

## Das innere System im west- und süddeutschen Thermalphänomen.

Von Herrn W. DEECKE in Freiburg i. Br.

Im Oberrheingebiet haben wir eine erhebliche Zahl von Thermalquellen, welche sich an die bekannten alten Massive der Vogesen und des Schwarzwaldes anschließen und den Südabfall des Rheinischen Schiefergebirges von Kreuznach bis Nauheim begleiten. Teils sind sie linienartig angeordnet, wie in dem letzten Falle, teils liegen sie isoliert wie z. B. Wildbad, Plombières und Baden im Aargau. Sie fehlen dem Odenwald und der Pfälzer Haardt und scheinen, wenn man sie als Ganzes zusammenfassend betrachtet, den stärker bewegten Abschnitten der alten varistischen Rumpfe eigen zu sein.

Ich hatte mir einmal eine Liste dieser warmen Wasser gemacht, welche ich weiter unten tabellarisch wiedergebe, und war dabei vor dem Problem stehengeblieben: Warum sind diese Thermen so sehr verschieden warm? Läßt sich vielleicht dafür geologisch eine Erklärung finden, welche zugleich dies ganze Phänomen im Oberrhein- oder sogar weitergehend im Rheingebiet von Baden (Aargau) bis Aachen einigermaßen befriedigend erklärt.

Bei den meisten der warmen Quellen ist festgestellt, daß sie mit Verwerfungen oder wenigstens mit bedeutenden tektonischen Linien verknüpft sind. So liegen die Aachener Schwefelwasser auf einem Bruche, die Kreuznacher, Wiesbadener, Homburger und Nauheimer Thermen am südlichen Steilabbruch des Rheinischen Schiefergebirges; Baden-Baden steht ebenso wie Badenweiler auf Rissen am Rande von Granitmassiven; Niederbronn, Kestenholz, Rappoltswiler, Sulzbach im Elsaß sind an die Randbrüche der Vogesen gebunden, Baden-Aargau an die Lägerkette und das Ausklingen der Jurafaltung. Im Lande Baden gibt es noch eine Anzahl weiterer, wenig bekannter warmer Quellen bei Munzingen, Sulzburg, Riedlingen, Säckinggen, welche teils auf der Rheintalspalte, teils auf anderen Verwerfungs-

klüften aufdringen; dazu gehört die 1911 erbohrte Nenaquelle von Krozingen, südlich von Freiburg. Auf einem Granitporphyr und Erzgange steht das warme Wasser von Sulzbach bei Oberkirch, und vulkanischer Natur ist zweifellos das im Zentrum des Kaiserstuhls aufsteigende, die sogenannte Badlochquelle bei Vogtsburg.

Zu diesen noch vorhandenen Thermen kommen zahlreiche Spuren verschwundener in Form von Mineralgängen auf Spalten in und an den Vogesen und Schwarzwald, wobei diesmal auch Haardt und Odenwald nicht ausgenommen sind. Im Besonderen handelt es sich um Absätze von Baryt, Quarz, Fluorit und einigen begleitenden Erzen, unter denen silberhaltiger Bleiglanz die Hauptrolle spielt.

Nach dieser kurzen Einleitung möge man den nachstehenden Erwägungen folgen. Von der Temperatur der einzelnen Quellen wäre abzuziehen die mittlere Ortstemperatur, um zu beweisen, daß die Wasser wirklich Thermen sind. Zweitens ließe sich umgekehrt einmal berechnen, wieviel Wärme die Überlagerung der Gesteinsmassen hervorbringt, d. h. man könnte die Höhenlage der Austrittsstellen mit Hilfe der mittleren geothermischen Tiefenstufen als Grad in Rechnung stellen und damit gewissermaßen die Wärme auf Meeresspiegel berechnen. Anders aufgefaßt, aber eigentlich das Gleiche wäre aus der vorhandenen Temperatur weniger der durch die Überdeckung bedingten Temperatur die Tiefenstufe des Ursprungs zu ermitteln.

Wir erhalten dann die folgende Tabelle, in der 30 m = 1° C gesetzt ist, also z. B. 200 m = 7°.

H. üb. M.

m					
200	Niederbronn (Unt.-Els.)	17,5 <sup>0</sup>	davon ab	7 <sup>0</sup>	Rest 10,5 <sup>0</sup>
180	Sulzbach (Unt.-Els.)	14 <sup>0</sup>	„	„	6 <sup>0</sup> „ 8 <sup>0</sup>
200	Kestenholz (Ob.-Els.)	16 <sup>0</sup>	„	„	7 <sup>0</sup> „ 9 <sup>0</sup>
250	Rappoltswiler (Ob.-Els.)	16,9 <sup>0</sup>	„	„	8 <sup>0</sup> „ 8,9 <sup>0</sup>
300	Sulzbach (Baden)	17 <sup>0</sup>	„	„	10 <sup>0</sup> „ 7 <sup>0</sup>
240	Badloch (Kaiserstuhl)	21 <sup>0</sup>	„	„	8 <sup>0</sup> „ 13 <sup>0</sup>
200	Munzingen bei Freiburg	16 <sup>0</sup>	„	„	7 <sup>0</sup> „ 9 <sup>0</sup>
462	Sulzburg (Ob.-Baden)	23 <sup>0</sup>	„	„	15 <sup>0</sup> „ 8 <sup>0</sup>
350	Riedlingen bei Kandern	19 <sup>0</sup>	„	„	8 <sup>0</sup> „ 11 <sup>0</sup>
450	Badenweiler	27 <sup>0</sup>	„	„	15 <sup>0</sup> „ 12 <sup>0</sup>
300	Säckingen	27 <sup>0</sup>	„	„	10 <sup>0</sup> „ 17 <sup>0</sup>

Herausfallen natürlich alle heißen Quellen, nämlich Wiesbaden, Homburg, Wi'dbad, Baden-Baden, Morsbronn (Elsaß), Source Laternier bei Nancy, Groß-Moyeuve bei

Metz, Plombières, Baden-Aargau, bei denen die Temperaturen zwischen 30 und 70° liegen. Es sind folgende Orte:

Aachen . . . . .	36 - 44 <sup>0</sup>	Groß-Moyeuivre . . . . .	53 <sup>0</sup>
Ems . . . . .	28—46 <sup>0</sup>	Source Laternier . . . . .	36,5 <sup>0</sup>
Schlangenbad . . . . .	27—30 <sup>0</sup>	Plombières . . . . .	15 - 32 <sup>0</sup>
Wiesbaden . . . . .	69 <sup>0</sup>		einzel. 70 <sup>0</sup>
Münster am Stein . . . . .	30,6 <sup>0</sup>	Les Bains en Vosges . . . . .	40 <sup>0</sup>
Baden-Baden . . . . .	44—64 <sup>0</sup>	Zurzach . . . . .	42 <sup>0</sup>
Wildbad . . . . .	36—39 <sup>0</sup>	Baden (Aargau) . . . . .	46—48 <sup>0</sup>
Nauheim . . . . .	32—34 <sup>0</sup>	Morsbronn (Unt.-Els.) . . . . .	41,5 <sup>0</sup>

Dazu kommen alte Thermalstellen, wie Kannstadt, Taubach bei Weimar, Steinheim und Ries bei Nördlingen.

Aber die lauen Wasser von Vogesen- und Schwarzwaldrand nehmen, wenn man die Überlagerung abzieht, vielfach alle nahezu dieselbe Wärme (zwischen 7 und 9°) an. Das ist aber ziemlich genau die mittlere Ortstemperatur etwas rauher als die Orte am Rheintalrande, so daß man der Gegend. Sulzbach (Baden) liegt im Gebirge, ist daher, diese Zahl sehr gut von 7 auf 8 oder 8,5° erhöhen darf. Dann ergibt sich, daß alle diese Wasser nicht tiefer herkommen, als aus dem Meeresspiegelniveau. Abweichend sind Badenweiler, Riedlingen, Säckingen und das Badloch im Kaiserstuhl mit höheren Werten. Bei der im Körnigen Kalk im Zentrum des Vulkans entspringenden letzten Quelle ist man eher darüber erstaunt, daß die Wärme so gering ist; bei den drei anderen ist bezeichnend, daß es alles badische Wasser sind, kein einziges elsässer sich darunter befindet. Darin prägt sich wieder eine Verschiedenheit von Schwarzwald und Vogesen aus; ferner sind alle vier oberbadische Quellen und solche, die am Rande des höchsten Gebirgs-

Dieser Umstand hat mich zu einer einheitlichen Auf-

abschnittes hervortreten. fassung des oberrheinischen Thermalphänomens für die lauen Wasser geführt. Wir wissen, daß im Mesozoikum das Oberrheingebiet abank, zum mindesten wesentlich tiefer lag als heute. Der eigentliche Rheintalgraben muß ja weit unter den Meeresspiegel herabgereicht haben, da er rund 1000 m tertiäre Sedimente birgt. In dieser tieferen Lage haben die Gesteine lange verharret und dabei allmählich eine höhere Wärme angenommen. Mit der Alpenfaltung trat ein erstes langsames, darauf mit der pliocänen und diluvialen Jurafaltung ein rasches Aufsteigen ein, wodurch die erwärmten Gesteine in höhere Regionen gelangten. Schwarzwald und Vogesen erhoben sich stärker als Odenwald und Haardt, die Randgebirge insgesamt energischer

als der zwischen ihnen liegende Graben. Dieser letzte wurde von Straßburg aufwärts um rund 240 m gehoben, das Gebirge in Oberbaden und Oberelsaß um mindestens 600 m; soviel können wir als Wenigstes am Freiburger Schönberg nachweisen. Für die Ebene erhalten wir also Gesteine, welche  $8^{\circ}$ , für den Gebirgsrand solche, welche  $20^{\circ}$  über erwärmt waren. In der Ebene ging die Abkühlung langsam, im Gebirge rascher vor sich und ist nun auf 12 bis  $13^{\circ}$  herabgesunken. An den weniger stark bewegten und weniger gehobenen, weil dem Alpendruck ferner liegenden Massiven des Odenwaldes und der Haardt haben wir daher heute eigentlich keine warmen Wasser mehr; die Differenzen waren unbedeutender, das Aufsteigen erfolgte langsamer und vor allem die Massen selbst sind geringer. Interessant ist, daß die warme Quelle von Säckingen, welche am südlichsten liegt, also durch die dort weit ins Diluvium fortgehende Hebung des Schwarzwaldes als die jüngste aufgefaßt werden muß, auch die wärmste ist ( $17^{\circ}$  Überschuß). Auch ist dort die Masse des badischen Grund- und Granitgebirges am einheitlichsten und kompaktesten. Damit paßt weiterhin, daß die Vogesen heute so arm an Thermen sind; denn sie sind älter als der Schwarzwald, vielleicht überhaupt weniger untertaucht gewesen. Wir finden nämlich im Oligocän bereits Trümmer ihrer Sandsteindecke, wovon in Oberbaden gar keine Rede ist. Das paßt alles ungezwungen in die gesamte geologische Geschichte dieser Landesteile hinein.

Ver allem harmoniert damit die weite Verbreitung früherer Thermalwirkungen. Das verhältnismäßig rasch aufsteigende und die zurückbleibende Ebene immer überragende Gebirge mußte seinen Wärmeüberschuß abgeben, und zwar durch überall an seinem Rande hervorbrechende warme Quellen. Auf beiden Seiten des großen Grabens beobachteten wir nun von Straßburg aufwärts an und auf den Hauptspalten fast zusammenhängend Absätze von Quarz, Baryt, Fluorit, Bleiglanz, ferner Auslaugungen und Bleichungen, endlich Verkieselungen der Gesteine. Am Schwarzwald beginnen sie bei Bruchsal, setzen sich über Reichenbach unweit Lahr fort, ziehen im Schuttertal herüber zur Elz, kommen bei Bleibach, Waldkirch und im Glottertal vor; südlich von Freiburg ist die Hauptverwerfung mit verkieseltem und von Baryt durchtränktem Buntsandstein verknüpft, bei Badenweiler haben wir den ganz verkieselten Muschelkalk und Sandstein mit den Bleierzgängen; weiter

südlich bei Kandern sind die Trias- und Juraschichten an den Bruchlinien mit Schwerspath und Fluorit ausgekleidet und führen Zinkblende neben Bleiglanz; die Linie Kandern—Hausen—Hasel, welche das Granitmassiv vom Sedimentvorland scheidet, steckt voll von gleichartigen Gängen und Imprägnationen; bei Säckingen sitzt Quarz und Flußspath auf den Klüften des Rotliegenden und bei Waldshut ist der Buntsandstein eine interessante Mineralfundstätte dadurch geworden. Ebenso ist es südlich von Barr am Vogesenrande, wo ich nur an die Quarze des Rappoltsweiler Schlüsselsteins, an den verkieselten Muschelkalk mit den prachtvollen Fluoriten von Bergheim, an die Bleichung der Sandsteine bei Sentheim als Beispiele erinnere. Auch nach Osten zu, freilich in erheblich geringerem Maße ist diese Entwärmung des Schwarzwaldes erfolgt; die Vogesen habe ich darauf hin nicht so genau studiert. In den badisch-württembergischen Grenzgebiet bei Freudenstadt kommen zahlreiche Barytgänge vor, meist an Verwerfungen der untertiadischen Decke geknüpft, und sind nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit denen des Rheintalabbruches durchaus entsprechend.

Obwohl wir ihr Alter bisher nicht sicher als tertiär bestimmen können, glaube ich doch nicht fehl zu gehen, wenn ich sie als während und gleich nach der Hebung des Gebirges entstanden betrachte. — In geringerem Maße hat wieder der Odenwald dies Phänomen. Am Westabfall zeigen sich Verkieselungen, Entfärbungen, und bei Heidelberg, Schriesheim, Weinheim auch Schwerspatadern. Auf seiner Ostabdachung ist indessen gar nichts davon bekannt. Das Gleiche gilt von der Pfälzer Haardt und von Lothringen. Um so auffallender wirken die nach Osten vorgeschobenen warmen Wasser von Wildbad (36—39°) und die nach Südwesten gerückten, isoliert liegenden Quellen von Plombières (15—32, einzelne 70°). Wildbad ließe sich mit dem Wiederauftauchen des Granits unter der Sandsteindecke, Plombières mit den in Südlöthringen gehäuften Basaltdurchbrüchen in genetische Verbindung bringen. Wir greifen später auf diese Vorkommen zurück.

Interessant ist ferner, daß das gesamte Spaltensystem des Bonndorfer Grabens keine Thermalabzätze zeigt. Diese vom Bodensee durch den hohen Schwarzwald ziehende bogenförmige Einbruchszone entstand in ihrer heutigen Form während des Diluviums, ist also jünger als die Randspalten: sie ist eingesackt in den höchsten Teil des Ge-

birges zu einer Zeit, als dieses sogar vergletschert war. Warme Wasser konnten dort schwer auftreten; denn es war erstens eine Höhenzone, zweitens das am frühesten aufgestiegene und daher am meisten abgekühlte Stück des Gebirges, drittens relativ kälter als andere Abschnitte wegen der Schneekalotte. So erklärt sich einfach das vollständig abweichende Verhalten der Spalten in der Bär, bei Neustadt, im Freiburger Höllental, welche gänzlich taub erscheinen.

Übrigens hat dies Gesamtphänomen schon früher einmal in recht ähnlicher Form sich entwickelt, im Oberkarbon und Rotliegenden, nachdem die Granite und die varistische Faltung die oberrheinischen Massive emporgewölbt hatten. Es läßt sich beweisen, daß die ins Perm eingesackten Gräben bei Schramberg, Triberg, im Kinzingtal auf ihren Spalten schon damals mit Quarz, Baryt, Fluorit und Rot-eisen erfüllt wurden. Bruchstücke dieser Verkieselung und des Baryts liegen als Gerölle in dem unteren Buntsandstein der Gegend (Kesselberg und Schramberg), so daß der tertiäre Vorgang nach der mesozoischen Absenkung nur eine Rekurrenz älterer gleichartiger Prozesse darstellt.

In solchem Zusammenhang habe ich versucht, die Minimaltiefe der Absenkung in Trias- und Juraformation und damit die erneute Durchwärmung der älteren Gesteine auszurechnen. Man gelangt für den nördlichen Schwarzwald dabei auf rund 1300 m, also für die paläozoische Unterlage der marinen Sedimente auf etwa 40°, für den südlichen Schwarzwald, in dem zwar Buntsandstein dünn, dafür Malm mächtiger ist, auf rund 1000 m = 30° C. Da nun in der Kreide eine schwache Hebung erfolgte, ist ein Teil dieser Wärme damals schon verloren gegangen, aber sicher war das Aufsteigen nur gering und damit ein Wärmeverrat mit ins Tertiär hineingekommen, der uns dann die weite Verbreitung der Thermalwirkungen verständlich macht, sobald das Gebirge sich heraushob.

Diese mesozoische tiefe Absenkung erklärt vielleicht auch, warum wir bei manchen Bohrungen in der Rheinebene am Gebirgsrande eine verhältnismäßige hohe Temperatur antreffen, also eine zu geringe geothermische Tiefenstufe. Das Bohrloch der Nenaquelle bei Krozingen gab aus 550 m Wasser mit 42°. Auch die Aargauer Quellen bei Baden mit 46—48° C und die von Wildbad mit rund 40° ließen sich also zur Not als aus dem überschüssigem Wärmeverrat

des mesozoischen Untergrund herrührend begreifen, wenn nicht aus anderen Gründen dort besondere Verhältnisse obwalten. Diese Ableitung paßt nämlich nicht auf Plombières, wo wir bis 70° C haben, auf Baden-Baden mit 64°, auf Wiesbaden mit 69°. Wie man die Sache anfängt und gruppiert, die eigentlich heißen Bäder nehmen eine besondere Stellung ein.

Als ich diese so herausgeschält und nur noch mit ihnen zu tun hatte, fand ich innere geographisch-geologische Beziehungen von höchst eigentümlicher Art, Beziehungen, welche mir von großer Tragweite zu sein scheinen. Ich kam auf den Gedanken, einmal von den Orten Baden-Baden, Baden-Aargau und Plombières den Mittelpunkt des durch sie gezogenen Kreises zu konstruieren. Dies kann man auf jeder Karte Süddeutschlands mit dem Zirkel leicht ausführen oder ausprobieren. Dies Zentrum liegt an der Westseite des Kaiserstuhls etwas nördlich von Breisach, etwa in der Gegend von Niederrotweil mit den Phonolitdurchbrüchen. Dies Ergebnis war sehr auffallend, konnte jedoch ein Zufall sein, und es blieb zu prüfen, ob vielleicht andere vulkanische Zentren ähnliche Beziehungen haben. Deshalb setzte ich den Zirkel mit dem gleichen Radius auf den leicht in der Karte zu findenden Katzenbuckel bei Eberbach am Neckar und war geradezu erstaunt, daß dann auf diesem neuen Kreise Wiesbaden, Homburg und Wildbad liegen. Da der Katzenbuckel so isoliert ist, die anderen drei Orte feststehen, war ein erneuter Zufall sehr unwahrscheinlich und zwar bei dem gleichen Radius. Das lockte weiterzugehen. Der unveränderte Zirkel auf Wiesbaden gesetzt, gab einen Kreis, der den Rhein an dem bekannten Basaltdurchbruch von Unkel-Linz schneidet; dieser Punkt als Zentrum (wieder den gleichen Radius genommen) lieferte einen vierten Kreis, welcher durch Aachen geht. Also jeweils steht in dem Mittelpunkte dieser vier Kreise mit gleichem Radius ein vulkanischer Durchbruch, und auf der Peripherie liegen ausgesprochen heiße Quellen. Es führt diese Tatsache wieder auf die von mir früher in meinen Aufsätzen über „Ein Grundgesetz der Gebirgsbildung“ nachgewiesenen Regelmäßigkeiten in der Verteilung der Vulkane und der Gebirgsformen. Daher erschien es lohnend, dieser Sache weiter nachzugehen, und ich vermag noch folgende ebenfalls sehr beachtenswerte Tatsachen anzugeben:

1. Der gleiche Radius mit Nauheim als Zentrum gibt einen Kreis, der durch Münster am Stein bei Kreuznach geht, wo Quellen mit 35—40° C entspringen.

2. Von Nieder-Selters mit seinen kräftigen Kohlensäurequellen sind Nauheim und Ems gleich weit entfernt, wenn man den Zirkel ein klein wenig Nordost von Nieder-Selters aufsetzt.

3. Dieser Punkt ist zugleich der Mittelpunkt eines Kreises, auf welchem Schlangenbad (Quellen mit 30—40° C), Wiesbaden und Homburg liegen. Es haben die beiden letzten Kreise andere Radien, aber dies war bei der Lage der Orte natürlich zu erwarten.

4. Verbindet man Wiesbaden mit dem Katzenbuckel, so geht die Verlängerung durch das Steinheimer Becken in der Schwäbischen Alb, wo wir lebhaftere tertiäre Thermalität hatten.

5. Der Kreis mit dem Radius Katzenbuckel—Aachen läuft durch Spa und genau durch Plombières.

6. Die Verbindungslinie Wiesbaden—Kannstadt, wo diluviale Thermen aufsprudelten, geht in das Uracher Vulkangebiet.

7. Der Kreis Urach—Baden-Baden geht durch den Basaltdurchbruch des Steinsberges bei Sinsheim im Kraichgau und die Kohlensäurequellen des Renchtals (Freiersbach, Peterstal) im Schwarzwalde, durch den vulkanischen Hegau (Stoffeln—Mägdeberg) bei Singen sowie durch das Nördlinger Ries.

8. Fast genau ist der Abstand Katzenbuckel—Wiesbaden (also der ursprünglich gefundene Radius durch die Entfernung Rauher Kulm (Basaltdurchbruch bei Neustadt in Franken) — Karlsbad; dagegen reicht dieser Radius von Karlsbad über Teplitz hinaus (auf nur etwa 3 km).

9. Herr VON BUBNOFF sandte mir seine Arbeit über die Kohlensäureausbrüche in dem niederschlesischen Kohlenbecken zu, und ich las von den mir bis dahin unbekanntem Säuerlingen bei Reichenau, Salzbrunn, Altwasser, Charlottenbrunn und Kudowa, Reinerz, welche der Autor mit dem tertiären Vulkanismus genetisch verknüpft. Deshalb probierte ich wieder, diese Orte mittels eines Kreises zu verbinden und kam für Altwasser, Salzbrunn, Charlottenbrunn und Reinerz zu einem glatten Resultat. Der Mittelpunkt lag in Böhmen bei Sobotka und, als ich nun die KATZER'sche Geologische Karte von Böhmen zu Rate

zog, waren gerade dort Basaltdurchbrüche. Außerdem war wieder der Radius der bekannte, und dies ist fast genau der Abstand Sobotkas von dem Punkte bei Karbitz, zu welchem man gelangte auf der Linie Karlsbad—Teplitz, nämlich, wie eben gesagt, unter 8, über Teplitz hinaus.

10. Wir haben in den Alpen eine Anzahl heißer Quellen, welche der Erklärung große Schwierigkeiten bereiteten. Es sind in Savoyen Aix-les-Bains (43—45° C), Leukerbad (34—51° C) im Aarmassiv, Pfäfers—Ragaz (37,50° C), Bormio (38—41° C), Gastein (20—39° C) und Baden bei Wien (18—20° C). Verbindet man Aix und Pfäfers, erhält man eine ausgesprochene varistische Linie, welche durch Leukerbad hindurch geht, und zwar befindet sich dies letzte genau in der Mitte zwischen den beiden ersten. Verbindet man Baden bei Wien mit Bormio, so ergibt sich eine der ersten ganz parallele Linie, welche etwas nördlich von Wildbad—Gastein (nämlich bei Dorf Gastein) durchzieht. Das stimmt also nicht genau. Dagegen ist wieder ganz präzise, daß die Verbindungsline Bormio—Pfäfers durch jenen Punkt im Kaiserstuhl zieht, der als Mittelpunkt für Plombières, Baden-Baden und Baden-Aargau entdeckt wurde. Es ist die normale, in ganz Südwestdeutschland entwickelte herzynische Richtung, also parallel der Längserstreckung des Bodensees, des Schluchseegrabens usw.

11. Da ich das italienische Thermalphänomen etwas näher kenne, versuchte ich auch an diesem die Methode. Auf Sizilien haben wir im Osten drei altberühmte und bekannte Gruppen von heißen Quellen, welche alle drei fern von tätigen Vulkanen liegen. Es sind erstens die Quellen von Termini Imerese (42° C) am Nordrande der Insel, die sogenannte Thermae Himerenses, zweitens die heißen Wasser von Sciacca und dem Monte Ca'ogero nahe dieser Stadt am Südrande der Insel (56° C), die alten Thermae Selinuntinae, sowie drittens die Thermae Segestanae beim alten Segesta zwischen Calatafimi und Castellammare am Nordrande nahe der Westspitze der Insel, welche letzteren den Fiume Caldo erzeugen. Bei diesen dreien stellt sich heraus, daß die Segestaner und Selinuntiner Wasser beide gleich weit von Termini entfernt sind. Ferner läuft die Verbindungslinie Alicuri (eine der Liparischen Inseln) mit der Insel Ferdinanda (Secca del Volcano) durch Termini und Sciacca. Die Entfernung Termini—Alicuri ist genau gleich der von Ustica nach dem Vorsprung des Fiume Caldo bei Segesta. Schließlich ist Sciacca—Ustica gleich Sciacca—Pantelleria.

Also auch in diesem Gebiete eine Fülle von Regelmäßigkeiten und Beziehungen der Vulkane zu den Thermen.

12. In Mittelitalien haben wir weit weg von dem tertiären Vulkanismus die heißen Bäder von Lucca (37 bis 45° C) und südlich davon in der Gegend südwestlich von Volterra bei Sasso und Monte rotondo die borsäurehaltigen Soffioni (bis 75° C). Der Abstand von Lucca und Monterotondo ist bis auf 5 km der uns bekannt gewordene Radius. Schlägt man um Monterotondo den Kreis mit dem Abstand von Lucca, so liegen darauf im Norden auch die warmen Bäder von Montecatini und Monsunmano und im Südosten der Vulkan von Radicofani.

Die übrigen italienischen Thermen sind direkt mit dem Vulkanismus verknüpft und dadurch leicht verständlich.

Die französischen Thermen im Norden des Plateau central, nämlich Evaux (50,7° C), Neris (52,8° C), Bourbon l'Archambault (53° C), die aus Gneis oder Granit entspringen, den Säuerling von Vichy und andere habe ich hier nur kurz behandelt, weil mir der geologische Bau jener Gegend nicht so geläufig ist. Immerhin ist auffällig, daß auch diese ersten drei Thermen sich auf einer Geraden anordnen, welche sich ohne großen Zwang mit Wiesbaden—Münster am Stein verknüpfen läßt. Ich kann dies mit absoluter Sicherheit nicht behaupten, weil ich keine Karte habe, auf der die Projektionsverzerrungen ausgeschaltet sind. Ebenso sind auf einer Geraden die drei Pyrenäenthermen Eauxchaudes, Canterets, Bagnères de Luchon aufgereiht, wobei der Abstand von den beiden ersten die Hälfte ist von den beiden letzten. Die Gesamtstrecke Eauxchaudes—Bagnères de Luchon ist fast genau der Radius des Kreises Plombières und beide Baden. Dieser Radius kehrt wieder in der Entfernung der Thermen Caldas de Mombuy in Katalonien und Les Bains bei Lagarde in den Westpyrenäen. Da die Stieler'schen Karten der europäischen Länder denselben Maßstab (1 : 1 500 000) haben, läßt sich dies leicht kontrollieren. Die Wahrscheinlichkeit bestimmter Regelmäßigkeiten folgt ferner aus zwei Beobachtungen, nämlich Aix-les-Bains ist gleich weit entfernt von Bourbon l'Archambault, dem Monte Dore und der großen Therme Chaudesaigues, südlich von Cantal; ferner Neris, Vichy, Chaudesaigues gehören zu einem Kreis, dessen Mittelpunkt im Monte Dore liegt, und zwar in der Nähe des Ortes Les Bains du Monte Dore. Das möge vorläufig genügen.

Nur eines sei doch noch erwähnt, weil es wirklich amüsant war. Ich verband auf der Stielerschen Übersichtskarte Frankreichs die Orte Bourbon l'Archambault und Lucca, sah, daß diese Linie dicht an Aix-les-Bains vorbeizieht und außerdem der Linie Baden—Aargau—Plombières parallel ist. Wo sie den Appennin schneidet, liegt Acqui, ein Ort mit warmen Schwefelquellen, an den ich bisher bei meinen Betrachtungen durchaus nicht gedacht hatte. Die zwei bedeutsamen Richtungen Bourbon—Lucca und Aix—Leukerbad—Pfäfers ergeben einen Winkel von rund  $60^\circ$ . Die an diesem Schnittpunkte auf der Linie Bourbon—Lucca errichtete Senkrechte trifft den Kaiserstuhl, Baden-Baden und geht dicht am Katzenbuckel vorbei, d. h. es ist die Hauptschwarzwaldverwerfung.

13. Wir kehren nach Deutschland zurück. Verbindet man Baden-Baden mit Baden-Aargau und mit Plombières, so ist der Winkel zwischen beiden Linien genau  $60^\circ$ . Auf der Linie der beiden Baden liegt nördlich direkt Wiesbaden und Nieder-Selters mit seinen Säuerlingen, auf der Halbierungslinie des  $60^\circ$ -Winkels der Kaiserstuhl. Ja die Bedeutung dieser — man darf es sagen — Hauptthermallinie gibt uns auch die Erklärung des heißen Wassers von Rietheim—Zurzach ( $42^\circ\text{C}$ ), da sie von Baden-Aargau gerade durch die Bohrstelle läuft. Außerdem ist Baden-Baden der Mittelpunkt zwischen Baden-Aargau und Wiesbaden.

14. Der am Westrande des Kaiserstuhls gefundene Mittelpunkt werde mit Baden-Baden verbunden, auf der Verlängerung der Linie liegen sowohl der Katzenbuckel wie die Rhön. Ferner steht die Linie Aachen—Katzenbuckel auf der ersten senkrecht.

15.  $90^\circ$  machen genau mit einander die Linien Plombières—Katzenbuckel und Wiesbaden—Katzenbuckel.

16. Verbindet man Baden-Aargau mit Plombières, findet man auf der Verlängerung über Plombières hinaus eine bisher nicht erwähnte Austrittsstelle heißen Wassers (etwa  $40^\circ\text{C}$ ) Les Bains en Vosges. Damit ist das letzte heiße Wasser der Westvogesen zwanglos in das System eingefügt. Nach Südosten schneidet diese Linie das Inntal 10 km von Schuls-Taras mit seinen den Karlsbadern Thermen ähnlichen Wassern.

17. Nauheim, Wiesbaden und Kreuznach—Münster am Stein bilden eine gerade, annähernd varistische Linie, welche vielleicht in Bourbon, Neris, Evaux fortsetzt.

18. Die Verbindungslinie Ems—Wiesbaden läuft durch den anfangs betonten Basaltdurchbruch von Unkel—Linz, d. h. durch den Mittelpunkt des Kreises, auf welchem Aachen liegt, und Ems—Wiesbaden bildet mit der Thermallinie Baden—Wiesbaden—Selters annähernd den Winkel von  $45^\circ$ . Außerdem liegt Ems genau auf der Mitte zwischen Unkel und Wiesbaden. Die Verlängerung der Linie geht durch das Ries und dicht bei Gastein vorbei, was wieder infolge Projektionsverzerrung vorsichtig zu bewerten ist.

19. Auf einer Linie liegen jener oft genannte Kreis—mittelpunkt am Kaiserstuhl, Kannstadt, Teplitz und 7 km südlich der Linie Karlsbad. Es handelt sich um eine typisch varistische Richtung.

20. Eine Gerade bilden ferner Nauheim, Katzenbuckel, Kannstadt, Urach und beinahe auch Bormio.

21. Wir haben zwei große Thermallinien kennengelernt, Baden-Aargau—Baden-Baden—Wiesbaden—Selters und Kannstadt—Karlsbad—Teplitz. Die erste läuft genau N—S, die zweite unter  $60^\circ$  dazu. Der Schnittpunkt liegt im Schwarzwald bei Rippoldsau, also in dem Gebiet der Kohlensäure-Exhalationen der Kniebisbäder.

22. Nun ist noch eine Therme fast gar nicht erwähnt, Wildbad. Wir sahen oben, daß sie mit Wiesbaden und Homburg auf einem Kreise um den Katzenbuckel als Zentrum liegt. Verbindet man diesen mit Wildbad, erhält man eine Linie, welche genau senkrecht steht auf der Verbindung Baden-Aargau—Plombières und von dieser geschnitten wird in Säckingen, wo auch ein Thermalwasser zu Tage kommt, das früher sogar über  $50^\circ\text{C}$  gehabt haben soll. Ihre Verlängerung geht in der Nähe von Leukerbad durch das Aarmassiv. Ferner sind Baden-Baden, Wildbad und Steinheim in einer Linie angeordnet, und Steinheim ist fast gleich weit von Wildbad wie vom Katzenbuckel, da der Unterschied nur 4 km ist.

23. Die Entfernung Baden-Aargau nach Les Bains en Vosges ist gleich der nach Kannstadt und von Kannstadt nach Homburg; ferner Baden-Aargau nach dem Katzenbuckel ist soweit wie von diesem Basaltdurchbruch nach Taubach bei Weimar, wo im Diluvium Thermalwasser sprudelten.

24. Der Kreis um Taubach mit dem Radius nach dem Katzenbuckel geht durch Nieder-Selters, Katzenbuckel, Ries.

25. Die Linie Aachen—Katzenbuckel läuft ins Ries.

26. Verbinde ich Kannstadt mit Baden-Baden, geht diese Linie östlich durch das Ries, westlich von Baden-Baden liegen darauf die heißen erbohrten Wasser der Source Laternier bei Nancy.

27. Auf der Linie Nauheim—Wiesbaden—Münster am Stein liegt am Schnittpunkt mit der vorigen Linie die heiße Quelle bei Nancy und beide Linien bilden miteinander den Winkel von  $60^\circ$ . Es steht außerdem die Linie Nancy—Baden-Baden senkrecht auf der großen Schwarzwaldler Thermallinie: beide Baden—Wiesbaden.

28. Daraufhin zog ich zur Linie Nauheim—Münster am Stein durch Ems die Parallele und gelangte dabei nach Groß-Moyeuivre in Lothringen, wo Wasser von  $39^\circ$  C erbohrt wurde. Diese Linie liefert nebenbei trefflich die Moselrichtung von Koblenz bis Diedenhofen.

29. Für die Orte Nauheim, Wiesbaden, Baden-Aargau und Pfäfers ist das Ries der Mittelpunkt des durch sie gelegten Kreises.

30. Die Linie Taubach—Kaiserstuhl steht genau senkrecht auf der langen Linie Ems—Wiesbaden—Ries—Gastein. Weil aber nach meiner Ansicht alle westdeutschen Vulkanzentren in geometrisch regelmäßigen Beziehungen zueinander stehen, so muß auch für das Siebengebirge und den Vogelsberg sich Analoges ergeben. Das ist auch so. Vom Zentrum des Siebengebirges sind Aachen und Langenschwalbach gleich weit entfernt, ebenso mit einem etwas anderen Radius, Spa und Wiesbaden, mit einem dritten Radius Münster am Stein und Nauheim. — Mit der Entfernung Kaiserstuhl—Baden-Baden stimmt genau Wiesbaden—Zentrum des Vogelsberg (Taufstein) überein. Aachen, der eben gefundene wichtige Punkt im Siebengebirge und der Taufstein bilden eine gerade Linie.

Das sind die Beobachtungen einfachster Art, welche jeder Geologe oder Geograph auf seinem Atlas nachprüfen kann. Wahrscheinlich wurden damit keineswegs alle inneren Beziehungen aufgedeckt. Aber diese genügen, um ein System heraustreten zu lassen für die heißen Wasser Westdeutschlands, und es heißt nun ihre Beziehungen zu den markantesten vulkanischen Zentren mit kurzen Worten darzustellen.

A) Beziehungen der Thermen zu den deutschen Vulkanen:

1. Nördlinger Ries ist Zentrum eines Kreises durch Nauheim, Wiesbaden, Baden-Aargau, Pfäfers.

2. Der Katzenbuckel mit kleinem Radius für Wildbad, Wiesbaden, Homburg, mit größeren für Taubach, Baden-Aargau, mit größtem Aachen—Spa—Plombières.

3. Der Kaiserstuhl mit kleinem Radius für Baden-Baden, Baden-Aargau, Plombières.

B) Ausgesprochene Thermallinien laufen N—S, 30° östlich dazu varistisch, 60° westlich herzynisch und senkrecht O—W, nämlich: N—S gerichtet ist die Linie Baden-Aargau, Zurzach, Baden-Baden, Wiesbaden—Nieder-Selters.

O—W laufen Ries, Kannstadt, Baden-Baden, Nancy sowie Wiesbaden—Karlsbad.

N<sup>c</sup> 30° O sind gerichtet erstens Ems—Gr. Moyeuivre, zweitens Nauheim—Wiesbaden—Münster am Stein—Nancy, drittens Baden-Aargau—Ries—Karlsbad. Auf diesen varistischen Linien steht senkrecht die Richtung: Unkel—Ems—Wiesbaden—Ries—Gastein.

N 60° W, also herzynisch laufen die Linien: erstens Urach—Baden-Baden—Morsbronn—Nancy und zweitens Baden-Aargau—Plombières—Bains en Vosges. Darauf steht senkrecht die Richtung Säckingen—Wildbad—Katzenbuckel.

Das ist das Hauptsystem, soweit ich es bis jetzt kenne, merkwürdig genug!

Um rasch ein typisches Beispiel sich aufzuzeichnen, mag man folgendes tun. Man ziehe die Linie Baden-Aargau—Baden-Baden—Wiesbaden, verbinde Nancy mit Baden-Baden, Wiesbaden und Baden-Aargau, nehme die Entfernung Baden-Baden—Nancy, trage sie gegen das Ries auf und verbinde diesen Punkt im Ries mit Wiesbaden und Baden-Aargau. Das Resultat ist ein annäherndes Quadrat, in dessen sämtlichen Eckpunkten und im Schnittpunkt der Diagonalen heiße Wasser bekannt geworden sind.

Man verbinde Ems mit Wiesbaden und mit Nauheim, ferner Nieder-Selters mit Wiesbaden; das Resultat ist ein halbes Quadrat mit gleichen Eigenschaften.

Ebenso liefern die beiden Baden, Wiesbaden und Kannstadt ein gleichschenkliges Dreieck; dasselbe geben Urach, Baden-Baden und der Punkt W. vom Kaiserstuhl bei Rottweil und andere Beispiele. Auffallend ist ferner der Rhombus Nancy, Wiesbaden, Karlsbad, Nördlingen. Nun kann man ein Dreieck herauschälen: Baden-Aargau, Wiesbaden, Karlsbad, dessen Basis-Mittelpunkt Nördlingen im Ries ist. Außerdem ist Baden-Aargau—Karlsbad = Baden Aargau—Taubach. Die halbe Basis Baden-Aargau—Nördlingen ent-

spricht der Entfernung Baden-Aargau—Katzenbuckel und Kaiserstuhl—Zentrum—Wiesbaden.

Einige geologische Bemerkungen seien angefügt. Die Schwarzwälder Hauptthermalspalte ist die Axe der karbonischen Granitintrusionen. Es wurde auch bei Zurzach das 22° warme Wasser im Granit erbohrt, wie auch Wildbad und Baden-Baden auf Granit stehen. Diese Spalte zeigt die warmen Wasser jedesmal beim Austreten aus einem Massiv, so bei Wiesbaden, wo sie den Taunus quert, bei Baden-Baden, wo sie in den Schwarzwald eintritt, und bei Baden-Aargau, wo das kristalline Gebiet zu größerer Tiefe absinkt. Die zweite Linie Katzenbuckel—Wildbad—Säckingen hat das Thermalphänomen wieder an den beiden Enden des Schwarzwaldes. Innerhalb der Gebirge haben wir dafür Stellen mit Kohlensäure-Exhalationen, wie Nieder-Selters und die Renchtalbäder. — Die Linie Aix-les-Bains, Leukerbad, Pfäfers bezeichnet den Lauf der Hauptaufpressung nördlich der Rhône—Rhein-Mulde, die andere Linie Bormio—Gastein—Baden gibt die Auffaltung südlich des Inntales genau wieder. Acqui—Lucca hält die Richtung des Apuanischen Appennins ein.

Es ist ungemein interessant, daß sich die tertiären und diluvialen Thermen (Taubach, Kannstadt, Steinheim, Nördlingen) so ganz ungesucht und ungezwungen in das Schema einreihen, desgleichen, daß die erbohrten heißen Wasser von Zurzach, Nancy, Gr. Moyeuve und Morsbronn ebenso ihre Stellung zum Ganzen fanden. Nur die Nenaquelle bei Krozingen vermag ich nicht unterzubringen.

Die Krone der Betrachtungen ist, daß man nun, sobald einige Thermalpunkte gegeben sind, die anderen rein geometrisch konstruieren kann. Es seien der Katzenbuckel und der Mittelpunkt im Kaiserstuhl sowie die beiden Baden gegeben. Dann ist Wiesbaden fixiert. Hat man noch Aachen, so ist Plombières als Schnittpunkt der Kreise um den Kaiserstuhl und um den Katzenbuckel mit dem Radius Katzenbuckel—Aachen gefunden. Nach dem Obigen kann man das weiter entwickeln.

Als Schluß ergibt sich also, daß im Innern der Erdkruste großzügige einfache Gesetze die Struktur beherrschen. Wir kommen immer wieder auf das Sechsecksystem zurück mit seinen regelmäßigen Winkeln und mit seinen geometrisch ähnlichen, nur im Maßstabe verschiedenen Figuren. Mag an der Oberfläche durch Sedimente und deren Eigenbewegung bei Pressung, Absenkung und anderen tektonischen

Vorgängen das einfache Bild verwischt oder verdeckt sein, die aus der Tiefe aufsteigenden Eruptiven, heißen Wasser und Gase lassen uns diese Regelmäßigkeit trotzdem ahnen. Alle ihre Austrittsstellen sind genau fixiert; es läßt sich daran nichts deuteln und nichts ändern. Um so interessanter, wenn sie sich in einer so überraschenden Weise miteinander zwanglos verknüpfen lassen. Ich denke mir, daß die erste tiefere Erstarrung der Erde sechseitige große Prismen erzeugte, welche von den bekannten Sechseckkreisen begrenzt werden und durch Spalten längs dieser Kreise voneinander getrennt werden. Die Schnittpunkte vor allem, daneben die Peripherien der Kreise sind die Stellen, an denen am leichtesten das Magma aufdringen konnte und die heißen Wasser aufsteigen. Diese Struktur ist von den Sedimenten verhüllt; die Bewegung der einzelnen großen Pfeiler schafft die wechselnden Hebungen und Senkungen, eine Erweiterung der Spalten die Gräben, eine Verengerung infolge des in der Tiefe herrschenden tangentialen Druckes die Falten und Zusammenschübe. Daß dem so sein kann, daß der allgemeine Bau weiter Landstrecken damit übereinstimmt, sollen weitere Ausführungen dartun.

---