

**Zeitschrift:** Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Baselland  
**Band:** 5 (1911-1916)

**Artikel:** Ueber Prognosen und Befund beim Hauensteinbasistunnel und die geologische Geschichte und Oberflächengestaltung des Tunnelgebietes und seiner Umgebung  
**Autor:** Buxtorf, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-676791>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.12.2025

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

Ueber  
**Prognosen und Befund beim Hauensteinbasistunnel**  
und die  
**geologische Geschichte und Oberflächengestaltung**  
**des Tunnelgebietes und seiner Umgebung.\*)**

Von Prof. A. Buxtorf.

Hiezu eine Profiltafel und Textfigur.

---

**Vorwort:**

Unsere Kenntnisse vom geologischen Bau des schweizerischen Juragebirges haben in der kurzen Zeitspanne von 1911—1914 durch die gleichzeitige Erstellung der drei neuen Durchstiche des Mont d'Or-, Grenchenberg- und Hauensteinbasistunnels eine ungemein vielseitige Bereicherung erfahren. Im Folgenden sollen nun die geologischen Verhältnisse des letztgenannten Tunnels einer kurzen Schilderung unterworfen und namentlich auch das Verhältnis der prognostischen Profile zum definitiven Befund kritisch betrachtet werden. Um das Verständnis für die Probleme des Tunnelprofils zu erleichtern, sei ein kurzer allgemeiner Ueberblick über die geologischen Verhältnisse des weiten Tunnelgebietes und seiner Umgebung vorausgeschickt.

---

\*) Soweit sich die nachfolgende Arbeit auf die Prognosen und Befunde des Hauensteinbasistunnels bezieht (Abschnitte II—IV), ist sie fast unverändert übernommen worden aus einer größern Abhandlung, betitelt: „Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letztern für die Geologie des Juragebirges“, die, begleitet von 4 Profiltafeln, kürzlich in Band XXVII der Verhandlungen d. Naturf. Ges. in Basel erschienen ist. (Separat erhältlich beim Kom. Verlag: Buchhandlung Georg in Basel, Preis Fr. 3.—.)

Der einleitende „Ueberblick etc.“ lehnt sich z. T. an einen am 7. Febr. 1908 in Basel gehaltenen aber unveröffentlichten Vortrag an (Habilitationsvorlesung über „Oberflächengestalt und geolog. Geschichte des nord-schweiz. Juragebirges“), z. T. an eine ganz kurze vorläufige Mitteilung über dieses Thema (siehe Ecl. geol. Helv., Bd. XI, S. 285 und Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Basel 1910, Bd. I, S. 229).

## I. Ueberblick über die Geologie und die geologische Geschichte und Oberflächengestaltung des Tunnelgebietes und seiner Umgebung.

Innerhalb des nordschweizerischen Juragebirges kommt dem Hauensteinabschnitt und seinem nördlichen Vorge-lände eine ungemein bevorzugte Stellung zu: Nicht nur liegt der Gebirgsbau in seltener Klarheit zu Tage und gelangt bis in alle Einzelheiten in der gesamten Oberflächengestaltung zum Ausdruck, sondern es bietet sich hier auch die Möglichkeit, die geologische Geschichte des Gebirges schrittweise verfolgen zu können.

So vielfach wechselnd die Oberflächengliederung des Baselbiets auch erscheinen mag, so wissen wir seit den Zeiten *Peter Merians*, daß eine Zweiteilung des Ge-biets unverkennbar ist. „Die Berge, die nördlich von einer Linie liegen, welche über Oltigen, Zeglichen, südlich von Buckten und Bennweil, über Oberdorf, Tschop-peñhof, Reigoldsweil und Bretzweil fortläuft, zeigen in der Regel wenig geneigte Schichten“. „Die Berge südlich von jener Linie bilden die höchste Gebirgsgruppe des Basler Jura und bestehen aus Schichten, die mehrenteils unter mehr oder weniger starken Winkeln einfallen.“ Für diese von *Peter Merian* (Beitr. z. Geognosie, 1. Bd., Basel 1821) scharf unterschiedenen Gebiete hat später *Albrecht Müller* Namen vorgeschlagen, die in der Folge in allen Arbeiten über das nordschweizerische Juragebirge wiederkehren: Das Gebiet der vorwiegend flachliegenden Schichten im Norden ist der *Tafeljura*, das südliche mit den steil-aufgerichteten der *Kettenjura*; ungemein scharf ist die *Grenzlinie*, die beide Gebiete trennt und die sich fast geradlinig vom *Mont terrible* (südlich Pruntrut) bis zur Lägern verfolgen lässt.

Am klarsten erkennen wir diese Zweiteilung, wenn wir von einer der Höhen des nordöstlichen Baselbiets, sei's Kienberg oder Farnsberg, nach Süden blicken. Wir beobachten, daß alle Höhen des Tafeljuragebietes nach oben mit fast mathematischer Genauigkeit in einer ge-meinsamen Fläche enden, welche ganz schwache südliche

Neigung besitzt. Kein Berg des Tafeljura ragt über diese Fläche, die wir uns in Gedanken über die Täler der Frenken, der Ergolz und Sisseln hinweggehend denken, hinaus. Erst viel weiter im Süden erheben sich als Hintergrund die hohen Juraketten, deren lebhaft gegliederte Kammlinie in schärfstem Kontrast zur gleichförmigen Hochfläche des Tafeljura steht. Unwillkürlich drängt sich die Erkenntnis auf, daß uns in dieser Hochfläche eine Landschaftsform von sehr hohem geologischem Alter erhalten geblieben ist. In die einstmals continuierliche Hochfläche haben die Wasser der Ergolz und ihrer Zuflüsse später tiefe Täler eingegraben, die das Plateau südlich der Ergolz in einzelne Lappen zerlegen, nördlich der Ergolz sind sogar einzelne Bergformen herausmodelliert worden.

So stehen sich also im *Tafeljura des Baselbiets*, den wir zunächst betrachten wollen, zwei morphologische Elemente scharf gegenüber: die alte Hochfläche und das jüngere Talsystem; während wir die erstere als „fossile Landschaftsform“ im eigentlichen Sinne bezeichnen können, trägt die Tallandschaft, ganz allgemein gesprochen, jugendliches Gepräge.

Diese Gegenüberstellung von Hochfläche und Tälern ist nicht neu; es ist wohl nicht ohne Interesse darauf hinzuweisen, daß der Basler Mathematik-Professor *Daniel Huber* es war, der schon vor 100 Jahren scharf auf diesen Unterschied hingewiesen hat: „Drei- bis fünfhundert Fuß über die Ebene der Thalboden erheben sich im Innern des Kantons höhere Ebenen und diese scheinen gleichsam der eigentliche Boden des Kantons zu sein. Die niedrigen Thalboden scheinen als ob sie von den in ihnen fließenden Bächen nach und nach in jenen Urboden eingeschnitten oder durch frühere Ereignisse der Bildungsepochen des Erdbodens entstanden wären.“ \*)

Was Prof. *Huber* trefflich als Urboden bezeichnet, ist nichts anderes als die beschriebene Tafeljurahochfläche. Heute aber können wir noch etwas weitergehen und ver-

\*) Cit. v. Peter Merian, a. a. O., S. 127.

suchen, das Alter der Hochfläche genauer festzulegen. Zum Glück bietet uns dabei die Baselbieter Hochfläche zuverlässige Anhaltspunkte.

Schon *Peter Merian* war es im Wesentlichen bekannt, daß auf der Tennikerfluh, bei Wittinsburg, Rünenberg, Wenslingen etc., ferner weiter ostwärts bei Herznach und am Randen spärliche Reste eines marinen Sedimentes der Tertiärzeit auftreten. Es sind dies meist nur wenige Meter mächtige kalkige oder sandige Muschelaggglomerate, die wir heute ihrem Alter nach zum oberen Teil der mittelschweizerischen Meeresmolasse, zum sog. Vindobonien stellen und die wir als nördliche Strandbildungen eines Meeres auffassen, das zu eben dieser Zeit vom Tafeljura aus südwärts bis an den Fuß der Alpen reichte. — Der Umstand nun, daß die Relikte dieser vindobonischen Meeresablagerung im Tafeljura (speziell in der Umgebung von Gelterkinden und Sissach) sich nur an solchen Stellen finden, wo die unterlagernden Juraschichten bis in die Hochfläche aufragen, zeigt uns deutlich, daß die Fläche mindestens schon in mittelmio caener Zeit geschaffen sein muß und zwar in unmittelbarer Nähe des Meerniveaus. Erst späteren allgemeinen Krustenbewegungen verdankt sie ihre heutige Höhe.

Die Entstehung der Fläche kann nun freilich auf zwei verschiedene Weisen gedeutet werden. Entweder kann angenommen werden, daß es die Brandung des nach Norden allmählig vordringenden vindobonischen Meeres war, die durch marine Abrasion (im Sinne *Richthofen's*) die Fläche schuf unter gleichzeitiger Ablagerung von küstennahen Sedimenten und Strandbildungen. Oder aber, die Fläche wäre zu deuten als festländische Abtragungs- und Einebnungsfläche, deren Entstehung dem Vindobonien voranging, die aber dann, zum mindesten im Abschnitt südlich der Ergolz, während der Vindobonienzeit vom Meere überflutet und von dessen Sedimenten überdeckt wurde.

Die zuletzt geäusserte Ansicht, es handle sich um eine festländische Abtragungsfläche ist s. Z. von *Eduard Brückner* (Penck und Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter,

Bd. II, S. 474) ausgesprochen worden; freilich darf ihre Entstehung ja nicht, wie dies *Brückner* tut, in den letzten Abschnitt des Tertiärs, ins Pliocaen verlegt werden, sondern sie besitzt ein viel höheres Alter. Ich selber habe mich früher mehrfach (z. B. auch i. d. *Ztschr. d. Deutsch. geol. Ges.*, Bd. 60, 1908, S. 134) dahin geäußert, daß vorhandene Niveaudifferenzen schon in altmiocäner Zeit ausgeglichen worden seien, daß aber erst die Transgression des mittelmiocänen Meeres den damaligen Untergrund vollständig eingeebnet habe. Die allgemeine Ausgleichung vorhandener Niveaudifferenzen wäre demnach auf vorangehende festländische Abtragung, die vollständige Einebnung dagegen auf marine Abrasion zurückzuführen. Daß marine Abrasion in einem gewissen Betrage in Rechnung gesetzt werden muß, ergibt sich daraus, daß im Vindobonien aufgearbeitetes Material der jurassischen Unterlage stellenweise recht häufig ist. In jedem Fall müssen wir die Entstehung der Hochfläche mindestens ins Vindobonien verlegen, und wir können deshalb von der *vindobonischen Tafeljurafläche* reden, stillschweigend vorausgesetzt, daß deren Herausbildung schon in praevindobonischer Zeit weit fortgeschritten gewesen sein kann.

Daß diese vindobonische Fläche uns bis heute erhalten geblieben ist, verdanken wir dem Umstande, daß sie in der Nordschweiz streckenweise in sehr resistente Kalke zu liegen kam, die sie uns bis heute überliefern konnten; im Basler und angrenzenden Aargauer Tafeljura ist dies vor allem der Hauptrogenstein; weiter östlich springt sie — in Abhängigkeit mit dem ostwärts untertauchenden Schwarzwald — auf die Malmkalke über (bes. schön im Randen, weiterhin auch im Schwäbischen Jura), doch liegen diese Gebiete außerhalb unserer Betrachtungen.

So steht also das Ergebnis der Prüfung der Tertiärbildungen der Hochfläche in vollem Einklang mit dem Eindruck, den uns schon die Oberflächenbetrachtung für sich allein liefert: Der „Urboden“ ist tatsächlich eine aus dem Mittelmiocänen stammende Oberflächenform und da in der gesamten übrigen Schweiz die Gliederung der Oberfläche viel jüngern Datums ist, dürfen wir allgemein

sagen, daß die Tafeljuraoberfläche das älteste Element im Relief der Schweiz darstellt.

Einige Eigentümlichkeiten der vindobonischen Fläche bedürfen nun freilich noch einer besondern kurzen Erwähnung.

Zunächst ist hervorzuheben, daß die südliche Neigung der Abtragungsfläche etwas geringer ist als das südliche Einfallen der den Tafeljura aufbauenden Schichtplatte; Hochfläche und Schichtfalten divergieren nach Süden zu; wir erkennen dies deutlich daran, daß die Vindobonienrelikte im Süden auf jüngern Juraschichten aufruhen als im Norden (spez. Bl. Gelterkinden). Die Sedimenttafel hat also schon in *praevindobonischer* (wohl jungkretazischer oder alteocaener) Zeit eine leichte Schiefstellung zu südlichem Einfallen erfahren.

Die spitzwinklige Divergenz zwischen der vindobonischen Fläche und der jurassischen Schichtplatte bedingt umgekehrt, daß im Fortschreiten nach Norden zu immer ältere Schichten in der Hochfläche ausstreichen; im Basler Tafeljura ist dies zuletzt der Untere Hauptrogenstein. Stellen wir uns nun vor, die Hochfläche — gleichviel ob als marine Abrasions- oder als festländische Einebnungsfläche ausgelegt — habe früher noch etwas weiter nordwärts gegen den Schwarzwald zu gereicht, so waren es die den Hauptrogenstein unterteufenden viel weniger festen und darum auch leicht abtragbaren Schichten des unteren Doggers, die in der Hochfläche zum Ausstreichen gelangen mußten. Eine derartige Annahme aber steht mit allen mir aus dem östlichen Basler Tafeljura bekannten Beobachtungen durchaus im Einklang und damit werden uns verschiedene Eigentümlichkeiten der Oberfläche leichter verständlich.

Zunächst erkennen wir, daß der später entstandene Rheintaleinschnitt (im weitesten Sinne!) zwischen Säckingen und Waldshut einer Zone folgt, die dem Einschneiden eines Flusses wenig Widerstand geboten hat. Unterer Dogger und Keuper bildeten hier oberflächlich seit der Vindobonienzeit einen breiten Gürtel leicht zerstörbarer Gesteine, innerhalb welchen die wenig mächtigen festen

Einlagerungen des Lias etc. vollständig bedeutungslos waren. Dieser weichen Zone folgte rückgreifend der von der Gegend von Basel aus ostwärts sich einschneidende „Rhein“, der die Verbindung vom oberrheinischen zum mittelschweizerischen Becken schuf.

Auch die Tatsache, daß im östlichen Basler Tafeljura der Rogenstein nach Norden zu mit den Tafelbergen: Kienberg, Farnsburg, Kei und Tiersteinberg (b. Wegenstetten), vollständig aufhört, wird uns nun leichtverständlich. Die Rogensteinplatte spitzte wahrscheinlich schon zur Vindobonienzeit nur etwa 2—3 Kilometer im Norden der genannten Berge ganz aus; das spätere Einschneiden des Rheintals und seiner Zuflüsse hat den Rogensteinrand also nur um einige Kilometer südwärts gerückt. Einzig im Oensberg und Sonnenberg sehen wir heute einen Rogensteinzug gegen das Rheintal zu vorspringen, allein hier handelt es sich um einen schon praevindobonisch längs Verwerfungen versenkten Streifen, der dank seiner Festigkeit noch heute im Sonnenberg die durch spätere rheintalische Erosion ihrer Keuperbedeckung beraubte Muschelkalktafel überragt\*). In diesem Zusammenhang mag nebenbei auch die interessante Tatsache erwähnt werden, daß im Osten der Durchbruch des Rheins und der Aare durch den Tafeljura von Zurzach und Klingnau da erfolgt ist, wo eine resistente und mächtige Rogensteinplatte nie bestanden hat, sondern vorwiegend tonig-mergelige Sedimente die Stelle des Rogensteins einnehmen.

Eine weitere Eigentümlichkeit der Tafeljurahochfläche sind die sie durchsetzenden alttertiären (oligocaenen oder altmiocaenen) Verwerfungen. Sie durchziehen NNE — SSW oder NE — SW gerichtet und meist zu kleinen keilförmigen Grabenbrüchen gepaart die Hochfläche. Aber die Niveaudifferenzen die ursprünglich durch diese alten Verwerfungen erzeugt worden waren, sind später ganz eingeebnet worden: das Vindobonien ruht

\*) Aus diesem Sonnenbergzug, richtiger gesagt aus der an ihn ehemals nach Nordwesten und Norden zu ansetzenden — heute freilich längst abgetragenen Rogensteinplatte müssen wir, beiläufig bemerkt, die Rogensteingerölle der Baselbieter-Juranagelfluh herleiten (siehe unten).

gleichförmig bald auf den Grabenausfüllungen, bald auf den zwischen den Gräben liegenden Horststreifen. Die schönsten Beweise hiefür hat s. Z. meine Bearbeitung des Siegfriedblattes Gelterkinden ergeben, wir werden ähnlichen Verhältnissen im Hauensteinbasistunnel begegnen.

Was endlich noch die schwach südliche Neigung der Hochfläche betrifft, so sei der Vollständigkeit halber angedeutet, daß mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß diese Neigung in nachvindobonischer Zeit durch gleichsinnige Krustenbewegung noch etwas verstärkt worden sein kann. In diesem Sinne spricht das Vorkommen obermiocaener, fluviatiler Nagelfluh, der sog. *Jura n a g e l f l u h* auf weiten Strecken der Hochfläche. Der Transport dieser Gerölle aus der Südabdachung des Schwarzwaldgebietes setzt eine ausgesprochene Neigung der Unterlage voraus.

Auf die später erfolgte Durchtalung der Tafeljura-landschaft einzutreten, würde zu weit führen. Das junge, in pliocaener und postpliocaener Zeit entstandene Talsystem richtet sich in seinem Tieferschneiden nach den Vorgängen, die sich im Oberrheingebiet abspielten. Ich verweise in dieser Hinsicht auf eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten, die *G. Braun* vor einiger Zeit gegeben hat. (Zur Morphologie d. Umgebung v. Basel: Verh. Naturf. Ges. Basel, Bd. XXV. 1914).

Dieser Tafeljuralandschaft steht nun der Kettenjura zunächst ganz unabhängig gegenüber. Seine Auffaltung erfolgt erst im Laufe der Pliocaenzeit, er ist also viel jünger als die vindobonische Fläche, darum wird diese von seinen Kämmen hoch überragt.

Interessant ist nun vor Allem die Grenzzone zwischen Ketten- und Tafeljura. Sie ist kurz gesagt dadurch gekennzeichnet, daß der Kettenjura von Süden her auf den Südrand des Tafeljura auf- und überschoben worden ist. Der Südrand des Tafeljura sticht nach Süden unter die Ketten hinein, wir können also von einer Ueberschiebungszone des Kettenjura sprechen. Der Nordrand der Ueberschiebungszone aber ist nichts anderes als jene schon von *Peter Merian* so scharf gekennzeichnete, Tafel- und Kettenjura trennende Grenzlinie.

Ein gebirgsbildender Vorgang vom Umfang und der Bedeutung der Jurafaltung hat nun freilich auch im Tafeljuragebiet mannigfache Veränderung erzeugt und zwar sind es wesentlich zweierlei Störungen, die sich geltend machen.

Zunächst beobachten wir mit der Annäherung an den Kettenjura eine leichte Wellung der Tafeljurafläche und der sie aufbauenden Schichten; nahe der Ueberschiebung steigert sich die Verbiegung zu regelrechter Faltenbildung. Unter dem Druck des Kettenjura hat sich der Tafeljura in „gefalteten Tafeljura“ verwandelt.

Andererseits haben jüngere, z. T. kettenjurassische Einflüsse auch neue Verschiebungen der Schollen längs den alten praevindobonischen Verwerfungen im Gefolge gehabt. In dieser Hinsicht kann das Basler Tafeljuragebiet deutlich in zwei Abschnitte zerlegt werden, die getrennt werden durch eine Linie, die etwa vom Sattel der Hinteregg (direkt westlich der Sissacherfluh) nach S gegen das Zunzgertal, bezw. N E gegen den Sonnenberg (Einbruchslinie des Sonnenbergs!) verläuft.

Im Ostgebiet: den Plateaus von Tenniken, Rünenberg, Wenslingen, der Sissacherfluh, des Farnsbergs und des Kei sind junge Verschiebungen längs den alten Brüchen nicht eingetreten; hier ist uns also die praevindobonische Tektonik ungestört überliefert worden.

Im Westgebiet dagegen kann eine unter Kettenjuraeinflüssen erfolgte Reaktivierung der alten Verwerfungen fast als Regel gelten, sogar neue Brüche sind wohl lokal aufgerissen, außerdem aber erscheint auch eine junge Verbiegung und Versenkung um einen maximal etwa 100 m. erreichenden Betrag den ganzen Abschnitt des Westgebietes betroffen zu haben, der südlich und nördlich der Strecke Sissach-Liestal liegt.<sup>1)</sup> Erst im Plateau von

<sup>1)</sup> Eine solche Verbiegung und Versenkung wird m. Em. E. verraten durch die viel zu tief liegenden Juranagelfluhvorkommen nördlich Sissach und westlich des Zunzgertals. Dieser Vorgang hätte selbstverständlich mit der Jurafaltung direkt gar nichts zu tun, sondern wäre als ein pliocaenes Wiederaufleben „rheintalischer“ Senkungsvorgänge zu deuten, die sich vor allem im „Sonnenbergzug“ und seiner südwestlichen

Gempen werden wieder Höhen erreicht ähnlich dem östlichen Tafeljura und es könnte somit dieses Gebiet mit der alten Hochfläche des Ostens verglichen werden. Allein jüngere Hebung ist hier nicht absolut ausgeschlossen; außerdem ist zu beachten, daß die Erhaltung des Gempenplateaus im wesentlichen durch die faciellen Verhältnisse des untern Malm bedingt ist; das Gempenplateau stellt genau den östlichsten Randbezirk der reinen Rauraciendekoration dar; die nächstöstlichen Untermalmvorkommen leiten schon über zur Argovienfacies, die vom mittlern Baselbiet an dann nach Süden und Osten herrscht und deren weiche Mergelgesteine einer raschen Abtragung Vorschub leisteten.

Außer jungen Verschiebungen längs alten Verwerfungen und jungen Verbiegungen und Einsenkungen spielen auch im südwestlichen Teile des Westgebietes Faltungsvorgänge eine Rolle, sodaß also die Verflechtung alter Bruchtektonik und jüngerer Einflüsse sehr komplizierte Verhältnisse erzeugt hat, die näher zu verfolgen, hier zu weit führen würde <sup>2)</sup>.

Fortsetzung geltend machten. Vielleicht haben ähnliche junge Versenkungen und Verbiegungen auch in gewissen Kettenjuraabschnitten südlich des Rheintalgrabens stattgefunden. Vor allem sei in diesem Zusammenhang an das Delsbergerbecken mit seinen heute so unverständlich tief liegenden pontischen Vogesenschottern erinnert. Eine plioäne Verbiegung und Senkung könnte übrigens sehr wohl den gesamten nördlichen Teil des dem Rheintalgraben südlich vorgelegten Kettenjura umfaßt haben. Eine Reihe geologischer und namentlich morphologischer Eigentümlichkeiten würde sich dann leichter deuten lassen. Ich hoffe auf diese Probleme später zurückkommen zu können.

<sup>2)</sup> Nur an die merkwürdige, von *F. v. Hüene* (Verh. Natf. Ges. Basel, Bd. XII. 1900 S. 337) erstmals erwähnte West-Ost-Antiklinale Rüti-hard-Sulz-Talhölzli-Adlerhof im Süden von Muttenz und Pratteln, die auf der neuen „Geolog. Karte von Basel“ (I. Teil) von *A. Gutzwiller* und *Ed. Greppin* sehr schön zur Darstellung gelangt und die man Adlerhof-Antiklinale nennen könnte, sei noch kurz erinnert. *v. Hüene* (a. a. O.) und *Greppin* (Erläuterungen zur gen. Karte S. 50—51) deuten sie als eine weit draußen im Tafelland entstandene kettenjurassische Auffaltung; m. E. ist aber auch ein oligocaenes Alter derselben nicht ausgeschlossen und die Auffaltung wäre dann zu vergleichen mit den ähnlich gerichteten Mettauer- und Mandacher-Störungen des Aargauer Tafeljuras, die ich gleichfalls als „alt“ aufzufassen geneigt bin. Die auffallende Tatsache, daß da wo die Antiklinale rechtwinklig auf die Rheintalflexur aufstößt, die letztere nach Westen ausbiegt, scheint mir eher für hohes Alter zu sprechen.

Die Verflechtung reiner alter Tafeljuratektonik mit jüngeren Kettenjuraeinflüssen kennzeichnet auch das Gebiet des Hauensteinbasistunnels, dem wir uns nun zuwenden wollen, doch sei schon an dieser Stelle auf die Textfigur am Schlusse dieser Arbeit verwiesen, die zur Illustration der geschilderten allgemeinen geologischen und morphologischen Verhältnisse des Juragebirges zwischen Aare- und Rheintal dient.

---

## II. Orientierende Bemerkungen über die prognostischen Profile.

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

Vom Hauensteinbasistunnel sind sowohl von Prof. *Mühlberg* als von *mir* prognostische Profile entworfen worden; in den genannten beiden Figuren sind dieselben wieder gegeben worden. Folgende Grundzüge lassen sich daraus ablesen:

Was zunächst die *stratigraphischen Verhältnisse* anbetrifft, so sind nach beiden Prognosen im Tunneltracé alle Sedimente vom mittleren Muschelkalk an bis und mit dem untern Malm zu erwarten. Außerdem aber stellen sich transgredierend über untern Malm bzw. obern Dogger noch 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. „Ueberschiebungszone.“

Im *Kettenjura* sind zu unterscheiden:

- a) Die Mulde der Burgfluh.
- b) Der Gewölbekern zwischen Burgfluh und Dottenberg.
- c) Der Südschenkel Dottenberg-Wilmatt.

Ueber die Interpretationen, die diese verschiedenen tektonischen Abschnitte durch Prof. *Mühlberg* und *mir*

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

Hauensteinbasistunnel.  
Prognosen (Mühlberg & Buxtorf) und Befund (Aufnahme Buxtorf).  
Ueberschiebungszone Burgfluh  
Kettenjura  
Dottenberg  
Rankweige  
Wilimatt  
Südportal

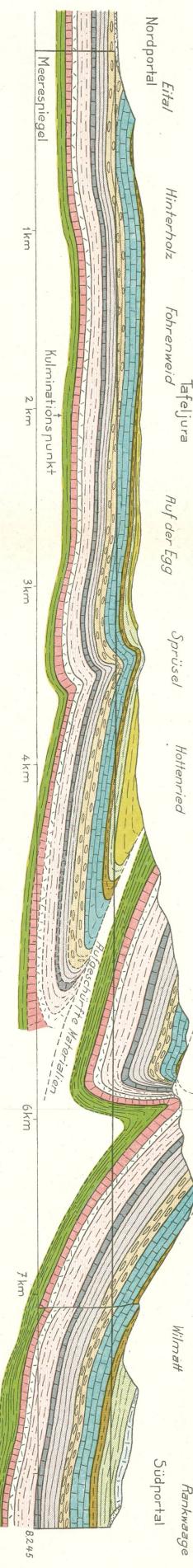
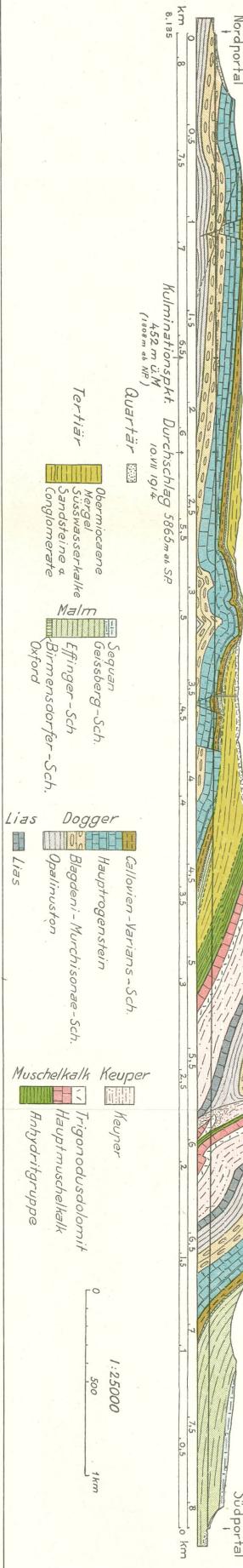


Fig. 2. Prognostisches Profil von A. Buxtorf. Mai 1911.

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





erfahren haben, orientieren wie gesagt 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. Natf. 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 Ueberschiebungszone walten lassen. Hier konnten aus Mangel an entscheidenden Oberflächenaufschlüssen schlechterdings nur ganz vage Mutmaßungen ausgesprochen werden.

Zusammenfassend darf also wohl gesagt werden, daß zwischen den prognostischen Profilen von Prof. *Mühlberg* und *mir* weitgehende Uebereinstimmung 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 Geschmacksache“ bezeichnet werden muß. Als derartige Strecken sind zu nennen:

1. der Gewölbekern zwischen Dottenberg und Burgfluh,
2. die Ueberschiebungszone und das direkt nördlich anschließende Stück des *Tafeljura*,
3. der speziellere Bau der Sprüselfalte 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 Tracé, 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

anderes gewählt, daher die Verkürzung. Das in Fig. 1 wiedergegebene veröffentlichte prognostische Profil *Mühlberg's* 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 praktisch bedeutungslos.

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

#### *Besprechung des Befundes.*

Um den Vergleich der Prognosen mit dem Befund zu erleichtern, ist der letztere, so gut als 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 Ueber-einstimmung, 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 Schichtkomplexes, 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 Südabdachung 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 Tunneltracé beim Hauptrogenstein-Steinbruch von Punkt 604 besonders deutlich zu erkennen ist. Geradlinigen Verlauf vorausgesetzt, zer-schneidet sie oberflächlich überm Tunnel nur noch Effingerschichten, wie dies auch auf meinem prognostischen Profil (vergl. 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 sich 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 einzuziehen, 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 Ueberschiebung 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

---

\*) Man vergleiche *F. Mühlberg's* Hauensteinkarte und -Profile; Nr. 5 und 6 der letztern haben meine Tunnelbefunde mitverwertet. Freilich vermisste 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.

hinaufgeschoben. Die steilstehenden Keuperschichten halten nur an bis 2275 m ab S. P., dann stellen sich nach scharfer, unter  $53^{\circ}$  nach Süden einfallenden Ueberschiebungssfläche die zur Burgfluh gehörenden Oparinustone ein.

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

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 Keopersüdschenkels 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 Uebereinstimmung 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 Aargauer-Jura. Dabei darf in unserm Fall aber nicht übersehen werden, daß überm Tunneltracé gegen die Oberfläche zu der Südschenkel der Burgfluhmulde — obwohl stark reduziert — doch immerhin durch Liaslinsen, Opalinustone und Untern Dogger angedeutet ist; erst der massive 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.

Ueber die Verhältnisse an der Ueberschiebung bei 3322 m ab S. P. habe ich mich schon im „Bericht über den Besuch des Hauensteinbasistunnels durch die Schweizerische geolog. Gesellschaft“ näher geäußert (vergl. 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 Ueberschiebung macht sich schon in den oberen 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 Ueberschiebung mehren sich dann die Rutsch- und Gleitflächen.“ „Die Ueberschiebung 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 grünlichgrauen, gipsführenden Mergeln, ferner Linsen von teilweise verkieseltem Kalk und Dolomit, die wahrscheinlich als verschürzte 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 (obermiocaene) Alter der anstoßenden grauen Kalkmergel wird belegt durch das Auftreten konglomeratischer Linsen, namentlich aber auch durch den allmählichen Uebergang des Gesteins in die typischen rotbraunen Mergel, wie sie für das Obermiocaen des Tafeljura charakteristisch sind.“

Soweit der Befund. Auf einen näheren 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 Ueberschiebungszone, 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 ( $1/2$ —6 m),

daß sie auf Fig. 3 überhaupt nicht berücksichtigt werden konnten.\*)

Wichtiger als alles dieses Detail ist dagegen die Tatsache, daß die Ueberschiebung 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 ange deutete, von *Albr. Müller* und namentlich *F. Mühlberg* weiter ausgebauten Lehre, es sei die Nordstirne des Kettenjura nordwärts überschoben auf den Südrand des Tafeljura, eine außerordentlich wertvolle Bestätigung gefunden.

Bevor wir die Ueberschiebung verlassen, bedürfen noch zwei Punkte näherer Erwähnung.

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 Ueberschiebung. 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, daß die überschobene Sedimentserie

---

\*) Es liegt mir daran zu betonen, daß ich diese „aufgeschürften Materialien“ durchaus nicht etwa allgemein als reduzierter 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, IIème partie, S. 36). Ausdrücklich hat *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 *F. 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 Ueberschiebung 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).

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 Salzausbühlungen. Analysen werden darüber später weitern Aufschluß erteilen. Es bestätigen aber diese kleinsten Spuren in erwünschter Weise den aus der Mächtigkeit abgeleiteten Schluß, daß die Ueberschiebung an der Obergrenze des Salzhorizontes oder in diesem selber sich abgespielt habe.

Mit dem Durchfahren der Ueberschiebung 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 Tunneltracé 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 obermiocaenen Mergel und Konglomeratbänke in der der Ueberschiebung benachbarten Strecke ein sehr deutliches südliches Einfallen von durchschnittlich  $25^{\circ}$  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 Miocaenschichten somit fast parallel geht mit der Ueberschiebungsfläche, so ergibt sich daraus ohne weiteres

ein sehr tiefes Einstechen der Tertiärzone bis weit unter das Tunneltracé 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 Obermiocaens und noch vor der Ueberschiebung des Kettenjura hätte herausbilden können. Allein ich möchte doch viel eher die Auffassung vertreten, es sei diese leichte Flexur erst erzeugt worden unter dem Einfluß der Juraketten, besonders unter dem allgemeinen stauenden Druck, der von Süden her auf das Südende des Tafeljura wirkte.

Wichtig ist jedenfalls hervorzuheben, daß von irgend einer Aufstülpung des Südrandes des Tafeljura im Tunneltracé nicht die geringste Andeutung vorhanden ist, und ich möchte es bezweifeln, daß im Hauensteingebiet auch in noch größerer Tiefe eine solche statthätte.

Im Hinblick hierauf kann ich darum auch nicht allen *Mühlberg'schen „Geol. Profilen durch das Hauensteingebiet“* ohne weiteres beipflichten. Profil 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. 196 genannten Arbeit) spricht von einem zurückgestülpten Tafeljurasüdrand, der sich ausdünzend in der Ueberschiebungsfläche auskeile. Demgegenüber möchte ich aber nachdrücklich darauf hinweisen, daß ich aus dem ganzen Ueberschiebungsgebiet des Basler Jura nicht eine einzige Stelle kenne, welche einwandfrei ein derartiges Verhalten demonstrieren würde. Wenn der Tafeljurasüdrand in Profilen meist aufgestülppt 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 Ueberschiebung 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 Miocaenschichten, 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 Effingerschichten, welche bis 3780 m anhalten; hierauf stellen sich ca.  $\frac{1}{2}$  m mächtige Birmendorferschichten ein. Die anschließende Strecke der Tunnelsohle von 3780 bis 3870 m 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 Jurasicchen zugänglich gemacht hat! Erst bei 3900 m streicht die schwach nordwärts ansteigende Ueberlagerungsfläche aus dem Tunnelprofil heraus.“

Ich behalte es mir vor, diesen interessanten Befund in einer für später vorgesehenen Detailbeschreibung des Hauensteinbasistunnels näher zu diskutieren. „Nur kurz sei darauf hingewiesen, daß also der Südrand des Tafeljura in der Nähe der sog. Monterrible-Linie ein ziemlich

ausgeprägtes Abbiegen seiner Schichten zu stärkerem Südfallen erkennen läßt. Ueber 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 vormiocaeener (genauer gesagt vorobermiocaener) Zeit Tendenz zu südlichem Absinken aufgewiesen hat; als ein späteres Wiederaufleben dieser Bewegung könnte das früher beschriebene, leicht flexurartige Abbiegen des Obermiocaens 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 eocaenen 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 obermiocaenen Mergeln wahrscheinlich selber noch zum Obermiocaen 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 Hauptrogenstein, der bei 3900 m unter den Variansschichten auftaucht, zeigt lokal eine auffällige flexurartige Knickung, verknüpft mit teilweise recht steilem südlichem Einfallen. Der anschließende untere Hauptrogenstein 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 Hauptrogensteins. Infolge der südlichen Neigung der Schichten tritt nördlich unter den Variansschichten sehr bald wieder der obere Hauptrogenstein hervor. Dann aber folgt zwischen 4455 m und dem Ventilationsschacht ein prachtvoller kleiner konvergierender Keilgraben, dessen Auffüllung im Tunnelniveau von Varians- und Callovien-schichten gebildet wird. An den beidseitigen Rändern steht flachliegender 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 Elsgäuerjura 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 unsren 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 würde viel zu weit führen.

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 ange deutet 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 entstanden denke durch den Druck, den der Kettenjura auf sein nördliches Vorland ausgeübt hat.

Auf das Profil des Ventilationsschachtes trete ich nicht näher ein. Nach Durchfahrt der rund 15 m mächtigen Quartärdecke, stellten sich bis auf 73 m Tiefe tertiäre Bildungen ein (obermiocaene Mergel und Süßwasserkalke, zuletzt [? eocaene] Basalkonglomerate). In der jurassischen Unterlage folgte dann ein ausgezeichnetes Profil durch die Schichtserie des Grabenbruches, gehend von den Effingerschichten bis ins Callovien, 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 gradlinig zur Tunnelfirste bei 3900 m ab S. P. durchzogen habe und die Tertiärbildungen, die ich zum weitaus größten Teil dem Obermiocaen 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 vormittelmiocaener Zeit gebildet haben, sondern auch nachweisen, daß alle durch die Verwerfungen bedingten Niveaunterschiede sehr bald wieder der Einebnung anheimgefallen sein müssen; die Miocaenschichten (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 Miocaenschichten 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 Beziehung stehen konnten zur Kettenjuraüberschiebung. Daß uns statt dessen ein Ausschnitt klassischer Tafeljuratektonik erschlossen wurde, bedeutete eine vollständige Ueberraschung.

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 bescherete uns freilich die Sprüselfalte. 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“ *Mühlberg's* 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 *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. *Mühlberg* stellt sie unter Vorbehalt ins Eocaen, während ich dieselben (1913, Fußnote S. 236) noch mit zum Obermiocaen

zählte. Auch hier sind weitere Untersuchungen im Felde nötig.

Daß die Sprüselfalten 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; *Mühlberg's* 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-Murchisonaeschenen Schichten.

Interessant sind noch einige Details im Tunnel unter Fohrenweid. Zunächst zeigte sich bei 1130 m ab Nordportal eine sehr deutliche Ueberschiebung. Längs einer mit ca.  $20^{\circ}$  südwärts geneigten 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 vormittelmiocaenen Alters sein dürfte, so ist anzunehmen, daß er überm Tunneltracé von der eben erwähnten jüngern Ueberschiebung 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.

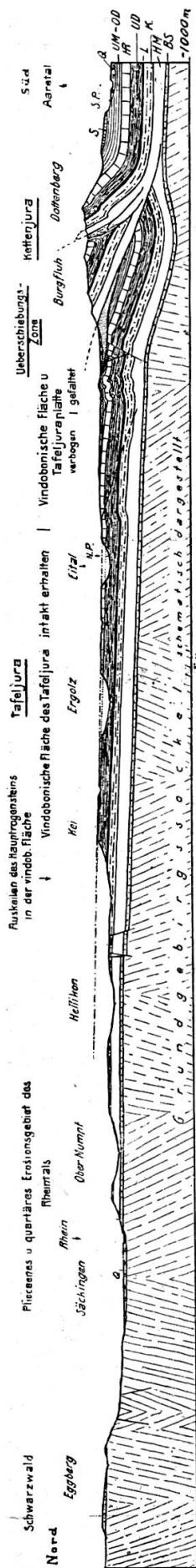
### III. Zusammenfassung.

Suchen wir aus allen diesen Ausführungen ein Gesamturteil über die prognostischen Profile abzuleiten, so darf — trotz allen Abweichungen im Einzelnen — gesagt werden, daß sie durch den späteren Befund eine recht weitgehende Bestätigung gefunden haben. Dies zeigt schon ein Blick auf die Profiltafel. Wo Differenzen sich zeigen, 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 Ueberschiebungszone und den angrenzenden Tafeljurabschnitt bis zur Sprüselfalte, nicht zuletzt für die Doppelung der Sprüselfalte 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 Tafeljurabschnitt 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 Ueberschiebung des Kettenjura geliefert hat. Alles deutet darauf hin, daß das Ausmaß dieser Störung im Hauensteingebiet noch viel gewaltiger ist, als bisher gewagt wurde anzunehmen. Die von *Albr. Müller* begründete und von *F. Mühlberg* ausgebaute Lehre vom Ueberschobensein des Kettenjura-Nordrandes ist selbst in ihren kühnsten Voraussetzungen durch den Befund noch übertroffen worden.

Ueber die Art und Weise, wie sich der Hauenstein-basistunnel dem Gesamtbau des Jura anfügt, orientiert ganz allgemein das nachfolgende Uebersichtsprofil, das nordwärts bis zum Schwarzwald verlängert wurde, um zur Erläuterung von Abschnitt I zu dienen.

Basel, Dez. 1916 — Jan. 1917.



## Geologisches Übersichtsprofil durch das Juragebirge zwischen Aare und Rhein unter Verwertung des Befundes des Hauensteinbasistunnels.

Bedeutung der Indizes: BS = Buntsandstein, HM = Muschelkalk, K = Keuper, L = Lias, UD = Unterer Dogger, HR = Hauptrogenstein, UM-OD = Oberer Dogger-Unterer Malm, S = Sequan. Die fein punktierten Zonen nördlich des Kettunjura bedeuten die verschiedenen Bildungen des Miocäns. Q = Quartär, SP = Südportal, NP = Nordportal des Hauensteinbasistunnels.

Das Profil zeigt südwärts bis zum Eital die dem untertauchenden Grundgebirge des Schwarzwaldes normal aufruhende, schwach südfallende Sedimenttafel; die vindobonische Fläche ist beidseitig des Ergolztales intakt erhalten, sie durchsetzt nach Norden zu den Hauptrogenstein unter ganz spitzem Winkel, sodaß schon wenig nördlich des Kei das vollständige Auskeilen des Hauptrogensteins vorausgesetzt werden darf. Südlich des Eitales machen sich dann im Tafeljurate schon Verbiegungen und Faltungen geltend, die auf den Einfluß des Kettunjura zurückzuführen sind. Über die Verhältnisse in der Ueberschiebungszone und im Kettunjura orientiert Fig. 3 der Profiltafel Hauensteinbasistunnel. Ganz schematisch bringt das Uebersichtsprofil die sog. „Abscherungstheorie“ zur Darstellung, wonach bei der Jurafaltung ein Abgleiten der Sedimentserie im untern Teil des Muschelkalks (spez. im Salzhorizont des mittleren Muschelkalks) stattgefunden habe. Dementsprechend wird das Liegende des Muschelkalks in die Faltung nicht mit einbezogen.

