



+ 1953

# Ursachen und Folgen der Katastrophe am 24. Juli 1908 beim Lötschberg-Tunnelbau.

Von Dr. Walter Kranz, würtf. Landesgeologe, Ingenieur V. D. J.

## I. Einleitung.

Das ältere und neuere Schrifttum erkennt die Wichtigkeit geologischer Untersuchungen vor und während der Eisenbahn- und insbesondere der Tunnelbauten ziemlich übereinstimmend an<sup>1)</sup>. In der Praxis gingen aber oft die Meinungen darüber auseinander, inwieweit der Fachgeologe namentlich seine „Voraussage“ auszuarbeiten und während des Baues selbst mitzuwirken habe. Vielfach begnügten sich die Bauleitungen mit einem bloß allgemein orientierenden geologischen „Vorentwurf“, der noch dazu meist vor Jahren bearbeitet und durch Fortschritte der Wissenschaft überholt war<sup>2)</sup>. Ja, es kommt immer noch vor, daß zu Erweiterungsbauten alter Bahnlinien zahlreiche Schürfe hergestellt, aber nur von Ingenieuren untersucht und dann geologisch wie bautechnisch ganz falsch beurteilt werden<sup>3)</sup>.

Nach langen Beobachtungen und Erfahrungen im Schweizer Tunnelbau, insbesondere beim St. Gotthard, sagte F. M. Stapff<sup>4)</sup> schon vor vielen Jahren, „daß es sicherer und leichter ist, auf Grund sorgfältiger geologisch-technischer Vorarbeiten bei der Trassierung von Tunneln Schwierigkeiten zu vermeiden, als solche nachmals bei der Bauausführung zu überwinden“. Durch eine kleine seitliche Verschiebung hätte z. B. der Gotthardtunnel einen mächtigen, vielfach gestörten Schichtenkomplex von dünnschiefriem, scherbigem Gneis und Glimmergneis, bei dem immer wieder neue, zersetzte Schichten und Wasserzuflüsse drohen, vermeiden und statt dessen festen Gneis und Granit durchfahren können; dabei wären auch Verwerfungen umgangen und in der Mittelstrecke das überlagernde Gebirge 500 m niedriger geworden, wodurch sich die Tunneltemperatur um nahezu 7° C ermäßigt hätte. G. A. Koch<sup>5)</sup> stimmte dem 1882 zu: „Unendlich viel wurde bei . . . Tunnelbauten gesündigt. Nicht immer beherzigte man die wohlgemeinten Ratschläge der Geologen und Physiker“, wie z. B. beim Gotthard- und Arlberg-Tunnel. „Geologe und Ingenieur sollen sich vor jedem Tunnelbau die Hand reichen. Es schädigt jedenfalls in hohem Grade die gute Sache, wenn es dem Ingenieur beliebt, den Geologen nur als überflüssiges Uebel oder gar als Prügelknaben für seine Mißgriffe anzusehen. Kein Tunnel soll ohne vorausgehende gründliche Detailstudien eines Geologen trassiert werden. Noch weniger aber soll man seinen Bau in Angriff nehmen, wenn die Bauorgane sich nicht einmal im Besitze einer vollständigen geologischen Detailkarte des Tunnelgebietes befinden.“ Denselben Gedanken gab der Schweizer Geologe C. Schmidt<sup>6)</sup> 1904 Ausdruck: „In sehr vielen Fällen werden wir als die Ursache des Mißerfolges (der geologischen Voraussage) eine nicht intensiv genug und methodisch richtig durchgeführte Untersuchung erkennen; wir werden da und dort sehen, daß Irrtümer sich durch den jeweiligen Stand der Wissenschaft erklären, und sehr oft endlich zeigte es sich, daß trotz aller Hilfsmittel nur Angaben gemacht werden können, die als hypothesisch gelten müssen. Das Gefüge der Gesteinsschicht in größerer Tiefe unter der Oberfläche ist tatsächlich in vielen Fällen so kompliziert, daß die genaueste Untersuchung der nächstliegenden Gebiete höchstens

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. den Ueberblick über Geologie und Bahnbau und über die Grenzgebiete überhaupt in W. Kranz, Die Geologie im Ingenieur-Baufach, Stuttgart (F. Enke) 1927.

<sup>2)</sup> W. Kranz, Einbrüche — „Künstliche Erdfälle“ — beim Bau des Weissenstein-Tunnels; Die Bauzeitung (Stuttgart-München) 25. 1928, H. 19.

<sup>3)</sup> Ich habe selbst einen solchen Fall kennen gelernt.

<sup>4)</sup> Zitat nach Koch (nächste Anmerkung). Vgl. u. a. Stapffs Veröffentlichungen über geologische, hydrologische und Temperaturverhältnisse beim Tunnelbau in Verh. Schweiz. Nat. Ges. Andermatt 1875, Archiv f. Anatomie und Physiologie 1877. Studien über die Wärmeverteilung im St. Gotthard, I, Bern 1877. Die Wärmezunahme nach dem Innern von Hochgebirgen, Bern 1880; Revue univers. des Mines 1880; Geologisches Profil des St. Gotthard in der Axe des großen Tunnels, Bern 1880; Generelles geologisches Profil in der Ebene des Gotthard-Tunnels (mit geol. Karte), Zürich 1880.

<sup>5)</sup> Erdwärme und Tunnelbau im Hochgebirge; Zeitschrift des Deutsch-Oesterr. Alpen-Ver., 13., 1882, S. 93 ff.

<sup>6)</sup> Ueber die Geologie des Tunnelgebietes Solothurn-Gänsbrunnen; Mitt. Nat. Ges. Solothurn, 14., 1904, H. 2.

einen Hinweis auf das Vorhandensein von Komplikationen, nicht aber einen Aufschluß über das Wie derselben zu geben vermag. Je vollständiger das Tatsachenmaterial gesammelt ist und je umfassender die Kenntnisse des Geologen sind, um so mehr wird auch in diesen Fällen die Hypothese sich bewahrheiten. Das eine aber möchte ich hier mit Nachdruck betonen: Wir haben gelernt, daß es die Pflicht des Geologen ist, zu verlangen, daß, wo man ihm eine Verantwortung zuschiebt, man ihm auch die Mittel gewährt, die Arbeit so durchzuführen, wie er es als richtig und notwendig erachten muß.“ Schmidt wies in diesem Zusammenhang auch darauf hin, daß die geologischen Vorarbeiten für den (ersten) Simplontunnel, die nur einige Wochen dauerten, völlig unzureichend waren: Als die „Geologische Simplon-Kommission“ 1898 ihr Programm aufstellte, war die Unrichtigkeit der geologischen Anschauungen, auf welchen die vorhandenen Gutachten<sup>1)</sup> basierten, erwiesen; trotzdem waren neue geologische Studien und die Aufnahme einer geologischen Karte ihr letzter Programmpunkt.

Mit wahren Seherblick haben diese hervorragenden Gelehrten damit auch schon die hauptsächlichsten Gründe für mangelhafte Übereinstimmung von geologischen Voraussetzungen mit den nachfolgenden Befunden in den Aufschlüssen der Tunnel selbst genannt, wie sie etwas später u. a. beim Lötschberg-Tunnel offenbar wurden: Baubeginn auf Grund veralteter und mit ungenügenden Mitteln durchgeführter geologischer Voruntersuchungen, sowie derart verwickelter Gebirgsbau, daß der Befund im offenen Tunnel bisweilen noch viel komplizierter war als die verwickelteste Annahme der Prognosen, letzteres selbst nach sorgfältigster geologischer Untersuchung mit Kartieren, Schürfen, kleineren Bohrungen u. dgl. Wie nahe man andererseits mit solch sorgfältigen geologischen Vorerhebungen den tatsächlichen Verhältnissen zu kommen vermag, hat dann wiederum Voraussage und Befund beim Hauensteinbasistunnel gezeigt<sup>2)</sup>. —

Ueber die Ursachen und Folgen des furchtbaren Einbruchs der Gasterntalablagerungen in dem (ersten) Nordwestteil des Lötschbergtunnels am 24. Juli 1908 wurde so manches veröffentlicht, was den Tatsachen nicht entspricht und einzelne der Beteiligten zu Unrecht belastet. Ich will versuchen, ein wahres Bild der Geschehnisse zu zeichnen, soweit das jetzt schon möglich ist: Ende 1925 wurde mir mit anderen Unterlagen über Schweizer Tunnels auch die „Entreprise générale du Chemin de fer des Alpes Bernoises, Rapport de la Commission des experts . . . pour donner un avis sur la continuation des travaux du Tunnel du Loetschberg“ vom 8. Januar 1909<sup>3)</sup> übersandt, ein Bericht, der als Unterlage zum Prozeß wegen der Kosten der Tunnel-Mehrlänge und für den Bau des Umgehungstunnels gedient hatte. Aus dem Schriftwechsel hierüber Anfang 1926 mußte ich entnehmen, daß Veröffentlichungen unter Benützung dieses Gutachtens statthaft waren, und im Vertrauen darauf wollte ich die wichtigsten Stellen desselben in meiner nachfolgenden Darstellung verwerten. Die Zustimmung dazu wurde aber Mitte 1928 ohne triftigen Grund zurückgezogen, ich bin daher genötigt, nur das Material zu benützen, was mir auf anderen Wegen bekannt wurde und was bereits veröffentlicht ist. Selbstverständlich geschieht letzteres mit der kritischen Auslese, die infolge meiner Kenntnis der wahren Tatsachen nach dem genannten Kommissionsbericht nötig ist. Wenn dann meiner Darstellung — abweichend von vielen bisher veröffentlichten Vorwürfen namentlich gegen die Bauleitung des Lötschbergtunnels — an mehreren Stellen die ausführliche Begründung fehlt, so ist daran die Stelle schuld, welche die bereits gegebene Zusage zurückzog. Grundsätzlich sei dazu bemerkt: Das Geheimhalten der wahren Ursachen von Bauunglücken ist ein leider fast überall geübter Fehler. Man kann es menschlich verstehen, wenn es sich um einen noch schwebenden Rechtsstreit oder ein Strafverfahren handelt, aber nicht bei abgeschlossenem Verfahren — was doch wohl beim Lötschberg jetzt nach 20 Jahren der Fall ist — und nicht in Fällen, wo die Veröffentlichung der wahren Tatsachen die Beteiligten geradezu entlastet — wie bei der Lötschberg-Katastrophe. Da man stets an solchen Unfällen lernen kann, sollte ganz allgemein von Geheimhaltung abgesehen werden, soweit das irgend tunlich ist. Und auf bautechnisch-geologischem Gebiet gibt es noch recht viel zu lernen. Ich darf das betonen, da mir als altem Ingenieur-Offizier mit langjähriger Baupraxis und als praktischem Geologen nicht bloß theoretische Erfahrung zur Seite steht und bekannt ist, wo den Ingenieur der Schuh drückt und wie man ihm helfen kann.

<sup>1)</sup> Alb. Heim, Ch. Lory, T. Taramelli und E. Renevier, Etude géologique sur le nouveau projet du tunnel coué au travers du Simplon; Bull. soc. vaudoise Scienc. nat. Lausanne, 19., 1883, S. 1—27, Taf. I—IV. — G. T. Lommel, Etude de la question de la chaleur souterraine et de son influence sur les projets et systèmes d'exécution du grand tunnel alpin du Simplon; Réunion d. l. soc. helv. Scienc. nat. Brigue 1880.

<sup>2)</sup> Vgl. dazu u. a. Buxtorf, Hauensteinbasistunnel etc. in Verh. Nat. Ges. Basel 1913 u. 1916. — Kranz, Einbrüche etc. beim Bau des Weifenstein-Tunnels, a. a. O. 1928. Geologisch-chemische und mechanische Baugrunduntersuchung für einen Abwasserkanal, Technisches Gemeindeblatt 1928, Nr. 5 u. 6.

<sup>3)</sup> Vgl. mein bereits in der „Bauzeitung Stuttgart-München“, 25., 1928, S. 187, Anmerkung 3, veröffentlichtes Zitat dieses Berichts.

## II. Ursache des Lötschberg-Einbruchs.<sup>1)</sup>

Das erste, diesem Tunnelbau zugrunde gelegte Gutachten von v. Fellenberg, Kießling und Schardt stammte aus den Jahren 1899/1900, es empfahl ausdrücklich die kürzeste Verbindung zwischen dem Kander- und Lötschental in gerader

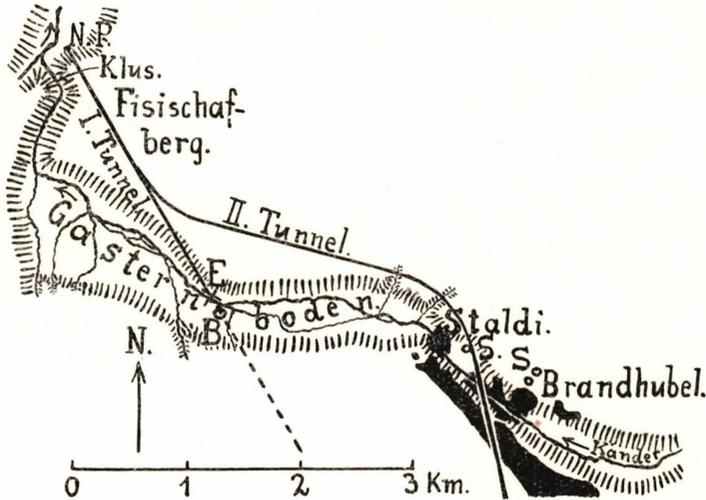


Abb. 1. Lageskizze des Lötschberg-Tunnels.

N. P. = Nord-Portal.

B. o. X = 2 Bohrungen September 1908 bis Mai 1909.

I. = alte Tunneltrasse vor dem Einbruch.

II. = neue Tunneltrasse nach dem Einbruch.

E. X = Einbruch am 24. Juli 1908.

S. o. = Schächte, z. T. mit Stolln, Herbst 1908 bis Oktober 1909.

Schwarz bei Staldi—Brandhubel = Anstehender Gastern-Granit, nach Lugeon 1898—1909 und Buxtorf.

Linie, der Tunnel sollte etwa die Mitte des Gasternbodens unterfahren — Abb. 1 —. Der Grund des Gasternbodens bestehe „aus Alluvionen des Gasternbaches (Sand und Kiesbänke)“ [a. a. O., S. 102]. „Fluß- und Bachaufschüttungen sind in allen breiteren Tälern häufig und sehr ausgedehnt. So besteht der Boden des unteren Gasterntales aus Bachschuttlanhäufungen“ (S. 107). Das geologische Profil dieser drei Gutachter — unsere Abb. 2, oben — verzeichnet unter diesem Alluvium zunächst „Moränen“, und hierunter im Zuge des Tunnels selbst Felsgestein des Neocom, Malm, Dogger und Lias. „Unter dem Gastern-

<sup>1)</sup> Literatur: v. Fellenberg, Kießling und Schardt, Lötschberg- und Wildstrubeltunnel, Geologische Expertise (1899/1900; Mitt. Naturforsch. Ges. Bern aus dem Jahre 1900, Bern 1901, S. 100—131, 4 Taf. — J. Hittmann und K. Greulich, Technischer Bericht und Kostenvoranschlag zum generellen Projekt der Lötschbergbahn, nebst vergleichender Untersuchung des Wildstrubelprojektes; Bern (A. Francke) 1901. — E. v. Stockalper, Wildstrubel et Loetschberg, étude de la traversée des Alpes bernoises; Bulletin technique de la Suisse romande 29, 1903, Nr. 12 u. 13. — M. Lugeon, Deuxième communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander; Eclogae geol. Helvet. 8, 1903/1904, S. 421—433, besonders S. 433, Anmerkung 1. — Loetschberg-Tunnel, Schweizerische Bauzeitg. 52, 1908 und 53, 1909. — A. Heim, Geologische Nachlese Nr. 20; Beweis der Einbruch im Loetschberg-Tunnel glaziale Uebertiefung des Gasterntales? Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich 53, 1908, S. 471—480. — G. Hepner, Die morphologische Exkursion des Geographenkongresses von Zürich nach Genf; Geograph. Zeitschr. 14, 1908, S. 699 f. — J. Früh, Einbruch des Lötschbergtunnels unter dem Gasterntal; IX. Congr. internat. Geogr. Genf, Compte rendu II, 1908, S. 324. — R. Lepsius (Ueber die Ursachen der Lötschberg-Katastrophe bzw. Gletscher-Erosion); Frankfurter Ztg. Nr. 215 vom 2. 8. 1908; Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 62, 1910 B, S. 683 f. — W. Salomon, Der Einbruch des Lötschbergtunnels, Verh. Nat. med. Ver. Heidelberg N. F. 10, 1909, S. 1—6. Die Adamello-gruppe, Abh. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 21, 1910, H. 2, S. 457—461. — E. Hugi u. E. Truninger, Die geologischen Verhältnisse des Umgehungsstraces des Lötschbergtunnels; Bern, Mai 1909. — Entreprise générale du Chemin de fer des Alpes Bernoises, Rapport de la Commission des experts . . . pour donner un avis sur la continuation des travaux du tunnel du Loetschberg, 8. Januar 1909, als Manuskript gedruckt, mit 2 Karten, 8 Taf. und Bericht von C. Schmidt u. A. Buxtorf. — Buxtorf, Geologische Prognose für den nördlichen Teil des neuen Tracé des Lötschbergtunnels, bis km 8 vom Nordportal, etc; Verh. Nat. Ges. Basel 21, 1910, S. 222—244, Taf. II—IV. — Buxtorf u. Truninger, Ueber die Geologie der Doldenhorn-Fischstockgruppe und den Gebirgsbau am Westende des Aarmassivs; Verh. Nat. Ges. Basel 20, 1910, S. 135—179, besonders Fig. 2, S. 137. — C. Schmidt, Le tunnel du Loetschberg; Compte rendu sommaire d. séances Soc. géol. France

boden stehen die ober- und mitteljurassischen Schichten an“ (S. 117). „Die Unterführung unter dem Gasternboden hat, trotz der geringen Ueberlagerung, nicht zu befürchten, auf Trümmergestein zu stoßen. Die Auffüllung beträgt höchstens 60 bis 70 m. Der Tunnel wird also sicher noch von mindestens 100 m Felsgestein überhöht sein. Wasserzufluß ist auf der Nordseite, im Hochgebirgskalk, zu befürchten“ (S. 124). Die drei Gutachter nahmen also an, daß nur eine verhältnismäßig dünne alluviale (und vielleicht diluviale) lockere Auffüllung auf dem alten Talboden des Untergundes liege, dessen Austiefung jedenfalls lange nicht den Tunnel erreiche. Dementsprechend rieten sie von einer Verschiebung der Tunnelachse nach W oder O und damit von einer Verlängerung des Tunnels ab und gaben „nach rein geologischen Rücksichten“ dem kürzeren, geradlinigen Lötschberg-Entwurf — 12.9 km — den Vorzug (S. 129—131, erste Taf., unten).

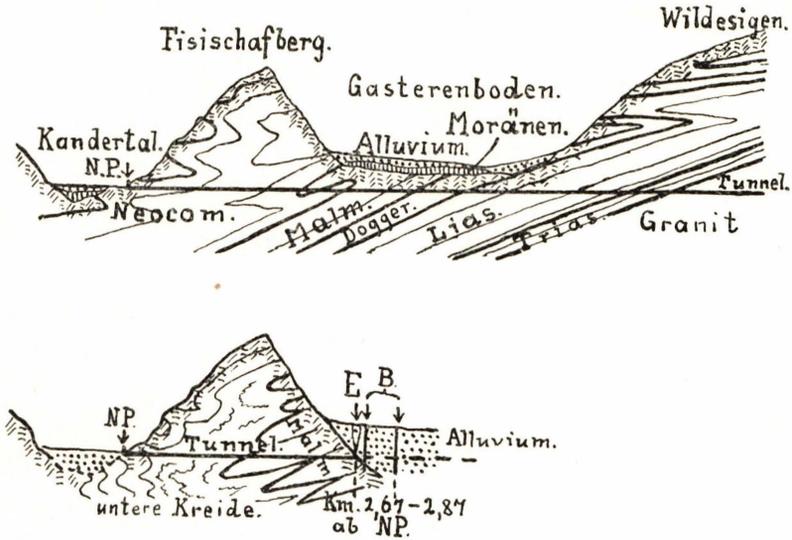


Abb. 2. Geologische Profile des Lötschbergtunnels, Nordwestabschnitt, erste Trasse.

Oben: Voraussage 1900 nach v. Fellenberg, Kibling u. Schardt.

Unten: Befund bis Mai 1909, nach Buxtorf u. a.

N. P. = Nordportal.

E = Einbruch vom 24. Juli 1908.

B = 2 Bohrungen September 1908 bis Mai 1909.

Wenn man bedenkt, daß die rund acht Jahre später eingetretene Katastrophe auf der sachlich falschen Ansicht von der Tiefe des alten Tal-Felsgrundes unter dem Gasternboden beruht, so ist leider zuzugeben: „Im genannten Gutachten wird über die Frage des Gasterntales mit einer gewissen Leichtigkeit hinweggegangen. Worauf sich die Annahme gründet, daß der Gasternkies höchstens 60 bis 70 m tief reiche, ist nicht gesagt . . . Es fehlte der richtige Zweifel, der zu einer genaueren Untersuchung dieser Frage und zur richtigen Beantwortung hätte führen können“ (Alb. Heim). Die Antwort der drei Gutachter auf eine der technisch wichtigsten Fragen, nämlich ob man im Tunnel i. M. 175 m unter dem Gasternboden auf mehrere hundert Meter Länge anstehenden Fels oder lockere und dann wasserdurchtränkte Talablagerungen finden würde, war — leider — bestimmt, vollkommen unzweideutig und vorbehaltlos; die Linie, über welche das Gutachten berichtete, schnitt das Gasterntal etwa 200 m westlich von der Trasse, in welche der Ein-

1911, Nr. 5, S. 51—55. — L. Wehrli. Zur Frage der Gasterntal-Ausfüllung; Schweiz. Bauztg. 57. 1911, I, S. 263. — K. Imhof, Der Durchschlag des Lötschberg-Tunnels; Zeitschr. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1911, S. 247, 265. — A. Rothpletz, Die Ueberschiebung von Leukerbad und der anormale Kontakt am Nordende des Lötschbergtunnels; Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 64. 1912, B, S. 547 f. — Berner Alpenbahn-Gesellschaft, Schlußbericht an d. eidgenöss. Post- u. Eisenbahndepartement über den Bau des Lötschbergtunnels der Berner Alpenbahn 1906—1913; Bern (Selbstverlag d. Ges.) 1914, mit geol. Längsschnitt des Tunnels v. Hugl u. Truninger. — Brandau, Imhof u. Mackensen, Tunnelbau; Handb. d. Ing.-Wiss. T. I. Bd. V, 4. Aufl. Leipzig (Engelmann) 1920, S. 522—525. — J. Krebs, Geologische Beschreibung der Blümlisalpgruppe; Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz N. F. 54. III (84) Bern 1925, Taf. I und Geol. Spezialkarte 1:25,000 v. Krebs unter Verwendung d. Aufnahmen v. Buxtorf u. a.

bruch 1908 erfolgte, aber die Voraussage konnte ohne andere Erklärungen auf den ausgeführten Tunnel übertragen werden. Zudem soll einer der drei „Experten“ vor Beginn der Tunnelarbeiten von der Berner Alpenbahn-Gesellschaft gefragt worden sein, ob das Gutachten von 1900 revidiert werden müsse. Er soll aber erklärt haben, daß kein Grund vorliege, das Gutachten zu ändern oder zu ergänzen.

Heute kann man sich schwer in diese Ueberzeugungstreue hineindenken. Da die Drei selbst über ihre Gründe nichts bekanntgaben, wurde angenommen, ihre Ansicht beruhe auf der Theorie von einer glazialen Entstehung und daher U-Form des alten Tal-Felsgrundes, während fließendes Wasser eine viel tiefere V-Form erzeugt hätte<sup>1)</sup>. Von anderer Seite ist dagegen die Konstruktion unter dem Gasternboden (Abb. 2, oben) als Zeichen dafür angesehen worden, „daß die geologischen Experten nicht Glazialhobler waren, sie hätten sonst von dieser Tunnellinie abgeraten“<sup>2)</sup>. Ueber das Ausmaß und die Art der Erosion gehen aber auch heute noch die Meinungen außerordentlich weit auseinander, und es ist bezeichnend, daß die Feststellung der großen Uebertiefung des Gasterntales im Zuge der (ersten) Tunnellinie — Abb. 2, unten — von den einen als mehr oder weniger sicherer Beweis für Einschneiden des fließenden Wassers<sup>3)</sup>, von den andern als solcher für Ausarbeitung durch den Gletscher aufgefaßt wurde<sup>4)</sup>, während wieder andere diese Frage unentschieden lassen wollten. Auch über die Tiefenlage des alten Felsgrundes unterm Gasterntal gingen die Ansichten selbst nach dem Einbruch 1908 auseinander: Heim schätzte ihn 200—300 m tief, Könitzer und Zollinger (im Schlußbericht der Berner Alpenbahn-Gesellschaft 1914) mindestens 250 m, Wehrli mindestens 300—330, vielleicht 440 m tief. — Man lernt daraus, wie falsch es ist, auf einer Theorie, und noch dazu auf einer so unsicheren Theorie, wichtige geologisch-technische Ratschläge aufzubauen, sofern ihre Nachprüfung durch Bohrung, Schurf, Schachtung usw. möglich und vom wirtschaftlichen Standpunkt irgend vertretbar ist.

Bei dem ersten Gutachten 1899/1900 sollen für die Erkundung der Gegend des Lötschberg-Tunnels und seiner Zugänge nur einige Tage verwendet worden sein. Auch die damals vorhandenen geologischen Karten reichten für die technischen Zwecke des Bahn- und Tunnelbaues nicht aus<sup>5)</sup>. Man durfte daher dieser „Expertise“ nur den Wert einer vorläufigen Orientierung beimessen, zumal sie auf wissenschaftlicher Grundlage heftig angegriffen worden war<sup>6)</sup>. In der Erörterung der diluvialen Ablagerungen und der Talbildung durch E. Brückner, V. Turnau und J. Früh (seit 1900) findet sich freilich nach C. Schmidt und Buxtorf keine unmittelbare Anspielung auf eine tiefere Aushobelung im Gasternboden oberhalb der Klus, obwohl andere Punkte des Gutachterberichts dort besprochen wurden. Heute scheint sich — wenigstens in der Schweiz — die Ueberzeugung durchgerungen zu haben, daß ein solcher geologischer „Vorentwurf“ zur Inangriffnahme wichtiger Gebirgsarbeiten ebensowenig genügt, wie ein bautechnischer Vorentwurf, aber damals war es leider trotz mancher warnender Stimmen und Mißerfolge immer noch üblich, gerade bei den geologischen Vorarbeiten Ersparnisse zu erzielen. „Flüchtige oder gar infolge Zeit- und Geldmangels fehlerhafte geologische Gutachten haben sich noch immer schwer gerächt und ihren Zweck, die Beratung des Ingenieurs, gänzlich verfehlt“<sup>7)</sup>, und das rächte sich auch hier auf schlimmste Weise.

Für die Ansicht, daß man schon früher bei ingenieur-technischer Begutachtung des Tunnelbau-Entwurfs hinsichtlich Unterfahrung des Gasterntales in etwa 180 m Tiefe „Besorgnisse empfunden zu haben“ scheine<sup>8)</sup>, fand ich keinen Beleg. Es wurde zwar erwogen, etwa bei km 2.6 ab Nordportal im Gasternboden einen 180 m tiefen Schacht —

1) Wehrli a. a. O. 1911. — Ueber die Theorie vgl. u. a. J. Stiny, Taltröge, Petermanns Geogr. Mitt. 58, 1912 II, S. 247—252 (ältere Lit. dort). — E. Kayser, Lehrb. d. Allg. Geol. 7. u. 8. Aufl. Stuttgart (Enke) 1923, Bd. I, S. 598—601. — W. Salomon (und H. Philipp), Grundzüge der Geologie, Stuttgart, (Schweizerbart) 1924, Bd. I, S. 569 f, 632.

2) Zitat nach Alb. Heim a. a. O. 1908. — Hepner 1908.

3) Alb. Heim a. a. O. 1908. — Lepsius 1908 und 1910. — Wehrli 1911.

4) J. Früh a. a. O. 1908 und mehrere andere Geographen. — Hepner 1908. — Salomon 1910, S. 458 f. — E. Brückner (Diskussion zu einem Vortrag von M. Singer), Zeitschr. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 62, 1910, S. 388.

5) Die „geologische Kartenskizze der Alpen zwischen St. Gotthard und Montblank“ 1:350,000, Taf. IV, entwerfen von C. Schmidt August 1906, z. B. gibt nur einen ganz summarischen Ueberblick über das Lötschberggebiet. Die geologische Spezialkarte 1:25,000 der Bläufisalpgruppe von J. Krebs, unter Verwendung der Aufnahmen von A. Buxtorf u. a. erschien erst 1925.

6) Vgl. Eclogae geol. Helvet. 8, 1903/04, S. 433 (M. Lugeon).

7) Stiny, Technische Geologie, Stuttgart (Enke) 1922, S. 750.

8) Schweizerische Bauztg. 52, 1908, S. 66 f.

„puits“ — abzuteufen, aber nicht zur Untersuchung einer Uebertiefung des alten Gasternales, sondern um die Tunnelbohrung zu erleichtern: Hier sollte, gewissermaßen von einem „Fenster“ aus, ein neuer Angriffspunkt für die Bohrarbeiten nach beiden Portalen hin hergestellt werden, man glaubte dadurch die Bauzeit abkürzen zu können. Selbst der Hauptgegner des Lötschberg-Entwurfes, E. v. Stockalper, hatte dagegen 1903 nur technische Bedenken: Das Gelingen eines Schachtes sei immer problematisch, und besonders in diesem Falle, wenn der Schacht in „terrains“ und in eine „position“ gerate, wo Wasserzustrom zu befürchten und nach dem geologischen Gutachten (von 1899/1900, vgl. oben) wahrscheinlich sei. Letzteres wurde also auch von Stockalper nicht angezweifelt, er wies nur noch darauf hin, beim Gotthard, Arlberg und Simplon seien derartige projektierte Schächte oder Schleppschächte wegen ihres Risikos nicht ausgeführt worden<sup>1</sup>). Die Herstellung des Schachtes im Gasternboden unterblieb dann auch vielleicht aus einem ähnlichen Grunde. Es ist ferner nicht sicher bekannt geworden, weshalb trotz der erwähnten Erklärung eines der drei ersten „Experten“ eine Aenderung oder Ergänzung ihres Gutachtens sei nicht nötig, der Schweizer Geologe Professor Dr. L. Rollier nun doch am 15./17. November 1906 einen neuen „Bericht“ erstattete. Dieser<sup>2</sup>) erwähnte zunächst, daß die geologischen Profile der drei ersten Gutachter 1899/1900 ziemlich gut den wahren Ausdruck der Tektonik dieser Gegend wiedergäben. Ueber die geologischen und hydrologischen Verhältnisse des Gasternbodens besäßen wir kein Tatsachenmaterial, auf das man sich stützen könnte, noch irgend welche Vergleichsobjekte. Das Profil der drei Gutachter (unsere Abb. 2, oben) denke nach der alten Theorie der Talauswaschung nur an eine dünne Bedeckung des Gasternbodens mit Alluvionen und Schutt. Der Tunnel selbst hätte ihn im Jurakalk durchquert. Es sei jedoch sicher, daß der Granit einen Querriegel im Tal bildet, in Form von gerundeten Hügeln im Hintergrund des Gasternals bis Brandhubel. Diese Barre habe die Kander seit der Eiszeit nur einige Meter tief durchschnitten. Wo der Granit in der Tiefe verschwindet, begrenze die Granitbarre eine ebene alluviale Fläche (vgl. Abb. 1, Gasternboden). Auf welche Tiefe habe das Unterminieren der Kalkschichten unter der alluvialen Oberfläche des Gasternbodens stattgefunden? Niemand könnte darüber ein Gutachten abgeben, besonders weil man niemals in den Alpen unter einem solchen Talboden einen Tunnel gebohrt habe. Rollier glaube, daß die alluvialen Bildungen, die Grundmoränen, die Talausfüllung und die Schuttmassen eine größere Tiefe erreichen als sie das Expertenprofil zeige. Nur wenn man die Bildung des Gasternbodens auf glaziale Erosion zurückführe, könne man annehmen, daß sie die Tiefe von 200 m erreichen. Die Fachleute in dieser Frage seien darüber noch nicht einig. Wenn die Alluvionen — Grundmoräne, Kies- und Sandschichten — eine so große Tiefe erreichten, müßte der Tunnel auf eine Länge von mehr als hundert Meter darin bleiben. Ein solcher Boden sei für den Tunnelbau nicht günstig; er biete indessen kein absolutes Hindernis, weil die Druckwirkungen dort verhältnismäßig wenig ins Gewicht fielen und weil die Wasserzuflußverhältnisse dort nicht ungünstig sein könnten. Das Grundmoränenmaterial, das man dort vermischt mit Sandschichten anzutreffen erwarten dürfe, sei nicht so leicht beweglich, daß man nicht vorwärts kommen könne. Das unterirdische Wasser sei dort umso weniger von Belang, je feiner der Sand und das Moränenmaterial wäre. Falls die alte Talerosions-Theorie richtig sei, werde man im Gasternboden, d. h. im Tunnel und in der Klus, nur anstehende Kalke und sozusagen kein Wasser antreffen. — Rollier oder andere sollen hiernach noch auf Gefahren geschlossen haben, die dem Tunnelbau drohen könnten, falls er in den Gasternschutt gerate, und vor Beginn des Tunnelbaues Schurfarbeiten, einen „Probeschacht“ angeraten haben<sup>3</sup>). Dafür fand ich wieder keinen Beleg, es ist auch nach den übrigen Feststellungen nicht wahrscheinlich. Jederfalls war aber Rollier der erste Geologe, der es für möglich erklärte, daß die Erosion unterm Gasternboden bis zum Tunnel hinabreichen könnte (Abb. 2, unten); „seine Warnung hätte besseres verdient, als ohne Erörterung beiseite gelegt zu werden“<sup>4</sup>), und dies führte unmittelbar zu der Katastrophe vom 24. Juli 1908.

Man muß sich vergegenwärtigen, wie mangelhaft im allgemeinen und fast in allen Ländern die Ausbildung der Bauingenieure in Geologie und

<sup>1</sup>) Hittmann u. Greulich a. a. O. 1901. — Die Lötschbergbahn, Schweizerische Bauztg. 40. 1902, S. 67 — E. v. Stockalper a. a. O. 1903, S. 177.

<sup>2</sup>) Nach Heim a. a. O. 1908 hat Rollier auf Verlangen der Bauleitung (Oberingenieur Zollinger) den Bericht erstattet.

<sup>3</sup>) Handb. d. Ing.-Wiss. T. I. Bd. V, 4. Aufl. 1920, S. 198. — Schweizerische Bauztg. 52. 1908, S. 67.

<sup>4</sup>) Die Darstellung in Schweiz, Bauztg. 53, 1909, S. 128 ist mindestens bezüglich der Aussagen von Rollier unrichtig.

namentlich in der praktischen Anwendung der Geologie war<sup>1)</sup>, um das Verhalten der Bauleitung beim Lötschbergtunnel verstehen und von persönlicher Schuld freisprechen zu können; sie hätte andernfalls aus Rolliers Bericht Ende 1906 sofort erkennen müssen, daß hier ein wissenschaftlich und bautechnisch gleich wichtiges Problem vorlag, dessen restlose Lösung auch heute noch fehlt, und bei dem es nichts falscheres gibt, als „jurare in verba magistris“. Wenn sich auch manches gegen Einzelheiten in Rollier's Bericht einwenden ließ, z. B. hinsichtlich der Druckwirkungen und der Wasserverhältnisse in den Talaustrillungen, so dürfte sich die Bauleitung doch bei einiger Kenntnis vom Streit der Meinungen in geologischen und morphologischen Fragen nicht so vollkommen von dem Gedanken beherrschen lassen, daß der Boden des Gasterntales nicht tiefer liegen könne, als es die namhaften „Experten“ 1899/1900 angekündigt hatten; man werde also den Untergrund des Gasterntales ganz im anstehenden Fels durchqueren. Als sich der Vortrieb des Tunnels fast bei km 2.6 ab Nordportal befand, soll ein Ingenieur gesagt haben: „Man geht einfach nicht mehr aus dem Fels heraus!“ Dieser Wunsch als Vater des Gedankens entspräche ungefähr dem Verhalten der Bauherren im Rosengarten-Einschnitt bei Frankfurt a. O.<sup>2)</sup> und am Horimont vor Metz<sup>3)</sup>. Bei Rosengarten hätte man nach geologischen Gutachten gewaltige Bodenmengen abbefördern müssen, was sehr erhebliche Kosten erfordert haben würde. Die Reichsbahn begnügte sich daher mit viel geringerem Erdabhub, „allmählich würde dann, wie man hoffte, der Einschnitt zur Ruhe kommen“. Am rutschenden Horimont hatte ich als bauleitender Offizier und Geologe den Baugrund der Festungswerke eingehend untersucht, die Ergebnisse erläuterte ich 1912 dem damaligen Chef des Ingenieur- und Pionierkorps an Ort und Stelle mit bautechnischen Vorschlägen, und seine Antwort lautete: „So viel Geld haben wir nicht. Sagen Sie Ihrem Diluvialgott, daß er sich anständig verhält und den Berg in Ruhe läßt!“ Den Franzosen gönne ich diese Erbschaft. —

Während der Tunnelbohrung auf der alten Trasse — I in Abb 1; Abb. 2 — sollte zwar ein Geologe (Truninger) dort beobachten, er hat aber vorerst wohl hauptsächlich petrographisch in kurzfristigen Herbstferien gearbeitet<sup>4)</sup>, und zunächst scheint das Gestein im Tunnel nur technischerseits untersucht worden zu sein, denn ein geologisches Profil konnte dort nur auf Grund der „Rapports trimestriels“ gegeben werden. Vom technisch-praktischen Standpunkt war hier die Uebereinstimmung zwischen Voraussage und Befund zunächst hinreichend, der Tunnelbau blieb meist in schwach nach NW fallenden kalkigen Schichten der unteren Kreideformation und des oberen Jura. In den Kreidekalken traten bei km 1.2 ab Nordportal Bergschläge auf. Die Abgrenzung der Formation im Tunnel war äußerst schwierig und praktisch von untergeordneter Bedeutung. Hinsichtlich der Gesteinstemperatur versagte unter dem isoliert gelegenen Fisichalberg (Abb. 2) die Voraussage von 1899/1900 mit etwa 18°, sie betrug nur 8—9°; Königsberger errechnete aber nachträglich die Gesteinstemperatur im Tunnel vor dem Einbruch nur um 2° höher, als sie in Wirklichkeit war, und letzteres konnte man meines Erachtens auf stärkere kalte Wasserzuflüsse zurückführen. Gesteins- und Wassertemperaturen brauchten also auch nicht als Zeichen der Annäherung an Alluvionen des Gasterntales betrachtet zu werden. Der Verfasser des Abschnittes über den Stollneinbruch unter dem Gasterntal im Handbuch der Ingenieurwissenschaften<sup>5)</sup> hielt dann noch die Menge und die Trübung der Wassereinbrüche vor der Katastrophe für Anzeichen der Annäherung an die gefahrdrohende Stelle. Nach dem Gutachten 1899/1900 (a. a. O., S. 124) durfte aber die Bauleitung ergiebige Wasserzuflüsse (Karstquellen) erwarten. Die Quellen im Tunnel waren vor dem Einbruch anfangs etwas trübe oder sandführend: Auch Quellen tief im Simplontunnel aus Teggiolomarmor waren zeitweise teils trüb, sand- und kiesführend, teils klar gewesen, im Bosrucktunnel hatte man sogar im Quellwasser unter mehreren hundert Metern Ueberlagerung großer Kalkfelsmassen Wurzelfasern gefunden<sup>6)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. dazu die Nachweise in meiner „Geologie im Ingenieur-Baufach“ 1927. — Welche Lücken im geologischen Wissen auch bei der Bauleitung des Lötschberg-Tunnels bestanden, lassen schon die kurzen, sich z. T. widersprechenden geologischen Angaben im Berichte des technischen Direktors erkennen (Schweiz. Bauztg. 55. 1910, S. 347, 350) und im Schlußberichte der Berner Alpenbahn-Gesellschaft 1914; man spricht dort auch von „steil geneigtem Gasterntalgranit, dessen Streichen senkrecht zur Achse war“!

<sup>2)</sup> Nach Guttstadt, Die Bautechnik 1927, S. 225.

<sup>3)</sup> W. Kranz, Militärgeologie, Kriegstechnische Zeitschr. 1913, H. 10. Die Geologie im Ingenieur-Baufach, 1927, S. 3 f.

<sup>4)</sup> Vgl. E. Truninger, Geologisch-petrographische Studien am Gasterntal; Mitt. Naturforsch.-Ges. Bern aus d. Jahre 1911, Bern 1912, S. 18 ff.

<sup>5)</sup> T. I. Bd. V, 4. Aufl. 1920, S. 522—525. Der Kommissionsbericht vom 8. 1. 1909 stand ihm nicht zur Verfügung.

<sup>6)</sup> G. Geyer, Die Aufschließungen des Bosrucktunnels etc. Denksch. K. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. 82, 1907, S. 54.

Bis zur Einbruchstelle blieb im Lötschbergtunnel auch das Gestein normal<sup>1)</sup> und alles so, wie man es in jedem wasserführenden Kalkgebirge erwarten kann. Freilich: Im Frühjahr 1907 war es im Schweizer Jura zu unerwarteten Einbrüchen im Raustal über dem Weissenstein-Tunnel gekommen, die zwar ziemlich harmlos verliefen<sup>2)</sup>, aber doch zur Warnung im Gasterntal dienen konnten. Auch unter der Raus sollte der Tunnel nach einer vorläufigen Voraussage im älteren festeren Gebirge liegen, er schnitt aber die hangenden, an mehreren Stellen hereinbrechenden, lockeren Talaustrümpfen an. Es war daher geradezu ein Verhängnis, daß die Bauleitung bei der Gefahr der Lage — sie glaubte ja bereits das Gasterntal unterfahren zu haben — nicht wenigstens mit Sondierbohrungen vorging, in der Stollnbrust nicht nur Schuß um Schuß abtun oder aus größerer Entfernung elektrisch zünden ließ. Sie war eben vollkommen im Banne des ersten, ihren Wünschen allzu entgegenkommenden geologischen Gutachtens und es fehlte ihr an kritischem Verständnis für die Grenzen der geologischen Wissenschaft. Es fragt sich ferner, ob nicht doch bei dauernder systematischer Beobachtung im Vortrieb ein praktischer Fachgeologe durch die Untertemperatur, die Wasserzuflüsse und deren Trübung stutzig geworden wäre und auch in Kenntnis der ungelösten wissenschaftlich-technischen Probleme zu äußerster Vorsicht geraten hätte<sup>3)</sup>.

### III. Die Katastrophe im Tunnel am 24. Juli 1908.

In der Unglücksnacht am 24. Juli 1908 war bei km 2.675 ab Nordportal (Abb. 2, unten) die Stollnbrust wie gewöhnlich mit Bohrschüssen besetzt, im ganzen 14; gemäß Aussage von zwei überlebenden Mineuren zeigte sie auch nach Beendigung dieser Bohrungen das gewohnte Bild. Nach gleichzeitiger Zündung 2.30 Uhr morgens explodierten 6 bis 8 von den 14 Bohrschüssen; dies und der gewaltige Anfangsdruck von mindestens 17 (vielleicht bis etwa 35) Atmosphären, unter dem die dünne Malm-Hochgebirgskalkwand zwischen dem Tunnelende und den wasserdurchtränkten Gasterntalablagerungen lag (vgl. Abschnitt IV), genügte zum Durchbruch der Felswand. Gleich nach den Bohrschüssen folgten mehrere heftige Luftzüge tausend durch den Tunnel, die wässerigen Detritusmassen wurden hereingepreßt, zunächst trübes Wasser, dann Sand und Kies, ein reißender schmutziger Strom, der an das Phänomen eines „Muhrganges“ erinnerte. Bis km 0,8 ab Nordportal fand man zahlreiche mitgerissene Balken und einen Werkzeugkasten, gegen den Vortrieb hin waren alle Röhren mit Lärm und Krachen herausgerissen worden, Wagen zerstört und gebrochen, ihre Eisenteile verbogen und zerbrochen. Am Tage nachher konnte man im Tunnel nur bis etwa 1500 m vom Nordportal vordringen und grub dort aus dem eingeschwemmten Sand die Leiche eines Arbeiters aus, die einzige von insgesamt 25 Toten in den furchtbaren Einbruchmassen. Von der Belegschaft retteten sich nur ein Aufseher und zwei Arbeiter selbst, ein weiterer wurde vom steigenden Wasser und Sand bis etwa 1175 m ab Nordportal mitgerissen, wo man ihn an einer Seite des Tunnels in mühsamer Arbeit aus der Mischung von Sand und Wasser befreite, die ihn noch lebend festhielt. Der sandige Strom hatte eine mittlere Geschwindigkeit von schätzungsweise 1 bis 2 m/Sek. bei nur 7 ‰ Gefälle des Tunnels, im Augenblicke des Einbruchs war sie noch viel schneller. Auf 800 m vom Nordportal stieg das Wasser noch bis 50 cm über die Schienen, diese Strömung dauerte aber nur 10 bis 15 Minuten und fiel dann rasch; etwa 25 Minuten nach dem Einbruch dürften die Massen, die auf 5000 bis 10.000 m<sup>3</sup> geschätzt wurden, im wesentlichen zum Stillstand gekommen sein.

Wie ein Pfropfen steckten nun die Einbruchmassen im vorderen Teil des Tunnels, gegen dessen Ausgang hin das Wasser die Körner nach ihrem Volumen getrennt hatte. Man traf vom Nordportal bis km 0.48 eine 0,5 bis 1 mm dünne Schicht sehr feinen

<sup>1)</sup> Die Schuttbreccie aus Hochgebirgskalk fand sich erst nach der Katastrophe im Einbruchsmaterial, vgl. Abschn. III.

<sup>2)</sup> W. Kranz, Einbrüche — „Künstliche Erdfälle“ — beim Bau des Weissenstein-Tunnels; Die Bauztg. (Stuttgart-München) 25, 1928, S. 187 f. Meine Darstellung dort bedarf nach einer Mitteilung von Herrn Professor Dr. Buxtorf der Ergänzung: Die Bauleitung des Weissenstein-Tunnels ordnete ein sofortiges Zuschütten der Erdfälle mit Rücksicht auf die wertvollen Objekte (Wirtschaft und Kantonsstraße) über dem Tunnel an. Dank dem Gegendruck der Einschüttungsmassen auf die Trichterwände und auf die jungen Schuttmassen im Raustal konnten alle Objekte, auch das sehr gefährdete Haus, gerettet werden. Bei den nördlichen Einbrüchen waren auch Decken, Stöße und Stirn des Vortriebstollns verkleidet, aber der Schlamm wurde zwischen den Brettern hindurchgepreßt. Und längs schmalen Kaminen gelangte schließlich Oberflächenmaterial in den Tunnel. Beim südlichen Erdfall brach die First des zuerst vorgetriebenen Sohlstollns ein. Dieser Einbruch war durch die Durchfeuchtung bedingt, welche von der kleinen darüber befindlichen Rinne ausging, von der man im Sohlstollen keine Ahnung haben konnte: Man hatte nach Unterfahrung der Rausrinne angenommen, der Tunnel bleibe nun tief in der Molasse; tatsächlich reichten aber noch 2 Erosionsrinnen bis in die Tunnelfirst. Im ganzen ist also die Bauleitung doch fahrgemäß vorgegangen; nur die Tatsache bleibt bestehen, daß auch dort Bohrungen im Tal, bezw. die von C. Schmidt angeregten weiteren geologischen Untersuchungen vor der Tunnelbohrung unterblieben waren, sonst wäre man wohl auch auf die Einbrüche vorbereitet gewesen.

<sup>3)</sup> Vgl. W. Kranz, Geologisch-chemische und mechanische Baugrunduntersuchung für einen Abwasserkanal; Technisches Gemeindeblatt 1928, Nr. 5 u. 6.

gelbrötlichen Sandes mit Glimmer, bedeckt von einer ebenso dünnen Schlammsschicht. Bei km 0,85 war die Sandschicht kaum 2 mm hoch, ihre Körner hatten im allgemeinen weniger als 1 mm Durchmesser. Von km 1,0 ab begann die Oberfläche des Sandes in Richtung auf den Vortrieb anzusteigen, bei km 1,2 betrug ihre Höhe 30 bis 40 cm, die Körner hatten hier 2 bis 3 mm Durchmesser. Bei km 1,45 erschien schon Kies unter einer starken Decke von Grobsand, und bei km 1,55 bemerkte man auch Gerölle. Weiterhin ließ sich das Material nicht mehr untersuchen, der Sohlstolln war hier schon fast ganz versperrt, wenn man weiter ging, bestand Gefahr, im Sand begraben zu werden, schon bei km 1,426 betrug seine Mächtigkeit etwa 1 m, über den Sand floß Wasser.

Die Struktur des untersuchten Sandes im Tunnel weist auf fluviatile Entstehung. Das mittelkörnige Material setzt sich größtenteils aus schwarzem Hochgebirgskalk (Malm) zusammen, gut gerundete Kiesel fehlten hierin fast ganz, der Kalkstein erschien meist in Form von Splittern, deren Kanten oft abgerundet sind. Ihre Oberflächen zeigten die Spuren einer eigenartigen Politur, die man an Kalkstücken beobachtet, welche zur Hälfte im Sand eines Seeufers oder eines trockenen Flußbettes vergraben sind. Die weniger zahlreichen Trümmer von Lias und Dogger sowie Rötidolomit, die aus dem oberen Teil des Gasternals stammten, waren stets mehr oder weniger abgerundet und hatten teilweise eine sandige Kruste. Schließlich wurden in ziemlich großer Zahl gerollte Kiesel von Granit festgestellt, denen sehr häufig grobe Sandkörner anklebten. Proben des detritischen Materials mit mehr als  $\frac{1}{2}$  cm Durchmesser enthielten:

44 % Calcium- und Magnesium-Carbonat,  
21 % Aluminium-Silikate,  
35 % Quarz.

Zusammensetzung und Struktur des untersuchten Sandes im Tunnel entsprachen hier nach vollkommen der geologischen Zusammensetzung des Gasternales über dem Tunnel: Die Hochgebirgskalkstücke waren unmittelbar von den benachbarten Wänden in den Taltrög herabgefallen, Dolomit und Granit wurden durch die Wässer aus dem Hintergrund des Gasternbodens herbeigeführt. Man hat hier und da im Tunnel meist abgerundete Granitstücke von Faust- bis Kopfgröße gefunden, außerdem war ein scharfkantiger, etwa  $\frac{1}{2}$  m im Durchmesser großer Block von aplitischem Gasterngranit ungefähr bei 1400 m ab Nordportal bemerkbar, sodann Gesteinsstücke von Rauchwacke und eine größere Platte kristallinen Schiefers, wohl sämtlich fluviatil hergeführt. Ziemlich wichtig war auch ein großer Block Schuttbreccie, der ungefähr bei 1200 m ab Nordportal im hereingebrochenen Sandstrom gefunden wurde; diese poröse Breccie setzte sich aus scharfkantigen, flachen, unter sich fast parallel angeordneten Bruchstücken von Hochgebirgskalk zusammen, die Kalkstücke waren durch konkretionären Calcit miteinander verkittet. Das Vorkommen scheint anzuzeigen, daß sich unmittelbar über dem anstehenden Felsenkalk in der Tiefe des Taltröges ehemals ein Schuttflager gebildet hatte, über dem die lockeren Sand- und Kiesmassen den Trog ausfüllten.

Soweit das Einbruchsmaterial untersucht werden konnte, war es also fluviatil (vgl. A. Heim 1908). Moränenmaterial wurde außer dem erratischen Gasterngranitblock und vielleicht der Schieferplatte nicht gefunden, auch diese konnten fluviatil umgelagert sein, ebenso wie die sehr geringen Mengen Tonschlamm (Schlick?); man fand auch „nichts Gekritztes“ (Wehrli 1911). Bis zu dieser Tiefe des alten Talgrundes, rund 175 m unter dem jetzigen, hatte man also keinen sicheren Beleg für dessen teilweise Ausfüllung mit Moränenmaterial, wie die „Experten“ 1899/1900 annahmen (Abb. 2, oben), oder gar für Entstehung des Taleinschnittes durch Gletscher-Exaration. Freilich konnte nur der kleinere Teil des Einbruchsmaterials untersucht werden, der ganze Pfropfen von km 1,55 bis 2,675 ab Nordportal blieb unzugänglich, und das wissenschaftliche Problem nach wie vor ungelöst.

Der Wasser- und Sandstrom erreichte im ersten Augenblick des Einbruchs wohl etwa 2000 l/Sek., verminderte sich aber schnell, am folgenden Tag auf etwa 100 l/Sek. Zur gefahrlosen Weiterführung der Arbeit im Stolln wurde im August 1908 von km 1,426 bis 1,436 ab Nordportal eine 10 m dicke Absperrmauer errichtet, mit 3 Abflußrohren 0,75 m und 4 Rohren 1,20 m über der Stollnsohle. Das Wasser stieg hier nur noch bis 0,95 m, die oberen Rohre blieben trocken. Nach den Monatsausweisen<sup>1)</sup> soll hier die Schüttung im August 1908 noch 90 l/Sek. betragen haben, im September 70 l (?), Oktober 76 l, November 75 l, Anfang 1909 blieben 75 bis 80 l/Sek. Die Wassermenge aus den 3 Abflußrohren in der Absperrmauer wurde vom 17. September 1908 ab dreimal täglich gemessen, sie betrug hier<sup>2)</sup>:

<sup>1)</sup> Schweizerische Bauztg. 52, 1908; 53, 1909.

<sup>2)</sup> Die verschiedenen Meßverfahren ergaben eine vergleichsweise beschränkte Genauigkeit, vgl. z. B. Lueger-Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, I, Leipzig 1914, S. 201.

Ende September 125 l/Sek. nach Rettenbacher oder 99 l/Sek. nach Freese, am 22. Dezember 97 l/Sek. nach Rettenbacher oder 76.5 l/Sek. nach Freese; man stellte jedenfalls eine fortgesetzte, nicht bedeutende Abnahme der Schüttung fest. Chemische und bakteriologische Untersuchung des Wassers am 30. September 1908 ergab u. a. verhältnismäßig großen Reichtum an Bakterien; wenn es trotzdem als trinkbar und hygienisch unbedenklich bezeichnet wurde, so erscheint mir das nicht berechtigt: Wo 24 Leichen im Strom des Wassers begraben lagen, hätte schon der Reichtum an Bakterien rund zwei Monate nach dem Tode warnen müssen und zum mindesten mehrmalige Prüfung vor Abgabe dieses Urteils erfordert. Die Temperatur des Wassers blieb mit 7° konstant, bis Mitte November 1908 führte es verschiedentlich Sand, seitdem lief es klar. Die ersten gewaltigen Wassermengen in der Unglücksnacht stammten größtenteils aus den Alluvionen des Gasterntals, der Pfropfen im Tunnel hat diese aber wohl in der Hauptsache allmählich abgesperrt, wobei feine tonige Wassertrübe die Poren der Einbruchsmassen verstopft haben dürfte. Immerhin bleibt zweifelhaft, ob das schließlich noch abströmende Wasser aus dem Kalkfels der Tunnelwände stammte, etwa aus den zwischen km 2.496 bis 2.675 angeschnittenen Quellen. —

Nach Heim (1908), Hepner (1908), nach der Schweizerischen Bauzeitung (1908), dem Schlußberichte der Berner Alpenbahn-Gesellschaft (1914) und anderen war der Einbruch in den Tunnel etwa 175 m senkrecht darüber von einem hohlen Einsturz in den Gasternboden begleitet, einem „künstlichen Erdfall“ großen Maßstabes<sup>1)</sup>, vgl. Abb. 3. „Schon am Morgen nach dem Einbruch kam die Nachricht, daß im Gastern-

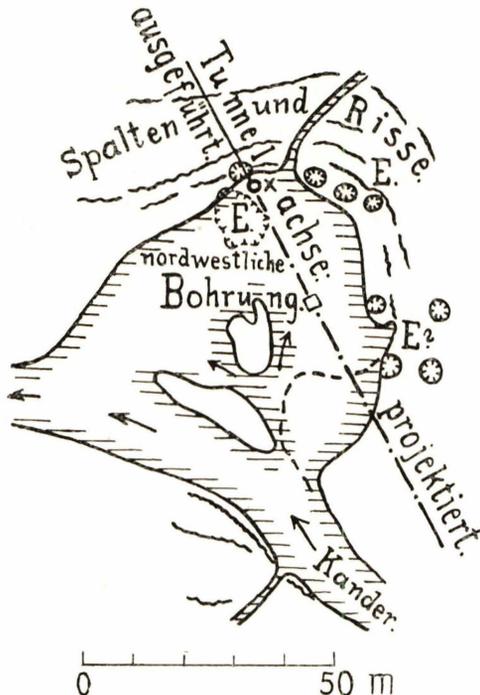


Abb. 3. Einsturz — „künstlicher Erdfall“ — im Gasternboden, nach Schweiz. Bauztg. 52. 1908, S. 200 u. a.

o × = Punkt in der Tunnelachse senkrecht über dem Einbruch im Tunnel.

E. = kleinere und größere Erdfälle zweiter Ordnung.

Die Abb. vereinigt mehrere Stadien dieser Bildung, vom ersten Einsturz mit Rissen und Ueberflutung bis zur Entstehung der Einzel-Erdfälle (E). Die nordwestliche Bohrung wurde nach Trockenfallen der Einsenkung ausgeführt.

boden, etwas seitlich neben der Kander, nun eine Einsenkung entstanden sei. Die Absenkung nahm zu und zeigte konzentrische Risse an der Oberfläche und das Kander-

<sup>1)</sup> Vgl. die entsprechenden Erscheinungen beim Weissenstein-Tunnel, Die Bauzeitung 1928, S. 187 f.

wasser erfüllte den tieferen Teil.“ Die Ufer dieser Höhlung waren mit scharfem Abbruch gesenkt, längs ihrem Rand fanden sich einige größere und mehrere kleinere Erdspalten und Risse. Der Einbruch hatte sich in kurzer Zeit durch die ganze hangende Masse hinauf bis zum Gasternboden fortgepflanzt. Diese auch wissenschaftlich interessante Erscheinung — gewissermaßen ein Experiment zur Erdfallbildung — wurde genau vermessen; eine der Aufnahmen Anfang August 1908 zeigte nach Heim „einen größten Durchmesser in Nord-südrichtung von 90 m, einen kleineren in Westostrichtung von 75 m<sup>1)</sup>. Die deutlich ausgesprochene tiefste Stelle des Trichters lag nur etwa 20 m westlich von der Tunnelachse.“ Vorherrschend ergab sich natürlich Senkung; Erhöhungen der Trichtersohle dürften in der Hauptsache auf Anhäufung von Sandbänken usw. durch die Kander zurückzuführen sein. Noch Ende September 1908 verschwand das Kanderwasser in zwei klaffenden Erdspalten, dann sank der Bach und auch der Trichter trocknete aus, von Oktober 1908 ab entstanden mehrere kleinere und größere Erdfälle (E in Abb. 3). Nach Alb. Heim hätte der ganze Einsenkungstrichter bis zu 5 m Tiefe erreicht, Färbung des Kanderwassers mit Fluorescein ergab keine Färbung im Tunnelwasser, sondern nur in Grundwasserquellen des Gasterntales. Die anfängliche Tiefe der Einsenkung war aber nicht festgestellt worden, da die Kander sofort eindrang und die Vertiefung teilweise mit Bachschutt rasch auffüllte. Als Masse der ganzen Einsenkung wurden 2200 m<sup>3</sup> angegeben, was mit den Einbruchsmassen im Tunnel (6000 bis 10.000 m<sup>3</sup>) nicht in Einklang steht; auch hier muß man bedenken, daß gleich nach Beginn und fast während der ganzen Dauer der Erdfallbildung die Kander Schutt zuführte, was eine Schätzung des Hohlraumes nahezu unmöglich macht.

#### IV. Folgen des Tunnel-Einbruchs.

Die nächste Folge der Katastrophe für den Tunnel-Baubetrieb war hier seine fast völlige Stilllegung. Im August 1908 wurde<sup>2)</sup> eine „Expertenkommission“ von Ingenieuren und Geologen eingesetzt und im September zwei Bohrungen auf dem Gasternboden<sup>3)</sup> in der projektierten Tunnelachse begonnen, vgl. Abb. 1, 2 unten, und 3. Die eine, über km 2.7 ab Nordportal des Tunnels in der neuen Einsenkung (Abb. 3), erreichte bei etwa 210 m Tiefe den festen Felsen, die unterirdische nördliche alte Talflanke nahe unterhalb vom Tunneleinbruch, was ja nach der ganzen Gestaltung des Tales nunmehr zu erwarten war<sup>3)</sup>. Das südöstliche Bohrloch über km 2.87 ab Nordportal (Abb. 1 und 2 unten) stand bei 220 m Tiefe noch in lockeren Gasterntal-Ablagerungen, und auch dies war nach der durch den Einbruch bedingten Auffassung über die Talbildung zu erwarten<sup>3)</sup>. Nach dem Monatsausweis vom Mai 1909 (Schwz. Bauztg. 53, 1909, S. 328) wurden damals die Bohrungen eingestellt, im Januar 1909 war bereits eine neue Linienführung des Tunnels beschlossen („II. Tunnel“ in Abb. 1) und bald darauf grundsätzlich genehmigt worden, von km 1.203 ab Nordportal abzweigend, unter Aufgabe von rund 1470 m des ersten Stollns, Verlängerung des ganzen Tunnels um etwa 800 m und schätzungsweise ungefähr 5 Millionen Frank Mehrkosten. Der Stollnvortrieb wurde hier am 1. Februar 1909 wieder aufgenommen, zunächst von Hand, rund drei Wochen später auch der Maschinenvortrieb bei km 1.368 ab Nordportal<sup>4)</sup>. Die zwei Bohrungen waren also auch für die Entscheidung über den weiteren Tunnelbau selbst zu spät gekommen. Nach unserer jetzigen Auffassung der Sachlage ist es selbstverständlich, daß man diese und gegebenenfalls weitere Bohrungen vor Beginn des ganzen Tunnelbaues hätte niederbringen müssen. Aber wer will daraus nachträglich der Bauleitung einen Vorwurf machen<sup>5)</sup>, der es infolge des üblichen Mangels an praktisch-geologischen Kenntnissen unmöglich war, die Lage zu durchschauen! Noch dazu angesichts des starren Festhaltens eines der früheren geologischen Gutachter an irriger Anschauung, ohne nachweisbaren klaren Hinweis anderer Geologen auf die Notwendigkeit solcher Bohrungen, und ohne dauernde praktisch-geologische Beobachtung und Beratung während des Vortriebes! Der Fehler lag hier weniger an den einzelnen Menschen

<sup>1)</sup> Nach dem Schlußbericht der Berner Alpenbahn-Gesellsch. betrug der Durchmesser der Einsenkung in den äußersten Spuren etwa 80–110 m, vgl. unsere Abb. 3. „150 m Durchmesser“ (Schweizer. Bauztg. 1908 S. 66 f) ist jedenfalls zu hoch gegriffen.

<sup>2)</sup> Nach Schweiz. Bauztg. (1908), Buxtorf (veröffentlicht a. a. O. 1910), Schlußbericht der Berner Alpenbahn-Gesellsch. (1914), Handb. d. Ing.-u. Wiss. (I. 5., 4. Aufl. 1920) u. a.

<sup>3)</sup> Vgl. die Profile bei Heim<sup>1)</sup> a. a. O. 1908, S. 479; Wehrli 1911; Handb. d. Ing.-u. Wiss. 1920, S. 525.

<sup>4)</sup> Nach Schweiz. Bauztg. 53, 1909 und Schlußbericht d. Berner Alpenbahn-Ges. 1914.

<sup>5)</sup> Salomon a. a. O. 1909, S. 2 f. — Brückner, Zeitschr. Oesterr. Ing.-u. Arch.-Ver. 62, 1910, S. 388. — Handb. d. Ing. Wiss. I. 5., 4. Aufl. 1920, S. 197 f., 523. — Hoyer, Unterbau, Handbibl. f. Bauing. II. 3. Berlin (J. Springer) 1923, S. 118. — Wüster Geologische Voraussetzungen für Wasserkraftanlagen, Berlin (J. Springer) 1925, S. 55 (Ob man gerade mit der Drehwege die Uebertiefung des Gasternbodens hätte feststellen können, erscheint mir zweifelhaft; seismische Methoden wären in solchen Fällen wohl angebrachter).

als am System, in dem üblichen Mangel an sachgemäßer Zusammenarbeit von Bautechnik und Geologie. —

Dem Verfasser des Abschnitts über den Lötschberg-Einbruch im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften<sup>1)</sup> war eingeständenermaßen der Kommissionsbericht der Geologen und Ingenieure nicht bekannt, weil er damals und auch heute noch unveröffentlicht ist (vgl. I). Trotzdem urteilt er recht bestimmt und scharf: Die Sondierbohrungen hätten „keine Klarheit darüber verschaffen können, ob der hydrostatische Druck, der nach dem Einbruch nicht mehr vorhanden war, beim vorsichtigen Durchbrechen der Felsgrenze den Stollenvortrieb besonders schwierig gestaltet hätte. Die Einsturzkatastrophe war unter den Umständen, wie sie eingetreten ist, kein genügender Grund, um an der glücklichen Verfolgung des Tunnelbaues in der geplanten Richtung zu verzweifeln. Man hätte daher bei vorsichtigem Arbeitsvorgang den Stollen ausräumen und die Unfallstelle zugänglich machen können, worauf sich erwiesen hätte, ob man das auf etwa 300 m Länge zu durchzufahrende Alluvium mit gewöhnlichen Mitteln (Getriebezimmerung) oder mit besonderen Hilfsmitteln (Gefrierverfahren, Zementierverfahren, Schildvortrieb) hätte bewältigen können“ . . . . „Zu den Aussichten, welche der Tunnelbau unter dem Gasterntal hatte, sei noch bemerkt, daß die Firma für Tiefbau und Kälte-Industrie in Nordhausen a. H. die Durchführung der Arbeit mittels ihres Gefrierverfahrens für unbedingt sicher erklärt hatte. Bei näherer Prüfung dieses Arbeitsvorganges gewann man aber die Ueberzeugung, daß die durch den Vertrag bedingene Baufrist nicht annähernd eingehalten werden konnte und daß sehr hohe Kosten erwachsen würden. Ueberschlägig wurde angenommen, daß die Ausführung des Baues in dieser Weise die Anlage von 25 bis 30 Schächten, jeder von 170 m Tiefe und mit Bohrtürmen versehen, bedinge, was im Gasterntal mit seinen klimatischen und örtlichen Verhältnissen außerordentlich schwierig geworden wäre. Die Bauzeit der 300 bis 400 m langen Strecke würde drei bis vier Jahre erfordert haben; zum Betriebe dieser Anlagen hätte man 2000 bis 3000 PS. benötigt und die Mehrkosten über den Vertragspreis hätten sich, vorausgesetzt, daß man nur mit Wasser durchtränkte Moräne angetroffen haben würde, auf 15 bis 20 Millionen Franken belaufen<sup>2)</sup>. Dieser letztere Punkt macht nun schon den Vorwurf hinfällig, man hätte an der glücklichen Verfolgung des Tunnelbaues in der geplanten Richtung nicht verzweifeln sollen: Wenn man mit 5 Millionen Franks Mehrkosten in einer neuen Richtung durchkommt, dann geht man nicht mit 15 bis 20 Millionen Franks in der alten Richtung buchstäblich mit dem Kopf durch die Wand. Im übrigen kann ich aber — in genauer Kenntnis des Kommissionsberichtes vom 8. Januar 1909<sup>2)</sup> — versichern, daß die im Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1920 vertretene Auffassung in vielen und wichtigen Punkten unzutreffend ist. Selbstverständlich war auch hier, wie bei so vielen Baugrundfragen, nicht der Ingenieur allein urteilsfähig, sondern nur in Verbindung mit dem Fachgeologen, und nur auf geologischer Grundlage ließ sich sagen, ob die erste Tunnelführung („I. Tunnel“ in Abb. 1) mit voller Sicherheit aufrecht erhalten und mit welchen Verfahren dann der Tunnel hergestellt werden könne. Es ist ganz besonders bedauerlich, daß ich über die wissenschaftlich wie praktisch überaus wertvollen Feststellungen und Schlüsse der Geologen- und Ingenieur-Sachverständigen nach dem Kommissionsberichte nicht berichten darf. Ich muß mich daher auch hier auf das beschränken, was mir auf anderem Wege bekannt wurde, und was bei Kenntnis der Geologie und Hydrologie des Gebiets (vgl. Abschnitt II und III dieser Abhandlung) der ingenieurtechnisch denkende praktische Geologe ohne weiteres erschließen kann:

Die lockeren Massen unter dem Gasternboden reichen sehr wahrscheinlich noch beträchtlich unter die begonnene Tunnellinie hinab und sind vom Grundwasser durchtränkt<sup>3)</sup>. Dieses steht nicht still, sondern hat zum mindesten Gefälle gegen die Klus hin (Abb. 1), wahrscheinlich auch durch das klüftige Kalkgebirge des Fisschafbergs hindurch zu den Quellen auf dem Plateau vom Kandersteg, also mit ständigen unterirdischen Wasserströmungen. In solchen Ablagerungen würde der Tunnel 300 bis 400 m weit geblieben sein. Bei rund 175 m Ueberlagerung wäre der Druck mindestens derjenige einer entsprechenden Wassersäule, also rund 17 Atmosphären. Man darf aber annehmen, daß die wasserdurchtränkte Kiessandsäule ent-

<sup>1)</sup> Teil I, Bd. 5, 4. Aufl. 1920, S. 522—525. Zu den Bemerkungen dort und S. 198 über die Bohrungen vgl. meine Ausführungen im Abschn. II—IV dieser Abhandlg. Den Rechtsstreit lasse ich hier außer Betracht.

<sup>2)</sup> Vgl. Abschn. I dieser Abh. A. Buxtorf hat nach seiner Veröffentlichung 1910 bereits am 30. September 1908 ein „Vorläufiges Gutachten über die geologischen Verhältnisse des unteren Gasterntales und ihre Bedeutung für die Weiterführung des Lötschbergtunnelbaues“ mit Abbildungen abgegeben und mit C. Schmidt zusammen die „Note géologique sur le coté nord du Tunnel du Lötschberg“ (zum Kommissionsbericht) verfaßt.

<sup>3)</sup> Vgl. auch A. Heim a. a. O. 1908, S. 476. — Nicht um „Wasserdurchtränkte Moräne“ handelt es sich hier (Handb. d. Ing.-Wiss. a. a. O.), sondern soweit bekannt, um ältere Flußablagerungen.

sprechend ihrem spezifischen Gewichte einen wesentlich höheren Druck ausübt, vielleicht bis etwa 35 Atmosphären. Wollte man bei noch so „vorsichtigem Arbeitsvorgang den Stollen ausräumen und die Unfallstelle zugänglich machen“ (vgl. oben), so würde sich die Ausfüllungsmasse mehr und mehr kräftig in Bewegung setzen und schließlich die Einbruchskatastrophe wiederholen. In einem Stolln nahe seitlich, über oder unter dem alten wären die Druck- und Wasserverhältnisse nicht günstiger, sobald man abermals die lockeren, nassen Talablagerungen anschnitten würde. Erheblich tiefere Verlegung kam überhaupt nicht in Frage, weil der Tunnel dann kein Gefälle mehr nach den Portalen und die angeschnittenen Wässer keinen natürlichen Abfluß gehabt hätten. Arbeiten unter Druckluft, mit Senkkästen oder Schildvortrieb, waren hier von vornherein ausgeschlossen, weil menschliche Arbeit höchstens in 3, 5 Atmosphären Ueberdruck geleistet werden konnte<sup>1)</sup>, gegenüber mindestens 17 Atmosphären im Gasterngrund der Tunnellinie! Ueber die Unmöglichkeit von Getriebezimmerung in solchem Baugrund braucht wohl kein Wort verloren zu werden. Das Zementierverfahren wäre in den teils feinsandigen, den Zement abfiltrierenden, zum Teil auch tonigen, mit Zement nicht bindenden Ablagerungen des Gasternuntergrundes aussichtslos gewesen. Dem Gefrierverfahren standen zunächst die oben erwähnten zeitlichen, technischen und finanziellen Schwierigkeiten im Wege. Wagrechtes Vorbohren aus einem neuen First-, Sohl- oder Seitenstolln heraus war unmöglich, weil der ungeheure Druck aus den Talablagerungen das zum Gefrierverfahren nötige Vorbringen der Verrohrungen verhindert hätte. Man konnte zwar versuchen, mit großen Geldopfern senkrecht vom Gasternboden aus bis zum Felsuntergrund in unbekannte Tiefen zahlreiche Bohrungen hinabzustoßen und damit die wasserdurchtränkten Kiessande in der Tunneltrasse zum Gefrieren zu bringen, ein Erfolg blieb aber unsicher: Das Gefrierverfahren ist nur im ruhenden Grundwasser leicht durchführbar, in unterirdischen Strömungen kann es mißglücken<sup>2)</sup>. Nun waren aber nach Gebirgsbau und Hydrologie ständige unterirdische Wasserströmungen im Gasternuntergrund sehr wahrschein-

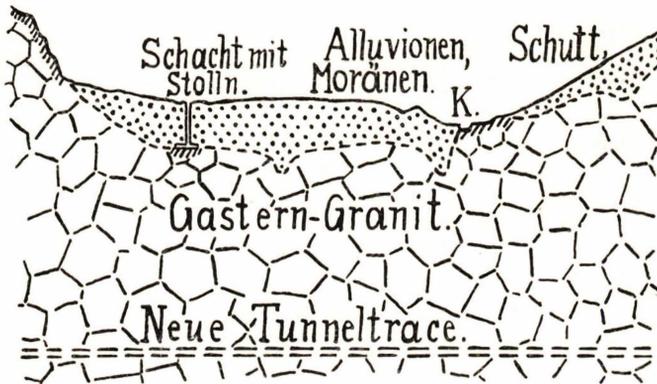


Abb. 4. Granitbarre bei Staldi. Schacht mit Stolln Winter 1908/09, 41 m tief, über der neuen Trasse des Lötschberg-Tunnels. Nach Buxtorf.  
K = Kander.

lich vorhanden, ein sicherer Vortrieb wäre also auch mit diesem Verfahren nicht gewährleistet gewesen. Umgehung dieser gefährlichen Zone mußte daher den Sachverständigen unvermeidlich erscheinen.

Schon bald nach dem Unglück scheinen Fachleute eine Umgehung des Gasternbodens vorgeschlagen zu haben<sup>3)</sup>. Die Geologen C. Schmidt, Buxtorf<sup>4)</sup> und Salomon<sup>5)</sup> kamen in dieser Hinsicht unabhängig von einander im

<sup>1)</sup> Auch nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft und Technik kann praktisch ein Ueberdruck von 3,5 Atmosphären = 35 m Wassersäule als die Grenze für Arbeit unter Druckluft gelten, vgl. u. a. Th. Janssen, Gründungen der Brücken, Berlin-Leipzig (Götschen) 1920, S. 85 — L. v. Willmann, Grundbau, in Essel, born, Lehrb. des Tiefbaues I. Leipzig (Engelmann) 1922, S. 305. — O. Franzius, Der Grundbau, Handbibt. f. Bauing. III. I. Berlin (J. Springer) 1927, S. 250, 298.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Th. Janssen a. a. O. 1920, S. 104. O. Franzius a. a. O. 1927, S. 302.

<sup>3)</sup> Schweiz. Bauztg. 52, August 1908, S. 81 f.

<sup>4)</sup> Nach der Veröffentlichung von Buxtorf a. a. O. 1910.

<sup>5)</sup> A. a. O. 1909.

wesentlichen zum gleichen Ergebnis: Ost-südöstlich oberhalb vom Gasternboden treten bei Staldi und Brandhubel je eine granitische<sup>1)</sup>, das Kandertal durchschneidende Barre zutage (Abb. 1 und 4). Sie stehen mit den Granitwänden nördlich vom Kandertal nicht in unmittelbarer Verbindung, zwischen den Barren und den Nordwänden liegen von Alluvionen und Moränen erfüllte Einsenkungen, deren Untergrund unbekannte Tiefen hat, ebenso wie die jetzigen und älteren Kander-Schluchten. Diese Tiefen konnten nicht groß sein, sie würden sehr wahrscheinlich eine neue, die Gegend von Staldi—Brandhubel in etwa 190 m Tiefe unterfahrende Tunnelstrecke (Abb. 4 und „II“ in Abb. 1) nicht annähernd erreichen. Da aber immerhin mit der Möglichkeit zu rechnen war, daß enge Einschnitte, erfüllt mit Gesteinsmaterial und Wasser, bis tief unter den Boden der Kanderschlucht bei Staldi hinabreichen, waren<sup>2)</sup> bereits Untersuchungs-schächte in dieser Gegend angesetzt worden (S in Abb. 1; Abb. 4). Vor dem Unterfahren des Kandertals bei Staldi—Brandhubel war man nunmehr besonders vorsichtig. Im Talweg des Baches steht hier teilweise Granit an, aber auch — und namentlich beiderseits vom Talweg — Schuttmaterial. Man machte daher nahe über der neuen Tunnelinie einen Schurf und einen Schacht (außerdem weiter östlich zwei Schächte und einen Stolln). Der Schacht über dem Tunnel sollte nach Buxtorfs Voraussage<sup>2)</sup> den anstehenden Granit etwa 45 m unter der Geländeoberfläche treffen; er durchteufte 10 m junge Wildbachschutt-massen, unter diesen anscheinend fluvioglaziale Ablagerungen, und traf normalen anstehenden Gasterngranit 41 m unter der Geländeoberfläche. Um sicher zu sein, daß dieser Schacht „auch wirklich auf dem granitischen Untergrund angelangt sei, wurde auf dem Granit ein erster Stolln 12 m weit nordwärts getrieben, ein zweiter 8 m südwärts“ (Abb. 4, Schacht mit Stolln). Dadurch wurde „die Anwesenheit des anstehenden Granits zweifellos erwiesen“<sup>3)</sup>. Wie auf Grund der Schürfe usw. vorausgesagt, blieb dann auch der Tunnel unter dem Kandertal bei Staldi—Brandhubel im Gasterngranit. Jedenfalls war diese neue Linienführung auf geologischer Grundlage die einzige Lösung mit größter Sicherheit und geringsten Kosten.

In den übrigen Teilen ihrer Gutachten wichen C. Schmidt und Buxtorf<sup>2)</sup> bisweilen ziemlich erheblich von der ersten „Expertise“ 1899/1900 ab, so in Stratigraphie und Tektonik. Ihre Voraussage stand dem späteren tatsächlichen Befund im offenen Tunnel viel näher als die erste. Dabei machte aber jetzt die geologische Forschung in Verbindung mit dem Tunnelbau nicht Halt, es folgten vielmehr bald darauf weitere Arbeiten von Buxtorf und Truninger, vgl. ihre Veröffentlichungen 1910.

Eine volle Uebereinstimmung zwischen Voraussage und Befund ist unter so schwierigen Verhältnissen nahezu ausgeschlossen: Hier, im Gebiete der alpinen Deckenschübe, fanden die Voraussagen von C. Schmidt, Buxtorf, Hugi und Truninger nur teilweise Bestätigung, z. T. erwiesen sich die Dinge „ungleich komplizierter und für den Tunnelbau ungünstiger, als irgendwie hätte vorausgesehen werden können“. Alpine Tektonik ist eben ganz besonders verwickelt und oft unberechenbar. In der neuen Tunnelinie wurde z. B. zwischen Malm und Granit Trias und Flysch erschlossen, ganz unerwartet, da sich an der Geländeoberfläche nichts fand, was hierauf hätte schließen lassen. Der Befund im Ganzen bestätigte aber die Ansicht vom Deckenbau des Gebirges und war ein guter Wahrscheinlichkeitsbeweis für diese bei der Voraussage angewandte Theorie. v. Fellenberg, Kibling und Schardt hatten im südlichen Tunnelabschnitt unter „Sateleggi“ einen Sedimentkeil zwischen Granit, bezw. Glimmerschiefer und kristallinen Schiefern nicht bis zum Tunnel hinabreichend gezeichnet. Buxtorf und Truninger vermuteten bereits 1910<sup>3)</sup>, daß diesem Keil sedimentärer Bildungen tiefere Bedeutung zukomme. Tatsächlich durchschnitt dann auch der Tunnel zwischen km 3,3 und 3,58 ab Südportal diesen Sedimentkeil. Im ganzen darf man mit dem erreichten Maß von Genauigkeit der Voraussage zufrieden sein, und es zeugt nicht gerade von erheblichem Verständnis für die ungeheuren Schwierigkeiten, vor welchen die Geologie in den Zentralalpen steht, und für die Grenzen der geologischen Wissenschaft überhaupt, wenn der Schlußbericht der Berner Alpenbahn-Gesellschaft (1914) betont, „daß die durch den Tunnelbau gewonnenen Tatsachen nur unbefriedigend mit dem übereinstimmten, was nach geologischer Voraussicht zu erwarten gewesen wäre“. Nur für den Abstand zwischen dem längst veralteten Gutachten von 1899/1900 und dem Befund mag dies zu treffen, nicht aber für die späteren Voraussagen während des Baubetriebes im Lötschberg-tunnel.

1) Ueber den Gasterngranit vgl. E. Truninger, Geologisch-petrographische Studien am Gasternmassiv, a. a. O. 1912.

2) Nach der Veröffentlichung von Buxtorf a. a. O. 1910.

3) Verh. Nat. Ges. Basel 20, S. 155 ff.

## V. Schluß.

Wie der Stellungskrieg 1918 mit seinem Zwang, den geologischen Verhältnissen Rechnung zu tragen, ein mächtiger Anreiz für die angewandte Geologie wurde<sup>1)</sup>, so hat offenbar auch die Katastrophe vom 24. Juli 1908 im Lötschberg-Tunnel zum mindesten bei Schweizer Eisenbahn- und Tiefbauingenieuren das nötige Verständnis für sachgemäße Zusammenarbeit mit praktischen Geologen geweckt. Diese erfreuliche Folge des Unglücks war schon während der Fortsetzung des Tunnelbaues selbst zu erkennen — vgl. vorstehenden Abschnitt IV. Im nächsten Jahrzehnt offenbarte sie sich erneut beim Bau des Grenchenberg- und Hauensteinbasistunnels, wo von vornherein Schweizer Ingenieure und Geologen Hand in Hand arbeiteten. Auch im neueren bautechnischen Schrifttum über Tunnelbau sind entsprechende Forderungen aufgenommen worden, z. T. unter ausdrücklicher Berufung auf die Arbeiten von C. Schmidt und anderen sowie auf die Lötschberg- oder sonstigen Schweizer Tunnelbohrungen<sup>2)</sup>: Man sollte dem Fachgeologen die erforderlichen Mittel und Zeit gewähren, damit er den Gebirgsbau grundlich und bis auf größere Entfernung vom Tunnel studieren könne. Bevor ein Tunnel in Angriff genommen werde, müßten „seine geologischen Verhältnisse so abgeklärt sein, als es die geologische Wissenschaft überhaupt zu tun vermag“. Ohne „gründliche Untersuchung nicht nur des Gebirges über der Tunnelachse, sondern des ganzen Gebirgsmassives“ gebe es bloß „Ueberraschungen und Enttäuschungen“. Der Ingenieur müsse ferner „an den Geologen jeweiligen bestimmte Fragen richten“, es gehe nicht an, einfach ein „geologisches Gutachten“ zu bestellen und damit oder durch seine Fragestellung die Verantwortung auf den Geologen abzuwälzen. Andererseits dürte es dieser nicht unterlassen, „auf das Maß der Zuverlässigkeit seiner Angaben und auf die möglichen Abweichungen von seinen gutachtlichen Vorausbestimmungen hinzuweisen“. In vielen Fällen könne auch „eine weit größere Sicherheit der geologischen Voraussage durch die Herstellung von Schürfschächten, Bohrlöchern<sup>3)</sup>, Stollen usw. gewährt werden. Nur genügend sorgfältig — also auch mit dem erforderlichen Zeit- und Geldaufwand durchgeführte geologische Voruntersuchungen seien „geeignet, die Bauleitung von ihrer Verantwortung für viele anderenfalls unvorhergesehene Erschwerungen zu entlasten, aber auch die Gefahren einer Unternehmung zu vermeiden und ihr dadurch zu ermöglichen, rechtzeitig die richtigen Maßnahmen zu treffen“. Doch werde auch die gründlichste geologische Voruntersuchung „nie in allen Einzelheiten die in der Tiefe des Tunnels zu gewärtigenden Erscheinungen voraussehen lassen“. Hierzu wünschte W. Salomon-Calvi<sup>3)</sup>, im Hinblick auf das erste gemeinsame Gutachten der drei Geologen über den Lötschberg-Tunnel: Wo man ihrer mehrere heranzieht, verpflichte man sie zu getrennter Arbeit und Abfassung ihrer Gutachten. „Dann würden die Auftraggeber aus den unvermeidlichen Abweichungen der Berechnungen einen Maßstab für die Ungenauigkeit der Prognosen bekommen.“

Nach all diesen Erfahrungen und richtigen Folgerungen gerade beim Schweizer Tunnelbau ist es mir daher nicht recht verständlich, wie man<sup>4)</sup> meine Bestrebungen nach verständnisvollerer Zusammenarbeit des praktisch besser auszubildenden Fachgeologen mit dem geologisch besser zu unterrichtenden Ingenieur so vollkommen verkennen kann, daß man meint, ich fordere die stete Mitwirkung von „Ingenieurgeologen“ beim Baufach; „soll unter Ingenieurgeologe nur der geologisch gründlich geschulte Bauingenieur verstanden sein, dann sind wir einig“. Damit kann ich mich gar nicht einverstanden erklären, das hieße ja den „geologisch geschulten Bauingenieur“ mit Untersuchungen betrauen, denen er unmöglich gewachsen ist, und die nur der wissenschaftlich und praktisch durchgebildete Fachgeologe sachgemäß durchführen kann! Selbstverständlich soll der Bauingenieur wie bisher eine gründliche allgemein-geologische Bildung erhalten. Aber es hat sich nicht bewährt, daß man es bisher vielfach verabsäumte, den angehenden Bauingenieur dann auch in dem zu unterrichten, was die praktisch-technische Geologie gerade in seinem Baufach zu leisten und was sie noch nicht zu leisten vermag, und wohin es führt, wenn die beiden Fachleute aneinander vorbeiarbeiten und nicht wissen, was der eine kann und was der andere braucht. Die Kriegsgeologie und die vielen Mißverständnisse und Mißerfolge auf allen Gebieten, wo sachgemäße gemeinsame Arbeit von Nöten gewesen wäre, haben das klar erwiesen, und der Lötschberg-Tunnel bietet dafür einen besonders furchtbaren Beleg. Ein Name wie

<sup>1)</sup> W. Kranz, Die Geologie im Ingenieur-Baufach, Stuttgart 1927, Abschnitt A: Die Entwicklung der Kriegsgeologie und ihre Bedeutung für die allgemeine angewandte Geologie.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Handb. d. Ing.-Wiss I. 5, 4. Aufl. 1920, S. 196—198. — W. Hoyer, Unterbau, Berlin 1923, S. 118. — E. Andrae, Der Bau langer tiefliegender Gebirgstunnel, Berlin (J. Springer) 1926, S. 50 ff.

<sup>3)</sup> Die Grundlagen der praktischen Anwendungen der Geologie; Stuttgart (Schweizerbart) 1919, S. 12.

<sup>4)</sup> „C. A.“ in Schweizerische Bauzeitung 91. 1928, Nr. 7.

„Ingenieurgeologe“ tut nichts zur Sache, es handelt sich hier um einen vollwertigen Fachgeologen, der ingenieurtechnisch soweit im Bilde sein muß, daß er die geologischen Erfordernisse des Ingenieurs genau kennt, und den man von irgend welchen Arbeiten im Boden und Fels schon deshalb nicht ausschließen darf, weil er „der Anatom der Erdrinde“ ist und sie studieren muß. Freilich, auch dieser Vergleich hinkt etwas: Die Anatomie des Menschen läßt sich von einem Fachmann überblicken. Die geologischen Verhältnisse wechseln aber nicht bloß örtlich, sondern auch regional so ungeheuerlich, daß es einem Menschen gar nicht möglich wäre, sie alle zu kennen, selbst wenn der jetzige Stand der jungen geologischen Wissenschaft das erlaubte. Um technisch-geologische Einzelheiten einwandfrei beurteilen zu können, muß der Geologe vor allem auch örtlich durchaus im Bilde sein und Spezialaufnahmen gemacht haben. Dazu findet aber selbst der in Geologie voll ausgebildete Ingenieur weder Zeit noch Kraft — ich habe bei Durchführung solcher Arbeiten in den zwei Berufen meine Gesundheit eingebüßt. Wenn der Chirurg gründlicher Anatom geworden ist und die Fachliteratur verfolgt, so wird er den anatomischen Spezialisten wohl nur in Ausnahmefällen benötigen. Wenn aber der Geologe noch so gründlich gearbeitet und noch so umfangreiche Gebiete untersucht hat — in neuen Gebieten muß er vielfach doch von vorn anfangen, namentlich wo es gilt, für technisch-geologische Fragen genaueste Unterlagen zu gewinnen. Hierin vermag er aber wieder nur dann sachgemäß zu urteilen, wenn er sich selbst ein gewisses Maß an technischen Kenntnissen aneignet; und wer als Fachgeologe den Bauingenieur sachgemäß beraten will, wird sich eben zum mindesten durch bautechnische Studien und Beobachtungen in der Praxis ein sicheres Verständnis für die Erfordernisse des Bauafches verschaffen müssen. Würde dies obligatorisch eingeführt, und erhielte auch der angehende Bauingenieur neben der allgemeinen eine speziell bautechnisch-geologische Ausbildung durch Vertreter der praktischen Geologie, so würde sicherlich mit der Zeit das vielfach vorhandene Mißverstehen und Nebeneinanderarbeiten der beiderseitigen Fachleute aufhören.

Technische Anwendungen der Geologie liegen natürlich u. a. auch auf dem Gebiet der Bauingenieurfächer, wie Grundbau, Erd- und Tunnelbau, Wasserversorgung usw. Zunächst müssen aber die praktisch-geologischen Grundlagen dieser technischen Sonderfächer außer der allgemeinen Geologie durch den Fachmann gelehrt werden, der auch die nötigen Kenntnisse der stratigraphischen, tektonischen, paläontologischen und sonstigen Unterlagen dieser „angewandten Geologie“ besitzt. Ohne diese Vorkenntnisse würde es dem Hochschulunterricht an wissenschaftlicher Tiefe fehlen. Nur sehr wenige Vertreter der Bauingenieurfächer werden über diese eingehenden fachgeologischen Unterlagen verfügen, die übrigen sollten daher aus sachlichen Gründen abtreten, was ihnen nicht liegt, und es bliebe dann immer noch reichlich genug rein technischer Lehrstoff in diesen Sondergebieten für sie übrig. Damit aber auch der nötige Nachdruck nicht fehlt, muß die allgemeine und angewandte Geologie Prüfungsfach für Studenten des Bauingenieurfachs und Baugewerkschüler werden, wo das noch nicht der Fall ist. Man wende nicht ein, daß der angehende Bauingenieur usw. so schon genug zu lernen habe: Hier liegt eine unbedingte Notwendigkeit vor, die Lössberg-Katastrophe und viele andere Bauschäden haben das klar bewiesen, und solange man der Geologie nicht die Stellung einräumt, die ihr gebührt, ist an eine allgemeine Besserung nicht zu denken.

---