

# Prognosen und Befund beim Hauensteinbasistunnel

Autor(en): **Buxtorf, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **14 (1917)**

PDF erstellt am: **01.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-171852>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

# Prognosen und Befund beim Hauensteinbasistunnel.\*

Mit 1 Tafel.

Von Prof. A. Buxtorf  
in Basel.

## Einleitung.

In der Geschichte der geologischen Erforschung des schweizerischen Juragebirges werden die Jahre 1911—1914 immer eine ganz besondere Stellung einnehmen: sie sind gleichbedeutend mit einer Periode ungemein vielseitiger Bereicherung unserer Kenntnisse vom Bau dieses Gebirges. Wir verdanken diese den drei neuen Juradurchstichen des *Mont d'Or*-, des *Grenchenberg*-, und des *Hauensteinbasistunnels*, deren Erstellung in eben diesen kurzen Zeitabschnitt fällt. Von entscheidender Bedeutung ist dabei nicht nur der Umstand, daß jeder der drei Tunnel an Länge die früher erstellten um ein Vielfaches übertrifft, sondern daß sie drei Juraabschnitte durchqueren, die schon äußerlich beurteilt einen ganz andern Bauplan erkennen lassen.

Der *Mont d'Or-Tunnel* (Länge 6099 m) durchsticht zwischen Rochejean und Vallorbe die ein breites, eingedrücktes Gewölbe bildende *Kette des Mont Risoux—Mont d'Or* (Höhe 1463 m).

Der *Grenchenbergtunnel* (mit 8565 m der längste Juradurchstich überhaupt) führt zwischen Moutier und Grenchen durch *zwei* sehr kompliziert gefaltete *Juraketten*: die des *Grenchenbergs* (-*Weißensteins*, Höhe 1400 m) und die des *Graitery* (Höhe 1250 m) und unterfährt das zwischen diesen beiden Ketten liegende *Muldental des Chaluet*.

Der *Hauensteinbasistunnel* (Länge 8135 m) endlich bietet insofern wieder neue Verhältnisse, als nur sein *südlicher* Teil dem

---

\* Die nachfolgende Arbeit ist — abgesehen von der „Einleitung“ und den „Orientierenden Bemerkungen“ — fast unverändert übernommen worden aus einer größeren Abhandlung, betitelt: „Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letztern für die Geologie des Juragebirges (mit 4 Tafeln)“, die vor kurzem in Band XXVII der *Verh. der Naturf. Ges. in Basel* erschienen ist. Diese umfassendere Arbeit kann auch als Separatabzug vom Kommissionsverlag, Buchhandlung Georg in Basel bezogen werden. (Preis Fr. 3. —.)

eigentlichen *Kettenjura* angehört, während seine etwas längere nördliche Hälfte schon ins Plateaugebiet des *Basler Tafeljura* fällt.

Der Geologie ist bei allen diesen Bauten nicht nur die Rolle zugewiesen worden die *Befunde* in allen Einzelheiten festzuhalten, sondern sie hatte auch die bedeutsame Aufgabe, jeweils *prognostische Profile* zu liefern.

Für den einen der drei Durchstiche, den *Hauensteinbasistunnel*, soll nun im folgenden das *Verhältnis von Prognose und Befund* einer kurzen, kritischen Besprechung unterworfen werden. Leitend ist dabei nicht etwa bloß die Annahme, es möchte in den Kreisen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft ein spezielles, lokales Interesse für die Geologie dieses Tunnels vorhanden sein. Der eigentliche Grund liegt vielmehr tiefer und ist geknüpft an den Namen des im Mai 1915 dahingegangenen Juraforschers Prof. *Fritz Mühlberg*, des langjährigen Präsidenten der Naturf. Ges. des Aargaus.

Es ist hier nicht der Ort, die Bedeutung Prof. *Mühlbergs* als Jurageologe einer nähern Würdigung zu unterziehen. Soviel aber muß an dieser Stelle gesagt werden, daß, seit sich Prof. *Mühlberg* in den siebziger und achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts den Problemen der Jurageologie zugewandt hatte, vor allem das *Hauensteingebiet* es war, das ihn wegen der Komplikation seines Gebirgsbaus am intensivsten beschäftigte. Schritt für Schritt hat er in jahrzehntelanger mühevoller Arbeit an der Lösung der Probleme dieses Gebiets gearbeitet. Die 1914 von der Schweiz. geol. Kommission herausgegebene „Geologische Karte des Hauensteingebietes“ stellt zusammen mit den erst 1915 erschienenen zugehörigen „Profilen“ die letzte Arbeit dar, die wir Prof. *Mühlbergs* unermüdlichem Schaffen zu verdanken haben.

Seine genaue Kenntnis des Hauensteingebietes ließ es ganz natürlich erscheinen, daß Prof. *Mühlberg* s. Z. von der Generaldirektion der Schweiz. Bundesbahnen herangezogen wurde, als es sich in den Jahren 1909 und 1910 darum handelte, die geologischen Vorstudien für den Bau des Hauensteinbasistunnels durchzuführen. Die Schweiz. Bundesbahnen haben Ende 1910 dieses „Geologische Gutachten über den projektierten Hauensteinbasistunnel“ in etwas gekürzter Form, aber begleitet von einem prognostischen Tunnelprofil 1:25,000 und einer stratigraphischen Profiltafel im Druck herausgegeben und es stellt so diese Abhandlung Prof. *Mühlbergs* die erste und offizielle Prognose für den Hauensteinbasistunnel dar. Auf den Inhalt derselben werden wir unten kurz einzutreten haben.

Später sind dann auf Veranlassung von Bauinteressenten auch vom Verfasser dieser Arbeit ähnliche prognostische Untersuchungen unternommen worden, sodaß bei Baubeginn zwei prognostische geologische Profile (Fig. 1 und 2 der beigegeführten Tafel) vorlagen. Im nachfolgenden sollen diese nun mit dem *Befund* verglichen werden, wie er von mir im Auftrage der Generaldirektion der S. B. B. während des Baus schrittweise festgestellt worden ist.

Es liegt in der Natur der Dinge, daß bei einem derartigen Vergleich vor allem die *Abweichungen* zwischen Prognose und Befund unser Interesse beanspruchen. So erfreulich an sich bestätigende Befunde für die Geologie sein mögen, so liegt doch gerade im *Versagen* der Prognose der eigentliche wissenschaftliche Fortschritt begründet. Erst wenn wir auf Unerwartetes oder gar Unbekanntes stoßen, sind wir gezwungen unsere altergebrachten Anschauungen von neuem zu prüfen, damit aber setzt die Weiterentwicklung unserer Erkenntnisse ein.

---

## A. Orientierende Bemerkungen über die prognostischen Profile.

(Vergl. Fig. 1 und 2 der beigegeführten Tafel.)

Bei der prognostischen Beurteilung des geologischen Baus des Hauensteinbasistunnelgebietes lagen im großen und ganzen ungewöhnlich günstige Verhältnisse vor. Die allgemeinen Grundzüge der Tektonik sind ziemlich einfacher Natur, überdies verfügte man dank zahlreichen frühern Arbeiten, unter denen diejenigen Prof. *Mühlbergs* in erster Linie zu nennen sind, von vornherein über eine sehr gute Kenntnis der lokalen Geologie; endlich konnten auch die Befunde des alten Hauensteintunnels herangezogen werden.

So ist es nur selbstverständlich, daß die prognostischen Profile, die Prof. *Mühlberg* und *ich* — jeder ausgehend von eigenen Feldaufnahmen — entworfen haben, in den Hauptzügen gut mit einander übereinstimmen. Wer die Profile Fig. 1 und Fig. 2 der beigegeführten Tafel aufmerksam mit einander vergleicht, dem muß diese Ähnlichkeit sofort in die Augen springen.

Was zunächst die *stratigraphischen Verhältnisse* anbetrifft, so sind nach beiden Prognosen im Tunneltrace *alle Sedimente vom mittleren Muschelkalk an bis* und mit dem *untern Malm* zu erwarten. Außerdem aber stellen sich transgredierend über un-

tern Malm bzw. obern Dogger mächtige *obermiocäne Bildungen* ein, während *quartäre Ablagerungen* nur in der Nähe der Tunnelportale zu erwähnen sind.

Für den *Gebirgsbau des Tunnelgebietes* sind folgende Grundzüge bezeichnend: Die südlichen zwei Fünftel des Tunnels gehören dem *Kettenjura* an, die nördlichen drei Fünftel dem *Tafeljura*, die Trennung der beiden Abschnitte ist gegeben in der sog. „*Überschiebungszone*“.

Im *Kettenjura* sind zu unterscheiden:

- a) die Mulde der Burgfluh,
- b) der Gewölbekern zwischen Burgfluh und Dottenberg,
- c) der Südschenkel Dottenberg—Wilmatt.

Über die Interpretationen, die diese verschiedenen tektonischen Abschnitte durch Prof. *Mühlberg* und *mich* erfahren haben, orientieren im wesentlichen die Profile 1 und 2. Wer sich für weitere Einzelheiten interessiert, den verweise ich auf einen früheren Aufsatz von mir: „Die mutmaßlichen geologischen Profile des neuen Hauenstein- und Grenchenbergtunnels im Schweizer Jura“ (Verh. Naturf. Ges. Basel, Bd. XXIV, 1913).

Auch in der Deutung des *Tafeljuraabschnittes* bestehen zwischen Prof. *Mühlberg* und mir nur unbedeutende Unterschiede; dies gilt vor allem für die nördlichste Tunnelstrecke, während bei der Mulde „Auf der Egg“ und dem Sprüselgewölbe einige kleinere Abweichungen sich einstellen. Größte Reserve mußten sowohl Prof. *Mühlberg* als ich bei der Beurteilung des *Südrandes des Tafeljura* und der eigentlichen *Überschiebungszone* walten lassen. Hier konnten aus Mangel an entscheidenden Oberflächenaufschlüssen schlechterdings nur ganz vage Mutmaßungen ausgesprochen werden.

Zusammenfassend darf wohl gesagt werden, daß zwischen den prognostischen Profilen von Prof. *Mühlberg* und mir weitgehende Übereinstimmung herrscht, kleine Abweichungen finden sich eigentlich fast nur in denjenigen Abschnitten, die aus den oberflächlichen Aufschlüssen heraus nicht eindeutig bestimmt werden können, deren Beurteilung — wie ich 1913 (a. a. O. S. 238) ausführte — „vielmehr fast als Gefühls- oder Geschmackssache“ bezeichnet werden muß. Als derartige Strecken sind zu nennen:

1. der Gewölbekern zwischen Dottenberg und Burgfluh,
2. die Überschiebungszone und das direkt nördlich anschließende Stück des Tafeljura,
3. der speziellere Bau der Sprüsselfalte und der nordwärts davon liegenden Mulde.

Auf einen Punkt muß ich an dieser Stelle noch kurz hinweisen, nämlich auf die etwas verschiedene Länge der prognostischen Profile 1 und 2. Fig. 2 bezieht sich auf das definitive, 8135 m lange Trace, während Herr Prof. *Mühlberg*, wie er mir s. Z. freundlich mitteilte, ein erstbeabsichtigtes, 8245 m langes begutachtete. Später wurde unter Beibehaltung der Richtung das Nordportal etwas anders gewählt, daher die Verkürzung. Das in Fig. 1 genau wiedergegebene veröffentlichte prognostische Profil *Mühlbergs* zeigt übrigens genau nachgemessen eine Länge von ca. 8310 m, was wohl auf ein zeichnerisches Versehen zurückzuführen ist. Da ich beim Vergleich mich nur ganz ausnahmsweise der Portaldistanzen bediene, so sind diese kleinen Unterschiede bedeutungslos.

Ein mehr scheinbarer Unterschied zwischen den Prognosen mag endlich vor allem dem Nichtfachmann auffallen: Prof. *Mühlberg* gibt im Interesse leichtern Verständnisses auf seinem prognostischen Profil (Fig. 1) eine hypothetische Profilergänzung fast bis hinab zum Meeresspiegel, während mein Profil (Fig. 2) schon im Niveau 350 m ü. M. aufhört. Die erwähnte für das Tunnelprofil geltende Ähnlichkeit der prognostischen Profilkonstruktion gelangt aber sofort zum Ausdruck, sobald man den untern Teil des *Mühlbergschen* Profils mit einem weißen Papierstreifen bedeckt.

---

## B. Besprechung des Befundes.

Um den Vergleich der Prognosen mit dem *Befund* zu erleichtern, ist der letztere, so gut dies der kleine Maßstab erlaubte, in Fig. 3 zur Darstellung gelangt.

Ausgehend vom *Südportal* bis ca. 2160 m ab S. P. quert der Tunnel eine fast ganz *normale Serie* von den *Effingerschichten* bis hinab zu den *obersten Schichten der Anhydritgruppe* (Mittl. Muschelkalk). Mit den Prognosen herrscht in der Hauptsache gute Übereinstimmung, nur folgende Punkte bedürfen einer kurzen Erwähnung.

Zunächst ist auf das *lange Anhalten der Effingerschichten* hinzuweisen. Prof. *Mühlberg* vermutete ihre Untergrenze bei ca. 700 m ab Südportal, während ich sie bei ungefähr 1000 m voraussetzte; tatsächlich wurde sie erst bei 1140 m angetroffen. Es resultiert daraus eine bedeutend größere Mächtigkeit dieses Schichtkom-

plexes, als sie von mir und namentlich von Prof. *Mühlberg* vorausgesetzt worden war. Wie sofort auszuführen sein wird, ist freilich die Möglichkeit nicht ganz von der Hand zu weisen, es könnten sekundäre tektonische Ursachen die Mächtigkeit etwas stärker erscheinen lassen als sie in Wirklichkeit ist.

Auffallend ist sodann das *Nichtauftreten der in der Süddachung des Dottenbergs so deutlich erkennbaren Verwerfung*. Wer in der Lage ist, die vor kurzem (1914) erschienene „*Geologische Karte des Hauensteingebietes*“ von Prof. *Mühlberg* zu konsultieren, kann derselben entnehmen, daß die Verwerfung ca. 200 m östlich vom Tunneltrace beim Hauptrogenstein-Steinbruch von Punkt 604 besonders deutlich zu erkennen ist. Geradlinigen Verlauf vorausgesetzt, zerschneidet sie oberflächlich überm Tunnel nur noch Effingerschichten, wie dies auch auf meinem prognostischen Profil (vgl. Fig. 2) angegeben ist; in der Tiefe freilich werden auch die ältern Schichten betroffen. — Nehmen wir nun aber an, die Verwerfung biege im SW von Punkt 604 mehr in südliche Richtung ab, so ergäbe sich daraus sofort, daß sie auch im Niveau des Tunnels nur noch Effingerschichten durchsetzen kann und die ältern Schichten unberührt läßt. Dann würde sie auch die eben erwähnte, übermäßig groß erscheinende Mächtigkeit der Effingerschichten erklären. — Ich behalte mir vor, später bei der Detailbeschreibung des Tunnelprofils auf diesen Punkt zurückzukommen; vorläufig habe ich darauf verzichtet, innerhalb der Effingerschichten eine Verwerfung einzuzeichnen, obwohl ich im Tunnel mehrfach Klüfte aufgemessen habe, die sehr wohl einer südlichen Verlängerung der Dottenberg-Verwerfung angehören könnten.

Was das *Einfallen der Verwerfungsfläche* anbetrifft, das von Prof. *Mühlberg* als *lotrecht*, von mir als *nordwärts geneigt* angenommen wird, so darf ich wohl beiläufig darauf hinweisen, daß in den kürzlich erschienenen „*Geologischen Profilen durch das Hauensteingebiet*“ Prof. *Mühlberg* meiner Auffassung beigepflichtet hat (vergl. Profil 4 der erwähnten Serie).

Während die Prognosen die *Dottenbergserie* als *gleichförmig geneigte Schichtplatte* darstellen, hat der Tunnelbau ergeben, daß sich *in der Tiefe eine leicht geschwungene Wellung* deutlich ausprägt, die jedenfalls in Beziehung zu bringen ist zu der kleinen Aufwölbung von oberm Muschelkalkdolomit, die bei 2020 m eben noch in den Tunnel aufragt. Der Nordschenkel derselben ist steilstehend, zertrümmert und reduziert. — Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich diese Aufwölbung und Wellung mit dem

Ostende der nördlich Trimbach untertauchenden *Farisbergkette* in direkten Zusammenhang bringe, im besondern mit dem kleinen sekundären Keuper-Liasgewölbe von Ober-Erlimoos.\*

Wesentliche Unterschiede ergaben sich für den Abschnitt des *Gewölbekerns zwischen Dottenberg und Burgfluh*. Während Prof. *Mühlberg* einen ziemlich breiten Muschelkalkkern annahm und sogar die Möglichkeit erwog, es könnten sich im innersten Kern noch „Aufgeschürfte Materialien“ finden, setzte *ich* einen viel enger gepreßten Kern voraus und vertrat auch die Ansicht, es sei die Dottenbergserie auf den Südrand der Burgfluhmulde überschoben. — Vergleichen wir die drei Profile der Tafel I miteinander, so zeigt sich, daß in den großen Zügen eher die letztere Annahme eingetroffen ist; im Detail freilich lagen zwischen Dottenberg- und Burgfluhserie sehr komplizierte Verhältnisse vor, die in keiner Weise hätten vorausgesehen werden können. Folgendes war nämlich zu beobachten:

Unter den Gipsen der Anhydritgruppe der Dottenbergserie und von diesen getrennt durch eine *Überschiebung* erschien bei 2160 m *Gipskeuper*, normal unterteuft von *Trigonodusdolomit*. Letzterer zeigt in seiner nördlichsten Partie Andeutung einer ganz *flachen gewölbeartigen Biegung*, wird dann aber nordwärts scharf abgeschnitten und stößt bei 2242 m unvermittelt an steilstehenden Gipskeuper; der *Trigonodusdolomit* erscheint dabei auf die Köpfe der Keuperschichten *hinaufgeschoben*. Die steilstehenden Keuperschichten halten nur an bis 2275 m ab S. P., dann stellen sich nach scharfer, unter  $53^{\circ}$  nach Süden einfallender *Überschiebungsfläche* die zur Burgfluh gehörenden *Opalinustone* ein.

Die ganze Art des Auftretens des *Trigonodusdolomits* deutet darauf hin, daß derselbe als *Kopf einer Muschelkalkschuppe* gedeutet werden muß, die freilich nirgends oberflächlich ausstreicht. Mit den bekannten Muschelkalkschuppen des alten Hauensteins dürfen wir sie aber nicht in Beziehung bringen, diese liegen tektonisch nördlicher und werden — wie Prof. *Mühlbergs* Hauensteinkarte sehr schön erkennen läßt — vom Muschelkalk der Dottenbergserie getrennt durch den Jura-Keuperzug Burgfluh-Fluhberg-Rütiboden.

---

\* Man vergleiche Prof. *Mühlbergs* Hauensteinkarte und -Profile; Nr. 5 und 6 der letztern haben meine Tunnelbefunde mitverwertet. Freilich vermisse ich in Nr. 7 und 8 eine entsprechende Faltung der Muschelkalk-Keuperserie, die, wie ich vermute, zu dem Gewölbe nördlich Unter-Erlimoos (Nr. 9) hinüberleiten würde.

Was die zwischen Dottenberg- und Burgfluhserie auftretenden Keupermassen anbetrifft, so bilden sie in ihrem untern und südlichen Teil deutlich das normale Hangende zum Trigonodusdolomit des Schuppenkopfes, d. h. gehören mit zur intermediären Schuppenserie. Dagegen kann der dem Trigonodusdolomit nördlich vorgelagerte Keuper sehr wohl ursprünglich mit der Burgfluh in Beziehung gestanden haben und wäre dann als stark verschürfter Rest eines Keupersüdschenkels der Burgfluhmulde zu deuten. Eine Trennung der beiden Anteile ist freilich nicht durchzuführen, vielmehr kommt diesem Keuper in seinen mittlern Abschnitten und hinauf bis zur Oberfläche mehr und mehr die Rolle einer einheitlichen, zwischen Burgfluh- und Dottenbergserie verschürften Masse zu: ein Verhalten, das sich aus der weichen plastischen Natur der Keupersedimente ohne weiteres erklärt.

An der nordwärts anschließenden Burgfluhserie ist von Bedeutung das Fehlen eines Muldensüdschenkels im Niveau des Tunnels. In prinzipieller Übereinstimmung war in beiden prognostischen Profilen (Fig. 1 und 2) angenommen worden, der Tunnel würde unter der Burgfluh als Jüngstes nur eine mehr oder minder breite Keupermulde durchfahren. Statt dessen folgten zwischen 2264 und 2315 m stark gequetschte, von Rutschflächen durchsetzte Opalinustone, hierauf bis 2412 m ein Normalprofil des Lias, und dann in normaler Folge Keuper und Muschelkalk. Will man nicht — wie dies oben angedeutet worden ist — den zwischen Trigonodusdolomit und Opalinuston auftretenden, verschürften Keuper als Andeutung eines Muldensüdschenkels auffassen, so ist im Tunnel keine Spur eines solchen nachzuweisen. Statt nach Süden zu sich aufzurichten wie die Prognosen vorgesehen hatten, stechen vielmehr Lias und Opalinustone südwärts abbiegend in die Tiefe, nach Süden unvermittelt an Keuper stoßend.

Dieser Befund ist von allgemeinerem Interesse: er zeigt uns mit aller Deutlichkeit, daß bei der Entstehung der Juraketten nicht bloß — wie dies gewöhnlich geschieht — mit Faltung und Faltenüberschiebungen und daraus resultierenden Ausquetschungen gerechnet werden darf, sondern auch streichende Brüche, die freilich nicht immer die ganze Schichtserie einheitlich zu durchsetzen brauchen, eine Rolle spielen; vor allem gilt dies m. E. für die Ketten des Basler und Aargauerjura. Dabei darf in unserm Fall aber nicht übersehen werden, daß überm Tunneltrace gegen die Oberfläche zu der Südschenkel der Burg-

fluhmulde — obwohl stark reduziert — doch immerhin durch Liaslinsen, Opalinustone und untern Dogger angedeutet ist; erst der massige Hauptrogenstein erscheint wieder nach Süden zu scharf abgeschnitten. Es resultiert also eine sehr interessante Kombination von Faltung einerseits und Bruchüberschiebung andererseits; daß dabei die lithologische Beschaffenheit der einzelnen Glieder der Sedimentserie von grundlegender Bedeutung ist, geht aus dem oben Gesagten zur Genüge hervor.

Über die *Verhältnisse an der Überschiebung* bei 3322 m ab S. P. habe ich mich schon im „Bericht über den Besuch des Hauensteinbasistunnels durch die Schweizerische geolog. Gesellschaft“ näher geäußert (vgl. Ecl. geol. Helv. Bd. XIII, p. 356); einzelne der dort gemachten Angaben sind darum — gekennzeichnet durch Anführungszeichen — in den nachfolgenden Text übernommen worden.

Der Einfluß der Überschiebung macht sich schon in den obern Schichten der Anhydritgruppe durch das Auftreten zahlreicher Stauchungsfältelungen zwischen 3140 und 3180 m geltend; freilich sind diese vor allem wohl dadurch entstanden, daß der starre obere Muschelkalk sich nach andern Gesetzen bewegte und vielleicht sogar auch zeitlich noch etwas länger nordwärts geschoben wurde als die unterlagernde, leicht faltbare Anhydritgruppe. „Mit der Annäherung an die Überschiebung mehren sich dann die Rutsch- und Gleitflächen.“ „Die Überschiebung selber stellt sich bei rund 3322 m ab Südportal ein und zeigt flaches Südfallen. In ihrer Nähe beobachtet man zwischen Anhydritgruppe und Tertiär an einzelnen Stellen — so besonders auf der Tunnelostseite — wenig mächtige, von Rutschflächen allseitig durchsetzte Schichtpakete von grünlich-grauen, gipsführenden Mergeln, ferner Linsen von teilweise verkieseltem Kalk und Dolomit, die wahrscheinlich als verschürfte Fetzen von Keuper und Muschelkalk zu deuten sind.“ Auch Unter-Dogger- und Liasgesteine scheinen vertreten zu sein. Alle diese Massen „entsprechen den «aufgeschürften Materialien» der prognostischen Profile. Das tertiäre (obermiocäne) Alter der anstoßenden grauen Kalkmergel wird belegt durch das Auftreten konglomeratischer Linsen, namentlich aber durch den allmählichen Übergang des Gesteins in die typischen rotbraunen Mergel, wie sie für das Obermiocän des Tafeljura charakteristisch sind.“

Soweit der Befund. Auf einen nähern Vergleich mit den Prognosen einzutreten, dürfen wir uns in diesem Fall ersparen.

Sowohl Prof. *Mühlberg* als *ich* rechneten mit dem Vorhandensein „*Aufgeschürfter Materialien*“ im Bereich der Überschiebungszone, ohne freilich über deren Mächtigkeit irgendwelche Angaben machen zu können. Auch die Möglichkeit ihres vollständigen Fehlens wurde von uns beiden in Erwägung gezogen. Tatsächlich ist denn auch ihre Mächtigkeit eine derart geringe ( $\frac{1}{2}$  bis 6 m), daß sie auf Fig. 3 überhaupt nicht berücksichtigt werden konnten.\*

Wichtiger als alles dieses Detail ist dagegen die Tatsache, daß die Überschiebung ziemlich genau sich da eingestellt hat, wo sie — gestützt auf die geltenden Ansichten über die allgemeinen Beziehungen von Tafel- und Kettenjura — von den Prognosen vorausgesetzt worden war. Damit hat die von *Peter Merian* erstmals angedeutete, von *Albr. Müller* und namentlich *F. Mühlberg* weiter ausgebaute Lehre, es sei die Nordstirne des Kettenjura nordwärts überschoben auf den Südrand des Tafeljura, eine außerordentlich wertvolle Bestätigung gefunden.

Bevor wir die Überschiebung verlassen, sind noch zwei Punkte zu erwähnen, die bei der theoretischen Auswertung des Hauensteinprofils für die Jurageologie im allgemeinen von größter Bedeutung sind:

Zunächst die *Mächtigkeit der Anhydritgruppe*. Ziehen wir die erwähnten Stauchungsfältelungen in Betracht, so ergibt sich für den durchfahrenen Teil der Anhydritgruppe eine Mächtigkeit von ca. 70—80 m, dann folgt die Überschiebung. Das ist aber genau der Betrag, den die gleichen Schichten draußen im Tafeljura in den Salinen des Rheintals besitzen, bevor man auf das an der Basis der Anhydritgruppe liegende *Steinsalz* stößt. Wir können also die ungemein wichtige Tatsache feststellen,

---

\* Es liegt mir daran zu betonen, daß ich diese „aufgeschürften Materialien“ durchaus nicht etwa allgemein als *reduzierten Mittelschenkel* aufgefaßt wissen will, wie dies gelegentlich geschieht (so z. B. auch kürzlich wieder von *Alb. Heim*: „Vermehrtes Licht in der Juraforschung“, Actes Soc. helv. sc. nat., Genève 1915, II<sup>ème</sup> partie, S. 36). Ausdrücklich hat Prof. *Mühlberg* noch im Hauenstein-Gutachten hervorgehoben, daß diese Schollen stellenweise deutlich *normale* Lagerung erkennen lassen; sie können darum unmöglich samt und sonders als Mittelschenkel bezeichnet werden, die Aufeinanderfolge müßte ja dann eine *verkehrte* sein. In richtiger Erkenntnis dieser Verhältnisse hat Prof. *Mühlberg* denn auch die treffliche „neutrale“ Bezeichnung „*Aufgeschürfte Materialien*“ gewählt; meines Erachtens ist die Hauptmasse derselben als Gesteinsmaterial zu bezeichnen, das von den beidseitig an die Überschiebung angrenzenden Gesteinen (besonders den plastischen Schichtgliedern) abgeschürft ist, eventuell auch vom Südrand des Tafeljura, den wir uns freilich nicht notwendigerweise allerorts als aufgestülpt vorzustellen brauchen (siehe unten).

daß die überschobene Sedimentserie da abreißt, wo der Steinsalzhorizont kommen sollte.

In diesem Zusammenhang ist es nun von größtem Interesse, daß in den aufgeschürften Materialien auch geringste Spuren von Salz enthalten sind. Zuerst machten mich die Tunnelarbeiter darauf aufmerksam, daß an dieser Stelle der beim Sprengen erzeugte Gesteinsstaub ganz leicht salzig schmecke; später zeigten sich dann an feuchten Stellen ganz schwache Salzausblühungen. Analysen werden darüber später weiteren Aufschluß erteilen. Es bestätigen aber diese kleinsten Spuren in erwünschter Weise den aus der Mächtigkeit abgeleiteten Schluß, daß die Überschiebung an der Obergrenze des Salzhorizontes oder in diesem selber sich abgespielt habe.

Mit dem Durchfahren der Überschiebung bewegt sich der Tunnel im südlichsten Teil des Tafeljura. Auch für diese Strecke konnte aus den spärlichen oberflächlichen Aufschlüssen eine sichere Prognose nicht abgeleitet werden. Prof. Mühlberg zeichnet im Profil (Fig. 1) eine Aufstülpung des Tafeljurasüdrandes, erwähnt im Text aber auch die Möglichkeit, es könnten die Tertiärschichten von Hottenried bis ins Tunneltrace hinabreichen. Letzteres erschien mir a priori als das Wahrscheinlichste und dementsprechend entwarf ich auch das prognostische Profil (vergl. Fig. 2).

Dieser Fall ist im Prinzip auch eingetroffen, allein es zeigten sich hier sehr interessante Abweichungen und zwar nach zwei Richtungen hin.

Während die Prognosen eine flache, muldenförmige Lagerung des Tertiärs voraussetzten, ergab sich dagegen, daß die obermiocänen Mergel und Konglomeratbänke in der der Überschiebung benachbarten Strecke ein sehr deutliches südliches Einfallen von durchschnittlich 25° aufweisen, erst im Fortschreiten nach Norden zu wurde die Neigung geringer, um schließlich nur noch wenig von der Horizontalen abzuweichen. Da die Neigung der südlichen Miocänschichten somit fast parallel geht mit der Überschiebungsfläche, so ergibt sich daraus ohne weiteres ein sehr tiefes Einstecken der Tertiärzone bis weit unter das Tunneltrace hinab, gleichzeitig ist ein leichtes flexurartiges Abbiegen der Tertiärschichten unverkennbar.

Was dieses auffällige Abbiegen anbetrifft, so wäre denkbar, daß sich dasselbe in direktem Anschluß an die Ablagerung des Obermiocäns und noch vor der Überschiebung des Kettenjura hätte herausbilden können. Allein ich möchte doch viel eher

die Auffassung vertreten, es sei diese leichte Flexur erst erzeugt worden unter dem Einflusse der Juraketten, besonders unter dem allgemeinen stauenden Druck, der von Süden her auf das Südende des Tafeljura wirkte.

Jedenfalls ist wichtig hervorzuheben, daß von irgend einer *Aufstülpung des Südrandes des Tafeljura im Tunneltrace nicht die geringste Andeutung* vorhanden ist, und ich möchte es bezweifeln, daß im Hauensteingebiet auch in noch *größerer* Tiefe eine solche statthat.

Im Hinblick hierauf kann ich darum auch nicht allen *Mühlbergschen* „Geol. Profilen durch das Hauensteingebiet“ ohne weiteres beipflichten. Prof. 5 und 6 verwerten — freilich etwas modifiziert — meine Tunnelbefunde, allein schon die nächstfolgenden (Nr. 7, 8, 9 etc.) zeigen wieder die beliebte Rückstülpung, obwohl dafür oberflächlich keinerlei entscheidende Anhaltspunkte vorliegen. Auch *Alb. Heim* (S. 36 der oben S. 96 genannten Arbeit) spricht von einem zurückgestülpten Tafeljurasüdrand, der sich ausdünnend in der Überschiebungsfläche auskeile. Demgegenüber möchte ich aber nachdrücklich darauf hinweisen, daß ich aus dem ganzen Überschiebungsgebiet des Basler Jura nicht eine einzige Stelle kenne, welche einwandfrei ein derartiges Verhalten demonstrieren würde. Wenn der Tafeljurasüdrand in Profilen meist aufgestülpt gezeichnet wird — auch frühere von mir entworfene Profile vertraten diese Ansicht — so geschieht dies lediglich, weil das Schema der liegenden Falte (mit dem reduzierten verkehrten Mittelschenkel) in bestechender Weise den Verhältnissen gerecht zu werden scheint. Die Befunde im Hauensteinbasistunnel, dem tiefsten Aufschluß, den wir vom Südabschnitt des Tafeljura im Gebiet größter Überschiebung besitzen, haben aber diesen Anschauungen in keiner Weise recht gegeben.

Eine andere, nicht minder interessante Abweichung betrifft den *Schichtverband des Tertiärs mit seiner Unterlage*, den ich schon in meinem oben erwähnten Bericht über den Tunnelbesuch der Schweiz. geol. Gesellschaft kurz geschildert habe (Ecl. geol. Helv. Bd. XIII, 357—58); der Vollständigkeit halber gebe ich die damalige Darstellung auszugsweise hier wieder. Folgendes war zu beobachten:

Die Miocänschichten, vorwiegend rotbraune Mergel mit spärlichen sandigen oder konglomeratischen Einlagerungen, halten an bis 3700 m ab Südportal. Hier „erscheinen dann aber in der Tunnelsohle als erste Unterlage des Tertiärs die Effinger-

schichten, welche bis 3780 m anhalten; hierauf stellen sich ca.  $\frac{1}{2}$  m mächtige Birmenstorferschichten ein. Die anschließende Strecke der Tunnelsohle von 3780 bis 3870 wird durch das vorwiegend tonige Callovien eingenommen, worauf bis 3900 m die Variansschichten folgen,“ unterteuft vom Hauptrogenstein. „Das ganze Profil: Effinger- bis Variansschichten zeigt ein durchschnittliches südöstliches Einfallen von gegen  $20^{\circ}$ . Diese Schichten streichen aber nicht hinauf bis in die Tunnelfirste, sondern werden in wechselnder Höhe diskordant überlagert von tertiären Gesteinen, welche sich ununterbrochen in der Tunnelfirste verfolgen lassen. Ein glücklicher Zufall wollte es also, daß der Tunnel uns auf einer ca. 200 m langen Strecke die unregelmäßige Transgressionsfläche des Tertiärs über Juraschichten zugänglich gemacht hat! Erst bei 3900 m streicht die schwach nordwärts ansteigende Überlagerungsfläche aus dem Tunnelprofil heraus.“

Ich behalte es mir vor, diesen interessanten Befund in einer für später vorgesehenen Detailbeschreibung des Hauensteinbistunnels näher zu diskutieren. „Nur kurz sei darauf hingewiesen, daß also der Südrand des Tafeljura in der Nähe der sog. Mont-terrible-Linie ein ziemlich ausgeprägtes Abbiegen seiner Schichten zu stärkerem Südfallen erkennen läßt. Über diesen südfallenden Schichten ruht mit viel schwächerem Südfallen diskordant das Tertiär, das seinerseits“ vom später entstandenen „Kettenjura überschoben wird.“

Es liegt somit im Südrand des Tafeljura ein Gebiet vor, das schon in vormiocäner (genauer gesagt vorobermiocäner) Zeit Tendenz zu südlichem Absinken aufgewiesen hat; als ein späteres Wiederaufleben dieser Bewegung könnte das früher (S. 97) beschriebene leicht flexurartige Abbiegen des Obermiocäns aufgefaßt werden; freilich hat sich dieses doch viel eher erst im Zusammenhang mit der Jurafaltung herausgebildet.

„Auch auf folgenden Punkt mag noch hingewiesen werden: Innerhalb der Transgressionsfläche bilden die harten kalkigen untern Effingerschichten einen ausgeprägten Rücken, der für die basalen Teile des nördlich und südlich angrenzenden Tertiärs ausgeprägte facielle Verschiedenheit bedingt. Südlich des Effingerrückens wird die Tertiärbasis von sandigen Mergeln gebildet, nördlich davon aber schieben sich zwischen das Callovien und die Tertiärmergel noch grobe Basalkonglomerate ein. Als Komponenten führen diese zunächst alle in der Nähe anstehenden Gesteine vom Rogenstein an bis zum untern Malm, daneben

aber auch helle Quarzite und außerdem sehr selten Granitgerölle. Diese letztern Gerölle zeigen, daß diese Konglomerate nicht verglichen werden dürfen mit den anderorts im Tafeljura auftretenden eocänen Basalkonglomeraten, die sich lediglich aus Rollsteinen der Unterlage zusammensetzen. Auch mit der Juranagelfluh dürfen sie schon der abweichenden stratigraphischen Stellung wegen nicht in Parallele gesetzt werden. Vermutlich haben wir es mit einer lokalen, uns neuen Konglomeratbildung zu tun, die wegen ihres engen Schichtverbandes mit obermiocänen Mergeln wahrscheinlich selber noch zum Obermiocän zu stellen ist. Die Beimengung von Quarziten und Graniten weist auf gewisse Beziehungen zu den vindobonischen Nagelfluheinlagerungen im nahen Mittelland und ist vielleicht so zu deuten, daß Vindobonienmaterial mit im Basalkonglomerat verarbeitet worden ist. — Die Konglomerate selber als Vindobonien zu deuten, liegt kein Grund vor. Der Schichtverband spricht dagegen, ebenso auch das Fehlen von Versteinerungen. Was an solchen im Konglomerat gesammelt wurde, entstammt der Unterlage, besonders dem Callovien und liegt auf sekundärer Lagerstätte.“

Es ist hier nicht der Ort, noch näher auf diese eigenartigen, in mancher Hinsicht ganz rätselhaften Konglomerate einzutreten. Ich messe dem Gesagten nur den Wert einer vorläufigen Meinungsäußerung bei, vielleicht gelingt es mir, nach weiterer Prüfung des Materials und nochmaligen Begehungen im Felde einer definitiven Deutung näher zu kommen.

Verfolgen wir das Tunnelprofil weiter:

Der *obere Haupttrogenstein*, der bei 3900 m unter den Variansschichten auftaucht, zeigt lokal eine *auffällige flexurartige Knickung*, verknüpft mit teilweise recht steilem südlichem Einfallen. Der anschließende *untere Haupttrogenstein* legt sich dann aber sehr rasch wieder flach und zeigt schwaches Südostfallen.

Bei 4250 m quert eine NE-streichende, steil N-fallende *Verwerfung* den Tunnel und versenkt die untersten Variansschichten vor die Köpfe des untern Haupttrogensteins! Infolge der südlichen Neigung der Schichten tritt nördlich unter den Variansschichten sehr bald wieder der obere Haupttrogenstein hervor. Dann aber folgt zwischen 4455 m und dem Ventilationsschacht ein prachtvoller kleiner *konvergierender Keilgraben*, dessen Ausfüllung im Tunnelniveau von Varians- und Callovienschichten gebildet wird. An den beidseitigen Rändern steht flachliegen-

der oberer Hauptrogenstein an. Die den Graben begrenzenden Verwerfungsflächen zeigen auch in diesem Fall NE-streichen. Ihr Einfallen gegen den Graben zu konnte einwandfrei gemessen werden, besonders deutlich bei der nördlichen Verwerfung. Ein Zufall wollte es nämlich, daß der Ventilationsschacht, dessen Bau begonnen worden war, *bevor* der Stollenvortrieb diesen Abschnitt erreicht hatte, in seinem untersten Abschnitt die Verwerfungsfläche prachtvoll freilegte.

Das Auftreten der beschriebenen drei Verwerfungen, im besondern ihr Zusammentreten zu einem Grabenbruch, ist insofern von größtem Interesse, als sich darin eine tektonische Eigentümlichkeit zeigt, die für den Basler Tafeljura, den Dinkelberg, ja sogar auch für das Tertiär des Rheintalgrabens und den anstoßenden Pfirter- und Elsgauerjura bezeichnend ist. Während es freilich in allen den genannten Gebieten nicht häufig möglich ist, die Neigung der Verwerfungsflächen, im besondern die *Keilform der Gräben*, wie ich sie für den Tafeljura erstmals 1901 (Gelterkinden) zeichnete, zu beweisen, lagen dagegen im Hauensteinbasistunnel ungemein klare Verhältnisse vor. Am eben beschriebenen Graben sowie an einem andern in der Nähe des Nordportals ließ sich die Neigung der Verwerfungsflächen gegen den Graben zu übereinstimmend auf  $70^\circ$  bestimmen. Die Abweichung von der Vertikalen ist somit eine recht beträchtliche. Wenn s. Z. versucht worden ist, die Keilform der Gräben als seltenen Ausnahmefall darzustellen, so steht dies mit allen unsern neuern Erfahrungen im Widerspruch und bedarf keiner Widerlegung mehr. Daß im übrigen die Entstehung dieser konvergierenden Keilgräben ein ungemein schwieriges tektonisches Problem darstellt, sei hier bloß angedeutet; näher darauf einzutreten ist hier nicht der Ort.

Nur auf eine Eigentümlichkeit sei noch kurz verwiesen: ich meine die *Stauchungserscheinungen innerhalb der Grabenausfüllung*. In den Callovientonen und Variansschichten des Grabens ließen sich nämlich im Tunnel eine ganze Reihe von kleinen schief nordwärts ansteigenden Brüchen erkennen, längs welchen immer von Süden her die ältern Schichten auf die jüngern aufgeschoben erschienen. In Fig. 3 konnten diese Störungen nur durch zwei ganz kleine südfallende Strichlein angedeutet werden. Da die Richtung der Verschiebungsflächen und der Sinn der Bewegung genau dieselben sind wie an der Kettenjuraüberschiebung, so gehe ich wohl nicht fehl, wenn ich mir diese Zusammenstauchung der weichen Schichten des Grabens ent-

standen denke durch den Druck, den der Kettenjura auf sein nördliches Vorland ausgeübt hat.

Auf das *Profil des Ventilationschachtes* trete ich nicht näher ein. Nach Durchfahung der rund 15 m mächtigen Quartärdecke, stellten sich bis auf 73 m Tiefe tertiäre Bildungen ein (obermiocäne Mergel und Süßwasserkalke, zuletzt [? eocäne] Basalkonglomerate). In der jurassischen Unterlage folgte dann ein ausgezeichnetes Profil durch die Schichtserie des Grabenbruches, gehend von den Effingerschichten bis ins Calovien, in der untersten Strecke wurde wie erwähnt die nördliche Verwerfung des Grabens eben noch angeschnitten.

Wenn ich im Befundprofil die Tertiär-Effingergrenze vom Schacht aus südwärts ziemlich geradlinig zur Tunnelfirste bei 3900 m ab S. P. durchgezogen habe und die Tertiärbildungen, die ich zum weitaus größten Teil dem Obermiocän zuzuzählen geneigt bin, ungestört über die Verwerfungen hinweg zeichnete, so stützte ich mich dabei auf die früher (1899 und 1901) von mir beschriebenen Verhältnisse von Tenniken und Rünenberg im nördlich benachbarten Tafeljura. Dort ließ sich nicht nur zeigen, daß die Verwerfungen sich schon in vormittelmiocäner Zeit gebildet haben, sondern auch nachweisen, daß alle durch die Verwerfungen bedingten Niveauunterschiede sehr bald wieder der Einebnung anheimgefallen sein müssen; die Miocänschichten (vom Vindobonien an) transgredieren ungestört über alle Brüche hinweg.

Diese interessanten Lagerungsbeziehungen zwischen dem Tertiär und seiner Unterlage machen es nun ohne weiteres verständlich, wenn im eben beschriebenen südlichsten Tafeljuraabschnitt nennenswerte Unterschiede zwischen dem Befund und den prognostischen Profilen hervortreten. Diese Strecke war eben schlechterdings nicht zu beurteilen. *Die oberflächlich verbreiteten, nur wenig geneigten Miocänschichten verraten nichts von der bunten Tektonik der Unterlage.* Sowohl Prof. Mühlberg als ich betonten das rein Hypothetische unserer prognostischen Profile — das meine gibt hier nur punktierte, mit Fragezeichen versehene Zeichnung —; wir rechneten auch mit der Möglichkeit tektonischer Störungen, namentlich solchen, die in Beziehungen stehen konnten zur Kettenjuraüberschiebung. Daß uns statt dessen ein Ausschnitt klassischer Tafeljuratektonik erschlossen wurde, bedeutete eine vollständige Überraschung.

Anders liegen die Verhältnisse für die nun noch zu besprechende *Tunnelstrecke Sprüsel-Nordportal*. Hier konnte die

prognostische Beurteilung die prächtigen Aufschlüsse des Eibachs südlich und nördlich von Zeglingen heranziehen.

Eine hübsche Neuigkeit bescherte uns freilich die *Sprüsselfalte*. Prof. *Mühlberg* setzte hier eine kleine, nach Norden etwas überkippte Falte voraus, *meine* Prognose rechnete mit einem ziemlich breiten Gewölbe. Statt dessen aber stellten sich *zwei Aufwölbungen* ein, eine südliche größere mit einem Kern von Blagdenischichten und eine flache nördliche. Diese Doppelung überraschte zunächst Prof. *Mühlberg* und mich sehr. Spätere Begehungen des Sprüselgebietes führten dann zum Ergebnis, daß in den Effingerschichten des Sprüselrückens und auch südlich vom Dorf Zeglingen ganz lokal muldenförmige Lagerung zu erkennen ist. Die „Hauensteinkarte“ Prof. *Mühlbergs* kennzeichnet diese Stellen durch entsprechende Fallzeichen. Da sich nun die betreffenden Aufschlüsse genau da finden, wo nach dem Tunnelbefunde die Mulde sich oberflächlich äußern muß, so ist ein direkter Zusammenhang beider Erscheinungen kaum von der Hand zu weisen. Auf Fig. 3 ist dies angedeutet. Freilich ist das Südfallen der Effingerschichten so lokal, daß weder Prof. *Mühlberg* noch *ich* vor dem Tunnelbau dieser Unregelmäßigkeit Bedeutung beimaßen.

Die merkwürdigen tertiären Konglomeratbildungen im Scheitel und auf den Flanken des Sprüsels möchte ich bei späterer Gelegenheit näher beschreiben. Prof. *Mühlberg* stellt sie unter Vorbehalt ins Eocän, während ich dieselben (1913, Fußnote S. 236) noch mit zum Obermiocän zählte. Auch hier sind weitere Untersuchungen im Felde nötig.

Daß die Sprüsselfalten durch den Druck des Kettenjura erzeugt worden sind, entspricht der allgemeinen Auffassung und braucht nicht näher ausgeführt zu werden. Wir müssen in solchen Fällen von „*Gefaltetem Tafeljura*“ sprechen.

Die anschließende *Tunnelstrecke unter Wolfgalgen bis nach Fohrenweid* hat keine nennenswerten Abweichungen ergeben. In der Muldensohle südlich Wolfgalgen liegt der Tunnel im Hauptrogenstein, Prof. *Mühlbergs* Profil trifft hier besser zu als das meinige. Unter Fohrenweid-Hinterholz dagegen, wo Prof. *Mühlberg* ein Auftauchen der Opalinustone annahm, blieb der Tunnel, entsprechend meiner Prognose, ganz in Blagdeni-Murchisonaeschichten.

Interessant sind noch einige Details im Tunnel unter *Fohrenweid*. Zunächst zeigte sich bei 1130 m ab Nordportal eine sehr deutliche *Überschiebung*. Längs einer mit ca. 20° südwärts ge-

neigten Fläche ist der südliche Schichtkomplex um einen kleinen Betrag nordwärts verschoben worden. Diese Störung verläuft mit der Kettenjuraüberschiebung parallel und gleichsinnig, ich fasse sie darum unbedenklich als deren Begleiterscheinung auf.

Zwischen 1068 und 1092 m ab N. P. ließ sich sodann ein sehr deutlicher kleiner *Keilgraben* nachweisen. Da auch dieser Grabenbruch schon vormittelmioocänen Alters sein dürfte, so ist anzunehmen, daß er überm Tunneltrace von der eben erwähnten jüngern Überschiebung gleichfalls zerschnitten wird. Es muß dann ein tektonisches Bild entstehen, wie ich es in Fig. 3 gegeben habe.

Es wird später zu prüfen sein, ob die eben beschriebenen kleinen Störungen sich auch oberflächlich nachweisen lassen. Bis jetzt blieben sie unbeachtet, was freilich nicht verwundern darf.

Die *Strecke beim Nordportal* brachte nichts Neues. Die leichte Aufwölbung unter Fohrenweid und die anschließende Mulde von Hinterholz entsprachen den Voraussagen. Zweifellos ist auch diese Wellung der Sedimenttafel noch auf den Einfluß des Kettenjura zurückzuführen.

### C. Beurteilung der prognostischen Profile.

Suchen wir zum Schluß aus allen diesen Ausführungen ein Gesamturteil über die prognostischen Profile des Hauensteinbasistunnels abzuleiten, so darf — trotz allen Abweichungen im einzelnen — gesagt werden, daß sie durch den spätern Befund eine recht weitgehende Bestätigung gefunden haben. Bald galt dies mehr für das prognostische Profil Prof. *Mühlbergs*, bald für das meine; dies zeigt ein Blick auf die beigegebene Profiltafel. Wo Differenzen sich geltend machen, da handelt es sich durchgehends um Stellen, die aus den oberflächlichen Verhältnissen heraus eben nicht näher beurteilt werden konnten. Dahin gehört der „Gewölbekern“ zwischen Dottenberg und Burgfluh und das Südende der Burgfluh „mulde“; das gilt auch für die nähern Verhältnisse in der Überschiebungszone und den angrenzenden Tafeljuraabschnitt bis zur Sprüsselfalte, nicht zuletzt für die Doppelung der Sprüsselfalte und die kleinen Störungen von Fohrenweid. Daß gerade diese Abweichungen es sind, welche eine wesentliche Bereicherung unserer Kenntnisse vom

Bau des Juragebirges ausmachen, braucht nicht näher hervorgehoben zu werden. Interessant und von allgemeinerem Interesse ist dabei der Nachweis von Kettenjuraeinflüssen im ganzen Tafeljuraabschnitt bis hinaus zum Nordportal; erst weiter nordwärts, außerhalb des Tunnelgebietes, herrscht dann reine Tafeljuratektonik.

Besonders wertvoll ist endlich der klare Aufschluß, den der Tunnel über die Verhältnisse an der Überschiebung des Kettenjura geliefert hat. Durch diesen Befund ist die von Prof. *Albr. Müller* begründete, von Prof. *Mühlberg* ausgebaute Lehre vom Überschobensein des Kettenjura-Nordrandes selbst in ihren kühnsten Voraussetzungen noch übertroffen worden. Alles deutet darauf hin, daß das Ausmaß der Überschiebung im Hauensteingebiet noch viel bedeutender ist, als früher gewagt wurde anzunehmen.

\* \* \*

Als im Dezember 1913 der Schreiber dieser Zeilen die Ehre hatte, die Schweizerische geologische Gesellschaft in den Hauensteinbasistunnel zu führen, war auch Herr Prof. *F. Mühlberg* mit unter den Teilnehmern. Unvergeßlich wird es allen damals Anwesenden bleiben, wie der greise Forscher seiner Freude Ausdruck verlieh, daß es ihm noch vergönnt gewesen sei, diesen Tunnelbau mitzuerleben und dabei viele der von ihm verfochtenen Anschauungen über Juratektonik bestätigt zu finden.

Basel, im Dezember 1916.

---

# Hauensteinbasistunnel.

Prognosen (Mühlberg & Buxtorf) und Befund (Aufnahme Buxtorf).

Fig. 1. Prognostisches Profil von F. Mühlberg 1910.

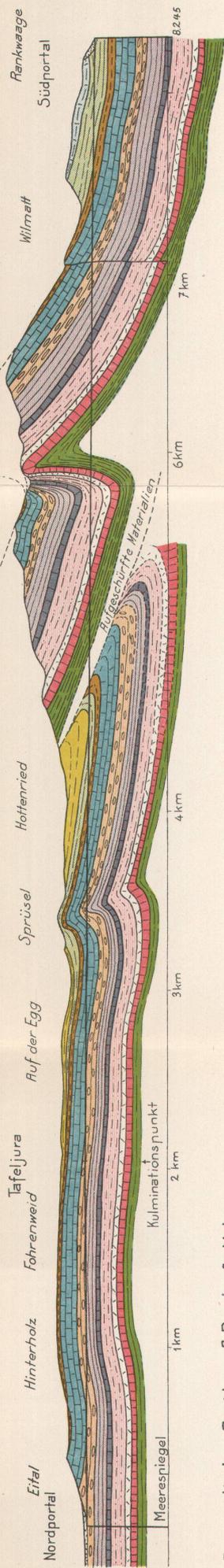


Fig. 2. Prognostisches Profil von A. Buxtorf. Mai 1911

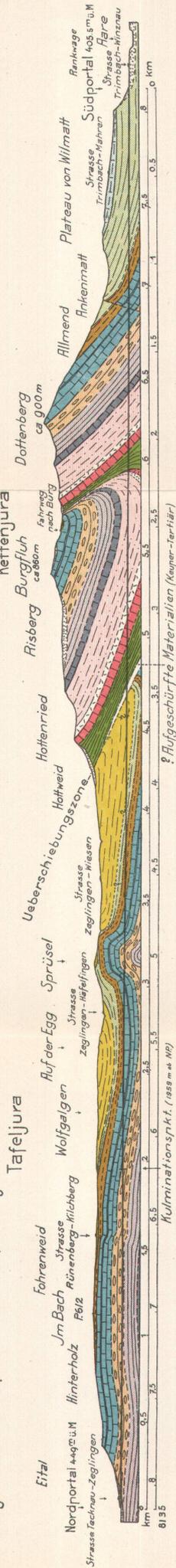
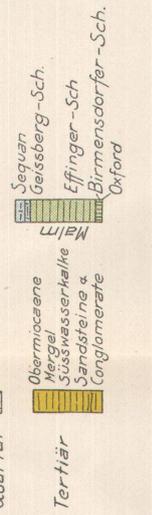
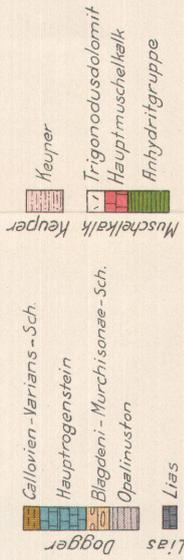
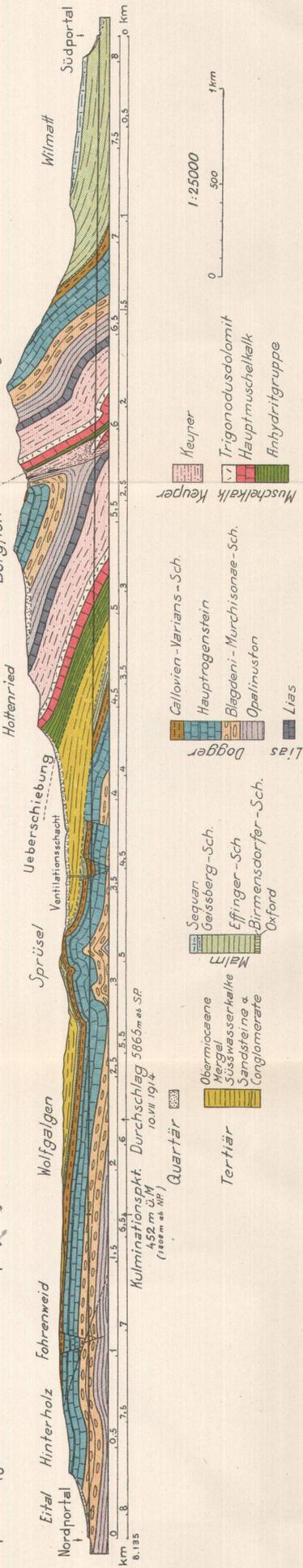


Fig. 3. Befund, aufgenommen von A. Buxtorf. 1912-1914.



1:25000  
0 500 1 km