Zeitschrift: Mitteilungen der Geographisch-Ethnographischen Gesellschaft Zürich

Band: 39 (1938-1939)

Artikel: Die Eisenbahnlinien in der Landschaft, insbesondere die Beziehungen zwischen Landschaft und Tunnel

Autor: Brunner, Pierre

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-81542

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 28.02.2025

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

Die Eisenbahnlinien in der Landschaft, insbesondere die Beziehungen zwischen Landschaft und Tunnel.

Mit 24 Bildern, wovon Nr. 3—6, 11, 12, 18, 20 und 21 auf 6 Tafeln am Schluß, die übrigen im Text.

Von PIERRE BRUNNER, Winterthur.

Die Eisenbahn in der Landschaft.

An einem Februarabend, so schildert *Zolas* Roman « La Bête humaine » am Anfang des zweiten Kapitels, schreitet ein Mann auf dem Fußweg neben den Geleisen der Schnellzugslinie Le Havre—Rouen einher. Es ist Jacques Lantier, der Lokomotivführer, welcher schon unzählige Male seine Maschine mit dem angehängten Zug auf glatter Bahn durch die Hügelwellen des Pays de Caux gesteuert hat. Jetzt, auf der Wanderung, wird ihm die Verbundenheit von Eisenbahn und Landschaft besonders eindrücklich: « Le pays n'est qu'une suite ininterrompue de vallons et de côtes, une sorte de moutonnement du sol, que le chemin de fer traverse, alternativement, sur des remblais et dans des tranchées. »

Kilometerweit fällt auf horizontaler oder leicht geneigter *Ebene* das Schienenband, genauer das Unterbauplanum, denn nur bei Straßenbahnen ist es ohne Einschränkung das Schienenband, mit der Erdoberfläche selbst zusammen.[1]) Beziehungen solcher Eisenbahnlinien zu ihrer Umgebung erkennt man meistens erst beim Tiefblick auf die Talebene, beim Ueberfliegen der Knotenpunkte und Studium der topographischen Karten. Fragen des linien- und flächenhaften Hervortretens der Eisenbahn in der Landschaft, der *Linienführung* und *Netzgestaltung* sind es, welche fürs Flachland im Vordergrund stehen.

Mit ihnen verbinden sich im *Hügel- und Bergland* noch andere, ein-

---

[1]) Genau betrachtet sind völlig ebenengleiche Bahnstrecken allerdings selten. Feuchter Untergrund, flache, dem bloßen Auge fast unerkennbare Terrainmulden sowie das Bestreben, das Einschneien der Schienen zu erschweren, führen dazu, daß auch die Oberfläche des Erdkörpers etwas über die Höhe der Ebene hinaus gebaut wird.

drücklichere. Das Schienenband kann hier mit der Erdoberfläche nicht mehr zur Deckung gebracht werden und führt abwechselnd durch *Abträge* und über *Aufträge,* den natürlichen Terrainneigungen nur noch in großen Zügen folgend. Außer durch Linienführung und Netzanordnung wird also die Eisenbahn dadurch zur Landschaftsgestalterin, daß ihr Bau künstliche, *räumlich* in Erscheinung tretende Bodenformen im Gefolge hat. Am besten kennen sie die Erbauer der Bahn, da sie sie, unter Beachtung der vorgeschriebenen Steigungs- und Krümmungsgrenzen, nach dem Gesetz des besten Massenausgleichs geschaffen haben; Genugtuung, Erlebnis muß es diesen Männern sein, das der Natur eingegliederte Werk unter ihren Händen entstehen zu sehen! Mit Fahrplan und Vorschriften passen sich nachher die Fachleute des Betriebs der naturbedingten Trasse an, aber am unmittelbarsten, die eine Hand an der Steuerung, die andere an der Bremse, spürt der Lokomotivführer die Bodenverbundenheit einer jeden Fahrt: « Jacques avait la main droite sur le volant du changement de marche; il le manœuvrait d'un mouvement insensible et continu, modérant, accélérant la vitesse.... Après les embranchements d'Asnières et de Colombes, il avait respiré un peu. Jusqu'à Mantes tout allait bien, la voie était un véritable palier, où le train roulait à l'aise. Après Mantes, il dut pousser la Lison, pour qu'elle montât une rampe assez forte, presque d'une demi-lieue. Puis, sans la ralentir, il la lança sur la pente douce du tunnel de Rolleboise, deux kilomètres et demi de tunnel, qu'elle franchit en trois minutes à peine. » So läßt uns *Zola,* am Ende des fünften Kapitels, mit den offenen Augen des Maschinisten die landschaftsverbundene Eigenart einer Strecke sehen.

Soll auch die Kulturlandschaft systematisch morphologisch behandelt werden, so sind die landschaftsräumlichen Formen der Eisenbahnlinien, im Sinne *Schlüters* (Lit. 14), zuerst analytisch zu behandeln. Die Grundformen der Einschnitte und Dämme sind kurz und anschaulich zu beschreiben, zu benennen und mit Beispielen zu belegen, wie ich es in meiner ungedruckten Diplomarbeit (Die Eisenbahnlinien als Bestandteil der Landschaft; Zürich 1931) versucht habe. In einem vor kurzem neugefaßten Teil dieses Manuskripts unterscheide ich folgende Unterbauformen der Eisenbahnlinien [2]):

A. Einschnitte.

a) Hügel-E.,
b) Stufen-E. *(Bild 14),*
c) Sporn-E. *(Bild 17),*
d) Kehr-E. *(Bild 1),*
e) Ebenen-E. einer Tiefbahn *(Bild 8).*

[2]) Klarsicht in diesen besondern Fragen und Aufmunterung zur Weiterarbeit verdanke ich auch einem im Jahr 1933 mit Professor *Schlüter* in Halle gepflegten Briefwechsel.

B. Dämme.

a) Mulden-, Tal- oder Seedamm,
b) Anlaufsteigungs-D. *(Bild 2),*
c) Nischen- oder Kerben-D. *(Bild 1),*
d) Kehr-D. *(Bild 1),*
e) Schnee-D.,
f) Flut- und Bodenwasser-D.

C. Gehänge-Anschnitte.

D. Gehänge-Aufschüttungen.

und Zwischenformen von C und D, d. h. Verbindungen von Anschnitt und Aufschüttung im selben Querschnitt, wobei die Aufschüttung noch mit einer Mauer gestützt sein kann. [3])

Bild 1, gezeichnet nach einem in Lit. 11 über die Centovallibahn veröffentlichten Plan, zeigt verschiedene Formen, die auf einer *Gehängelinie* vorkommen, *Bild 2* den bis 1894 befahrenen, damals an Stelle der heutigen Röntgenstraße in Zürich sich erhebenden *Anlauf-Steigungsdamm* der Linie nach Oerlikon. Er wuchs von Süden her ganz allmählich bis zu seiner größten Höhe von 18 m empor. Fünf Sporneinschnitte und ebensoviele Nischen- bzw. Kerbendämme zeigt auch *Bild 17* (Südrampe der Bözbergbahn). Charakteristisch ist, daß hier und am Osthang des Val d'Ossola *(Bild 1),* in Geländen mit ungefähr gleichgroß dimensionierten Bergspornen, diese von der normalspurigen Hauptbahn mit Einschnitten, ja sogar einem Tunnel *durch*schnitten werden, von der schmalspurigen Lokalbahn aber nur *an*geschnitten. Die Hauptbahn ist teurer gebaut, dafür aber im Betrieb durch ein relativ schlankes Kurvenband begünstigt.

Der Analyse der Kulturlandschaft soll die Synthese folgen. Anschließend an die Beschreibung der landschaftsräumlichen Grundformen des Eisenbahnweges gilt es zu untersuchen, in welcher Folge diese zu *Streckentypen* zusammentreten. Als solche wird man Ebenen-, Hügelland-, Plateau-, Gehänge-, Schlucht-, Seeufer- und vielleicht noch weitere Strecken unterscheiden können. Befriedigender als bis jetzt, da für interessante Linien, wie die Lötschberg-Südrampe, nur die Zahl der Tunnel und Brücken, vielleicht noch Längen und Höhen aus technischen Büchern übernommen werden, lassen sich dann die Eisenbahnen in landschaftskundliche Abhandlungen verweben. Das Beobachten im Gelände ist die unerläßliche Betätigung des Geographen, das Sehen die Veranlagung, ohne die er nichts schaffen kann, und sie allein sind es, welche ihm die Wahrnehmung der Linienformen ermög-

[3]) Ob an einem Gehänge C, D oder eine Zwischenform gebaut wird, hängt von der Standfestigkeit und dem Materialbedarf bzw. Ueberschuß an andern Stellen der Linie ab, ist also bald eine Funktion der geologischen, bald der bautechnischen Voraussetzungen.

lichen. Im Studium von Karten, Plänen und Querprofilen findet er dabei eine Hilfe. [4])

Landschaftsgestaltende Raumformen entstehen durch den Eisenbahnbau aber nicht nur *an* der Erdoberfläche, sondern auch *über* ihr. An diesen, nämlich den *Brücken,* kann wohl kein Geograph vorbeisehen! Am Beispiel der Brücken haben *Schlüter* (Lit. 14) und *H. Winkler* (Lit. 18), Lehrer und

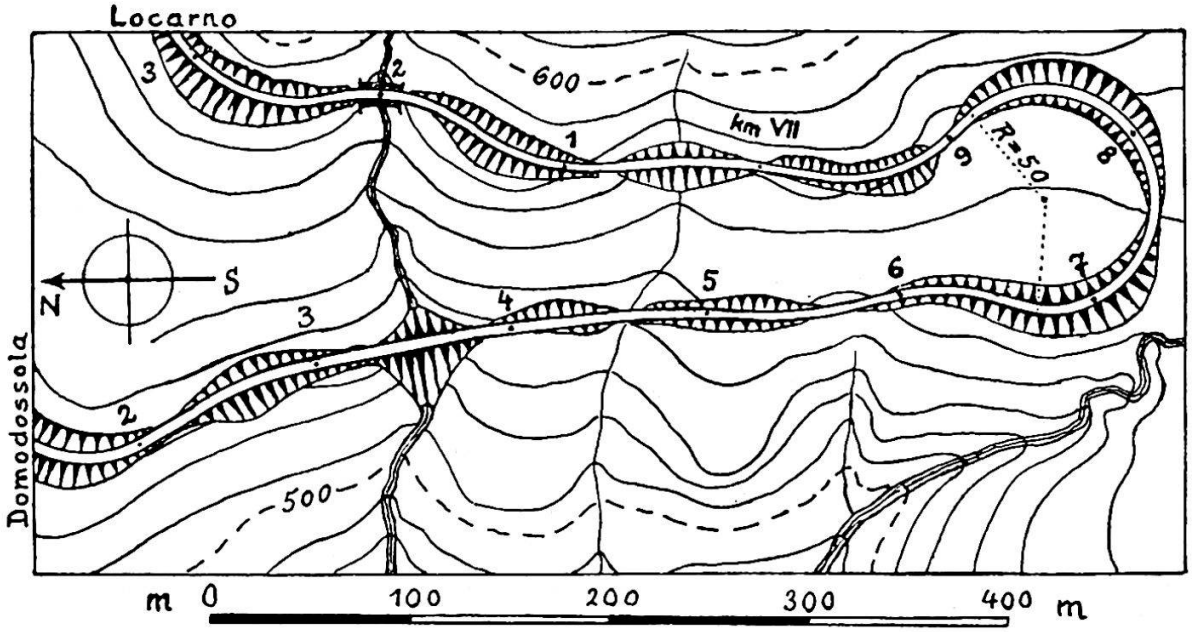

Bild 1.
Ausschnitt aus der vierfachen Schleifenentwicklung der *Centovallibahn* bei Domodossola (aus Lit. 11).

Man beachte die Anlage der tunnellosen Kehre auf einer Geländeverflachung, die das Wenden mit *Kehreinschnitt* und *Kehrdamm* ermöglicht. Im übrigen verläuft die Linie meist in *Gehängeanschnitten und Aufschüttungen im selben Querschnitt,* z. B. an den Spornen bei km VI 2 und VII 3, über einen *Kerbendamm* bei km VI 3—4 und einen *Nischendamm* bei km VII 0—1.

Schüler in enger Fühlungnahme gezeigt, wie sie sich die Analyse der Kulturlandschaft denken. Mutig wagen sie sich in ein Neuland vor und gewinnen mit schlichter Sachlichkeit ihre Leser für die Erweiterung der Geographie in diesem Sinne. Zu den Männern der Technik schlägt *H. Winkler* mit verständnisvollen Worten « die Brücke », weil er würdigt, was der Verfasser hier aussprechen will, daß *sie* die Fachleute auf diesem Gebiete sind,

[4]) Von den topographischen Karten, die mir zu Gesicht kamen, stellen diejenigen von Baden und Württemberg (1 : 25 000) die verschiedenen Formen der Einschnitte und Dämme am klarsten dar. Die besten Darstellungen überhaupt sind die Baupläne in 1 : 5000 und größer, wie sie z. B. vielen Linienbeschreibungen in der Schweiz. Bauzeitung beigegeben sind.

bei ihren Schöpfungen schon manchen geographischen Gedanken verfolgt haben und für die Arbeit des Geographen wertvolle Grundlagen liefern können. Es muß allen auf diesem Gebiet sich Bemühenden klar sein, daß nur die Erzeugnisse, die der gegenseitigen Achtung von Technikern und Geographen wert sind, Berechtigung haben!

Auch mit den beiden erwähnten Schriften ist die Brückengeographie noch nicht erschöpfend behandelt. Mir scheint, daß besonders in bezug auf die Eisenbahnbrücken die eindeutige Unterscheidung der keineswegs synonymen Begriffe *Brücke* und *Viadukt* in den Vordergrund zu rücken wäre. *Schlüter* sieht die Hauptanwendung der Brücke, und damit meint er die Uebergänge insgesamt, in der Ueberwindung des *Fluß*hindernisses, was entwicklungsgeschichtlich und nach der Verbreitung über die ganze Erde auch richtig ist. Wer aber die *Eisenbahnlinien* im *Bergland* besonders ins Auge faßt, muß den *geomorphologisch* bedingten Uebergängen, den Viadukten (Talbrücken), mehr Aufmerksamkeit schenken als es *Schlüter* im Rahmen seiner allgemeinen Studie tun wollte. Welch schönes und geographisches Unternehmen wird es sein, einmal im Hinblick auf die überspannten Landschaftsstücke, und erst im Zusammenhang damit auf Bauausführung. Material, Länge und Höhe, sehr viele Uebergänge zu sichten und in die beiden Grundformen zu scheiden, wobei sich wahrscheinlich erweisen wird, daß die Idealfälle seltener sind als verschiedene, im Interesse der wissenschaftlichen Treue als solche zu stempelnde Uebergangsformen zwischen Brücke und Viadukt. [5]) In einem sehr alten eisenbahntechnischen Werklein gibt übrigens *Lobet*

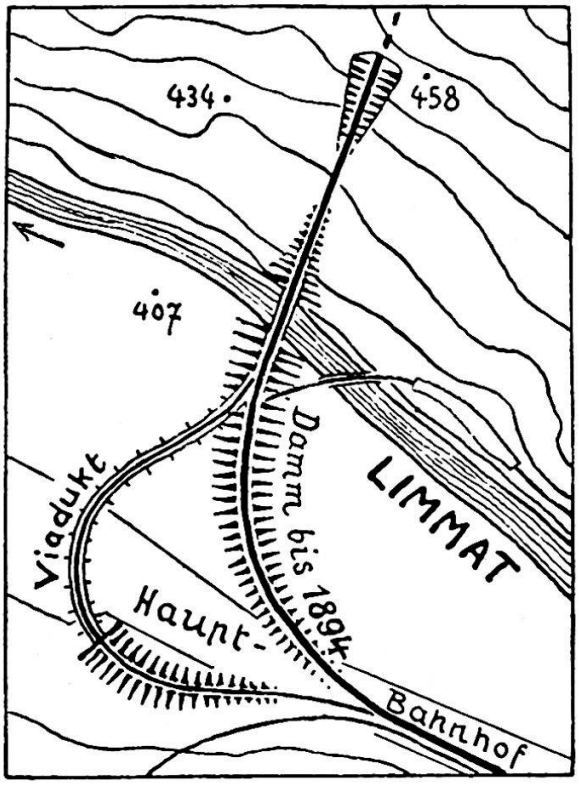

Bild 2.
Steigungsdamm (Form B b), 1894 durch einen Steigungsviadukt ersetzt, auf der Strecke Zürich-Oerlikon. (Nach der Siegfriedkarte.)

[5]) In meinen Diskussionen mit dem unermüdlichen Denker und Schaffer Dr. *Otto Lehmann,* Professor an der ETH in Zürich, bin ich in allgemeinen Gedanken bestärkt und auf besondere Fälle aufmerksam gemacht worden.

(Lit. 9, S. 215) vielleicht die erste Definition des Viadukts: « On donne en général le nom de viaducs aux ponts qui ne sont pas établis au-dessus des cours d'eau; qui traversent, par exemple, soit une vallée, soit simplement une route. Les viaducs remplacent avantageusement les remblais trop élevés. »

Anders als die Stellung der offenen Strecken und Brücken in der Landschaftskunde ist diejenige der *Tunnel,* weil Linienführungen unter der Erdoberfläche nur in beschränktem Ausmaß die Landschaft zu gestalten vermögen. Wieweit sie es tun, und was außerdem noch Gegenstand geographischer Forschung an Eisenbahntunneln ist, soll in dem nun folgenden Hauptteil dieser Arbeit gezeigt werden. [6])

Die Beziehungen zwischen Landschaften und Eisenbahntunneln.

Der Eisenbahntunnel als Ganzes genommen ist im Gegensatz zur offenen Strecke und Brücke kein Bestandteil der Landschaft, hat aber eine Anzahl von charakteristischen landschaftlichen Erscheinungen im Gefolge. Umgekehrt verleihen auch diejenigen Landschaftsformen, durch welche die Eisenbahnen unterirdisch hindurchgeführt werden müssen, den Tunneln verschiedenartiges, beim Bau und Betrieb sich auswirkendes Gepräge. Wir werden beide Arten von Beziehungen näher betrachten.

Wie Tunnel die Landschaften gestalten.

Zwei Querschnitte der ganzen Tunnelröhre wirken sich landschaftlich als schwarze Flecken aus, ihre beiden Enden. Am wenigsten fallen sie auf wenn sie direkt von der Zackenlinie des gesunden, harten, anstehenden Felsens umgeben sind.

Vom hellen Mauerwerk eines *Portalbaues* eingerahmt treten sie schon stärker hervor, am stärksten dann, wenn dieser, wie bei Werken des vorigen Jahrhunderts, sehr monumental gehalten (Liverpool, Oberau auf der Linie Leipzig—Dresden, Mont Cenis), vorgebaut und mit Mauern gegen Lawinen und Steinschlag geschützt (Lötschberg *Bild 3,* Tauern *Bild 4)* oder an Berglehnen durch hohe Stützmauern befestigt ist. Ein am Tunneleingang errichtetes Denkmal, wie dasjenige Ghegas am Semmering, erhöht den Eindruck noch.

[6]) Ueber das hier Geäußerte hinaus ist der Verfasser mit *Schlüter* (Lit. 15, S. 299) der Ansicht, daß auch die Verkehrs*bewegung* selbst mit in die Landschaftsforschung einbezogen werden muß.

Sodann kann die Stelle des Tunneleingangs durch verschiedene, ursächlich mit ihm verknüpfte *Siedlungen* betont sein. Bei langen Tunneln sind es nicht selten Stationen (Goppenstein, *Bild 3,* Göschenen, Preda, Semmering, Piedicolle usw.) oder doch Wärterhäuser; in einigen Fällen landschaftlich stark sich auswirkende Ventilationsanlagen (Tauern Südportal, *Bild 4*). Die Portale strategisch wichtiger Tunnel sind durch Festungswerke geschützt. Besonders aber in der Bauzeit entstanden an diesen Stellen ausgedehnte Werkstätten und Arbeiterwohnungen, wovon heute noch an manchen Alpentunneln Hütten und Ruinen Zeugnis ablegen. Auf Seite 11 von Lit. 5 ist ein zeitgenössisches Bild vom Bau des Semmering-Haupttunnels abgedruckt, das schön all die Hilfseinrichtungen am östlichen Tunneleingang zeigt. Rauchende Schlote und Schutthaufen an den Ausmündungen der drei zum Tunnel hinabführenden Arbeitsschächte verraten auch den Verlauf der Tunnelachse selbst. Mehrere ältere Tunnel (Bözberg, Hauenstein) wurden so mit Hilfe abgeteufter Schächte, die später der Lüftung dienten, gebaut. Mit einer gekrümmten Trasse passen sich daher einige alte Tunnel der niedrigsten Terrainlinie an, wie derjenige unter dem Sellapaß, 2304 m lang, an der Linie Savona—Turin. Diese Praxis ist heute verlassen. Wenn einige neuere Gebirgstunnel (Lötschberg, Col des Montets) von der geraden Verbindung der Portale abweichen geschieht es aus geologischen, nicht geomorphologischen Gründen.[7]) Dem Waldbauernbuben *Peter Rosegger* fiel es auf, daß auch die *Paßlandschaft* durch den Semmeringtunnel verändert worden war: « Wir gingen auf der Fahrstraße den Berg hinan; wir sahen aus mehreren Schachten Rauch hervorsteigen. Tief unter unseren Füßen im Berge ging der Dampfwagen » (Lit. 13).

Längere, in geringerm horizontalem Abstand einer Berglehne entlang ziehende Wandtunnel (Beschreibung S. 214 und *Bild 22)* lassen sich nicht selten an den Fenstern erkennen, durch welche beim Bau das Ausbruchmaterial zu künstlichen, teilweise heute noch sichtbaren Schuttkegeln aufgehäuft wurde. Natürlich wurde besonders auch an den Tunnelmündungen in sogenannten Deponien viel Aushubmaterial abgelagert, Schutthalden, die jeweilen in den ersten Betriebsjahren der Bahn wegen mangelnder Vegetation auffallen (große Deponie des Tauerntunnels am Ausgang des Anlauftales bei Böckstein; Areal des Bahnhofs Brig in überschwemmungssicherer Höhe auf der Deponie des Simplontunnels).

Das schönste Beispiel aber wie sich die unterirdische Linienführung auch

---

[7]) Stadttunnel von Untergrundbahnen, die in ganz geringer Tiefe liegen müssen, werden in der Trasse und im Höhenprofil auch heute noch den Oberflächenformen angepaßt.

über dem Boden zeigt, bietet der nur 184 m lange Sporntunnel bei Villnachern *(Bild 17)*. Aus Platzgründen führten nämlich früher die gewöhnlich den Schienen folgenden Schwachstromleitungen auf einem Gestänge schnurgerade über den Tunnel durch eine *Waldschneise,* die heute noch zu erkennen ist, obschon die Leitungen seit der Elektrifikation als Kabel in den Boden verlegt sind. Auch über den 1800 m langen Dettenberg bei Bülach führt die SBB-Schwachstromfreileitung und markiert landschaftlich die Schnittlinie der Vertikalebene durch die Tunnelachse mit dem Gelände.

Hier sind auch einige Bemerkungen über *Galerien* anzubringen. Worin unterscheiden sich diese von den Tunneln? Wir werden eine ganz oder teilweise *sichtbare Strecke mit überdeckter Fahrbahn* eine Galerie, eine unsichtbare Strecke aber einen Tunnel nennen.[8]) Dabei ist an folgende zwei Möglichkeiten zu denken: Tunnel, die nahe an Felswänden entlang laufen (s. u.) weisen nicht selten, besonders bei Straßen (Axenstraße), seitliche Fenster auf. Es wird also durch sie ein kurzes Tunnelstück in der Landschaft sichtbar; das ist ein Stück *Felsengalerie.* So lautet denn auch die Bezeichnung für den ganzen aussichtsreichen Felsenweg auf dem Pilatusgipfel Oberhauptgalerie, den wir nun einen von Galeriestücken unterbrochenen Wandtunnel nennen müßten. Die andere Möglichkeit ist die, daß ein ursprünglich offenes, im Einschnitt, Anschnitt, auf der Ebene oder sogar einem Damm verlaufendes Streckenstück ganz oder teilweise mit Holz, Stein, Eisen oder Beton verschalt wird. So entsteht die *Schutzgalerie* gegen Lawinen (an vielen Alpenbahnen), gegen Schneeverwehungen *(Bild 5* und skandinavische Fjeldbahnen, Pazifikbahnen), Stein- und Eisschlag *(Bild 6),* ja sogar gegen Windstöße (Karst und Neuseeland nach Lit. 8, S. 112).[9])

Wenn zum Schutz vor Wildbachausbrüchen und ähnlichen Naturkatastrophen ein Bachbett samt dem Schuttkegel untertunnelt werden muß, dann entschließt sich der Ingenieur nicht selten zum Tagbau. In einen zuerst erstellten offenen Einschnitt wird ein gewölbter Gang gemauert. Solange er sichtbar bleibt ist er eine Schutzgalerie; sobald aber Erdreich darüber geschüttet wird, sei es nur in einer Mächtigkeit von wenigen Metern, so müssen wir das Bauwerk, weil in der Landschaft unsichtbar geworden, als Schutz*tunnel* bezeichnen. So sind der Erlenrunstunnel bei Linthal (45 m lang) und der Gruonbachtunnel bei Flüelen (100 m lang) entstanden.

---

[8]) Die italienische Sprache kennt wohl das Fremdwort « tunnel », zieht aber auch in den Fällen wo unsichtbare Linienstücke gemeint sind, das echt romanische Wort « galleria » vor, dessen Grundbedeutung die einer länglichen Halle ist. Das Französische verwendet für die echten Tunnel nicht selten das treffende Substantiv « souterrain ».

[9]) Ausführliche Behandlung der Fels-, Eis- und Lawinenstürze auf die Bahnlinien in Lit. 2, S. 148, 180 und 204.

An dieser landschaftlichen Definition wollen wir festhalten. Die Bauingenieure werden lieber die Konstruktionsweise ins Auge fassen, doch glauben wir, daß unsere Definition weit genug gefaßt ist um noch Präzisierungen baulicher Art zuzulassen. Zu beanstanden ist nur, wenn überhaupt nicht definiert und doch von den Ausdrücken Tunnel, Galerie, Schutzdach Gebrauch gemacht wird. Verwirrung in diesem Punkt stiftet *Siedentops* Eisenbahngeographie der Schweiz (Lit. 17), die auch im ganzen betrachtet weder wissenschaftlich noch technisch einschlägig genannt werden kann. [10])

Wie Landschaften die Tunnel gestalten.

Wir lösen diese umgekehrte Problemstellung auf und besprechen zuerst, inwiefern die Tunnel das Ergebnis der Linienanpassung an die Landschaft sind, hernach das Aussehen der durchbohrten Bodenformen und die Eigenschaften, welche sie den Tunneln verleihen.

A. Die Tunnel als Ergebnis der Linienanpassung an die Landschaft.

Hier sei untersucht, wieweit und welche Gegenstände der Landschaft Anlaß geben für die Erstellung eines Linienabschnittes unter der Erdoberfläche.

Ein Zug von Basel über Lötschberg—Simplon—Turin—Tenda nach Nizza durchfährt nach Lit. 16, S. 77, 170 Tunnel mit 130 Tunnelkilometern, von Kowno durch ganz Rußland zum Ural aber keinen einzigen! (Lit. 3, S. 1.) Daraus geht hervor, daß offenbar die *Bodengestalt* der Gebirge an sich Anlaß zur Erstellung vieler, wenn auch nicht aller Tunnel gibt.

Da zählt das Relief zunächst als *Höhenhindernis,* als Rücken, Kamm usw. (die Formen werden uns später beschäftigen). Der Höhenzug trägt meistens eine Wasserscheide und wird durchbohrt, um den Zügen unnütze Steigung zu ersparen.

Einem andern Zweck dienen die an Gehängen liegenden Tunnel, nämlich der Ueberwindung eines *Breitenhindernisses.* Bei Spornen wird die Umfahrung zwar erwogen, fällt aber zugunsten einer Durchtunnelung außer Betracht, wenn die Bahn wesentlich abgekürzt werden kann, oder wo so große Krümmungsradien vorgeschrieben sind, daß sich das Geleise der Geländespitze nicht anschmiegen läßt.

Schließlich sind Tunnel auch Ausdruck eines *Böschungshindernisses.* Liegt die Bahnachse *in* einer steilen Böschungsfläche, folgt sie einer Wand,

---

[10]) Man lese hierzu die aus Eisenbahnkreisen stammende Buchbesprechung im Bulletin des Arbeitgeberverbandes schweizerischer Transportanstalten, Aarau 1935, S. 1026.

dann ist offene Linienführung nur mit umfangreichen Felsabsprengungen und gewaltigen Stützmauern möglich. Diese Arbeiten können solche Dimensionen annehmen, daß das Versenken des Geleises in einen *Wandtunnel* geringere Kosten verursacht. Stößt aber die Bahnachse *quer* auf die steile Böschungsfläche, so wird die Linie im Bereich des Einstichpunktes künstlich in die Länge gezogen, wobei die großen *Kehrbogen* aus Platzmangel unter Tag zu liegen kommen.

Als Ergebnis der Linienanpassung ans Relief sind also zu nennen: Tunnel durch mannigfach geformte Höhenhindernisse, durch Breitenhindernisse, im Innern sehr steiler Wände und die Kehrtunnel im Innern verschiedenartig geformter Abhänge.

Mit der Natur des Hügel- und Gebirgslandes hängt es aber zusammen, daß auch mit Rücksicht auf die *Bodenbeschaffenheit* die Bahn stellenweise nur mit großen Kosten, und selbst dann zu wenig betriebssicher oberirdisch geführt werden kann. Drohende Steinschlag- und Bergsturzgefahr am Fuß hoher Wände geben zwar nur in seltenen Fällen Anlaß zu einer Tunnel-, häufiger zu einer Schutzgaleriebaute (Lit. 2, S. 148 f.), doch werden langsam in talseitigem Abgleiten begriffene Lehnen in manchen Fällen am zweckmäßigsten unterfahren. Von 1913—1916 benützte die Lötschbergbahn zwischen Brig und Goppenstein zwei nur 47 und 94 m lange Tunnel beim Sevistein oberhalb St-German. Sie durchbohrten auf den anstehenden, talwärts um 45° geneigten Kalkschieferplatten langsam abgleitenden Bergschutt, welcher die Tunnel derart deformierte, daß sie durch ein tiefer, ganz in Felsen liegendes und 408 m langes Bauwerk ersetzt werden mußten (Lit. 1, S. 267).

Klimatische und *hydrologische* Faktoren, ihrerseits durch das Gebirgsrelief bedingt, können ebenfalls Anlaß zu Tunnelbauten geben. Ausschließlich oder zur Hauptsache der Lawinen wegen sind in den Alpen zahlreiche Sporne und Lehnen unterfahren; wir nennen aus Lit. 2, S. 204 f., den Rotlauitunnel bei Goppenstein, 268 m lang, und diejenigen des Naxbergs, 1570 m, bei Göschenen, und Riedschuck, 1536 m, bei Kandersteg. Beide sind zum Schutz vor mehreren Lawinen, Steinschlägen sowie aus morphologischen Gründen erstellt. So rechtfertigen oftmals erst mehrere Ursachen in ihrem Zusammenwirken einen Tunnelbau. Klar ist, daß auch die großen Durchbohrungen des Alpenwalls sowie die Gipfeltunnel zur Jungfrau und Zugspitze zwar zur Hauptsache Höhenüberwindung ersparen und Wände umgehen, die Bahnen aber auch vor Schneeverwehungen, Lawinen und Stürmen schützen. Bezeichnend dafür ist, daß *Reclus* (Lit. 12, S. 187) den Wert der im 15. Jahrhundert erstellten « traversette » nördlich vom Monte Viso mehr im Schutz vor den Gefahren des Hochgebirges sieht, als in seiner Eigenschaft, die

Mühen des Aufstiegs zu vermindern. Vor Rüfiausbrüchen bieten die bei den Galerien gestreiften Gruonbach- und Erlenrunstunnel Schutz; die eindrücklichsten Beispiele für solche sind aber von der französischen Strecke der Mont-Cenis-Bahn namhaft zu machen (Lit. 2, S. 229 f.). Auf *Bild 7* ist ersichtlich, wie ein Wildbach im Veltlin die Bahnlinie veranlaßt das Ufer der Adda zu wechseln, trotzdem durch die auf dem Gegenufer bis an den Fluß reichende Berglehne ein Sporn-Wandtunnel (s. u.) gebohrt werden mußte.

Großartiger noch sind die Eisenbahn- und Straßentunnel unter Flüssen und trichterförmigen See- und Meeresbuchten, deren älteste und längste in

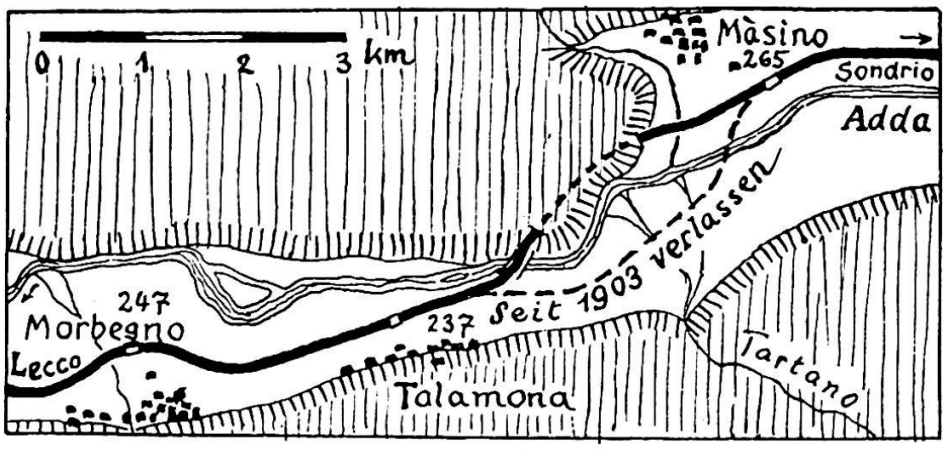

Bild 7.
Tunnel der *Veltlinerbahn* bedingt durch einen Wildbach auf der gegenüberliegenden Talseite.

England erstellt wurden, besonders der nach Lit. 8, S. 55, 5 km lange, im Jahr 1886 erstellte Gang unter dem Severn. [11]) Meerengentunnel sind wohl mehrere projektiert, unseres Wissens ist aber nur einer gebaut, nämlich unter dem sog. East River, der New York von der Insel Long Island trennt.

Schließlich zählen außer naturbedingten Hindernissen auch künstliche, welche der Mensch selber, in Form von *Bauwerken* und andern Einrichtungen, den Eisenbahnen in den Weg gestellt hat. Da ist einmal an die *Straßen* und andern Bahnlinien zu denken. Probleme des Neben- und Uebereinanderauskommens stellen sich dem Ingenieur besonders an felsigen Seeufern — am Urner See wird nun neben der Axenstraße und der bestehenden Bahn sogar ein zweites Geleise erstellt werden — und in Schluchten; wie mancher Tunnel wäre kürzer ausgefallen oder gar nicht gebaut ohne die Rücksichtnahme auf die Straße. Wer aus irgendeiner Richtung in den Stutt-

[11]) Der erste Unterwassertunnel wurde 1825—1841 von dem französischen Ingenieur *Isambard Brunel* unter der Themse in London gebaut.

garter Hauptbahnhof eingefahren ist, hat wohl das « künstliche Tunnelgebirge » in Erinnerung, ein Labyrinth von Betongalerien, welche das Ueberschneiden der großen Linien in drei verschiedenen Niveaus ermöglichen. Noch häufiger aber sind die Tunnel bei den *Siedlungen.* Besonders in den Städten der Alten Welt, wo die vorhandenen Wohnflächen die Eisenbahnen anzogen, ihnen aber wenig Entwicklungsraum ließen, entstanden von Anfang an, oder erst im Lauf der Zeit, großartige unterirdische Linienführungen. Die kunstvollsten sind die Untergrundbahnnetze von Paris und London. Bei Fernbahnen durchbricht entweder die in die Stadt einzuführende Linie die *Hügel*züge, woran sich die Häusermassen lehnen, wie in vielen Schweizerstädten (Zürich rechtsufrige Seebahn, Zug, Luzern, Bellinzona, St. Gallen), im Ausland Lyon, Mainz oder Genua, oder sie *taucht unter das Niveau der* besiedelten *Ebene* nach Art der Untergrundbahnen ein. Das ergibt sich, wenn Haltepunkte in der Stadt selber gewünscht werden, die Linienführung an der Oberfläche aber zu große Unannehmlichkeiten nach sich zieht. In diesem zweiten Fall entstehen interessante Tunnelbauten wenige Meter unter Tag, wie die seit 1927 tiefergelegte linksufrige Seebahn in Zürich *(Bild 8).*

Im Zusammenwirken mit dem Relief ergeben auch kleinere Siedlungen hie und da Linienführungen durch Tunnel, besonders wenn sie direkt an Sporne angebaut sind, wie Aarburg und Rattenberg am Inn. Ein ähnlicher Fall, den Blatt 132 der Badischen Topographischen Karte 1 : 25 000 anzeigt, liegt im Südschwarzwald vor, an der Wasserscheide von Gauchach (sie fließt durch die Wutach in den Rhein) und Brege (Donau). Der 760 m hohe Paßsattel ist zum großen Teil vom Dorfe Döggingen eingenommen, dem die Linie Neustadt-Donaueschingen in einer Schleife ausweichen muß, die dabei auf 500 m Länge unter Tag in eine Hügellehne zu liegen kommt. Dieses Bauwerk müßte nach seiner Lage als Wasserscheide-, als Ergebnis der Linienanpassung an die Landschaft als Siedlungs- und nach der durchtunnelten Bodenform als neutraler Gehängetunnel (s. u.) klassiert werden.

Mit dem Hinweis auf einige seltene Fälle durch menschliche Einrichtungen selber bedingter Bahntunnel schließen wir diesen Abschnitt. Den Stadttunneln verwandt sind diejenigen unter dem *Park* von St-Cloud und der *Schloßterrasse* von St-Germain-en-Laye. In Basel unterführt die Delsberger Linie den auf ebenem Gelände angelegten Wolf-*Gottesacker,* in Neuhausen am Rheinfall die Eglisauer Linie das Areal der Aluminiumfabrik. Landgut und *Rebberg* von Champreveyres bei Neuchâtel mußten von der Bern-Neuenburg-Bahn auf 160 m Länge untertunnelt werden, als Kompromißlösung einer nicht weniger als 2 km langen Weinberguntertunnelung, die von Neuchâtel um die Jahrhundertwende als unbedingt nötig bezeichnet wor-

den war. Ferner weicht die Genfeerseelinie Evian—Bouveret den direkt am Wasser betriebenen großen *Steinbrüchen* von Meillerie mit einem 805 m langen Gehängetunnel aus. Endlich erkennen wir auf *Bild 9* die Umfahrung

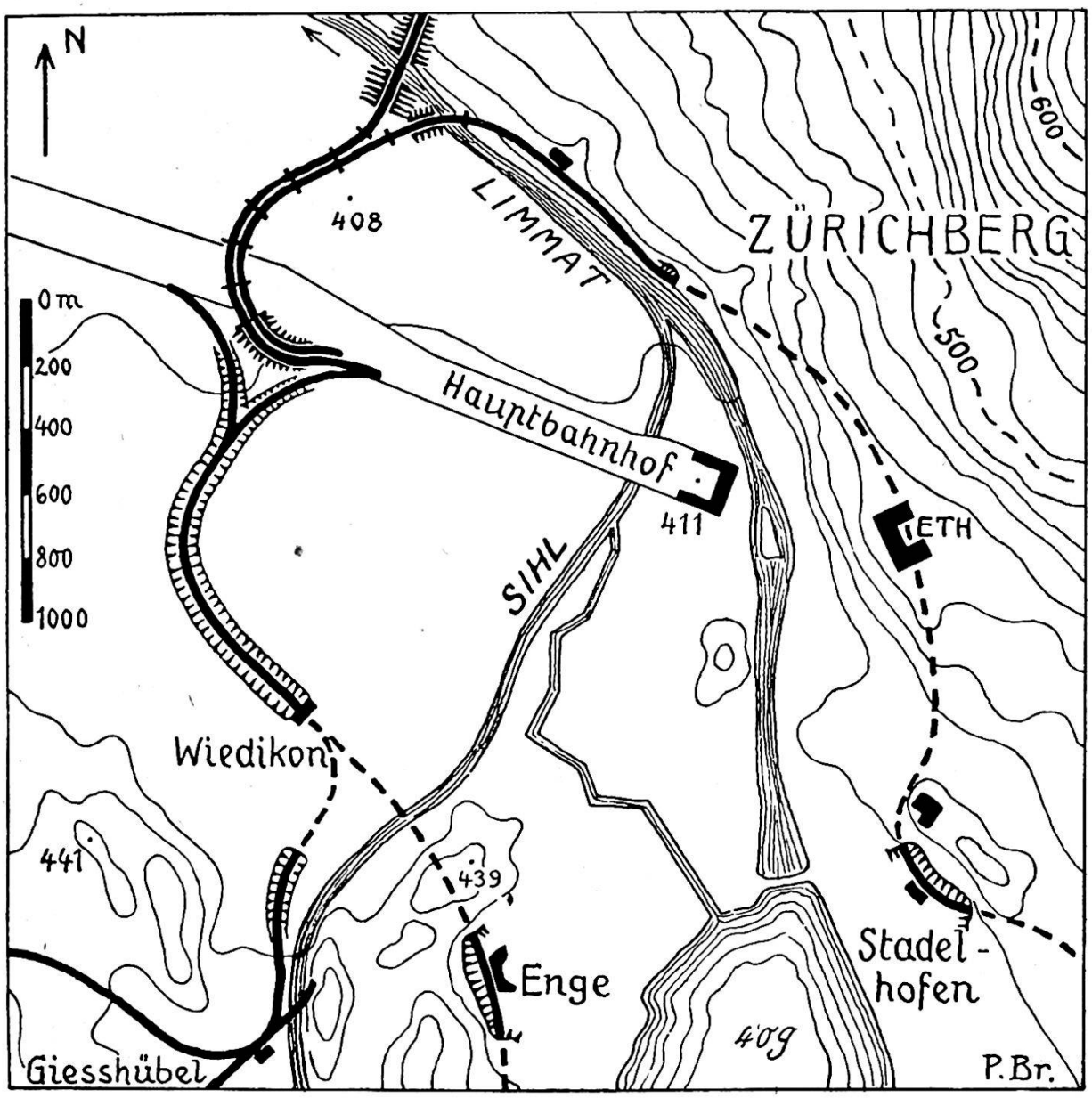

Bild 8.
Die zwei Arten der Zürcher *Stadttunnel*. Die rechtsufrige Seebahn durchbricht in zwei Gehängetunneln den Fuß des Zürichbergs, während die linksufrige und ihre Abzweigung nach Gießhübel unter das Niveau der besiedelten Ebene eintaucht. (Nach der Siegfriedkarte.)

der *Landesgrenze* im 865 m langen Sporntunnel durch den Tüllinger Berg, seinerzeit erstellt für die deutsche Militärbahn Weil = Leopoldshöhe—Schopfheim—Waldshut—Immendingen.

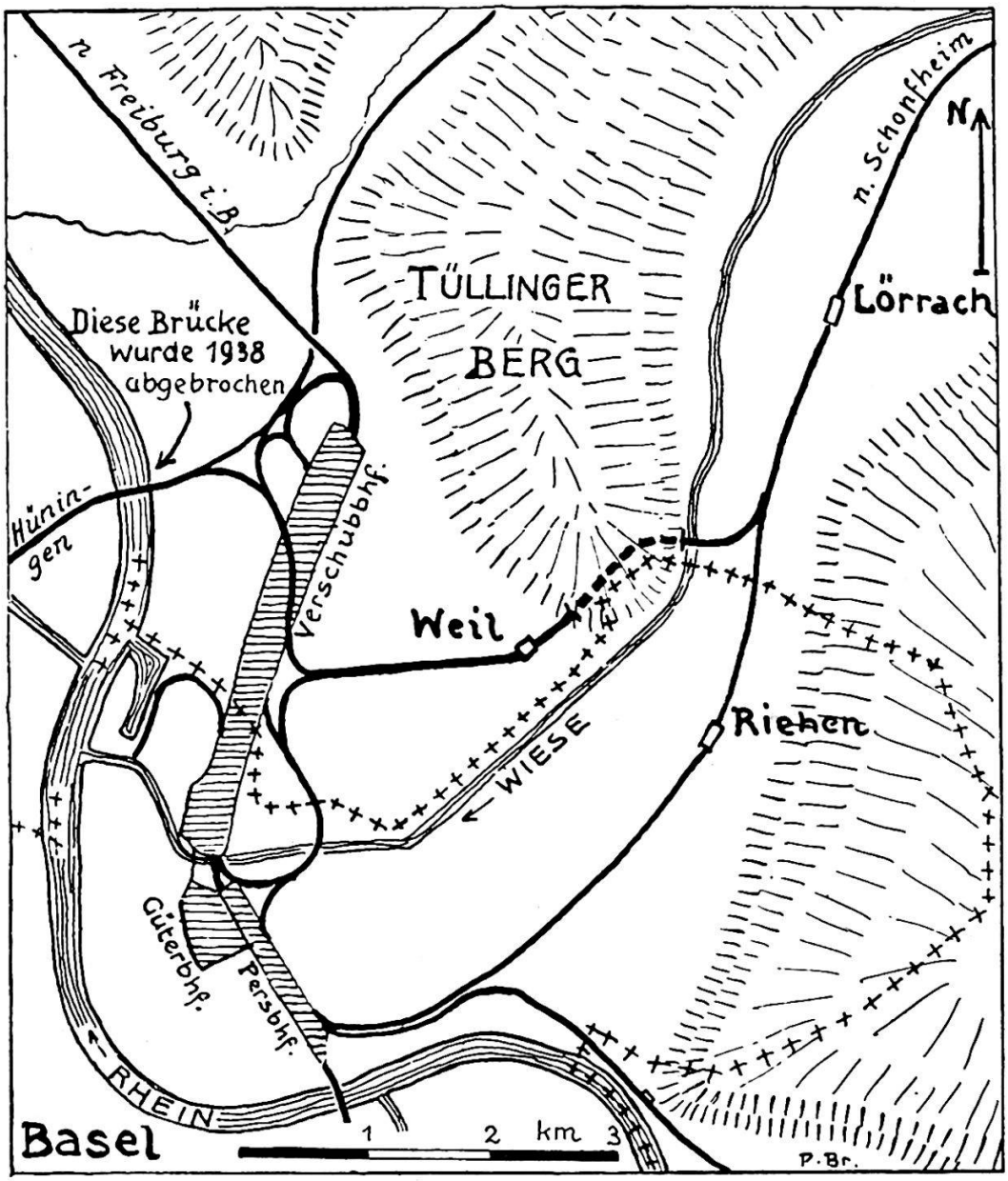

Bild 9.
Verlauf der deutschen Eisenbahnlinien bei Basel. Bemerkenswert ist der Tunnel der strategischen Bahn Weil—Lörrach beim schweizerischen Grenzzipfel.

B. Die durchtunnelten Bodenformen.

Die für eine tunnelreiche Gegend erstellte Liste, für die Alpen in Lit. 2, S. 82, zu finden, zeigt, daß die meisten langen Tunnel *Höhenhindernisse* (s. o.) unterfahren. Da sie sich aber landschaftlich ganz verschieden ausnehmen, sagt die bloße Lagebezeichnung Tunnel unter der Wasserscheide nichts aus über die durchtunnelten Bodenformen. Das wird sofort klar bei

Erwähnung einiger Bahnlinien quer über die europäische Hauptwasserscheide. Wohl liegen *unter* ihr von den längsten Tunnelbauwerken, Gotthard, Lötschberg, Albula, jedoch auch ganz kurze, z. B. bei La Sarraz *(Bild 19)* und Döggingen (s. S. 200), und sie wird bei Dammerkirch in der Burgundischen Pforte, auf der Schwäbischen Alb bei Geislingen (Lit. 10, S. 38) und bei Mährisch-Weißkirchen [12]) sogar offen gequert. *Siedentop* (Lit. 17, S. 72 f.) und *Metag* (Lit. 10, S. 8) verfallen in den Fehler, den Begriff des Wasserscheidetunnels zu überbetonen, indem sie ihm eine landschaftliche Formbedeutung zuschreiben, die er nicht hat. Es sei auch daran erinnert, daß in Regionen mit unterirdischer Entwässerung diese Bezeichnung problematisch wird, sind doch am Col des Roches die Durchbohrungen für Straße und Bahn (Top. Atlas d. Schweiz Bl. 85 und Lit. 7, Bd. I, S. 518) zwar Kamm-, aber Wasserscheidentunnel nur in bezug auf die oberirdische Entwässerung; dasselbe ist vom Karsttunnel von Opicina oberhalb Triest *(Bild 15)* zu sagen.

Die Grundtypen der bei Wasserscheiden untertunnelten Höhenhindernisse sind der *Bergrücken* und der *Bergkamm.* Diese langen Tunnel mit relativ großer Gebirgsüberlagerung, daher ziemlicher Innenwärme, werden geradlinig und auf ihre ganze Länge bergmännisch gebaut, von den auf Seite 195 erwähnten Ausnahmefällen abgesehen. Rückentunnel sind normalerweise im Mittelgebirge und Hügelland die Regel, seien es Durchbohrungen einfacher Juraantiklinalen (Mont d'Or, Mont Sagne), Zwillingsantiklinalen (Weißenstein) oder von Riedeln horizontaler Molasse (Zimmerberg bei Horgen, Dettenberg bei Bülach). Kammtunnel herrschen in fluviatil zerschnittenen Berglandschaften vor; ein einfaches Beispiel für einen solchen ist der Albistunnel auf der Strecke Thalwil—Zug. Schon vor der Eisenbahnzeit als *Paßübergänge* benützte Einsattelungen wurden in Richtung des vorhandenen Verkehrs auch für Bahnen untertunnelt. Meistens geschah es aber nicht genau unter der Furche, der die Straße zu folgen bestrebt ist, sondern wegen Einhaltens der geraden Linie auch unter benachbarten Spornen und Rücken, so beim Ricken, Wasserfluhpaß (Toggenburg—Neckertal), Ceneri, Pierre-Pertuis und Milchbuck bei Zürich.

In ausgedehnten durchtalten Tafellandschaften kommen an den Stellen, wo von entgegengesetzten Seiten zwei Gewässer einander mit dem Oberlauf naherücken, die wenig unter dem Terrain liegen wasserscheidenden *Plateautunnel* vor, wie sie unser *Bild 10* veranschaulicht. In der Schweiz fehlen diese Tunnel so ziemlich, weil die morphologischen Voraussetzungen dazu nicht vorhanden sind.

---

[12]) Mitteilung und Photo von Prof. Dr. *Otto Lehmann,* ETH, Zürich.

Häufige Zusammensetzungen dieser einfachen Grundformen kommen bei den *langen Gebirgstunneln* vor. Simplon, Gotthard und Lötschberg unterfahren Gräte, Rücken, Kare und Täler, der Albula eine Paß- und Gratlandschaft, der Grenchenberg im Jura zwei Anti- und eine Synklinale, der Hauensteinbasis- und Bözbergtunnel neben Gräten des Faltenjuras in geringer Tiefe auch Wiesenflächen des Tafeljuras *(Bild 11)*.

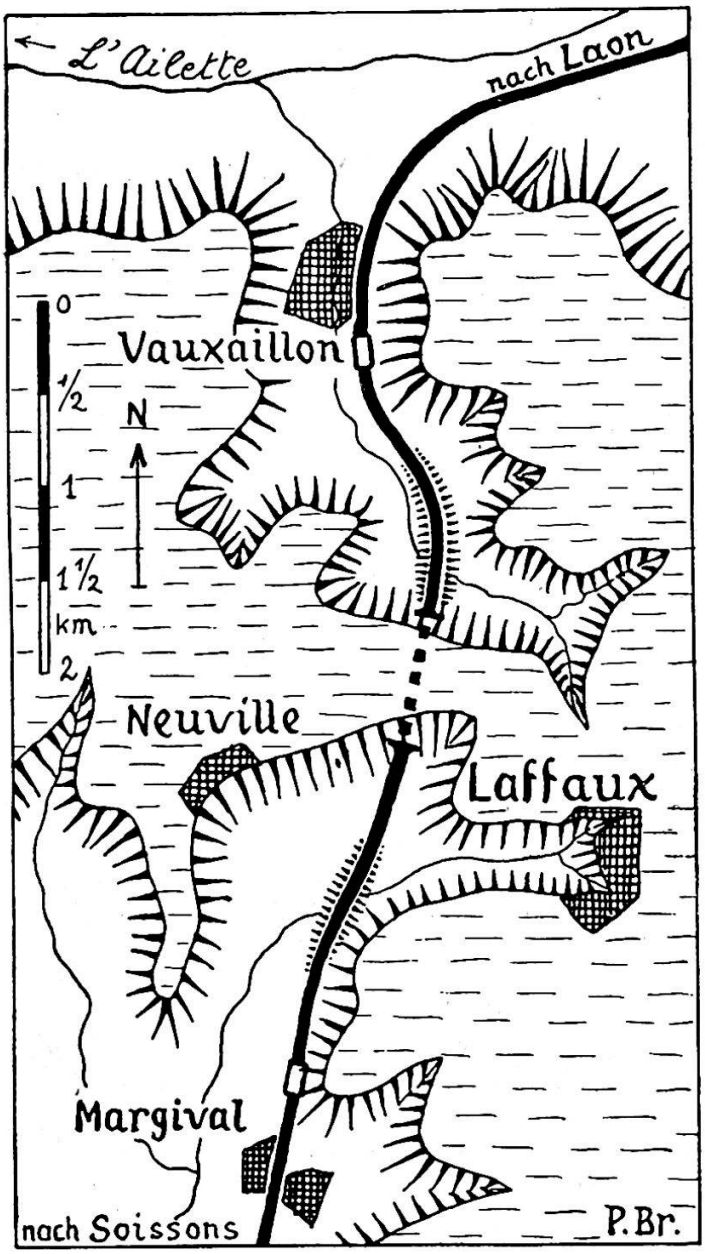

Bild 10.
Plateautunnel im durchtalten Sedimenttafelland der Ile-de-France. (Nach der Carte de France 1 : 50000 und eigener Beobachtung.)

Landschaftlich ist in Hinsicht auf den später zu besprechenden Typus des Stufentunnels zu betonen, daß sich beim Blick aus einiger Entfernung auf alle echten Rücken-, Kamm-, Paß- und Plateautunnel, auf beiden Seiten über den Portalen die ungefähr gleiche Höhenentwicklung des Terrains feststellen läßt.

Zwei Eigenschaften, die für die genannten Typen der Wasserscheidetunnel betriebstechnisch von ausschlaggebender Bedeutung sind, die *Höhenlage* über den anstoßenden Landschaften und die *Neigung,* müssen noch in bezug auf ihre landschaftlichen Voraussetzungen behandelt werden.

Nach ihrer Höhe über den benachbarten Tälern werden *Scheitel- und Basistunnel* unterschieden. Scheiteltunnel sind zwar kürzer, daher billiger im Bau, wegen der mühsamen Zufahrtsrampen aber teuer und hemmend im Betrieb. Bei zunehmendem Verkehr oder Verschärfung der Konkurrenz kann

die Linienführung korrigiert werden durch einen tieferliegenden, langen und daher teuren Basistunnel, der dafür eine entscheidende Verbilligung und Beschleunigung des Zugsbetriebs im Gefolge hat. Ein gutes Beispiel ist die Hauensteindurchbohrung, wie *Bild 11* und folgende Zahlen zeigen:

Hauensteinbahn	Scheiteltunnel	Basistunnel
Eröffnungsjahr	1858	1916
Länge in m	2495	8135
Größte Höhe in m	562	452
Größte Bergüberlagerung in m . . .	225	485

Zum Vergleich ziehen wir zwei weitere Tunnelpaare aus dem Jura heran: *Pierre-Pertuis* (1294 m lang, 770 m hoch) mit *Grenchenberg* (8565 m lang, 545 m hoch), beide für die Linie Biel—Basel, und *Jougne* (1600 m lang, 1014 m hoch) mit *Mont d'Or* (6099 m lang, 900 m hoch), beide für die Linie Lausanne—Dijon.

Die Zunahme der vergleichbaren Höhen nach Westen beweist, daß selbst die Basistunnel von der allgemeinen Höhe des Gebirges abhängig, also nach des Wortes wahrer Bedeutung nur relativ tiefliegend sind, und nicht alle das Gebirge am Sockel durchbohren. So ist zum Mont d'Or zu bemerken, daß er einzig im Vergleich zum früher benützten Jougnetunnel 100 m tiefer liegt, absolut genommen aber nicht als Basistunnel bezeichnet werden kann, auch für die Betriebspraxis nicht, weil die Züge schweizerseits von Daillens (445 m) bis Vallorbe (807 m) und französischerseits von Mouchard (288 m) bis Frasne (857 m) sehr lange 20 ‰-Rampen befahren müssen. Geographisch ist diese Ungunst dadurch zu erklären, daß der Jura im Bereich der Mont-d'Or-Linie doppelt so breit, höher und nordwärts viel weniger durchtalt ist, als im Bereich der Grenchenberglinie, welche ihr günstiges Längsprofil der tiefen Birstalfurche verdankt. Allgemein gesagt sind bei der gewöhnlich gegebenen Abhängigkeit der Breite eines Gebirges von seiner Höhe, und bei der praktisch maximalen Tunnellänge von zirka 20 km, die echten Basistunnel nicht im Hochgebirge zu suchen, wohl aber, wenn es dort überhaupt zu Tunnelbauten kommt, im Voralpen- und Hügelland (Wasserfluh- und Dettenbergtunnel, *Bild 12*). Zwar wird der Simplon, der mit seiner außerordentlichen Länge die höchste Kammlinie an jener besondern Einengung durchschneidet, welche *Chavez* 1910 auch für seinen Alpenquerflug erwählte, gerne als Basistunnel bezeichnet. Er ist es nur in bezug auf die

Nordseite, nicht aber auf die südliche, wo eine bemerkenswerte Steilrampe von Domodossola nach Iselle den Zugang bildet. Nur ein ausnahmsweise schmaler unter den hohen Alpenkämmen, derjenige der Karawanken, wird von einem fast absoluten Basistunnel unterfahren.

Gotthard-, Lötschberg-, Fréjus-, Arlberg- und Tauerntunnel sind trotz ihrer Länge ausnahmslos Scheiteltunnel. Bei ihnen hätte umgekehrt rein ideell die Möglichkeit bestanden, sie höher oben noch kürzer zu bauen, wie ja für den Gotthard interessante diesbezügliche Projekte vorlagen (Lit. 6).

Während wir hier die Verhältnisse theoretisch betrachten, handelt es sich für den Ingenieur natürlich darum, eine für die Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals und die Betriebspraxis günstige Lösung zu erzielen. Von diesem Standpunkt aus dürften wohl die meisten Basistunnel den Anforderungen entsprechen. Das zu entscheiden ist aber Sache von Berechnungen der Eisenbahnfachleute.

Die wichtigste Betriebseigenschaft der Tunnel selbst ist ihre *Neigung,* weil mit ihrer Zunahme in der relativ feuchten und trüben Atmosphäre die Adhäsion rascher sinkt als im Freien, weil mit zunehmender einseitiger Neigung bei langen Tunneln der natürliche Luftzug stärker wird, aber auch die Rauchentwicklung der Dampflokomotiven, womit Unannehmlichkeiten, ja sogar Gefahren verbunden sind. Die nebenstehende Tabelle gibt an, welchen Betrag die *durchschnittliche Neigung* zwischen den Portalen, in Meter auf den Kilometer Tunnelstrecke berechnet, bei einigen ausgewählten Tunneln erreicht. [13])

Zunächst ist ersichtlich, daß sowohl unter den stark geneigten, d. h. im Längsprofil *asymmetrischen* Tunneln, als auch unter den schwach geneigten, d. h. *symmetrischen,* solche in Scheitel- und Basislage zu finden sind. Auch treffen wir beide Neigungskategorien bei alten wie modernen Anlagen, nur ist zu sagen, daß die Maximalsteigungen in neueren Tunneln auf ein erträgliches Maß erniedrigt worden sind. Die so wünschbare Symmetrie der ganzen Anlage ist und bleibt aber der Ausdruck einer ähnlichen, die uner-

[13]) Einige Worte zu den in Tunneln effektiv auftretenden Neigungen: Zur Erzielung des Wasserablaufs werden die Tunnel grundsätzlich nie horizontal, sondern mit ganz schwachem Gefälle gegen ein Portal gebaut *(Bild 12).* Beim Bau langer Tunnel, von beiden Enden her, sollten die Stollen also gegeneinander leicht ansteigen. Ist schon die durchschnittliche Neigung aus orographischen Gründen groß, ergibt diese Praxis aber auf der Seite des tiefern Portals eine noch größere effektive Steigung. Das ist der Fall im Fréjustunnel; der Betrieb ist aber dadurch so sehr gehemmt, daß man später Tunnel unter ähnlichen Voraussetzungen als eine nur einseitig geneigte Röhre zu bauen suchte. Dadurch wurde die maximale nicht größer als die durchschnittliche Steigung, doch hieß das, daß nur in wasserarmen Gebirgen, wie im Ricken, von beiden Seiten her gleichzeitig gebaut werden konnte, in andern Fällen (Jura!) nur von unten, was natürlich die Bauzeit stark verlängerte (Weißenstein).

Die Neigungsverhältnisse einiger langer Gebirgstunnel.

Linie		Eröffnung	Höhenlage	Länge m	Differenz der Portalhöhen absolut m	Differenz der Portalhöhen relativ m pro km
a) Durchschnittlich stark geneigte Tunnel (über 10 ‰)						
Fréjus	Chambéry-Turin . . .	1871	S	13 636	139	10,2
Ricken	Wattwil-Rapperswil . .	1910	(B)	8 603	135	15,7
Mont d'Or	Vallorbe-Frasne . . .	1915	S	6 099	78	12,8
Weißenstein	Solothurn-Moutier . .	1908	S	3 700	63	17,0
Wasserfluh	St. Gallen-Wattwil . .	1910	B	3 557	37	10,3
Albis	Thalwil-Zug	1897	(B)	3 359	37	10,9
Les Loges	Neuchâtel-La Chaux-de-Fonds . .	1860	S	3 259	57	17,3
Hauenstein-S.	Olten-Basel	1858	S	2 495	66	26,4
Jaman	Montreux-Montbovon .	1903	S	2 424	32	13,3
Zimmerberg	Thalwil-Zug	1897	(B)	1 985	22	11,0
Ceneri	Bellinzona-Lugano . .	1882	S	1 675	37	21,8
b) Durchschnittlich schwach geneigte Tunnel (unter 5 ‰)						
Simplon	Brig-Domodossola . .	1906	(B)	19 825	53	2,7
Gotthard	Goldau-Bellinzona . .	1882	S	14 998	35	2,3
Lötschberg	Spiez-Brig	1913	S	14 612	20	1,4
Karawanken	Villach-Jesenice . . .	1906	B	7 976	12	1,5
Wochein	Jesenice-Gorizia . . .	1906	S	6 339	17	2,7
Dettenberg	Winterthur-Bülach . .	1876	B	1 800	3	1,7

S = Scheiteltunnel. B = Basistunnel. (B) = Basistunnel nur in bezug auf eine Seite.

wünschte Asymmetrie derjenige einer unähnlichen morphologischen *Landschaftsgestaltung* hüben und drüben vom Bergwall. Scheitel- oder Basistunnel sind das Ergebnis verkehrswirtschaftlicher, symmetrische oder asymmetrische Tunnel aber das Ergebnis *geographischer* Voraussetzungen.

Die ungleiche Landschaftsgestaltung kann wie folgt umschrieben werden. Die asymmetrischen Tunnel verbinden:

a) *ein Fluß- mit einem übertieften eiszeitlichen Gletschertal:* Albis und Zimmerberg (Sihl- mit Reuß- und Zürichseetal), Wasserfluh (Neckertal mit Toggenburg), Jaman (Hongrin- mit Genferseetal);

b) *ein nicht oder wenig mit einem stark übertieften eiszeitlichen Gletschertal:* Fréjus, Ricken, Ceneri (Diffluenz des Tessingletschers);

c) *aus tektonischen Gründen verschieden hohe Gebiete.* Die Wasserscheidetunnel der Schwarzwald- und Vogesenbahnen sind gegen die Oberrheinische Tiefebene geneigt (Tunnel von Sommerau bei Triberg und neuer Vogesendurchstich von Ste-Marie). Ebenso diejenigen der westlichen Horstlandschaften gegen die Rhone-Saône-Furche hin (Blaisy-Bas bei Dijon und Sauvages bei Lyon). Alle Tunnel durch die innersten Juraketten fallen gegen die Jurafußrinne (Bözberg, Hauenstein, Weißenstein, Grenchenberg, Les Loges, Mont d'Or, Jougne).

Eine hydrographische Parallele drängt sich geradezu auf. Asymmetrische Wasserscheidetunnel sind unter den gleichen Voraussetzungen zu erwarten wie *Bachanzapfungen.* Ganz in der einseitigen Neigung gebaute Tunnel, wie der Ricken, Wasserfluh, Mont d'Or und Albis, können als künstliche Anzapfungen der höherliegenden Täler bezeichnet werden. [14])

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der Tunnel gegen die tiefere Landschaft hin geneigt ist, in welcher bei Scheiteltunneln die schwierigeren Zufahrtsrampen und nicht selten künstliche Längenentwicklungen angelegt sind (Albula, Jaman, Weißenstein, Les Loges). Die Unterschiede der fluviatilen und glazialen Erosion, sowie tektonische Voraussetzungen sind die Ursachen der Asymmetrie.

*

Unsere Untersuchung der durchbohrten Geländeformen stößt jetzt auf einen Tunneltypus, den auszuscheiden der Ingenieur weniger Anlaß hat als der Geograph; unseres Wissens ist er aber noch von keinem Autor angegeben worden. Wir nennen ihn

Stufentunnel. Seine Definition lautet: Der Stufentunnel unterschneidet quer die Kante einer Landstufe, indem er ihre Hochfläche mit der Steilwand verbindet. Im Längsschnitt ist er, geometrisch schematisiert, die Hypotenuse eines sehr langgezogenen rechtwinkligen Dreiecks. Aus der Definition geht hervor, daß er in seiner ganzen Länge im Betrag der Maximalsteigung für die betreffende Linie einseitig geneigt ist; daher hat er mit den asymmetrischen Wasserscheidetunneln die Betriebsschwierigkeiten gemeinsam. Der Anblick aus einiger Entfernung zeigt über den zwei Portalen eine völlig *verschiedene Höhengliederung:* Auf der Hochfläche beginnt das Geleise an einer scheinbar willkürlichen Stelle in einen je länger desto tiefer werdenden

[14]) Professor Dr. *Alb. Heim* machte auf der Exkursion der Geogr.-Ethnogr. Ges. Zürich 1929 die Bemerkung, die Mündung des Albistunnels bei Sihlbrugg liege so tief, daß bei einem Eisstau das Sihlwasser einmal seinen Weg durch den Tunnel nach Baar nehmen könnte.

Einschnitt zu versinken, und verschwindet schließlich ganz in einer Tunnelmündung, welche sich ausnimmt wie ein Mausloch auf der Wiese. Wer nur dieses Portal sieht kann nicht begreifen, daß überhaupt ein Höhenhindernis durchbrochen werden muß. In wie ganz anderer Umgebung liegt aber das jenseitige! An einer Wand hängt es, von Dutzenden von Metern Gestein überlagert, über einem Abgrund, den ein Viadukt überspannt. Hier leuchtet es wie beim Kammtunnel sofort ein, daß der Stufentunnel tatsächlich der Ueberwindung eines Höhenhindernisses dient.

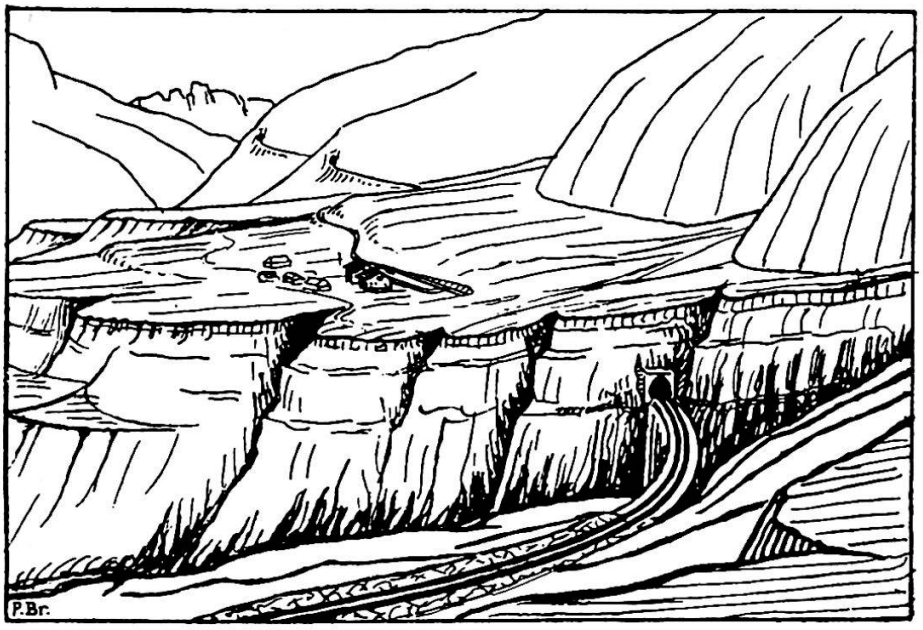

Bild 13.
Der 630 m lange *Stufentunnel* von Clelles auf der Linie Grenoble—Veynes über den Col de la Croix-Haute. Ueberlagerung am untern Portal ca 30, am obern ca. 5 m. Blick nach S. (Eigene Beobachtung und Carte de France.)

Unentbehrlich ist die figürliche Veranschaulichung. *Bild 13* vermittelt in einer Uebersicht den landschaftlichen Eindruck der Umgebung des Tunnels von Clelles. Eine glaziale, nachträglich fluviatil zerschnittene Stauschotterterrasse aus dem Verband der Plateaulandschaft Trièves, südlich von Grenoble, stellte sich dem Bau der normalspurigen Paßbahn über La Croix-Haute entgegen und wurde auf 630 m Länge durchbohrt. *Bild 14* zeigt, wie unter analogen Voraussetzungen die weniger hohe Stufe an der Wasserscheide von Enns und Fritzbach (zur Salzach fließend) von einem ebenso charakteristischen Einschnitt gequert wird. *Bild 15* ist die kartographische Darstellung eines Stufentunnels und seiner Umgebung am Rand des Karstplateaus.

Fügen wir noch den ungefähr kilometerlangen Stufentunnel von Talizat, an der elektrischen Linie Neussargues—St-Flour hinzu, ein prächtiges Beispiel aus dem vulkanischen Lavatafelland im Osten des Cantals, die Untertunnelung der Schloßterrasse beim Abstieg der Bahn vom Plateau von St-Germain ins Seinetal sowie den Tunnel der die Linie Besançon—Lyon vom Plateau von Sathonay in die Rhonebene hinunter leitet, dann haben

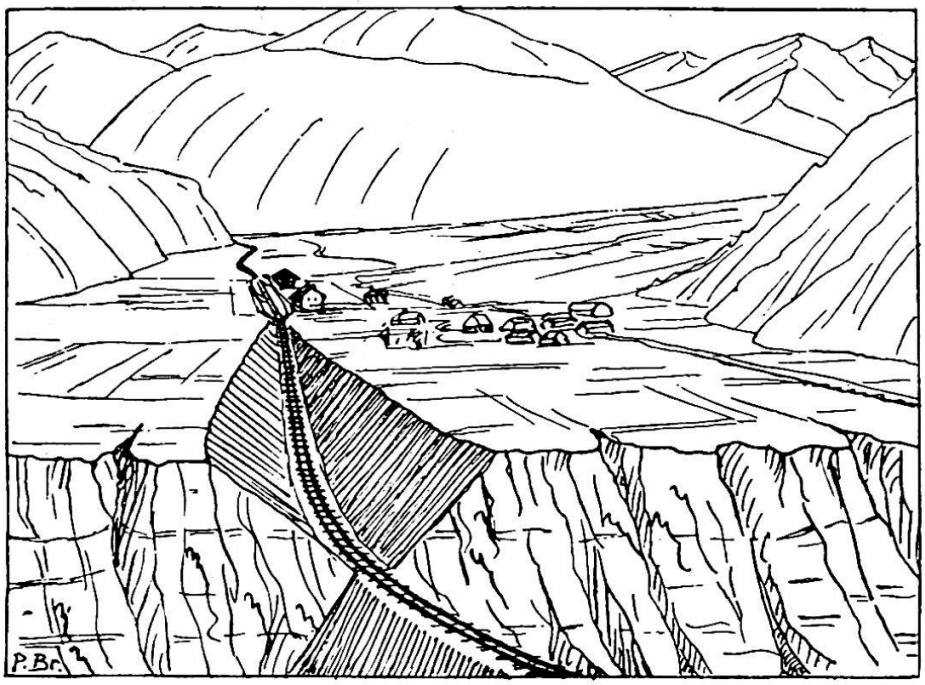

Bild 14.
Der *Stufeneinschnitt* bei Eben auf der Linie Bischofshofen—Selztal.
Blick nach E. (Eigene Beobachtung und Photographie.)

wir die fünf uns bekannten idealen Beispiele genannt. Für ein geographisch geübtes Auge wirken sie in ihrer Reliefbedingtheit geradezu verblüffend. Um die Anschauungsmöglichkeit etwas zu vergrößern verweisen wir auf folgende Uebergangsformen zu asymmetrischen Rückentunneln: den Roßhäuserntunnel an der Bern-Neuenburg-Bahn, am Rand des von der Saane angeschnittenen westschweizerischen Molasseplateaus; den Sommerautunnel an der Schwarzwaldbahn, beim Uebergang von der flachen Baar in die Triberger Schluchtlandschaft (Lit. 10, Fig. 1, leider ohne Höhenzahlen, Maßstab- und Orientierungsvermerk). Bei beiden ist die Höhengliederung der Landschaft über den Portalen zwar verschieden, sie sind einseitig stark geneigt, aber das überraschende Ausmünden auf einer glatten Hochfläche fehlt ihnen. Uebergangsformen zu Plateautunneln sind die Durchbohrungen der

Montagne de Reims (Ostbahn Epernay—Reims) und des Bois de Rumesnil (Nordbahn Paris—Beauvais).

Auf Grund ihrer von den Geländeformen herrührenden Eigenschaften begreift auch die Lagebezeichnung *Gehänge- oder Lehnentunnel* verschiedene Typen in sich. Da sind an einer glatten Lehne die *neutralen Gehängetunnel,*

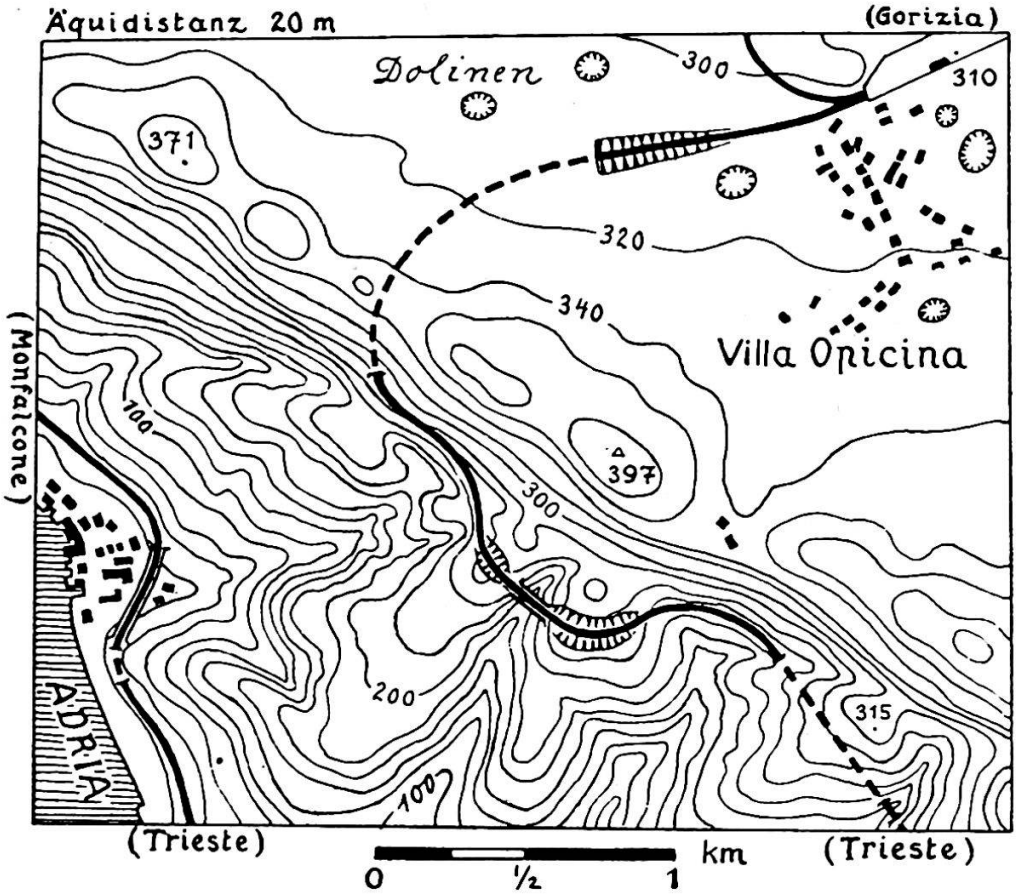

Bild 15.
Der *Stufentunnel* der Normalbahn Triest-Villa Opicina-Gorizia. In der Südostecke ein Sporntunnel. (Gezeichnete Kopie aus Bl. 40 der Carta d'Italia 1 : 25000.)

weder durch einen Sporn noch eine Wand, sondern meistens andere topographische Einflüsse als das Relief hervorgerufen. Solche sind: ein Dorf, ein Rebberg, Lawinenzüge oder Rutschungen, wie früher ausgeführt wurde. Da die Linie in diesen Fällen förmlich in den Berg hineingedrängt wird, beschreibt der Tunnel im Grundriß eine Einbuchtung, auf *Bild 16a* angedeutet. Bei künstlichen Längenentwicklungen werden auch halbkreis- oder kreisförmige Kehrtunnel in glatt verlaufende Berglehnen hineingebaut, ohne daß die Linie eben dort Anlaß hätte, im Berg zu verschwinden *(Bild 16b).*

Sporntunnel ist der Name für einen weitverbreiteten Tunneltypus. Wir finden ihn an Berglehnen, bald am Fuß, bald in der Höhe, wo er meistens durch anstehendes Gestein, hie und da durch Lockermassen von Bergstürzen und Wildbächen getrieben ist. Sowenig wie der Tunnel an der glatten Lehne, ist er wegen eines *Höhen*hindernisses, das offen nicht umfahren werden kann, erstellt, sondern des *horizontalen* Vorragens wegen, wie das auf S. 197 ge-

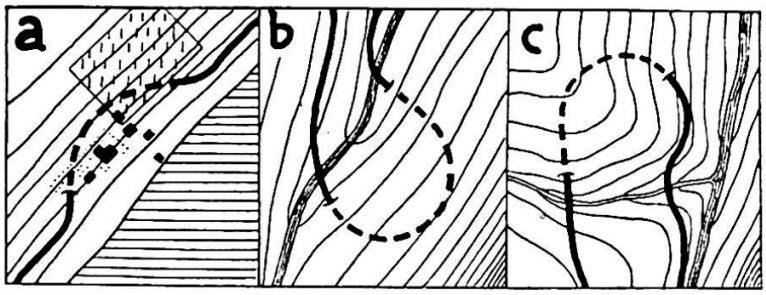

Bild 16.

Beispiele für *Gehängetunnel.*

a) Siedlungstunnel an glatter Lehne;
b) Kehrtunnel an glatter Lehne;
c) Kehrtunnel unter einem Bergsporn.

zeigt wurde. Der Sporn hat auf die Bahnlinie entweder als Wegverlängerung oder als zu brüsk vorspringende Gehängepartie eine unerwünschte Wirkung. Die vielen *kurzen* Sporntunnel entsprechen dem zweiten Fall und sind als Spitzentunnel leicht zu erkennen *(Bilder 17* und *18)*. Länger, in den folgenden Fällen sehr lang, sind die Sporn-Abkürzungstunnel:

Biassa-Vorgebirge bei La Spezia:	alter Tunnel	3,7	km
	neuer Tunnel	5,3	»
Moselschleifen-Tunnel bei Cochem		4,2	»
Scriviaschleifen-Tunnel bei Ronco (Ligurien)		4,0	»
Mont-Credo bei Bellegarde		3,9	»
Lopperberg bei Hergiswil am See		1,186	»
Zimmeregg bei Luzern		1,183	»

(Die alpinen Beispiele sind in Lit. 16 erwähnt.)

Da wird die Frage laut werden, worin sich diese Durchbohrungen von jenen durch die Höhenhindernisse grundsätzlich unterscheiden. Die Beantwortung fällt leicht, wenn sie umgeformt so lautet: Hätte unter Innehaltung der anthropogeographisch vorgeschriebenen Eisenbahnroute, d. h. Berühnung der wichtigen Siedlungen, der Berg auch *um*fahren statt *durchbohrt*

werden können? Für den Sporn-Abkürzungstunnel lautet die Antwort: Ja, für den Kammtunnel: Nein. Nein beim Wasserfluhtunnel, obschon beide Portale im Flußgebiet der Thur liegen. Nein auch beim Hondrich- und Zimmerbergtunnel, da die betreffenden Bahnlinien über Spiez, bzw. Thalwil—Horgen geführt werden mußten. Ja dagegen bei all den in der Liste aufgezählten Beispielen langer Sporntunnel.

Ueber den Grundriß ist zu sagen, daß kleine spitze Sporne entweder geradlinig oder in einer talwärts konvexen, den Sporn nachahmenden Kurve durchtunnelt werden. Die Einbuchtung bergwärts, wie sie am glatten Gehänge die Regel ist, kommt nur in der Nachbarschaft eines noch größeren umfahrenen Sporns vor.

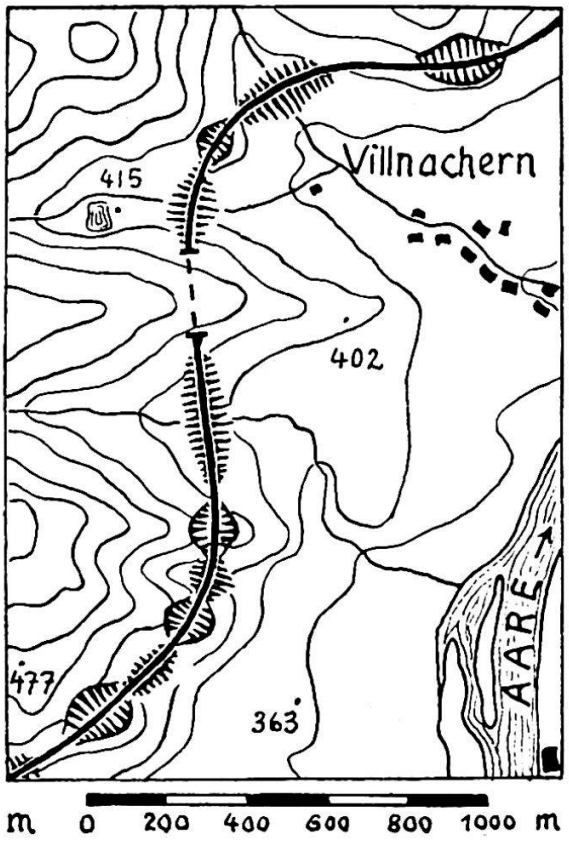

Bild 17.
Sporneinschnitte, Nischendämme und 184 m langer Sporntunnel an der Südrampe der Bözbergbahn. (Eigene Beobachtung und Siegfriedkarte.)

Wir haben verständlich gemacht, daß Spitzen- und Abkürzungs-Sporntunnel das Ergebnis des Zusammentreffens gegebener Trassierungsgrundsätze mit einer Bodenform sind. Anders ist der Fall bei dem auf *Bild 16 c* dargestellten Kehrtunnel, der nur unter einen Sporn gelegt wurde, weil sich dadurch die unterirdische Strecke etwas verkürzen ließ, sonst aber das Ergebnis des Zusammentreffens gegebener Trassierungsgrundsätze mit einer anderswo liegenden großen Terraineignung ist. Solche Sporn-Kehrtunnel befinden sich bei Leggistein an der Gotthardbahn und Blumegg an der strategischen Bahn Waldshut—Immendingen.

Die Frage der Sporntunnel sei am Beispiel der Kartenzeichnung *Bild 19* zusammenfassend beleuchtet. Dargestellt ist die vom Waadtländer Jura abzweigende zerstückelte Antiklinale des Mormont, welche die Bäche Nozon (zum Neuenburger See) und Venoge (zum Genfer See) trennt. Sie ist bei La Sarraz und Entreroches von schmalen und gewundenen, nach *Custer* (Lit. 4) tektonisch-fluvioglazialen Tälchen durchbrochen, weshalb die europäische

Hauptwasserscheide an diesen Stellen verwischt ist. Hier queren denn auch die Hauptbahnen Lausanne—Paris und Lausanne—Zürich die Antiklinale, jede mittels zweier Sporn-Spitzentunnel. Deren drei sind direkt der Ausdruck der Engräumigkeit, während der vierte besonders mit Rücksicht auf die Siedlung La Sarraz erstellt worden ist. Bemerkenswert ist, daß die Wasserscheide hier also an Gehängespornen untertunnelt wird.

Wandtunnel sind auch nur an Berglehnen vertreten, aber nicht wie die Sporntunnel das Ergebnis eines Breiten-, sondern eines Böschungshindernisses. Die topographischen Voraussetzungen sind *Bild 20* zu entnehmen. « Le passage de la Rivoire » an der elektrischen Bahn St-Georges—La Mure, in den achtziger Jahren für den Anthrazittransport schmalspurig gebaut, versetzt jeden Reisenden in Staunen. Der Fels ist im Durchschnitt solid genug, um den Unterbau aufzunehmen, so daß echte Wandtunnel nicht aus Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit, sondern auf das Relief angelegt werden. Skizziere man sich das Querprofil der offenen Strecke an der fast senkrechten Wand! Ein Bahnplanum kann nur unter Vornahme hoch hinaufreichender Felsabgrenzungen und tief hinabgreifender Stützmauern angelegt werden. Das sind sehr teure Arbeiten, und wenn längs einer Wand steile mit sehr steilen Böschungen abwechseln, werden an den zweiten Stellen die teuren offenen Strecken durch Wandtunnel ersetzt. Lehnenviadukte, wie auf *Bild 20* besonders rechts sichtbar, werden auch in Erwägung gezogen, doch würden ihre Pfeiler bei annähernd senkrechten Wänden zu hoch. Auch ist noch zu sagen, daß Bauarbeiten an solchen Stellen mühsam und gefährlich sind, und daß der Betrieb mit häufigen Stein- und Eisschlägen zu rechnen hat, wenn nicht Schutzmaßnahmen getroffen werden. *Bild 21* veranschaulicht einen echten Wandtunnel, davor, an ebenso steiler Wand, ein halb in den Felsen gehauenes Gewölbe (Halbtunnel), welches bei Bahnen allerdings selten zur Ausführung gelangt.

In Abhängigkeit von der Bodenform ergeben sich folgende Merkmale der Wandtunnel: kleiner Abstand von der Oberfläche, daher auch in langen Tunneln tiefe Innentemperaturen und Eisbildungen im Winter; ziemlich gestreckter, im Betrieb günstiger Verlauf im Grundriß; Seitenstollen, Fenster, die den Bau und Betrieb erleichtern [15]); schwierige Zugänglichkeit, die sich im Bau auswirkt. Nach dem innern Gefälle lassen sich zwei Arten unterscheiden: fast horizontale Wandtunnel an Seeufern (Ofenegg- am Walensee, Oelbergtunnel am Vierwaldstätter See, mit sechs Seitenstollen, *Bild 22*); in

[15]) Man vergleiche das auf S. 196 über die Galerien Gesagte.

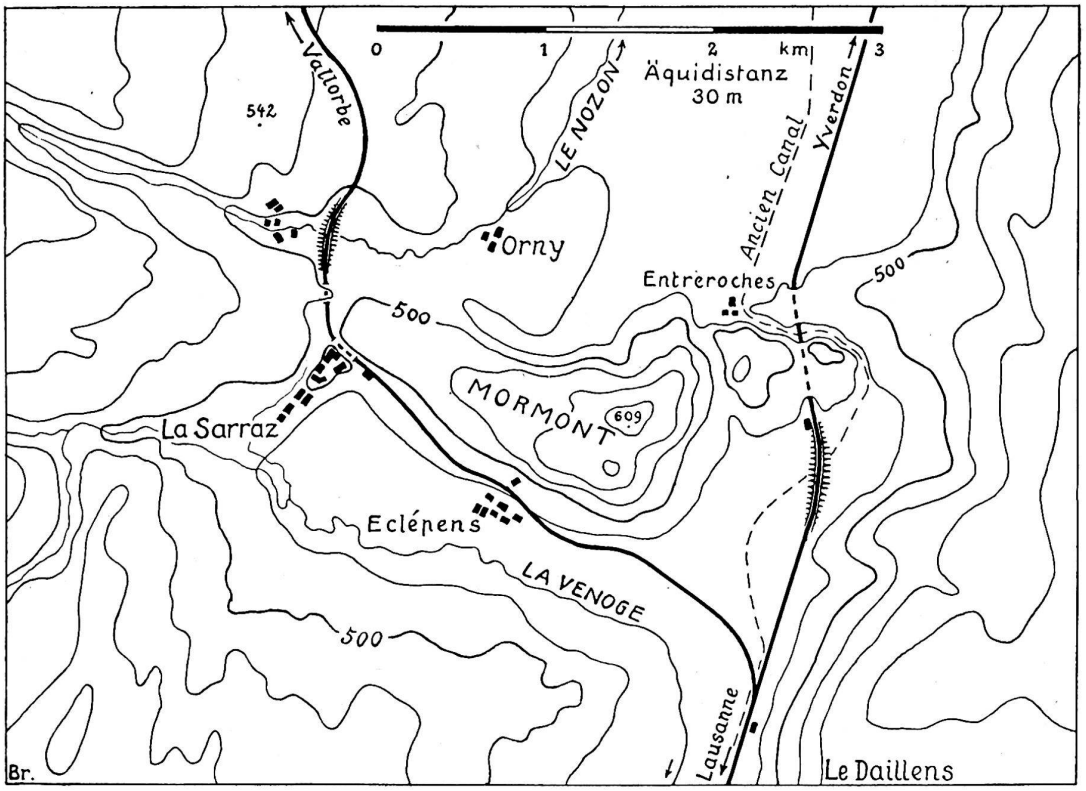

Bild 19.
Sporn-Spitzentunnel bei La Sarraz und Entreroches an der europäischen Hauptwasserscheide.
(Nach der Siegfriedkarte.)

der Maximalsteigung liegende Wandtunnel im Verlauf von Rampenstrecken *(Bild 20)*. Diese Unterscheidung kann auch bei Sporntunneln gemacht werden.

Die ältesten Wandtunnel sind diejenigen der Semmeringbahn, durch zwischengeschaltete Galeriestücke sichtbar gemacht und so wenig wie die mehrstöckigen Viadukte aus der Landschaft wegzudenken. Enorm kühn,

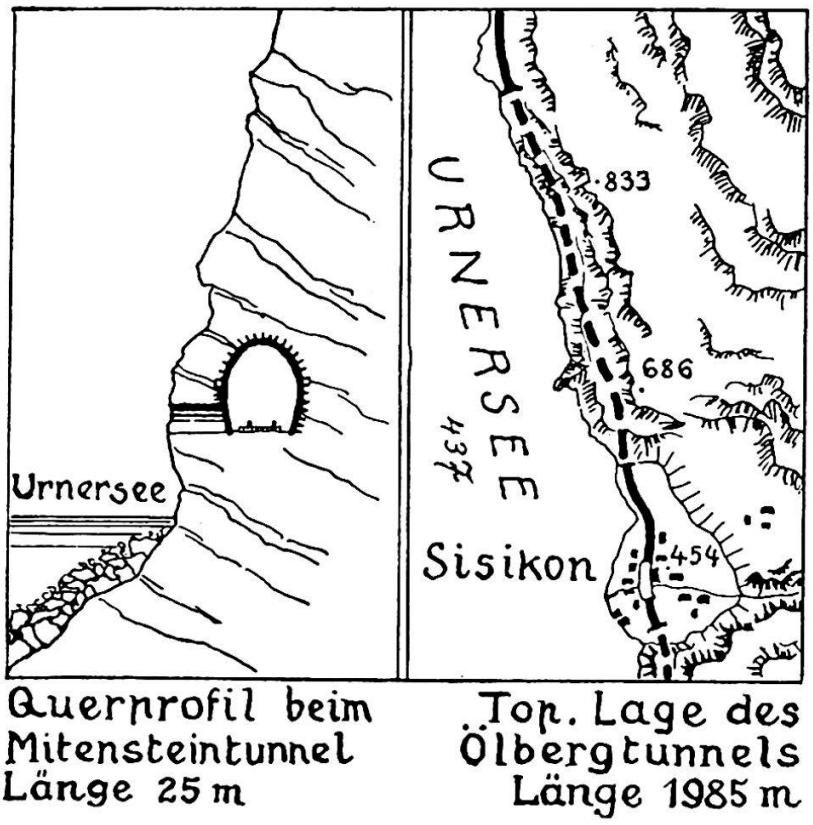

Bild 22.
Wandtunnel der Gotthardbahn am Urner See.

hoch über den Tälern, liegen Tunnelportale an der Martinswand bei Innsbruck, Schwaigerwand am Wendelstein, Eselwand am Pilatus; von den Gipfelbahnen abgesehen dürfte die kühnste Wandstrecke in der Schweiz, bald über, bald unter Tag, die der Martigny-Châtelard-Bahn, 300 m über dem Grund der Trientschlucht nördlich von Finhaut sein. Wandtunnel mit großen seitlichen Lichtöffnungen, Felsgalerien, sind bekannt von den Uferstraßen am Urner-, Thuner-, Comer-, Garda- und Iseosee.

Uebergangsformen zu andern Tunnelarten sind besonders häufig. Es handelt sich zur Hauptsache um die Abwandlung zum Sporntunnel. Ein solcher *Wand-Sporn-Tunnel* umgeht eine abschüssige Gehängepartie und

schneidet zugleich einen Vorsprung ab *(Bild 20* rechts). Ganz kurze Durchbrüche dieser Art möchten wir am ehesten *Rippentunnel* nennen, wie sie besonders in Bergen mit dislozierten Sedimenten anzutreffen sind. So im Jura

Bild 23.
Rippentunnel am Südende der Klus von Münster.
(Nach Photo in Frühs Geographie der Schweiz, Bd. II., S. 409.)

an den Kluseingängen von Münster *(Bild 23)*, Rondchâtel, Ste-Croix und am Stein zu Baden, wo natürlich die Siedlung für die Anlage mitbestimmend war. Jede der drei von Nordwesten nach Goldau einlaufenden Linien durch-

bricht ein und dasselbe, vom Roßberg über Oberarth zum Rigi geschwungene Nagelfluhband in typischen kurzen Rippentunneln (Top. Atlas der Schweiz, Bl. 207 und 209).

An alpinen Talriegeln treten längere Wand-Sporntunnel nicht selten auf und sind dann außer der Topographie mitbedingt durch das Schutzbedürfnis vor Hochwasser und Steinschlag sowie Rücksichtnahme auf Siedlungen und Straßen. Klare Beispiele sind, außer den beiden auf *Bild 24* ge-

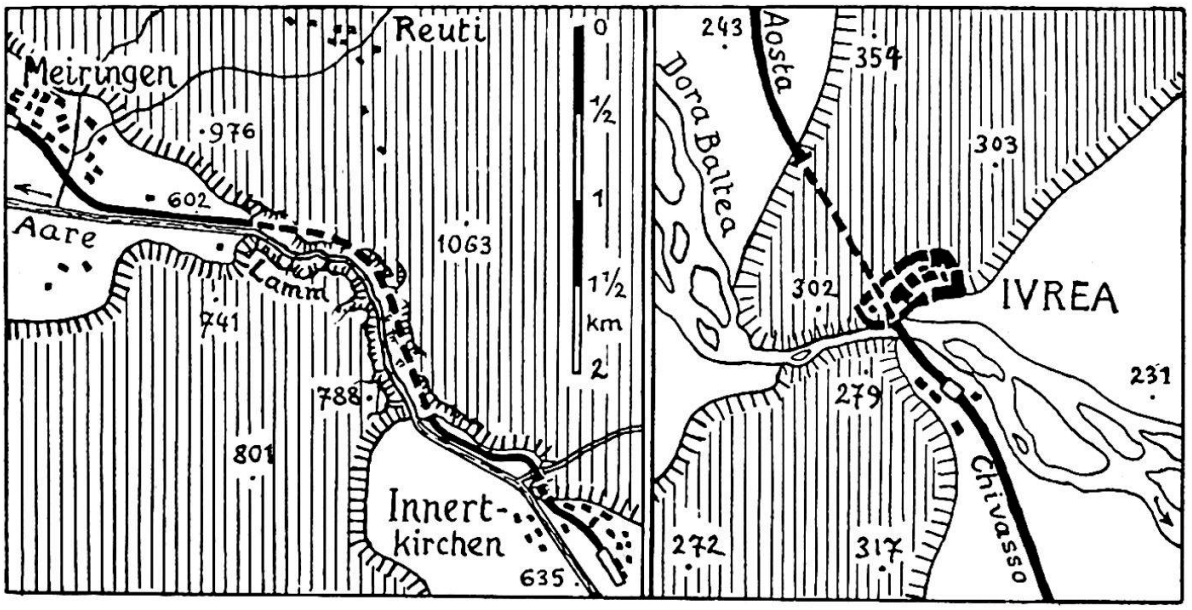

Bild 24.
Tunnel durch den Kirchet-Riegel bei Meiringen (Länge 1516 m) und Dioritzug von Ivrea (Länge 1110 m). (Nach top. Karten 1 : 50000.)

zeichneten, die *Riegeltunnel* von St-Maurice im Wallis, Offenau beim Paß Lueg (Salzachschlucht), am Berg Isel südlich von Innsbruck und am Bergüner Stein.

*

Wir kommen zum Schluß. Ihrer besondern Lage wenige Meter unter dem Niveau einer Ebene wegen sei noch einmal an die *Tiefbahn-Tunnel* in den Städten erinnert. In *Bild 8* wurde diese Form vom Gehänge-Siedlungs-Tunnel unterschieden. Der Anblick beider Portale und ihrer Umgebung vermittelt den gleichen, für einen Tunnel überraschenden Eindruck, weil absolut keine Bodenerhebungen da sind. Obschon meistens im Tagbau und nicht bergmännisch erstellt, müssen wir diese unsichtbaren Linienführungen auf Grund unserer Definition aber dennoch als Tunnel bezeichnen.

Zusammenfassung.

Die Eisenbahn in der Landschaft (S. 189).

Im Flachland erlangt die Ausbreitung der Eisenbahnlinien gewöhnlich nur linear und flächenhaft landschaftliche Bedeutung, im Bergland besonders durch Raumformen. Ergebnis der Anpassung eines Schienenwegs an das Relief sind nach Lage und Aussehen fünferlei Grundformen der Einschnitte, sechserlei Dämme und die Anschnitte mit Aufschüttungen an den Gehängen.

Anlaß zu solcher von *Schlüter* geforderter Analyse der Kulturlandschaft bietet die Aussicht, Eisenbahnlinien in landschaftliche Studien methodisch richtig und sachlich einwandfrei verweben zu können. In Schluchten, an Gehängen, auf Terrassen werden sich Linientypen von charakteristischem Aussehen beschreiben lassen.

Die Grundforderungen für unsere geographischen Betrachtungen an den Objekten des Eisenbahnwesens sind Achtung und Verständnis für die praktische Arbeit des Ingenieurs.

Die Beziehungen zwischen Landschaft und Tunnel (S. 194).

sind deswegen andere als diejenigen zwischen Landschaft und offener Strecke, weil Tunnel nur beschränkt landschaftlich in Erscheinung treten.

Wie Tunnel die Landschaften gestalten (S. 194) wird zuerst gezeigt. Besonders tun sie es punkthaft, mit den Portalen und drum und dran hängenden Bauten. In einigen Fällen ist der Schnitt von Vertikalebene durch die Tunnelachse und Terrain als Punktreihe, ja sogar als Linie erkennbar. Eine ganz oder teilweise sichtbare Strecke mit gedeckter Fahrbahn nennen wir eine Galerie. Die Tunnelstrecken dagegen sind unsichtbar.

Wie Landschaften die Tunnel gestalten (S. 197), dies zu zeigen ist unsere Hauptaufgabe. Die Tunnel hängen auf zweierlei Weise von der Landschaft ab:

A. Die Tunnel als Ergebnis der Linienanpassung an die Landschaft (S. 197).

sind am häufigsten das direkte Ergebnis des Faktors Relief. Es wirkt als Höhen-, Breiten- und Böschungshindernis. Von ihm hängen ferner indirekt, unter Mitwirkung der geologischen, klimatischen und hydrologischen Faktoren, die verschiedenen Schutztunnel ab. Im Flachland werden große schiffbare Ströme unterfahren. Noch vielgestaltiger sind die Hindernisse, welche der Mensch selber den Bahnlinien in den Weg gestellt hat. Siedlungen, zumal

die Großstädte, sind deren wirksamste; aber auch auf seltsame Einzelfälle von untertunnelten Rebbergen, Friedhöfen oder Steinbrüchen kann hingewiesen werden.

B. Die durchtunnelten Bodenformen (S. 202).

sind im Falle der langen Gebirgstunnel meistens Höhenhindernisse, *Rücken, Kämme* und zusammengesetzte *Hochgebirgslandschaften,* die tief im Innern durchbohrt werden. Ebenso selten wie ebenmäßig ist der *Plateautunnel.* Die Höhengliederung der Landschaft ist bei all diesen Tunneln über beiden Portalen ähnlich.

Ob die großen Durchbruchtunnel in *Scheitel- oder Basishöhe* (S. 204) angelegt werden, ist weitgehend das Ergebnis verkehrswirtschaftlicher Berechnungen. Ob hingegen die *Neigung symmetrisch* oder *asymmetrisch* ausfällt, ist der Ausdruck ähnlicher oder unähnlicher Tiefengliederung der Landschaften beiderseits der Portale. Besonders bilden sich tektonische Verschiedenheiten und die von fluviatiler und glazialer Erosion geschaffenen Gegensätze in asymmetrischen Tunneln ab, gleichsam in künstlichen Anzapfungen.

Von einer Seite allein ist die Stufe als Höhenhindernis zu erkennen, weshalb dem *Stufentunnel* (S. 208) originelle, in bezug auf die beiden Portale verschiedene Eigenschaften anhaften.

Im großen wie im kleinen ist der *Sporn* ein Breitenhindernis (S. 212). Im großen als Berg, der zur *Abkürzung,* im kleinen als *Spitze,* die zur Erzielung einer Abrundung durchbohrt wird. *Neutrale Gehängetunnel* (S. 211) an glatten Lehnen sind nicht Ausdruck eines lokalen Geländehindernisses.

Wandtunnel (S. 214), im Zuge kühner, aussichtsreicher Felsenbahnen, ersetzen an den steilsten Böschungen die fast unmögliche offene Linienführung. Häufiger als dieser Idealfall ist der *Sporn-Wandtunnel* (S. 216), in zwei speziellen Ausführungen *Rippen-* und *Riegeltunnel* genannt.

Am eigenartigsten sind die « Tunnel ohne Berg » unter dem Niveau einer überbauten Ebene.

Zitierte Literatur.

1. **Andreae, Carl:** Einige Erfahrungen im Lehnenbau an der Südrampe der Lötschbergbahn. Schweiz. Bauzeitung, Zürich, Bd. 1916 I, S. 223—228, 236—239, 255—259, 267—270, in 4⁰, Bilder.

2. **Brunner, Pierre:** Les Chemins de fer aux prises avec la nature alpestre. Grenoble 1935, Allier; 333 S. in 8⁰, 37 Fig., 15 Taf.

3. **Camena d'Almeida, Pierre:** Etats de la Baltique, Russie. Paris 1932, Colin; Géographie Universelle Bd. V, 355 S. in 4⁰.

4. **Custer, Willy:** Etude géologique du Pied du Jura vaudois. Bern 1928, Francke; Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz N. F. 59, 72 S. in 4⁰, 6 Fig., 2 Taf.

5. **Festschrift anläßlich der Feier des 75jährigen Bestandes der Semmeringbahn.** Wien 1929, hrg. von der Propagandestelle der Oesterreichischen Bundesbahnen; 43 S. in 8⁰, 33 Bilder.

6. **Fünfzig Jahre Gotthardbahn.** Zürich 1932. Separatabdruck aus dem 50. Jg. der Schweiz. Bauzeitung. 16 S. in 4⁰, 51 Bilder.

7. **Geographisches Lexikon der Schweiz.** Neuchâtel 1902—1910, Attinger. 6 Bände, in 4⁰.

8. **Hahn, Friedrich:** Die Eisenbahnen. Leipzig 1905, Teubner; Aus Natur- und Geisteswelt Bd. 71, 150 S. in 8⁰, viele Bilder.

9. **Lobet, J.:** Des Chemins de fer en France. Paris 1845, Parent-Desbarres; 708 S. in 8⁰, 65 Fig., 4 Taf.

10. **Metag, Walter:** Die Tunnelanlagen der deutschen Mittelgebirge. Breslau 1934, Hirt; Beiheft 7 zur Geogr. Wochenschrift, 58 S. in 8⁰, 16 Bilder.

11. **Passet, Max:** Die Centovallibahn Locarno-Domodossola. Schweiz. Bauzeitung, Zürich, Bd. 1929 II, S. 1—6 und 14—17, in 4⁰, Bilder.

12. **Reclus, Elisée:** La France. Paris 1877, Hachette; Nouvelle Géographie universelle Bd. II, 959 S. in 4⁰, viele Bilder.

13. **Rosegger, Peter:** Als ich noch der Waldbauernbub war. Leipzig 1918, Staackmann; I. Teil, 119 S. in 8⁰.

14. **Schlüter, Otto:** Die analytische Geographie der Kulturlandschaft erläutert am Beispiel der Brücken. Berlin 1928. Sonderband zur Hundertjahrfeier der Gesellschaft für Erdkunde, S. 388—411, in 4⁰.

15. **Schlüter, Otto:** Ueber die Aufgaben der Verkehrsgeographie im Rahmen der reinen Geographie. Gotha 1930, Perthes; Erg.-H. 209 zu Peterm. Mitt., S. 298—309, in 4⁰.

16. **Siedentop, Irmfried:** Tunnelgeographie der Alpen. Gotha 1932, Perthes; Erg.-H. 214 zu Peterm. Mitt., S. 67—78, in 4⁰, 1 Taf.

17. **Siedentop, Irmfried:** Eisenbahngeographie der Schweiz. Halle a. d. S. 1933, John; Beiheft 1 zur Geogr. Wochenschrift, 126 S. in 8⁰, 45 Bilder, 2 Karten.

18. **Winkler, Herbert:** Die Brücke im Landschaftsbild. Gotha 1932, Perthes; Erg.-H. 214 zu Peterm. Mitt., S. 59—66, in 4⁰, 7 Bilder.

19. **Zola, Emile:** La Bête humaine. Roman. Paris, Bibliothèque-Charpentier; 415 S. in 8⁰.

Außerdem wurden verwendet: Das unter Mitwirkung vieler Bahnverwaltungen von mir für Lit. 2 gesammelte Quellenmaterial; zahlreiche Blätter topogr. Karten der Staaten Schweiz, Baden, Frankreich, Italien, Oesterreich, Württemberg; zahlreiche Aufsätze in der Schweiz. Bauzeitung, Zürich; die Graphisch-statistischen Verkehrsatlanten der Schweiz für die Jahre 1883 und 1915; die Vorlesung über Eisenbahnbau von Professor **E. Thomann** an der E. T. H.

Photo P. Brunner.

Bild 3.
Bahnhof Goppenstein am Südende des *Lötschbergtunnels*. In der lawinenreichen Lonzaschlucht mußte das Portal vorgebaut und durch Mauern geschützt werden. Das Bahnhofgebäude (B) ist kasemattenartig in den Hang hineingebaut.

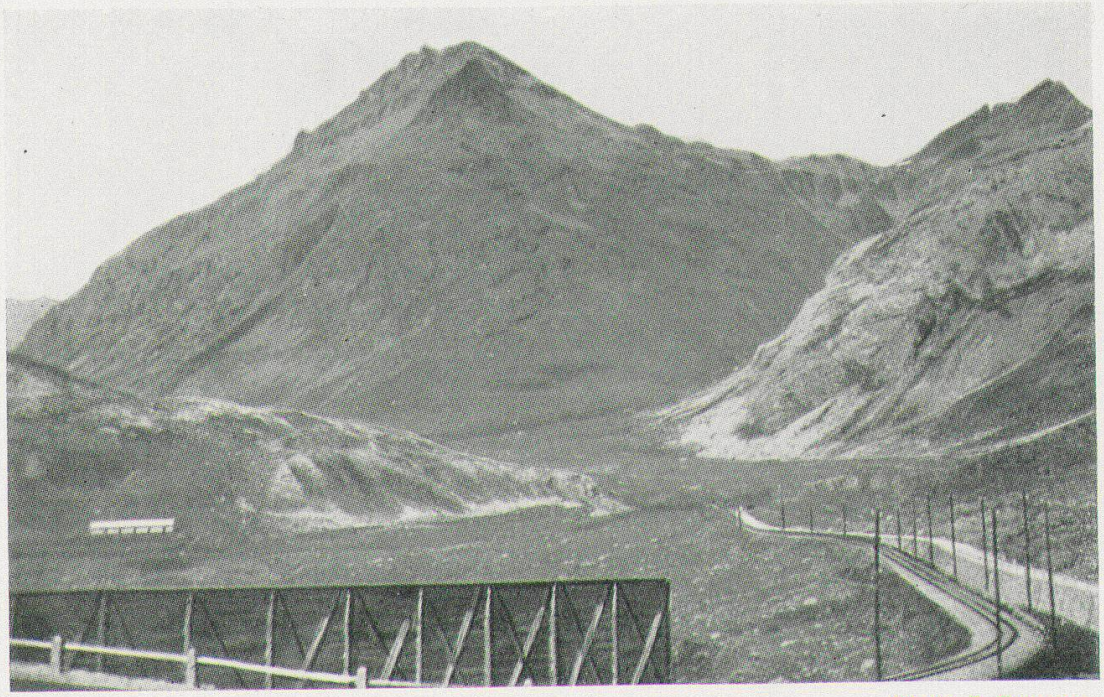

Photo P. Brunner.

Bild 5.
Berninabahn nördlich von der Paßhöhe; Blick auf Piz Albris. Im Vordergrund Beispiel einer völlig *freistehenden Schutzgalerie* gegen Schneeverwehung. (Seit 1934 ist das hier abgebildete Streckenstück verlegt.)

Mitteil. Geogr.-Ethn. Ges. Zürich, XXXIX, 1938/39

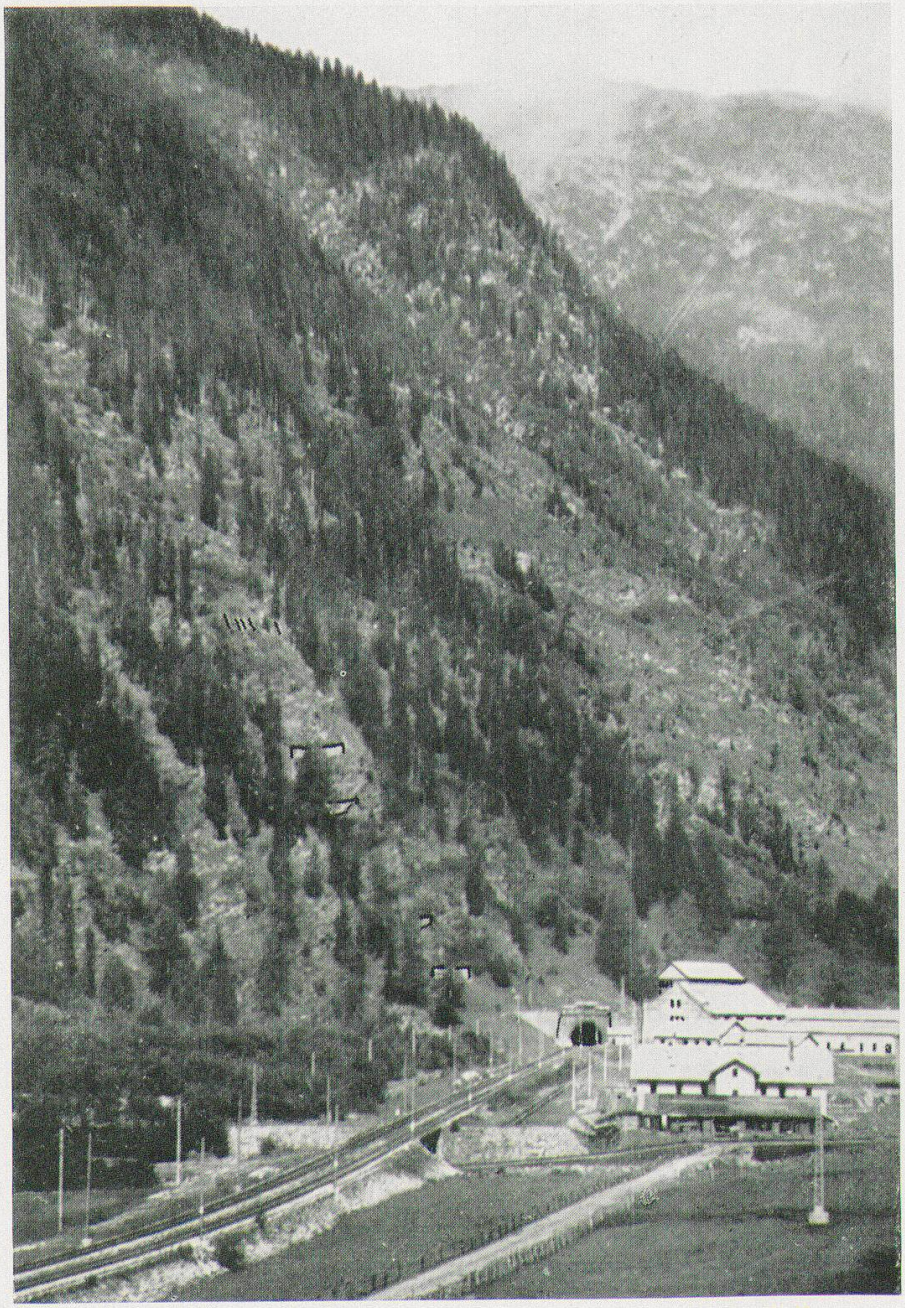

Photo P. Brunner.

Bild 4.

Südeingang des *Tauerntunnels* bei Mallnitz Durch das monumentale Portal, die seit der Elektrifikation außer Betrieb stehenden Ventilationsanlagen, Lawinenverbauungen und die am Bach mauerbewehrte Deponie des Tunnelschutts entsteht die landschaftliche Wirkung.

Cliché Boulanger.

Bild 21.
Halb- und Wandtunnel der Straße von Combe Laval, in den Kalkalpen des Vercors südwestlich von Grenoble.

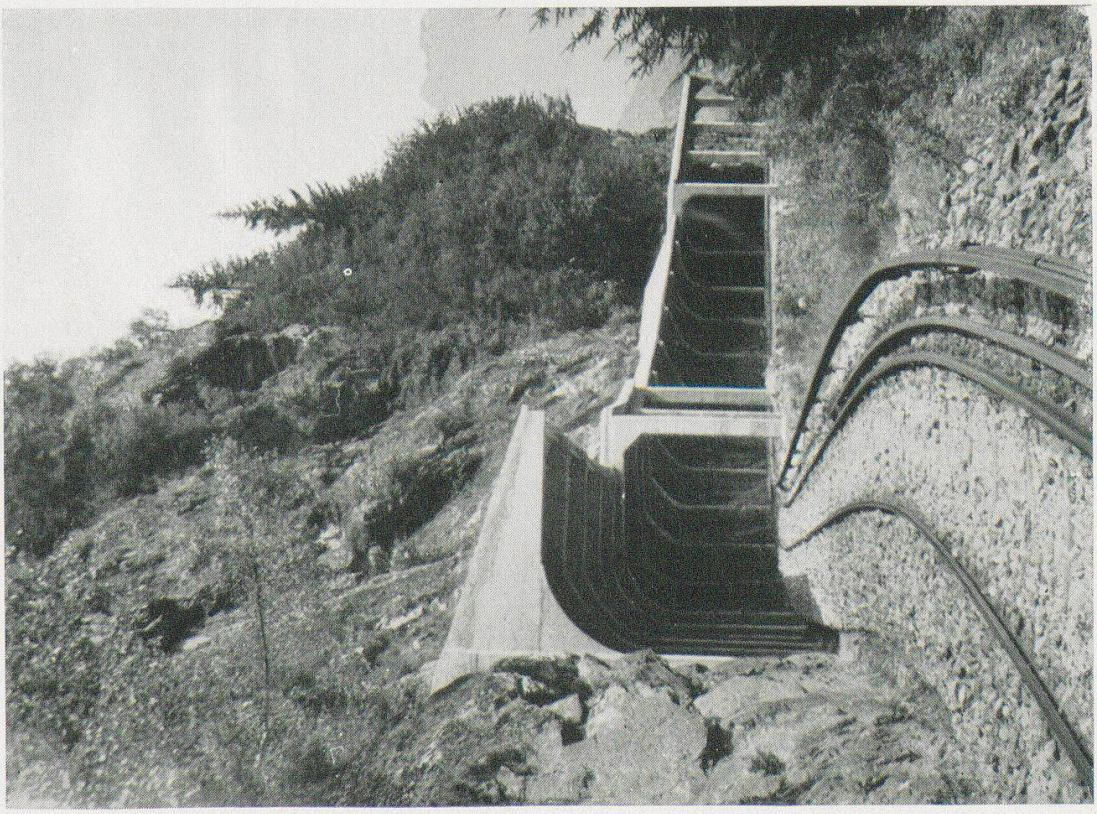

Photo P. Brunner.

Bild 6.
Die Linie Martigny-Châtelard an der Wand der Trientschlucht bei Finhaut. Neue, an den Fels *angelehnte Schutzgalerien* gegen Stein- und Eisschlag.

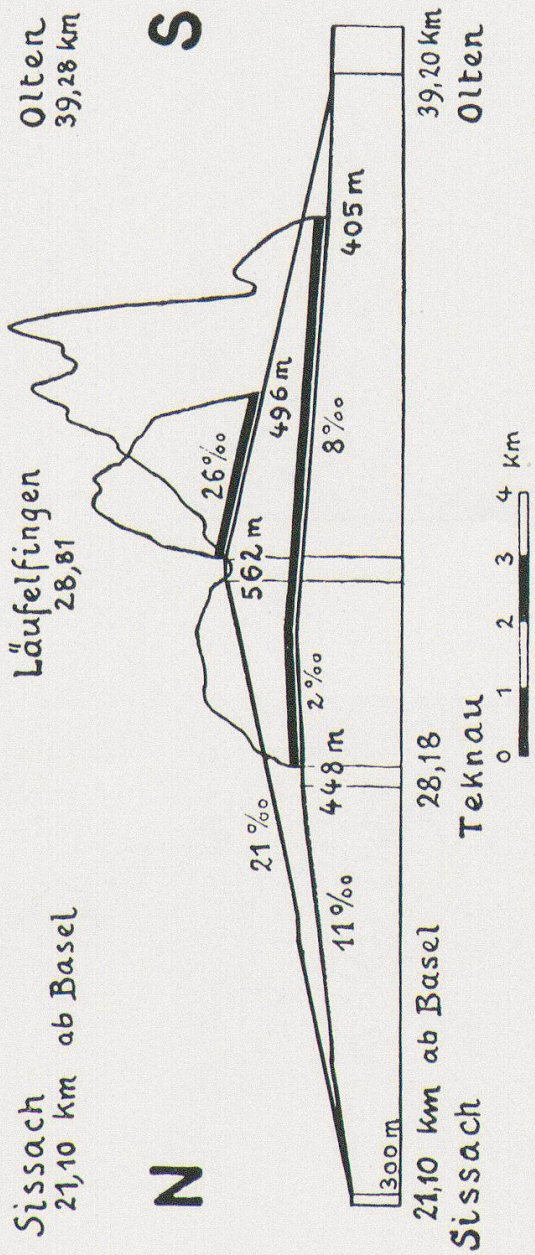

Bild 11. *Scheitel- und Basistunnel.* Längsprofil durch den Hauenstein.

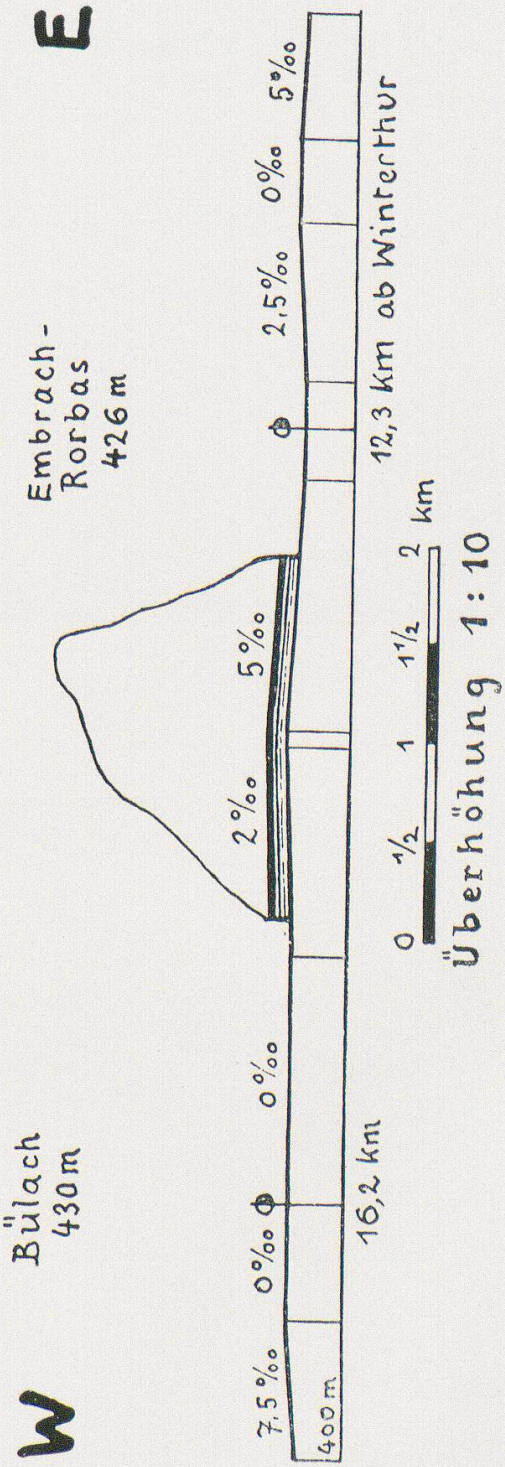

Bild 12. Längsprofil eines reinen *Basistunnels* (Dettenberg).

Photo P. Brunner.

Bild 18.
Der nur 22 m lange *Sporn-Spitzentunnel* «des Blaches» bei Beaurières (Drôme).
Linie Livron—Briançon.

Photo Oddoux, Grenoble.

Bild 20.

Wandstrecke der Bahn St-Georges—La Mure in der Schlucht des Drac (Dauphiné). Links Wand-, rechts Sporn-Wandtunnel, dazwischen Lehnenviadukte. Höhe über dem Fluß 350—400 m.