

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1901. Heft I.



München.

Verlag der k. Akademie

1901.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Neuberger)

Ueber die Jodquellen bei Tölz.

Von **A. Rothpletz.**

(Eingelaufen 20. Mai.)

Am Nordrand der bayerischen Alpen entspringen mehrere jodhaltige Quellen, die zu Heilzwecken benutzt werden und unter denen diejenigen bei Tölz gegenwärtig die grösste Berühmtheit erlangt haben. Ueber den Ursprung dieser Quellen und ihres Jodgehaltes wissen wir jedoch trotz der theoretischen und praktischen Bedeutung, welche diesem Gegenstande zukommt, sehr wenig. Nur das eine steht vollkommen fest, dass diese Quellen nicht etwa aus ein und derselben Gesteinsschicht oder aus gleicher Formation entspringen. Die Quellen von Sulzberg bei Kempten und von Heilbrunn bei Penzberg treten aus der oberoligocänen Molasse zu Tage, die bei Tölz aus dem Eocän und die des Kainzenbades bei Partenkirchen aus der Trias auf der Grenze zwischen Partnach- und Raibler Schichten, die hier durch eine Gebirgsstörung neben einander gerückt worden sind.¹⁾

Im vorigen Jahre wurde bei Tölz durch planmässige Anlage eines Stollens eine neue verhältnissmässig starke Quelle aufgeschlossen und diese Arbeiten, welche nach meinen Vorschlägen ausgeführt worden waren, haben neues Licht auf den Ursprung der Krankenheiler Jodquellen und auf den geologischen Bau der dortigen Gegend geworfen, so dass es geboten erscheint, darüber einen Bericht zu geben. Doch will ich zum

¹⁾ Siehe A. Rothpletz, ein Querschnitt durch die Ostalpen, 1894, S. 127.

leichteren Verständnisse für Fernerstehende, kurz über die Vorgeschichte der dortigen Jodquellen einiges vorausschicken.

Die Entdeckung der ersten Krankenheiler Jodquelle fällt ins Jahr 1846. Der Jaudbauer war am Blomberg in etwa 800 Meter Meereshöhe beim Graben nach Mergel auf eine schwache Quelle gestossen, in der Otto Sendtner, damals Privatdozent, später Professor der Botanik in München, Jod nachwies. Doch ging die Quelle durch Verschüttung wieder verloren und der Bergingenieur Rohatzsch, der das Quellgebiet dem Bauer abkaufte, musste mehrere Stollen in das Berggehänge treiben, wobei er zwar nicht die verschüttete, aber mehrere andere Quelladern antraf. Er hat darüber einen Bericht 1851 im Neuen Jahrbuch für Mineralogie (S. 164) veröffentlicht und darin zwei Quellen in Erinnerung an sein sächsisches Heimathland Bernhard- und Johann Georgen-Quelle getauft.

Analysen des Quellwassers wurden gemacht und ebenso Versuche eine Kuranstalt zu gründen, die aber erst von Erfolg begleitet waren, als Karl Herder aus Freiburg i. B. die Quellen 1856 durch Kauf erworben hatte. In diesem Jahre wurde auch die Jodquelle an der Bockleiten (Annaquelle) entdeckt und später kamen bei Krankenheil noch die Maximiliansquelle (1868) und die zwei Marienquellen (1870) hinzu. Seit 1861 sind die Quellen im Besitz einer Actiengesellschaft.

Einen kurzen Bericht über die geologischen Verhältnisse der Karls-¹⁾ und Annaquelle, bei deren Fassung er zugegen war, gab GümbeL 1861 in seiner Geognost. Beschreibung des bayer. Alpengebirges S. 634. Dieser und der frühere Bericht von Rohatzsch sind die einzigen literarischen Quellen, aus denen die zahlreichen Badebrochüren der Doctoren Gsell-Fels, Höfler und Streber bei Darstellung der Quellverhältnisse geschöpft haben.

Es ist mir unbekannt, wen Herder bei Fassung der Quellen als technischen Berather zur Seite hatte, aber sicher ist es,

¹⁾ Diese Quellen waren schon theilweise von Rohatzsch erschürft gewesen, aber erst später und nach ihrer Fassung durch Herder wurde die hinterste von den 3 Quellen 1872 erschlossen.

dass bei dieser Fassung Fehler begangen wurden. Zwar ging man durch Schürfungen den einzelnen Quellen so lange nach, bis man an die Stelle kam, wo sie aus dem festen Felsen heraustreten, aber dann umschloss man bei den wichtigeren Quellen diese Stelle mit einer festen Cementhülle domartig und zwang das Wasser aus diesem kleinen Sammelkessel durch eine Röhre zu entweichen, die fest in dem Cementmantel eingefügt war und die bei der Bernhard- und Maximilianquelle $1\frac{1}{2}$ bzw. 3 Meter lang und senkrecht aufgestellt war, so dass es nur bei entsprechendem Auftrieb oben zum Ueberlaufen des Wassers kam. Die Folge war, dass später niemand die Ursache feststellen konnte, als die Quellen geringere Wassermengen gaben, und da auch weder Pläne noch Beschreibungen der Quellfassungen existirten, so blieb selbst der eingehenden im Jahre 1892 vom kgl. Bezirksamte vorgenommenen Untersuchung der eigentliche Ursprung der meisten dieser Quellen verborgen. Als dann im Februar 1900 die Cementverschlüsse der Krankenheiler Quellen gänzlich entfernt wurden, sah man, dass sich in den künstlichen Sammelkesseln im Laufe der Zeit ein feiner grauer Schlamm angehäuft hatte, der auch die Abflussröhren zum Theil verstopfte und wahrscheinlich die Ursache geworden war, dass das Quellwasser tiefer unten im Gestein auf dessen feinen Spalten andere Auswege gesucht und gefunden hatte.

Schon 1890 und 1892, als die Bernhard- und die Johann-Georgenquelle neuen quantitativen Analysen unterworfen wurden, ergab sich, dass gegenüber den früheren 1852 von Fresenius und Wittstein vorgenommenen Untersuchungen der Jodgehalt abgenommen hatte. Man musste daraus erkennen, dass die vorhandenen Quellen den steigenden Ansprüchen des immer mehr aufblühenden Badeortes nicht mehr genügen konnten, und so entschloss sich die Verwaltung der Actiengesellschaft endlich 1899 energische Nachforschungen nach neuen Quellen zu unternehmen.

Es war nicht leicht hierfür einen bestimmten Arbeitsplan zu entwerfen, denn nachdem schon die Natur durch eine mächtige und weit ausgedehnte Decke von Moränen, Gehängeschutt

und Alluvionen Lage und Ausdehnung der Schichten des Untergrundes fast ganz verhüllt hatte, waren durch die schon erwähnte Verkleisterung der Quellfassungen auch die künstlich geschaffenen Aufschlüsse fast gänzlich der Beobachtung wieder entzogen worden. Die Schilderung derselben in den eingangs erwähnten zwei Berichten von Rohatzsch und Gumbel gab ebenfalls keine verlässigen Anhaltspunkte, da mehreres in denselben unklar und widerspruchsvoll blieb. Rohatzsch, der seiner Beschreibung leider weder Grundrisse noch Profile beigegeben hat, scheint bei Angabe des Einfallens der Schichten Nord und Süd mit einander verwechselt zu haben. Ebenso Gumbel, der zwar eine Profilzeichnung gab, darin aber ein nördliches Einfallen einzeichnete, obschon im erläuternden Text in Uebereinstimmung mit Rohatzsch ausdrücklich ein südliches Einfallen erwähnt wird. Gleiches Einfallen zeigen Text und Profil für den Steinbruch an der Bocksleiten, in dem auch heute noch deutlich das Entgegengesetzte beobachtet wird. Den breiten Streifen von Eocän, den die geologische Karte am Eierbach aufweist, habe ich vergeblich gesucht, dahingegen fehlt auf derselben der Bühel von glaukonitischer senoner Kreide, der nordöstlich der Blomberger Quellen im Walde aufragt und in dem schon vor langem der Jaudbauer einen kleinen Schleifsteinbruch angelegt hatte.

Eine mehrtägige Untersuchung des Tölzer Quellengebietes im October 1899 führte mich zu folgenden Ergebnissen: Alle Jodquellen am Blomberg entspringen einem rothen Kalklager, das beiderseits von thonigen Mergeln eingefasst ist. Dieses Lager entspricht dem mitteleocänen Enzenauer Marmor. Es streicht von SO. nach NW. und die Mergel auf seiner SW.-Seite haben das Aussehen der jüngeren Stockletten. Die Mergel auf der Nordostseite sind anders beschaffen und schliessen kleine Bänke eines glaukonitischen Quarzsandsteines ein. Ob sie ebenfalls wie die Stockletten dem Kalklager concordant angelagert sind, blieb zweifelhaft, weil es sich nicht sicher entscheiden liess, ob die Auflagerungsfläche, welche mit 40—60° nach NNO. einfällt und stellenweise deutliche Schrammen auf

dem rothen Kalkstein zeigt, eine Schicht- oder eine Verwerfungsfläche sei. Der im Süden davon auftretende Flysch zeigt ein so verschiedenes Streichen und Fallen, dass ein normaler Verband desselben mit den eocänen Schichten nicht bestehen kann. Beide stossen wahrscheinlich auf einer grossen Verwerfungsspalte aneinander. Jodhaltig hatte sich bisher keine der vielen Quellen erwiesen, die dem Flysch entspringen, die Jodquellen sind vielmehr auf das Kalklager beschränkt und sie entspringen alle mit Ausnahme der Karlsquellen am Nordrande des rothen Kalkes. Anscheinend bilden die Spalten dieses Kalklagers die Wege, auf denen die Quellen aufsteigen, die von seitlichem Ausweichen durch die Mergel im Hangenden und Liegenden abgehalten werden.

Daraus ergab sich von selbst, wie man es zu machen habe, um, ohne die gefassten Quellen zu stören und ohne allzugrosse Kosten, etwa vorhandene neue Quellen aufzuschliessen. Ein Stollen von N. her mit südöstlicher Richtung in den Berg getrieben, musste bei einer verhältnissmässig geringen Länge, weiter westlich das rothe Kalklager erreichen und dabei höchst wahrscheinlich auf aufsteigende Quellen stossen.

Im Januar 1900 wurde mit der Anlage eines solchen Stollens begonnen, der bei einer Länge von 35 Metern wirklich auf das Kalklager stiess und zwar etwa 9 Meter nordwestlich von der Bernhardsquelle. Schon am 10. März traf man eine jodhaltige Quelle, die aus einer Spalte jenes Kalklagers empordrang und viel wasserreicher als die benachbarte Johann Georgen- und Bernhardsquelle war. Indem man im Streichen des Marmorlagers den Stollen nach NW. noch eine kurze Strecke weit trieb, erreichte man alsbald noch eine zweite aber schwächere Jodquelle und es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass in dieser Richtung noch weitere Quellen anzutreffen sind. Da aber die gefundene Wassermenge vorerst genügend erschien, wurde die Arbeit eingestellt. Nach einigen Tagen zeigte es sich, dass zwischen den neuen und den zwei benachbarten alten Quellen ein Zusammenhang besteht, denn letztere begannen bedeutend schwächer zu laufen und

haben bis heute ihren ehemaligen Wasserreichtum nicht wieder erlangt. Dahingegen machte sich bei den anderen Krankenheiler Quellen keinerlei Abnahme bemerkbar. Die neue Quelle lieferte ungefähr soviel Wasser als sämtliche alten Krankenheilerquellen zusammen (also mit Ausschluss der Annaquelle an der Isar). Jetzt erst ging man daran, die Fassung jener alten Quellen aufzudecken, wobei die bereits erwähnten Mängel derselben, zugleich aber auch eine Anzahl sehr wichtiger geologischer Thatsachen zu Tage kamen, die in Verbindung mit den Aufschlüssen im neuen Stollen es gestatten eine bestimmtere Vorstellung von den Beziehungen der Jodquellen zum Gebirgsbau zu gewinnen.

1. Die geologischen Verhältnisse bei Krankenheil am Blomberg.

Die beistehende Kartenskizze zeigt alle Aufschlüsse des tertiären Gesteins, welche von Natur oder Menschenhand im Fassungsgebiete der Krankenheiler Quellen geschaffen worden sind. Alles, was weiss gelassen ist, gehört zu der grossen Moränendecke, welche das Gehänge des Blomberges an dieser Stelle bedeckt und die selbst wieder zum Theil durch jüngere Gehängebildungen und künstliche Aufschüttungen verhüllt ist.

Mit *e* ist der rothe Kalkstein bezeichnet, der dem Enzenauer mitteleocänen Marmor entspricht. Rohatzsch hat seinerzeit bei seinen Schurarbeiten viel Versteinerungen darin gefunden, die aber nie einer genauen Bestimmung unterworfen worden sind. Nummuliten kommen darin sicher vor und auch sonst weist die petrographische Beschaffenheit auf den Enzenauer Marmor hin, der ungefähr in 700 Meter westnordwestlicher Entfernung auf dem Nordgehänge des Blomberges in einem grossen Steinbruch des Tölzer Magistrates ansteht. Gegenwärtig ist der Bruch auflässig, aber über den mehrere Meter hohen Wänden des rothen Marmors sieht man noch recht deutlich mit schwacher südlicher Schichtneigung die jüngeren foraminiferenführenden Stockletten oben aufliegen.

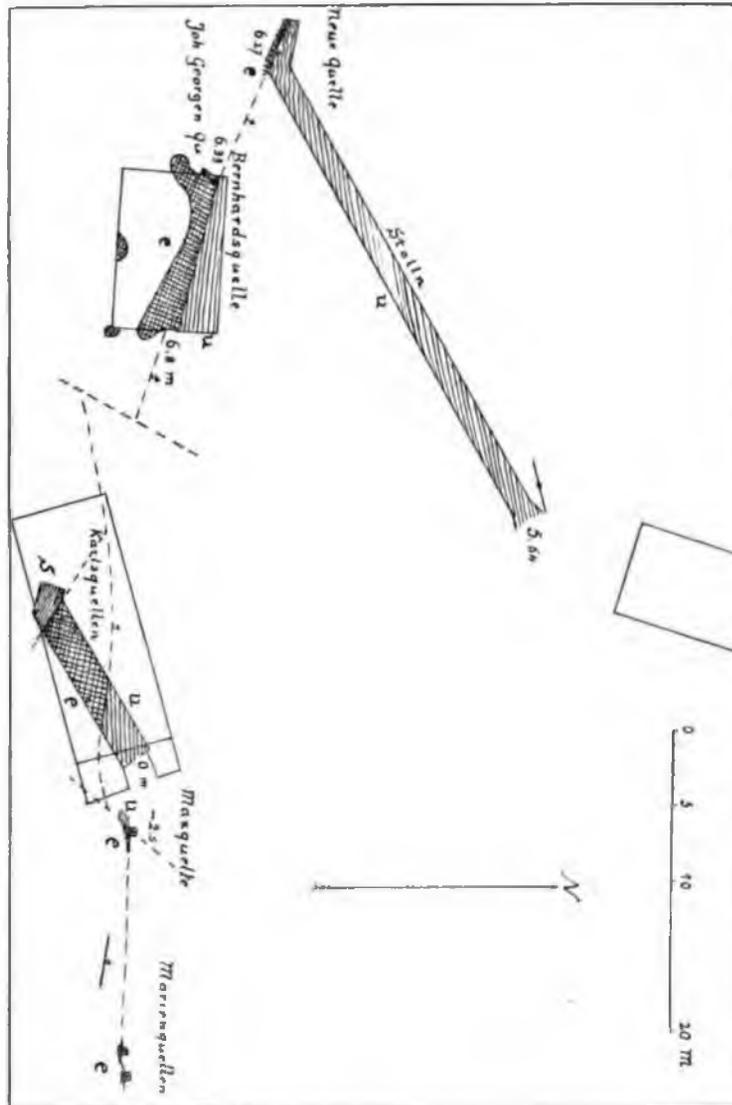


Fig. 1. Kartenskizze der Blumberger Quellenfassungen. 1:500. * Untereocäne Mergel, e Mitteleocäner Enzenauer Marmor, s Obereocäne Stockletten. Die Zahlen bedeuten die Höhe in Metern über und unter der Thürschwelle des Karistollens.

Letten von gleicher Beschaffenheit sind auch im Karlstollen auf der Südseite des Marmors aufgeschlossen (s. die Skizze) und scheinen ebenso wie letzterer senkrecht aufgerichtet zu sein.

Von anderer Beschaffenheit sind die Mergel auf der Nordseite des Marmorzuges. Sie sind schwärzlich und enthalten sehr viel silberglänzende Schüppchen von Kaliglimmer. Vereinzelt kommen Einlagerungen von festem etwas glaukonitischem Kalkstein und kalkigem Sandstein in schmalen Bänken in diesem dünnschieferigen Mergel vor. Versteinerungen sind selten und dann meist schlecht erhalten. Theils sind es unbestimmbare kohlige Pflanzenreste, theils weisschimmernde Schalen von Mollusken. Doch sind die meisten Schalen verdrückt, von mehligter Beschaffenheit und zum Theil schon aufgelöst. Nur in den harten Kalkbänken sind sie gut erhalten, dann aber schwer freizulegen. Solche Versteinerungen wurden durch den 30 Meter langen Stollen mehrfach zu Tage gefördert. Soweit sie sich bestimmen liessen, verweisen sie auf untereocänes Alter der Ablagerung. Ich fand:

Gryphaea Gümbeli M.-E.
 Anomia tenuistriata Desh.
 Cardium sp.
 Cytherea sp.
 Turritella sp.
 Nautilus sp.

Es haben diese Funde deshalb eine weiterreichende Bedeutung, weil bisher aus der Tölzer Gegend untereocäne Ablagerungen noch nicht bekannt geworden sind. Auch diese Mergel sind senkrecht aufgerichtet und wir haben mithin scheinbar eine ganz regelmässige Aufeinanderfolge von Nord nach Süd: untereocäne Mergel, mitteleocäner Marmor und ober-eocäne Stockletten.

Gleichwohl besteht keine concordante Lagerung zwischen den untereocänen Mergeln und dem Marmorlager. Erstere streichen von Ost nach West mit localer Ablenkung nach

WSW (am Eingang des neuen Stollens N 105° W). Die Grenze aber gegen den Marmor streicht bei der Neuen Quelle und im Bernhardstollen, von kleinen Verbiegungen abgesehen, N 70° W, im Karlstollen N 80° W. Diese Fläche und die Mergelschichten bilden also im Streichen einen Winkel abwechselnd von 10 bis 35° . Dazu kommt noch, dass die Mergel in der Regel senkrecht oder doch fast senkrecht stehen, während die Grenzfläche mit 40° — 60° nach NNO. einfällt. Besonders deutlich war dies während der Wegnahme der alten Quellenfassung im Bernhardstollen zu beobachten (s. Fig. 2). Anders verhält sich die Grenze zwischen dem Marmor und den Stockletten, die allerdings nur im Karlstollen sichtbar ist. Sie streicht N 65° W und scheint vertikal gestellt wie die Stockletten selbst, so dass sie also eine wirkliche Schichtfläche ist, die zugleich die Richtung des Marmorlagers bezeichnet, die sonst mangels Bankung nicht erkannt werden kann.

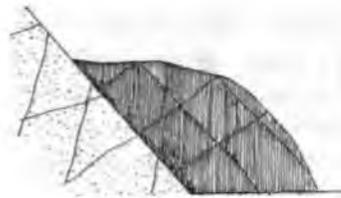


Fig. 2. Aufschluss am Eingang des Bernhardstollens. Grüne untereocäne Mergel auf den Enzenauer Marmor heraufgeschoben.

Wir haben also zwei verschiedene Schichtcomplexe vor uns: der eine im Süden besteht aus oberem und mittlerem Eocän, seine Schichten stehen saiger und streichen N 65° W; der andere besteht nur aus unterem Eocän mit ebenfalls saigeren Schichten, die jedoch O—W bis N 75° O streichen, mit denen des anderen Complexes also Winkel von 25 — 40° bilden.

Dieser ältere nördliche Complex liegt dem südlichen und jüngeren auf einer mit 40 — 60° nach Norden geneigten Fläche auf. Diese Auflagerungsfläche kann nur als eine Verwerfungsfläche aufgefasst werden, und da das Aeltere im Hangenden derselben liegt, muss sie eine Ueberschiebungsfläche sein. Die Richtung der Ueberschiebung wird im Bernhardstollen an den kräftigen Parallelschrammen erkannt, welche die Oberfläche des Marmorlagers im vorderen Theile des Stollens bedecken.

Dieselben liegen jedoch nicht genau in der Richtung der

Falllinie dieser Fläche, sondern steigen von NW. her schräg zur Falllinie gegen SO. auf. Die Schubbewegung fand also auf einer gegen NNO. geneigten Fläche, aber ziemlich genau von N. nach S. statt.

Im hinteren Theile des Stollens ist diese Schubfläche nicht geschrammt, auch nicht mehr so glatt, sondern rau und brecciös, als wenn die härteren Einlagerungen des darüber geschobenen untereocänen Mergels auf dem Marmor eine Reibungsbreccie erzeugt hätten. Im neuen Stollen ist hingegen das Bild wieder etwas anders. Die Schubfläche ist nicht glatt und eben, sondern sanft gewellt, als ob sie vom Wasser corrodirt wäre. Es ist das vielleicht das Werk der gerade dort entspringenden kohlensäurehaltigen neuen Quelle, aus der Zeit, wo sie noch weiter aufwärts steigen musste, um die Oberfläche zu erreichen.

Auch die Mergel im Hangenden zeigen durchweg nahe der Schubfläche merkliche Veränderungen. Im neuen Stollen sind sie vor Ort ganz verdrückt und gestaucht, wie das auf Verwerfungsspalten gewöhnlich beobachtet wird. Aber bei der Quelle selbst und in noch höherem Maasse im Bernhardstollen ist der sonst grau-schwarze Mergel grünlich gefärbt, fest an die Marmorfläche angeschmiegt, in deren Unebenheiten hineingepresst und von spiegelnden welligen Druckflächen dicht durchsetzt. Es sind das nur die gewöhnlichen untereocänen Mergel, die jedoch längs der Ueberschiebung stark umgewandelt wurden. Da sie aber zugleich die Verschlussmauer für die schwefelwasserstoffhaltigen, im Kalkstein emporsteigenden Wasser bilden, so sind sie bis zu einem gewissen Grade damit getränkt und unterscheiden sich auch dadurch von dem gewöhnlichen Mergel.

Beim Ausräumen der Maxquelle hat sich ergeben, dass diese Quelle ebenfalls aus einer Spalte des Marmorlagers entspringt, dass letzteres jedoch daneben im Streichen gegen Westen von den grauen untereocänen Mergeln abgeschnitten wird, nach Art einer Querverschiebung, wie dieselbe in der Skizze eingetragen ist. Ich konnte das Streichen dieser saigern Trennungsspalte mit N 40° O bestimmen.

In Uebereinstimmung damit findet man die Nordgrenze des Marmors zwischen den Marienquellen und der Maxquelle gegenüber der im Karlstollen etwa um 2 Meter nach Norden vorgeschoben, so dass ein entsprechender horizontaler Vorschub des östlichen Theiles angenommen werden darf.

Etwas ähnliches muss zwischen der Karlsquelle und der Bernhardsquelle eingetreten sein, denn wenn man die Ueberschiebungsfäche beider Theile gegeneinander fortsetzt, wie das in der Skizze mit Berücksichtigung der Höhenlagen des Terrains durchgeführt ist, so treffen sie nicht genau aufeinander. Hier ist es das westliche Gebirgsstück, welches nach Norden und zwar um etwa 4 Meter vorgeschoben ist. Wenn man ferner die Grenzlinie zwischen Marmor und Stockletten vom Karlstollen nach West verlängert, so schneidet sie alsbald an der Ueberschiebungslinie ab und so ist es wahrscheinlich, dass das Marmorlager des Karlstollens von demjenigen des Bernhardstollens auf eine kurze Erstreckung durch Mergel getrennt ist. Für die aufsteigenden Quellen ist dies gewiss von grosser Bedeutung.

Aus alledem geht hervor, dass der Gebirgsbau im Quellgebiet ein recht verwickelter ist. Das beigegebene Profil versucht die Verhältnisse für die neue Quelle zu geben, wobei

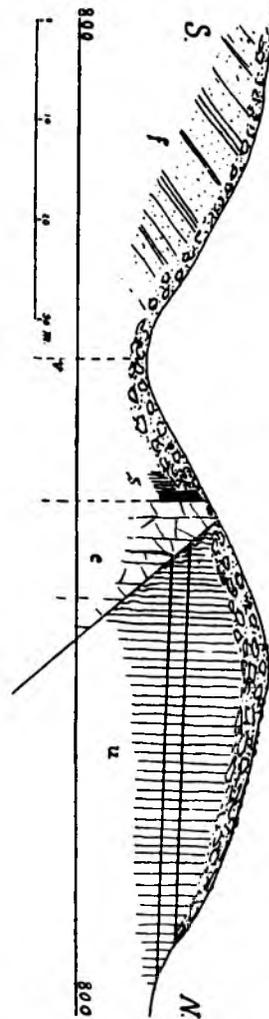


Fig. 3. Profil des neuen Stollens. u Untereocäner Mergel, e Enzenauer Marmor, s Oberocäner Stockletten. f Flusssch. 1:760.

auch das diluviale Deckgebirge eingetragen wurde, dessen wirkliche Mächtigkeit jedoch nicht genau bekannt ist. Ob die saigere Stellung des Marmorlagers hier so wie bei den Karlsquellen zutrifft, wissen wir ebenfalls nicht, es ist also diese und das Vorhandensein der sich südlich anlagernden Stockletten nur Vermuthung.

Dahingegen ist die Existenz des Flysches auf der anderen Seite des Wasserrisses sicher. Ein Schurf und ein alter Stollen haben denselben angefahren. In ersterem besteht er vorwiegend aus typischem, weichem, glimmerreichem Flyschsandstein mit kleinen verkohlten Pflanzenresten. Die Schichten fallen mit schwacher Neigung nach SW. ein, und es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass sie von dem Eocän durch eine Verwerfungsspalte getrennt sind, wie dies weiter im Westen bei Enzenau sicher nachgewiesen worden ist. Es gehört dieser Flysch einer breiten Zone an, die sich zwischen Isar und Loisach in einer Breite von 6 Kilometer überall südlich an den Eocänzug des Blumberges und von Enzenau anlegt. Von bestimmbareren Versteinerungen kommen fast nur die bekannten Flyschfucoiden darin vor, die im nördlichen Eocän jedoch gänzlich fehlen. Foraminiferen sind zwar auch sehr häufig darin, aber sie haben noch zu keiner specifischen Bestimmung geführt. Glücklicher Weise fand Herr Quass auf einer geologischen Excursion, welche ich im Sommer 1900 hierher führte, in einem Flyschblock der vom Blumberg stammt und in einem Wassergraben unmittelbar im Norden dieses Quellgebietes lag, den deutlichen Abdruck eines *Inoceramus Cripsi*, so dass wenigstens ein Theil dieses Flysches jedenfalls noch zur oberen Kreide gehören muss.

Geht man von den Krankenheiler Quellen über Wiesen und durch Wald, deren Boden durchweg aus Moränen und Gehängeschutt besteht, ungefähr 200 Meter nach NW., so gelangt man an einen etwas steil ansteigenden Waldhang, auf dessen halber Höhe ein längst verlassener kleiner Schleifsteinbruch liegt. Herumliegende Blöcke von grünem glaukonitreichem Kalkstein machen uns darauf aufmerksam. Er schliesst wenig gut erhaltene Schalen der *Gryphaea vesicularis* ein und gleicht auch sonst so vollkommen dem senonen „Grünsandstein“ von Enzenau,

dass kein Zweifel über sein Alter bestehen kann. Wenn wir diesen Aufschluss mit unserem Quellprofil (Fig. 3) in Verbindung setzen, so ergibt sich als das Wahrscheinlichste, dass diese Kreide die Unterlage des untereocänen Mergels bildet, und dass in dem aufschlusslosen zwischenliegenden Gebiete von 200 Meter Breite noch die obersten senonen Mergel zu suchen sind.

Der Kreidebruch liegt danach in der Mitte eines Gewölbes, dessen Nordflügel nicht erhalten oder wenigstens nicht sichtbar ist, dessen Südflügel aber aus den Schichten besteht, denen die Jodquellen entspringen. Es endet dieser Flügel an dem Flysch auf der bereits erwähnten Verwerfungsspalte. Ob letztere so saiger steht, wie ich sie gezeichnet habe, weiss ich nicht — an manchen Stellen der Nachbarschaft erscheint es so, an den meisten aber lässt es sich nicht feststellen. In dem eocänen Theil des genannten Südflügels hat eine nach Süd gerichtete Ueberschiebung stattgefunden, und die Jodquellen entspringen gerade da, wo die Ueberschiebungsfläche zu Tage geht.

In Figur 4 habe ich versucht nach den Aufschlüssen der Oberfläche den Bau des Gebirges bis herab zu einer Tiefe von fünfhundert Meter darzustellen. Ich habe in der Tiefe eine muldenartige Umbiegung des zu Tage saiger gestellten Flügels angenommen. Es entspricht das den Lage-

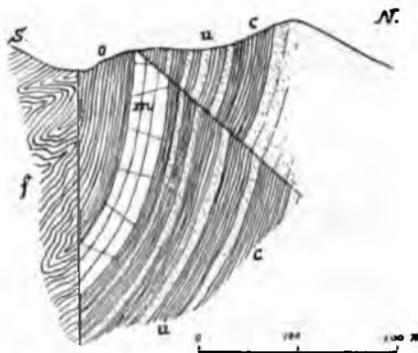


Fig. 4. Muthmasslicher Schichtbau bei den Blumberger Jodquellen. 1:7600. *f* Flysch, *c* obere Kreide, *u* unteres, *m* mittleres, *o* oberes Eocän.

ungsverhältnissen von Kreide und Eocän, wie sie weiter im Westen durch die Arbeiten insbesondere von Dr. H. Imkeller¹⁾ klargelegt

¹⁾ Die Kreide- und Eocänbildungen am Stellauer Eck und Enzenauer Kopf bei Tölz. Programm zum Jahresbericht 1895/96 der städtischen Handelsschule München. Neuerdings auch Palaeontographica 1901 Bd. 48.

worden sind. Es soll damit jedoch keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen werden, dass die Schichten auch noch in grössere Tiefe senkrecht hinabsetzen oder dass noch andere Complicationen in der Lagerung hinzutreten.

Die geologischen Verhältnisse bei der Annaquelle an der Bocksleiten.

Dieselben sind von denen am Blomberg recht verschieden. Flysch, senone Kreide, untereocäne Mergel und Enzenauer Marmor sind nirgends sichtbar, aber an mehreren Stellen schauen unter der mächtigen diluvialen Ablagerung, welche hauptsächlich den langen und breiten Höhenzug des Wackersberges aufbaut, kleine Partien von Stockletten hervor, die wenig mächtige Einlagerungen von Granitmarmor enthalten.

Den besten Aufschluss gewährt der gegenwärtig auflässige Kirchmayer'sche Steinbruch etwa 100 Meter südlich der Häuser von Bocksleiten dicht neben der Fahrstrasse. Das eigentliche Lager von Lithotamniën-reichem Granitmarmor ist nur noch in einer Mächtigkeit von 2 Metern aufgeschlossen, darüber liegt

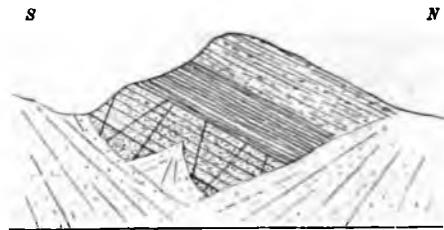


Fig. 5. Steinbruch an der Bocksleiten.

3 m stark ein feinkörniger Sandstein, dann 3 m Stockletten (ein grauer globigerinreicher Mergel) und zu oberst nochmals Sandstein, der aber stark verwittert und bröckelig geworden ist.

Alle diese Schichten streichen $N 75^{\circ} W$ und fallen mit 25° nach N ein. Zwei ältere Steinbrüche liegen je 50 m weiter im Süden, sind aber bereits ganz verwachsen und zum Theil bewaldet. Auch in ihnen stösst man nur auf Stockletten und Granitmarmor. Noch 100 m weiter südwärts im Fuchsgraben trifft man abermals einen Stocklettenartigen Mergel anstehend.

Zwischen dem Kirchmayer'schen Steinbruch und der 200 m

nordwestlich davon gelegenen Annaquelle fand ich in einem kleinen Wassergraben mitten im Wald einen grösseren Block von Granitmarmor, der wohl auf das Ausgehen einer solchen Gesteinsbank hinweist. Im nahen Gründelgraben steht wieder ein stocklettenartiger Mergel an, wie er auch im Annastollenhaus aufgeschlossen ist und vor dem Stollen auf einer kleinen Halde liegt.

Ob dieses 4 malige Vorkommen von Granitmarmor vier verschiedenen Lagern entspricht, oder ob es nur in Folge von Verwerfungen oder Faltung die Wiederholung ein und desselben Lagers darstellt, lässt sich bei der Geringfügigkeit der Aufschlüsse nicht entscheiden. In ersterem Falle müsste man den Stockletten eine Mächtigkeit von etwa 300 m zusprechen. Wenn ich die Stockletten hier kurzweg als Obereocän bezeichne, so soll das zunächst nur andeuten, dass sie jedenfalls jünger als der Enzenauer Marmor sind. Erst durch charakteristische Fossilfunde, die einstweilen von hier fehlen, liesse sich entscheiden, ob sie obereocän in dem Sinne sind, wie es nach O. Reis für die Stockletten bei Kressenberg zutrifft.

Der Verputz, den man seinerzeit der Annaquelle bei ihrer Fassung gegeben hat, lässt nur erkennen, dass die Quelle da entspringt, wo sich die diluvialen „Kreide“-Mergel discordant auf die Stockletten aufgelagert haben. Das heisst, sie sickert an mehreren Stellen aus jener Auflagerungsfläche hervor, ihr eigentlicher Ursprung ist unbekannt. Die Beschaffenheit des Stocklettens kann man nur aus den Stücken beurtheilen, die vor 46 Jahren beim Fassen der Quelle ausgegraben und vor dem Quellhaus auf eine Halde geworfen worden sind. Sie haben natürlich seither stark durch Verwitterung gelitten, doch lassen sie noch erkennen, dass dieser Mergel verhältnissmässig viele kleine kohlige Pflanzenreste einschliesst.

Die „Tölzer Kreide“, welche darüber liegt, führt zu unterst vereinzelte kleine Gerölle und ist ziemlich sandig, was man direct über der Quelle sehen kann. 300 m südlich des Quellhauses ist diese Kreide in einer offenen Grube und südlich wie nördlich davon durch Stollen aufgeschlossen. Sie ist deutlich

horizontal geschichtet und wird von mächtigen fluvioglacialen Schottermassen überlagert. Ad. Schwager (Geognost. Jahreshefte 1894, S. 86) gibt Analysen des grauen Mergels (1) und einer gelblichen Abart (2) und zum Vergleich eines Dolomitsandes, wie er vom Hauptdolomit des Kramer bei Garmisch durch den Regen abgeschwemmt wird:

	Ca O	Mg O	CO ₂	Si O ₂	H ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O+Org	Summa
1	33.08	6.31	32.90	14.73	8.17	1.78	0.94	0.16	2.66	100.73
2	36.90	4.50	33.94	21.75			0.14	0.11	2.70	100.04
3	31.60	18.50	46.00	sonstiges 3.4			—	—	—	99.50

Ob diese Kreide noch auf Eocän ruht, ist unbekannt, aber 400 m nördlich der Annaquelle kann dies jedenfalls nicht mehr der Fall sein, weil da am Ufer der Isar bereits unter Winkeln von 50—65° aufgerichtete Mergel und Sandsteine der oberoligocänen Molasse anstehen, die ein ostwestliches bis nordwestliches Streichen und südliches Einfallen zeigen. Sie fallen also widersinnig gegen den obereocänen Granitmarmor ein und ohne Zweifel stossen sie auf eine Verwerfungsspalte an dieselben an, ein Lagerungsverhältniss, das in ganz ähnlicher Weise bei dem Cementwerk Mariahilf bei Schaftlach nachgewiesen worden ist. Wo diese Verwerfung am Wackersberg durchstreicht, ist ungewiss. Es kann nahe der Annaquelle sein, vielleicht aber auch 400 m davon nördlich.

2. Das Wasser der Tölzer Jodquellen.

Von allen zu Heilzwecken benutzten Quellen besitzen wir chemische Analysen, die zwischen 1890 und 1900 gemacht worden sind. Von drei Quellen, nemlich der Bernhard-, Johann Georgen- und Annaquelle, liegen noch ältere Analysen von 1852 bzw. 1857 vor, so dass wir auch über die Veränderungen des Mineralgehaltes während 50 Jahren etwas wissen.

Ich gebe im Nachfolgenden eine Zusammenstellung dieser Analysen, doch will ich dazu bemerken, dass ich die Bestandtheile, welche nur in Spuren oder winzigsten Mengen von einzelnen Chemikern nachgewiesen worden sind, weggelassen habe, ebenso wie die fünfte Dezimalstelle. Die Bestimmungen der freien Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffes sind nicht immer durchgeführt worden oder an Wasser, das in unzuweckmässiger Weise der Quelle entnommen worden war, so dass die Analyse einen zu geringen Betrag ergeben musste. Nur die von L. A. Buchner, Fresenius und Hobein gemachten Bestimmungen verdienen Berücksichtigung. Die Analysen wurden ausgeführt 1852 von Fresenius und Wittstein (München), 1857 von Prof. L. A. Buchner (München), 1890 von Carl Buchner und Sohn in München, 1892 und 1900 von Dr. M. Hobein in München — alle im Auftrag der Quellenbesitzer, von denen ich diejenigen Angaben, welche bisher noch nicht veröffentlicht worden sind, erhalten habe. Von den Stoffen, die ich aus den Analysen weggelassen habe, sind quantitativ bestimmt worden in 1000 Theilen:

doppeltkohlensaures Lithion in der Johann Georgenquelle nur von Wittstein (0.0023),

doppeltkohlensaures Manganoxydul in der Bernhardsquelle von Fresenius 1862 und C. Buchner 1890 (0.0001),

phosphorsaures Eisenoxyd in der Johann Georgenquelle von Wittstein (0.0005) und von C. Buchner (0.0004),

kieselsaures Natron in der Johann Georgenquelle von Wittstein (0.0175), in der Karlsquelle von C. Buchner (0.0042), in der Maxquelle von C. Buchner (0.0076) und in der Marienquelle (0.0003),

kieselsaure Thonerde in der Bernhardsquelle von Fresenius (0.0020), in der neuen Quelle (0.0017), in der Annaquelle von L. A. Buchner (0.0012) und von C. Buchner (0.0096).

Aus den Jahren 1852 liegen von der Bernhards- und Johann Georgenquelle je zwei Analysen von Fresenius und

Wittstein vor, die in der Hauptsache eine gute Uebereinstimmung, im Einzelnen jedoch auch kleine Differenzen zeigen. Es mag dies zum Theil davon herrühren, dass das Wasser zu verschiedenen Zeiten den Quellen entnommen wurde, zuerst für Fresenius, später für Wittstein. Auch in der Gesamtmenge der Mineralbestandtheile ergab es Unterschiede bis zu 0.0534, also bis 7%. Aus diesen Schwankungen erklärt es sich wohl auch, dass der Gehalt an Jodnatrium von 1890 auf 1892 in der Johann Georgenquelle beinahe auf das Doppelte, in der Karlsquelle auf das siebenfache gestiegen war, trotzdem sich seit 1852 im Allgemeinen eine erhebliche Jodabnahme deutlich bemerkbar gemacht hat.

Fassen wir nun zunächst die Bernhardsquelle ins Auge, so lassen sich die gelösten Bestandtheile leicht in drei Gruppen bringen: die erste umfasst die Natriumverbindungen und die Kieselsäure, die zweite die Sulfate und die dritte die Carbonate von Kalk, Magnesium und Eisenoxydul. Von 1852 bis 1892 haben die gelösten Bestandtheile im Ganzen um etwa 20% abgenommen, die Natriumverbindungen sogar um beinahe 40%, während die Kalkcarbonate umgekehrt um 85% zugenommen haben. Die Sulfate hingegen zeigen abwechselnd Zu- und Abnahme, schliessen aber 1892 mit einer Mehrung gegen 1852 I von 64%, gegen 1852 II mit einer Minderung um 6% ab.

Man sieht hieraus, dass diese 3 Gruppen eine gewisse Selbstständigkeit besitzen, und da die erste Gruppe die Hauptbestandtheile der Soolquellen, die zweite der Schwefelquellen und die dritte der gewöhnlichen Quellen des Kalkgebirges einschliesst, so will ich sie der Kürze halber weiterhin als die Kochsalz-, Schwefel- und Kalk-Gruppen bezeichnen. Dass ich zu ersterer auch noch die Kieselsäure rechne, hat seinen Grund darin, dass dieser Bestandtheil regelmässig die Schwankungen nur dieser Gruppe mitmacht. Zur Schwefelgruppe ist natürlich auch der Schwefelwasserstoff zu zählen.

Vergleichen wir damit die Bestandtheile der Johann Georgenquelle, so ergeben sich auch jene 3 Gruppen ganz

von selbst; aber die Kochsalzgruppe weist zwischen 1852 und 1892 eine Mehrung von 29% bei einer Zunahme von nur 19% des Gesamtgehaltes auf. Umgekehrt hat die Kalkgruppe und selbst die Schwefelgruppe Abnahme zu verzeichnen, erstere um 12, letztere um 43%. Doch macht sich die der letzteren erst seit 1890 bemerkbar, während die der ersteren bis 1890 sogar um 28% zurückgegangen war, seither aber wieder schwach zunahm. Von der Kieselsäure bleibt es in dieser Quelle unsicher, ob man sie zur ersten oder dritten Gruppe stellen soll. Sie zeigt ungefähr gleiche Schwankungen wie das Jodnatrium, das ebenfalls eine Abnahme und zwar statt um 10 sogar um 20% aufweist und ebenso 1890 einen noch tieferen Stand als 1892 hatte. Bernhardsquelle und diese haben es gemeinsam, dass der Jodnatriumgehalt abgenommen hat, in jener sogar um 62%.

Die neue Quelle stimmt in allem sehr auffällig mit der Johann Georgenquelle überein und zwar mit Bezug auf Gesamtgehalt und die Kochsalzgruppe mit deren Stand von 1892, mit Bezug auf Sulfate und Kalkgruppe mit deren Stand von 1852. Die Bernhardsquelle war von beiden stets durch einen höheren Betrag in der Kalkgruppe und einen geringeren in der Kochsalzgruppe, wenigstens seit 1890 unterschieden. In der Schwefelgruppe steht sie hingegen beiden ungefähr gleich.

Berücksichtigt man, dass die gewöhnlichen Quellen dieser Gegend nur einen Gehalt aus der Kalkgruppe haben, so lässt sich dieser Unterschied so deuten, dass die Bernhardsquelle eine etwas stärkere Beimischung gewöhnlichen Quellwassers erhielt. 1890 hat C. Buchner Quellwasser untersucht, das ihm von der Badedirection zugeschickt worden war und das aus der Quellenfassung oberhalb der Jodquellen im Wasserlöbel stammte.¹⁾ Es enthielt weder Jod, Brom, Lithium, noch Sulfate oder Schwefelwasserstoff und der Rückstand von 0.258%

¹⁾ Gleiches Resultat hatte die Analyse von 1891 eines Wassers, das wahrscheinlich aus dem kleinen Versuchsstollen im Flysch südlich des Karlstollen stammte. Ein Rückstand von 0.302 enthielt 0.235 kohlen-sauren Kalk.

ergab 0.214 kohlen-sauren Kalk (incl. Magnesia). Da nun aber solche gewöhnliche Quellen dicht hinter der Bernhardsquelle und auch sonst fast in allen Quellenstollen entspringen, so wird eine Mischung mit den Jodquellen noch ehe diese zu Tage treten in den Gesteinsspalten sehr leicht stattfinden können.

Von diesen drei Quellen unterscheiden sich die Karlsquellen nicht unwesentlich dadurch, dass sie überhaupt wenige Bestandtheile, nur halb soviel von der Kochsalzgruppe, aber doppelt soviel von der Schwefel- und Kalkgruppe besitzen. Mit Bezug auf Schwefelwasserstoff und freie Kohlensäure besteht kein bedeutender Unterschied. Aehnlich verhalten sich die Max- und die Marienquelle, nur dass bei ersterer die Kalkgruppe noch stärker und bei beiden die Schwefel- und Kochsalzgruppen schwächer sind. Die drei letzteren Quellen weisen also auf stärkere Beimischung gewöhnlichen Wassers hin bei vermindertem Kochsalz, aber verstärktem Schwefelgehalt. Der Jodgehalt ist ein äusserst geringer.

Es steigern sich diese Verhältnisse noch bedeutend in der entfernten Annaquelle, deren Kalkgehalt gegenüber der Neuen Quelle auf mehr als das Doppelte zugleich mit dem gesammten Mineralgehalt gestiegen ist, während die erste Gruppe um zwei Drittel schwächer, die zweite Gruppe jedoch um fast die Hälfte stärker geworden ist. Auch hier ist der Jodgehalt sehr gering, während er 1857 nach L. A. Buchner 10 mal so gross gewesen war. Die freie Kohlensäure ist gegenüber der neuen Quelle erheblich gesunken, während der Schwefelwasserstoff 1890 mehr als das Doppelte, 1857 sogar das 4 fache betrug. Die Annaquelle ist also vorwiegend eine Schwefelquelle, aber mit starkem Zufluss gewöhnlichen Quellwassers, das seit 1857 um $\frac{1}{3}$ noch zugenommen hat.

Alle Quellen haben einen nicht unbedeutenden Gehalt an freier Kohlensäure, der aber nicht unerheblichen Schwankungen zu unterliegen scheint. Die neue Quelle mit 0.02 CO_2 gleicht darin der Johann Georgenquelle von 1852 ganz und der Bernhardsquelle (0.014) von 1852 annähernd. Dahingegen fand Hobein in beiden letzteren 1892 fast zehnmal mehr CO_2 .

(0.117 und 0.139) und ähnliche Beträge in der Karl- und Maxquelle. Es scheint fast als wenn in diesem Jahre eine ausnahmsweise starke Kohlensäureentwicklung stattgefunden hätte. Die Annaquelle hingegen ergab sowohl 1857 als auch 1892 ungefähr gleiche Beträge, nemlich 0.083 und 0.089.

Neben der Veränderlichkeit in der chemischen Zusammensetzung, welche für die Tölzer Heilquellen, wie wir gesehen haben, im Laufe der letzten 50 Jahre nachgewiesen worden ist, besteht aber auch noch eine solche in der Wassermenge. Für frühere Jahre liegen allerdings die Messungen nicht mehr vor und nur ein unkontrollirbares Gerücht behauptet, dass die Annaquelle, als sie aufgefunden wurde, viel stärker gewesen sei als später, nachdem man sie gefasst hatte. Ob dies richtig, ob daran eine ungeschickte Fassung Schuld hat, muss unentschieden bleiben.

Anzahl der Sekunden, in denen ein Liter Wasser
geliefert wurde:

	7. März 1891		1892	Januar 1900						1. Febr.		April	22. März 1901
				9	15	26	29	30	31	Vor.	Nach.		
Bernhardquelle	70	76	71.5	63	62.5	62.5	65.5	64.5	70	70	68	175	526
Joh. Georgenquelle	80	86	81.5	86	86.5	85	83.5	88	93	90.4	90		
Neue Quelle	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.1	14.5
Karlsquellen	57.5	60	66.5	27.5	29	31	33	36.6	—	—	—	26	12
Maxquelle	22.5	20	23	22	22.5	22	22.2	22.7	—	—	—	24	25
Marienquellen	17.5	17.5	17.5	18.5	18.5	18	20.5	18.2	—	—	—	21	22
Annaquelle	20	24	23	.	—	—	—	—	—	—	—	—	30

Bei anhaltend trockenem Wetter oder grosser Kälte laufen im Allgemeinen die Quellen schwächer. Die Zunahme bei den Karlsquellen mit dem Jahre 1900 kommt daher, dass die ungeschickte Fassung derselben entfernt und ein bis dahin unberücksichtigt gebliebener Quellast hinzugenommen worden war. Die starke Abnahme der Bernhard- und Johann Georgenquelle

zwischen Februar und April 1900 hängt mit der Erscheinung der Neuen Quelle zusammen.

Ueber die Temperatur des Jodquellwassers liegen leider nur mangelhafte Berichte vor. G. Höfler gab 1869 für die Bernhardsquelle 7.5° C. und für die Johann Georgenquelle 7.6° an. Gümbel erwähnte 1861 9.1° von der Jodquelle am Sauersberge, womit jedenfalls eine der beiden obigen Quellen gemeint sein muss. Leider ist bei keinen dieser Messungen die Jahreszeit angegeben und Höfler hat wohl nicht die Quelle an ihrem Ursprung gemessen, da sie 1869 schon längst ver-cementirt war, sondern an ihrem Röhrenausfluss. Gegenwärtig lassen sich an ihnen keine Thermometermessungen mehr vornehmen. Dahingegen ergab mir die neue Jodbrunnenquelle im März 1901 8.37° C. Die Messungen habe ich mit controllirten Instrumenten vorgenommen, die mir Herr Prof. Ebert aus der Sammlung der Technischen Hochschule freundlichst überlassen hat.

Am gleichen Tag fand ich für die Marien- und die vordere der Karlsquellen 6.9° und für die dritte hintere 3.9° .

Die Annaquelle wurde im Mai 1857 von L. A. Buchner mit 8.75° (= 7° R.) gemessen, im März 1901 fand ich 8.27° . Die Stollenquelle des Cementwerkes auf gleicher Meereshöhe (650 m) hatte 8.17° .

Nach den von Gümbel 1861 (Alpengebirge S. 835) zusammengestellten Quellenmessungen wäre die normale Quellentemperatur der Annaquelle 8.25° , für die Quellen am Sauerberg (805 m) 7.25° .

Die dort im Hintergrund des Bernhardstollen gefasste gewöhnliche, aber ziemlich starke Brunnenquelle, zeigte aber im März 1901 nur 1.75° . Im Sommer ist sie bedeutend wärmer.

3. Der Ursprung der Tölzer Jodquellen.

Aus den vorausgehenden Angaben lassen sich einige Schlüsse über die Herkunft dieser Quellen und ihres Mineralgehaltes ziehen.

Aus welcher Tiefe kommen diese Quellen?

Die neue Jodquelle ist nur um etwas mehr wie 1°, die Annaquelle bloß um den Bruchtheil eines Grades wärmer als eine normale gewöhnliche Quelle und die Marien- und Karlsquellen sind sogar kälter. Dieser scheinbare Widerspruch klärt sich jedoch leicht auf, wenn wir die Art der Quellenfassung und die Natur der dortigen gewöhnlichen Quellen ins Auge fassen.

Die neue Quelle ist einige Meter unter der Bergoberfläche da gefasst, wo sie direct aus einer Felsspalte austritt, die anderen gemessenen Quellen hingegen sind gerade an der Oberfläche der festen Felsen, wo sie von Moränen- und Gehängeschutt bedeckt werden, gefasst, so dass das im Deckgebirge circulirende Tageswasser sich leicht damit mischt. Die Annaquelle hat in Folge dessen die Temperatur desselben von 8.17° beinahe schon erreicht, und die Karls- und Marienquellen mit 6.9° und 3.9° zeigen noch deutlicher den Einfluss des kalten März-Quellwassers.

Der ausgeprägt „heterothermale“ Charakter der gewöhnlichen Sauerberger Quellen hat seine Ursache in der geringen Mächtigkeit der Gesteinsschichten, in denen sich die atmosphärischen Niederschläge zu Quellwasser ansammeln. Es sind Moränen und Gehängeschutt- und -lehm, welche auf den meist thonigen Mergeln der Kreide- und Tertiärformation liegen und die selbst mit ihren untersten Lagen nicht in die Region der „unveränderlichen Bodentemperatur“ herabreichen. Winterkälte und Schneeschmelze werden deshalb hier sehr fühlbar und auch der Wasserreichtum und die Wasserreinheit der daraus entspringenden Quellen zeigen grosse und unmittelbare Abhängigkeit von den jeweiligen Regenmengen.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Annaquelle, wo die tertiären Schichtgesteine von einer bis 10 Meter mächtigen diluvialen Mergelschicht, der „Tölzer Kreide“, und einer darüber liegenden Masse fluvioglacialer Schotter bedeckt sind. Besonders in den unteren sandigen Lagen dieser „Kreide“ bilden

die atmosphärischen Niederschläge eine Art von Grundwasser, das an den der Isar zugewendeten Gehängen in Form von Quellen zu Tage tritt. Dieses Quellwasser zeigt in Folge dessen eine von dem Wechsel der Tages- und Jahreszeiten ziemlich unabhängige und constante Temperatur.

Die Annaquelle, welche jedenfalls mit einer höheren Temperatur aus den eocänen Schichten aufsteigt, erreicht zunächst dieses Grundwasser-Niveau und muss sich mit diesem Wasser schon gemischt haben, bis sie an die Stelle kommt, wo sie heute gefasst ist und im März 8.27° hatte.

Nur die neue Jodquelle gibt mir also einen sicheren Beweis für ihre thermale Natur, aber gleichwohl ist auch sie schon stark beeinflusst von den Wassern, die von oben her in das zerklüftete Kalklager eindringen, den Fels abkühlen und sich mit dem aufsteigenden Quellwasser mischen. Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen darf man wohl mit einiger Sicherheit annehmen, dass die Tölzer Jodquellen aus einer Tiefe von über 100 Meter aufsteigen.

Zu ähnlichen Ergebnissen führt uns die Betrachtung der mineralischen Bestandtheile dieser Quellen. Unter denselben betragen die Carbonate von Kalk, Magnesium und Eisen

bei der neuen Quelle	15%
„ den Karlsquellen	40
„ „ Marienquellen	44
„ der Annaquelle	52

Dieselben Bestandtheile finden sich auch in den gewöhnlichen dortigen Quellen, denen jedoch Sulfate, Jod und Kochsalz fremd sind, und zwar belaufen sie sich ungefähr auf 0.25 bis 0.30‰. Nehmen wir nun an, dass die aufsteigenden Jodquellen davon nur sehr wenig enthalten, den jetztigen Gehalt daran vielmehr erst der Beimengung gewöhnlichen Quellwassers verdanken, dann ergibt sich für die neue Quelle eine Beimengung von $\frac{1}{3}$, für die drei anderen Quellen von $\frac{2}{3}$ gewöhnlichen Quellwassers.

Dass diese Mischung wirklich eintritt, erkennt man sehr

deutlich an der Annaquelle, bei der unter jenen Carbonaten dasjenige des Magnesium besonders stark vertreten ist (0.276 statt 0.02 bis 0.05 bei den anderen Quellen). Das Grundwasser nimmt dort natürlich seine Bestandtheile aus der „Kreide“ und diese ist reicher an Magnesium als die Moränen der Umgebung und des Sauerberges, weil sie grossentheils aus fein zerriebenem Hauptdolomit besteht.

Diese erhebliche Beimengung kälteren Wassers muss natürlich die thermalen Quellen in ihrer Temperatur bedeutend herunterdrücken und zugleich ihren Gehalt an Sulfaten, Kochsalz, Soda und Jod mindern. Wenn wir also aus den gemessenen Temperaturen unmittelbar die Tiefe, auf Grund der Tiefenstufe von 30 m pro 1° C., berechnen wollten, aus der die Quellen aufsteigen, so würden wir recht unrichtige Resultate erhalten. Statt der 40—50 m, welche sich so für die neue Quelle ergeben würden, dürfen wir jedenfalls über 100 Meter als einen der Wirklichkeit näher kommenden Werth annehmen.

Wie sammelt sich das Untergrundwasser, das die aufsteigenden Jodquellen speist?

Es ist schon erwähnt, dass die atmosphärischen Niederschläge, soweit sie nicht unmittelbar der Isar zufließen, in die aus Moränen, Schotter, Lehm u. s. w. bestehende Oberflächendecke eindringen und sich darin zu Quelladern und Grundwasser ansammeln. Noch tiefer einzudringen hindert sie im Allgemeinen die thonige Beschaffenheit der Kreide- und Tertiärschichten, welche das Gebirge aufbauen. Indessen liegen in Wechsellagerung mit diesen wasserundurchlässigen Schichten andere — Sandsteine und Kalksteine — welche ein Eindringen des Wassers verhältnissmässig leicht gestatten und so kommt es, dass doch ein wenn auch kleiner Theil der atmosphärischen Niederschläge in denselben verschwindet. Alle diese porösen Schichten sind aber einerseits steil aufgerichtet, andererseits von thonigen Schichten im Hangenden und Liegenden eingeschlossen. So sinken die einmal eingedrungenen Wasser auf jenen porösen

Schichten immer mehr in die Tiefe, andere folgen nach und es entstehen Untergrundwasser-Ansammlungen, die aber in der Hauptsache nur auf einzelne Gesteinsschichten beschränkt bleiben.

In unserem Falle sind diese Schichten zwar muldenförmig gebogen und fallen in Folge dessen steil nach Süd ein, aber ehe sie zur Umbiegung kommen, welche sie wieder zu Tage bringen müsste, werden sie von einer bedeutenden Verwerfungsspalte abgeschnitten, auf deren anderer Seite jetzt in Folge der stattgehabten Verwerfung stark gefaltete und gefältelte Flyschmergel und Sandsteine anstehen.

Durch diese Anlegung des thonigen Flysches an die unteren Enden der wasserführenden Schichten werden dieselben also nach unten abgeschlossen und das Untergrundwasser an weiterem Absteigen abgehalten. Der hydrostatische Druck muss aber bestrebt sein das angesammelte Wasser auf dem wenn auch engen Riss der Verwerfungsspalte in die Höhe zu treiben, wie in der Röhre eines artesischen Brunnens. Wenn dann dieses aufsteigende Wasser an die Stelle kommt, wo der stark zerklüftete Enzenauer Marmor an der Verwerfung abstösst, wird es leichter in die Spalten dieses Kalksteines eindringen als in der Verwerfungsspalte weiter aufsteigen und so erklärt es sich, dass die aufsteigenden Jodquellen des Blomberges alle aus diesem Marmorlager entspringen. Die stärksten dieser Quellen können freilich gar nicht bis zu Tage aufsteigen, weil sie von den überschobenen thonigen untereocänen Mergeln, in die sie nicht eindringen können, zurückgehalten werden. Erst künstlicher Abdeckung dieser Mergel ist es gelungen auch diesen Quellen einen Ausfluss zu schaffen.

Mit dieser Auffassung steht es im Einklang, dass die Jodquellen stärker fließen müssen, wenn eine Periode stärkerer atmosphärischer Niederschläge vorausgegangen ist, weil dann mehr Wasser in die porösen Schichten eingedrungen, der Untergrundwasserspiegel dadurch gestiegen und der hydrostatische Druck vergrößert worden ist. Die thatsächlich beobachteten

grossen Schwankungen im Wasserreichtum der Quellen dienen zur Bestätigung.

Sobald das aufsteigende Wasser in die Klüfte des Marmorlagers eintritt, ist es der Berührung und Vermischung mit demjenigen Wasser ausgesetzt, das von oben in dieses Lager eingedrungen ist. Nach unserem Profil (Fig. 4 auf Seite 139), das allerdings in den tieferen Lagen nur vermuthungsweise gezeichnet ist, würde das bei einer Tiefe von etwa 200 Meter beginnen, wo das aufsteigende Wasser einem Wasser von etwa 13° begegnen, sich mit ihm mischen und sich abkühlen müsste. Höher herauf würde die Temperatur natürlich immer weiter sinken bis zu der „invariablen Zone“, wo das Grundwasser etwas über 7° hat. Die Abkühlung ist thatsächlich sehr gross, denn das Wasser tritt nur noch mit einem Ueberschuss von wenig mehr als 1° zu Tage. Wie wir schon früher sahen, hat sich das aufsteigende wahrscheinlich um etwa ein Drittel mit absteigendem Quellwasser vermischt und da diese Quellen überhaupt nur langsam fliessen und aufsteigen, so mag auch die Abkühlung durch die umgebenden kälteren Gesteine ein Wesentliches zum Endergebniss beigetragen haben.

Wie bedeutend bei local sie begünstigenden Verhältnissen diese Beimischung abkühlend wirken kann, beweisen die tiefen März-Temperaturen der Marien- und Karlsquellen.

Woher stammen die mineralischen Bestandtheile und die Gase der Jodquellen?

Einen Theil müssen wir jedenfalls von dem gewöhnlichen Quellwasser ableiten, das sich mit dem aufsteigenden mischt. Die vorhandenen Analysen haben gezeigt, dass die gewöhnlichen Quellen am Blomberg nur sehr wenig Mineralgehalt haben (0.25—0.30‰) und zwar hauptsächlich kohlensauren Kalk (0.21—0.24‰). Die Thatsache, dass bei den nachgewiesenen zeitlichen Gehaltsschwankungen der Jodquellen einer Minderung an Sulfaten oder Kochsalz stets eine Mehrung an Kalkcarbonat entspricht, ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Zufuss-

quellen von beiderlei Bestandtheilen getrennt sind. Stärkerem Zufluss von gewöhnlichen Quellwasser mit seinem Kalkcarbonat folgt natürlich in der Mischung eine Abnahme des aufsteigenden Wassers mit seinen Sulfaten und seinem Kochsalz.

Der eigentliche Thermalantheil dieser Jodquellen, welcher bei der neuen und der Johann Georgenquelle etwa $\frac{2}{3}$, bei den anderen bis nur $\frac{1}{3}$ ausmacht, bringt seine gelösten Stoffe aus der Tiefe mit herauf, und sie finden sich jedenfalls schon in dem Untergrundwasser vor, das diese Quellen speist. Da aber das Untergrundwasser aus einer Ansammlung von atmosphärischen Niederschlägen hervorgeht, welche als solche Sulfate, Kochsalz, Soda und Jod nicht oder doch nur in Spuren in Lösung haben, so bleibt nichts anderes übrig als anzunehmen, dass diese Substanzen sich in denselben Gesteinsablagerungen vorfinden, in denen sich jene Untergrundwasser ansammeln.

Im Meerwasser kommen sie ebenfalls vor und können sich in den sandigen und thonigen Absätzen des Meeres in Form von Steinsalz, Soda, Glaubersalz u. s. w. sehr leicht mit absetzen. Wenn sie in älteren Meeresablagerungen, die durch Hebungen trocken gelegt sind, verhältnissmässig selten angetroffen werden, so braucht dies nicht daher zu rühren, dass sie überhaupt nie da waren. Sie sind in Wasser so leicht löslich, dass das circulirende Grund- und Untergrundwasser sie meist schon gelöst und weggeführt hat. Wo die Circulation des unterirdischen Wassers gehemmt ist, tritt zwar Lösung aber nicht Wegführung ein, wie der berühmte „Torrent d'Anzin“ bei Valenciennes in Frankreich beweist, der als eine unterirdische Wasseransammlung in den Kreideschichten in einer Tiefe von ungefähr 80 m mit einer Dicke der Wasserschicht von 8—9 m ruht und einen Flächenraum von 2450 Hectaren einnimmt. Sein Wasser tritt nicht in Form von Quellen zu Tage, wird aber seit längerer Zeit von den Bergleuten künstlich entfernt, so dass die Menge schon bedeutend abgenommen hat. Das Wasser führt pro Liter bis 13 g feste Bestandtheile und zwar besonders Kochsalz und Sulfate.

In ähnlicher Weise ist anzunehmen, dass auch die Kreide-

und Eocänschichten bei Tölz ursprünglich diese leicht löslichen Meeressalze enthielten. Bald nach ihrer Ablagerung zur mittleren Oligocänzeit wurden sie dann aufgerichtet und gefaltet. In den oberen Theilen der Faltengebirge trat dann sofort Auslaugung durch die Quellwasser ein, aber in den tieferen Faltenmulden, welche unter das Niveau der Thäler herabreichen, fehlte dem Untergrundwasser das Gefälle und damit die Strömung. Es konnte wohl jene Salze theilweise lösen, aber sie nicht wegführen. Dies wurde bei Tölz erst möglich, als der hydrostatische Druck das stagnirende Untergrundwasser auf der in zwischen entstandenen Verwerfungsspalte heraufzupressen begann. Freilich ist dieser Ausfluss so schwach, dass die Menge der Salze dadurch bisher kaum eine erhebliche Minderung erfahren hat, dahingegen ist es wohl verständlich, dass die Lösung im Untergrundwasser keine gleichmässige ist. Sie wird in Folge der langsamen Bewegung des Wassers in den Gesteinen an den einen Stellen mehr, an anderen weniger Salze enthalten und bald mehr Sulfate, bald mehr Kochsalz oder Soda. Insbesondere wird es nicht Wunder nehmen, wenn der Jodgehalt sehr ungleichmässig vertheilt ist. Das Jod ist im Meerwasser in so geringen Mengen nur vorhanden, dass es sich überhaupt erst dann bemerkbar macht, wenn Thiere und hauptsächlich Meerespflanzen es in sich aufgenommen haben. Nach deren Tod gelangt es dann am Boden des Meeres in die entstehenden Ablagerungen, aber natürlich nur, wie die Thiere und Pflanzen selbst, an bestimmten Stellen in nachweisbaren Mengen.

Je nachdem nun der aufsteigende Quellstrom gerade von der einen oder der anderen Stelle jenes Untergrundwassers aus gespeist wird, enthält er mehr oder weniger Jod oder Kochsalz oder Sulfate. Diese Veränderlichkeit ist im Laufe der letzten 50 Jahre durch die Analysen auch für die Tölzer Jodquellen mit Sicherheit festgestellt worden.

Ausserdem zeigen aber auch die einzelnen Quellen nicht unerhebliche aber constante gegenseitige Verschiedenheiten in den Lösungen. Wie die Quellen in einer Reihe von Ost nach

West angeordnet sind, so steigt auch in dieser Richtung ihr Gehalt an Jod, Kochsalz und Soda und fällt der an Sulfaten.

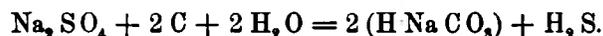
Diese Verschiedenartigkeit wird noch durch besondere tektonische Verhältnisse begünstigt und verstärkt. Die neue Quelle hat nach ihrer Lösung grösste Aehnlichkeit mit der Johann Georgen- und Bernhardquelle, die 10 m von ihr entfernt entspringen. Nur 30 m weiter nach Osten liegen die Karlsquellen, ihr Gehalt jedoch ist schon wesentlich verändert — von der Kochsalzgruppe nur noch halb soviel, von den Sulfaten doppelt soviel vorhanden. Eine Querverwerfung trennt beide Quellengruppen, und wenn die Verschiebung auf derselben auch nur einige Meter beträgt, so genügt dies doch schon um die Marmorbank, in der die Quellwasser aufsteigen, zu beiden Seiten soweit zu verrücken, dass sie nicht mehr einen zusammenhängenden Zug darstellt und dass die Quellwasser in derselben nicht mehr mit einander in Verbindung treten können. Es trat dies bei Erschliessung der neuen Quelle sehr klar in die Erscheinung. Wenige Tage nachher zeigten die Johann Georgen- und Bernhardsquelle eine starke Abnahme ihrer Wassermenge, während der Reichtum der Karlsquellen bisher in keiner Weise in Mitleidenschaft gezogen worden ist.

Bei der Max- und den Marienquellen macht sich gegenüber den Karlsquellen wiederum eine Veränderung fühlbar, die Menge der Kochsalzgruppe ist etwas, die der Sulfate aber erheblich kleiner geworden. Auch da liegt eine kleine Querverwerfung trennend dazwischen.

Sendtner hat seinerzeit den Jodgehalt auf Rechnung der Flyschfucoiden gestellt, und es scheint sogar, dass diese es waren, welche ihn veranlassten, das Wasser auf Jod zu prüfen. Diese Fucoiden finden sich zwar in grossen Mengen im Gebiet der Quellen, aber doch nur in Flyschgesteinstücken, die von der Höhe des Blomberges herabgefallen oder von Gletschern der Eiszeit herbeigeführt und auf den Eocän- und Kreideschichtköpfen liegen geblieben sind. Wir wissen jetzt, dass die Jodquellen nicht aus dem Flysch selbst entspringen. Dementsprechend nahm Gümbel (*Geol. Bayerns* Bd. II S. 162) 1894

an, es möchten die Meeresthiere der Nummulitenschichten den Quellen den Jodgehalt liefern. Mir scheint, dass auch die Pflanzen und Thiere der jüngeren Kreideperiode herangezogen werden müssen, jedoch nicht, als die directen Lieferanten des Jodes. Die meisten der jodausscheidenden Organismen sind gar nicht versteinierungsfähig, ihre Körper sind längst zerfallen und verwest. Aber das Jod hat sich in die Meeressalze zurückbegeben und wird da nun wieder von den eindringenden süßen Wassern vorgefunden und aufgelöst.

Neben den Sulfaten enthalten die Jodquellen stets auch Schwefelwasserstoff und zwar besteht diese bestimmte Relation, dass mit der Menge der Sulfate auch die des Schwefelwasserstoffes steigt und fällt. Man wird denselben deshalb entstanden annehmen müssen aus einer Desoxydation der Sulfate, bewirkt durch Oxydation von organischen Substanzen, welche den dazu nöthigen Sauerstoff den Sulfaten entziehen, etwa nach der Formel:



Ein Theil des doppeltkohlensauren Natrons wäre somit nicht aus der Auflösung von Sodamineralien entstanden, sondern aus der Zerlegung von schwefelsaurem Natron unter Freiwerden von Schwefelwasserstoff.

Sehr geringe Mengen organischer Substanzen sind zwar in den Quellen nachgewiesen — aber für diesen Vorgang wären wohl hauptsächlich die kohligen Pflanzenreste verantwortlich zu machen, welche in den Mergeln der Eocän- und Kreideformation nicht zwar in mächtigen Lagern, wohl aber in häufigen Bruchstücken vorkommen.

In der Badeliteratur über Tölz ist der Versuch niedergelegt, den Schwefelwasserstoffgehalt aus der Einwirkung organischer Verbindungen auf den in den Mergeln allerdings ebenfalls vorhandenen Schwefelkies abzuleiten, womit eine von den Sulfaten ganz unabhängige Quelle für den Schwefelwasserstoff gegeben wäre. Es ist dies aber nicht sehr wahrscheinlich.

Die grösste Ungewissheit besteht über die Herkunft der

freien Kohlensäure. Die mit dem Regenwasser in den Boden und in das Untergrundwasser eindringende Kohlensäure reicht zur Erklärung nicht aus, weil diese zur Bildung der doppelkohlensauren Salze vollauf aufgebraucht wird. Ausserdem müssten die gewöhnlichen Quellen am Blomberg ebenfalls entsprechende Mengen freier Kohlensäure führen, was aber nicht der Fall ist. Können chemische Vorgänge, die im Sammelgebiet des Untergrundwassers vor sich gehen, zur Erklärung herangezogen werden? Man möchte vielleicht an die mit Kohlensäureentwicklung verbundene Oxydation der schon erwähnten Pflanzenreste denken, wozu der mit dem Regenwasser eindringende und an dieselben gebundene Sauerstoff der Luft Veranlassung geben kann. Da jedoch mit einem solchen Vorgang stets auch die reichliche Entwicklung von Kohlenwasserstoffgasen verbunden ist, solche aber in den Tölzer Jodquellen bisher noch nicht quantitativ nachgewiesen worden sind, so ist diese Deutung wohl von der Hand zu weisen. Allerdings hat einmal nach den Angaben des Quellenwärters bei Annäherung eines offenen Lichtes über der neuen Quelle nach Wegnahme des Deckelverschlusses der Fassung eine schwach explosionsartige Gasentzündung stattgefunden, was wohl auf die Ausströmung von Kohlenwasserstoffgasen schliessen lässt, aber es müssen sehr geringe Mengen sein, weil es späteren Versuchen nicht mehr gelungen ist, ähnliches zu beobachten. Da Soolager häufig geringe Mengen solchen Gases im sog. Knistersalz einschliessen, so finden geringe Spuren in den Jodquellen genügende Erklärung aus der Auflösung solcher Salze durch die Untergrundwasser.

In den eocänen und Kreidemergeln ist Schwefelkies eingesprenkt. Der doppelkohlensaure Kalk der Quellwasser kann auf denselben so einwirken, dass sich der Schwefel oxydirt und mit dem Kalk zu schwefelsaurem Kalk vereinigt, während das oxydirte Eisen als Brauneisen zurückbleibt und die Kohlensäure frei wird. Wenn ein solcher Vorgang es sein sollte, der dem Quellwasser die freie Kohlensäure geliefert hat, dann müsste in demselben natürlich auch Kalksulfat nachweisbar sein. Dies

ist aber nicht der Fall und darum entbehrt auch diese Deutung der thatsächlichen Unterlage.

Vielleicht findet das Räthsel seine Auflösung durch die Annahme, dass die Kohlensäure aus grösseren Tiefen stammt, wo sie sich aus stark erwärmten Massen loslöst und begünstigt durch die grosse Verwerfungsspalte, die Kreide und Flysch von einander trennt, nach oben aufsteigt. Auf diesem Wege müsste sie schliesslich den ebenfalls auf jener Verwerfungsspalte aufsteigenden Jodquellen begegnen und sich mit ihrem Wasser mischen. Die Herkunft der freien Kohlensäure wäre dann eine ganz andere, wie die der in den Jodquellen gelösten Bestandtheile. In der That scheint diese Selbstständigkeit durch die Analysen des Jahres 1892 bewiesen zu werden. In diesem Jahre fand Dr. Hobein in den Johann Georgen-, Bernhards-, Max- und Karlsquellen 0.12 bis 0.15^{0/100} freie Kohlensäure, während früher nur Beträge von 0.014 bis 0.02 und 1900 in der neuen Quelle ebenfalls nur von 0.02 gefunden worden sind. Dem achtfachen Gehalt an freier Kohlensäure standen aber 1892 durchaus keine irgendwie erhebliche Veränderungen in den sonstigen Bestandtheilen gegenüber.

Dass in Gebieten früherer vulkanischer Thätigkeit Kohlensäure durch die feste Erdkruste hindurch in die Höhe steigt, ist wohl bekannt und kann nicht mehr bezweifelt werden. Die Tölzer Gegend gehört zwar nicht zu solchen Gebieten, aber es ist nicht unwahrscheinlich, dass grosse Verwerfungsspalten, welche in bedeutende Tiefen herabsetzen, ebenfalls befreiend auf die von den heissen Gesteinsmassen absorbirte Kohlensäure wirken.

Wir sind also in diesem Capitel zu folgendem Ergebniss gelangt: die Tölzer Jodquellen verdanken ihre Entstehung der Ansammlung von Untergrundwasser in steil nach Süden einfallenden Schichtgesteinen der Tertiär- und Kreideperiode. Dies Wasser löst die ursprünglich in diesen Schichten zum Absatz gekommenen Meeressalze auf und bringt sie zu Tage, indem es auf einer Verwerfungsspalte durch hydrostatischen Druck aus einer Tiefe von wohl mehr als 200 Meter emporgetrieben

wird. Während des Auftriebes findet jedoch in höheren Lagen eine Mischung mit absteigenden gewöhnlichem Quellwasser und damit eine entsprechende Abkühlung statt. Die Herkunft der freien Kohlensäure ist unbekannt, vielleicht aber eine selbstständige aus grösserer Erdentiefe.

Die Beziehungen der Tölzer zu den anderen Jodquellen des bayerischen Alpengebietes.

Die Annaquelle liegt 3 Kilometer von den Blumberger Jodquellen entfernt gegen Osten. $5\frac{1}{2}$ Kilometer gegen Westen trifft man die Heilbrunner Quelle. Man versteht darum leicht die Neigung, auch diese in genetischen Zusammenhang mit jenen zu bringen, trotzdem die geologische Verschiedenheit stets bekannt war, welche darin besteht, dass die Heilbrunner Quelle nicht aus den eocänen Schichten, sondern aus der oberoligocänen Molasse entspringt.

Letztere ist zwar nur wenig jünger als das Eocän, aber eine sehr bedeutende Längsverwerfung trennt beide ebenso, wie Eocän und Flysch von der schon besprochenen anderen Verwerfung geschieden sind. Kreide und Eocän waren schon gehoben und gefaltet, ehe die Molasse in dem jungoligocänen Meere, das sich am Nordfusse der oligocänen Alpen ausbreitete, zum Absatz gelangte. Als dann zu Ende der Miocänzeit auch die Molasse gehoben und gefaltet wurde, entstand jene Verwerfung, die die Molasse als subalpine Formation tektonisch von den eigentlichen Alpen abgetrennt hat. Diese Verwerfung lässt sich längs des ganzen Nordrandes der Alpen verfolgen, und sie ist jedenfalls ebenso bedeutend als jene andere Verwerfung am Nordrande des Flysches, auf der die Tölzer Jodquellen aufsteigen.

Gleichwohl hat Gumbel 1861 (Bayer. Alpengebirge S. 634) die Vermuthung ausgesprochen, dass auch das reiche Jodwasser der Adelheidquelle in Heilbrunn den Nummulitenschichten entstamme. Er hat diese Anschauung dann 1894 (in Geologie Bayerns II S. 162) wiederholt, aber wie früher ohne weitere

Begründung oder Angabe, wie die Jodwasser in die Molasse eindringen, gelassen. Auch die Jodquelle von Sulzberg, 7 Kilometer südlich von Kempten, die inmitten der oligocänen Molasse aus dieser entspringt, und von der aus man fast 2 Meilen weit zu gehen hat, um die nächsten anstehenden Nummulitenschichten anzutreffen, ist er geneigt, wenn auch mit Vorbehalt, aus letzteren abzuleiten, die in grösserer Tiefe unter der Molasse anstehen könnten (Bayer. Alpengebirge 1861 S. 734).

L. A. Buchner hat 1843 eine Analyse der Adelheidquelle veröffentlicht (Buchners Repertorium f. d. Pharmacie Bd. 82 S. 333). Daraus geht hervor, dass die chemische Beschaffenheit dieser von der der Tölzer Quellen sehr verschieden und dass eigentlich gar kein Grund vorhanden ist, für beide gleichen Ursprung anzunehmen. Zunächst enthält die Heilbrunner Quelle ungefähr 7 mal so viel mineralische Bestandtheile als die Tölzer Quellen. Es fehlen ihr aber trotzdem die Sulfate gänzlich. Dafür hat sie etwa 20 mal so viel Kochsalz und Jod und ausserdem einen nicht unbedeutenden Gehalt an Brom. Des weiteren enthält das Wasser ungefähr der Menge nach 1% Gase, unter denen Kohlenwasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoff angegeben werden.

Es sind das Unterschiede so erheblicher Art, dass gleicher Ursprung der Quellen geradezu unwahrscheinlich erscheint, und es ist nicht einzusehen, warum die Heilbrunner und Sulzberger Jodquellen ihren Gehalt nicht direct aus tieferen Theilen der Molasse selbst beziehen sollten, ebenso wie es ja auch für die Kainzenbadquelle bei Partenkirchen fast sicher ist, dass sie ihren Jod- und Salzgehalt nicht aus den cocänen-, sondern aus den Raiblerschichten bezieht.

Die zwei Analysen, welche L. A. Buchner von der Heilbrunner Quelle gegeben hat, sind noch in anderer Beziehung interessant. Er entnahm das Wasser für die eine im Juni, für die andere im August 1842 und es ergab sich eine nicht unbedeutende Minderung der Mineralbestandtheile in letzterem Monat (etwa um $\frac{1}{4}$). Er hat das specifische Gewicht des

Quellwassers bestimmt zu 1.0037 (Juni), 1.0034 (August), 1.0036 (October) und für die gleichen Zeiten:

feste Bestandtheile	6.1	4.6	6.0
Jodnatrium	0.0286	0.0256	0.0290

Er bemerkt dazu „ich habe überhaupt Ursache zu glauben, dass die meisten Heilquellen, je nach den zu verschiedenen Zeiten herrschenden Einflüssen, ihre Zusammensetzung mehr oder weniger ändern können, dass also ihre Mischung nicht so constant sei, als man bisher anzunehmen geneigt war.“ Dass diese Vermuthung auch auf die Tölzer Quellen zutrifft, haben uns die vorhandenen Analysen bereits vollauf bestätigt.

	Juni	August	Differenz
Jodnatrium	0.0286	0.0256	—
Bromnatrium	0.0195	0.0151	—
Chlornatrium	5.088	3.678	—
Chlorkalium	0.0028	—	—
Kohlensaures Natrium	0.848	0.740	—
„ Ammoniak	0.010	—	—
„ Kalk	0.057	0.062	+
„ Magnesia	0.014	0.033	+
Eisenoxyd	0.010	0.015	+
Thonerde	0.003	0.0014	—
Kieselsäure	0.014	0.024	+
Organische Substanz	0.007	0.0026	—
	6.1019	4.5967	

Trotz der bedeutenden Abnahme um $\frac{1}{4}$ der festen Bestandtheile im August tritt bei den kohlensauren Verbindungen von Kalk und Magnesia, dem Eisenoxyd und der Kieselsäure dennoch gleichzeitig eine Zunahme auf, d. h. bei den Stoffen, die schon im gewöhnlichen Quellwasser zu erwarten sind. Daraus muss wie bei den Tölzer Quellen geschlossen werden, dass die Abnahme der

Thermalbestandtheile bedingt ist durch stärkeren Zufluss gewöhnlichen Wassers mit seinen Bestandtheilen. Ein Unterschied besteht nur insofern, als bei Tölz die Kieselsäure abnimmt, wenn sie bei Heilbrunn zunimmt, dort also zu den Thermalbestandtheilen zu gehören scheint, hier aber nicht.

Die reiche Beimengung an organischer Substanz muss aus der Tiefe stammen, da sie mit den thermalen Bestandtheilen ab- und zunimmt. Sie verweist wohl auf eines der oligocänen Kohlenlager oder auf bituminöse Schichten, aus denen auch der reichlich vorhandene Kohlenwasserstoff hervorgehen wird.

Einige Jahre später hat Max Pettenkofer nochmals dieses Quellwasser analysirt (Chem. Untersuchung der Adelheidsquelle zu Heilbrunn in Abhandl. Akad. Wiss. München Bd. 6 S. 83) und ist dabei im Allgemeinen zu ganz ähnlichen Ergebnissen wie Buchner gelangt. Bemerkenswerth ist jedoch, dass er 0.048 Bromnatrium fand in Folge von Anwendung einer anderen analytischen Methode. Dadurch vergrössert sich der Unterschied mit den Tölzer Quellen noch um ein Erhebliches.

An freier Kohlensäure wies er 0.0546^o/₁₀₀ nach und in den aus der Quelle aufsteigenden Gasen fand er auf 100 Theile: 75.5 Kohlenwasserstoff, 18.0 Stickstoff, 4.3 Kohlensäure und 2.2 Sauerstoff.

Auf 1000 Theile:	Bernhardsquelle				Johann Georgenquelle			
	Fre- senius	Witt- stein	C.Buchner	Hobein	Fre- senius	Witt- stein	C.Buchner	Hobein
	1852	1852	1890	1892	1852	1852	1890	1892
Jodnatrium	0.0016	0.0016	0.0005	0.0006	0.0015	0.0017	0.0007	0.0012
Chlornatrium	0.2966	0.2655	0.2110	0.1487	0.2343	0.2371	0.2603	0.2782
dopp. kohlen. Natrium	0.3345	0.2957	0.3354	0.2076	0.3233	0.3846	0.3992	0.4441
Kieselsäure	0.0098	0.0074	0.0091	0.0053	0.0090	0.0086	0.0062	0.0080
Schwefelsaures Kalium	0.0097	0.0117	0.0082	0.0072	0.0123	0.0117	0.0099	0.0067
Schwefelsaures Natrium	0.0051	0.0126	0.0049	0.0156	0.0123	0.0152	0.0141	0.0073
dopp. kohlen. Calcium	0.1018	0.1135	0.1021	0.2022	0.0915	0.0711	0.0692	0.0730
„ Magnesium	0.0297	0.0276	0.0215	0.0409	0.0298	0.0202	0.0184	0.0323
„ Eisenoxydul	0.0002	„	0.0002	0.0006	0.0002	„	„	0.0010
Summa	0.7890	0.7356	0.6929	0.6287	0.7142	0.7502	0.7780	0.8517
Schwefelwasserstoff	0.0017	?	?	0.0022	0.0012	?	?	0.0025
freie Kohlensäure	0.0142	?	?	0.1393	0.0196	?	?	0.1170
Bestandtheile 1—4	0.6425	0.5702	0.5560	0.3622	0.5681	0.6320	0.6664	0.7314
Sulfate 5—6	0.0148	0.0243	0.0131	0.0228	0.0246	0.0269	0.0240	0.0140
Carbonate 7—9	0.1317	0.1411	0.1238	0.2437	0.1215	0.0913	0.0876	0.1063

Neue Quelle	Karlsquellen		Maxquelle		Marien- quelle	Annaquelle		
	Hobein 1900	C.Buchner 1890	Hobein 1892	C.Buchner 1890	Hobein 1892	C.Buchner 1890	L.A.Buchner 1857	
0.0012	0.0001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0011	0.0001	Na J
0.2810	0.0994	0.1562	0.0702	0.0435	0.1023	0.0302	0.0374	Na Cl
0.4083	0.2096	0.2209	0.2071	0.1191	0.1760	0.1945	0.2100	Na HCO ₃
0.0089	0.0042	"	0.0037	?	0.0001	0.0075	0.0071	Si O ₂
0.0184	0.0166	"	0.0032	?	0.0210	0.0217	0.0214	K ₂ SO ₄
0.0043	0.0249	0.0314	0.0201	0.0297	0.0110	0.2933	0.2754	Na ₂ SO ₄
0.0967	0.2020	?	0.2693	?	0.1870	0.2496	0.3238	Ca H ₂ (CO ₃) ₂
0.0303	0.0391	"	0.0571	0.0491	0.0490	0.2397	0.2760	Mg H ₂ (CO ₃) ₂
0.0002	"	"	"	?	"	"	"	Fe H ₂ (CO ₃) ₂
0.8493	0.5959		0.6308		0.5465	1.0376	1.1512	Summa
0.0014	?	0.0024	?	0.0021	?	0.0101	0.0050 ¹⁾	H ₂ S
0.0203	?	0.1511	?	0.1429	?	0.0830	0.0888 ¹⁾	CO ₂
0.6994	0.3133		0.2811		0.2785	0.2333	0.2556	Kochsalzgruppe
0.0227	0.0415		0.0233		0.0320	0.3150	0.2968	Schwefelgruppe
0.1272	0.2411		0.3264		0.2360	0.4893	0.5998	Kalkgruppe