

## Notizen zur Geologie von Deutschland

von R. Lepsius.

Aus dem großen Material meiner Studien zur „Geologie von Deutschland“ will ich hier und in den folgenden Heften des Notizblattes über einige besonders wichtige Ergebnisse in vorläufiger Weise kurz berichten.

### **a) Über den Zusammenhang zwischen den tiefen Quellen und den großen Gebirgsüberschiebungen.**

Die „tiefen“ Quellen nenne ich die warmen oder heißen Quellen und die sogenannten Mineralquellen (z. B. die Solquellen und die kohlen säurehaltigen Quellen); im Gegensatz zu diesen aus einer mehr oder weniger großen Tiefe der Erde aufsteigenden Quellen, deren Temperatur in der Regel höher ist als die mittlere Jahrestemperatur des Ortes, an welchem die Quelle entspringt, nenne ich „flache“ Quellen diejenigen, welche in den Tälern und aus den Bergen unserer Gebirge austreten mit einer Temperatur, welche ungefähr der mittleren Ortstemperatur entspricht oder unter dieser liegt. Diese „flachen“ Quellen werden durch Wasser gespeist, welches aus dem auf die Berge und Ebenen niederfallenden Regen oder Schnee entstanden ist; es kann als „Bergwasser“, wenn es eine Quelle am Berghange speist, oder es kann als „Grundwasser“, wenn es eine Quelle im Talboden und in den Ebenen speist, bezeichnet werden.

Hier soll nur von den „tiefen“ Quellen und ihrem Zusammenhange mit den Überschiebungen die Rede sein auf Grund meiner eigenen Erfahrungen, welche ich bei Erbohrung von warmen Quellen, von kohlen säurereichen Quellen und von Solquellen in den letzten 15 Jahren zu machen Gelegenheit hatte.

Die drei Sprudel von Bad-Nauheim sind bekanntlich im mittel-devonischen Stringocephalen-Kalkstein erbohrt; der älteste Sprudel

Nr. VII (vom Jahre 1846) mittelst eines 160 m tiefen Bohrloches, der im Jahre 1855 erbohrte große Sprudel Nr. XII mit einer 180 m tiefen Bohrung und der von mir im Jahre 1900 erbohrte neue Sprudel Nr. XIV mit einer 207 m tiefen Kernbohrung<sup>1)</sup>. Auf der unregelmäßig ausgefurchten Oberfläche der mächtigen Kalksteinscholle lagern pliozäne Sande und Tone, sowie diluviale Moränen und Talschotter der Usa, so daß die Oberfläche des massigen Korallenkalkes der Stringocephalen-Stufe unter der jetzigen Talsohle der Usa in Tiefen von 28 bis 40 m in den Bohrlöchern angetroffen wurde.

Diese mitteldevonische Kalksteinscholle von Bad-Nauheim liegt abgesunken mit hohen Verwerfungssprüngen vor den letzten Ausläufern des unterdevonischen Taunuskammes: der Johannisberg (268 m über Meer), unmittelbar über Nauheim aufragend, und der Winterstein (485 m) westlich von Friedberg enthalten unterdevonische Taunusquarzite, Hunsrück-schiefer und Coblenzgrauwacken; da die Usatalsohle an den Sprudeln in 144 m über dem Meere liegt, so ziehen bedeutende Verwerfungen zwischen dem Ostrande des Gebirges und der unter Nauheim abgesunkenen Stringocephalenkalk-Scholle und ihren liegenden Schiefen hindurch. Das Streichen der Devonschichten, der Schollen und der Verwerfungen verläuft zwischen Homburg vor der Höhe und Bad-Nauheim im ganzen parallel dem Taunuskamme, wie er gerade in dieser Gegend scharf ausgeprägt ist, vom Feldberg (880 m) über die Salburg bis zum Winterstein und bis in den Johannisberg, also in der allgemeinen Nordostrichtung des Hunsrück-Taunusgebirges; im einzelnen entstehen in diesem Gebiete durch ein- oder ausspringende Winkel in den Verwerfungslinien und in den Schollenbrüchen kleinere oder größere Abweichungen vom NO-Streichen, auf welche hier nicht näher eingegangen werden soll. Das Fallen der Schichten im Gebirge wie in den niedergebrochenen Schollen steht hier stets steil in Südost (resp. OSO bis SSO) mit Winkeln bis zu 78 und 80°.

Geht man von Bad-Nauheim längs des Gebirges nach Südwest, über Ockstadt (westlich von Friedberg) nach Ober-Rosbach auf Homburg zu, so trifft man hier bei Rosbach die alten und neuen Grubenbauten der Manganerzbergwerke, welche hier geradeso wie in der

---

<sup>1)</sup> Siehe das Nähere in meiner „Festschrift zur Weihe des neuen Solsprudels zu Bad-Nauheim, Juni 1900“, Darmstadt; mit Situationsplan, geologischen Profilen und Abbildungen.

Lindener Mark bei Gießen die Manganerze und Brauneisensteine der pliozänen Sande und Tone auf dem Stringocephalenkalke abbauen<sup>1)</sup>. Die Ausdehnung der abgesunkenen und von pliozänen und diluvialen Ablagerungen bis 50 m und mehr bedeckten Stringocephalenkalk-Schollen ist bei Ober-Rosbach recht groß; sie reicht bis nach Köppern, 5,5 km nördlich von Homburg vor der Höhe gelegen; hier bei Köppern und dem nahen Friedrichsdorf tauchen die Stringocephalenkalke unter die Serizitschiefer des Taunusvorlandes unter; das Fallen der Überschiebungsfläche und der Schiefer ist zunächst flach mit  $17^\circ$  in SSO, dann steiler mit  $30\text{--}40^\circ$  und mit  $55^\circ$ ; das Streichen verläuft hier in ONO (genau  $O\ 7,5^\circ\ N$ ).

Ebenso ist das Streichen der Serizitschiefer im Quellengebiete des Homburger Parkes; das Fallen wechselt aber hier, so daß die Serizitschiefer unterhalb Kirdorf mit  $30\text{--}45^\circ$  in OSO, dann weiter südlich am Talrande des Parkes steil in  $75\text{--}80^\circ$  in NNW, und bei den Quellen wieder flacher mit  $40\text{--}45^\circ$  in NNW einfallen. Die Schiefer sind aber im einzelnen bei der gewaltigen Überschiebung stark zusammengefaltet und verstaucht worden.

Obwohl das tiefste Homburger Bohrloch, in den Jahren 1851 bis 1854 am Stadtberge abgeteuft (der „Solsprudel“), mit einer Tiefe von 509,5 m die Serizitschiefer nicht durchsunken hatte, nehme ich doch an, daß unter den überschobenen und stark verstauchten Serizitschiefern sich der Stringocephalenkalk befindet, und daß die kohlen säurereichen Solquellen von Homburg vor der Höhe sich ebenso aus den Klüften der am Taunusrande abgesunkenen Stringocephalenkalk-Schollen speisen wie die Quellen von Bad-Nauheim.

Am Südrande des Taunus folgen von Homburg aus nach Westen die Quellen von Cronthal, Soden, Wiesbaden, Kiedrich; linksrheinisch Kreuznach; alle diese tiefen Quellen enthalten viel Chlorsalze, enthalten Kalk und entbinden mehr oder weniger große Mengen von freier Kohlensäure. Die Wärme der ausfließenden Quellen ist am höchsten im Wiesbadener Kochbrunnen  $65,5^\circ\ C$ ; die Nauheimer Sprudel  $30\text{--}35^\circ\ C$ ; Kreuznach (Theodorshall)  $22,8^\circ\ C$ ; Soden  $23\text{--}24^\circ\ C$ .

---

<sup>1)</sup> Die Ursache der Mangan- und Eisenerzbildung im Pliozän ist der Umtausch des Eisens und Mangans gegen Kalk und Dolomit mittelst wässriger Lösungen, wie ich diese Vorgänge in meiner Geologie von Deutschland und in meiner Geologie von Attika wiederholt dargestellt habe.

Je stärker das aus einer Quelle ausfließende Wasserquantum ist, um so höher liegt die Temperatur der Quelle — eine Tatsache, welche ich mir daraus erkläre, daß, je mehr Wasser ausfließt, um so schneller das Wasser aus größerer Erdtiefe durch offene Spalten heraufdringt. Wenn sich das warme Wasser langsam durch die weichen Serizitschiefer durchdrücken muß, wie in Homburg und in Soden, verliert es seine Wärme an die Gesteine der oberen Teufen, und die Wassermenge wird zugleich geringer.

In Wiesbaden strömen täglich ca. 2000 cbm Solwasser zutage aus; in Bad-Nauheim ca. 2500 cbm; das sind große Quantitäten Wasser. Dabei ist durch Funde festgestellt, daß diese Solquellen schon mehrere tausend Jahre ausfließen. Auch ist der Ausfluß der Quellen sowohl in ihrer Wassermenge als in ihrer Temperatur und in ihrem Gehalt an gelösten Stoffen ziemlich gleichmäßig Jahr aus Jahr ein, obwohl durch genauere und monatlich wiederholte Messungen im letzten Jahrzehnt an den Nauheimer Quellen nachgewiesen wurde, daß diese Konstanz nicht so vollständig ist, wie bisher von seiten der die tiefen Quellen analysierenden Chemiker angenommen worden ist. Es ist ja eigentlich selbstverständlich, daß die tiefen Quellen ebenfalls Schwankungen in ihrer Zusammensetzung, Temperatur und Wassermenge erleiden müssen wie die flachen Quellen. Daß diese Schwankungen verhältnismäßig gering sind, diese Tatsache erkläre ich mir daraus, daß die tiefen Quellen aus sehr ausgedehnten Zuflußgebieten im Inneren der Gebirge gespeist werden. Gerade wie z. B. der Rhein ziemlich konstante Mengen (umgerechnet auf das gleiche Wasserquantum) von gelösten Substanzen Jahr aus Jahr ein bei Mainz vorüberführt, weil seine Zuflüsse weit her kommen und im großen und ganzen stets dieselben Gesteine abspülen, so müssen auch die Zuflüsse der tiefen Quellen am Taunusrande weit herfließen, stets dieselben Wege im Innern der Gebirge nehmen, daher immer die gleichen Gesteine auslaugen und dadurch ihre gleichförmige Zusammensetzung erhalten.

Die große Überschiebung der Serizitschiefer längst des Taunus-südrandes ist der mächtige und undurchlässige Wall, hinter dem die tiefen Wasser des Taunus-Devongebirges sich aufstauen müssen; an einigen Punkten läuft diese angestaute Wassermasse über den südlich vorgelagerten Serizitschieferwall über; diese Überläufe erscheinen

zutage in den genannten Quellen von Soden, Wiesbaden, Kreuznach und in den anderen Quellorten.

In den Strecken, in welchen die unterirdischen Wasserströme durch Kalkstein fließen, haben sie die Klüfte und Spalten durch Lösung des Kalkes erweitert; so sieht man in den Bohrkernen des Stringocephalenkalkes aus dem Bohrloche des Sprudels XIV in Bad-Nauheim (im Jahre 1900 mit Diamantbohrkrone bis 207 m tief erbohrt) solche Ausspülungen im klüftigen Kalkstein. Daher fördern die Sprudel und Quellen von Bad-Nauheim so große Wassermassen. Aus demselben Grunde vermute ich, daß unter der überschobenen Decke von Serizitschiefern in Wiesbaden eine ausgedehnte Scholle von Stringocephalenkalk lagert — analog den zutage anstehenden mitteldevonischen Korallenkalken und dolomitischen Kalksteinen (Stringocephalenkalkstufe) bei Bingerbrück und Stromberg. Hier am Südrande des hohen Quarzitrückens des Binger Waldes lagern auch Kieselschiefer und Schiefer mit Linsen und Knollen von schwarzen Kalken, welche nach ihrer Fauna dem unteren Mitteldevon angehören dürften; die Eisensteine der Grube Braut bei Walderbach, östlich von Stromberg gelegen, enthalten eine reiche Brachiopodenfauna der oberen Coblenzstufe.

Jedenfalls ist dieser südliche Abbruch des Hunsrückens und des Taunus sehr viel komplizierter gebaut, als es die bisherigen Aufnahmen darstellen.

Die Serizitschiefer, Phyllite, sogenannte „Serizitgneise“, Hornblende- und Augit-Serizitschiefer, kurz die ganze Serie von eigenartigen, halbkristallinen, halbklastischen Gesteinen, welche am Südrande des Taunus und Hunsrückens lagern, sind stark veränderte Schiefer, die Gneise zum Teil ausgewalzte und zerquetschte Eruptivgesteine<sup>1)</sup>; die Schieferung entstand durch den gewaltigen Gebirgsdruck von Süden her bei der Überschiebung. Ich folgte früher der Auffassung von J. Gosselet und parallelisierte die Serizitschiefer-Serie dem belgischen Gedinnien als unterstes Devon unter dem Taunusquarzite (Bd. I S. 37 meiner Geologie von Deutschland); später hat J. Gosselet diese Taunusphyllite zum Teil zum Cambrium gerechnet. Die petrographische Ähnlichkeit kann hier nicht maßgebend sein, da die Schichten stark ver-

---

<sup>1)</sup> So die Serizitgneise aus dem Nerotale, welche W. Schauf als ehemalige Quarzporphyre erkannte. Die Amphibol- und Pyroxen-Serizitschiefer mögen aus Diabasen oder Schalsteinen hervorgegangen sein.

ändert sind. Fossilien sind nicht erhalten. Es könnte freilich Silur und Cambrium in Frage kommen; jedoch ist es mir wahrscheinlicher, daß die ganze Wiesbaden—Homburger Serizitschiefer-Serie aus mitteldevonischen Schiefen (zugehörig zu den am Südrande des Taunus und des Hunsrück abgesunkenen mitteldevonischen Stringocephalenkalksteinen) entstanden ist.<sup>1)</sup>

Jedenfalls sind die Taunusphyllite etwas ganz anderes als die Glimmerschiefer im kristallinen Odenwalde; diese Schiefer an der Bergstraße und im Odenwalde mit ihren Marmor-Einlagerungen (Bensheim-Hochstädter Tal, Brensbach, Wiebelsbach u. a. O.) und mit grauakkenartigen Gesteinen sind durch die Granitlakkolithen stark kontaktmetamorph umgewandelte altpaläozoische Sedimente, welche mit denen der Hardt bei Neustadt und mit denen der Vogesen (Hochfeld, Breuschtal) zu vergleichen und dem Devon und Unterkarbon zuzurechnen sind. Immerhin lassen sich der kristalline Odenwald und der Taunus, als ganze Gebirge betrachtet, insofern aufeinander beziehen, als wir auf der Oberfläche des Odenwaldes gewissermaßen an der unteren tief liegenden Grenze zwischen dem devonischen Schiefergebirge des Taunus und dem auch hier (vergl. die Einschlüsse des Basaltes von Naurod bei Wiesbaden) unterlagernden granitischen Grundgebirge stehen.

Die großen Abbrüche und die Überschiebungen am Südrande des Taunus entstanden bei der Zusammenfaltung des niederrheinischen Schiefergebirges in der Zeit zwischen Unter- und Oberkarbon.

Natürlich sind damals nicht die tiefen Quellen am Südrande des Taunus entstanden. Vielmehr nehme ich an, daß diese warmen Solquellen und kohlenäurereichen Mineralquellen der Wetterau erst seit der pliozänen Zeit fließen; denn vor dieser jüngsten Tertiärzeit war die Orographie unserer Gegend hier am Mittelrhein eine ganz andere als jetzt, und die jetzige Oberflächengestaltung ist doch die unbedingt notwendige Grundlage für die Entstehung der tiefen Quellen. Denn ich

---

<sup>1)</sup> Ich will hier nicht auf die Entstehung der Phyllite eingehen, und will nur kurz bemerken, daß ich die Neubildung vom Serizit nicht als eine unmittelbare Folge der durch den Gebirgsdruck entstandenen Schieferung der Gesteine ansehe — durch Druck können keine Lösungen und also auch keine neuen Kristallisationen hervorgerufen werden —, sondern die Kristallneubildungen sind nachträglich auf chemisch-wässrigem Wege aus den fein zerpreßten alten Mineralteilen gelöst und ausgeschieden worden.

leite das Wasser der tiefen Quellen vom Regen ab und teile nicht den geistreichen, aber praktisch unbrauchbaren Gedanken von E. Suez, daß die tiefen Quellen ihr Wasser und ihre gelösten Bestandteile als „juveniles“ Wasser aus dem erkaltenden Magma des Erdinnern beziehen.

E. Suez ging bekanntlich mit dieser Idee von den warmen Quellen von Karlsbad in Böhmen aus; diese Karlsbader Quellen entfließen einem Spaltensysteme im Granit, da wo der Teplfluß mit seinem tiefen und gewundenen Erosionsbette dieses gradlinig von SO nach NW verlaufende Spaltensystem durchschnitten hat; etwa 25 Quellen sind gefaßt oder bekannt (es könnten in dem Spaltensysteme noch viel mehr gefaßt werden!); ihre Wärme liegt zwischen 37 und 73° C; sie setzen viel kohlen sauren Kalk ab. Es ist unmöglich zu denken, daß alle die Alkalien, Erden, Metalle, Säuren, die ansehnlichen Mengen von Chlor und von Kohlensäure dem Granite oder einem Silicatmagma des Erdinnern entstammen sollten. Wir kennen Ausflüsse von einer derartigen Zusammensetzung aus den jetzigen vulkanischen Gesteinen nicht.

Ich möchte vielmehr annehmen, daß die Karlsbader Granitplatte überschoben ist über ein altpaläozoisches (Silur-Cambrium) Schiefergebirge, wie es südwestlich von Karlsbad bei Falkenau und Eger zutage tritt, und wie es nördlich von Karlsbad als Grundlage des Kreidebeckens und des böhmischen Mittelgebirges nachgewiesen worden ist. Aus den silurischen Kalksteinen könnten die Karlsbader Quellen ihren hohen Gehalt an Kalk und an Kohlensäure entnehmen, ein Gehalt, der weder aus dem Granite noch aus dem Magma im Erdinnern herühren kann. Auch die Teplitzer Quellen, welche zunächst aus den permischen Quarzporphyren ausfließen, dürften ihr Wasser und ihre gelösten Substanzen den unterlagernden altpaläozoischen Sedimenten entnehmen. In dieser Beziehung ist der Nachweis von hochgespannten, warmen Wassern interessant, welcher durch Bohrlöcher beim Durchteufen der zirka 200 m mächtigen nordböhmischen Kreideformation geführt wurde<sup>1)</sup>.

Ganz analog den Teplitzer Quellen steigen die Solquellen bei Kreuznach, Theodorshall und Münster am Stein zunächst aus den

---

<sup>1)</sup> J. E. Hibs. Über das Auftreten gespannten Wassers von höherer Temperatur innerhalb der Schichten der oberen Kreideformation in Nordböhmen. Jahrb. k. k. geolog. Reichsanstalt. 58. Bd., 2. Heft, S. 305—310. Wien 1908.

Spalten der permischen Quarzporphyre zutage; aber ihr Ursprung liegt tiefer; dieser entspricht demjenigen der tiefen Quellen am Südrande des Taunus; ihr Zuflußgebiet liegt nördlich der Nahe im Hunsrück.

Es ist oft behauptet worden, die tiefen Quellen am Südrande des Taunus würden gespeist aus dem Zechstein; ich habe diese Theorie niemals teilen können aus den folgenden Gründen. Die Zechsteinsalzlager endigen auf der Ostseite des Vogelsberges in der Gegend von Fulda—Salzschlirf—Schlitz; von hier aus ziehen sie nach Süden noch bis Gelnhausen, Aschaffenburg (Sodenthal) und Kissingen. Die Bohrung von 650 m Tiefe, welche unter meiner Leitung in den letzten Jahren in Bad Salzhausen, bei Nidda in den südwestlichen Vorbergen des Vogelsberges gelegen, ausgeführt worden ist, hat bewiesen, daß bereits hier in Salzhausen kein Zechstein und kein Zechsteinsalz mehr vorhanden ist — die tertiären Schichten liegen hier direkt auf dem rotliegenden Sandstein. Die Salzhäuser Solquellen entspringen zutage im Pliozän; in der Tiefe von 408 bis 420 m fließen aus Spalten im Phonolith Solwasser mit 2<sup>o</sup>/<sub>o</sub> Salzgehalt und 36—40° C Wärme.

Jedenfalls sind die Salzlager des Zechsteins von den Solquellen von Bad-Nauheim, von Wiesbaden, von Kreuznach so weit entfernt, daß es ausgeschlossen ist, daß diese seit Jahrtausenden ausfließenden Solquellen aus dem viele Meilen weit entfernten Zechstein ihr Wasser und ihren Salzgehalt beziehen könnten. Denn so weit durchziehende Spalten gibt es nicht! Vielmehr habe ich bei den Bohrungen auf tiefe Quellen die Erfahrung gemacht, daß die Schollen und Gebirgsteile gerade für Wasserdurchfluß durch Verwerfungen und Überschiebungen, kurz durch tektonische Linien, meist ganz scharf voneinander getrennt bleiben.

Nicht alle Verwerfungen sind für Wasser undurchlässig; es kommt vor, daß durchlässige Gesteine an Verwerfungen liegen, in welche die Wasser in der Verwerfung und über dieselbe eintreten, z. B. die Solquellen in Sodenthal südlich Aschaffenburg, wo Granit neben Zechstein verworfen liegt, und die Solen über die Verwerfungen fort in den klüftigen Granit hinüberfließen; oder in Salzschlirf, wo die Zechsteinsolen über die Verwerfung fort noch in den abgesunkenen klüftigen Muschelkalk eindringen.



Aber in der Regel bilden die Verwerfungen wasserabschließende Wände, besonders im niederrheinischen Schiefergebirge, wo die in den Verwerfungen zermalnten Schiefer, zu plastischen Tonen zersetzt, meistens so wasserdicht abschließen, daß jede Gebirgsscholle für sich ihr eigenes Zuflußgebiet in bezug auf die tiefen Quellen besitzt.

Noch stärker abschließend für die unterirdischen Wasserströme und Wasseradern wirken die Überschiebungen, wenn sie, wie am Südrande des Taunus, vorwiegend Schiefer, hier die Serizitschiefer, betreffen. Der Wall von Serizitschiefern südlich von Wiesbaden wird gegen den tiefen Einbruch der oberrheinischen Tiefebene noch verstärkt durch einen zweiten für Wasser undurchlässigen Wall: das sind die oligozänen Septarientone und Cyrenenmergel des Mainzer Beckens, welche gerade hier vor dem Südrande des Serizitschiefergebirges am Untermain zwischen Mainz und Frankfurt vorgebaut liegen. Dieser Gebirgsbau macht es unmöglich, daß die Solquellen von Wiesbaden von Süden her gespeist werden, wie vor einigen Jahren einmal von einem Chemiker in Wiesbaden behauptet worden ist; die tiefen Quellen von Wiesbaden können ihre unterirdischen Wasserzuflüsse und zugleich ihren Salzgehalt nur vom Norden her beziehen, aus dem Taunus und den weit ausgedehnten Devonplateaus nördlich vom Taunus.

Auf der Nordseite des Taunus entspringen zahlreiche kalte Kohlensäurequellen; außerdem warme Quellen in Bad Ems an der Lahn (30—44° C), in Salzig bei Boppard (28—36° C), Neuenahr (34° C); auch diese warmen Quellen enthalten viel Kohlensäure. Wenn man die chemischen Analysen dieser drei mitten in den unterdevonischen Schiefen und Grauwacken entspringenden tiefen Quellen von Bad Ems, von Salzig und Neuenahr vergleicht, so bemerkt man, daß die eigenartigen Zusammensetzungen der in diesen Quellen gelösten Salze insofern Beziehungen zueinander zeigen, als die örtlich in der Mitte liegenden Quellen von Salzig auch in ihrem Gehalt an Salzen mitten zwischen den beiden anderen Quellen stehen; man kann diese Tatsache nur dadurch erklären, indem man annimmt, daß die Beschaffenheit der Gesteine, aus denen diese tiefen, warmen Quellen ihre Salze auslaugen, ganz allmählich von Ems über Salzig nach Neuenahr sich ändert.

## **b) Über die Herkunft der Kohlensäure in den tiefen Quellen.**

Die Kohlensäure der Quellen im niederrheinischen Schiefergebirge und in der Wetterau entsteht meiner Ansicht<sup>1)</sup> nach dadurch, daß die in größeren Erdtiefen abgesunkenen Schollen von mittel- oder oberdevonischen Kalken durch die hohe Temperatur ihres Ortes zersetzt werden; die in diesen Erdtiefen beweglichere Kieselsäure tritt mit dem Kalk in Verbindung und bildet Kalksilikathornfelse, wie wir sie z. B. im Odenwalde oder im Harze in großer Verbreitung in den Kontaktzonen der Granitlakkolithe antreffen. Die Kohlensäure des Kalkes wird dabei frei.

Daß das erkaltende Magma so große Kohlensäuremengen, wie hier im niederrheinischen Schiefergebirge oder in der Wetterau aus der Erdtiefe zutage treten, ausscheiden sollte, halte ich für ausgeschlossen, weil aus den jetzigen Vulkanen und Laven selten und dann nur geringe Mengen von austretender Kohlensäure nachgewiesen werden konnten. Dagegen wird in den Gegenden, in denen junge vulkanische Gesteine und tätige Vulkane liegen, in dem Falle, daß Kalksteine in der Tiefe unter den Vulkanen anstehen, besonders viel Kohlensäure entwickelt werden können, weil die Hitze der Erdtiefe alsdann in höhere Zonen der Sediment-Gebirgsmassen hinauf wirksam sein kann; so z. B. in der vulkanischen Eifel, in der die tief zwischen Verwerfungen und unter Überschiebungen eingesunkenen mittel- und oberdevonischen Kalksteine in geringeren Tiefen bereits diejenigen hohen Temperaturen vorfinden, durch welche sie zersetzt und in Silikatgesteine umgewandelt werden können. Insofern stimme ich der gewöhnlichen, meist falsch ausgelegten Phrase bei, die man in allen Lehrbüchern findet, daß die Kohlensäure-Exhalationen das letzte Stadium von vulkanischen Eruptionen seien.

Im mittleren Deutschland enthalten die Zechsteinsalzlager flüssige Kohlensäure; die Kristallaggregate sowohl von Steinsalz als von Kalisalzen, und die Spalten der Kristalle selbst sind erfüllt mit flüssiger Kohlensäure in sehr fein verteilten Mengen. Bekannt war schon früher das sogenannte „Knistersalz“ aus den Salzbergwerken der Staffurter Zechsteinmulden. Bei den so häufigen unterirdischen Auswaschungen

---

<sup>1)</sup> Vergl. meine Festschrift zur Weihe des neuen Sprudels in Bad-Nauheim. Darmstadt 1900.

der Salzlager verflüchtete sich die Kohlensäure in das Deckgebirge, vor allem in die Plattendolomite des oberen Zechsteins. Sobald als einzelne Bohrungen auf Kalisalze in der nächsten Umgebung des Thüringer Waldes unter der abschließenden Decke der Tone und Schieferletten des unteren Buntsandsteins und des oberen Zechsteins in die klüftigen Plattendolomite eingedrungen waren, bliesen große Mengen von Kohlensäure durch die Bohrröhre ab, so z. B. bei Sondra und bei Salzungen a. d. Werra; die ausströmende Kohlensäure wurde an beiden Orten gewonnen zur Herstellung flüssiger Kohlensäure; da aber die sowohl trocken (Mofetten) als mit Wasser in den Bohrlöchern ausströmende Kohlensäure sich nach einiger Zeit erschöpfte, mußten neue Bohrungen in einiger Entfernung von den alten abgeteuft werden, bis auch diese sich wieder erschöpfen werden.

Die in den Salzlagern eingeschlossene Kohlensäure konnte am besten in dem Kalisalzbergwerk Bernhardshall bei Salzungen an der Werra studiert werden<sup>1)</sup>; die in einer Tiefe von zirka 320 m unter Tag in dieser Grube angefahrne untere Zone der Carnallit-, Sylvinit- und Hartsalze enthielt so große Mengen feinverteilter flüssiger Kohlensäure, daß beim Anhauen oder Anschießen die Salze explodierten, und zwar in solchen Mengen, daß Arbeiter von den herausgeworfenen Salzmassen erschlagen wurden; es entstanden durch die CO<sup>2</sup>-Explosionen Höhlungen im Salzlager von mehreren Metern Tiefe und Höhe.

. Die Kohlensäure in den Salzlagern des Zechsteins ist nicht ursprünglich mit den Salzen abgelagert oder entstanden. Vielmehr ist sie erst zur tertiären Zeit in die porösen Salzaggregate und in die spätigen Salzkristalle eingedrungen, herkommend aus der Tiefe unter den Salzlagern. Daher finden sich solche „Knistersalze“ und solche Imprägnationen der Salzlager mit flüssiger Kohlensäure nur in der Nähe von großen Verwerfungen, auf deren Klüften die Kohlensäure und die warme Wasser aus der Erdtiefe aufsteigen und bis in die Salzlager und in die klüftigen Plattendolomite des Zechsteins hinaufgelangen konnten. Die Wirkungen der aufsteigenden Wasser in der Nähe von Verwerfungen erkennt man gerade in der Grube Bernhardshall sehr gut: die Kalisalzzone sind hier häufig ausgewaschen, die Salzlager verstaucht und verdrückt durch die den Auslaugungen nach-

---

<sup>1)</sup> Ich war dort im Juni 1901.

folgenden Absenkungen. In der Nähe von Bernhardshall, in den Bädern Salzungen und Liebenstein, bringen die seit Jahrtausenden ausfließenden Solquellen die ausgelaugten Salze des Zechsteins zutage.

Die am Südrande des Thüringer Waldes von Südost nach Nordwest durchstreichenden großen Verwerfungen der fränkischen Abbruchlinien, welche erst zur tertiären Zeit entstanden, bewirkten diese Störungen in den Salzlagern des Zechsteins an der Werra; ihre Klüfte ermöglichten den Wassern und der Kohlensäure aus größeren Erdtiefen aufzusteigen.

Diese Kohlensäure-Ansammlungen und -Ausströmungen im Zechstein bei Sondra, zwischen Friedrichroda und Eisenach auf der Nordseite des Thüringer Waldes gelegen, und bei Salzungen und Liebenstein auf dessen Südseite liegen im nordöstlichen Streichen des Grundgebirges, was darauf hindeutet, daß auch hier Kalksteine im tiefliegenden Grundgebirge so tief abgesunken liegen, daß sie durch die innere Hitze der Erde zersetzt werden. Mit den kleinen Basaltkuppen bei Eisenach, der Stoppelskuppe und den anderen vereinzelt Basaltdurchbrüchen der nördlichen Rhön haben diese Kohlensäuremengen im Zechstein keinen ursächlichen Zusammenhang — obwohl das Gegenteil auch schon behauptet worden ist.

Die kohlenstoffreichen Quellen der Solbäder von Gelnhausen, Orb, Salmünster, ebenso wie die von Bad Salzschlirf, von Brückenau und von Kissingen beziehen ihre Kohlensäure sämtlich aus den Zechsteinsalzlagern, in denen ihre Quellen entspringen oder direkt erbohrt sind. Durch die jüngsten Bohrungen (in den Jahren 1906 und 1907) in der Stadt Brückenau, an der Sinn südwestlich der Rhön gelegen, wurde bewiesen, daß diese stark kohlenstoffhaltigen Mineralwasser aus dem Zechstein (in zirka 400 m unter dem Sinntal), nicht aus größerer Tiefe des unterlagernden und noch weitere 150 m durchsunknen kristallinen Grundgebirges (Glimmerschiefer) herkommen; dabei war das Zechsteinsalz bereits so ausgelaugt, daß diese Quellen von Brückenau wenig NaCl, dagegen viel CaSO<sub>4</sub> zutage fördern.

Die drei genannten Bäder Kissingen, Brückenau und Salzschlirf liegen auf dem Spaltensysteme der zwischen Rhön und Vogelsberg meilenweit durchziehenden Grabenversenkung, die am deutlichsten von Fulda über Lauterbach bis Alsfeld ausgeprägt ist dadurch, daß hier Lias (bei Angersbach), Keuper und Muschelkalk, zwischen Ver-

werfungen in Buntsandstein eingebrochen und in zahlreiche kleine Schollen zerstückt, auf weite Strecken hin zu verfolgen sind. Dieser Fuldaer Graben streicht im allgemeinen parallel dem Thüringer Walde, also von Südost nach Nordwest, und ist tertiären Alters. Innerhalb und zu beiden Seiten dieser Grabenversenkung und im Bereiche ihrer Verwerfungen sind die Salzlager des Zechsteins durch den Jahrtausende lang währenden Ausfluß der Solquellen zum Teil ausgelaugt; dagegen lagern die Zechsteinsalze unter den nicht oder wenig gestörten ausgedehnten Flächen des bunten Sandsteins und nördöstlich und südwestlich des Fuldaer Grabens gleichförmig, so daß z. B. die Tiefbohrungen bei Neuhof und Giesel, südwestlich von Fulda gelegen, die Steinsalzlager (mit zwei Kalisalz zonen) des Zechsteins in einer Maximalmächtigkeit von 200 m durchsunken haben.

Unter den Basaltdecken des Vogelsberges ist die Lagerung außerordentlich gestört; die dortigen Tiefbohrungen auf die Zechsteinsalze blieben daher zumeist ohne Resultat. Wie verworfen die Lagerung hier ist, haben die unter meiner Leitung ausgeführten Bohrungen auf Solwasser in Bad Salzhausen bei Nidda bewiesen; die in den letzten Jahren von der Bohrunternehmung Erkelenz-Neuwied bis 650 m Tiefe niedergebrachte Tiefbohrung hat durchsunken: pliozäne, fast saiger einfallende Sande und Tone bis 128 m Tiefe; klüftigen, sehr frischen Phonolith von 128 bis 575 m; graue Sande und Sandsteine ohne Fossilien, vermutlich untermiozäne Schichten von 575 bis 630 m; endlich rote Sandsteine und Letten des Oberrotliegenden. Inmitten der abgestürzten und wahrscheinlich in sich überschobenen Phonolithmassen wurden in einer Tiefe von 408 bis 420 m Spalten und Klüfte durchsunken, in denen warme Solwasser von 36 bis 40° C. Temperatur und 2% Salzgehalt aufstiegen. Die Beschreibung dieser jetzt beendigten Tiefbohrung von Bad Salzhausen werde ich später in einer besonderen Abhandlung geben.

Während die Solquellen von Bad Salzhausen wenig Kohlensäure enthalten, entströmen in der nahen Wetterau bekanntlich eine große Anzahl von kalten, kohlenensäurereichen Quellen, wie diejenigen von Staden, Echzell, Schwalheim, Großkarben, Vilbel und vielen anderen Orten. Im Bereiche des eigentlichen Vogelsberges sind solche Quellen nicht vorhanden, obwohl nach der alten Theorie des Zusammenhanges zwischen Basaltlaven und CO<sup>2</sup>-Exhalationen gerade

hier im ganz vulkanischen Vogelsberge solche CO<sup>2</sup>-haltigen Quellen oder CO<sup>2</sup>-Mofetten erwartet werden sollten; die Solquellen von Bad Salzhausen, welche bereits mitten in den Basaltströmen des südwestlichen Vogelsberges entspringen, fördern, wie oben erwähnt, am wenigsten Kohlensäure zutage, und hierin haben die beiden Salzhäuser Tiefbohrungen von 413 m und 650 m Tiefe keine Änderung gebracht.

Für die an Kohlensäure so reichen Quellen der Wetterau ist daher meiner Ansicht nach weniger der nahe Vogelsberg mit seinen Laven verantwortlich zu machen; vielmehr scheint mir ebenso wie in der vulkanischen Eifel auch in der Wetterau der Beweis möglich, daß die kohlenensäurehaltigen Quellen nur an den Orten und in den Gebieten vorhanden sind und entstehen können, unter denen die mitteldevonischen Stringocephalenkalk-Schollen lagern und zum Teil in so große Tiefen der Erdkruste abgesunken sind, daß diese Kalksteine durch die innere Erdwärme zersetzt und in Kalksilikatgesteine umgewandelt werden. Es wird bei diesem Prozesse der Verbrennung der Kalksteine natürlich nur so viel CO<sup>2</sup> frei, als durch die Spalten und Klüfte des Deckgebirges mit dem Wasser (oder ohne Wasser in den Mofetten) zutage gelangen kann. Daher die Konstanz des Ausflusses der CO<sup>2</sup>-Quellen.

Jedenfalls kennen wir in der Erdkruste kein anderes Gestein, in dem so große Massen von Kohlensäure gebunden sind als in den Kalksteinen; am wenigsten ohne Zweifel z. B. in den Basalten oder Phonolithen. Diese Überlegung und die örtlich beschränkte Verbreitung der Kohlensäure führenden Quellen haben mich bewogen zu der Annahme, daß solche großen Quantitäten von CO<sup>2</sup>, wie sie tatsächlich in der Eifel, z. B. im Brohlthal, oder in der Wetterau zutage auströmen, wirklich nur aus dem größten Kohlensäureschatze der Erde, nämlich aus den kohlen-säuren Kalkgesteinen, erzeugt werden können, nicht aber aus dem erkaltenden Magma des Erdinnern, über welches wir noch dazu so wenig Genaues wissen!

In ganz Süddeutschland finden sich — abgesehen von der ober-rheinischen Tiefebene und ihren Randgebirgen — sehr wenig CO<sup>2</sup>-Quellen. Der einzige Ort von Bedeutung ist hier das Eyachtal bei Horb am Neckar, oberhalb Tübingen in Württemberg. Dort treten große Mengen von Kohlensäure aus den Spalten und Klüften des oberen Muschelkalkes aus und werden zu Mineralwasser („Eyacher

Sprudel“) und zu flüssiger Kohlensäure fabrikmäßig verarbeitet. In diesem Triasgebiete am Neckar bei Horb, auf der Ostseite des Schwarzwaldes, sind weit und breit keine vulkanischen Gesteine vorhanden; selbst Brancos Vulkan-„Embryonen“ der Uracher Alp beginnen erst 30 km weiter östlich. Ich nehme auch für die Eyacher Quellen an, daß ihre Kohlensäure unter der Triasdecke im Grundgebirge aus paläozoischen, etwa unterkarbonischen oder devonischen Kalksteinen, wie solche im Schwarzwalde und in den Vogesen anstehen, in der Tiefe durch die Erdwärme erzeugt wird, und auf Spalten und an Verwerfungen durch die Triasdecke zutage tritt. Es ist bemerkenswert, daß die „Eyachsprudel“ gerade im Fortstreichen des Grundgebirges östlich der CO<sup>2</sup>-reichen Renchtalbäder gelegen sind, 35 km östlich von Rippoldsau im Schwarzwalde.

Die gewaltigen Einbrüche der oberrheinischen Tiefebene erzeugten die Gelegenheit für den Austritt von tiefen Quellen. Auf der Westseite liegen diese Quellen wesentlich in den Verwerfungsspalten am Rande der Gebirge: Dürkheim a. d. Haardt, Niederbronn, Sulzbad, Kestenholz, Rappoltsweiler, Sulzmatt und andere; sie enthalten wenig Kohlensäure, Sulzmatt noch am meisten. Dagegen rücken die tiefen Quellen auf der Schwarzwaldseite mehr vom Rande der Tiefebene ab in das Gebirge hinein. Die Quellen in Wildbad, Teinach und Baden-Baden fördern wenig Kohlensäure zutage. Dagegen führen die Renchtalbäder (Peterstal, Griesbach, Antogast, Freiernbach, Sulzbach und drüben im Schapbachtale über dem Kniebis Rippoldsau) viel Kohlensäure, und es ist auffallend, daß diese CO<sup>2</sup>-reichen Quellen des Schwarzwaldes nahe beieinander liegen; sie entspringen aus dem granitischen Grundgebirge. Nachdem neuerdings große Überschiebungen im Grundgebirge des Schwarzwaldes erkannt wurden, mußte gerade diese Gegend der Renchtalbäder auf die Möglichkeit hin untersucht werden, ob dort nicht die Granitplatte über eingefaltete paläozoische Schichten mit Kalksteinen überschoben lagert.

### **c) Über die Entstehung der heißen, salzarmen Quellen.**

Man hat sich oft darüber gewundert, daß gewisse warme Quellen eine sehr geringe Quantität von Mineralteilen in Lösung enthalten; denn scheinbar widerspricht diese Tatsache dem bekannten Vorgange,

daß je wärmer und je reiner das Wasser ist, um so höher seine Fähigkeit steigt, Mineralteile aufzulösen.

Die Quellen der sogenannten „Wildbäder“ fördern von allen tiefen Quellen die geringsten Mengen von gelösten Substanzen zutage; die bekanntesten von diesen Wildbädern sind: Wildbad im Schwarzwald, Ragaz resp. Pfäfers in der Schweiz und Bad Gastein in den Salzburger Alpen. Die Quellen dieser drei berühmten Bäder zeigen die folgenden Mengen von aufgelösten Stoffen und die folgenden Temperaturen<sup>1)</sup>:

Wildbad: 0,711 g gelöste Substanzen  
0,029 g freie Kohlensäure  
 0,740 g auf 1000 g Wasser.  
 Temperatur: 34,5 bis 39,5° C.  
 Wassermenge: ca. 11,5 Sl = ca. 1000 cbm täglich.

Pfäfers: 0,29 g gelöste Substanzen  
0,086 g freie Kohlensäure  
 0,376 g auf 1000 g Wasser.  
 Temperatur: 37° C.  
 Wassermenge: ca. 40 Sl = 3356 cbm täglich.

Gastein: 0,34 g gelöste Substanzen auf 1000 g Wasser.  
 Temperatur: 48° C.  
 Wassermenge: ca. 50 Sl = 4320 cbm täglich.

Bad Gastein liegt ca. 1000 m über dem Meere. Wo die tosenden Wasserfälle der Gasteiner Ache in enger Schlucht hoch herabstürzen, brechen sieben warme Quellen aus dem festen Gestein, dem Granitgneis, und elf aus dem Schutte des Gehänges am Fuß des Schreckberges hervor. Sicherlich steigen die warmen Wasser dieser 18 Ausläufe auf einem einzigen Spaltensysteme aus dem Innern des Berges herauf an die Oberfläche; denn die Wasser dieser ganz nahe beieinander austretenden Quellen besitzen die gleichen chemischen und physikalischen Eigenschaften. Im Franz-Joseph-Stollen, hinter dem Badeschloß hori-

---

<sup>1)</sup> Zum Vergleich sei hier erwähnt, daß z. B. der Wiesbadener Kochbrunnen bei 65,7° C 8,58 g Salze und 0,3 g freie Kohlensäure; der Bad Nauheimer Sprudel XII bei 35° C 33,63 g Salze und 3,3 g freie CO<sub>2</sub>; Aachen bei 72° C 4,7 g Salze und 0,27 g freie CO<sub>2</sub> enthalten.



zontal in den Granitgneis des Schreckberges 84 m lang eingetrieben, sieht man am innersten Ende das warme Wasser aus den 5—6 cm weit klaffenden, offenen Spalten des flach  $15^\circ$  in Nord einfallenden Granitgneises ausfließen, mit einer Temperatur von  $47,8^\circ$  C. Der Stollen ist erfüllt mit Wasserdampf.

In den Tälern der nächsten Umgegend von Bad Gastein brechen eine Anzahl von zum Teil sehr wasserreichen kalten Quellen aus, deren niedrige Temperatur (bis  $3^\circ$  C.) beweist, daß diese flachen Quellen von oben aus den Bergen der hohen Tauern ihren Wasserzufluß erhalten. Im Gegensatz hierzu müssen die warmen Gasteiner Quellwasser aus großer Tiefe durch offene Spalten des Granites bis in diese Höhen von 1000 m heraufdampfen. Ich sage „dampfen“, und dieser Ausdruck erklärt zugleich sowohl die Höhe, in welcher sie ausfließen, als ihren geringen Gehalt an aufgelösten Mineralteilen. In der Erdtiefe sind die heißen Wasser so lange mit einer reichlichen Menge von gelösten Substanzen beladen, als sie, unter hohem hydrostatischem Druck überhitzt, wie in den Geisirschlotten, nicht verdampfen können. Sobald sie aber im Gebirge in eine solche Höhe gelangen, daß ihre Wärmespannung den Druck überwinden kann, wandeln sie sich in den Spalten der Gesteine in Wasserdampf um und entladen sich infolgedessen von allen gelösten Substanzen. In noch größerer Höhe wird der Wasserdampf durch die Kälte der Berge in Wasser von  $100^\circ$  C Temperatur kondensiert; wenn solches Wasser direkt aus Spalten zutage treten würde, wären dies Quellen von absoluter Reinheit des Wassers. Indessen kühlen sich die heißen, auf  $100^\circ$  C kondensierten Wasser, bis sie z. B. in den Granitspalten am Schreckberge in Bad Gastein ausfließen, noch bis  $48^\circ$  C ab; auf diesem letzten Wege, auf welchem die Quellwasser von 100 bis  $48^\circ$  abgekühlt werden, nimmt das Wasser, obwohl es schnell durch die Spalten fließt (sonst würde es stärker abgekühlt werden), immerhin noch einige Substanzen auf, die es aus den Mineralien des Granites auslaugt. Daher enthalten die Gasteiner Quellen eine geringe Menge von Alkalien, Erden, Eisen, Tonerde und Kieselsäure. Dagegen steigen Chlor, Schwefel und Kohlensäure gasförmig mit dem Wasserdampfe aus den überhitzten Lösungen der Tiefe herauf.

Die Quellen von Wildbad im Schwarzwald entspringen ebenfalls dem Granit; die wenigen in diesem destillierten Wasser gelösten Substanzen stimmen mit denen von Gastein überein.

Der Wasserreichtum der warmen Quellen von Pfäfers schwankt je nach der Jahreszeit und nach trockenen und feuchten Jahren; in manchen Wintern, wenn das Hochgebirge in Schnee und Eis erstarrt, hören sie ganz auf zu fließen; ja einmal versiegten sie sogar im Sommer (1857) nach einer trockenen Periode. Trotz der schwankenden Wassermenge, deren Maximum oben angegeben ist, bleibt die Temperatur der Quellen konstant 37 bis 38° C. Die Kälte in der tief eingeschnittenen Taminaschlucht erzeugt die Dämpfe, die aus den offenen Quellspalten aufsteigen. Die Quellspalten stehen in einem schwarzen Kalkstein (mit weißen Kalkspatadern), der den eozänen Schiefen eingelagert. Daher enthalten die Quellen von Pfäfers etwas mehr Kalk als die anderen Wildbäder. Um so mehr beweist der geringe Gehalt an gelösten Substanzen, daß die Wasserdämpfe sich in nicht sehr großer Tiefe unter der Taminaschlucht erst zu Wasser kondensiert haben.

Die Abhängigkeit des Wasserquantums der Quellen von den Jahreszeiten deutet auf einen gewissen Zusammenhang des aus der Tiefe aufsteigenden heißen Wassers mit den in den Bergen über der Tamina sich sammelnden flachen Quellen; wenn diese im Winter oder nach trockenen Sommermonaten nicht mehr die Bergspalten füllen, tritt Luft in diese Spalten ein und verhindert das Aufdringen der tiefen Quellen bis in die Taminaschlucht. Dies ist eine mechanische Einwirkung: die tiefen Quellen laufen alsdann, wie ich vermute, durch die nicht mehr mit Wasser gefüllten Spalten des Gebirges in das östlich von Ragaz bis in große Tiefe eingeschnittene Rheintal unterirdisch ab. Eine direkte Vermischung der tiefen Quellen mit den flachen Bergwassern findet nicht statt, solange sie in der Taminaschlucht ausfließen, was daran zu erkennen ist, daß die chemische Zusammensetzung der Pfäfersquellen und ihre Temperatur immer ungefähr konstant bleibt.

Dieselbe Erscheinung wie in Pfäfers aus natürlichen Gründen, geschah infolge von einem künstlichen Eingriff im März 1901 in Bad-Nauheim: beim Bau der Kammer für den neuen Sprudel XIV, der im Jahr 1900 von mir erbohrt war, wurde der Boden 5–6 m im Sprudelterrain ausgehoben und die Grundwasser des Usatales ausgepumpt. Da die beiden alten Sprudel VII und XII schlecht verrohrt waren, brachen die Sprudelwasser seitlich unten im Talboden aus und füllten die vom Grundwasser leer gepumpten pliozänen Sandschichten, die

dort unter dem diluvialen zähen Moränenschlamm lagern. Erst nachdem der Aushub wieder zugefüllt, und die Schichten sich wieder mit Grundwasser gesättigt hatten, kamen die Sprudel allmählich wieder in ihre alten Fassungen zurück.

Etwas ähnliches geschah bekanntlich den Teplitzer Quellen im Jahre 1879: im Döllinger Schacht der Ossegger Braunkohlenwerke zwischen Dux und Ossegg wurden in einer Tiefe von 58 m unter Tag Wasseradern angeschlagen, durch welche große Grundwassermassen in die Gruben einbrachen; durch die hierdurch bewirkte Entwässerung der ganzen Umgegend wurden schließlich auch die einige Kilometer entfernten tiefen Quellen von Teplitz, die in klüftigen, permischen Quarzporphyren aufsteigen, mit in den neuen Grundwasserstrom hineingezogen und erschienen nicht mehr in ihren Teplitzer Ausläufen, weil ihr unterirdischer Abfluß in die Braunkohlengruben tiefer lag als ihre Fassungen im Teplitzer Park. Erst nachdem die Teplitzer Quellen im Porphyry so tief gefaßt und verrohrt worden waren, daß sie nicht mehr seitlich ausbrechen konnten, erschienen sie wieder in ihren alten Brunnen.

Wenn in der Taminaschlucht die warmen Quellen mittelst geschlossener Kupferrohre tief gefaßt würden, so wäre ein Ausbrechen der Quellen durch unterirdische Spalten in das tiefe Rheintal bei trockenen Zeiten ausgeschlossen, und die Quellen würden Sommer und Winter gleichmäßig fließen.

#### **d) Über Anomalien der geothermischen Tiefenstufen.**

Es wird von Mathematikern immer wieder versucht, mit Formeln der höheren Mathematik die allergenauesten Berechnungen über die Wärmezunahme des Erdinnern anzustellen. Dabei wird vergessen oder es bleibt unbekannt, daß nicht nur die Messungen in den Bohrlöchern, in den Tunnels oder in den Bergwerken an sich zu ungenau sind, um auf Grund derselben arithmetische Gleichungen zu formulieren; es werden vielmehr auch alle in Betracht kommenden Einflüsse der örtlichen geologischen Verhältnisse kaum berücksichtigt. Die mathematischen Berechnungen wurden daher gelegentlich von selbst ad absurdum geführt: das krassste Beispiel war in dieser Beziehung die Berechnung der Wärmezunahme resp. Abnahme des Erdinnern, wie sie auf Grund der Messungen in dem Bohrloche von Sperenberg südlich Berlin vor-

genommen wurden, obwohl hier nur acht Beobachtungen in gleichen Tiefenabständen vorlagen; die mathematischen Formeln bewiesen mittelst der unfehlbaren Methode der kleinsten Quadrate, daß danach für eine Tiefe von 1620 m ein Maximalwert von  $50,87^{\circ}$  C Temperatur erreicht würde und von dieser Tiefe an die Wärme der Erde abnehmen müsse. Obwohl in dem einige Jahre später abgeteuften Bohrloch von Schladebach bei Merseburg in der angeblichen Maximaltiefe von 1620 m die Temperatur von  $55^{\circ}$  C direkt beobachtet und im Tiefsten dieses Bohrloches bei 1716 m eine Wärme von  $56,63^{\circ}$  C gefunden wurde, gab es dennoch wieder mathematische Berechnungen, welche für die Messungen im Bohrloche von Schladebach „die Fehlerquadrate“ in Gleichungen einstellten und ausrechneten, daß nunmehr in einer Tiefe von 2250 m der größte Wärmewert mit  $59,63^{\circ}$  C läge, sowie daß von dieser Tiefe an die Wärme abnehme bis auf Null und dann negativ werde.

Diese mathematischen Berechnungen, mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate in Gleichungen gebracht, imponierten manchen Geologen derartig, daß sogar neue Auflagen von bekannten Lehrbüchern danach umgearbeitet wurden, und unbesehen abdruckten, es sei nun „mathematisch“ bewiesen, daß das Erdinnere kalt sei bis zum absoluten Nullpunkt von  $-273^{\circ}$  C, daß die Wärme in den obersten Erdschichten nur gewissen Oxydationsprozessen zuzuschreiben sei, und ähnliches mehr.

Die neueste Abhandlung eines Mathematikers über die Wärmezunahme des Erdinnern von J. Koenigsberger<sup>1)</sup> bemüht sich nun, wie der unten angegebene Titel der Abhandlung bereits zum Ausdruck bringt, die früher von anderen Mathematikern gemachten Fehler zu vermeiden und alle störenden Faktoren möglichst zu berücksichtigen. Wie unsicher auch hierbei die Grundlagen sind, beweist z. B., daß J. Koenigsberger die geologisch ganz unwahrscheinlichen Hypothesen von Alphons Stübel über das „flüssige“ Magma in der Erdkruste annimmt.

Was ich aber hier nur hervorheben möchte, nämlich den Einfluß der flachen und tiefen Quellen auf die Gesteinswärme in den Bohr-

---

<sup>1)</sup> Über die Beeinflussung der geothermischen Tiefenstufe durch Berge, Seen, vulkanische Erscheinungen, chemische Prozesse und Wärmeleitfähigkeit der Gesteine; in *Compte rendu de la X<sup>me</sup> Session du congrès géologique international, Mexico 1906.* II. Bd., S. 1127.

löchern und in den Tunnels — das berücksichtigt J. Koenigsberger bei seinen Berechnungen überhaupt nicht; vielmehr nimmt er an, daß „in mittleren Breiten die verschiedenen Gesteine sich stets in bergfeuchtem Zustand befinden“ und daher „ziemlich dieselbe Wärmeleitfähigkeit haben“.

Die geringen Unterschiede, welche für die Wärmeleitung der verschiedenen Gesteine bestehen, kommen gar nicht in Betracht gegenüber den großen Wärmeunterschieden, welche den Gesteinen von den fließenden unterirdischen Wasserströmen verursacht werden. Dies haben z. B. die Erfahrungen bei der Durchbohrung des Simplontunnels bewiesen: es wurden kalte flache Quellen von 14—15° C Temperatur bei 4380 m Entfernung vom Südportal in den Kalksteinen und Anhydriten angeschlagen, welche die von ihnen durchflossenen Gesteine unter die normale Bergtemperatur abkühlten; und es wurden mitten im Tunnel, der ca. 20 km lang ist, warme tiefe Quellen von 46—54° C Temperatur aufgefahren, welche die Gesteinswärme über Normal erhöhten.

Bei Bohrungen auf Quelladern erscheinen die Wärmedifferenzen der Gesteine noch auffallender.

Nahe oberhalb des Dorfes Salzig, südlich von Boppard auf dem linken Rheinufer gelegen, befand sich eine kleine, schwach salzige, kalte Quelle, welche bereits den Römern, als sie dort herrschten, bekannt war; ich habe in den letzten Jahren dort zwei Tiefbohrungen ausgeführt, die warme tiefe und sehr kohlen säurereiche Solquellen erschlossen haben; die Wärme der Quellwasser wurde in einer Tiefe von 450 m zu 38° C gemessen. In Bad-Nauheim werfen die drei Solsprudel aus gebohrten Tiefen von 160 bis 207 m Tiefe unaufhörlich Wasser von 30 bis 35° C Wärme aus. In Bad Salzhausen bei Nidda habe ich in den letzten Jahren aus Spalten mitten im Phonolith warmes Solwasser von 36 bis 40° C Temperatur in einer Tiefe von 408 bis 420 m erbohrt.

Die mittlere Jahrestemperatur von Salzhausen am Vogelsberg beträgt etwa 8° C; bei normaler Wärmezunahme von 3° C auf 100 m könnten also in 400 m Tiefe etwa 20° C Temperatur herrschen; statt dessen ist die Wärme doppelt so hoch, nämlich bis 40° C; da die tiefen Quellen natürlich in fortdauernder Bewegung sind — sonst würden sich ja die Wasser in den Quellspalten auf die normale Wärme

der Erdtiefe abkühlen müssen —, so wird den Gesteinen in der Umgebung der Quellspalten auch unaufhörlich Wärme zugeführt und dadurch in den höheren Wärmegraden erhalten.

Wenn bei Bohrungen eine abnormal geringe geothermische Tiefenstufe angetroffen worden ist, so wird in der Regel irgendein in näherer oder weiterer Entfernung befindliches vulkanisches Gestein, meist irgendeine Basaltkuppe oder ein anderes Eruptivgestein aus der Tertiärzeit dafür verantwortlich gemacht. So z. B. sollte das Bohrloch von Neuffen, an der schwäbischen Alp bei Urach gelegen, deswegen die kleine Tiefenstufe von 10 m besitzen, weil es im Bereiche der bekannten Uracher Vulkanembryonen steht; dabei müßte man doch eigentlich annehmen, daß das Magma, das einstens in der miozänen Zeit diese vulkanischen Schloten mit Basalttuffen gefüllt hat, seither bis in größte Tiefe längst erstarrt sein dürfte, weil sich in dieser Gegend niemals wieder vulkanische Kräfte geregt haben. Indessen wird sogar die ungewöhnlich kleine Tiefenstufe eines Bohrloches bei Sulz im Nagoldtale auf dem östlichen Schwarzwald ebenfalls durch die Hitze des Magmas erklärt deswegen, weil Sulz 40 km westlich von Neuffen<sup>1)</sup> liegt! Man sieht, daß die sogenannten vulkanischen Erscheinungen der Erde alles erklären sollen, auch wenn sie gar nicht vorhanden sind!

Jedenfalls können derartige willkürliche Annahmen durch nichts bewiesen werden, während wir die warmen und die kalten Wasserströme als Ursache von Erwärmung und von Erkältung der Gesteine in der Erdtiefe kennen und durch Tiefbohrungen, in Bergwerken und in Tunnels nachgewiesen haben.

Auch den umgekehrten Fall, nämlich die anormal großen Tiefenstufen lassen sich durch kältere Wasseradern erklären; z. B. soll in einem Bohrloche in Chicago eine geothermische Tiefenstufe von 70 m gemessen worden sein. Nicht nur in den Tunnels sind abwechselnd kalte und warme Quellen angefahren worden, auch bei Tiefbohrungen kommt es vor, daß kältere Wasseradern unter wärmeren erbohrt wurden. So hatte z. B. der Salineninspektor Tasche in Bad Salzhausen bei Nidda im Vogelsberg in den Jahren 1855—1858 ein 136 m tiefes Bohrloch abgeteuft und traf dabei in 75 m Tiefe 22,5<sup>0</sup> C, und in

<sup>1)</sup> J. Koenigsberger a. a. O. S. 1143: „In Württemberg weist die kleine Tiefenstufe bei Sulz auf den Einfluß der vulkanischen Erscheinungen in der Nähe des 40 km entfernten Neuffen.“

100 m 23,4° C warmes Wasser, dagegen in 136 m nur 15° C warmes Wasser an. Diese Angaben sind mir nicht nur deswegen glaubhaft, weil Tasche ein sehr genauer Beobachter war und ein sehr sorgfältiges Bohrtagebuch über diese Bohrung hinterlassen hat, sondern weil die geologischen Verhältnisse von Bad Salzhausen solchen Wechsel von warmen und kalten Wasseradern durchaus wahrscheinlich machen; das Taschesche Bohrloch steht nämlich in pliozänen Sanden und Tonen, die über einer abgestürzten Phonolithplatte fast saiger stehen; die warmen Wasser steigen aber aus tiefen Spalten des Phonolithes in die verworfenen pliozänen Schichten in einzelnen Adern auf, deren Ausflüsse als natürliche Solquellen im Talboden von Bad Salzhausen zutage austreten.

Aus den hier vorgetragenen Gründen scheinen mir die kalten und warmen Wasserströme in der Erdkruste die wesentlichsten, aber ganz unberechenbaren — auch nicht mittelst der so sehr genauen Methode der kleinsten Quadrate zu berechnenden — Fehlerquellen bei den Berechnungen der geothermischen Tiefenstufen zu sein.

### **e) Über Denckmanns Silur im Kellerwalde, im Harze und im Dillgebiete.**

Auf den Blättern Hannover und Berlin meiner geologischen Karte des Deutschen Reiches im Maßstabe 1:500 000, Blätter, welche im Jahre 1896 erschienen, hatte ich im Harze Lossens „Tanner Grauwacken“ durchgängig als Kulm, und seine „Unteren Wiederschiefer“ (mit den Graptolithen-Horizonten) als Silur, die übrigen „Hercyn“-stufen Beyrichs und Lossens bis zum Kahlebergquarzit als Unterdevon eingezeichnet. Auf andere Weise konnte ich damals meine Ansicht über den Silurcharakter der Graptolithen-Schichten und der Interrupta-Kalke des Unterharzes nicht zum Ausdruck bringen; ich wollte damit nur einen kräftigen Anstoß zur endlichen „Umdeutung“ des Harzes geben — welcher Zweck ja auch dadurch von mir erreicht worden ist.

Nachdem M. Koch danach einen Anfang im Harze gemacht hatte, um Beyrichs „Hercyn“, diese verfehlte Zwischenstufe zwischen Silur und Devon, zu beseitigen und die von K. Lossen und Em. Kayser mißdeutete Lagerung der altpaläozoischen Schichten in der Gegend von Elbingerode in richtigere Bahnen zu leiten, ging A. Denck-

mann<sup>1)</sup> an die Umdeutung des Kellerwaldes bei Marburg, des östlichsten Endes vom niederrheinischen Schiefergebirge in der Richtung gegen den Harz. A. Denckmann fand im Kellerwalde Graptolithen — welche typischen Leitfossilien des Silur freilich im Harze von E. Beyrich, K. Lossen und Em. Kayser in das „Hercynische Unterdevon“ gestellt worden waren.

Wie dies auf anderen wissenschaftlichen Gebieten ebenfalls zu geschehen pflegt, bewirkte die Opposition gegen die frühere falsche Auffassung und die Neuheit der Sache bei A. Denckmann eine Übertreibung nach der entgegengesetzten Richtung. In seiner Entdeckerfreude hat nämlich A. Denckmann eine Anzahl von Schichtenstufen im Kellerwalde, welche offenbar zum Devon oder zum Kulm gehören, in seine neuen Silurstufen hineingezogen. Die Goniatiten seines „Gilsakalkes“ sind sicherlich devonisch und nicht silurisch; vermutlich auch die Phacopsarten und die Phacopiden-Untergattung Trimeroccephalus. Von den von A. Denckmann zum Silur gestellten Quarziten und Grauwacken, sowie die Landpflanzenreste führenden Grauwackenschiefer und Tonschiefer wird die Mehrzahl wieder in das Devon und in den Kulm zurückwandern müssen, ebenso die Tentaculitenschiefer und gewisse Kiesel-schieferhorizonte.

Als wirkliches Silur werden für den Kellerwald im wesentlichen wieder die Graptolithenschichten übrig bleiben. Alle übrigen Silurstufen Denckmanns müssen nach ihren Leitfossilien revidiert werden. Die Lagerung der Schichten ist für eine richtige Altersbestimmung leider wenig zu brauchen, weil im Kellerwalde zahlreiche Verwerfungen und Überschiebungen die Erkenntnis der Lagerung äußerst erschweren, und dazu die waldbedeckten Berge schlechte Aufschlüsse bieten.

A. Denckmann hat sich nun dadurch zu decken gesucht, daß er für seine neuen Silurstufen durchgehends Lokalnamen geschaffen hat: „Steinhorner Schichten“, „Wüstegartenquarzit“, „Urfer Schichten“, „Gilsakalk“ usw. Dadurch wird neue Verwirrung hervorgerufen; denn da A. Denckmann seinen lokalen Stufen nicht durch Fossilien ein kräftiges Leben einhauchen konnte, wissen seine Nachfolger, die seinen Spuren folgen, niemals sicher, welchen der Horizonte Denckmanns sie nun wirklich vor sich haben.

---

<sup>1)</sup> Der geologische Bau des Kellerwaldes. Abhandl. preuß. geolog. Landesanstalt. Neue Folge; Heft 34, mit drei geologischen Karten (ohne Profile). Berlin 1901.



Bedenklich ist aber, daß, ehe noch die Denckmannschen Silurhorizonte des Kellerwaldes paläontologisch begründet sind — und das dürfte schwer halten wegen des großen Mangels an Fossilien oder an brauchbar erhaltenen fossilen Resten —, diese neue unsichere Einteilung mit allen ihren unverständlichen Lokalnamen auf andere Gegenden von preußischen Landesgeologen bereits übertragen worden ist.

O. H. Erdmannsdörffer<sup>1)</sup> stellt plötzlich im Harze weitausgedehnte Schichtenkomplexe, welche durch ihre Fossilien und durch ihre Lagerung als Devon oder Kulm charakterisiert sind, zum Denckmannschen „Silur“ des Kellerwaldes: der bekannte Quarzitücken des Bruchberg-Ackerbergzuges, der von M. Koch und L. Beushausen als Unterdevonquarzit erst vor kurzer Zeit durch die in demselben gefundene fossile Fauna als Stufe des *Spirifer paradoxus* nachgewiesen wurde, nachdem Fr. A. Roemer ihn bereits als Unterdevon angesprochen hatte, wird von Erdmannsdörffer nur nach einer scheinbaren petrographischen Ähnlichkeit zum silurischen „Wüstegartenquarzit“ Denckmanns gestempelt; dabei hat, wie oben gesagt, A. Denckmann seinen „Wüstegartenquarzit“ im Kellerwalde durch keine Fossilien als Silur wirklich nachgewiesen. Im Hangenden folgen im Bruchberg-Ackergebiete Grauwacken „mit massenhaften, aber schlecht erhaltenen Pflanzenresten“, Grauwacken, welche zum Kulm gehören; O. H. Erdmannsdörffer stellt sie ohne jeden Beweis, „ihrer völligen petrographischen Übereinstimmung wegen“, einfach zu dem angeblich silurischen „Ortberg-Grauwackensandstein“ Denckmanns in dessen „System des Kellerwaldquarzits“ — ein Silursystem, das keineswegs durch A. Denckmann als Silur nachgewiesen worden ist.

Nachdem so O. H. Erdmannsdörffer kurzerhand den unterdevonischen Bruchberg-Ackerquarzit und seine Flanken für Kellerwald-„Silur“ Denckmanns erklärt hat, überträgt er diese angeblichen Silurstufen auf eine Gegend nördlich des Brockengranites zwischen Ecker-Tal und Harzburg; dort, im Gebiete des Wartenberges und Hirschkopfes, werden von ihm wieder die Quarzite und Grauwacken des Unterdevon und Kulm ohne jegliche Fossilfunde zum „Silur“ verwiesen.

---

<sup>1)</sup> Stratigraphische und tektonische Verhältnisse der Silurschichten im nordöstlichen Gebirgsanteil von Blatt Harzburg. Jahrb. preuß. geol. Landesanstalt. 25. Bd., S. 641—645. Berlin 1906.

Auf solche Art und Weise kann die alte Verwirrung der Harzschichten nicht beseitigt, sondern nur wesentlich vergrößert werden!

Während nun dieser Versuch Erdmannsdörffers doch wenigstens nur ein vorläufiger Bericht aus seinem Aufnahmegebiete bei Harzburg ist und sich hoffentlich beim Fortschritt der Aufnahmen verbessern wird, so stellt sich eine zweite Übertragung des Denckmannschen Kellerwald-Silursystemes als eine definitive dar, nämlich diejenige auf den im Jahre 1907 von der Königlich preußischen geologischen Landesanstalt veröffentlichten Blättern Herborn an der Dill, Ballersbach und Oberscheld. Em. Kayser, welcher diese Blätter in den Jahren 1888—1900 aufgenommen hat, zieht hier von Bischoffen bis Greifenstein einen mehrere Kilometer breiten und 20 km langen mächtigen Schichtenkomplex von angeblichen „Silur“-Stufen durch, ohne daß in dem ganzen Gebiete auch nur ein einziges Silurfossil gefunden worden wäre! Er zeichnet diese Bergzüge nur deswegen als „Silur“ ein, weil sie petrographische Ähnlichkeit besitzen sollen mit den Denckmannschen Silurstufen im Kellerwalde. Nicht einmal die Graptolithen, welche doch A. Denckmann im Kellerwalde aufgefunden hatte, konnten in diesem Herborner „Silur“-Gebirgszuge nachgewiesen werden.

Dagegen steckt der berühmte Fundort der mitteldevonischen Greifensteiner Crinoïdenkalke, deren interessante Fauna durch die bekannten Abhandlungen von Fr. Maurer beschrieben worden ist<sup>1)</sup>, mitten in diesem angeblichen „Silur“-Gebiete! Dieses kleine, ca. 20 m mächtige mitteldevonische Kalklager, 1,3 km südsüdwestlich von Greifenstein im Walde anstehend, soll nach Em. Kayser eine mit Verwerfungen in die ringsum lagernden „Silur“-Schiefer und Grauwacken eingesunkene Scholle sein!

Nordöstlich und südlich von Greifenstein sind kleine Kalklager mit *Stringocephalus Burtini*, *Pentamerus rhenanus* und Korallen bekannt. Bei Greifenthal stehen obere Coblenzschichten mit *Spirifer arduennensis*, *Rhynchonella daleidensis* usw. an, also unterdevonische Grauwackenschiefer.

---

<sup>1)</sup> Die Originale zu den fossilen Faunen seiner Arbeiten und seine übrigen reichen Sammlungen wurden von dem verstorbenen Friedrich Maurer dem Darmstädter Museum geschenkt und sind im neuen Messelschen Landesmuseum aufgestellt.

Die Unsicherheit über die angeblichen „Silur“-Schichten veranlaßte Em. Kayser, die Denckmannschen Lokalnamen aus dem Kellerwalde noch um einige neue Lokalnamen aus diesem Dillgebiete zu vermehren: „Hörregrauacke“, „Gladenbacher Kalke“, „Sinner Schiefer“ usw.

Solange keine Silurfossilien in diesem Bischoffen-Greifensteiner Gebirgszuge gefunden sind, werde ich diese Schiefer und Grauackern, wie bisher, als vorherrschend mitteldevonisch ansehen; der Greifensteiner Crinoidenkalk und die Stringocephalenkalke, sowie die in demselben Gebiete zahlreich auftretenden bis jetzt noch fossilere dunklen Kalke bilden meiner Ansicht nach Einlagerungen in mitteldevonischen Schiefeln, gerade wie im Kellerwalde und wie im Harze. Die allgemeine Lagerung des „Silur“-Zuges Bischoffen-Greifenstein stimmt dieser Auffassung insofern bei, als dieser NO streichende Schiefer- und Grauackenzug sowohl auf seiner Süd- wie auf seiner Nordseite begleitet wird von den hangenden Oberdevonstufen. Wenn durch Verwerfungen oder Überschiebungen bei Greifenthal obere Coblenzschichten in den mitteldevonischen Schiefeln aufbrechen, so ist dieser tiefere Horizont nur wieder ein Beweis dafür, daß sich zwischen Greifenthal und dem Greifenstein ein Sattel des ganzen Mitteldevon heraushebt und an einer Stelle in einem Sattelaufbruch noch die nächst tiefere Devonstufe, die oberen Coblenzschichten zutage treten. Aber von Silur läßt sich keine Spur in dem langen Gebirgszuge nachweisen.

#### **f) Die Moränen am Taunusrande.**

Für die niedrigen mitteldeutschen Gebirge habe ich stets eine Vergletscherung zur Haupteiszeit angenommen. Die richtigen Kare, mit denen alle Täler des 15 km langen 500–600 m hohen Bergrückens der Neunkircher und Seidenbacher Höhen im kristallinen Odenwalde beginnen, die Blockanhäufungen und Blockwälle in diesen Karen und Tälern (z. B. in der Gegend vom Rodenstein oder auf der Altscheuer und im Wildfrauhaus), die typischen Grundmoränen am Westabhange des langen Granitzuges der Tromm gegen das Weschnitztal, oder die in ausgedehnten Mulden eingelagerten Grundmoränenmassen bei Brandau und Beedenkirchen, gewisse Blockanhäufungen an der Bergstraße — an allen diesen und vielen anderen Orten sind von mir

im Laufe der 27 Jahre, welche ich jetzt die geologischen Landesaufnahmen in Hessen leite, so zahlreiche Anzeichen einer Vergletscherung des Odenwaldes beobachtet worden, daß ich niemals daran gezweifelt habe, daß dieses kaum über 600 m Meereshöhe aufragende deutsche Mittelgebirge zur Haupteiszeit vergletschert war.

Betrachten wir die Umbiegung der pliozänen Tonschichten und ihre Verknüpfung mit diluvialen Blöcken am Karlshofe nördlich von Darmstadt<sup>1)</sup> (in nur 150 m Meereshöhe), oder die Staudungserscheinungen am Bieberer Berge bei Offenbach am Main — so sehen wir, daß sich die Vergletscherung des Odenwaldes bis in die Mittelrhein- und Untermain-Ebenen verfolgen läßt. Und wenn wir endlich an das großartige Profil<sup>2)</sup> am Bahnhof bei Edenkoben in der Vorderpfalz denken, in dem die nach allen Richtungen in zähen sandigen Letten sitzenden, fest verpackten Buntsandsteinblöcke (bis 2 m große) die liegenden pliozänen Tone und Sande (Freinsheimer Schichten) stark verstaucht und verknüftet haben, in einer Meereshöhe von 140—150 m, so können wir derartige Blockmassen am Rande der Rheinebene gar nicht anders erklären, als daß wir annehmen, daß zur Haupteiszeit die Gletscher der Hardt herabgeflossen sind bis in die Rheinebene. Allerdings nehme ich dabei an, daß die oberrheinische Tiefebene mit der Untermainebene und der Wetterau zur Haupteiszeit in einem höheren Niveau über dem Meere lag als jetzt, und daß sie seit der Zeit des mittleren Diluviums immer tiefer abgesunken ist.

Noch ausgedehnter als an der Bergstraße und an der Hardt lagern die Grundmoränen am Ostrande des Taunus von Homburg vor der Höhe bis Bad-Nauheim.

Aus einem breiten Kar der Taunusquarzitberge fließt der Kirdorfer Bach von der Saalburg hinab zum Homburger Parke; dieses weite

---

<sup>1)</sup> Abgebildet von G. Klemm im Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der geolog. Landesanstalt zu Darmstadt, herausgegeben von R. Lepsius. Neue Folge, 16. Heft, Tafel III. Darmstadt 1895.

<sup>2)</sup> Dieses Profil war ganz frisch und in einer Länge von 500 m, in einer Höhe von 10—14 m aufgeschlossen, als die süddeutschen geologischen Landesanstalten im Frühjahr 1892 dieses Profil auf ihrer gemeinsamen Diluvialreise studierten; siehe: Gemeinschaftlicher Bericht der geolog. Landesanstalten von Baden, Bayern, Elsaß-Lothringen und Hessen über Exkursionen in den Quartärbildungen des oberen Rheintals zwischen Basel und Mainz. Tafel I, Profil III, 3. In Mitteilg. der Großh. badischen geolog. Landesanstalt III. Bd., 1. Heft. Heidelberg 1893.

Amphitheater ist erfüllt mit ungeheuren Blockanhäufungen, die nur als Moränen gedeutet werden können. Die besten Aufschlüsse liegen nahe nördlich von Dornholzhausen. Hier sind Gruben, in denen die Quarzitblöcke aus dem zähen, dunkelgraubraunen Grundmoränenschlamm gewonnen werden, und Wasserrisse, in denen die fest in graubräunlichen Letten eingepackten, ganz regellos liegenden Blöcke jeder Größe zu sehen sind. Viel Wasser halten die tonig-lettigen Moränen. Mit dem lockeren Gehängeschutte der Taunusberge sind die schweren Böden und festgepackten Blockmassen dieser Grundmoränen nicht zu verwechseln.

Auf den Wegen von Homburg über Ober-Rosbach und Ockstadt nach Bad-Nauheim sieht man, daß solche Moränenblockmassen den ganzen ca. 20 km langen Gebirgsabhang von Dornholzhausen bis Ober-Mörlen, im Usatale oberhalb Bad-Nauheim gelegen, vorwiegend zusammensetzen. Gute Aufschlüsse, in denen die Blockpackung typisch ausgebildet ist, bieten die langdurchziehenden Wasserrisse im Walde westlich über dem Ober-Straßheimer Hofe, oder die Steingruben am Hollarberge bei Ockstadt und bei der Hasselhecke hinter dem Nauheimer Stadtwald; die weiten Feld- und Wiesenflächen zwischen dem Hof Hasselhecke, dem Johannesberg und Ober-Mörlen liegen zum größten Teil auf Moränenblockmassen. Da die Blockpackung in diesen Aufschlüssen zuweilen bis 5,5 m hoch senkrecht feststeht, so wird der Unterschied klar zwischen den zähen Grundmoränenletten, in denen die Quarzitblöcke wirt und ganz fest eingepackt liegen, und dem lose und sandig aufgehäuften jüngeren Gehängeschutte dieser Taunusberge.

In den letzten Jahren entstanden in Bad-Nauheim im Talboden der Usa bei den Quellen und Solsprudeln weit durchziehende Aufschlüsse durch die großen Baugruben für die neue evangelische Kirche und für die neuen Badehäuser, sowie für den Fernheizkanal, der von den Badehäusern die Bahnhofstraße hinauf, unter dem Bahnhofe hindurch, bis an die neuen Maschinenhäuser am Goldstein den Untergrund auf 500 m Länge aufschlitzte.

Diese verschiedenen Baugruben reichten 4–6 m unter die Talsohle. Unter den wenig mächtigen Usaschottern liegt eine 3–5 m mächtige Blockpackung, Quarzitblöcke in allen Größen, bis 2 m lang; einige dieser großen Blöcke sind vom Großh. Tiefbauamte mit vieler Mühe aus den Baugruben herausgeschafft und im Park aufgestellt

worden<sup>1)</sup>, so ein Block von 40 Zentner Gewicht; der eine dieser großen Quarzitblöcke ist durch eine Gletschermühle mitten durchbohrt mit einem 25–30 cm weitem, rundem Loch. Die kleinen und großen Blöcke bestehen alle aus Quarzit, sie sind abgekantet und die größeren gut geglättet; nirgends sind glaziale Kritzer oder Schrammen zu sehen, da sich solche auf Quarzit nicht erhalten können. Die Blöcke sitzen nach allen Richtungen, stehen oft senkrecht oder schräg auf schmaler Kante; sie sind ganz fest gepackt und eingeknetet in den graubräunlichen, tonigen, zähen Letten; der ganze Blocklehm ist so fest, daß er sich schwer hacken läßt und in senkrechten Wänden steht – z. B. in der 6 m tiefen Baugrube der Kirche einen vollen Winter hindurch fest ohne Verschalung!

Was aber nun das interessanteste war in diesen tiefen und großen Aufschlüssen, das waren die gewaltsamen Verstauchungen der liegenden Schichten dieser Blockpackung. Schwarze, fette, diluviale Letten, meist kalkhaltig, welche zunächst unter der Moräne folgen, waren in diese eingewalzt, aufgequetscht, in Falten und Schlingen verstaucht, an einzelnen Stellen gänzlich eingewickelt in den zähen Blocklehm. Ebenso die unter diesen schwarzen Letten folgenden fetten, roten, gelben, weißen pliozänen Tone. Es läßt sich kein typischeres Bild verstauchter Tonschichten unter Grundmoräne denken, als diese gewaltigen Pressungen hier unter der Blockpackung im Usatale!

Diese ungeheuren Blockanhäufungen, in einem zähen, graubräunlichen Schlamm fest verpackt, nach allen Richtungen gelagert, Blöcke bis zu 2 m lang, 1,5 m breit und 1 m dick — diese ganzen im Usatale und an den Abhängen der Taunusberge (z. B. des 540 m hohen Wintersteins) bei Bad-Nauheim verbreiteten, gänzlich ungeschichteten, mächtigen Blockmassen, das sind keine Flußabsätze, auch kein Gehängeschutt. Sie lassen sich nur als ausgedehnte Grundmoränen der Gletscher erklären, welche in der Haupteiszeit vom Taunuskamm nach Südosten herabhängen bis in die tertiären Vorberge der Wetterau. Im Usatale selbst scheint ein Gletscher von der Nordseite des Taunus über Usingen und Ziegenberg durch die Talengen oberhalb Ober-

---

<sup>1)</sup> Der Direktor des Bades Nauheim und Vorstand des Tiefbauamtes, Geheime Baurat Dr. Eser, zeigte großes Interesse an diesen trefflichen geologischen Aufschlüssen und hat die wichtigsten Stellen für mich photographieren lassen, wofür ihm hier der beste Dank ausgesprochen sei!

Mörlen nach Bad-Nauheim hinuntergeflossen zu sein, der die gewaltigen Blockanhäufungen bei Ober-Mörlen und bei Bad-Nauheim zum Absatz brachte.

Auch im Vogelsberg halte ich die großen Anhäufungen von Basaltblöcken in vielen hochgelegenen Tälern, so z. B. im Bereiche des „Schwarzen Flusses“ oberhalb Ilbeshausen auf der Ostseite des Oberwaldes, für Moränenreste aus der Haupteiszeit. Die Blockmassen östlich vom Taufstein liegen in einer Höhe von 600–700 m über dem Meere, während die Blockpackungen im Usatale bei den Solsprudeln von Bad-Nauheim jetzt bis in eine Meereshöhe von nur 140 m abgesunken sind.

---