass auch bei genau richtiger Voraussage der Gesteine dem Ingenieur nicht geholfen war. Die Formel für das, was die Ueberwindung der Gesteinsstrecke im Gneiss oder im Kalkschiefer bedeutet, ist nicht im Namen des Gesteins enthalten, eine andere Formel kann aber niemand geben. Mit dem, was in der Voraussage gesagt, und aus dem, was darin nicht gesagt war, darf der Ingenieur also seine Dispositionen nicht begründen.

Für Kostenberechnung und Vertragsabschluss zur Herstellung eines langen Tunnels sind die vorangegangenen Betrachtungen von grösster Bedeutung. Wenn der Bauherr der Bauunternehmung gegenüber jede Verantwortung ablehnt, für anders geartete Zustände im Bergesinnern als von den geologischen Gutachtern angekündet worden waren, so hat der Unternehmer sich durch ein genügendes Mass weiser Vorsicht im Vertrage zu sichern. Entweder fällt seine Kostenberechnung hoch aus, oder der Vertrag kann nicht als Forfaitvertrag zustande kommen. Nur so aber werden gefährliche Enttäuschungen, lange Arbeitsunterbrechungen und finanzielle Katastrophen vermieden werden.

II. Gebirgsdruck im Innern der Erde.

Von dem Vorhandensein mächtiger Druckkräfte oder von Pressungen, wie man sie als Wirkung der Schwerlast der Gebirgsschichten im Innern der Erde vermuten sollte, offenbarte sich dem Bergmann und dem Tunnelbauer bei ihren Arbeiten nichts. Wohl aber sahen sie lokale Druckpartien entstehen, wo durch Unterlassung der Sicherung in ausgebrochenen Hohlräumen das geschichtete Gestein

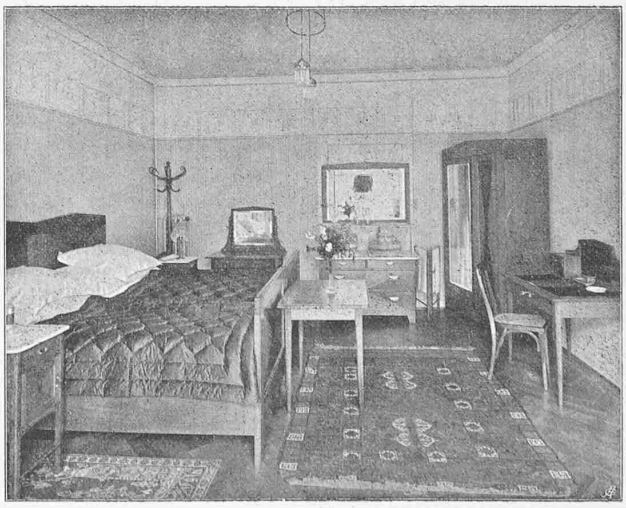

Abb. 8. Fremdenzimmer im zweiten Obergeschoss.

langsam zu Bruch gehen konnte. Das Bestreben des Tunnelbauers war daher in erster Linie darauf gerichtet, Senkungen und Bewegungen der Gebirgsglieder hintanzuhalten. Unzählige Tunnelbauten haben bewiesen, dass in geringen Erdtiefen unter der Decke der meist weniger festen Erd-Oberfläche sehr starke Tunnelgewölbe erforderlich sind. Dagegen genügen in grosser und sehr grosser Tiefe meist einfache Verkleidungstypen als Sicherung und nur in Spalten, in schon zerbrochenen und dekompositierten Gesteinen waren hie und da starke Sicherungen unvermeidlich. Bis zur Stunde hat der Ingenieur in dem Verhalten des also erbauten Tunnels in grösseren Tiefen keine Unzulänglichkeit der üblichen Sicherungsgewölbe vermuten können. Es hat sich auch nachträglich nirgendswo eine eigentliche Druckpartie erkennbar gemacht.

Allerdings kann nicht bestritten werden, dass es trotz alledem notleidende Tunnels gibt, in denen bereits Zerstörung des Mauerwerks eingetreten ist und Rekonstruktionen erforderlich waren. Wo immer dies der Fall war, lag stets die Schuld an Fehlern des Materials oder der Arbeit, an Verwitterung, am Auslaugen des Mörtels — vor allem aber an dem Fehler, dass die Stärke des einfachen Verkleidungsmauerwerkes auf ein zu geringes Mass herabging. Wir müssen es als falsch ansehen, im zweigeleisigen Tunnel mit den ungünstigen Arbeitsverhältnissen für das Gewölbe Bruchsteinmauerwerk von 0,40 *m* Stärke auszuführen. Auch ohne eine Spur von später hinzukommenden Drucken können solche Gewölbe unter vielen Umständen sich als sehr vergänglich erweisen.

Mit Beginn des Simplontunnelbaues und noch mehr nach seiner Vollendung fing man an, verschiedenerseits die Standfestigkeit und Dauerhaftigkeit eines Tunnels nach Gesichtspunkten zu beurteilen, welche sich auf die Lehre vom Gebirgsdruck gründeten. Herr Prof. Alb. Heim hat diese Lehre zur Zeit des Gotthardtunnelbaues in seinem berühmten Werke „Der Mechanismus der Gebirgsbildung“ veröffentlicht.[1]) Man hat nun das Verhalten der Gesteine während des Baues des Simplontunnels mit angeblich gewaltigen Gebirgsdrucken in Verbindung gebracht; man basierte die Kritik über den fertigen Simplontunnel auf die Gebirgsdrucklehre; in ihr wollte man die Notwendigkeit erblicken für die Wahl sehr starker Gewölbedimensionen künftig zu erbauender tiefliegender Alpentunnels.

Umbau des Hotel Baur en Ville in Zürich.

Abb. 9. Das Restaurant an der Waaggasse. Hinterer Saal.

Abb. 10. Das Restaurant an der Waaggasse. Vorderer Saal.

Nach unseren Erfahrungen müssen wir die von Herrn Heim aufgestellten Konstruktionsbedingungen in ihren Schlussfolgerungen für den Tunnelbau ablehnen. Anderseits können wir den bezüglichen Deutungen, welche das Verhalten der Gesteine im Simplon erfahren hat, keine Berechtigung beimessen.

Wir wollen unsere abweichenden Ansichten darlegen, nachdem wir Heims Lehre auszugsweise in ihren Hauptzügen vorangestellt haben. Herr Heim lehrt:

« Der Gebirgsdruck ist nichts anderes als die Schwere der Gebirgsmassen. Wo ein sehr heftiger Druck auf irgendwelche feste Materialien wirkt, pflanzt er sich in denselben ähnlich fort wie in einer Flüssigkeit. Der Druck im Innern des Gebirges wirkt allseitig. Allseitiger Druck nimmt spröden Materialien ihre Brüchigkeit und gibt ihnen dafür Verschiebbarkeit ihrer Teilchen. Die Ungleichheit des Materials erzeugt ungleiche Verteilung der Spannungen, durch welche bewirkt werden kann, dass auch in sehr grossen Tiefen einzelne Stellen keinen starken Gebirgsdruck haben, andere einen stärkeren. Im Allgemeinen steigt der Gebirgsdruck aber proportional mit der Tiefe. Der Unterschied vom hydrostatischen Druck beruht nur darin, dass hier im Gebirge Störungen des Gleichgewichts einen bedeutenden Grad erreichen müssen, um Bewegungen zu erzeugen und dass die folgenden, wieder ausgleichenden Bewegungen sehr langsam vor sich gehen, weil sie starke Kohäsionskräfte und innere Reibungen auf gewissen Wegen überwinden, also eine grosse mechanische Leistung ausüben müssen.

[1]) „Der Mechanismus der Gebirgsbildung“ von A. Heim, Basel 1879.

Sobald man mit einem Tunnel in gewisse Tiefen gelangt, oder wenig festes Gebirge antrifft, so ist vollkommene Tunnelmauerung mit Sohlengewölbe erforderlich, Wo der Gebirgsdruck grösser wird als die Festigkeit der Gewölbsteine, kann auch der vollständig ausgewölbte Tunnel nicht auf die Dauer halten. Je tiefer ein Tunnel unter die Oberfläche kommt, um so intensiver wird das Gestein gegen die Tunnelhöhlung drängen, denn an den Wänden ist der Gesteinsdruck allseitig aufgehoben. Ueber lassen wir den Tunnel lange Zeit sich selbst, so werden die Felsen gegen die Höhlung erst in harten Blöcken einbrechen, bis der Tunnel damit erfüllt ist. Das Gefüge des Felsens lockert sich in einer grossen Entfernung von der Tunnelachse mehr nach oben, wenn der Tunnel nicht sehr tief liegt. Der Tunnelhohlraum möchte sich gewissermassen durch das ganze Gebirge in seinen Fugen gleichmässig verteilen.

Wenn wir den Tunnel in seinem Innern derart mit Steinen auskleiden, dass an jeder Stelle die Resultierende des Gebirgsdruckes genau senkrecht auf die Gesteinsfugen fällt, dann entstehen keine verschiedenen Komponenten und es wird keine Zertrümmerung der Tunnelwände eintreten können, solange nicht der auf den Tunnel sich werfende Gebirgsdruck die Festigkeit der Hausteine, mit welchen wir den Tunnel in genannter Weise ausgekleidet haben, übersteigt. Das ist die Theorie der Gewölbe. Ist der Gebirgsdruck grösser als die Festigkeit der Gewölbsteine, so werden sie zwischen ihren Fugen einfach zerdrückt und in den Tunnel erst abbröckeln, endlich die Gewölbe umstürzen.

Wenn die Form des Berges bekannt ist, lässt sich der durchschnittliche Gebirgsdruck auf einzelne Stellen des Tunnels ungefähr berechnen und dadurch im Voraus bestimmen, ob der Tunnel überhaupt halten kann und welches Material als Gewölbe aushalten wird.

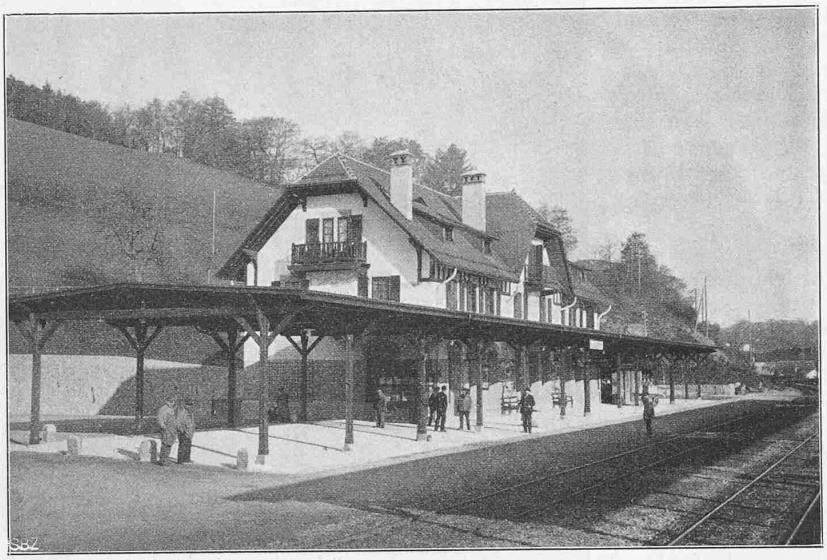

Abb. 2. Der neue Bahnhof der S.B.B. Puidoux-Chexbres. — Ansicht von der Bahnseite.

Im Jahre 1905 nahm Heim Veranlassung[1]) sich zum selben Gegenstand folgendermassen vernehmen zu lassen:

Wenn man behaupte, der Gebirgsdruck hänge nicht von der Gebirgshöhe ab, so täusche man sich. Im Mergel unter 200 bis 500 *m* Ueberlagerung äussere sich der Gebirgsdruck sofort im Hereinquetschen der Gesteine in den Tunnel. Aber im festesten Granit zeige sich die gleiche Erscheinung in 1000 *m* Tiefe erst nach einigen oder vielen Jahren. Es sei daher überall Sohlengewölbe nötig, vielleicht im festen Granit bei weniger als 500 *m* Ueberlagerung noch nicht.

„Die grösste Tiefe für den Bau eines haltbaren Tunnels ist dadurch gegeben, dass ihre Gebirgslast noch etwas kleiner sein muss als die rückwirkende Festigkeit der Gewölbesteine. Nehmen wir diese aus den druckfestesten Gesteinen, den besten Diabasen oder Basalten, so ist eine mittlere Gesteinshöhe von 5000 bis 6000 *m* über dem Tunnel noch in dem daraus resultierenden Drucke zu überwinden. Bei über 2000 *m* mittlerer Gebirgsbelastung über dem Tunnel wird ein Auswölben als geschlossene Röhre mit normalem Granit oder Gneiss als Gewölbstein nicht mehr genügen. Im Laufe der Zeit würden die Gewölbsteine zerdrückt.

Bei innerlich zermalmtem Gestein, wie es bei der Druckstelle im Simplontunnel der Fall war, wird der Gebirgsdruck sofort fühlbar. Bei andern braucht er lange Zeit. Der Gebirgsauftrieb wird sich je nach dem Gestein fühlbar machen nach 10, 20, 50, 100 Jahren, aber seine böse Wirkung wird nicht ausbleiben. Tunnels, die in diese Tiefe, wo die Schwerlast des Gebirges sich in einer je nach der Gebirgsfestigkeit ungleichen durchschnittlichen Tiefe in einen allseitigen, dem hydrostatischen Druck ähnlichen Gebirgsdruck mit Auftrieb umsetzt, gelegt worden sind und weiter gelegt werden, können nur dann haltbar sein, wenn sie als geschlossene Röhre mit Sohlengewölbe druckfest ausgemauert werden."

Für die praktische Beurteilung der Tauglichkeit einer Steinart zu Gewölbestein gibt Herr Heim die Regel ganz allgemein gehalten: Man nimmt die Gebirgsfestigkeit im Tunnel auf höchstens $^1/_3$ der Gesteinsfestigkeit und sagt:

Masstab 1 : 300.

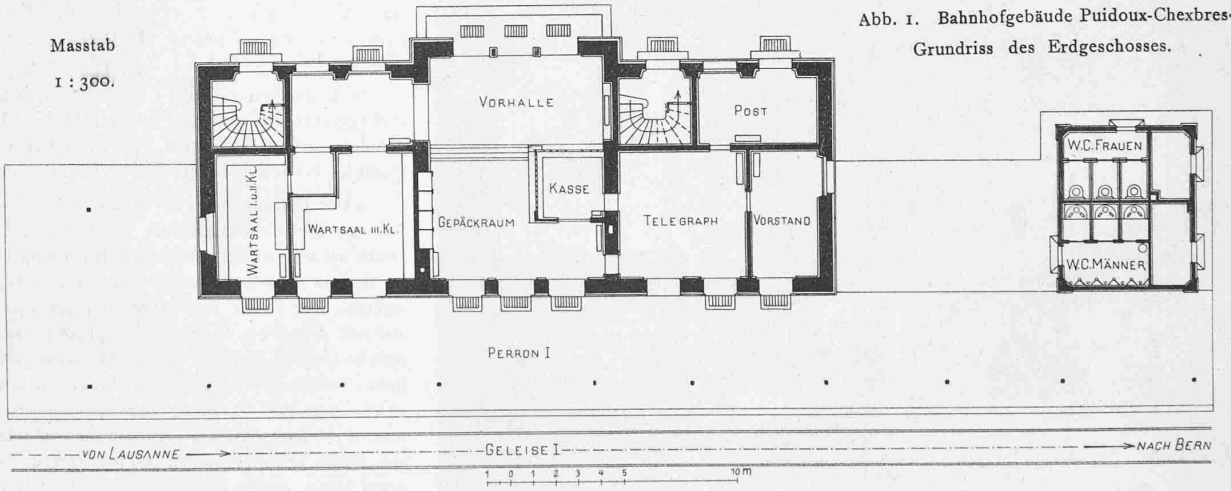

Abb. 1. Bahnhofgebäude Puidoux-Chexbres. Grundriss des Erdgeschosses.

Der durchschnittliche Druck im Gotthardtunnel entspricht etwa auf 10 *km* einer Last von 1000 bis 1500 *m* Gneiss-Granit. Zur Gewölbemauerung genügt somit der in Verwendung gebrachte Gneiss-Granit vollständig, während Kalkstein nicht ausreichen würde. Die Haltbarkeit eines Tunnels, der durchschnittlich 2500 *m* tief unter einer ganz breiten, beiderseits höher ansteigenden Gebirgsmasse liegt, ist überhaupt zweifelhaft. Während wir Stollen in weichem Sandstein und Tonschiefer schon 300 *m* unter der Oberfläche sich schliessen sehen, müsste ein Gleiches im festen Sandstein unter 1000 bis 1300 *m* im Kalkstein unter 1100 bis 1800 im Granit und Porphyr unter 1800 bis 2900 *m* unter der Oberfläche eintreten."

[1]) Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 50. Jahrg., 1905 Heft 1. „Geologische Nachlese" von Albert Heim. Tunnelbau und Gebirgsdruck.

«Ein Gestein kann als Gewölbestein nur verwendet werden bei mittlerer Tunneltiefe = höchstens $^2/_3$ der aus der Gesteinsfestigkeit berechneten Gesteinssäule, die eben ihren Fuss zerquetscht.“

Vorstehender Lehre gemäss muss jedes Tunnelgewölbe druckfest konstruiert werden um die Schwerlast der ganzen Ueberlagerung auszuhalten. Die grösste Tiefe eines haltbaren Tunnels soll sich ergeben, wenn jene Last noch etwas kleiner ist als die rückwirkende Festigkeit der Wölbsteine. Im Gotthardtunnel soll nun bei einer Last von 1000 bis 1500 *m* der Gneiss-Granit als Wölbstein noch vollständig genügend sein. Es ist schwer, dieser Berechnung zu folgen; der Wortlaut der Vorschriften für die Wahl eines tauglichen Wölbsteinmaterials ist für vorliegenden Zweck ganz unklar. Wir sehen also nicht, ob Herr Heim das Gewölbe des bestehenden Gotthardtunnels, das doch aus Gneiss-Granit konstruiert ist, auch für vollständig genügend hält. Dem Sinn nach sollte man denken: ja. Nun ist aber das Gotthardgewölbe nur ein einfaches Verkleidungsgewölbe (Abb. 1), das nur eine sehr geringe Last zu tragen vermöchte und wir müssen somit im Zweifel sein, dass Herr Heim das Gewölbe als druckfest ansieht. Wir haben demnach die Aufgabe, selbst zu untersuchen, wie sich die Bedingungen für ein nach der Heimschen Lehre standfestes Gewölbe berechnen lassen.

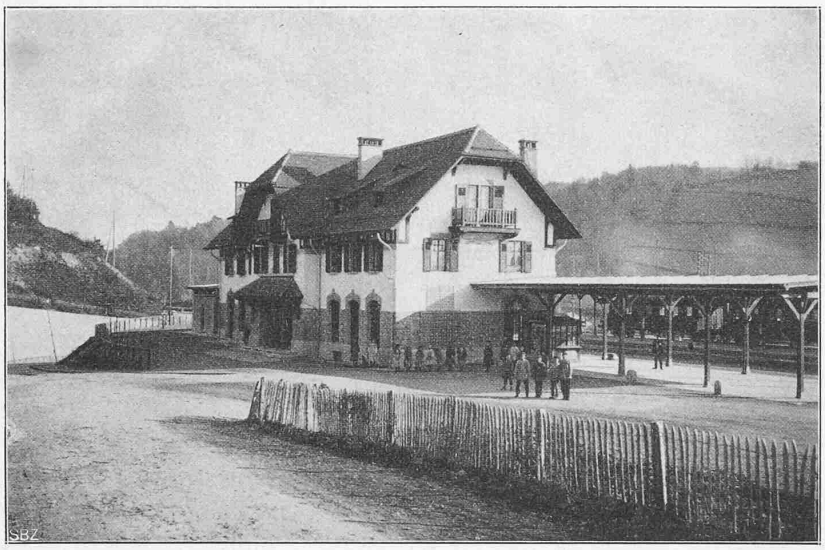

Abb. 3. Der neue Bahnhof der S. B. B. Puidoux-Chexbres. — Ansicht von der Vorderseite.

Der Widerstand eines Gewölbes gegen Zerstörung durch Belastung ist — abgesehen von der Gewölbeform — eine Funktion:

1. Der Spannweite des Gewölbes; 2. der Mauerstärke; 3. der Festigkeit — nicht des Mauersteines — sondern des Konkretes von Mauerstein und Mörtel, d. h. des Mauerwerks; 4. der Belastung.

Eine Tunnelröhre ist genügend standfest, wenn der spez. Druck auf das Mauerwerk nicht grösser wird als die *zulässige Beanspruchung* der Mauerwerksgattung. Von diesen zweifellos richtigen statischen Bedingungen weicht die vorerwähnte Forderung Heims für die Tauglichkeit eines Gesteins gründlich ab.

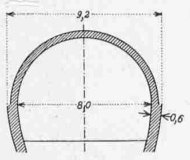

Abb. 1.

Unter Annahme des vollen Gebirgsdruckes von 1500 *m* Ueberlagerung mit 2,6 spezifischem Gewicht und von Bruchsteinmauerwerk, wie im Gotthardtunnel, führt die statische Berechnung des Gewölbes zu folgenden Resultaten: Auf den cm^2 des Bruchstein-Widerlagers von 0,6 *m* Stärke fällt ein Druck von $\frac{1500\ m \times 2600\ kg \times 9{,}2\ m}{2 \times 0{,}6\ m \times 10{,}000\ cm^2} = 3000\ kg$ (siehe Abb. 1). Nun ist für die zulässige Belastung eines Bruchsteinmauerwerks wie im Gotthard als ein Maximum 300 *kg* anzurechnen.

(Es würde hier zu weit führen, für diese Angabe die Nachweise beizufügen. In einem späteren Kapitel werden wir darüber Ausführliches mitteilen. Wir wollen aber erwähnen, dass, wenn auch ein sauber polierter Würfel aus Gneiss-Granit, bei Einspannung zwischen Platten mit Kugelgelenken in der Festigkeitsanstalt eine Bruchfestigkeit von 1700 *kg* ergiebt, schon ein weniger sauber bearbeiteter derselben Qualität, nur zwischen Bleiplatten gefasst, 500 bis 700 *kg* Bruchfestigkeit aufweist; ferner, dass ein Zementmörtel mit Normalsand und bei Normalbehandlung in der Festigkeitsanstalt nach 10 Monaten 500 bis 700 *kg* Bruchfestigkeit besitzt, während ein im Tunnel zubereiteter Mörtel vom Maurer mit der Kelle im Mauerwerk verstrichen, nach 10 Monaten nicht annähernd die Hälfte dieser Festigkeit erlangen kann. Da aber im Tunnel-Bruchsteinmauerwerk, in Anbetracht der dicken Mörtelfugen, der Mörtel ein wesentlicher Bestandteil des Mauerwerkes ist, so erblicken wir in unserer Annahme von 300 *kg* zulässiger Beanspruchung schon geradezu eine übertrieben hohe Ziffer.)

Dann ergibt sich aber eine erforderliche Mauerstärke von 6 *m*. Da sie im Gotthardtunnel nur $^1/_{10}$ der unbedingt erforderlichen Stärke beträgt, so kommen wir zum Resultat, dass das Gotthardtunnelgewölbe weit davon entfernt wäre, standfest zu sein. Ein Tunnel von 6 *m* Mauerwerkstärke aber ist ein Unding. Die nächste Folge unserer vorgehenden Betrachtung muss die Frage sein, ob der Gebirgsdruck sich auch wirklich nach der Lehre vom Gebirgsdruck auf ein Tunnelmauerwerk äussern könne. Wie schon gesagt, ist die praktische Erfahrung einem solchen Drucke noch nie begegnet (ausser in gewissem Grade in Spalten von plastischem erweichtem Trümmergestein oder in zu Bruch gegangenem Gebirge — nie im geschichteten Gebirge). Herr Prof. *W. Ritter*[2]) sagt dazu: „Die Annahme eines Druckes von hohen Ueberlagerungen führt zu unsinnigen Drucken, die in der Tiefe erfahrungsgemäss gar nicht bestehen“. — Der Mont Cenis- und der Gotthard-Tunnel bestehen seit 30 bis 40 Jahren und ihr Bestehen beweist, dass heute noch kein Druck auf sie gekommen ist. Tunnels unter 10 oder 20 oder 30 *m* Ueberlagerung sind schon oft eingestürzt, weil die ungeschichtete Gesteinsüberlagerung mit ihrer Trümmer-Beschaffenheit auf ihnen lastete. Tunnels unter bedeutender Ueberlagerung sind noch nie eingestürzt. Wo sie schadhaft wurden, sind stets ganz andere Ursachen als der Gebirgsdruck erwiesen. (Forts. folgt.)

Der neue Bahnhof der S. B. B. Puidoux-Chexbres.

Erbaut von den Architekten *Taillens & Dubois* in Lausanne.

In den drei vorstehenden Abbildungen bringen wir das im Jahre 1908 von den Architekten Taillens & Dubois in Lausanne entworfene und ausgeführte kleine Aufnahmegebäude der Station Puidoux-Chexbres oberhalb Lausanne zur Darstellung.

Die Bilder sprechen für sich. Mit den einfachsten Mitteln sowohl hinsichtlich der gewählten Bauformen wie des verwendeten ortsüblichen Materials ist ein ländliches Bahnhofgebäude erstellt, das als solches ohne weiteres erkennbar, auch der Landschaft zur Zierde gereicht und sich zugleich den Bauten der Umgebung, ohne als ihresgleichen gelten zu wollen, unaufdringlich zugesellt.

Der erste Stock des Gebäudes enthält drei voneinander unabhängige Beamtenwohnungen, zu denen die beiden im Grundriss (Abbildung 1) ersichtlichen Treppen führen.

[2]) „Statik der Tunnelgewölbe“ von Prof. W. Ritter. Berlin 1879. Verlag von Julius Springer.