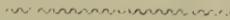


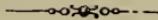
Die
Thermalquellen zu Bad-Ems.

Von

G. Serget.



Mit einer geognostischen Karte der Umgegend von Bad-Ems.



Wiewohl über Ems und seine Thermalquellen, hervorgerufen durch die seit Jahrhunderten anerkannte Heilkraft der letzteren, eine überaus große Zahl von Schriften vorhanden ist, hat bis auf die neueste Zeit die Frage nach der muthmaßlichen Entstehung der heißen Quellen, namentlich mit Berücksichtigung der geognostischen Verhältnisse der Umgebung von Ems, eine nur sehr geringe Beachtung gefunden.

Fast alle Schriftsteller lehnen sich in dieser Beziehung der gerade herrschenden allgemeinen Ansicht über Quellen- und speciell Thermalquellenbildung an und so ist es gekommen, daß in der neueren Zeit die Ansicht am meisten Anhänger finden mußte, nach welcher einerseits die atmosphärischen Niederschläge in Gesteinsspalten Gelegenheit fänden in das Erdinnere soweit einzudringen, daß sie von der daselbst herrschenden Wärme die Temperatur sich aneigneten, welche sie bei ihrem Wiederaustritt zeigen; während andererseits in Bezug auf die chemischen Bestandtheile der Thermalwasser die Thatsache genügte, daß die die Umgegend von Ems konstituierenden Gesteine ähnliche Verbindungen enthielten.

Dieser Ansicht wird nun durch eine Mittheilung im Notizblatte des Mittelrheinischen geologischen Vereins vom April 1865 (pag. 73), sowie durch eine ausführlichere Abhandlung in dem Bulletin de la société impériale des naturalistes de Moscou von H. Ludwig so vollständig entgegen getreten, daß es um so

gebotener erscheint, dieselbe einer weiteren Betrachtung zu unterziehen, als Ludwig seine Ansicht auf Beobachtungen an Ort und Stelle gegründet hat, von denen ein Theil bei genauer Kenntniß der fraglichen Vertiklichkeit nicht wohl als richtig anerkannt werden kann.

Ludwig beginnt mit einer geognostischen Beschreibung der nächsten Umgebung des Quellenterrains, die von den ältesten Schichten der devonischen Formation, den sogen. Coblenzer Schichten, — „dem Spiriferensandstein“ —, gebildet wird.

Wenn in der genannten Abhandlung hier ältere und jüngere Schichten angedeutet werden und namentlich von den den Spiriferensandstein überlagernden Sedimenten die Rede ist, so wird zwar für eine solche detaillirtere Classification erst noch der Nachweis beigebracht werden müssen *); wir können von derselben jedoch hier vollkommen absehen, da die Hauptunterschiede dieser einzelnen Schichten nur durch ihr verschiedenes petrographisches Aeußere charakterisirt sind.

Wir werden nämlich weiter unten sehen, daß trotz der großen äußern Verschiedenheit zwischen den im Quellenterrain vertretenen eigentlichen Sandsteinen und Quarziten und den reinen Thonschiefern die chemische Constitution der einzelnen Gemengtheile dieser Gesteine nahezu übereinstimmt und somit eine besondere Einwirkung einer einzelnen dieser Schichten auf die Entstehung der Mineralquellen nicht angenommen werden kann.

In gleicher Weise könnte das von Ludwig aus einzelnen beobachteten Fallwinkeln konstruirte Gebirgsprofil Zweifel erregen, wir können uns jedoch für den vorliegenden Zweck auch hier allein mit der Thatfache einverstanden erklären, daß in der Nähe der Quellen sämtliche Schichten ein Einfallen nach Süd-Osten, d. h. von der Höhe des Plateaus, an dessen Fuße die Quellen entspringen, nach diesen letzteren zu besitzen.

*) Sandberger, von welchem der Name Spiriferensandstein herrührt, begreift unter dieser Bezeichnung nicht allein die eigentlichen Sandsteine, sondern auch die Thonschiefer des Rheinischen Schiefergebirges.

Wichtig für die Theorie der Quellenbildung sind aber zwei Vorkommnisse, welche Ludwig anführt, wenn denselben auch andere Bedeutung beigelegt wird, als unserer Ansicht nach gerechtfertigt erscheint.

Es sind dies den Spiriferensandsteinschichten eingelagerte sogenannte Maunschieferschichten und zweitens das Vorhandensein eines Erzganges innerhalb des Quellenterrains.

Was zunächst die Maunschieferschichten betrifft, so sind dieselben weiter nichts als Schieferschichten, die sich von den unmittelbar angrenzenden nur durch einen etwas höheren Gehalt an Kohlenstoff unterscheiden. — Meine Analysen des Spiriferensandsteins *) weisen nach, daß alle Schichten desselben, und zwar sowohl Schiefer als Sandsteine einen größeren oder geringeren Antheil an Kohlenstoff enthalten und habe ich dieselbe Erklärung für die Anwesenheit desselben gegeben, wie sie Ludwig anführt.

Es kann daher auch keineswegs auffallen, wenn wir an einzelnen Punkten eine größere Concentration dieses Kohlenstoffs finden, zumal dieselben nirgends eine größere Ausdehnung gewinnt.

Eine solche Kohlenstoff-Concentration in diesen Schiefen hat aber eine größere Vertheilung der die letzteren konstituierenden Mineralien bewirkt und dieselben der Zersetzung durch atmosphärische Gewässer meist zugänglicher gemacht. Wir finden daher in der Gegenwart solche Schichten durchgehends verwitterter, als die reinen Schiefer und dadurch auch hauptsächlich geeignet für die Circulation der eindringenden atmosphärischen Niederschläge.

Daß die Entstehung dieser Schichten auch die Bildung von Schwefeleisen begünstigte, ist natürlich, allein es ist mir nirgends und zwar am allerwenigsten bei den Emser kohlenstoffreichen Schiefen ein Punkt bekannt, der eine so massenhafte Anhäufung von Schwefeleisen enthielte, wie sie Ludwig zur Stütze seiner Hypothese bedarf.

*) Der Spiriferensandstein und seine Metamorphosen von G. Herget. Wiesbaden bei Kreidel 1863. S. 17.

Namentlich ist es mir nicht möglich gewesen, die von ihm angeführten Mineralien, wie Gyps, Alaun und Misy in irgend erheblicher Menge in der Nähe dieser Schichten aufzufinden.

Wir wollen aber gleich hier erwähnen, daß das Auswittern solcher verhältnißmäßig leicht löslichen Zerlegungsprodukte von den Thermalquellen nicht unberührt bleiben könnte und daß wir auf alle Fälle eine sehr große Quantität von schwefelsauren Salzen in denselben finden müßten. Die Schwefelsäure ist aber gerade der Bestandtheil, der in dem Emser Mineralwasser nur sehr untergeordnet enthalten ist.

Das zweite oben erwähnte Vorkommen, welches wir für die Durchführung unserer Ansicht hauptsächlich bedürfen, ist das Auftreten eines erzführenden Quarzganges, welcher in seinem ganzen Vorkommen den zahlreich bekannten Erzgängen des Lahnrevieres vollkommen analog ist. Die Anführung desselben durch Ludwig läßt uns vorerst von der weiteren Betrachtung desselben absehen.

Die Zahl der zu Ems entspringenden heißen Quellen ist eine sehr große, die von den einzelnen gelieferte Wassermenge aber eine sehr verschiedene.

Aller Wahrscheinlichkeit nach liegt aber der Hauptausfluß nicht am Fuße des sogenannten Bäderberges, an welcher Stelle beinahe 20 Mündungen gefaßt sind, sondern am linken Lahnufer und zum Theil im Flußbett derselben.

Während nämlich nach Ludwigs Tabelle die Quellen der rechten Lahnseite zusammen circa 16,000 C. pro 24 Stunden liefern, gibt die sogenannte neue Quelle auf dem linken Lahnufer allein mindestens ebensoviel, während der dicht dabei im Flußbett der Lahn gefaßte und unter dem Namen „das Pferdebad“ bekannte Quellencomplex eine vielleicht noch größere Wassermenge zu Tage fördert.

Die Art und Weise des direkten Ausflusses ist leider nur bei wenigen Quellen bekannt. Während aber die älteren Nachrichten darin übereinstimmen, daß mehrere Quellen aus Spalten kommen, die die Gesteinsschichten quer durchschneiden, entströmen

andere nachweislich Schichtungsflüsten und zwar zum Theil den erwähnten sogenannten Maunshieferschichten.

Hierhin gehört hauptsächlich die in der neuesten Zeit aufgefundene und gefaßte Felsenquelle hinter dem Roffauer Hof.

Unrichtig ist aber die Beobachtung, welche Ludweg gerade an dieser Quelle gemacht hat, und die wohl die Hauptveranlassung zu der schon früher von ihm aufgestellten Hypothese über die Wärmeursache der Emser Quellen geworden ist, nämlich daß die Wasser derselben von oben herabströmten.

Bei dem ersten Auffinden dieser Quelle traten allerdings die Wasser aus der Decke des Fundstollens, sodaß es den Anschein haben konnte, als ob die Quelle überhaupt keine aufsteigende sei. Die weiteren Arbeiten haben aber entschieden das Gegentheil bewiesen.

Der Fundstollen steht nämlich im Liegenden dieser Maunshieferschicht und mußte daher dieselbe auch zuerst mit der Decke berühren, wie dies auch in der von Ludwig beigelegten Zeichnung deutlich ersichtlich ist. Als aber weitere Arbeiten die Quellspalte weiter entblösten, da wurde auch der Ausflusppunkt herabgezogen und die Erkenntniß dieser Thatsache beschränkte alle weiteren Aufschlüsse sehr rasch, um nicht durch dieselben an der Höhe des für die Lokalverhältnisse von Ems so wichtigen Gefälles zu verlieren.

Wie in dem Quantum des gelieferten Wassers, so unterscheiden sich auch die Quellen in Bezug auf ihre Temperatur, die unter einander sehr bedeutend abweicht. Während als die niedrigste Temperatur der gefaßten Quellen die der sogenannten kühlen mit $23,8^{\circ}$ C. angesehen werden kann, steigt dieselbe bei der Quelle des Rondel auf $55,0^{\circ}$ C. und besitzen alle andern verschiedene dazwischen liegende Temperaturgrade. Es sind zwar außer diesen noch mehrfach Mineralquellen beim Fundamentgraben des Kurjaales, sowie der Gebäulichkeiten auf dem linken Lahnufer angetroffen worden, die eine sehr niedrige Temperatur zeigten und als „kalte Säuerlinge“ in den verschiedenen Schriften aufgeführt werden. Da jedoch an diesen Punkten die

eigentlichen Quellenmündungen von Geröllablagerungen überdeckt, und letztere von den Lahnwassern durchdrungen sind, so läßt sich mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, daß diese kalten Mineralwasser nur das Produkt der Vermischung heißer Quellwasser mit gewöhnlichem Flußwasser waren. Leider existiren von diesen sogenannten kalten Säuerlingen keine analytischen Untersuchungen, um über die Beschaffenheit derselben ein endgültiges Urtheil fällen zu können.

Was dagegen die Analysen der Thermalquellen betrifft, so steht uns zwar auch hier eine im Verhältniß zu der großen Anzahl der vorhandenen Quellen nur kleine Anzahl zu Gebote; dieselben entsprechen aber so vollkommen allen Anforderungen der Wissenschaft, daß sie für eine Untersuchung, wie die vorliegende, die Hauptgrundlage abgeben müssen.

Es sind dies die 1851 veröffentlichten Analysen von Fresenius, welche die neue Quelle am linken Lahnufer, den Kesselbrunnen, Fürstenbrunnen und Krähnchen am rechten, mithin die für die Badeindustrie wichtigsten Quellen umfassen, sowie ferner eine 1861 von Dr. Mohr veröffentlichte Untersuchung der Felsenquelle hinter dem Nassauer Hof. *)

*) Die Felsenquelle zu Bad-Ems physik.-chem. untersucht von Dr. Mohr. Ems 1862 bei G. Heil.

Da diese Analyse noch weniger bekannt sein dürfte, so lassen wir sie hier folgen, wobei I. die Resultate von Mohr, II. dagegen dieselben umgerechnet nach der von Fresenius befolgten Art der Berechnung angibt.

Temperatur der Quelle 40,5° C. 1000 Theile Wasser enthielten:

	I.	II.
Kohlensaures Natron	1,3265	1,3454
" Kali	0,0238	—
Chlornatrium	0,9782	0,9782
Schwefelsaures Natron . . .	0,0719	0,0473
" Kali	—	0,0301
Kohlensaure Kalkerde . . .	0,1520	0,1520
" Magnesia	0,0946	0,0946
Kohlensaures Eisenoxydul .	—	0,0050

Diese Analysen zeigen bei der ersten Betrachtung in Bezug auf die gelösten Bestandtheile eine überaus große Uebereinstimmung. Betrachten wir nämlich die bei einer jeden Quelle gefundene Menge der festen Bestandtheile als ein Ganzes und berechnen die einzelnen Verbindungen in Procenten, so ergeben sich folgende Zahlen:

100 Theile der gelösten Substanzen enthalten:

	neue Quelle	Kessel- brunnen	Fürsten- brunnen	Krähn- chen	Felsen- quelle
Kohlensaure Kalkerde	5,68	5,85	5,68	5,80	5,57
„ Magnesia	4,88	4,40	4,67	4,81	3,47
Kohlensaures Eisenorydul	0,08	0,09	0,07	0,05	0,18
„ Manganorydul	0,04	0,01	0,02	0,02	—
„ Natron	51,85	49,98	50,85	50,82	49,39
Chlornatrium	33,18	36,11	34,82	34,34	35,90
Schwefelsaures Natron	0,49	0,03	0,71	0,67	1,73
„ Kali	1,99	1,82	1,39	1,59	1,10
Phosphorsaure Thonerde	0,05	0,04	0,01	0,01	0,45
Kiesel säure	1,72	1,69	1,73	1,84	2,16

Noch auffallender tritt diese Thatsache hervor, wenn wir die kohlensauren Erden einerseits und die Salze der Alkalien andererseits zusammenfassen. Die Summe der festen Bestandtheile enthält nämlich

	neue Quelle	Kessel- brunnen	Fürsten- brunnen	Krähn- chen	Felsen- quelle
Kohlensaure Erden	10,68	10,35	10,44	10,68	9,22
Alkalisalze	87,51	87,94	87,77	87,42	88,12

Diese Uebereinstimmung ist eine so große, daß die meisten der Abweichungen innerhalb der Grenzen liegen, welche durch die bei der Analyse möglichen Beobachtungsfehler gebildet werden

	I.	II.
Eisenoryd	0,0035	—
Thonerde	0,0125	0,0125
Kiesel säure	0,0590	0,0590
Summa	2,7220	2,7241

Etwas verschieden ist dagegen die Quantität, in welcher diese festen Bestandtheile als ein Ganzes beobachtet im Wasser gelöst sind.

Nehmen wir die Quelle, welche von den obigen fünf am wenigsten enthält, das Krähnchen, als Grundlage und berechnen wieder auf 100 Theile, so enthalten die andern in folgenden Verhältnissen:

	Krähn- chen	Felsen- quelle	Kessel- brunnen	Fürsten- brunnen	Neue Quelle
Fire Bestandtheile . . .	100	101,4	104,3	105,1	106,1
Temperatur der Quelle .	29,5 ⁰	40,5 ⁰	46,25 ⁰	35,25 ⁰	47,5 ⁰

Mit Berücksichtigung der Thatsache, daß der Gehalt an festen Bestandtheilen an und für sich ein nur geringer ist (das Krähnchen enthält in 1000 Theilen Wasser nur 2,68565 Theile), werden diese Zahlenunterschiede sehr unbedeutend und es läßt sich wohl mit absoluter Sicherheit annehmen, daß der Heerd der Mineralwasserbildung für alle Quellen ein und derselbe ist und daß die Einwirkung der atmosphärischen Gewässer auf die Gesteinschichten, welche sie durchdringen, und die dadurch bedingten chemischen Zersetzungen eine durchaus konstante ist.

Gleiche Resultate erhalten wir auch bei der Betrachtung der Kohlensäure. Die geringen Unterschiede finden aber hier außerdem ihre Erklärung in dem Umstande, daß die Zunahme der Kohlensäure im umgekehrten Verhältnisse zu der Temperatur steht und der kleinere Gehalt in den heißeren Wassern von der geringeren Disposition derselben zur Aufnahme der Kohlensäure liegt.

Wenden wir uns nun zur Untersuchung der Ursachen, welche diesen Mineralwassern ihre charakteristischen Eigenschaften verleihen, so wird die Betrachtung in zwei besondere Abschnitte zerfallen müssen und zwar in die Erörterung der Quellenbildung selbst und der damit zusammenhängenden hohen Temperatur; und zweitens in die Aufsuchung der Prozesse, welche dem Wasser die festen Bestandtheile und zwar in den Verhältnissen, wie sie die Analyse nachweist, zuführen.

In Bezug auf die Bildung der Quellen überhaupt und die hohe Temperatur der Wasser haben wir uns nunmehr mit zwei sehr verschiedenen Ansichten zu befassen.

Während die ältere und allgemeiner verbreitete die Quellen als aufsteigende ansieht und sonach voraussetzt, daß die Quellwasser aus Tiefen entspringen, in denen sie vermöge der zunehmenden Wärme des Erdinnern eine erhöhte Temperatur sich aneigneten; nimmt H. Ludwig an, daß die Emserquellen gewöhnliche Gebirgsquellen seien, deren Wasser nicht unter den Ausflußpunkt eindringen und daß die erhöhte Temperatur das Produkt eines chemischen Processes innerhalb der Gesteinsschichten sei.

Der Umstand, daß das Thal der Lahn die Streichungslinie der Gesteinsschichten in der Umgebung der Quellenmündungen fast unter einem rechten Winkel schneidet und alle Schichtungsflüfte daher nach der Thalseite zu geöffnet sind, läßt es zwar auf den ersten Blick hin wahrscheinlich erscheinen, daß die in die stark geneigten Gesteinsschichten eindringenden atmosphärischen Niederschläge auf der Thalsohle wieder zum Vorschein kämen. Das Terrain, welches auf diese Weise zur Ansammlung der atmosphärischen Wasser an der Erdoberfläche den Quellen zur Verfügung stände, kann aber nur ein sehr kleines sein, wie die geognostischen Verhältnisse der nächsten Umgebung der Quellen zeigen und zwar um so mehr wenn wir das von Ludwig mit seinen Sättel und Mulden entworfene Profil adoptirten. Das hierbei in Frage stehende im Süden von der Lahn begrenzte Gebirgsplateau wird im Westen von dem Thal der Emsbach, und im Osten von einer dritten Thalbildung eingeschlossen, an deren Einmündung in das Lahnthal eben diese Quellenmündungen ihren Sitz haben.

Alle Schichten, welche diesen Rücken bilden, fallen unter Winkeln von 45—60° ein und zwar der Hauptsache nach nach Osten, d. h. wie schon bemerkt von der Höhe des Plateaus nach der Seite hin, an welcher die Quellen zu Tage treten. Die Wasseransammlungen für die letzteren können bei der obigen Annahme

daher auch nur auf dieser Höhe gesucht werden innerhalb eines durch die Streichungslinie der Gesteinsschichten, dem Fallen derselben und die Ausdehnung, welche die Quellen am Fuße des Bergrückens einnehmen, begrenzten Landstriches.

Nun werden aber außerdem die betreffenden Schichten in der Mitte und an der westlichen Seite des Bäderberges von zwei sehr bedeutenden, durch Bergbau aufgeschlossenen Gangspalten quer durchschnitten, welche jedenfalls den größten Theil der auf dieser Seite in die Gesteinsschichten eindringenden Gewässer in sich aufnehmen und größeren Tiefen zuführen. Dieses zeigt sich um so deutlicher dadurch, daß in dem ganzen Bereiche dieser Gangspalten weder im Lahnthal noch auch in dem der Emsbach eine kontinuierlich fließende Quelle vorkommt. Bringen wir aber diese Verhältnisse in Vergleich mit der Wassermenge, welche die Thermalquellen liefern und die wir mindestens auf 70000 C.=F. pro 24 Stunden annehmen können und berücksichtigen wir ferner, daß die vielen vorhandenen offenen Schichtungsklüfte einen sehr raschen Wasserlauf bedingen, so erscheint es doch sehr zweifelhaft ob das bezeichnete durch das Einfallen der Schichten und bekannte Gangspalten begrenzte Terrain diese Wassermenge so konstant zu liefern vermögte, wie es wirklich der Fall ist.

Was aber die Erwärmung der atmosphärischen Wasser innerhalb der Schichten durch chemische Prozesse anlangt, so dürfte die Erklärung eines solchen Vorganges noch größere Schwierigkeiten haben.

Die Zusammenstellung dieser Wärme mit einem Oxydationsproceß innerhalb der oben erwähnten sogenannten Maunshiefer-schichten nöthigt uns dieselben einer eingehenderen Betrachtung zu unterwerfen.

Alle Schichten des Spiriferensandsteins enthalten wie erwähnt einen kleinen Antheil an Kohlenstoff, wenn auch meistens in einem sehr geringen Maße. So enthält der Sandstein von Ems, welchem auch die Thermalquellen entspringen. *), den-

*) Der Spiriferensandstein und seine Metamorphosen. S. 7 und 8.

selben nur in Spuren und ein in der Nähe anstehender Schiefer nur 0,02 % und selten steigt der Gehalt im ganzen Gestein auf einige Procente; dagegen findet sich mitunter auf den Schichtungsflächen der Schiefer eine Concentration des Kohlenstoffes, so daß diese Gesteine ein graphitartiges Aeußere besitzen. Dieselben unterscheiden sich aber auch in diesem Falle in Bezug auf ihre sonstige chemische Constitution nicht von dem normalen Spiriferensandstein, den wir später betrachten werden.

Wir haben nun das Freiwerden der Wärme entweder in einer Drydation des Kohlenstoffes oder der von Schwefelmetallen zu suchen. Wollten wir aber auch für den letzteren Fall zugeben, daß im Innern dieser Gesteinschichten und namentlich der Maun-schiefer bedeutende Schwefelkiesanhäufungen vorhanden seien, was nach analogen Fällen zu urtheilen kaum denkbar ist, so weist doch die Betrachtung der Analysen der Thermalwasser sofort diesen Fall zurück, indem eine solche Drydation natürlich auch das Produkt derselben, die Schwefelsäure, dem Wasser zugeführt haben müßte. Der ganze Gehalt an Schwefelsäure beträgt aber in der daran reichsten Felsenquelle in 1000 Theilen Wasser nur 0,0405 Theile, und wenn wir auch annehmen können, daß ein Theil derselben in unlöslichen Verbindungen im Innern des Gesteins verblieben sei, so kann dieser doch nur so gering sein, daß an einen Einfluß auf die Temperatur des Wassers in dem vorhandenen Umfange nicht wohl gedacht werden kann. Es bleibt uns daher nur die Annahme, daß die erhöhte Temperatur der Thermen von der Drydation des in dem Spiriferensandstein enthaltenen Kohlenstoffes herrühre und daß das Produkt derselben, die gasförmige Kohlen-säure, theils im Wasser gelöst werde, theils frei ausströme. Da mit einer solchen Ansicht gleichzeitig zwei Punkte erledigt sein würden, deren Erforschung bisher am meisten Schwierigkeit verursacht hat, nämlich außer der Bildung der Thermalquellen auch die Entstehung vieler Kohlen-säureexhalationen, so würde der Beweis der Richtigkeit einer solchen Annahme gewiß von großer Bedeutung sein.

Mehrfache Beobachtungen zeigen aber, daß im vorliegenden

Fälle ein solcher Proceß nur sehr geringe Wahrscheinlichkeit für sich hat. Wie die Untersuchung der Zersetzungsproceße, welche der Spiriferensandstein erleidet, gezeigt hat *), findet allerdings mehrfach eine Drydation der vorhandenen Kohle statt, allein nicht in einer Weise, wie es zur Erwärmung der großen Wassermassen nöthig sein würde. Das Verschwinden des Kohlenstoffs findet sich nämlich nur in solchen Schichten, die an und für sich so arm daran sind, daß eine wahrnehmbare Temperaturerhöhung der die Gesteinsschichten durchdringenden Gewässer nicht dadurch veranlaßt werden kann. Wo dagegen die Spiriferensandsteinschichten einen größeren Gehalt besitzen, da ist derselbe der Drydation fast gar nicht unterworfen und schützt auch außerdem meistentheils die das Gestein bildenden übrigen Mineralien vor Zersetzung. So zeichnen sich z. B. im Allgemeinen diejenigen Schieferschichten des Spiriferensandsteins, welche zu Dachschiefern verwendet werden, durch einen höheren Kohlenstoffgehalt und eine dadurch bedingte schwarze Farbe aus. Ihr technischer Werth, der auf dem Widerstand beruht, welchen diese Schiefer den atmosphärischen Einflüssen entgegenstellen, hängt aber gerade von der helleren oder dunkleren Farbe derselben ab und wenn in einem Falle, wo das Gestein, wie diese Dachschiefer, unter den günstigsten Verhältnissen dem Einflusse der Atmosphären ausgesetzt wird, gerade durch diesen höheren Kohlenstoffgehalt geschützt erscheint, dann läßt sich nicht wohl einsehen, in welcher Weise die atmosphärischen Gewässer innerhalb der Gesteinsschichten eine solch lebhafte Drydation bewirken sollten.

Ein weiterer Fall, welcher aber auch zeigt, daß in Schichten, die einen außergewöhnlich hohen Kohlenstoffgehalt zeigen, trotz der vollständigen Verwitterung des eigentlichen Gesteins die Kohle erhalten bleiben kann, ist folgender. In der Gemarkung Dornbach, Amts Montabaur, wurde beim Schürfen nach Brauneisenstein zwischen den Schichten eines sehr verwitterten Spiriferensandsteins

*) Der Spiriferensandstein und seine Metamorphosen. S. 55.

eine an Kohlenstoff so reiche, mehrere Zoll mächtige Schicht aufgefunden, daß dieselbe als Graphit angesehen und mehrfach benutzt worden ist. Die von Casselmann ausgeführte chemische Untersuchung hat gezeigt, daß dieser sogenannte Graphit ein plastischer Thon ist, der in verschiedenem Grade und zwar bis zu 50% Kohle beigemengt enthält, während die geognostischen und mineralogischen Verhältnisse unzweifelhaft dafür sprechen, daß dieses Vorkommen ursprünglich mit den erwähnten sogenannten Maunschieferschichten identisch, von der Zersetzung aber so weit ergriffen war, daß von den Gemengtheilen des Spiriferensandsteins nur die Thonerde-Silikate und eben der Kohlenstoff zurückgeblieben waren. Da uns die weiter unten folgende Betrachtung der chemischen Veränderungen des Spiriferensandsteins zeigen wird, daß in dem vorliegenden Falle von den atmosphärischen Gewässern dieselben Zersetzungsproducte weggeführt wurden, wie sie die Mineralquellen zeigen, so läßt sich wiederum nicht denken, daß bei den letzteren der Kohlenstoff mehr alterirt werden sollte, als an anderen der Beobachtung zugänglichen Orten.

Wollten wir aber auch von allen diesen analogen Fällen abstrahiren und für die Emser Quellen eine andere Zersetzung der kohlenstoffreicheren Schichten annehmen, so müssen wir berücksichtigen, daß die Mächtigkeit der letzteren eine nur sehr geringe und daher der Kohlenstoffvorrath um so weniger ausreichend erscheinen kann, als die andere Annahme Ludwigs den ganzen Proceß nur über der Thalsohle vor sich gehen läßt.

Fügen wir die an das kohlen saure Natron gebundene Kohlen säure der freien und halb gebundenen hinzu, was später gerechtfertigt erscheinen wird, so enthält ein Litre des Emser Wassers durchschnittlich 2,23312 Grs. Kohlen säure und das täglich vom Wasser gelieferte Quantum beträgt demnach 8440 Pfd., wobei wir natürlich diejenige Menge noch gar nicht berücksichtigen, die frei entweicht. Um eine solche Menge Kohlen säure zu liefern, müssen aber täglich 2302 Pfd. Kohle verbrennen oder jährlich 840230 Pfd. Nehmen wir die ganze Mächtigkeit der fraglichen Maunschieferschichten zu 2', ihre Höhe von der Thalsohle bis

zum Ausgehenden auf dem Gebirgsplateau zu durchschnittlich 1000', das Gewicht eines Cubikfußes zu 140 Pfd. und den Gehalt an Kohlenstoff zu 30%, Zahlen die in keinem Fall zu niedrig gegriffen sein werden, so müssen jedes Jahr 10 C.' dieser Schieferfschichten ihres Kohlengehaltes beraubt werden und würde die kurze Zeit von 2000 Jahren, soweit etwa die historischen Nachrichten von dem Vorhandensein der Emser Quellen zurückgehen, ausreichend sein die Kohle jener Schichten auf die Entfernung von fast einer Meile zu absorbiren.

Wir brauchen nicht erst anzuführen, daß diese Schichten in ihrem Fortstreichen so vielfach gestört und namentlich von zahlreichen Thalbildungen unterbrochen werden, um das Unhaltbare der Ansicht darzuthun, welche den Heerd der Kohlensäurebildung und der erhöhten Temperatur der Quellenwasser in jene unbedeutende Schieferfschichten verlegt.

Ludwig hat diesen Vorgang ebenfalls zu einer Rechnung benutzt und ist dabei zu dem Resultate gekommen, daß innerhalb der letzten 63 Jahre eine Schicht von 10 Meter Dicke und 75 Meter Länge und Breite nöthig gewesen sei, um allein die Quellwasser der rechten Lahnseite zu der Temperatur zu erhitzen, die sie zeigen. Reduciren wir die Mächtigkeit einer solchen Schicht auf die wirklich vorhandene von 0,6 Meter, so müssen schon 9375 □ M. oder bei der Höhe der Schicht vom Ausgehenden bis zur Thalsohle von 300 M. 310 laufende Meter (= 1000 l') verbraucht worden sein, und dazu kommt noch, daß die von Ludwig in die Rechnung gezogene Wassermenge noch nicht den dritten Theil der wirklich ausströmenden umfaßt. Ludwig hat die Unhaltbarkeit dieser Ansicht dadurch aufzuheben gesucht, daß er die jetzige hohe Wärme als ein Product der neueren Zeit hinzustellen und nachzuweisen sucht, daß in früherer Zeit die Temperatur eine erheblich niedrigere gewesen sei.

Das einzige, was sich aber mit Sicherheit anführen läßt, ist der Umstand, daß in früherer Zeit ohne vorherige Abkühlung des Wassers gebadet worden ist. Wenn wir aber bedenken, daß in früherer Zeit zu Ems in großen Gesellschaftsbädern gebadet

wurde, während auch das noch uneingeschränkte Flußbett der Lahn die jedenfalls mangelhaft gefaßten Quellwasser mit dem Wasser der ersteren in Berührung brachte, so schwindet auch jede Wahrscheinlichkeit einer größeren Veränderlichkeit der Temperatur während der historischen Zeit.

Die Bewohner von Ems aber können vorerst darüber beruhigt sein, daß die Existenz ihrer Heilquellen auf so schwachen Grundlagen basirt sein soll oder sich von den Anhängern dieser Theorie damit trösten lassen, daß die rheinischen Steinkohlensflöze glücklicherweise mehr Material, als die Emser Maunschiefer enthalten und somit nach dem Ausbrennen der letzteren noch eine Reihe von Jahren eine wirksame Nachhülfe für die verloren gehende Wärme der jetzigen Thermalquellen bieten werden.

Wenden wir uns nun der Annahme zu, welche die erhöhte Temperatur mit der unbestrittenen Thatsache der nach dem Innern hin zunehmenden Erdwärme in Verbindung bringt, und sonach voraussetzt, daß die Emser Quellen sogenannte aufsteigende seien, so wird es zunächst nothwendig sein zu untersuchen, ob die geognostischen Verhältnisse der Umgebung von Ems die Bildung solcher aufsteigenden Quellen möglich erscheinen läßt. Geschichtete Gesteine wie der Spiriferensandstein zu Ems, setzen für die Bildung aufsteigender Quellen entweder muldenförmige Ablagerungen oder die Schichten quer durchsetzende Spalten voraus. Da aber Muldenbildungen in solch ausgedehnter Weise, wie es im vorliegenden Falle nöthig sein würde, sich nicht annehmen lassen, so bleibt uns nur der Nachweis einer Quellenpalte, die weit in das Erdinnere hereinreichend nicht nur die Schichtungsflüfte unter mehr oder weniger großen Winkeln schneidet und so alle Wasser, die auf den letzteren bis unter die Erdoberfläche niedergehen, aufnimmt, sondern vielleicht auch wieder mit anderen Gangspalten communicirend einen Quellenapparat darstellt, wie er für die ausgedehnten Emser Thermalquellen nothwendig erscheint.

Ueberall wo sich ein Vorgang so wie im vorliegenden Falle der directen Beobachtung und Beweisführung entzieht, wird die Aufstellung einer Hypothese um so mehr für sich haben, wenn

es möglich ist derselben durch eine Reihe analoger und der Beobachtung zugänglicher Fälle Stützpunkte zu verschaffen. Dieses ist aber für die Verhältnisse zu Ems hinreichend gestattet.

Wie schon oben erwähnt wurde, wird der Gebirgsrücken, an dessen südöstlicher Spitze die Thermalquellen entspringen, im Westen begrenzt von einer Thalbildung, welche sich von Dorf Ems in einer fast von Süden nach Norden laufenden Richtung über Arzbach hin erstreckt. Nahezu parallel mit dieser Thalbildung läuft aber auch die Hauptstreichungslinie des Emser Erzgangzuges und gehen die erzführenden Mittel desselben in der oberen Höhe des östlichen Thalgehänges zu Tage aus, wo sie in dieser oberen Tälte meistentheils aus kompaktem festem Quarze bestehen. In dieses Arzbacher Thal münden aber außerdem noch eine Reihe Seitenthäler, welche von der Höhe des mehr erwähnten Plateau's sich herabziehend die Gangbildungen durchschneiden. Nun hat aber die Erfahrung bei dem Bergbau ergeben, daß ein directer Zusammenhang zwischen den Spaltenbildungen in der Erde und der Gestaltung der Oberfläche besteht, indem nur da Erzmittel aufsetzen, wo das Thalgehänge geschlossene Bergrücken bildet, während unter den Thaleinsenkungen die Spalten taub sind oder sich Klüfte hinziehen, die den erzführenden Gang verwerfen *).

Die Erklärung dieser Erscheinung ist nicht schwer. Die Gestaltung der Erdoberfläche in der Umgegend von Ems in der Gegenwart ist hervorgegangen aus der allmäligen Auswaschung des Rheinthales, welches wieder das Einschneiden der Lahn mit allen ihren Seitenthälern zur Folge hatte. Wenn wir nun den regellosen Wechsel von schieferigen und sandigen Schichten des Spiriferensandsteins und die sehr verschiedene Fähigkeit der Verwitterung derselben berücksichtigen, so würde es zunächst gerechtfertigt erscheinen, wenn die Thalbildungen im Allgemeinen den leicht verwitterbaren Schichten gefolgt und sonach auch die Strei-

*) S. Beschreibung der im Herzogthum Nassau an der unteren Lahn und dem Rhein aufsetzenden Erzgänge von Fr. Wendenbach in *Oberheim*, Berg- und Hüttenwesen des Herzogthums Nassau. S. I. S. 111.

chungslinie solcher Schichten eingehalten hätten. Dem ist aber nicht so, denn mit verhältnißmäßig sehr wenig Ausnahmen haben die Gewässer die Schichten unter ziemlich großen Winkeln durchschnitten. Die Erosion muß daher beim Beginn der Thalbildungen andere Anhaltspunkte gefunden haben und diese waren geboten in den die Gesteinsschichten nach allen Richtungen hin durchkreuzenden Spalten, durch welche dem Wasser gleichzeitig der Eintritt in das Gesteinsinnere geboten und dadurch die angrenzenden Schichten der Verwitterung und Zerstörung zugänglich gemacht wurden. Ein Theil dieser Spalten, wie die erwähnten Erzgänge, hat aber lange vor Beginn der Thalbildungen wieder eine theilweise Ausfüllung erhalten, sodaß diese hauptsächlich aus Quarz bestehenden Gangspalten der Erosion größeren Widerstand leisten mußten. Hierdurch kommt es denn, daß diese Erzgangstücke mit den angrenzenden Gesteinsschichten heutigen Tages die Gebirgsrücken bilden, während die erwähnten Täler den offenen oder doch dem Wasser weit zugänglicheren Klüften folgten.

Für die Lage des Arzbacher Thales ist außerdem noch maßgebend, daß das Hangende des betreffenden Gangzuges aus einem sehr festen Sandstein, das Liegende aus Schiefer besteht, der der Verwitterung und dem Zerfallen sehr stark unterworfen ist. Dieser Umstand bedingt nämlich, daß die Sohle des Thales nicht mit der Gangspalte selbst übereinstimmt, sondern weiter nach Westen in diese Schiefer-schichten gerückt und dadurch auch das Vorhandensein eines sehr wasserreichen Baches ermöglicht ist.

Diese Uebereinstimmung der beim Bergbau in der Erde angetroffenen Verhältnisse mit der Gestaltung der Erdoberfläche beschränkt sich aber nicht allein auf den beschriebenen Fall, sondern ist auch in gleicher Weise auf dem linken Lahnuser auf der Fortsetzung des Gangzuges zwischen Ems und Braubach nachgewiesen.

Uebertragen wir nun diese auf dem Westabhang des fraglichen Gebirgsrückens gefundenen Verhältnisse auf den östlichen, so finden wir in vieler Beziehung Uebereinstimmung. Auch hier wird dasselbe begrenzt von einer Thalbildung, die der des Arzbacher Thales nahezu parallel läuft, indem sie südlich von Welsch-

neudorf beginnend sich nach der Lahn herabzieht. Die Einmündung in das Lahnthal ist jedoch verschieden von dem Arzbacher Thal, indem sie sich in zwei Aeste spaltet, von denen der eine bei Ems, der zweite bei Dausenau auf das Lahnthal trifft und welche die sogenannte Bäderley zwischen sich einschließen. Ein wesentlicher Unterschied dieses Thales gegen das von Arzbach liegt aber darin, daß es mit Ausschluß der beiden steil nach der Lahn hin abfallenden Zweige mit seinem ganzen oberen Theil in einem weit höheren Niveau liegt und die Erosion hier bedeutend im Rückstand geblieben ist. Diese Erscheinung erklärt sich aber dadurch, daß dieser obere Theil im Vergleich zu dem Arzbacher Thal sehr wasserarm ist, indem derselbe von der westlichen Seite fast gar keine continuirlich fließenden Gewässer erhält, weshalb auch die von den östlichen Höhen, auf denen Zimmerschied und Hömberg liegen, kommenden Bäche eine weit größere Auswaschung und dadurch eine Verlegung der Hauptthalmündung weiter nach Osten d. h. nach Dausenau bewirkt haben. Es läßt sich daher auch annehmen, daß der größere Theil der sich auf dem fast vollständig bewaldeten Plateau sammelnden Gewässer Gelegenheit findet in den Boden mehr als gewöhnlich zu versinken und zwar in ähnlicher Weise, wie auf dem westlichen Abhang, wo, wie wir gesehen haben, die Quellenbildung in der Thalsohle durch die Gangspalten verhindert worden. Fügen wir nun diesen Verhältnissen die oben angeführte Thatsache hinzu, daß an dem Punkte, wo die Quellen entspringen, Gangspalten aufgeschlossen worden sind, die mit Quarz und selbst den für die Gangvorkommen der Umgegend so charakteristischen Mineralien, wie Bleiglanz und Blende ausgefüllt waren, so wird es mehr als wahrscheinlich, daß die sämtlichen Thermalquellen einer mit den Erzgängen ganz analogen Gangspalte entströmen. Daß die Quellenmündungen aber nicht alle auf der Streichungslinie dieser Spalte, sondern in einer Richtung, die fast rechtwinklig zu dieser steht, auf einem über 500' breiten Terrain zu Tage treten, das findet seine Erklärung darin, daß der Gang gleich allen bekannten Erzgängen des Lahngbietes an seinem Ausgehenden mehr oder weniger zer-

trümmert erscheint und daß die Gesteinsschichten, welche von der Spalte durchschnitten werden, vielfache durch Ablösung oder Verwitterung entstandene Schichtungsklüfte besitzen, wie eben jene erwähnten Maunschieferschichten, die den aufsteigenden Gewässern von dem Kreuzpunkte mit der Gangspalte an einen offneren Weg darbieten, als die theilweise durch Quarz und anderen Gangarten verschlossenen Querspalten. So kommt es denn auch, daß ein Theil der Quellen, wie z. B. die schon besprochene Felsenquelle hinter dem Nassauer Hofe nachweislich aus einer Schichtungskluft entspringt.

Von dem Vorhandensein einer die Gesteinsschichten quer durchsetzenden Gangspalte war man namentlich in früherer Zeit so überzeugt, daß sich daraus schließen läßt, daß eine directere Beobachtung möglich gewesen ist, als heute zu Tage, wo fast alle bekannten Quellen gefast oder doch zugebaut sind. So nahm z. B. der verstorbene Bergmeister Horstmann an, daß die Streichungslinie der Quellsenpalte nicht mit der der Erzgänge parallel laufe, sondern dieselben in der Fortsetzung auf dem linken Lahnufer durchkreuze. Für die Beurtheilung dieser Ansicht steht uns zwar dormalen kein ausreichendes Material mehr zu Gebote, sie findet aber vielleicht eine Erklärung darin, daß der durch Bergbau aufgeschlossene Gangzug aus einer Reihe einzelner erzführender Mittel besteht, die alle ein von der Haupttrichtung abweichendes Streichen haben und daß das im Quellenterrain aufgeschlossene Gangstück ebenfalls ein solches Erzmittel darstellt.

Mag aber die Streichungslinie der Quellsenpalte eine geringe Abweichung von der normalen Richtung haben oder dem bekannten Erzgangzuge parallel laufen, so finden wir in beiden Fällen in ihrer Fortsetzung nach Norden geognostische Verhältnisse, die für die Quellenbildung vom entschiedensten Einflusse sein müssen. Es ist dies nämlich das Auftreten zweier Basaltkuppen, von denen die eine dicht bei Kemmenau, die zweite bei Welschneudorf zu Tage ausgeht und aller Wahrscheinlichkeit nach einen Basaltgang bezeichnen, dessen Haupttrichtung wiederum mit der der Quellsenpalte fast vollkommen übereinstimmt.

Der Zusammenhang beider Kuppen geht aber namentlich daraus hervor, daß die Verbindungslinie beider, die östliche Grenze des Gebirgrückens bildend, durch eine Reihe sehr hervorragender Gebirgskämme bezeichnet wird, die die Wasserscheiden zwischen dem Arzbacher Thal und dem von Welschneudorf bilden. Der Umstand aber, daß südlich von Kemmenau nach der Lahn hin kein Basaltvorkommen mehr bekannt ist, und namentlich das tief eingeschnittene Lahnthal denselben nicht bloßgelegt hat, zeigt daß die Kemmenauer Kuppe als die südlichste sich auskeilende Spitze des Basaltganges zu betrachten ist.

Bringen wir diesen Basaltgang mit der Quellspalte in Verbindung, so sind zwei Fälle möglich. Einmal ist es denkbar, daß der Basalt bei seinem keilförmigen Eindringen in die Schichten des Spiriferensandsteins die Quellspalte selbst aufgerissen habe und diese demnach die Fortsetzung der zwischen Basalt und geschichteten Gesteinen vorhandenen Ablösungskluft sei. Wir müßten dann annehmen, daß die Quellenwasser auf ein und derselben Spalte ein- und austräten und daß das Auf- und Absteigen der Gewässer in communicirenden Röhren stattfände, die in derselben Gangebene liegend durch eine theilweise Ausfüllung derselben gebildet würden.

Der zweite wahrscheinlichere Fall ist dagegen der, daß die Quellspalte unabhängig von der Ablösungskluft zwischen Basalt und Spiriferensandstein weiter nach Osten hin, aber parallel der ersteren, aufsetzt, also mehr nach der Sohle des Welschneudorfer Thales. Eine Verbindung würde aber dann zwischen diesen beiden Klüften nicht allein in der Tiefe an dem Kreuzpunkte beider, sondern auch in den höheren Niveaus durch die Schichtungsklüfte des dazwischenliegenden Spiriferensandsteinkeiles bestehen, welche letztere durch das Einfallen eine Neigung von dem Basalte nach der Quellspalte zu haben. Alle Gewässer, welche auf der zwischen dem Basalt und den geschichteten Gesteinen bestehenden Spalte niedergehen, wobei der Basalt als wasserdichte Schicht anzusehen ist, sowie auch die den Spiriferensandstein durchdringenden, würden daher schließlic der Quellspalte zugeführt werden und

umso mehr Gelegenheit finden auf dieser wieder in die Höhe zu steigen, als sie von einem höheren Niveau herabkommen. *)

Wir besitzen aber so eine für die Bildung aufsteigender Quellen und namentlich eines Quellencomplexes von etwas verschiedener Temperatur bei ziemlich gleichbleibender chemischer Beschaffenheit so günstig konstruirten Apparat, wie er kaum besser künstlich gebildet werden könnte.

Für diesen Fall nämlich, daß die eigentliche Quellspalte unabhängig von der Contactfläche des Basaltes mit den geschichteten Gesteinen bestehe, spricht ganz besonders das Auftreten des Erzganges innerhalb des Quellenterrains. Es läßt sich nämlich nicht anders annehmen, als daß dieser letztere in ganz gleicher Weise entstanden sei, wie die weiter westlich aufsetzenden dem Bergbau zugänglichen Erzlagerstätten. Diese sind aber ohne Zweifel älter, als der Basalt und durch das Eindringen desselben können möglicherweise die Störungen bewirkt worden sein, die diese Gänge erlitten haben und in Folge deren wieder die oben erwähnte Uebereinstimmung in der Bildung der Thäler mit den die Erzgänge verwerfenden Klüften hervorgerufen ist.

In gleicher Weise wie der bekante Erzgangzug ist daher auch die gesammte Quellspalte nicht als eine einzige anzusehen, sondern sie wird aus einer Reihe von einzelnen Stücken bestehen, die unter mehr oder weniger großen Winkeln aneinanderstoßen und abwechselnd eine mehr oder weniger kompakte Ausfüllungsmasse haben.

Wir können daher auch annehmen, daß die erwähnten Quarzgänge das Ausgehende eines Erzmittels seien, das über Tag durch die hinter dem Curhaus aufsteigende Bergkuppe charakterisirt wird, während die Quellen auf einer Spalte ohne Ausfüllung aufsteigen, die die Erzführung des Ganges unterbricht und über Tag von dem Bahnthal, das sie quer durchschneidet, angedeutet erscheint. Die Streichungslinie des Ganges trifft alsdann in ihrer Fort-

*) Die beigegebene Zeichnung giebt einen idealen Durchschnitt des Quellenterrains und bedarf keiner weiteren Erklärung.

setzung auf den Malberg am linken Ufer der Lahn und würde dieser Bergrücken wieder ein Erzmittel repräsentiren.

Die unter dem Lahnthal herstreichende Kluft vereinigt dann auch zwei für die Quellenbildung an dieser Stelle nöthigen Bedingungen, nämlich daß sie den aufsteigenden Gewässern durch ihre geringere Ausfüllung den Durchgang gestattet und daß sie außerdem durch das Thal der Lahn an einem tieferen Punkte aufgeschlossen worden ist, als irgend ein anderer Theil des letzten Gangzuges.

Bringen wir nun die Erscheinungen, welche die Thermalquellen zeigen mit diesem Quellenapparat in Verbindung, so bedarf hauptsächlich die verschiedene Temperatur der einzelnen Quellen bei fast ganz gleicher chemischer Beschaffenheit einer Erörterung.

Die Versuche über die Verhältnisse der Wärmezunahme nach dem Innern der Erde hin geben die Möglichkeit an die Hand, die Tiefe annähernd zu berechnen, bis zu der die Wasser einer Thermalquelle eindringen müssen. Wenden wir dies auf die verschiedenen Temperaturen der Emser Quellen an, so läßt sich auch einfach die Behauptung aufstellen, daß die kühleren Wasser aus geringeren Tiefen hervorkommen, was auch durch die Construction des Quellenapparates vollkommen ermöglicht ist. Wie wir oben gezeigt haben, findet nämlich eine Communication der beiden Hauptspalten nicht allein in ihrer Kreuzungslinie, sondern auch in höheren Teufen durch Schichtungsklüfte des dazwischen liegenden Spiriferensandsteins statt.

Diese Annahme wird noch in etwas dadurch unterstützt, daß bei den obigen untersuchten fünf Quellen eine gewisse Abhängigkeit zwischen der Temperatur und der Summe der gelösten festen Bestandtheile besteht, indem mit Ausnahme des Fürstenbrunnens mit dem Zunehmen der Temperatur auch der Gehalt an letzteren wächst. Außerdem, daß eine größere Wärme die chemischen Zersetzungsprocesse begünstigt, läßt sich diese Erscheinung auch dadurch erklären, daß die Temperatur eines Quellenwassers gleichzeitig das Maß für den von demselben zurückgelegten Weg abgibt, und sonach eine längere oder kürzere Einwirkung auf die

Gesteinswände befundet. — Daß hierbei Ausnahmen stattfinden können, ist natürlich, indem z. B. der Spiriferensandstein, wie bekannt, aus Gesteinen von sehr verschiedenem Gefüge und, wie wir sehen werden, aus etwas verschiedener chemischer Zusammensetzung besteht, die der Einwirkung der atmosphärischen Gewässer mehr oder minder großen Widerstand entgegenstellen.

Diese Abhängigkeit zwischen Temperatur und Gehalt der Quellen spricht auch gegen die Annahme, daß die geringere Wärme einzelner durch Verlust in oberen Teufen veranlaßt sei, ebenso wie die zu geringe Verschiedenheit und besonders die Uebereinstimmung in den einzelnen Salzen untereinander die Behauptung zurückweist, daß die Temperatur der kälteren Quellen durch Zufluß kälterer sogenannter Süßwasser hervorgerufen würde.

Eine auf vielfache Beobachtungen gegründete Thatsache scheint jedoch andererseits dagegen zu sprechen, daß die einzelnen Quellen aus verschiedenen Teufen entspringen und vielmehr eine directe Communication aller untereinander darthun. Es ist dies nämlich die Abhängigkeit der Wassermenge, welche die einzelnen Thermalquellen liefern, von dem höhern oder niederen Wasserstand der Lahn. Hierbei müssen wir aber berücksichtigen, daß der aufsteigende Schenkel des Heberapparates einer jeden Quelle nicht in einer einzelnen Röhre besteht, sondern daß eine größere Anzahl derselben in einer und derselben Spaltenebene durch theilweise Ausfüllung derselben gebildet werden. Da aber alle diese parallel neben einander liegenden Spalten von der Lahn durchschnitten werden, so fällt der größere Theil der Quellenmündungen in das Flussbett derselben und nur einige wenige auf das Ufer. — Die Mündungen dieses Hauptausflusses in der Lahn gestatten jedoch den großen Wassermassen nicht einen ungehinderten Austritt, sondern ihre Enge nöthigt einen Theil des Wassers, sich denselben in einem höheren Niveau zu suchen. Steigt aber das Flusswasser im Bette der Lahn und wird durch den größern Druck desselben der Ausfluß der Hauptquelle noch mehr erschwert, so fließen auch die am Ufer um so reichlicher.

Wenn Ludwig hierbei anführt, daß die Wasserzunahme der

Quellen bei steigendem Wasserstand der Lahn durchaus keine konstante sei, so müssen wir berücksichtigen, daß die Communication zwischen der Lahn und den einzelnen Kanälen eine sehr verschiedene ist und durch mancherlei zufällige Ursachen erleichtert oder erschwert werden kann. Sehr wohl wäre es denkbar, daß eine Druckzunahme im Flußbett der Lahn zunächst die zahlreich daselbst vorhandenen Gaserhalationen erschwere und die dadurch bedingten Gasansammlungen innerhalb der Gesteinsklüfte ein periodisch verstärktes Fließen der Quellen, aber in ganz unregelmäßigen Zeitabschnitten bewirke.

Wenden wir uns nunmehr dem zweiten Theile unserer Betrachtung zu, nämlich der Untersuchung der chemischen Prozesse, welche den Thermalwassern ihren Gehalt an fixen Bestandtheilen verschaffen, so werden wir auch hierin noch eine weitere Bestätigung der im vorstehenden entwickelten Ansichten finden, die um so mehr für sich hat, als sie zum größeren Theil dem Gebiet der Hypothese entrückt und auf unumstößliche analytische Resultate basiert ist.

Der im Vorhergehenden konstruirte Quellenapparat setzt voraus, daß die atmosphärischen Gewässer bei ihrem Eindringen in die Erde mit zwei sehr verschiedenen Gesteinen in Berührung kommen, nämlich dem Spiriferensandstein und dem Basalte. Alle fixen Bestandtheile müssen demnach auch aus diesen Gesteinschichten stammen und ist es daher vor Allem nothwendig die chemische Constitution derselben zu betrachten.

Der Spiriferensandstein besteht nach meinen Untersuchungen aus der Vereinigung dreier Mineralien resp. Mineralgruppen, die, durch ihr chemisches Verhalten scharf von einander getrennt, in allen Varietäten des Gesteins vorhanden sind. Dagegen ist das quantitative Verhältniß, in welchem sie an der Zusammensetzung des Gesteins Theil nehmen, ein sehr verschiedenes, je nachdem der Spiriferensandstein als Schiefer oder Sandstein auftritt. Diese drei Gemengtheile sind ein Bitterspath, sowie zwei Silikate, von denen das eine in Säuren löslich, das andere unlöslich ist. Wahrscheinlich ist es aber, daß die lösliche Verbind-

dung ein chloritähnliches Mineral ist oder neben anderen Silikaten ein solches enthält, während die unlösliche aus einem Gemenge von Feldspath, Glimmer und Quarz mit dem Zerlegungsprodukte der beiden ersteren, einem Kaolin, zu bestehen scheint. Da wir in dem sedimentären Spiriferensandstein nur das Produkt der mechanischen und chemischen Veränderung eines älteren Gesteines vor uns haben und die Gemengtheile des letzteren dieser Zerstörung sehr verschiedenen Widerstand entgegen setzen konnten, so kann es auch nicht auffallen bei verschiedener Struktur der einzelnen Gesteinsvarietäten eine etwas abweichende chemische Zusammensetzung zu finden. Um diese kennen zu lernen, führen wir hier die Zusammensetzung der drei verschiedenen Gemengtheile des Spiriferensandsteins an und zwar eines Schiefers und eines eigentlichen Sandsteins, die nicht nur im Allgemeinen charakteristisch für das ganze Gestein, sondern auch im vorliegenden Fall umso mehr zu beachten sind, als sie aus der nächsten Nähe von Ems stammen.

I. Bitterspath, von dem der Sandstein 8,225 %, der Schiefer 2,775 % enthält.

Derselbe enthält in 100 Theilen

	beim Sandstein	beim Schiefer
Kohlensaures Eisenorydul	32,84	33,05
Kohlensaure Kalkerde	48,55	46,42
Kohlensaure Magnesia	18,62	20,53

II. In Salzsäure lösliches Silikat, von dem der Sandstein 5,947 %, der Schiefer 25,683 % enthält. Es enthält in 100 Theilen

	beim Sandstein	beim Schiefer
Kieselsäure	32,15	27,57
Thonerde	17,76	26,59
Eisenorydul	15,14	19,96
Kalkerde	6,36	3,48
Magnesia	5,25	6,78
Kali (mit Spuren von Natron)	5,22	8,52
Wasser	13,93	5,95
Phosphorsäure	4,20	1,13

III. In Säuren unlösliches Silikat beträgt beim Sandstein 85,828 % beim Schiefer 71,507 % und enthält in 100 Theilen

	beim Sandstein	beim Schiefer
Kieselsäure . . .	89,10	77,73
Thonerde . . .	7,01	14,55
Eisenoryd . . .	0,30	0,89
Kalkerde . . .	0,44	0,49
Magnesia . . .	0,40	0,38
Kali . . .	1,36	1,07
Natron } . . .		1,43
Wasser . . .	1,40	3,43

Wenden wir uns nun zunächst zu dem Bitterspath, so fällt die nahe Uebereinstimmung bei beiden Gesteinen auf. Die Untersuchung einer ganzen Reihe von Spiriferensandsteinen hat aber außerdem noch gezeigt, daß diese Zusammenetzung die normale und wahrscheinlich ursprünglich dem ganzen Gesteine eigenthümliche gewesen ist.

Es würde hier zu weit führen, alle die Veränderungen zu verfolgen, welche dieser Bitterspath durch Einwirkung der atmosphärischen Gewässer erleidet und müssen wir auf die bereits mehrfach erwähnte Arbeit über die Metamorphosen des Spiriferensandsteins verweisen. Nur soviel führen wir an, daß durch Einwirkung kohlen säurehaltiger Wasser dieser Bitterspath ohne eine Veränderung zu erleiden aufgelöst und wieder abgesetzt werden kann, sowie er sich z. B. auf dem Emser Gangzuge vorfindet, daß aber in den meisten Fällen mit einer solchen Auflösung auch eine Trennung der einzelnen Bestandtheile verbunden ist.

Wird dieser Bitterspath oder ein denselben im frischen Zustand enthaltendes Stück Spiriferensandstein dem Einfluß von Luft und Wasser ausgesetzt, so ändert sich die Farbe des Minerals in sehr kurzer Zeit, von der Oberfläche nach Innen zu fortschreitend in eine schmutzig braune um. Dieser Vorgang findet seine Erklärung in dem Bestreben des Eisenorydulsalzes sich auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs höher zu oxydiren, wobei unter Bildung von Eisenorydhydrat die Kohlen säure frei werden muß.

Die letztere trifft aber überall mit Wasser zusammen, ohne dessen Gegenwart der Proceß überhaupt nicht stattfindet, löst sich in demselben auf und reagirt nunmehr auf die noch vorhandenen kohlenfauren Salze, die als Bicarbonate entführt werden. Vorzüglich unterliegen aber einer solchen Entfernung aus dem Gestein die kohlenfaure Kalkerde und Magnesia und zwar in einem solchen Umfange, daß alle dem Spiriferensandstein entströmenden Gewässer die Produkte dieses Zeretzungsprocesses zeigen. — Wie aber Mineralwasser in Bezug auf die in ihnen gelösten fixen Bestandtheile sich von den sogenannten Süßwasserquellen, die denselben Gesteinsschichten entströmen, nur durch die intensivere Wirkung, welche Gewässer auf das Gestein ausübten, unterscheiden, so ist es auch nicht schwer diesen Zeretzungsproceß der Bildung der Mineralquellen des Spiriferensandsteins zu Grunde zu legen. Alle diese Quellen, die nur mit dem Spiriferensandstein in Verbindung stehen, enthalten nämlich vorwiegend neben freier Kohlen-säure die kohlenfauren Salze der Erden, wie sie in dem Bitterspath des Gesteins enthalten sind und betragen diese z. B. bei den Schwalbacher Quellen, die als Vertreter dieser Gruppe von Mineralwassern angesehen werden können bis zu 86,3 % von der ganzen Menge der gelösten fixen Bestandtheile.

Da aber die Lösung der meisten Salze nur durch die gleichzeitige Gegenwart von freier Kohlen-säure in dem Wasser bedingt ist und die Entstehung der letzteren, abweichend von allen früheren Ansichten, von mir mit dem erwähnten Zeretzungsproceß des Bitterspathes in dem Spiriferensandstein in Verbindung gebracht wurde, so soll auf denselben hier näher eingegangen werden. Die in unmittelbarer Nähe der Enser Quellen auftretende Varietät des Spiriferensandsteins ist ein Sandstein, dessen Analyse wir oben mitgetheilt haben und der demnach 8,726 % Bitterspath und 2,726 % kohlenfaures Eisenorydul enthält. Mit Zugrundelegung des für diesen Sandstein ermittelten specifischen Gewichtes von 2,692 ergibt sich die Menge Kohlen-säure, welche ein Cubikfuß des Gesteins zu liefern vermag, zu circa 360713 cc. und wenn wir annehmen, daß das Wasser etwa sein gleiches Vo-

lum Kohlen säure aufzunehmen im Stande ist, so reicht ein Cubikfuß Gestein hin, circa 13,5 Cubikfuß Wasser zu sättigen. Die Zerlegung des kohlen sauren Eisenoxyduls erfolgt in der Weise, daß ein Atom Sauerstoff zwei Atome kohlen saures Eisenoxydul zerlegt und sonach neben der Bildung von einem Atom Eisenoxydhydrat zwei Atome Kohlen säure in Freiheit setzt, oder 8 Gewichtstheile Sauerstoff 44 Theile d. h. das 5,5fache Kohlen säure. Da bei 0° und 760 MM. Barometerstand ein Litre Kohlen säure 1,966 grs. wiegt, so bedürfen diese 0,358 grs. Sauerstoff zu ihrem Freiwerden, und letztere entsprechen wieder ungefähr 250 cc. Nun enthalten zwar alle atmosphärischen Gewässer vor ihrem Eindringen in die Erde atmosphärische Luft und sonach auch Sauerstoff aufgelöst und wir können auch annehmen, daß bei dem tieferen Eindringen der Gewässer und dem dadurch vermehrten Drucke in offenen mit Luft erfüllten Spalten die Aufnahme der letzteren vom Wasser in erhöhtem Maße erfolgt. Das Maximum an Sauerstoff, welches unter gewöhnlichem Drucke vom Wasser gelöst werden kann, beträgt aber immer nur circa 6,5 Volumprocente und bleibt daher weit hinter der Menge zurück, welche bei dem erwähnten Drydationsproceß nöthig ist, das Wasser mit Kohlen säure zu sättigen und demselben die charakteristischen Eigenschaften der Säuerlinge zu verleihen.

Wir können daher auch nicht annehmen, daß die Aufnahme der Kohlen säure durch einen einfachen Austausch derselben an Stelle des im Wasser gelöst gewesenen Sauerstoffs erfolge, sondern müssen dazu die directe Einwirkung der Atmosphäre zu Hülfe nehmen.

Alle das Gestein durchziehenden Spalten werden zeitweise mit der Atmosphäre in offener Verbindung stehen und da das zur Bildung des Eisenoxydhydrates erforderliche Wasser innerhalb der Gesteinschichten immer vorhanden ist, so wird sich sehr bald die offene Kluft an Stelle des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft mit Kohlen säure erfüllen, und wird dann eine solche Höhlung bei nasser Bitterung von den eindringenden Gewässern abgeschlossen und dadurch auch einem höhern Druck ausgesetzt, so erfolgt die

Auf- resp. Wegnahme der Kohlensäure um so vollständiger, je mehr die Kluft von dem Wasser ausgefüllt wird. Mit dem allmählichen Einsinken der Wasser wird der offene Raum im Gestein auch wieder frei und sobald die Communication nach der Erdoberfläche frei ist, tritt auch die atmosphärische Luft wieder ein und wiederholt denselben Proceß. So wird innerhalb des gesammten Gebietes des Spiriferensandsteins ein beständiger Wechsel zwischen Eindringen von Luft und Wasser, Drydation und Absorption stattfinden und zwar in um so größerem Umfang, je poröser oder zerklüfteter die Gesteinsvarietät ist. Während daher auch die Ausscheidung des Eisenoxydhydrats, als das Wahrzeichen der Kohlensäure-Entbindung, bei den Schieferen in vielen Fällen sich nur auf den Schichtungsklüften beobachten läßt, schreitet es bei den poröseren Sandsteinen auch im Innern gleichmäßig voran. Bei dieser Absorption des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft liegt aber die Frage nahe nach dem Verbleiben des größeren Bestandtheiles derselben, des Stickstoffes. Wo die Gase, welche sich aus Säuerlingen entwickeln, untersucht worden sind, hat man neben der Kohlensäure nur sehr geringe Mengen von Stickstoff nachgewiesen und bestehen z. B. diejenigen aus dem Emser Wasser nach Fresenius aus:

Kohlensäure	997,26 cc.
Stickgas	2,74 „

Ein ernstlicher Einwand gegen die im Vorhergehenden entwickelte Ansicht über die Bildung der Kohlensäure kann aber dadurch nicht begründet werden. Das Lösungsvermögen des Stickstoffes in Wasser ist ein nur sehr geringes, indem das letztere nur C. 4,2 Volumprocente aufnimmt, eine Zahl, die durch einen Gehalt des Wassers an anderen Gasen oder fixen Bestandtheilen jedenfalls noch mehr herabgezogen wird. Der Stickstoff wird daher zum größten Theil in freiem Zustande verbleiben und bei dem Freiwerden der Gesteinspalten durch sein geringeres specifisches Gewicht nach oben in die Atmosphäre entweichen.

Daß aber auch da, wo Kohlensäuregas ohne Wasser aus Gesteinspalten hervorströmt, der Stickstoff in dem Gasgemische

eine sehr untergeordnete Rolle spielt, findet seine Erklärung darin, daß solche Kohlensäure-Exhalationen wohl nur in den aller seltensten Fällen direct aus dem Herde ihrer Entwicklung stammen, sondern vorher vom Wasser aufgenommen waren und durch irgend welche Ursachen veranlaßt sich unter der Erdoberfläche aus diesem wieder entwickeln.

Ist so die Entstehung des wesentlichsten und charakteristischsten Bestandtheils der Mineralquellen des Spiriferensandsteins erklärt, so ergiebt sich auch die Aufnahme der fixen Bestandtheile leicht aus der Kenntniß der chemischen Zusammensetzung des Gesteins.

Wie erwähnt, wird die Kohlensäure zunächst die Ueberführung der kohlensauren Erden in Bicarbonate und deren Lösung in Wasser bedingen. Die beiden oben angeführten Analysen von Gesteinen aus der Umgegend von Ems enthalten die kohlensauren Erden des Bitterspathes in nahezu gleicher Zusammensetzung und zwar nähert sich das Verhältniß, in dem die kohlensaure Kalkerde und Magnesia zu einander stehen, namentlich, wenn wir das Mittel aus beiden Analysen nehmen, sehr vollständig dem von zwei Atomen Kalkerde zu einem Atom Magnesia.

Die Untersuchung einer diesen Schichten entstammenden Süßwasserquelle, sowie der durch Fortführung oder Wiederabsatz der kohlensauren Erden des Bitterspathes neu gebildeten Mineralien hat auch ferner ergeben, daß dieses Verhältniß vielfach ungestört bleibt und demnach die Quellenwasser ebenfalls auf ein Atom kohlensaure Magnesia zwei Atome kohlensaure Kalkerde enthalten. Wir müssen daher auch voraussetzen, daß dasselbe Verhältniß in den Mineralquellen vorhanden sei, wie es denn auch wirklich bei einem Theil derselben stattfindet. Während aber dieser letztere nur die kalten Säuerlinge umfaßt, sinkt in den heißeren fast ganz constant die Zusammensetzung der beiden Erden auf nahezu gleiche Atome, und die Summe der gelösten kohlensauren Kalkerde und Magnesia nimmt ebenfalls constant mit der Zunahme der Temperatur sehr beträchtlich ab *).

*) Der Spiriferensandstein und seine Metamorphosen. S. 115.

Die Uebereinstimmung dieser Erscheinung mit der Temperatur der Quellen hat mich veranlaßt, dieselbe mit der Einwirkung freier Kieselsäure auf die kohlenfauren Erden in Verbindung zu bringen, wobei die letztere als schwache Säure wirkend zunächst nur die kohlenfaure Kalkerde zersetzt, bis das Verhältniß von gleichen Atomen hergestellt ist und alsdann, sofern noch eine weitere Einwirkung stattfindet, auf beide in gleichem Atomverhältniß wie auf eine einzige Verbindung reagirt.

Diese Einwirkung der Kieselsäure führt uns zu der weiteren Zersetzung des Spiriferensandsteins und zwar zu der Einwirkung der freien Kohlenensäure auf die Silikate. Da dieselben in zwei Gruppen zerfallen, von denen die eine durch Säuren aufgeschlossen wird, die andere dadurch keine Zersetzung erleidet, so wird auch die Kohlenensäure vorzugsweise die ersteren angreifen.

Die Verfolgung der Zersetzungsprocesse des Gesteins hat jedoch gezeigt, daß auch ein Theil der unlöslichen Silikate dem dauernden Einfluß der Kohlenensäure nicht widersteht und daß das Endresultat der Zersetzung die Fortführung aller Basen als kohlenfaurer Salze mit Ausschluß der Thonerde und etwa ausgeschiedenen Eisenoxyds ist, welch erstere mit der Kieselerde theils chemisch gebunden, theils mechanisch gemengt den im Gebiete des Spiriferensandsteins so häufig auftretenden plastischen Thon bildet. Wir werden daher auch die Zersetzungsprodukte der Silikate, sowie dieselben von den das Gestein durchdringenden Gewässern direkt oder wieder durch Vermittelung der freien Kohlenensäure gelöst werden, in den Mineralwässern vorfinden und haben hier zwei verschiedene Gruppen zu betrachten.

Die eine umfaßt die Kalkerde, Magnesia und das Eisenoxydul, die andere dagegen die Alkalien. Für die ersteren ist es von Wichtigkeit, daß die Untersuchung der Zersetzungsprocesse des Gesteins im Beginn der Zersetzung wieder eine Fortführung der Kalkerde und Magnesia als kohlenfaure Salze im Verhältniß von zwei Atomen zu einem nachgewiesen hat *) und daß daher

*) Der Spiriferensandstein u. s. Metamorphosen. S. 52.
Nass. naturw. Jahrb. S. XIX u. XX.

das Verhältniß der aus dem Bitterspath stammenden kohlenfauren Erden nicht gestört wird. Da aber die Kalkerde und Magnesia in den Silikaten nicht in der Weise enthalten sind, daß dieses Verhältniß bis zur vollständigen Zersetzung bestehen bleiben kann, so ist es denkbar, daß durch die weitere Einwirkung der Kohlensäure auf dieselben die kleinen Abweichungen mitveranlaßt werden, welche die verschiedenen Analysen der Mineralquellen des Spiriferensandsteingebietes zeigen.

Was nun die Alkalien anlangt, so spielen dieselben in dem Spiriferensandstein eine nur sehr untergeordnete Rolle und namentlich tritt das Natron sehr zurück, indem dasselbe in dem löslichen Theil der Silikate nur in Spuren vorhanden ist. Dazu kommt noch, daß, wie bekannt, die Kali-Silikate der zersetzenden Einwirkung der Kohlensäure sehr energisch widerstehen und selbst die schließlich zurückbleibenden Kaoline noch einen Gehalt von ein und mehr Procenten zeigen.

Es ist daher auch natürlich, daß in den Mineralquellen, deren Wasser nur mit Spiriferensandsteinschichten in Berührung kommen, der Gehalt an Alkalien sehr unbedeutend ist und gegen die Erden bedeutend zurücktritt.

Gerade hierin zeichnen sich aber die Emser Quellen durch das Vorwiegen an Natronsalzen aus und ist dieser Umstand allein schon hinreichend darzuthun, daß die Wasser derselben mit Gesteinen in Berührung kommen müssen, deren chemische Constitution von der des Spiriferensandsteins erheblich verschieden ist.

Dies ist aber der bei Kemmenau zu Tag anstehende Basalt, den wir oben mit der Quellspalte in Verbindung gebracht haben.

Wie dort dargestellt wurde, werden alle Gewässer, welche in den über dem Basalte liegenden Spiriferensandstein eindringen, sich auf der Contactfläche beider sammeln und zwar um so eher als der Basalt, wie die Beobachtung an seinem Ausgehenden zeigt, ein sehr dichter ist. Die mit den Zersetzungsprodukten des Spiriferensandsteins und zwar vorzüglich mit freier Kohlensäure beladenen Gewässer werden daher hinreichend Gelegenheit finden

auf die Gemengtheile des Basaltes einzuwirken, insofern dieselben überhaupt der Zersetzung zugänglich sind. Wie bekannt, enthält aber der Basalt außer seinen beiden Hauptgemengtheilen, Labrador und Augit, einen beträchtlichen Antheil an Zeolithen, d. h. Silikaten, die außerdem, daß in ihnen die Alkalien als Basen meist vorherrschen, auch sämmtlich von Säuren sehr leicht aufgeschlossen werden. Eine Untersuchung des Emser Basaltes hat ergeben, daß derselbe 34,95 % und also mehr als ein Drittel in kalter Salzsäure lösliche Bestandtheile enthält und diese wieder 1,93 % Natron führen.

Seitdem durch direkte Versuche der Beweis geliefert ist, daß solche Silikate, wie z. B. der Apophyllit, unter gewissen Umständen ohne Veränderung zu erleiden in Wasser gelöst werden können, ist es um so leichter erklärlich, daß mit freier Kohlensäure gesättigte Gewässer auf das vollständigste die Basen derselben und vor allem die Alkalien ausziehen müssen. *)

Dieser Zusammenhang des Gehaltes an kohlenfaurem Natron mit dem Auftreten von Basalt zwischen den Spiriferensandsteinen wird aber erst vollständig dem Gebiete der Hypothese entzückt, wenn wir die Mineralquellen des Herzogthums je nach ihrer chemischen Beschaffenheit zusammenfassen und sodann die geognostischen Verhältnisse der Umgebung der Quellenmündungen berücksichtigen.

Auf das Deutlichste zeigt sich nämlich hierbei, daß im Gebiete des unveränderten Spiriferensandsteins nur diejenigen Mineralquellen einen höheren Gehalt an kohlenfaurem Natron zeigen, in deren unmittelbarer Nähe gleichzeitig Basalt auftritt. Es sind dies aber außer den Emser Quellen die von Geilnau, Fachingen und Selters.

Mit der Bildung des kohlenfauren Natrons steht auch die Ausscheidung der hydratischen Kieselsäure in directer Verbindung,

*) Freilich können wir auch nicht zugeben, daß dieser Proceß so rasch vor sich geht, wie dies geschehen müßte, wenn wir die porösen Bimssteinsandwichen als die Quelle der Natronzuführung ansehen wollten, wie dies von Ludwig geschieht.

von der ein kleiner Theil im Wasser gelöst bleibt, während, wie wir oben gesehen haben, ein anderer Theil die im Wasser gelösten kohlensauren Erden zerlegt und dadurch wieder unlösliche Verbindungen eingeht. Daß dieselbe aber zumal da, wie sie nur aus der Zerlegung der Silikate des Spiriferensandsteins stammt, zum größten Theile unverändert auf den Spalten und Klüften des Gesteins abgesetzt wird, wo sie in den unlöslichen krystallinischen Zustand übergeht, das zeigt auch eine nur oberflächliche Betrachtung des Spiriferensandsteins, in dem der Quarz das bei weitem häufigste secundäre Mineralvorkommen ist.

Mit diesem Wiederabfaß der Kieselsäure hängt denn auch eine Veränderung des Spiriferensandsteins zusammen, die am Ausgehenden der Schichten in der Nähe der Quellenmündung wahrzunehmen ist, nämlich die Bildung der Quarzite aus den eigentlichen Sandsteinen. Diese letzteren sind nämlich in solchem Grade porös, daß die Wassercirculation und mit dieser die Zersetzung nicht vorzugsweise auf den Klüften, sondern gleichmäßig durch das ganze Gestein und bei dem hohen Gehalt an Carbonspath, respektive dessen Kohlensäure, sehr energisch stattfinden kaum. Die bei der Zersetzung der Silikate frei werdende Kieselsäure bleibt alsdann zum größten Theil in den Poren des Gesteins zurück und bildet durch den Uebergang in den krystallinischen Zustand ein Bindemittel, welches dem ganzen Gestein das charakteristische Ansehen der Quarzite verleiht.

Durch die große Dichtigkeit derselben und das vollständige Verschwinden des Carbonspathes unterliegen denn auch diese Gesteinsvarietäten keiner chemischen Veränderung mehr, wodurch die in mehreren Schriften über die Emsjer Quellen enthaltene Bemerkung veranlaßt worden ist, daß die heißen Quellen auf das sie umgebende Gestein durchaus keinen Einfluß ausübten.

In ähnlicher Weise wie die Zunahme des kohlensauren Natrons scheint auch das Chlornatrium mit der gleichzeitigen Anwesenheit des Basaltes in Verbindung zu stehen.

Alle Quellen des Spiriferensandsteins enthalten dasselbe zwar in geringem Grade, der Gehalt an Kochsalz steigt jedoch in den alkalischen Säuerlingen, die ihren Gehalt an kohlensaurem Na-

tron dem Basalte verdanken, in bedeutenderem Maße, wenn auch allerdings hier größere Abweichungen, als bei den anderen Bestandtheilen stattfinden.

Wir haben früher *) die Anwesenheit des Chlornatriums mit dem Vorhandensein von Chlorapatit im Spiriferensandstein in Verbindung zu bringen gesucht und ist es vielleicht nicht unwahrscheinlich, daß derselbe auch im Basalte das chlorhaltige Mineral ist. Die Gegenwart des Apatites ist in den meisten krystallinischen Silikatgesteinen beobachtet und namentlich die weite Verbreitung der Phosphorsäure dadurch begründet worden. Die Nothwendigkeit der letzteren für das organische Leben unterstützt auch eine derartige Ansicht insofern, als die anerkannte große Fruchtbarkeit des Basaltbodens, wie z. B. auf dem Westerwalde in dem Gehalte an Alkalien nicht ausschließlich gesucht werden kann. Bekannt ist aber auch die leichte Zerlegbarkeit des Chlorapatites, aus dem schon Wasser allein das Chlorcalcium ausziehen vermag und das daher durch einen Gehalt an kohlensaurem Natron um so leichter entfernt und in Chlornatrium und kohlensaure Kalkerde umgeändert werden kann. Da aber in allen Gesteinen der Apatit nur als zufälliger Gemengtheil auftritt und seine Quantität daher in ein und derselben Felsart sehr verschieden sein kann, so würden dadurch auch die größeren Schwankungen im Gehalt an Chlornatrium eine Erklärung finden, die am auffallendsten bei den Quellen von Geilnau und Selters hervortritt. Bei fast gleichem Gehalte an kohlensaurem Natron enthält nämlich die erstere von beiden nur 0,03615 Grs., Selters aber 2,12051 Grs. in 1000 Theilen Wasser.

Die Anwesenheit des Apatites veranlaßt ferner auch die Gegenwart der Phosphorsäure in den Emser Thermalquellen, deren Vorhandensein im Spiriferensandstein von Ems noch außerdem direkt nachgewiesen ist, wie die oben mitgetheilten Analysen zeigen. Ob dieselbe aber an Kalkerde, Thonerde oder sonst eine andere Base gebunden ist, muß voreerst unentschieden bleiben, so-

*) Der Spiriferensandstein u. s. Metamorph. S. 119.

lange die chemische Untersuchung der Mineralwasser eine solche Frage noch nicht zu beantworten vermag.

Es bleibt uns nunmehr als letzter Bestandtheil der Emser Quellen nur noch die Schwefelsäure und ihre Verbindungen übrig und macht die geringe Quantität derselben, die wohl kaum von dem Gehalte in den gewöhnlichen Süßwasserquellen des Spiriferensandsteins abweicht, den Beweis ihrer Herkunft zu keinem schwierigen.

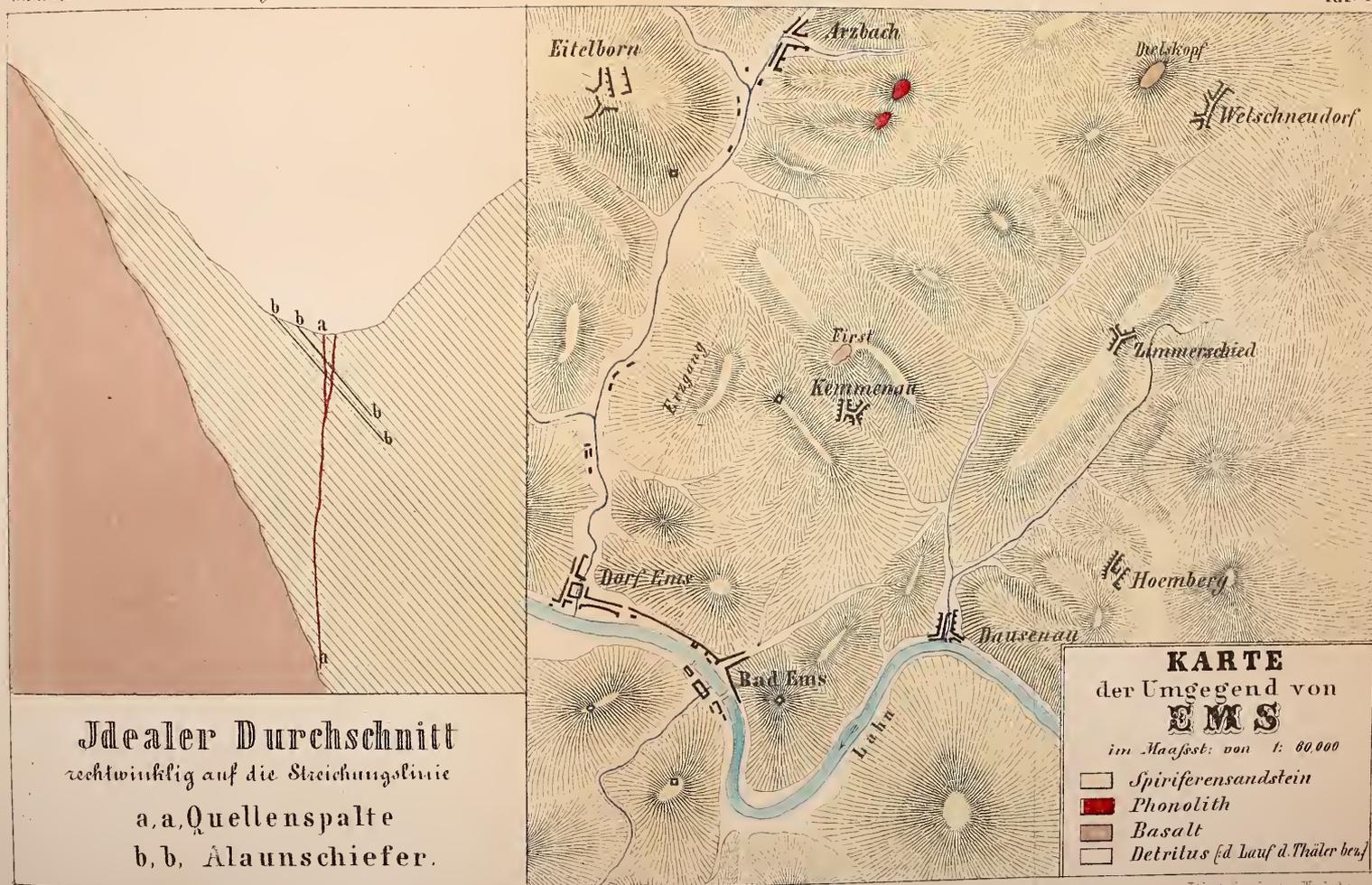
In dem ganzen Gebiete des Spiriferensandsteins finden sich Schwefelverbindungen in größerer oder geringerer Menge, wenn wir auch nicht zugeben konnten, daß innerhalb der besprochenen Maunschieferschichten solche Anhäufungen vorhanden seien, daß sie durch ihre Drydation eine merkbare Erhöhung der Temperatur der Quellenwasser zu bewirken im Stande seien. Die geringen Mengen von Schwefelmetallen, die sich beobachten lassen und deren Gegenwart in den Sedimentärschichten allein schon durch deren organischen Einschlüsse bedingt ist, reichen aber vollkommen aus, den Gehalt an schwefel-sauren Salzen in den Emser Quellen zu erklären, zumal dieselben ursprünglich schon sehr leicht löslich sind, oder auch durch Anwesenheit der Alkalien und Erden in solche Verbindungen un-geändert werden.

Dazu gesellt sich auch noch das gleichzeitige Auftreten des Erzganges als Quellen-spalte, dessen Schwefel-metalle in oberer Tiefe eben-jo der Drydation unterworfen sein werden, wie die auf der weiter westlich auf-
setzenden dem Bergbau zugänglichen Erz-lagerstätte. Daß wir aber die Schwefel-säure bei der Anwesenheit von kohlen-sauren Alkalien nicht mehr an die Dryde der schweren Metalle gebunden finden können, bedarf keiner weiteren Erwähnung mehr, zumal die Analyse des Emser Quellen-sinters Spuren von schweren Metallen nachgewiesen hat. Der Zweifel aber, den Fresenius, veranlaßt durch die bei der Quellenfassung theilweise angewendeten Metallhähne, über die Abstammung der schweren Metalle ausgesprochen hat, dürften durch den Zusammen-
hang der Thermalquellen mit einem Erzgang gehoben sein.

Werfen wir nun zum Schlusse einen Blick zurück auf unsere

Untersuchungen, so können wir uns nicht verhehlen, daß noch nicht alle Annahmen sowohl über die physikalischen als auch chemischen Verhältnisse der Quellenbildung dem Gebiete der reinen Hypothese entrückt sind. Bringen wir aber in Rechnung, wieviel die analytischen Resultate zur Erklärung aller Erscheinungen hauptsächlich da beigetragen haben, wo die Verhältnisse der Quellenbildungen, wie bei den gewöhnlichen des Spiriferensandsteins, sehr einfache sind; dann dürfen wir auch hoffen, daß in complicirteren Fällen durch weitere Forschungen vollkommene Gewißheit verschafft werden wird.

Sollte dann auch die eine oder andere im Vorhergehenden ausgesprochene Hypothese eine Berichtigung erfahren, so hegen wir doch die Ueberzeugung, daß unsere Ansicht von dem Vorhandensein einer Quellspalte, die die Bildung aufsteigender Quellen ermöglicht, sowie andererseits die Zersetzung des Carbonspathes im Spiriferensandstein als Grundlage aller chemischen Vorgänge dadurch nicht alterirt werden wird.



Idealer Durchschnitt
rechtwinklig auf die Streichungslinie

a, a, Quellenspalte

b, b, Alaunschiefer.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde](#)

Jahr/Year: 1864-1866

Band/Volume: [19-20](#)

Autor(en)/Author(s): Herget E.

Artikel/Article: [Die Thermalquellen zu Bad-Ems 1-39](#)