

Geologisches Profil des Eisenbahntunnels bei Heilbronn.

Ein Beitrag zur Kenntniss der untern Keuperformation von
C. Binder, Eisenbahnbau-Inspektor in Heilbronn.

(Hiezu Taf. 1.)

In der Versammlung des Vereins vom 24. Juni 1861 habe ich in einem Vortrage auf die damals ganz neuen Aufschlüsse aufmerksam gemacht, welche durch den Bau des Eisenbahntunnels bei Heilbronn dem Geologen zum Studium der untern Keuperformation geboten waren und im ersten Vereinshefte vom Jahrgang 1862 ist eine kurze Uebersicht des Vortrags mitgetheilt worden.

Indessen sind die Arbeiten im Tunnel schon längere Zeit vollendet, so dass es möglich ist über den Gang und die Erfolge meiner Beobachtungen Folgendes mitzutheilen:

Nördlich von Heilbronn beginnt mit den Stiftsbergen und dem Wartberg ein Hügelzug, der die Markung der Stadt im Osten umzieht und sich gegen Südost an die Löwensteiner Berge anschliesst. An seiner schmalsten Stelle zwischen Heilbronn und Weinsberg in der Nähe des Trappenseegutes musste dieser Hügelzug für die Eisenbahn von Heilbronn nach Hall mittelst eines 3110' langen Tunnels durchfahren werden, genau in der Richtung von Südwest zu Nordost.

Ehe der Bau begonnen werden konnte, war es meine Aufgabe die geologische Beschaffenheit des Terrains möglichst genau zu erforschen.

Hiebei gaben die Lettenkohlsandsteine, welche bei dem

Rosenberge oberhalb Heilbronn die Neckarufer bilden einen unteren, die Schilfsandsteine, welche überall den genannten Hügelzug krönen und an verschiedenen Stellen, insbesondere am „Jägerhaus“ ausgezeichnete Bausteine liefern, einen oberen Horizont.

Zwischen beiden findet sich die hier circa 400' mächtige Ablagerung der Keuperformation, welche unter der Bezeichnung „Gypsmergel“ bekannt ist und deren Aufschlüsse als Wechsel von verschieden gefärbten Mergeln mit Gypsschnüren und Adern, durch ihre bunten lebhaften Farben leicht in die Augen fallen.

Solche Aufschlüsse finden sich auf beiden Abhängen des Hügelzugs durch Wegeinschnitte, noch häufiger aber durch Gruben aufgedeckt, aus welchen der Mergel von den Weingärtnern ausgehoben wird, um unter dem Namen „Kies“ zur Verbesserung des Weinbergbodens zu dienen.

In einigen dieser Gruben, besonders am Trappenseegut und am sogenannten Pfühlbronnen (beide Orte östlich von Heilbronn), tritt eine aus mehreren festen Bänken bestehende Kalkschicht zu Tage, welche mittelst ihres mannigfaltigen Inhalts leicht zu erkennen ist; wir werden sie bald näher kennen lernen und bezeichnen sie als „leitende Schicht“.

Diese Aufschlüsse geben zwar Mittel an die Hand, sich im Allgemeinen zu orientiren, aber weder sie, noch alles was mir an literarischen Hilfsmitteln über diese Region zu Gebot stand, reichte hin, mit genügender Sicherheit für den technischen Zweck, auf die Beschaffenheit der zu durchbrechenden Formation schließen zu können.

Es war daher nöthig zu direkten Untersuchungen zu schreiten und solche so anzuordnen, dass sie gleichzeitig zu möglichster Beschleunigung der Bauausführung dienen konnten. Figur 1, Tafel I. zeigt diese Anordnung.

Von den Einschnitten zu beiden Seiten des Tunnels wurden zunächst nur die Abtheilungen von Profil Nro. 5—13 und Nro. 60—65 vollständig ausgehoben, gleichzeitig mit ihnen aber auch die Abteufung der Schächte Nro. I. II. III. und IV. auf Heilbronner Seite, V. VI. VII. auf Weinsberger Seite in Angriff genommen. Sobald sie ihre Teufe erreicht hatten, wurde begonnen

die je auf einer Seite liegenden Schächte durch Strecken von 10' Weite und 8' Höhe unter sich in Verbindung zu setzen, so dass nach Vollendung aller dieser Vorarbeiten der Zugang von Tage bis zu den einstigen Tunnelmündungen durch die theilweise ausgehobenen Einschnitte und durch die beiderseitigen (900' beziehungsweise 600' langen) Stollen ermöglicht war. (15. Febr. 1860.) Die Stollen hatten jedoch den Zweck: nicht allein möglichst schnell an die Mündungen gelangen und den eigentlichen Tunnelstollen beginnen zu können, sondern auch nach ihrer Vollendung den Ausbruch der Einschnitte von Profil Nro. 13—22 und von Nro. 54—60 zu beschleunigen.

Die soweit ausgehobenen Einschnitte brachten nur Diluviallöss mit Mammuthresten in Anbruch, die Schächte aber denselben Löss und darunter die vielfarbigen Keupermergel, hie und da mit Gypsschnüren durchzogen. Viel einbrechendes Wasser hat die Arbeit in den Schächten erschwert. In den Stollen waren nur die Gypsmergel angefahren.

In den Schächten Nro. III. und IV. brach die leitende Schichte ein, in der Lage wie sie sich aus dem Profile ergibt, auf der Weinsberger Seite aber konnte sie nirgends aufgefunden werden.

Bei der anscheinenden Gleichförmigkeit der ausgedehnten Aufschlüsse, welche nun unter sich verglichen werden konnten, bei der Regelmässigkeit der Schichtung, welche nirgends merklliche Störungen zeigte, sondern mit den allgemeinen Beobachtungen übereinstimmte, glaubte man auch auf eine gleichmässige Beschaffenheit im Innern des Berges schliessen zu dürfen, und in dieser Voraussetzung wurde nun der eigentliche Tunnelbau in Angriff genommen.

Technische Gründe waren die Ursache, dass zunächst nur der Betriebsstollen in gleicher Weise wie er schon ausserhalb der künftigen Tunnelmündungen beiderseits getrieben war, von beiden Seiten gegen die Mitte möglichst schnell der Bahnsohle entlang durchschlägig gebracht werden sollte, was auch schon den 19ten November 1860 gelang.

Bei dieser Arbeit fiel es bald auf, dass jemehr gegen das

Innere vorgedrungen wurde, die Festigkeit der Mergel zunahm und ihre Färbung eine dunklere gleichmässiger wurde.

Der Wasserzudrang, welcher schon in den Schächten grosse Hindernisse bereitet hatte, war einerseits bis zu Querprofil Nro. 30, andererseits bis zu Nro. 49 stets heftiger geworden, von hier aus nahm er wieder ab, doch nicht gleichmässig, auch wechselte er an manchen Stellen zu verschiedenen Zeiten, abhängig von dem Regenfall.

Mit der Festigkeit des Gesteines nahm das Vorkommen des Gypses zu; bei Nro. 29 wurde im Dache des Betriebsstollens eine sehr feste Schichte von etwa 3' Mächtigkeit angebrochen, welche grösstentheils aus Gyps mit Zwischenlagen von festen Mergeln zu bestehen schien. Sie verlor sich bei Nro. 34 in der Sohle.

Ähnliche Schichten, jedoch von geringerer Mächtigkeit wurden noch mehrmals angebrochen, die Hauptmasse aber wurde immer fester und dunkler gefärbt gefunden, sie liess sich als festen schwarzen Thon erkennen, sehr ähnlich den dunklen Liasthonen.

Auffallend war, dass bei dem in Nro. 42 in der Höhe von 290' über der Bahnsohle angesetzten Schachte, welcher dazu diente das Mauermaterial unmittelbar aus dem Steinbruch in den Tunnel bringen zu können, mit seinem Fortschritte in die Teufe ganz dieselben Beobachtungen gemacht wurden. Bei 80' unter Tage brach Wasser ein, zugleich nahm die Festigkeit der Mergel zu, die Färbung wurde dunkler und etwa bei 130' Teufe hatten die Mergel ihre grösste Festigkeit erreicht; Gipsbänke wurden mehrmals durchsenkt.

Trotz aller bis jetzt erlangten Aufschlüsse, war es mir noch nicht möglich zu erkennen, in welchem Lagerungsverhältnisse die bunten Mergel zu den dunklen Thonen stehen. Es blieb Aufgabe diess zu finden.

Nach Vollendung des Betriebsstollens wurden einzelne Aufbrüche gegen das Dach des künftigen Tunnels begonnen und daran die Erwartung geknüpft, bald eine Uebersicht über den Zusammenhang der verschiedenen Gesteins-Zustände zu erhalten, besonders durch neuen Anbruch der über dem Betriebsstollen

liegenden leitenden Schichte. Dieser Anbruch trat zwar in den auf der Heilbronner Seite zunächst gegen Tag liegenden, nicht aber in den mehr gegen den Kern angelegten Aufbrüchen ein, wenigstens wurde die leitende Schichte hier nicht wieder erkannt. Ueberhaupt war die Lösung der gestellten Aufgabe sehr erschwert, weil alle Beobachtungen nur bei dem trüben Licht der Grubenlampe, in dumpfer Luft und unter Wassergüssen, sowie in Folge des angenommenen Baubetriebs ohne unmittelbaren Zusammenhang gemacht werden konnten.

Um nämlich die Maurerarbeiten förderlich betreiben zu können, wurden an verschiedenen (im Ganzen an 12) Stellen, Räume von 15—25' Länge „Ausbrüche“ genannt, zuerst vom Betriebsstollen aufwärts bis zum Dache und dann von hier aus in voller Weite des Tunnelquerschnitts abwärts bis in die Fundamente des Mauerwerks ausgebrochen. — Als bald nach Vollendung eines solchen Ausbruchs wurde das Mauerwerk begonnen und auf die ausgebrochene Länge das Gewölbe hergestellt.

Nach dem Schlusse des Gewölbes einer solchen Abtheilung wurden unmittelbar an sie anschliessend zu beiden Seiten ähnliche Ausbrüche gemacht, wieder vermauert und so fortgeschritten bis die Wölbung zwischen allen Aufbrüchen in Zusammenhang gebracht und damit der Tunnel vollendet war. — Es waren also zur Zeit des stärksten Betriebs zwar 24 Ausbrüche gleichzeitig angegriffen, allein alle ohne unmittelbaren Zusammenhang und je nur in geringer Ausdehnung, so dass es nicht möglich war, selbst aus den in das Längenprofil gemachten Einzeichnungen den Zusammenhang der verschiedenen Schichten genau zu erkennen, denn die bei Verfolgung der Schichten sich ergebende Gesteins-Verschiedenheit musste immer wieder einigen Zweifel über die Richtigkeit der durch Schlussfolgerung ergänzten Einzeichnungen erregen.

Es war daher nöthig auch anderweitige Aufschlüsse in genaue Untersuchung und Vergleichung zu ziehen, um sich leichter zu rechtfinden und Klarheit in die Sache bringen zu können.

Solche Aufschlüsse wurden besonders in den Gypsbrüchen an den Stiftsbergen (nordwestlich von Heilbronn) und an der Weiber-treue bei Weinsberg (östlich vom Tunnel) aufgesucht. — A m

rsten Orte, wo der Gyps heute noch gebrochen wird, wurde die leitende Schichte alsbald aufgefunden, nicht so an der Weibertreue, wo sie tiefer liegt und wo seit langer Zeit nicht mehr gebrochen wurde. An beiden Orten liegen Gypsschichten von mehr oder weniger, doch nie über 2³—3' Mächtigkeit zwischen den bunten Mergeln. Die Mergel sind von verschiedener Festigkeit und Färbung, immer aber geht mit der grösseren Festigkeit die tiefere Färbung zusammen, namentlich die schwarzgrüne, und beide finden sich insbesondere unter festeren Gyps- oder dolomitischen Mergelschichten, wenn solche das Wasser weniger schnell durchlassen. — An der Weibertreue finden sich weniger Gypsbänke, wohl aber viele Spaltenausfüllungen etc. von meist rothgefärbtem Fasergyps, wie hier überhaupt die rothe Farbe — auch bei den Mergeln vorherrscht.

Von besonderem Interesse war es nun, zu finden, dass die leitende Schichte am Stiftsberge eine wesentliche Verschiedenheit von der in den Tunnelschächten zeigt.

Das Profil dieser Schichte ist an den Tunnelschächten von oben nach unten:

- a. — 0,15' feste graue Kalkmergelbank,
- b. — 0,18' kalkige Bank, in der Mitte sehr brüchig, so dass sie leicht in zwei Theile spaltet, wobei sich aus der Mitte splitterige Stückchen abtrennen, die sich bei näherer Untersuchung als Reste von kleinen verkalkten Muschelschaalen oder Steinkernen zu erkennen geben, selten jedoch für die genaue Bestimmung vollständig genug sind,
- c. — 0,10' feste Kalkmergelbank,
- d. — 0,30' kalkige Bank mit Petrefakten wie b,
- e. — 0,38' desgleichen,
- f. — 0,10' wellige Kalkmergelbank,
- g. — 0,05' desgleichen,
- h. — 0,08' desgleichen,
- i. — 0,35' kalkige Bank wie b,
- k. — 0,09' Kalkmergelbank,
- l. — 0,12' desgleichen.

Zusam. 1,90'.

Sämmtliche Kalke haben mehr oder weniger die Merkmale dolomitischer Kalke. In den Kalkbänken findet sich häufig Bleiglanz eingesprengt, meistens derb, seltener krystallisirt, auch Spuren von Kupfererzen wurden gefunden. — Unter den vorkommenden, im Allgemeinen wenig leicht zu erkennenden Petrefakten dürfte *Nucula dubia* v. *Mstr.* (oder *Cyclas socialis*?) am häufigsten sein.

Am Stiftsberge, wo diese Schichte nahezu das Liegende des Bruches bildet, ist ihr Profil von oben nach unten:

- a. — 0,15' dunkle Thonmergel,
- b. — 0,25' feste Kalkbank, gegen unten übergehend in
- c. — 0,15' dichten Gyps,
- d. — 0,03' Kalkmergel,
- e. — 0,10' Gips,
- f. — 0,02' Thonmergel,
- g. — 0,30' feste Kalkmergel.

Zusam. 1,00'.

In den Schichtflächen zwischen Gypsen und Kalken finden sich Spuren von Petrefakten, in den Kalken Bleiglanz, derb oder in Oktaedern, und auf den welligen Schichtenflächen der Thonmergel häufig Oktaeder von Kupfererzen, jedoch gewöhnlich in oxidirtem Zustande, selten kleine Malachitstücke; öfters zeigt sich kupfergrüner oder blauer Anflug an dem Gestein. — Die Oktaeder von Kupfererz sind wohl Pseudamorphosen; zerschlägt man sie, so fehlt selten ein Kern von Bleiglanz; die Petrefakten sind, soweit sie erkenntlich, zweifellos dieselben wie in der leitenden Schichte im Tunnel.

Einen wesentlichen Unterschied im Zustande der leitenden Schichte an den zwei verschiedenen Orten bildet das Vorkommen des Gypses in derselben am Stiftsberge, während er am Tunnel fehlte; wogegen die leitende Schichte, als sie auch in den beiden, der westlichen Tunnelmündung am nächsten liegenden Aufbrüchen, bei Profil Nro. 25 und bei Nro. 27, wieder angebrochen wurde, sich in ihrem Zustand von dem in den Schächten gefundenen nicht wesentlich verschieden zeigte, so dass die von diesen Anbrüchen erwartete Aufklärung nicht unmittelbar eintrat.

Aber es konnte die Bemerkung nicht entgehen, dass die sehr leicht- und kurzbrüchigen, oft in scharfen Sand zerfallenden Bänke, welche überdies stark von Wasser durchzogen waren, durch Zersetzung und Auswaschung, gegen ihren ursprünglichen Zustand sehr verändert sein müssen. —

War diese Bemerkung gemacht, und dadurch der Gedanke an eine ausgedehnte, von der Oberfläche nach dem Innern fortschreitende Umwandlung dieser Gebirgsmassen hervorgerufen, so handelte es sich darum, einige weitere Beweise für seine Richtigkeit aufzufinden und von diesen aus den Weg der Zersetzung rückwärts bis zu dem normalen unzersetzten Gestein zu finden.

Solche Beweise glaube ich durch weitere Beobachtungen in einigen Eisenbahneinschnitten bei Sülzbach, Willsbach, Wislensdorf und Oehringen und in der grossen Mergelgrube bei Willsbach gefunden zu haben.

Überall findet sich der bunte Keupermergel in einem Zustande, wie er im Allgemeinen gekannt ist, und wie er sich auch in den Tunnelleinschnitten fand.

Aber nur sehr selten finden sich die unregelmässigen Gypsknollen, Nester und Schnüre, und stets sind sie mit einem scharfen weissen Sande überzogen; entfernt man diesen Sand, so zeigen die Oberflächen der Knollen deutliche Spuren der Verwitterung und anhängende kleine Krystalle, sucht man aber Gypsbänke, so ist ihre Stelle regelmässig durch Lager ähnlichen weissen Sandes vertreten, der allmählig die Feinheit des Staubs annimmt, und als solcher die umgebenden Mergel überzieht, je mehr gegen das Ausgehende, desto mehr aber sich gänzlich verliert. — Dieser Sand und Staub ist aber nichts anderes, als der letzte Rest der aufgelösten Gypse; unter dem Mikroskope lassen sich noch einzelne Krystalle erkennen und selbst die Staubkörner erscheinen durchsichtig*).

*) Nach einer von Herrn Chemiker Ign. Halbreiter hier gefällig gemachten Untersuchung besteht übrigens dieser Sand grösstentheils nicht aus Gyps, sondern aus einem Kieselerde haltenden Mineral; ob nun diese ursprünglich im Gypse fein zertheilt war, oder ob bei der Umwandlung des Gesteins und der Zersetzung des Gypses Kieselsäure mitwirkt, muss noch weiteren Untersuchungen zu entscheiden bleiben.

Dieselben Verhältnisse, jedoch in nur sehr untergeordneter Weise, konnten nun auch im Tunneleinschnitte gefunden werden, und hier war der Ort, den Weg, welchen die Zersetzung im grossen Ganzen genommen hatte, zu suchen.

Zunächst schien mir die Aufgabe gestellt, die Veränderungen aufzufinden, welchen die leitende Schichte unterworfen war, aber es fehlte noch die Gelegenheit, sie von den angebrochenen Stellen aus zu verfolgen, und im Stollen war sie noch nicht aufgefunden.

Lange wurde sie hier vergeblich gesucht, bis endlich eines Tags in der 3 Fuss mächtigen festen Schichte bei Nro. 31 und 32 Bleiglanz entdeckt wurde. Eine hierauf vorgenommene genauere Untersuchung dieser Schichte zeigte den Bleiglanz sehr verbreitet, wenn auch nur eingesprengt, theils derb, theils in Oktaedern krystallisirt.

Gleichzeitig wurde aber auch gefunden, dass diese 3' mächtige Schichte nicht allein aus kohlen-saurem Kalk besteht, sondern dass Bänke von kohlen-saurem Kalk mit solchen von schwefel-saurem Kalk, wie nachstehendes Profil zeigt, wechseln.

Es liegen zwischen den festen Mergeln, in denen sich in dieser Region nicht selten kleine Kupfererzkrystalle finden, von oben nach unten gezählt:

- 0,8' fester schwefelsaurer Kalk,
- 0,2' mergeliger Kalk,
- 0,4' fester schwefelsaurer Kalk,
- 0,2' mergeliger Kalk,
- 0,6' fester schwefelsaurer Kalk,
- 0,2' mergeliger Kalk,
- 0,2' fester schwefelsaurer Kalk,
- 0,2' mergeliger Kalk,
- 0,2' fester schwefelsaurer Kalk.

3,0'.

Untersucht man aber einzelne Bänke des schwefel-sauren Kalks näher, so erkennt man, dass sie gegen ihre Mitte ein oolithartiges Ansehen haben, dass zwischen der hellgrauen Masse kleine dunkel-graue Schuppen liegen, übergiesst man sie mit Salzsäure, so ent-

steht an den dunkleren Punkten ein starkes Aufbrausen, das an den hellen Stellen nicht wahrgenommen werden kann, und wird endlich ein frischer Bruch parallel der Lagerfläche geführt, so können die kleinen grauen Muschelschaalen (oder Steinkerne), welche aus kohlen-saurem Kalk bestehen, daher mit Säure aufbrausen, nicht mehr verkannt werden.

Das Vorkommen des Bleiglanzes und der Muschelschaalen gestattet nun keinen Zweifel mehr, dass die leitende Schichte ausserhalb des Tunnels aus Kalk und zerreiblichen Trümmern bestehend, nur der Rest der durch Erosion zerstörten gemischten Kalk- und Gypsschichte des Innern ist.

Wäre aber noch irgend welcher Zweifel bestanden, dass die so sehr verschiedenen, nur durch ihre Einschlüsse wieder erkenntlichen Bänke zusammengehören, so würde er auf's entschiedenste widerlegt worden sein, als den 15. August 1861 bei Nro. 29 eine stark Wasser führende Spalte angebrochen wurde.

Die Spalte in der Weite von etwa 15 Linien bildete an dieser Stelle eine ganz entschiedene Trennung zwischen dem unzersetzten und dem zersetzten Theile der Schichte, sowie zwischen dem festen dunkelgefärbten Thon und den brüchigen dunkeln Mergeln.

Auf der Seite der Spalte gegen den Berg waren die Gypse ganz unversehrt, nur auf der Spaltfläche selbst, durch Erosion wellenförmig begrenzt, auf der Seite gegen Tag hatten sich durch Zerstörung des Gypses starke Klüfte gebildet, voll Trümmer der zerstörten Schichten, namentlich von scharfem kalkigem Sand, der leicht als die Trümmer von Muschelschaalen oder Steinkernen erkannt werden konnte, leider so klein und so abgewaschen, dass deutliche Petrefakten zur Bestimmung geeignet, sich nicht auffinden liessen.

Neben diesen Trümmern fanden sich die erodirten Flächen mit einem dicken braun-rothen Ueberzug offenbar von — mit Eisenoxyd gemischtem — Thone bedeckt.

Eine Verwerfung oder ein Zusammendrücken der Bänke konnte noch nicht unmittelbar bemerkt werden, bei weiterem Fortschritt der Arbeit ergab sich aber die Bestätigung der Annahme: es sei die Reduktion der 3' mächtigen gemischten Schichte

auf die 19" mächtige Kalk- und Mergelschichte nur die Folge der Zusammensenkung nach der Erosion und hieraus mögen sich auch die kleinen Wellen, in welchen die Schichten liegen, erklären.

Leider musste diese angebrochene lehrreiche Stelle schon nach einigen Tagen wieder vermauert werden, so dass längere Beobachtungen nicht möglich waren, doch haben einige mir befreundete Geologen und Vereinsmitglieder (Herr Prof. O. Fraas von Stuttgart und der indessen leider verstorbene Herr Dr. med. Th. Roman) Einsicht genommen und die von mir ausgesprochene Anschauung der Sache bestätigt gefunden.

Ueberdies zeigte nun auch das mit dem Fortschritte der Ausbrucharbeiten nach und nach ergänzte Profil ganz zweifellos den Zusammenhang der leitenden Schichte und es stand nunmehr fest, dass nicht allein die im Kern des Gebirges abgelagerten festen Thone, sondern auch die von denselben eingeschlossenen Kalkmergel- und Gypsablagerungen einer Reihe von Veränderungen unterworfen sind, bis sie endlich die bunten Keuper-Gypsmergel bilden, sowie sie nahe am Tage allgemein bekannt sind. —

Welch lange Zeit diese allmählichen Umwandlungen des Gesteins erfordern mögen, ist wohl nicht zu schätzen, um so weniger, als viele lokale Verhältnisse entschieden auf die Beschleunigung oder Verzögerung einwirken.

Nach meinen Erfahrungen gehört dahin insbesondere die äussere Bildung der Oberfläche; ist die Hügelform eine sehr flache, so dringt das Wasser und damit die Verwitterung viel rascher und tiefer ein, je steilere Abfälle aber angebrochen werden, um so weniger tief finden sich die weniger zersetzten Gesteine. — Dass die Art der Bodenbenutzung, die Wasserläufe und dergleichen ebenfalls Einfluss üben, wird wohl nicht erst nachzuweisen sein. —

Wenn aber vielleicht Milliarden von Jahren vergiengen, bis die Zersetzung so weit eingedrungen ist, als sie bei dem Tunnelbau vorgeschritten gefunden wurde, so habe ich doch auch Gelegenheit gehabt, gleichzeitig zu beobachten, wie wenig Zeit dazu gehört, den ganzen Verlauf durchzumachen, wenn den wirkenden

Ursachen durch Anbruch und Wasserzuführung der Weg gebahnt ist. —

Diese Beobachtungen sind gewiss um so wichtiger, weil sie eigentlich auf dem umgekehrten Wege, als dem, der mich zu meinen Schlüssen führte — deren Richtigkeit auf das bestimmteste bestätigen und zugleich deutlich erkennen lassen, welche verschiedene Arten von Kräften bei den Gesteins-Bildungen gewirkt haben und stets noch wirken.

Der untere Theil des Schachtes, so wie die demselben zunächst gelegenen Theile des Tunnels, liegen — wie das Profil zeigt — in dem Kerne des Gebirges, welcher sich zur Zeit des Anfahrens noch als völlig unzersetztes Gestein zu erkennen gab. — Zu möglicher Sicherung des Schachtes wurde nun frühzeitig das Tunnelgewölbe in seiner Umgebung geschlossen, nur in dem ca. 25' langen Theile des Stollens, welcher den Fuss des Schachtes enthielt, konnte weder die Ausmauerung, noch der volle Ausbruch vor Vollendung des ganzen übrigen Tunnels vorgenommen werden, weil durch den Schacht sämtliches Mauermaterial eingefahren wurde. — Es mussten sich in dem unteren Theile des Schachtes die Wasser, welche oben angebrochen waren, niedersenken, und so gut auch für deren Abführung gesorgt werden wollte, konnten sie sich doch in der Röhren- und Rinnenleitung nicht alle sammeln, ebensowenig als es gelang, alle die Wasser aufzufassen und abzuführen, welche in dem höhern östlichen Theile des Tunnels einbrachen, in der Sohle sich sammelten und dem Gefäll gemäss in Kandeln gegen die westliche Mündung abfliessen sollten.

Trotz aller Vorkehrungen verbreitete sich ein Theil der Schachtwasser über den anstossenden Gewölben, die Sohlenwasser aber zum Theil in den Klüften, Spalten etc., welche sich beim Aussprengen des Stollens gebildet hatten und von denen aus alsbald ihre eigene Wirkung, weitere Wege sich bahndend, begann. Die Wasser mussten als die nächste Ursache einer schlimmen Erscheinung erkannt werden, welche in einem starken, besonders in senkrechter Richtung (aufwärts von der Sohle, abwärts vom Dache aus) wirkenden Drucke bestand.

Nicht allein die Schwellen, auf welchen die Hilfsbahn lag,

wurden fortwährend gehoben, sondern auch die Kopfhölzer des Stolleneinbaues, ja selbst die beiden fertigen kurzen Gewölbestrecken zunächst des Schachtes litten unter diesem Druck so bedeutende Beschädigungen, dass sie vor Vollendung des Tunnels wieder ausgewechselt und verstärkt werden mussten.

Als nun diese Gewölbestücke zum Zweck ihrer Erneuerung wieder ausgebrochen, der Einbau des Schachts zur Vollendung des Tunnels herausgenommen und zugleich der Betriebsstollen auf das volle Tunnelprofil erweitert wurde, fand sich das zur Zeit des ersten Einbruchs noch so feste dunkelgefärbte Gestein schon gänzlich verändert; es hatte die verschiedenen Stufen der Umwandlung schon mehr oder weniger vollständig durchlaufen. — Die feste ungeschichtete Thonmasse war geschichteten kurzbrüchigen Mergeln von hellerer rother oder grüner Farbe gewichen, vielfach gespalten und zerklüftet, der feste dichte schwefelsaure Kalk war völlig in krystallisirten körnigen Gyps umgewandelt, zeigte die unverkennbaren Spuren weiterer Zersetzung, und war wie der Gyps in den Spaltenausfüllungen etc. zum Theil schon ausgewaschen, während andere Stellen mit neugebildeten Gypskristallen beschlagen waren. Diese Erscheinungen haben sich überall wiederholt, wo angebrochenes festes Thongestein längere Zeit den Einflüssen der Feuchtigkeit ausgesetzt war, sie giengen an manchen Stellen in raschem Verlauf unter unseren Augen vor sich.

Nachdem auf diese Weise die Thatsache der Umwandlung unbedingt festgestellt ist, betrachten wir an der Hand des Profiles die aufgefundenen Gesteine noch näher und finden:

4. Im Kerne des Gebirges, zwischen Profil Nro. 32 und Nro. 48, wo die grösste Tiefe unter der Oberfläche erreicht ist, eine massige Ablagerung von sehr festem hartem Thon. Schichtung war in den frischen Anbrüchen kaum bemerklich, selbst bei dem Bearbeiten und Aussprengen machte sie sich sehr wenig geltend, nur wo feste Kalk- oder Gyps- (Anhydrit-) Bänke mit Thonen wechseln, konnte sie deutlich erkannt werden. Dagegen ist die Masse vielfach zerklüftet und gespalten, die Spalten stehen nahezu senkrecht und gewöhnlich rechtwinklig zur Bahnachse,

streichen also von Nordwest gegen Südost, sie sind stets dicht mit Fasergyps angefüllt.

Die Färbung ist eine dunkle blauschwarze, Wasser brach in diesen Thonen nirgends ein. Sobald die senkrecht angebrochenen Wände dieses Gesteins in Berührung mit Luft und Feuchtigkeit kamen, blähte es sich stark auf und so fest es auch war, so leicht spalteten sich Schiefer von muschligem Bruche und mehr oder weniger Flächengehalt, bis zu einigen Linien Dicke senkrecht ab, und zwar gieng diese Abspaltung am leichtesten parallel der Bahnachse, was seine Ursache vielleicht auch darin hatte, dass in dieser Richtung die Wände am meisten bloßgelegt, also auch dem meisten Druck ausgesetzt waren.

Das Ablösen geschah häufig plötzlich, war von Knistern, ja nicht selten von ziemlich starkem Knalle begleitet, womit dann ein so heftiges Abspringen verbunden war, dass hie und da leichte Verwundungen der Arbeiter verursacht wurden.

Die Mineure beschleunigten dieses Ablösen, das ihre Arbeit beförderte, durch Benetzen der Wände.

Auf den Halden spaltet das Gestein bald nach den horizontalen Schichtflächen und zerfällt zu kleinen scharfkantigen Stückchen.

Nach einer von Herrn Bergrath Xeller in Stuttgart gefälligst vorgenommenen Analyse finden sich in den Thonen folgende Bestandtheile:

in Chlorwasserstoff unlöslich:

Sand, Thon etc. 50,6

in Chlorwasserstoff löslich:

Thonerde, Eisenoxyd, Kieselerde . . . 13,1

kohlensaure Kalkerde 8,6

schwefelsaure Kalkerde 0,6

kohlensaure Bittererde 25,5

Chlornatrium , . 0,5

Wasser 1,8

100,7.

Zwischen den Thonen finden sich:

a. in Bänken: ein dichter derber schwefelsaurer Kalk von dunkelaschgrauer Färbung und bedeutender Festigkeit; es hat

sich theils durch die Beobachtungen im Tunnel, theils durch genaue Untersuchungen von frisch gebrochenen Stücken herausgestellt, dass dieser schwefelsaure Kalk wasserfrei, also Anhydrit ist. — Die Bänke haben 5" — 2' Mächtigkeit, sind aber mehrstens durch dünne Thonschichten in eine grosse Zahl, jedoch unter einander festverwachsener Platten unterschieden.

b. Ausser diesen Bänken finden sich auch solche aus mehreren dicht verwachsenen Platten, von denen einzelne Platten aus einer Mischung von Anhydrit, kohlenurem Kalk und Dolomit bestehen, wie nachstehende Analyse zeigt; andere dicht aufgewachsene Platten bestehen aus Dolomit, mehr oder weniger dolomitischem Kalk, oder auch aus reinem kohlenurem Kalk. Hieher gehört besonders die schon oben beschriebene leitende Schichte, welche auch der beinahe ausschliessliche Fundort von Versteinerungen ist.

Die Versteinerungen sind jedoch stets in einem Zustande, der nur eine unsichere Bestimmung ermöglicht, und Herr Bergrath v. Alberti in Friedrichshall, welcher sich mit dieser Bestimmung viele Mühe gegeben hat, und dessen freundlichem Beistand ich überhaupt viel zu verdanken habe, hat mir ausser der schon genannten *Nucula dubia* v. Münst., *Myophoria Raibliana.*, *Boué. sp. Pleurophorus?* und unbestimmte Fischechuppen bezeichnet. Im Thone habe ich einen einzigen unbestimmbaren platten Algenstängel gefunden.

Ein aus der Mitte der leitenden Schichte geschlagenes frisches Stückchen gab nach der Analyse des Herrn Bergrath Xeller in Chlorwasserstoff unlöslich:

Kieselerde und kieselsaure Verbindungen . . . 6,05

in Chlorwasserstoff löslich:

Thonerde und Eisenoxyd 2,15

schwefelsaure Kalkerde 25,49

kohlenure Kalkerde 37,24

kohlenure Bittererde 27,90

Wasser 1,16

Spuren von Chlornatrium.

99,99

c. In Knollen und Nestern verschiedener Grösse und von unregelmässiger Form: ein ganz ähnlicher dichter, fester, grauer Anhydrit unregelmässig vertheilt. Manchmal nehmen diese Knollen nur die Grösse und Form von Linsen und Mandeln an und liegen dicht beisammen in den Thonen, so dass das Gestein das Aussehen von Mandelstein erhält.

d. In häufigen unregelmässigen Klüften findet sich als Ausfüllung Gyps von faseriger oder krystallinischer Struktur grauer, weisser, häufig auch schön rother Farbe. — Diese Klüfte sind von ganz unregelmässiger Form, Richtung und Vertheilung, im Einzelnen von geringer Ausdehnung, sie verlaufen sich schnell wieder.

e. In Spalten von $\frac{1}{2}$ bis 15 Linien Weite, welche von Nordwest nach Südost, also winkelrecht auf die Tunnelachse streichen und senkrecht stehen, finden sich Ausfüllungen von weissem Faser-gyps. Treffen diese Spalten auf die Gypsschichten, so ist ihr Verhalten sehr verschieden, manchmal setzen sie ganz durch solche, manchmal nur durch einzelne Bänke, oft aber und besonders bei starken Schichten ist die Spalte nur oberhalb und unterhalb zu erkennen, sie durchsetzt aber keinen der Bänke, welche die Schichte bilden; wo die Spalte die Schichte ganz oder theilweise durchdringt, ist sie innerhalb derselben sehr oft nach rechts oder links versetzt, entweder gleichmässig durch die ganze Schichte, oder auch über diess in den einzelnen Bänken, so dass sie treppenartige Abstufungen bildet; unter der festen Schichte kehrt die Spalte gewöhnlich wieder in die senkrechte Ebene zurück, in welcher sie oberhalb steht. (Vergl. Taf. I. Fig 2.)

Die beiden letztgenannten Gesteine (*d* und *e*) sind offenbar sekundäre Bildungen, abgelagert aus niedergehenden Wassern, welche mehr am Tage Gyps aufgelöst haben und die nun verdunstet oder von dem vorher trockenen Gesteine aufgesogen wurden. Die einzelnen Krystalle, welche die feinen Fasern bilden, liegen stets horizontal, dicht an- und übereinander gepackt; auffallend ist dabei, dass die senkrechten Kluftflächen stets ganz glatt und eben sind und keine Spur von Angriffen des Wassers zeigen, auch die Flächen der unregelmässigen mit Faser-gyps gefüllten Spalten

zeigen nur sehr wenig Spuren von Auswaschung, wodurch sie sich von solchen unterscheiden, die wir in dem zersetzten Gestein später finden werden.

Dagegen findet man bei aufmerksamer Beobachtung in den Thonen einzelne Stellen, an welchen die schwarze Farbe in eine entschieden dunkelrothe übergeht. Diese Färbung erstreckt sich aber nie als eine gleichmässige auf grössere Massen, grösstentheils zeigt sie sich nur als eine geflammt vertheilte, marmorartige, ihr Vorkommen nimmt jedoch in der Richtung gegen Tag zu und sie wird mehr und mehr eine hellere. Dabei werden die Thone brüchiger. Gleichzeitig schon nimmt auch der graue derbe Gyps in den Nestern ein körniges Gefüge an, häufig auch röthliche Färbung, und die verschiedenen Färbungen von schwarz, grau, roth, weiss, mischen sich in kleinen vertheilten Flecken, Flammen, Adern und Punkten so, dass die Masse einem gesprengelten Marmor ähnlich wird. — Dieses Vorkommen zeigte sich nie in grosser Ausdehnung und stets an trockenen Stellen, gleichwohl kann es nur der Einwirkung des Wassers zugeschrieben werden, wie es denn auch stets in der Nähe von den beschriebenen Spaltenausfüllungen sich findet, so dass es wohl durch dasselbe Wasser verursacht wurde, welches die Spalten mit Gypsniederschlag füllte.

B. Anschliessend an das vorbeschriebene im Kerne lagernde Gestein und aus diesem allmählig übergehend, anderseits aber von dem zu Tage gehenden Mergel begrenzt, lagert zwischen den Profilen Nro. 29 und Nro. 32 einerseits und zwischen Nro. 48 und Nro. 51 anderseits ein Gestein, weniger hart und spröde, weniger splittrig, dagegen viel zäher, so dass es sehr schwierig zu gewinnen war und beim Sprengen mit Pulver viel weniger brach, als die harten Thone. Seine Färbung ist eine etwas hellere, vorherrschend grünlich-schwarze. Es ist überall von Wasser durchzogen und liegt ganz feucht, doch sammelt sich in selten vorkommenden Spalten oder in den Anbrüchen nur wenig Wasser, welches abtropft, das mehrste scheint aufgesogen und festgehalten, weil die ganze Masse so dicht ist, dass sich kein Tropfen durchziehen kann, dagegen bricht das mehrste Wasser da ein, wo diese Thone in die bunten Mergel übergehen.

Die verschiedenen Arten von Gyps kommen auch hier vor, nicht leicht mehr aber Anhydrit, denn sowohl in den Bänken als auch in den Nestern hat der Gyps mehr krystallinisches Gefüge, geringere Härte, lichtere Färbung, insbesondere die Nester- und Klüfte-Ausfüllung rothe Farbe.

Nur der Fasergyps in den senkrechten Spalten bleibt stets weiss.

Aus diesen Beobachtungen folgt ohne allen Zweifel, dass das Tag- oder anderes Wasser, wo es bis zu den Thonen niedergehen kann, von diesen lebhaft aufgesogen wird. — Es wirkt auf die Thone lösend und aufblähend.

Die Aufblähung wird aber vermehrt durch die reichliche Vertheilung des Anhydrites, der sich in Gyps verwandelt; doch bei der bedeutenden Gebirgslast, welche auf diese Schichten drückt, kann die Aufblähung nicht zu voller Entwicklung gelangen, ihre Kraft wirkt nur auf die nächstgelegenen feuchten Thone zusammenpressend, daher deren geringere Härte, aber grössere Zähigkeit.

In dem so gedichteten Gestein kann aber auch das Wasser nicht weiter eindringen, daher sich so selten tropfendes Wasser vorfindet, es muss also diese Aenderung der festen Thone auch ausserordentlich langsam fortschreiten. — Nur wenn das einmal vordringende Wasser durch Auslaugen der löslichen Salze das Gestein zu lockern beginnt, bricht es sich Bahn zu weiterem Eindringen. Sobald aber diese Auslaugung, durch genügende Wasserzufuhren und durch Spalten begünstigt, in lebhafterer Wirkung stattfindet, tritt auch ein weiterer Abschnitt der Gesteinszersetzung ein, und darum finden wir den vorbeschriebenen Zustand nur über eine verhältnissmässig geringe Massenausdehnung verbreitet.

Er tritt aber da gar nicht ein, wo das noch ganz unzersetzte Gestein durch ausgedehnten Anbruch und genügende Wasserzufuhrung einer schnellen ungehinderten Umwandlung zugänglich ist, wie dies überall in dem Stollen und im Schachte beobachtet werden konnte. Aber der starke Druck, welcher in letzterem Falle mit der Aufblähung des schwefelsauren Kalkes bei seiner Wasseraufnahme verbunden ist, findet sich zwischen den zähen Thonen nicht mehr, wenn ihnen und dem ihnen eingelagerten schwefelsauren Kalk nach ihrem Anbruch auch reichliches Wasser zugeführt wird, ein

Beweis, dass hier schon Gyps und nicht mehr Anhydrit liegt, also mit der ersten Veränderung der Thone auch die Umwandlung des Anhydrits schon vollständig statt hatte. *)

Mit der Annahme der Auslaugung der löslichen Salze, welche allerdings nach obiger Analyse nicht sehr reichhaltig in den Thonen vorhanden sind, stimmt die Beobachtung überein, dass in schon länger geöffneten Ausbrüchen, nach welchen sich allmählig mehr Wasser zog, als zur Zeit des Anbruchs vorhanden war, öfters salzhaltiges Wasser bemerkt wurde und dass in den Schächten, welche bei Nro. 41 bis auf die leitende Schichte zu deren Aufsuchung und bei Nro. 31 bis auf eine andere feste Bank (auf ca. 15') abgeteuft wurden, nachdem das oben zufließende süsse Wasser während mehrerer Tage durch Auspumpen möglichst abgehalten war, unmittelbar über den festen Schichten Wasser einbrachen, welche annähernd (auch nicht konstant) auf 1,0 Wasser 0,0156 — 0,033 feste Theile enthielten, und zwar

0,0105 — 0,020 Bittersalz,

0,0050 — 0,010 Kochsalz,

00001 — 0003 Gyps,

somit schon zu den stärkern bekannten Bitterwässern gehören.

Ein ähnliches Wasser mit 0,0205 Theilen Salz wurde auch in dem Graben gefunden, welcher das durch die Schutthalde des Tunnels sickende Tagwasser abführt; es ist dies natürlich steten Veränderungen unterworfen. Häufig fand sich überdies im Tunnel an den Ausbrüchen, an dem Mauerwerk, ja sogar an den Stollenhölzern und selbst an herumliegenden Werkzeugen ein Anflug von Bittersalzkrystallen; auch ausserhalb des Tunnels an dem Gerinne, welches das Wasser aus demselben abführt, können heute noch solche Absätze gefunden werden.

Ob die schwefelsaure Bittererde ursprünglich im Gestein vorhanden ist, was nach obigen Analysen nicht der Fall zu sein scheint, oder ob auch sie im Verlauf der Zersetzung erst aus der kohlen-sauren Bittererde entsteht, muss dahingestellt bleiben.

*) Anm. Der hier vorkommende wasserfreie schwefelsaure Kalk ist doch nicht eigentlicher Anhydrit, indem ersterer an der Luft schnell Wasser aufnimmt, was bei dem Anhydrit nicht leicht stattfindet. D. Red.

Endlich sind hier auch die Wasser zu beachten, welche in reichem Maasse Gypskrystalle abgesetzt haben, wozu sie das Material nur in dem obern Theile des Gesteins geholt haben können; wir werden die Krystalle unten noch näher in Betracht ziehen.

Wo aber endlich vom Tage herein im unangebrochenen Gebirge dem Wasser der Zutritt ungehindert gestattet ist und dasselbe in vermehrter Masse auf das, die erste Umwandlung durchlaufene Gestein trifft und dieses dem Wasserdruck weniger Widerstand entgegenstellt, schreitet auch die weitere Zersetzung des zähen Gesteins allmählig vor.

Es finden sich hier:

C. die bunten Mergel, im Profile von Nro. 29 westlich und von Nro. 51 östlich bis gegen Tage durch die Einschnitte.

Diese Mergel sind als die „Gypsmergel der untern Keuperformation“ allgemein bekannt, doch dürfte es von Werth sein, auch ihnen noch einige Aufmerksamkeit zu schenken.

Sie erscheinen als kurzbrüchige, dünngeschichtete, kalkige Mergel von der verschiedensten Färbung, je ferner vom Tage, desto dunkler sind sie gefärbt, sie gehen aus den dunkelgefärbten zähen Thonen allmählig in die helleren Farben über, wie denn überhaupt die drei verschiedenen Gesteinsarten nicht plötzlich mit bestimmten Grenzen auftreten, sondern nach dem beschriebenen Umwandlungsverlauf allmählig in einander übergehen.

Die Veränderung in der Färbung hat offenbar in der Veränderung der Oxydationsstufe des färbenden Stoffes, des Eisens, seinen Grund; auffallend ist, dass die grüne Farbe stets mit den festern Mergeln zusammentrifft, sie herrscht da vor, wo das Wasser nicht zu seiner vollen ausgedehnten Wirkung gekommen ist, wie z. B. unmittelbar unter festen, nicht überall sondern nur an einzelnen Spalten durchlassenden Kalk- oder Gipsbänken; überdies mag bei den weniger festen, lockern, rothgefärbten Mergeln nicht allein das Wasser, sondern auch die eindringende Atmosphäre mitgewirkt haben; zwischen roth und grün bildet gewöhnlich der schmutzig violete Mergel die Mitte, während die gelben und braunen Färbungen in der Regel auf die vorgeschrittenste Veränderung deuten, sie bilden den Uebergang zum Löss oder Lehm.

Eine Analyse der bunten Mergel gab folgendes Resultat:

In Chlorwasserstoff unlöslich:

Sand und Thon	46,9.
löslich: Thonerde, Eisenoxyd u. Kieselerde	15,3.
kohlensaure Kalkerde	4,4.
schwefelsaure „	Spur.
kohlensaure Bittererde	31,3.
Chlornatrium	Spur.
Wasser	2,8.
	100,7.

Aeltere bekannte Analysen der entsprechenden Schichten aus der Stuttgarter und Tübinger Gegend von C. G. Gmelin geben dieselben Bestandtheile in wenig verschiedenen Verhältnissen, wie denn überhaupt eine durchgehends gleiche Zusammensetzung selbst nahe beisammen gelegener Bruchstücke nicht erwartet werden darf, daher auch nicht angenommen werden kann, dass die hier gegebenen Analysen der Thone und der Mergel die chemischen Veränderungen, die im grossen Ganzen vorgehen, in genauen Verhältnissen bezeichnen.

Die Gypsbänke verschwinden allmählig ganz, das Wasser löst sie auf und führt den Gyps zum Theil weg, zum Theil schlägt er sich in tieferen Schichten wieder nieder.

Die Gypsnester und Kluftausfüllungen erhalten sich gewöhnlich länger, ja sie vermehren sich in manchen Schichten, und ganz besonders beachtenswerth ist es, wie sich über und neben den älteren Niederschlägen neue bilden, sie schliessen sich dicht zusammen zu einer Masse, und man erkennt die verschiedenen Lagen nur an den verschiedenen Färbungen; die weissen dürfen stets als älter denn die auf ihnen lagernden rothen Niederschläge angesehen werden, deren schöner Farbstoff sicherlich aus den Mergeln stammt und neben dem Gyps vom Wasser aufgelöst war.

Oft durchsetzen sich auch mehrere solcher Niederschläge, indem Spalten, welche die älteren durchziehen, sich mit neuen Krystallen füllen.

Wie Eingangs schon gesagt ist, findet sich der Gyps gegen

Tage immer weniger; wo daher Anbrüche von bedeutender Höhe sich finden, kann man deutlich sehen, wie in den höhern Schichten derselbe ganz fehlt, wie er je mehr gegen die Tiefe stets zunimmt und wie das Gestein gegen unten immer fester und ungestörter gelagert sich findet. Zu den schönsten Stellen, die ich für diese Beobachtung kenne, gehört ein kürzlich begonnener Gyps- und Mergelbruch am Fusse des Wunnensteins nächst Winzerhausen im Oberamt Marbach.

Ausser den Gypsniederschlägen, welche sich in den Spalten und Klüften als Fasergyps, in den Lagerfugen zwischen Bänken häufig als Marienglas finden, finden sich in dem lockern Mergel sehr oft auch Knollen von Kalkmergel, Schnüre von dolomitischem Kalk, Drusen mit Kalkspath und Bitterspathkrystallen, und sind diese alle sekundäre Bildungen, welche heut zu Tage noch entstehen, aber auch wieder vergehen.

Die Stoffe hiezu finden sich neben dem Gypse, wie wir schon gesehen haben, im ältesten Gestein, aus dem nach dem Gyps am mehrsten die dolomitischen Mergel aufgelöst werden, die reinen Kalkbänke erhalten sich am längsten, von ihnen findet man auch in den verworfensten Massen die reichsten Trümmer. Solche verworfene und verstürzte Massen sieht man häufig an unterwaschenen Bergabhängen, sie bilden die seltsamsten Biegungen der immer noch vorhandenen Schichtung.

Diese Verwerfungen sind ein weiteres Mittel, auch die bunten Mergel einer steten Zersetzung entgegenzuführen, deren nächstes Resultat eine trockene, staubartige Erde ist, den Weingärtnern unter dem Namen „Aschenboden“ als untauglich für den Weinbau bekannt. — Der „Aschenboden“ bildet sich nur da, wo die Wasser in dem aufgelockerten Mergel rasch abgeführt werden und die Einwirkung der trockenen Luft eintritt; er wird leicht vom Wind fortgeführt, mischt sich aber Wasser zu ihm, so wird er zum zähen Lehm.

Gemischt mit dem feinen Sande aus den Dolomit- und Kalkresten und besonders aus den obenliegenden Schilfsandsteinen, entsteht endlich ohne Aenderung des Orts aus den Thonen jener Löss, der als Diluvial- oder Alluvialbildung betrachtet wird, und

der sich in den Keuperthälern oft in mächtigen Massen angelagert findet. — Um das Bild der Zerstörung und Umwandlung zu vollenden, erinnern wir daran, wie jeder heftige Regenguss den leicht gelagerten Löss mit sich reisst und den Flüssen zuführt, die ihn erst in weiter Ferne unter abermals veränderter Gestalt absetzen, wo der vielfach durcharbeitete Stoff vielleicht noch nicht einmal seine letzte Ruhe findet, sondern — wenn auch neue Milliarden von Jahren darüber vergehen — wohl nochmals in neuer Form an das Tageslicht gelangt, einen neuen Kreislauf zu beginnen.

Es wurde oben des bedeutenden Drucks erwähnt, welcher in der Nähe des Schachtes Beschädigungen verursacht hat, und wenn dort gesagt ist, dass diese Erscheinung ihre nächste Ursache in der Verbreitung der Wasser findet, so erübrigt noch, sie etwas näher zu beachten.

Es ist auch schon angegeben, dass der in Bänken und Nestern zwischen den festen Thonen im Kern des Berges liegende schwefelsaure Kalk wasserfrei ist; bekannt ist aber seine Eigenschaft, in Berührung mit Wasser solches aufzusaugen, sich in Gyps zu verwandeln und dabei eine mit bedeutender Kraftäusserung verbundene Volumenvermehrung zu erfahren.

Diese Umwandlung fand nun auch im Tunnel statt, und nach meinen Beobachtungen ist der Vorgang hiebei folgender:

Der dichte, derbe, grau gefärbte Anhydrit ändert sein Gefüge, es wird dieses feinblättrig krystallinisch, was hauptsächlich an dem eintretenden schuppigen matten Glanze erkannt werden kann; die Farbe wird lichter, weiss — wo reines Wasser wirkt, röthlich — wo das Wasser Farbstoff aus den Thonen mit sich bringt.

Es erfolgt Spaltung in Bänke und Blätter, besonders da, wo die vorher dicht verwachsenen, nicht erkennbaren, feinen Thonblättchen durchsetzen; aber auch in den verschiedensten unregelmässigen Richtungen reisst der feste massige Anhydrit in einer so eigenthümlichen Weise, dass man glauben möchte, eine innere Kraft — wenn es denkbar wäre, z. B. die Expansion von Gasen — müsse die unregelmässigen Risse und Höhlungen hervorbringen.

Ohne Zweifel ist die Ausdehnung eine ungleichmässige und ungleichzeitige, so dass ungleiche Spannungen entstehen, denen die Masse nur durch Zerreißen nachgeben kann.

Auf den Flächen der Risse und auf der Oberfläche setzen sich nach kurzer Zeit sehr kleine feine Krystalle an, doch nie so dicht und reich, dass sie die Risse wieder nach und nach ausfüllen würden. Es finden sich aber diese Risse nur in solchen Stücken, welche während der Umwandlung nicht mehr satt im Gebirge eingeschlossen sind, sondern entweder ganz frei oder wenigstens an den Wänden der Anbrüche liegen; an Stücken, die ihre Umwandlung tief im geschlossenen Gebirge durchgemacht hatten und so erst angebrochen wurden, habe ich wohl alle andern beschriebenen Merkmale gefunden, nie aber solche Risse, sei es nun, dass die Umwandlung hier allmählig und gleichmässig vor sich geht, sei es, dass der natürliche Gebirgsdruck das Aufreißen hindert. Denn wenn auch dieser Druck nicht gross genug ist, die bekannte Ausdehnung oder Aufblähung bei der Umwandlung zu verhindern, so mag er doch wohl das Aufreißen verhindern.

Ist letzteres richtig, ist der Gebirgsdruck im Stande, das Aufreißen des Anhydrits zu verhindern, so folgt doch noch keineswegs, dass er auch die ausdehnende Kraft überhaupt überwinden kann, und es möchte damit einer schon oft ausgesprochenen Ansicht: die Kraft der Umwandlung des Anhydrits sei gross genug Gebirge zu heben, nicht entgegengetreten werden, wenn meine Beobachtungen auch nicht hinreichen, eine so weit gehende Kraft zu bestätigen.

Leider ist es mir noch nicht gelungen, meine Absicht, direkte Versuche über die Grösse der Kraft der Aufblähung des Anhydrits anzustellen, zur Ausführung zu bringen, weil die Construction einer geeigneten Vorrichtung hiezu fehlt, auch habe ich nirgends eine Mittheilung finden können, dass solche anderwärts gemacht worden wären *).

*) Ich würde es sehr dankbar aufnehmen, wenn mir gefällige Mittheilungen in dieser Richtung zukommen würden. Binder.

Beachten wir indessen die Betrachtungen von Elie de Beaumont, welcher die Kraftentwicklung bei der „Epigenie des Gypses“ mit der Kraftentwicklung vergleicht, welche sich bei dem Uebergang des Wassers in Eis zeigt. Das specifische Gewicht des Anhydrits zu 2,96. -und das des Gypses zu 2,32. angenommen, muss bei Umwandlung des Anhydrits in Gyps eine Volumen-Vermehrung von 1,0:1,275. stattfinden; die Volumen-Vermehrung des Eises gegen das Wasser beträgt aber nur 1: 1,075., und hieraus wird geschlossen, dass die ausdehnende Kraft des Gypses oder Anhydrits nahezu 4mal so gross sei, als die des Eises, was zu einer ganz ungeheuren Kraft führen müsste. Denn nach der von W. Thomson auf Grund der Carnot'schen Theorie von der bewegenden Kraft der Wärme aufgestellten Lehre über die Einwirkung eines äussern Drucks auf den Gefrierpunkt des Wassers, welche Lehre durch die unmittelbaren Versuche von James Thomson (Poggendorf's Annalen, 81. Bd. S. 163) so glänzend bestätigt ist, entspricht der Druck des Eises, welches sich bei —
— 1^o Cels bildet, schon dem Druck von 134 Athmosphären (bei — 10^o aber dem Druck von 1334 Athmosphären). Der Druck einer Athmosphäre ist auf 1 □ Dec.M. = 103,3. Kilogramme, der Druck von 134 Athm. = 13842,2 Kilogr. auf 1 □ Dec.M.

Ist nun das durchschnittliche Gewicht einer Gebirgsmasse = 2000 Kilogr. auf den Kub.-Meter, was dem Gewicht der Thone entspricht, so drücken für jeden Meter Höhe des Gebirgs 20 Kilogr. auf den □ Dec.M., und dem Druck des Anhydrits müsste eine Gebirgsmasse von 2700 Meter Höhe das Gleichgewicht halten!

Wir lassen es dahin gestellt, ob die angenommene Beziehung des Anhydrits zum Eis zulässig ist, ob nämlich die Kraftäusserung beider nach dem einfachen Verhältniss der Volumens-Vermehrung verglichen werden darf, ob vorstehendes Rechnungsergebniss richtig ist.

Denn wie schon gesagt, haben die Erfahrungen im Tunnel eine solche ungeheure Kraft nicht erkennen lassen, wenn auch sehr mächtige Wirkungen beobachtet wurden, und Hebungen des an der Spitze nur ca. 340' hohen auflagernden Hügels konn-

ten aus naheliegenden Gründen noch keine beobachtet werden; doch dürfte es in dem Profile auffallen, wie die Schichtung in beiden Richtungen, gegen Tag, besonders aber gegen Südwesten, gehoben ist; vielleicht mag wenigstens diese Hebung ihre Ursache in der besprochenen Kraft haben.

Mehrere mir befreundete und erfahrene praktische Geologen, welche ich zu Rathe zog, haben die im Tunnel erschienene Kraftäusserung viel weniger dem Anhydrit als dem allgemeinen Gebirgsdruck zuweisen wollen, doch hat dieser sich beim ersten Anbruch im lockern Gebirge viel grösser gezeigt, als in den festen Thonen, die nur eines sehr leichten einfachen Einbaues bedurften, daher ich ihre Meinung über den später eintretenden Druck nicht theilen konnte; es wurde mir der Mangel an so weitgehenden Wirkungen in unsern Gruben von Friedrichshall, Wilhelmglück und Sulz entgegenhalten, ebenso Erfahrungen aus ausländischen Gruben, wo man zwar auch die Aufblähung des Anhydrits und seine Kraftäusserung, nirgends aber so weit gehende Wirkungen kenne.

Ich habe daher die genannten Gruben nacheinander selbst besucht und gefunden, dass wirklich in den massigen Anhydriten von Friedrichshall, wo übrigens wenig aufgeschlossen ist und von Wilhelmglück weder eine Aufblähung noch selbst eine weitergehende Umwandlung zu finden ist; nur an einer Stelle in Wilhelmglück in der Nähe des alten Bohrlochs, wo heute noch Wasser niedergehen, habe ich ähnliche Erscheinungen wie im Tunnel, namentlich auch die Gyps-Krystallbildungen gefunden, aber durchaus nichts von einem bedeutenden schädlichen Druck erfahren. Allein ich habe mich hiebei überzeugt, dass es an der genügenden Feuchtigkeit fehlt, um den Anhydrit rasch zu zersetzen. Beide Werke sind mit Ausnahme einzelner geringer Stellen auffallend trocken, und besonders in dem sehr dichten massigen Anhydrit, wie er in Wilhelmglück ansteht, kann die Feuchtigkeit nicht wohl eindringen. Anders ist es in der Hallerde-Grube zu Sulz, wo nirgends massiger Anhydrit zu finden ist, nur in kleine Bänke und Nester vertheilt tritt er auf, aber auch diese Grube liegt verhältnissmässig trocken, wesshalb die

Zersetzung so langsam vor sich geht, dass sie mit einer auffallenden Kraft-Aeusserung nicht verbunden ist, die allmählig aufgeblähten Stücke an den Pfeilern und am Dache fallen nach und nach ab, und selbst bei dem vor 40 Jahren erfolgten Einsturz der alten Grube daselbst scheint weniger ein ungewöhnlicher Druck in Wirkung getreten, als vielmehr die allmählig abgewitterten Pfeiler zu schwach geworden zu sein.

In den Thonen, die der Tunnel zum Anbruch brachte, liegen die zahlreichen Anhydrit-Bänke ohne grössere Mächtigkeit, die stärksten haben 3—4 Zoll, viele nicht einmal so viel Linien, sehr häufig wechseln blättrige Schichten von Anhydrit und Thon.

Daraus folgt, dass der Anhydrit einmal angebrochen und in so wasserreichem Gebirge liegend, wie wir es haben, gar leicht Gelegenheit hat, das Wasser aufzunehmen; selbst aus der feuchten Luft, die sich stets im Stollen befand, konnte er das fein vertheilte Wasser am schnellsten aufsaugen, denn es fehlte nicht daran, da es immer durch neue Ausdünstungen und Dämpfe ersetzt wurde. Bei diesem schnellen Verlauf der Umwandlung konnte auch die Kraftäusserung auffallender wirken, als wenn massiger Anhydrit langsam in Gyps übergeht.

Die auffallendsten Wirkungen seines Drucks sind neben den Beschädigungen des Gewölbmauerwerks — die sich jedoch seit ihrem ersten Eintreten in der Nähe des Schachts kaum merklich weiter erstreckt haben — die Hebung der Sohle und das gewaltsame Zersprengen von Kalk- oder noch nicht zersetzten Anhydrit-Bänken.

Eine solche Bank liegt, wie aus dem Profil ersichtlich, bei Nro. 47 mit einem ihrer Wellenthäler in der Sohle des Tunnels, sie lag, während dort nur der Betriebsstollen ausgebrochen war, noch einige Fuss unter der Sohle und war somit bedeckt und durch das noch überlagernde Gestein zu beiden Seiten belastet, wie aus Fig. 3 Taf. I ersichtlich ist.

An dieser Stelle wurde nun besonders stark die Hebung der Sohle im Betriebsstollen beobachtet, und als endlich mit dem vollen Ausbruch des Tunnelprofiles auch die Sohle tiefer ausgebrochen war, fand sich die über 5 Zoll starke, sehr harte An-

hydritbank durch den Auftrieb der tiefer liegenden dünnen und darum schneller zersetzten Bänke nicht allein in der Mitte, sondern auch an den beiden Stellen, wo die Last des Gebirges auf ihm ruhte, abgebrochen und in der Mitte um 3 Fuss gehoben.

Auserdem kam es mehrmals vor, dass beim Ausheben des Grabens zur Wasserabzugs-Dohle ähnliche Bänke, nachdem sie theilweise blosgelegt waren, von selbst gewaltsam auf ansehnliche Längen rissen, mit Knall stärker als ein Sprengschuss; ja zweimal kam es vor, dass Stücke von solchen Bänken weit herausgeschleudert wurden.

Ich führe diese Vorkommnisse an, um ein möglichst richtiges Mass der wirkenden Kräfte zu kennzeichnen.

Endlich dürfte hier noch der Platz sein, einer andern Meinung entgegen zu treten, welche die Beschädigungen der Wirkung von nun sich bildenden Krystallen zugeschrieben hat. Es ist dieser Krystallbildung schon erwähnt, der beobachtete Vorgang ist folgender:

Die Wasser, welche bei ihrem Niedergang durch das gelockerte Gestein den Gyps auflösten, kamen mit nahezu vollständiger Sättigung in die ausgebrochenen Räume des Tunnels, flossen hier auf der Sohle allmählig ab, oder giengen in weitere Tiefe, jedoch nicht ohne in ausgedehnter Vertheilung und in schwachen Faden durch das aufgelockerte Gestein geflossen zu sein. — Hier verdunstete nun ein grosser Theil des Wassers, und auf den von ihm dabei überflossenen Flächen setzte sich eine Unzahl äusserst feiner, nadelförmiger Krystalle, häufig bis zu 5 mm. Länge, an; sie bildeten sich in so kurzer Zeit, dass man oft glauben mochte, sie anschliessen zu sehen; über Nacht waren grössere Flächen von ihnen dicht besetzt, so dicht, dass man den auf dem Gestein gebildeten Ueberzug nur mit einem dichten feinen Pelze vergleichen kann.

Durch die Aufstellung, dass diese Krystallbildung die Quelle des schädlichen Druckes sei, bin ich aufmerksamer auf sie geworden; trotz ihrer schnellen Bildung habe ich aber nie gefunden, dass sie je einmal eine Spalte oder Kluft vollständig angefüllt, noch viel weniger sie weiter auseinander getrieben hätten,

was doch der Fall sein müsste, wenn sie die Ursache des Druckes wären.

Eine theoretische Betrachtung schon lässt die Unmöglichkeit einer Ueberfüllung mit Krystallen, welche Ausdehnung zur Folge hätte, erkennen, weil nicht die ganze Wassermasse, wie etwa bei der Eisbildung, fest wird, sondern nur ein sehr kleiner Theil. Wasser mit Gypslösung vollständig gesättigt, hält höchstens 0,001 Theile Gyps; denken wir uns einen Raum von 1 Cub.-Fuss Inhalt so geschlossen, dass die Gypslösung ein- aber nicht abfliessen kann, das Wasser in demselben jedoch verdunstet, so wird nach der ersten völligen Verdunstung sich ein Niederschlag von Gyps-Krystallen gebildet haben, der nur 0,001 des Raumes erfüllt; wird der leer gebliebene Raum wieder mit Gypslösung gefüllt, so sind dazu nur erforderlich 0,999 der ersten Menge, und daraus können sich nun nicht mehr 0,001 c', sondern nur noch 0,00099 c' Gyps niederschlagen, und sofort bei jeder neuen Füllung immer weniger.

Wenn hiedurch der Raum nach endlosen Füllungen auch bis auf ein Minimum mit Gyps angefüllt wird, so kann er es doch nie vollständig werden, es ist also auch jede Ueberfüllung, die einen Druck nach aussen verursacht, unmöglich.

Da aber die Krystallbildung bei einer niedern, sehr wenig wechselnden Temperatur bei ca. 15⁰ Cels vor sich gegangen ist, so ist es auch nicht denkbar, dass Krystalle gebildet wären, welche bei späterem Wasserzutritt sich aufgebläht haben sollten; überdiess konnte nicht eine einzige Beobachtung gemacht werden, nach der die Krystallbildung irgend eine sichtbare Wirkung gehabt hätte.

Dieselben Erscheinungen, welche wir im Heilbronner Tunnel haben, wurden auch in einem Theil des Hauensteiner Tunnels auf der schweizerischen Centralbahn beobachtet.

Ich hatte im Spätjahr 1861 Gelegenheit sie aus eigener Anschauung kennen zu lernen, als für technische Zwecke durch einen Ausbruch im Mauerwerk das Gestein, welches in dem veröffentlichten Profile des Hauenstein-Tunnels mit „K' Lettenkohlengyps“ bezeichnet ist, wieder blogelegt war. Ich habe

mich überzeugt, dass dieses Gestein mit dem im Heilbronner Tunnel entschieden übereinstimmt, nur herrschte im Hauenstein der Anhydrit weitaus vor, die Thone treten nur als untergeordnete Zwischenlager auf.

Ganz dieselbe Umwandlung, Aufblähung, das gleiche unregelmässige Aufreissen, die Krystallbildung in den Rissen findet sich dort, und ich kann von den gesammelten Handstücken heute kaum mehr entscheiden, welche aus dem Hauenstein und welche aus dem hiesigen Tunnel stammen. Niemand zweifelt dort daran, dass nur die Wirkung des Wassers auf den Anhydrit und auf die Thone die Aufblähung und damit einen Druck auf das Mauerwerk hervorrufe, und seitdem ausgedehnte Entwässerungs-Anlagen hergestellt sind, sind auch die Uebelstände nahezu beseitigt.

Den Erfolg meiner geologischen Forschungen stelle ich nun in Kürze dahin fest:

Die durch den Tunnelbau aufgeschlossene untere (nach v. Alberti mittlere) Abtheilung der Keuper-Formation ist entschieden eine ganz regelmässige Meeres-Ablagerung, im unregelmässigen Wechsel aus festen Thonen, Anhydrit-, Kalk- und Dolomit-Bänken bestehend, wenig gestört durch Hebungen oder Senkungen, aber je mehr gegen Tag, desto mehr verändert durch die Einflüsse der Athmosphäre und besonders der Wasser, wodurch der Anhydrit in Gyps, die festen Thone in brüchigen Mergel umgewandelt zu Tage gehen.

Wenn in dem neuen trefflichen Werke: „Ueberblick der Trias von F. v. Alberti“ daran erinnert ist, wie der gelehrte Herr Verfasser schon vor Jahren die Behauptung aufgestellt hat: dass aller derbe Gyps ursprünglich Anhydrit gewesen sei, und dass man am Tage nur Gyps, in den Gruben fast ausschliesslich nur Anhydrit finde, so kann ich mich dieser Ansicht, soweit sie die von mir beobachteten „Gyps-Mergel“ betrifft, unbedingt in voller Ausdehnung anschliessen.

Ich gehe noch weiter und glaube: dass aller Gyps, auch der — offenbar nur als sekundäre Bildung die Spalten im unzersetzten Gebirgskerne ausfüllende *Fasergyps* eben so gut als die in den schon mehr oder weniger zersetzten Gesteinen sich fin-

denden Gypsniederschläge ihren Stoff nirgends anders als aus den ursprünglich abgelagerten Anhydriten erhalten haben.

Möchten Beobachtungen, an andern Orten angestellt, meine Aufstellungen bestätigen.

Aehnliche Umwandlungen haben sicherlich auch andere zu Tage stehende Formations-Glieder schon erfahren, so dass wir sie noch nicht in ihrem ursprünglichen, vielleicht heute noch in der Tiefe der Berge bestehenden Zustande kennen gelernt haben; ich vermuthe diess unter Anderem namentlich von den Numismalmergeln im schwarzen Jura, die überall, wo sie mir bis jetzt — noch so tief — aufgeschlossen bekannt sind, in mehr oder weniger zersetztem, verwittertem Zustande sich zeigen, der namentlich an dem zersetzten Schwefelkies der Ammoniten sich kennzeichnet. Würde es Gelegenheit geben, tiefer in diese Schichte einzudringen, sicherlich würde sie sich als eine feste Thonmasse zeigen, in der der Petrefaktensammler eine reiche Ausbeute besterhaltener Exemplare finden müsste. — Ich erinnere mich hiebei, wie ich in meiner Mittheilung über das Profil des Geislinger Eisenbahn-Einschnitts (vierzehnter Jahrgang 1858 unserer Jahreshefte S. 95) mit einer gewissen Schüchternheit den Gedanken aussprach, dass die zuckerkörnigen Kalke des weissen Jura wohl nichts anders seien als Marmorkalke, durch den Einfluss saurer Wasser krystallinisch geworden. Spätere Untersuchungen, zunächst durch meine hiesigen Beobachtungen veranlasst, haben mir diese Vermuthung zur Gewissheit erhoben, und es kann nicht fehlen, dass auch der Zustand anderer Gesteine seine Erklärung auf ähnlichem Wege noch findet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Binder C.

Artikel/Article: [Geologisches Profil des Eisenbahntunnels bei Heilbronn. 165-203](#)