

Vergleichende Untersuchungen über die Thermalsinter von Böttingen und Steinheim auf der Schwäbischen Alb, Karlsbad und Vichy.

Von Dr. Wilhelm Maier, Ulm.

Einleitung.

Auf Grund vierjähriger Beobachtung der Steinbrucharbeiten in der Thermalspalte bei Böttingen, sind die nachfolgenden Schilderungen und Folgerungen entstanden. Vergleiche mit analogen Bildungen von Steinheim, Karlsbad und Vichy, die ich an Ort und Stelle untersuchte, werden gezogen.

I. DIE THERMALSINTER VON BÖTTINGEN.

A. Allgemeine Lagebeziehungen.

Die in Böttingen gebrochenen Gesteine werden zum größten Teil maschinell klein gestoßen und als Terrazzozusatz verwendet; einzelne große Blöcke aber auch zugehauen. Letztere haben selten ein größeres Ausmaß als 1/4 cbm, und zeigen nur dann ihre reizvolle weißrote Bänderung, wenn sie poliert sind. Die leuchtende Rotbänderung, durch Eisenocker verursacht, ist durchaus derjenigen gleich, welche die Karlsbader Thermalsinter zeigen. An den Altären von San Nicolo in Catania beobachtete ich Marmorplatten, die strukturell durchaus mit denen von Böttingen übereinstimmen. Der Küster erklärte bezüglich ihrer Herkunft, daß sie von Frankreich stammen würden. Doch vermute ich, daß es sich um dasselbe Material handelt, das nach Gemellaro (1) (1, S. 197) beim Sakramentsaltar der Kathedrale von Catania verwendet ist, und von einer Thermalspalte bei Aderno am Südfuß des Ätna stammt.

Als Spezialarbeiten über Böttingen sind die von Berckhemer (2 und 3) zu erwähnen, nachdem bereits Graf von Mandelsloh, Quenstedt und W. Branco (4) knappe Berichte gegeben hatten.

In dem Maße, als im Böttinger Bruch die Förderungsarbeiten weiter gehen, insbesondere in die Tiefe drängen, nachdem nunmehr zwei Betonbögen in 15 m Tiefe die Seitenwände verstreben, werden sich die Kenntnisse erweitern und sich vielleicht auch neuere und bessere Erklärungen einstellen. Interessant wäre es zu wissen, wer den Böttinger Marmor zuerst als wertvolles Material erkannte und abbauen ließ, und insbesondere, ob die Ausgleichung des Gehänges über der Thermalspalte immer so, wie gegenwärtig war, oder ob die Sinterfelsen darüber aufragten, was nicht unwahrscheinlich ist. In Vichy ist dies der Fall. Im Park der Quellen des Célestins ragen die Thermalsinter seitlich der Quellspalte, trotz früheren Abbaues, über 4 m auf. Auch in Steinheim bei Heidenheim stehen mächtige Sinterblöcke auf der Kuppe und am Rand des Klosterberges an.

Nicht wohl abzutrennen von dem Auftreten des Thermalsinters am Sternenberg bei Böttingen ist das in 1 km Entfernung gelegene in südöstlicher

Richtung unweit der alten unteren Straße Böttingen-Magolsheim, das von Branco unter Nr. 3 beschrieben wurde (4, S. 694). Berckhemer geht auf dieses Vorkommnis nicht weiter ein. Tatsächlich finden sich aber daselbst auf den Äckern viele Thermalsinterstücke von rot-weißer Bänderung, neben anderen mit mehr schwarzer Bänderung, die durch einen relativ hohen Gehalt von Mangan (Pyrolusit) bewirkt wird. Doch ist Mangan auch in dem Spaltsinter im Sternenberg nachzuweisen. Basaltuff wurde von mir trotz nachhaltigem Suchen am Vorkommnis 3 nicht festgestellt. Nimmt der Mangangehalt zu, so nehmen die Sinter mehr gelbliche Tönung an, worauf bereits Berckhemer für Böttingen-Dorf hinweist. Auffallend ist das Auftreten von leuchtend roten Adern in den Jurafelsen, die nördlich der Straße Böttingen-Münsingen beim Queren des Böttental anstehen (Fig. 1).

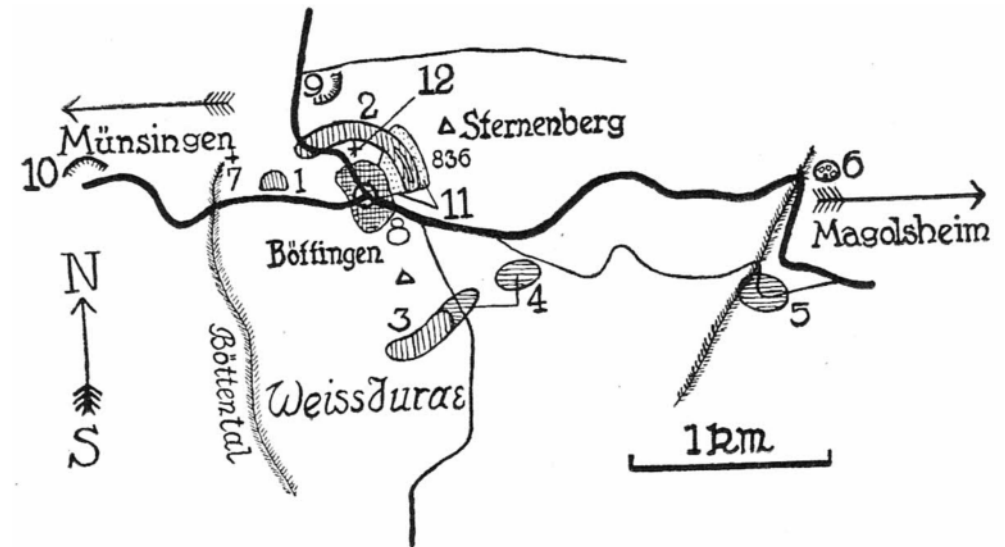


Fig. 1

Lageskizze der Thermalbildungen von Böttingen. 1, 2, 3, Areale weißrot gebänderter Thermalsinter. Am Südende von 2 die langgezogene Grube. 11 Jurabreccien beiderseits der Thermalsinter. 8 Basalt* tuff. 12 Gelbe Kalke. 4 Grobkörnige manganführende Kalke. 6 Lochkalk mit Kieselknollen (Hydro*phan). 9 Kalkbruch. 7 Weiße Jurafelsen mit hellroter Äderung. 10 Weißjurakalkbruch mit gelbrot gebändertem Hartlehm. Alles eingelagert in Weißjura ε

Wieder halbwegs zwischen diesem Punkt und Hardt liegt nördlich der Straße ein Steinbruch mit Hartlehm Massen, die hellrote Querstreifung zeigen, und hierin mit den letzten querliegenden lehmigen Spaltausfüllungen im Bruch des Sternberges übereinstimmen. Auf den Feldern zwischen den rot durchsetzten Jurafelsen und dem Bruch am Sternenberg finden sich auch sonst Bandmarmorstücke. Manches Stück mag verschleppt sein, doch deutet die Häufigkeit der Stücke auf eine Fortsetzung der thermalen Erscheinungen nach Westen. Außerdem liegen stark gerötete, teilweise grobkristalline Jurakalkstücke umher, wie sich solche in Nähe der Basalte bei Gomadingen vorfinden. Die

mikroskopische Untersuchung dieser geröteten Kalke läßt nichts charakteristisches wahrnehmen, nichtsdestoweniger sind sie, wie sich aus nachfolgendem ergibt, mit Thermalbildungen in Zusammenhang zu bringen.

Hier soll auch des überaus reichlichen Vorkommens von Hydrophan halbwegs der neuen Straße von Böttingen nach Magolsheim gedacht werden, woselbst diese scharf nach Süden umbiegt. Der dortige Steinbruch im Lochkalk liefert in seinem östlichen Teil Kalke, die weiße Konkretionen bis beinahe zur Größe einer halben Faust führen. Diese Konkretionen erweisen sich als wasserhaltiger Quarz, als Hydrophan, der stark an der Zunge klebt und sich mit Wasser unter Austreten von Luftbläschen vollsaugt. Unter dem Mikroskop zeigt der Hydrophan ein mehr oder minder dichtes Gefüge von quarzartigen Körnern mit etwas schwächerer Lichtbrechung gegenüber Quarz und darin porphyrtartig rhombische Einsprenglinge von Calcit; doch tritt dieser auch skelettartig auf. In die Löcher des Kalkes erfolgten offenbar Infiltrationen von Kieselsäure und Kalziumkarbonat. Da dieses Vorkommnis nur ungefähr 500 m nördlich und 60 m oberhalb von den mit Mangan infiltrierten Jurakalken liegt, die Berckhemer erwähnt und als mutmaßlich thermal ansieht, so erscheint es nicht unmöglich, daß auch hier die Thermalgewässer genetisch eine Rolle spielten.

Es ist anzunehmen, daß alle diese erwähnten Erscheinungen Außenposten der Thermalsinterbildung am Sternenberg und in erster Linie causal an den Basaltuff gebunden sind, der in den Kellern von Böttingen ansteht. Dieser Basaltuff ist gleichartig mit den eruptiven Tuffen, die so typisch für die mittlere schwäbische Alb sind, und von Branco beschrieben wurden. In der Nähe der Vulkanembryonen zeigen sich allerorten Rotfärbungen des Juragesteins, wie das Branco oft erwähnt. Einzigartig ist übrigens der Thermalsinter von Böttingen auf der schwäbischen Alb nicht, denn Quenstedt erwähnt bereits von Laichingen Erbsenstein, den Berckhemer näher an Sammlungsstücken untersucht hat. Unsicher sind Angaben über Erbsenstein aus Feldstetten und Sirchingen. Persönliche Nachfrage und Nachsehen an beiden Orten verlief ohne Ergebnis. Hellgelber, gebänderter Kalk wurde von mir beim Basaltvorkommen am Dietenbühl bei Gruorn in Einzelstücken gefunden und scheint nach mikroskopischer Überprüfung Sinterkalk zu sein. Rötlicher Sinterkalk findet sich offenbar auch an der Sulzburg und am Randecker Maar, doch sollen diese Vorkommnisse Gegenstand einer anderen Abhandlung sein. Kein Sinterkalk findet sich, wie in Tageszeitschriften gemutmaßt wurde, bei Buttenhausen vor. Es handelt sich hier um geringe Mengen von, wohl durch überlagende Bohnerzreste rot getönte Jurakalke, die nach unten rein weiß werden. Hier möge erwähnt werden, daß grobstengelige Kalkmassen von rötlichgelber Färbung, wie bei Böttingen, auch hart östlich des Aussichtsturmes vom Aalbaumle bei Aalen und in der Mitte des Wendtales auftreten. Es ist rücksichtlich des kryptovulkanischen Beckens von Steinheini zu mutmaßen, daß auch hierin letzte thermale Äußerungen zu erblicken sind.

B. Der Sinterbruch bei Böttingen.

Selten ist wohl eine Thermalspalte so beträchtlich tief, bis 20 m abgebaut worden, wie gerade in Böttingen, woselbst der Bruch auch die beträchtliche Länge von 75 m hat (Tfl. I, Fig. 4). Die vielfach vertikalen Wände sind durch eine große Anzahl Balken abgestrebt worden. Da trotzdem Einstürze erfolgten, so wurden auf der Sohle des Bruches zwei Betonbrücken als Streben erstellt, um noch weiter in die Tiefe Vordringen zu können, denn der Besitzer der Grube legt besonders auf den sogenannten edlen Marmor Wert, der nahezu saiger steht und die rotweiße Bänderung am schönsten zeigt (Tfl. 3, Fig. 9). Infolge kleiner sekundärer Verwerfungsspalten, die vielfach mit Lehm ausgefüllt sind, bricht der edle Marmor leicht auseinander, sodaß es schwer ist, größere Blöcke zu erzielen. Blöcke und Abraum werden mit einer Motorwinde auf schiefer Geleisanlage in Wägelchen hochgezogen. Sprengungen sind selten und nur dann nötig, wenn große Weiß-Jurablöcke das Vordringen erschweren. Durch die Längsrichtung der Grube zieht der Spaltsinter (edler Sinter) mit einer Mächtigkeit, die am derzeitigen oberen südlichen Ende der Spalte beiderseits etwa 1 m beträgt. Nach unten steigert sich seine Mächtigkeit auf 1,5 bis 2 m.

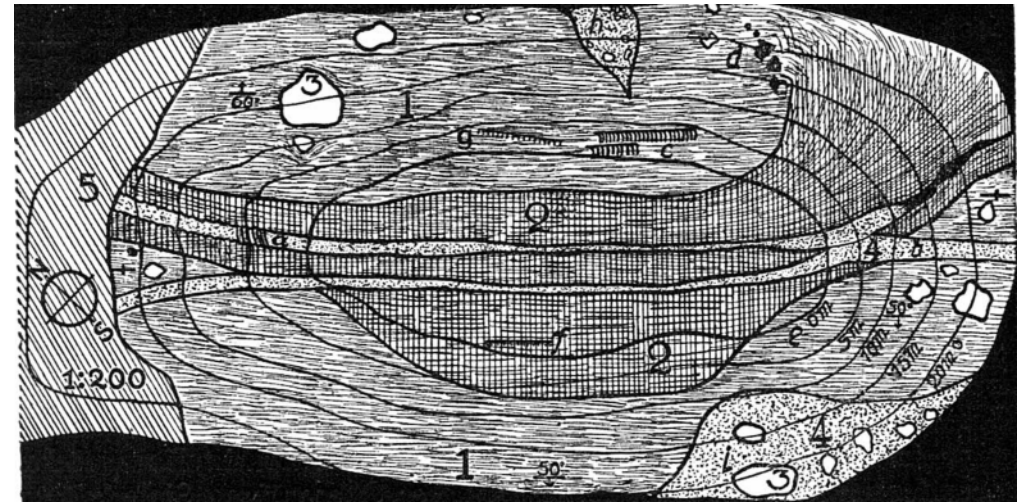


Fig. 2

Aus wechselnden Stadien der Grabarbeiten zusammengestellte Skizze der Sintermarmorgrube von Böttingen. 1 Wallsinter zu beiden Seiten des Spaltsinters 2. 3 Weißjurablöcke mit teils eingedrückten, teils Übergossenen Schichten des Wallsinters. 4 Lehm <Juralehm> mit vulkanischem Tuffmaterial, eingeschwemmt in die Quellspalte a, die Verwerfungsspalte b und in die querliegende Rinne h—i. In i treten neben Basaltuff noch kleine Granittrümmer auf. f und g Verwerfungen mit Fallen nach Westen, c Stellen rascher Umbiegung des Wallsinters zum Spaltsinter. Bei a letzte Bildung horizontal gelagerten roten Sinters, mehrfach alternierend mit Lehm, d Umbiegen des Spaltsinters zum Wallsinter in großer Ausdehnung und Kanallöcher, die der Quellspalte entschleudertes Wasser wieder zurückströmen ließen. 5 Schutthalde. Maßstab 1:500

Die geologische Skizze des Bruches (Fig. 2) ist, um eine Gesamtübersicht zu gewinnen, so angelegt, daß die nahezu vertikalen östlichen und westlichen Seitenwände mehr geneigt dargestellt wurden, um deren Aufbau in der Horizontalprojektion überhaupt zur Ansicht bringen zu können. Das Bild entspricht jetzt schon nicht mehr dem tatsächlichen Aussehen der Grube, infolge von Aufschüttungen im südwestlichen Teil. Die Quellspalte von SSO nach NNW streichend, zeigt ein Fallen von rund 80° gegen Westen, ist also nach unten dem vulkanischen Schlot, der unweit westlich des Bruches liegt, zugewandt, was deutlich auf ein Abstreben der Thermalgewässer vom Entstehungszentrum hinweist. Die Seitenwände der Spalte, im ganzen ebenflächig, sind in ihrer kleinen Struktur auf \square dem großen Flächen schwach konvexschalig gegeneinander zugekrümmt und zeigen vielfach vertikal geordnete Abflußwülste. Berckhemer gibt ein Bild horizontaler Streifung auf den Spaltsinter und vermutet darin Wasserstandsmarken. Die nach der Spaltmitte gewandten Flächen der sich oft leicht ablösenden Spaltsinterplatten sind rot gefärbt, die abgewandten meist weiß. Ganz rein weiße Partien des vorwiegend calcitischen Spaltsinters bestehen aus Aragonit, der vielfach stengelig bröckelt. Der Spaltsinter zeigt auch bis 10 cm mächtige mit Sinter ausgefüllte Querspalten, in denen der ausfüllende Sinter symmetrische Strukturanlagen aufweist. Sowohl im Innersten dieser manchmal nicht ganz geschlossenen Querspalten, als in den mehr oder weniger schmalen Vertikalräumen des Spaltsinters findet sich ein gelblicher Lehm eingeschwemmt, ähnlich, wie dies aus Karlsbad von Sueß geschildert wird. Selten findet sich in den Spalten Erbsenstein. In den bis jetzt erreichten größten Tiefen sieht der Spaltsinter ab und zu wie gebleicht aus. Das leuchtende Rot der Bänder ist alsdann durch ein mattes Gelb ersetzt, dafür sind aber die Klüftungsfugen oft ganz dicht mit schwarzem Manganmulm erfüllt. An einer tieferen Stelle des Spaltsinters wurde eine nahezu saigere Fläche beobachtet, die schräge Schraffur, wie ein Harnisch zeigte. Im südöstlichen Teile der Grube biegt der Spaltsinter auf einer Fläche von mehreren Quadratmetern aus der Vertikalen in die Horizontale um, was klar ersichtlich an Farbe und Lagerung ist (Tfl.2, Fig. 6u.7). Sonst gewinnt man meist den Eindruck, daß der Spaltsinter scharf diskordant gegen die ihn umgebenden nach beiden Seiten schrägauswärts gelagerten Schichten des sogenannten wilden Marmors absetzt, der aber einen Wal! um die Spalte bildet, und deshalb besser Wallsinter genannt wird. Genauere Prüfung zeigt, daß Umbiegungen des Wallsinters zum Spaltsinter nicht nur, wie vorerwähnt, im Großen vorliegen, sondern auch in mittlerem und kleinstem Ausmaß. In solchen Fällen liegt also eine Obergußschichtung vor (Tfl. 1, Fig. 5). Vielfach beobachtet man zwischen dem Spaltsinter und dem Wallsinter Gesteinslagen von 20 bis 30 cm Mächtigkeit, die ein wirres Gefüge zeigen, indem Röhrchen, durch die das Thermalwasser floß neben Sinterwülsten durcheinandergreifen.

Auffällig, aber für die Bildung der Thermalsinter weniger von Bedeutung, ist eine nahezu saigere Verwerfungsspalte von etwa 60 cm

Weite, die sowohl den Spalt-, als den Wallsinter durchsetzt. Diese Spalte ist mit braunem Lehm ausgefüllt. In dem mehr gelben Letten der Quellspalte im nördlichen Teil der Grube waren zu einer gewissen Zeit des Abbaues in 10 m Tiefe, acht nahezu horizontale Lagen von abwechselnd gelbem Letten und orangefarbenem

bröckeligem Sinter von je 10 cm Mächtigkeit zu beobachten. Es handelt sich hier offenbar um letzte Thermalablagerungen der sich mit Lehm ausfüllenden Spalte. Fossilien scheinen im Spaltsinter im Gegensatz zum Wallsinter nicht eingeschlossen zu sein. Sowohl der Lehm der Quellspalte als der Verwerfungsspalte führt kleine Mineralpartikelchen von Glimmer und zersetztem Magnetit, als auch kleine Lapilli mit zersetzten Olivinkernen; Materialien, die von vulkanischem Tuff herrühren.

Der Wallsinter beiderseits der Spalte, zeigt von der Spalte nach auswärts Neigungen von der Wagrechten bis zu 60°, ist rot, zeigt aber nach außen Übergänge in gelb und weiß. Vielfach ist er mit Röhren und Kanälen durchzogen, die horizontal und vertikal verlaufen. Im Wallsinter finden sich vorzugsweise in den weißen und gelblichen Partien Fossilien, wie Pflanzenstengel, Blätter und besonders Tausendfüßler, welche letztere durch Gewicht und Gestalt besonders geeignet waren, um in mehrere Meter Tiefe eingeschwemmt zu werden. Die Wallsinter zeigen sich auch rot und weiß, bzw. rot und gelb unregelmäßig gebändert und umschließen bis über cbm große Weiß-Jurablöcke, an denen die Sinterlagen teils scharf absetzen, teils aber auch unten durchgebogen, oder darüber gegossen erscheinen. Jurablöcke wurden noch in 20 m Tiefe festgestellt.

Besonders im südöstlichen Teil der Grube zeigt der Wallsinter bis 60 cm weite, große Höhlen, die von oben nach unten gegen die Spalte zu verlaufen. Saigere Verwerfungen und Klüftungen in Nordsüdrichtung, als auch Rutschflächen, die 15° gegen Westen geneigt sind, treten im Wallsinter auf. Im Längsverlauf der beiden Seiten des Spaltes zeigt der Wallsinter keineswegs gleichmäßige Höhe, sondern weist Mulden auf, die mit grauem Lehm ausgefüllt sind, in dem wiederum große Jurablöcke zu beobachten sind. Dieser Lehm ist nicht so klebrig, sondern lockerer wie der in den Spalten. Außerdem zeigt er Bankung von grobem und feinem Material. Im grobem Material lassen sich rote Kalksinterstückchen, vulkanischer Tuff (Lapilli mit verwitterten Olivinkernen) und selbst eckige Granitsteinchen unterscheiden.

Zu oberst ist der Wall- und der Spaltsinter, wie auch die Lehmlagerung durch eine offenbar abwärts kriechende Schottermasse von ungefähr einem halben Meter Mächtigkeit bedeckt, die aus Lehm, Jurakalksteinen und Sinterkalksteinen besteht.

C. Petrographischer Teil.

Hierin kommen, nachdem in den zwei vorhergehenden Teilen von der Allgemeinlage der Sinter und dem Aufbau der Sintergrube von Böttingen die Rede war, die daselbst sich findenden Gesteine zur Beschreibung und zwar:

1. Der Basalttuff von Böttingen.
2. Der Wallsinter, der beim Abfluß der Thermalgewässer gebildet wurde, und seine Verschiedenheiten einesteils der succesiven Abkühlung und Gasausscheidung der Therme, andererseits der Einschwemmung umgebender Gesteinsmaterialien verdankt.

3. Der Spaltsinter, der sich in der Quellspalte bei höherer Temperatur und höherem Druck abschied, aber naturgemäß Verknüpfungen und Übergänge mit dem Wallsinter zeigt.
4. Die Lehme, welche die Spalten ausfüllen und den Wallsinter umkleiden.

C. 1. Der Basalttuff.

Der Basalttuff, in mehreren Kellern von Böttingen anstehend und als Gartenmauerstein verwandt, wurde bereits von Gaiser als Melilithbasalttuff angeführt. Er ist im ganzen von grauer Farbe und läßt dunklere Lapilli von 1 bis rund 5 mm Durchmesser erkennen, die mit einer weißen Masse verkittet sind. Manche Lapilli zeigen innerhalb ihrer Rundung gelbe, matte, verwitterte Olivine. In der Kittmasse sind außerdem, jedoch spärlicher, eckige, graue und rote Trümmer von derselben Größe wie die Lapilli wahrzunehmen, die Sedimentgesteinen zuzuweisen sind.

Mikroskopisch gibt sich zu erkennen, daß die Lapilli aus mehr oder weniger kristallographisch gut umgrenzten, doch meist umgewandelten Olivinen bestehen, die von basaltischer Grundmasse umkleidet werden. Deren Hauptmasse bestreiten Melilithleisten, die durch die Verwitterung gelb geworden sind. Häufig ist die Verdrängung von Olivin durch Calcit. Perowskit und Magnetit treten reichlich in kleinen, meist gut umgrenzten Oktaedern auf. Augit, sonst in dem Basalt der schwäbischen Alb häufig, fehlt. Olivin tritt auch ohne Grundmassenumhüllung in eckigen Körnern auf. Sehr selten sind Körner aus Hornblende, sowie Biotittäfelchen wahrzunehmen. Bemerkenswert ist das häufigere Vorkommen von Orthoklas und Quarz in Körnern innerhalb der Kittmasse. Es ist wohl anzunehmen, daß diese Körner aus mitgerissenen Tiefengesteinsstücken stammen.

Die eckigen Trümmer der Sedimentgesteine sind vorwiegend kalkig und zeigen in nahezu dichtem Kalk Aufhellungen durch rundliche Partien größerer Calcitkörner. Andererseits treten auch einzelne Rhomboeder und unregelmäßig umgrenzte Körner von Calcit auf. Die Rhomboeder zeigen innerhalb ihrer Umgrenzung vielfach faserige Struktur. Es scheint, daß auch sehr viel Magnesitkriställchen vorliegen. Auffallend sind eckige Trümmer, die aus ziemlich gerundeten Quarzkörnern mit schwarzem, offenbar glasartigem Bindemittel bestehen, doch sind sehr selten. Die calcitische Kittmasse der Böttingertuffe ist hier und dort durch Eisenoxydhydrat gelblich bis rötlich gefärbt.

Angelehnt an die Umgrenzung der Lapilli, finden sich vielfach strahlig ausgebildete Kristallgruppen eines zeolithischen Minerals, das als Desmin oder Philippsit anzusprechen ist, bzw. ein isomorphes Glied beider darstellt. Dieses zeolithische Mineral ist prismatisch, 4-5 mal so lang als breit und an den Enden stumpf pyramidal abgegrenzt. Die Längsschnitte löschen geradeaus, zeigen aber optische Anomalien, Streifung parallel der Längskante in 3-4facher Folge. Spaltbarkeit tritt quer zum Prisma, wohl nach dem Klinopinakoid auf. Die Querschnitte sind teils rein quadratisch bei kleinen Individuen, teils an den Ecken rechtwinklig eingeschaltet, wie sich dies aus der Zwillingsbildung ergibt. Optische Anomalien zeigen sich im Querschnitt als vier verschwommene, sich durchkreuzende Felder, die auf den Seiten aufsitzen. Durch Einwirkung von

Salzsäure und nachfolgende Behandlung mit Eosin läßt sich gelatinierte Kieselsäure erkennen.

Der Böttinger Melilithbasalttuff stimmt durchaus mit dem von Gaiser (5, S. 70), als intersertaler Typus bezeichneten Basalttuff überein.

C. 2. Wallsinter.

Alle mehr oder weniger geneigt gelagerten Wallsinter gehören den Calcitsintern zu, doch können sich recht verschiedene Abarten entwickeln, je nach der Entfernung von dem Quellausbruch, und je nach den von der Umgebung hereingeschleppten und beigemischten Materialien. Hereingeschwemmt wurden letztere vorwiegend durch rückfließende Ausbruchwassermassen des Sprudels, weniger durch Regenwasser. Nachfolgend wird nach Farbe und Struktur unterschieden: gelber Wallsinter, weißgelb gebänderter Wallsinter, roter Wallsinter, weißrot gebänderter Wallsinter, gelbrot gebänderter Wallsinter und Wallsinterbreccien.

Gelber Wallsinter. Dieser stellt die letzten randlichen Ausscheidungen des Thermalwassers dar. Seine Struktur ist oft recht locker bzw. faserig und wird durch Calcitkörner gebildet. Einzelne Calcitkristalle der lockeren Wallsinter von 1/15 mm Größe zeigen kristallographische Begrenzung von 2 R, R und o R. An den langgezogenen von einander abstehenden Calcitkornreihen haben sich manchmal hier und dort braune, nahezu undurchsichtige Kriställchen von 1/20 mm Größe entwickelt, die teils rhombische, teils hexagonale Durchschnitte zeigen. Letztere lassen den öfteren zonaren Aufbau erkennen, was in Verbindung mit der Unlöslichkeit in kalter Salzsäure dafür spricht, daß Braunspath vorliegt. Die Kristallform ist offenbar das Grundrhomboeder. Hellgelbe Häutchen, die fleckenweise die Calcitkörner überziehen und gleicherweise in Salzsäure unlöslich sind, jedoch starke Licht- und Doppelbrechung zeigen, scheinen mit dem Hämatit, dem Roteisenocker, identisch zu sein, der die Rotfärbung der Böttinger Sinter verursacht.

Der dichte gelbe Wallsinter weist die meisten pflanzlichen Versteinerungen, wie Blätter, Blattstengel usw. auf, was sich aus seiner Bildung wohl erklärt. Die Strömung des abfließenden Thermalwassers bildete um Pflanzenstengel, die am Rand der Abflurinne wuchsen, kleine Wirbel, sodaß Kristallbildungen um die Pflanzenstengel in spiralischer Anordnung entstanden. Häufig zeigen sich auch wellige Strukturen auf der Oberfläche der plattenweise sich ablösenden Sinter, was bereits Berckhemer erwähnt und abbildet. Die Ursache liegt in Strömungen des die Kristalle ausscheidenden Thermalwassers. Ähnliches kennt man auch von anderen Thermalquellen, so von Karlsbad. Die Wellenzüge lassen meist eine glatte Lee- und rauhe Luvseite erkennen, woraus sich die Strömungsrichtung bestimmt. Da solche Wellenstrukturen auch in tiefen Lagen von 12 m auftreten, ergibt sich das Vorhandensein früherer tief gelegener Abflurrinnen. Mit der Lupe und mikroskopisch läßt sich feststellen, daß um kleine Röhrchen, die der Schichtung der Sinter parallel laufen, die Calcitkörner stengelig und besonders groß entwickelt sind. Die nach der Hauptachse gestreckten Individuen, zeigen undulöse Auslöschung, und fächerige palmwedelartige Ausbildung. Da letztere sehr typisch

ist und vielfach wiederkehrt, scheint mir die Bezeichnung „Palmettstruktur“ angebracht. Wurden die Röhrchen nachträglich ausgefüllt, so geschah dies durch feinkörniges Material. Übrigens zeigt ein Teil der Röhrchen, insbesondere solche, die der Quellspalte näher liegen, konzentrischen Aufbau, was auf länger andauernden Durchfluß des Thermalwassers deutet.

Weiß-gelb gebänderter Wallsinter. Gleichfalls in der randlichen Zone des Wallsinters auftretend, kommt demselben eine mehr oder weniger breite Bänderung in rein weiß und gelb zu. Er besteht aus Lagen von Calcitkörnern, deren Längsachsen senkrecht zur Bänderung stehen. Zeigt sich gelbliche Trübung in den palmettartig ausgebildeten Kristallen, so ist diese besonders zu beiden Seiten einer mit der Hauptachse zusammenfallenden Kristallisationsnaht wahrzunehmen. Die einzelnen Lagen sind am Rande vielfach gelblich oder rötlich durch Roteisenocker gefärbt. Zwischen den Bändern finden sich auch kleine Hohlräume, die mit Calcitdrusen ausgefüllt sind. Infolge lokaler Druckwirkung sind mehrfach die offenbar noch halbfesten Gesteine in Falten gelegt worden. Die Druckwirkung ergab sich wohl durch übermäßige, einseitige Anhäufung des Wallsinters, oder durch Störungen beim Ausbruch der Thermen. Bildete sich der poröse, stengelige gelbe Sinter im Wasser selbst, so bildete sich der Bandsinter als Übergußausscheidung des abfließenden Thermalwassers.

Roter Wallsinter. Von fleischroter Farbe, kann dieser Sinter dicht, als auch porös entwickelt auftreten, doch dies seltener. Hier und dort finden sich einzelne Röhren bis 3 mm Ø, die dem Abströmen der ausgeschiedenen Kohlensäure des Thermalwassers dienen. Manchmal sind diese Röhrchen eng beieinander angeordnet, wie dies für Karlsbad gleichermaßen beobachtet wurde. Die Röhren scheinen aber keineswegs vorwiegend senkrecht gestellt zu sein, sondern liegen nach Beobachtungen im Bruch, selbst bei häufiger Gruppierung auch wagrecht. Der durch Rotocker gefärbte Wallsinter zeigt mitunter rein weiße Flecken durch sekundäre Infiltration von reinem Calcit in vorhandene Gasröhrchen und Poren.

Weiß-rot gebänderter Wallsinter. Derselbe tritt mit Übergängen zu vorerwähntem weiß-rot geflecktem Wallsinter auf, und seine Bildung ist ihm gegenüber gleichartig zu verstehen, wie dies von dem gelben Wallsinter und dem weiß-gelb gebänderten Wallsinter beschrieben wurde. Hier Entstehung unter Wasser, dort Entstehung durch überfließendes Wasser. Die Einzellagen des weiß-rot gebänderten Wallsinters können mit 1-3 mm Dicke einige cm lang aushalten, um dann auszukeilen, oder um sich zu umwulsten. Die Ursache des Farbenwechsels der Bänderung ist dieselbe wie bei den später beschriebenen Spaltsinter, und wird dort erörtert. Der Calcit zeigt stets dort, wo das rote Pigment des Ockers auftritt, feinkörnige Struktur. In den lichterem ockerfreien Partien ist der Calcit gröber und weist mehr oder weniger deutliche Palmettstruktur und undulöse Auslöschung seitlich der Hauptsache auf. Mikroskopisch zeigen sich in den Calcitkörnern viele Hohlräume, die genetisch offenbar mit der Kohlensäure-Ausscheidung Zusammenhängen. Manche Calcitkörner lassen im Innern zur Umgrenzung parallel verlaufende scharf gezogene Ockerlinien erkennen und sind teilweise nach außen pigmentiert. Es handelt sich hier um Calcitkristalle, die sich in Drusenräumen bildeten, nachträglich durch Infiltration mit Ocker überzogen wurden, um dann weiter zu wachsen. Der Rotocker, manchmal gleichmäßig durch die Calcitkörner

verteilt, tritt auch in fahnenförmiger Anordnung längs der Hauptachse der Kristalle auf und es ergibt sich hieraus, daß Ocker und Calcit wohl gleichzeitig abgeschieden wurden. Reine Calcitausscheidungen gingen aber noch weiter vor sich, nachdem sich der Ocker bereits abgeschieden hatte. Manche rote Wallsinter umschließen Pflanzenreste und zeigen Wellenbildung, doch selten. Fältelungen, wie beim weiß-gelben gebänderten Wallsinter zeigen sich gleichfalls, doch spärlicher, was naturgemäß ist, da ja die Belastung des zuwachsenden Sintermaterials sich von innen nach außen verstärkt auswirken mußte.

Seltsam ist das Auftreten einer Art Fluidalstruktur, indem äußerst dünne Stäbchen parallel in Strömungslinien liegen, welche auch um Hohlräume umbiegen. Die Stäbchen sind isotrop, es handelt sich um feine Aragonitstäbchen, die mutmaßlich irgendwo wuchsen, durch eine Thermalwasserströmung, welche Flußsäure enthielt, losgerissen, erfaßt, und mit anderem Detritus abgelagert wurden, wobei sich Fluidalstruktur bildete. Die Flußsäure machte die Aragonitstäbchen, die mit solchen von Steinheim übereinstimmen, isotrop, bzw. wandelte sie unter Beibehaltung der Form in Flußspath um, was mit den Steinheimer Aragonitnadelchen durch Einlegen in konz. Flußsäure leicht zu erhärten ist. Die Einwirkung von Flußsäure auf den Aragonit kommt später bei Beschreibung der Calcitpaltsinter mit Aragonitparamorphosen eingehend zur Schilderung.

Aus kleinen Drusen kann man kleine aufgewachsene Calcitkriställchen herauslösen, an deren Habitus mit dem Mikroskop die Formen o R, R 3, 2 R abgeschätzt werden konnten. Oberseits sind die Kriställchen schwach gelb angelauten.

Gelb-rot gebänderter Wallsinter (Tfl. 4, Fig. 10). Dieser fand sich in großen Mengen im Nordostwinkel des Bruches und sieht beinahe wie der weiß-rote Bandsinter aus, nur daß statt rein weißen, gelbliche Lagen auftreten. Wenn aber in den roten Lagen der Rotocker sich mindert, dann gibt es Übergänge zu gelb-weiß gebändertem Wallsinter, der meist tiefschwarze Manganmulmkrusten streifenweise zeigt. Die rot und gelben Bänder lagern ca. 3 mm mächtig, keilen aus, oder umranden sich bogenförmig. Schmale Hohlräume finden sich gleichfalls vor. Mikroskopisch erweisen sich die roten Bänder mit denen des weißrot gebänderten Wallsinters übereinstimmend, aber die gelben, mit ihren schwarzen Mangandendriten machen durchaus den Eindruck von Jurakalk, der ja auch solche enthält. Man könnte vielleicht zu der Meinung kommen, die Thermalgewässer hätten die Jurakalkmassen durchsetzt, doch ist dies aus verschiedenen Gründen abzuweisen. Vor allen Dingen sind die gelben Bänder viel weicher als Jurakalk, und es finden sich darin undulös auslöschende Quarzkörnchen, spärlich zersetzter Feldspath, wohl Orthoklas (ein kleines Körnchen wie Perthitstruktur auf), ferner fand sich ausgebleichter Biotit. Hier liegen zweifellos Einschwemmungen von Materialien der Umgebung, von Juratuffbreccien vor, innerhalb deren sich der Sinterwall ausschied. Wahrscheinlich wurden diese Fremdmaterialien hereingeschwemmt durch Zurückfluten ausgeworfener Thermalgewässer, weniger durch Regenwasser.

Wallsinterbreccien. Wenn die Einschleppungen in die Wallsinter nicht mehr aus so fein aufgeschwemmten Jurakalkpartikelchen bestanden, wie dies bei dem oben beschriebenen gelb-rot gebänderten Wallsinter der Fall ist, sondern größere Dimensionen annahmen, entstanden Breccien. Dieselben finden sich ziemlich spärlich, nesterweise im Wallsinter, und wurden in Tiefen bis 18 m beobachtet; manchmal in der Nähe vieler Kubikdezimeter großer Jurablöcke, manchmal aber auch als Hohlräumeausfüllung. Die Grundmasse der Breccien ist gelbroter bis roter Sintercalcit. Darin liegen eckige Weißjurakalk- und eckige ältere Rotsinterstückchen eingesprengt, die erkennen lassen, daß neben dem Aufbau des Wallsinters, an anderen Stellen teilweise Zerstörung desselben statt hatte. Auch Bohnerzpartikelchen wurden festgestellt. An Versteinerungen fand sich eine Süßwasserschnecke, deren Gehäuse mit feinem brecciösem Material angefüllt war. Einige Breccienstückchen sind hellgelbe Calcitkörneraggregate, die porphyrisch eingesprengt größere Calcitrhoeder zeigen. Dieses Gestein scheint nach dem mikroskopischen Gefüge mit dem hellgelblichen Gestein identisch zu sein, das an dem vom Dorf zum Sinterbruch hinaufführenden Weg, und zwar in einer Entfernung von 5 m, vor der Umzäunung des Stoßwerkes ansteht. In diesem Gestein finden sich spärlich abgerollte, undulös auslöschende Quarzkörner. Es ist fraglich, ob dieses Gestein dem Jura selbst zugehört, oder eher mit dem Sprudel genetisch zu verbinden ist. Ähnlich gelbe, doch nicht näher untersuchte Gesteine fand ich an der Gutenbergersteige, und in der Nähe anderer Vulkanembryonen. Die in der

Breccie auftretenden Stückchen haben ihre porphyrische Struktur wohl hydrothermalmetamorph erhalten, denn dem massigeren Auftreten an dem Dorfweg mangelt sie und dies würde dafür sprechen, daß das Gestein dem oberen Jura zugehört.

Hier einzureihen sind rot und gelb-rot gebänderte Gesteine, die sich westlich von Böttingen, nördlich der Straße nach Münsingen auf den Feldern finden. Denn diese Calcitsinter führen zertrümmerten serizitisierten Feldspath, Glimmer und Quarz, als auch Konkretionen von Chalcedon ähnlichem Material. Das Auftreten von Feldspath, Glimmer, Turmalin und Quarz einerseits in den Wallsintern mit eingeschwemmtem Material, und der Mangel von basaltischem Material andererseits, ist überraschend. Da aber in dem, den Wallsinter eindeckenden Lehm Granitstücke neben vulkanischem Tuff gefunden wurden, so ist doch wohl zerstörter Granit allein für das Auftreten der genannten Mineralien in Anspruch zu nehmen. Man müßte also annehmen, daß Tiefengesteine in der Tuffbreccie verhältnismäßig häufiger, gegenüber dem eigentlichen vulkanischen Tuff waren, sofern sich derselbe unter dem Einfluß der Thermalgewässer nicht besonders rasch zersetzte, was wahrscheinlich ist. Ob die festgestellten Bohnerzkörner, wie es hier und dort bei den Vulkanembryonen der Alb den Anschein hat, genetisch mit den vulkanischen Tuffen in Verbindung zu bringen sind, etwa als umgewandelte Lapilli anzusprechen sind oder nicht, möchte ich hier nicht entscheiden.

Weißjurablöcke des Wallsinters. Besonders interessant für die Böttinger Thermalspalte ist das Auftreten von oft cbm-großen Weißjurablöcken. Diese Blöcke sind gewissermaßen schwimmend in den Wallsinter eingelagert. Die Schichten der Bandsinter stoßen ungestört auf sie und nur selten sieht man, wie Schichten unter den Blöcken einbiegen oder sich darüber wölben. Augenscheinlich wurden die

Jurablöcke auf meist bereits hart gewordenen Wallsinter aufgespült, oder kollerten dorthin, um dann weiterhin einzementiert zu werden. Abfließende Thermalgewässer unterwühlten mutmaßlich die steile Böschung der Jurabreccie, welche die Mulde umsäumte, in der der Wallsinter gebildet wurde. Das Kleinmaterial wurde meist abgeschwemmt. Gegen die Möglichkeit des örtlichen Ersatzes von kleinem Material der Weißjurabreccie durch Sinter, der dann gleicherweise die großen Blöcke umgeben würde, spricht das beiderseits der Spalte erfolgende starke Fallen der Schichten des Wallsinters und die Tatsache, daß der weitaus größte Teil reiner Sinter, und nicht mit Juramaterial durchsetzt ist. Eine hydrothermale Beeinflussung der Jurablöcke ist festzustellen, da große grobkörnige Calcitnester, als auch einzelne scharf umgrenzte Calcitrhoeder sich in der sonst feinkörnigen gelblich trüben Calcitgrundmasse, wie sie dem gewöhnlichen Jurakalk zukommt, bildeten. Die grobkörnigen, aufgehellten Partien können auch schmale Gänge bilden. Psilomelan (Manganmulm) findet sich wie sonst im Jurakalk, doch meist zu größeren, unregelmäßig gestalteten, sich verzweigenden Gebilden zusammengehäuft. Irgend eine bedeutendere Zuwanderung

von Material ließ sich nicht feststellen, insbesondere nicht von dem auffälligen Rotocker. Selten finden sich kleine runde Nester einer chalcedonartigen Masse, was aber bemerkenswert ist, rücksichtlich des reichlichen Auftretens von Hydrophan in den Lochkalken des benachbarten Magolsheim. Interessant ist das Auftreten • von kleinen Kristallhöhlräumen sechseckigen Umrisses und rechteckigen Querschnittes innerhalb der neu entstandenen Calcitkörner, denn dieselben weisen im Innern meist einen schwarzen Punkt auf, und es scheinen Flüssigkeitseinflüsse mit Gasblasen vorzuliegen. Allerdings konnten Bewegungen letzterer nicht beobachtet werden.

C. 3. Spaltsinter.

Die Böttinger Marmorgrube zeigt deutlich, daß die ostwärts der Spalte gelegenen Wallsintermassen mächtiger sind, als die westwärts gelegenen (Tfl. 1, Fig. 4). Insbesondere gilt dies von dem südöstlichen Flügel, woselbst Übergußschichtung, d. h. das Umbiegen der nach außen fallenden Wallsinter zu den nahezu saiger stehenden Platten des Spaltsinters unter Verjüngung des oberen vertikalen Schenkels am besten zu sehen ist (Tfl. 2, Fig. 6). Selten hat man Gelegenheit, an der Westflanke der Spalte Umbiegungen wahrzunehmen. Meist herrscht hier ein scharfes Absetzen der steil einfallenden Spaltsinter gegenüber den Wallsintern. Wirr struierten Spaltsinter von rund 20 cm Mächtigkeit zwischen dem Spaltsinter und dem Wallsinter trifft man auch vorwiegend an der Ostflanke. Wäre nicht die unzweifelhafte Symmetrie im seitlichen Fallen des Wallsinters gegenüber dem Spaltsinter für den größten Teil des Bruches vorhanden, möchte man sich der Meinung hingeben, daß sich von Osten und von oben her Sinterterrassen aufgebaut hätten, die erst nachher durch eine Verwerfungsspalte geklüftet wurden, in der erneut Thermalwasser nach oben drang, um den Spaltsinter zu erzeugen, der mit dem Wallsinter zusammen dann erst späterhin durch eine zweite Verwerfungsspalte zerrissen wurde. Die Tatsache jedoch, daß der Spaltsinter, als auch die Quellspalte steil nach Westen einfällt, läßt mutmaßen,

daß, wenn eine Thermalquelle mit Wasserauswurf und nicht allein mit Ausfluß, also ein Geysir vorlag, sich am Osthang besonders starke Sinterbildung infolge einseitiger, bevorzugter Überschüttung bilden mußte. Auf der Ostseite liegen auch die meisten und größten Jurablöcke, welche durch die zurückflutenden Thermalgewässer hereingeschleppt wurden. Die Wirkung des Geysirs war nicht allein eine nach außen aufbauende bezüglich der Bildung des Wallsinters, sondern auch eine zerstörende, denn in dem Maße als der Sinterwall sich hob, wurde die Innenwandung der Spalte durch die Thermalgewässer erodiert und die Umbiegungen der Schichten, die erst vorhanden waren, verschwanden. Die Zerstörung der Umbiegungsstellen war keineswegs überall gleichförmig, denn die lokale Richtung und Geschwindigkeit des ausgestoßenen Wassers war bestimmend. Dort, woselbst die Thermalgewässer einerseits emporbrachen, um bald wieder zurückzufluten, wurde gelöst und wieder ausgeschieden, hier bildeten sich jene wirr struierten Sinterlagen mit unregelmäßigen Kanälen und Wülsten, von denen oben die Rede war. Für das teilweise Zurückströmen der Thermalgewässer in die Spalte, sprechen Höhlen bis zu 50 cm Ø, die gegen die Spalte geneigt, den Wallsinter durchsetzen, ferner die später beschriebenen leopardenartig gefleckten Gesteine. Jedes Thermalgewässer wirkt in der Tiefe lösend, oben absetzend, wobei die stoffliche Beschaffenheit, Druck und Temperatur eine Rolle spielen. Erst nachdem der Wallsinter sich hochgetürmt hatte, höher als dies heute zu beobachten ist, und im Innern teilweise chemische und mechanische Erosion sich ausgewirkt hatte, schied sich unter veränderten, erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen in der Spalte der für dieselbe so charakteristische Aragonitsinter ab. Derselbe zeigt sich aber immer noch, wie dies der Prozeß des Emporwachsens erfordert, durchsetzt mit wohlgebänderten Massen von teils primärem Calcitsinter, teils solchem, der sekundär aus Aragonitsinter entstand. Die Mächtigkeit der Spaltsinter nimmt nach der Tiefe zu, und diesen Spaltsintern gilt insbesondere der Abbau. In dem Maße, als die Quelle abnahm, verlegte sich die Aragonitbildung mehr in die Tiefe, und der Abbau wird mit Recht nach der Tiefe weiter verlegt.

Die Spaltsinter, die nachfolgend beschrieben werden, gliedern sich in Calcitspaltsinter, die nach Lage und Beschaffenheit mit dem Wallsinter verknüpft sind und den eigentlichen Spaltsinter, dessen reinste Form der Aragonitsinter ist, der teilweise durch hydrothermale Umwandlung sekundär in Calcitsinter übergeführt wurde, jedoch auch in primärer Entstehung mit dem Calcitsinter durch Übergänge verbunden ist. Mit dem Aragonitsinter kommt der in Spalten desselben gelagerte Erbsenstein nebst Breccien zur Beschreibung.

Primärer Calcitspaltsinter. Vorwiegend an den äußeren Wandungen der Spalte auftretend, zeigt derselbe zum Teil völlige Übereinstimmung, auch in den wirr struierten Spaltsintermassen, mit dem roten Wallsinter. Dort jedoch, woselbst er weiß-rot gebändert ist, kommt ihm diese Eigenschaft in ausgezeichneter Weise zu, als den weiß-rot gebänderten Wallsintern, indem die wechselnden Lagen lange aushalten und reiner gegeneinander abgesetzt sind. In gewissen Abständen von 1 A cm bis mehrere cm schwankend, lassen sich Sinterplatten, die einseitig mit Ocker überzogen sind, von einander abheben. Die Flächen der Platten sind vielfach gegen die Mitte der Spalte zu konvex muscheligen und gegen außen entsprechend

konkav entwickelt, in kleineren bis größeren Ausmaßen. Oft sieht man polygonal sich verschneidende, wenige mm starke und mit Calcit ausgefüllte Schrumpfung- oder wohl eher Zerbrechungslinien, der wahrscheinlich ziemlich rasch gebildeten Spaltsinterplatten. An manchen Platten ist der hellrote Ocker noch abzureiben. Manchmal springen die Platten beim Hammerschlag rot und weiß gefleckt voneinander ab.

Aller Orten bildeten sich an den Calcitspaltsintern Wülste und hängende Zapfen bis 5 cm Länge mit zentralen Aufbaukanälen, von denen wiederum radiale Kanäle zu pustelartigen Gebilden der Umgrenzung abstreben. Im Dünnschliff der Stalaktiten läßt sich eine progressive Dickenzunahme der Anwachszone und ein Übergang von nadelförmigem zu flockigem Roteisen erkennen, was durch gesteigerten Zufluß und Temperaturabnahme infolge Oberflächenvergrößerung zu erklären ist. Kalottenförmige bis 15 cm große Auswölbungen, die stets der Spaltmitte zugewandt sind, treten auf. Ferner zeigen sich tropfsteinähnliche Bildungen in vertikaler Richtung, deren Oberflächen jedoch nicht so glänzend sind, wie dies den gleichartigen Karlsbader Gebilden eigen ist. Auf den Platten der Spaltsinter beobachtet man auch ab und zu konzentrische Kreise, die sich mit benachbarten in Sehnen schneiden. Figuren, die sich nur so erklären lassen, daß das Thermalwasser vielleicht in Fugen stagnierend schaumartige Konsistenz hatte, und an der Basis der sich pressenden Schaumhalbkugeln Kristallisationen einsetzten.

Bemerkenswert sind auch an manchen Platten unregelmäßig verstreute, nadelkopfgroße Eindrücke, die wohl als versteinerte Einschläge vom Spritzwasser des Geysirs anzusehen sind.

Die Bänderung der Calcitspaltsinter durch Ocker ist eine häufige. Werden die Bänder über 1 cm breit, dann zeigt sich oft ein schwammiges Gefüge. Wie beim Wallsinter, läßt sich auch hier mikroskopisch feststellen, daß die Körnergröße bei Anwesenheit von Rotocker klein wird, was übrigens gleichermaßen für die später beschriebenen Aragonitsinter gilt. Eine Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der Bänder an Zahl oder Stärke der Färbung läßt sich nicht erkennen. Vielfach hat man den Eindruck, daß die Ockerausscheidung mit einem sattroten Band sich anmeldet und mit lichten Bändern endet, entsprechend dem raschen Ausbruch der Therme und dem allmählichen Erlöschen desselben, das aber noch durch einige Aufwallungen unterbrochen wurde. Ähnliches konnte für die Aragonitsinter festgestellt werden. Über die Form des ausgeschiedenen Ockers wird später die Rede sein. Die Rotockerbänder zeigen makro- und mikroskopisch festonartigen Verlauf, und die Konvexkrümmung ist stets dem Innern der Spalte zugewandt. Dies erklärt sich aus dem von außen nach der Spaltmitte zu vorschreitendem Wachstum der Sinter. Hier und dort sind die Calcitspaltsinter durch lokale tektonische Vorgänge, deren Ursache in der Therme selbst zu suchen sind, zerrissen worden, und querliegende Calcitspaltsinter mit symmetrischer Bänderung durchtrümmern dieselben, sodaß sich im Bruch der Gesteine oft recht seltsame Maserungen ergeben.

Calcitspaltsinter mit Aragonitparamorphosen. Dieselben sind Mittelglieder zwischen den Calcitspaltsintern und den Aragonitspaltsintern, bzw. den daraus

hervorgegangenen sekundär gebildeten metamorphen Calcitpaltsintern. Der Aragonit kristallisierte nur bei höheren Temperaturen an den Wandungen der Spalte aus. In den tieferen Regionen entstanden reine Aragonitgesteine, im oberen Teil der Spalte kristallisierten jedoch nur einzelne Aragonitnadeln oder Büschel aus, da die ausgeworfenen, nunmehr abgekühlten Wassermassen des Geysirs zurückflossen und weiterhin nur Calcitaggregate zur Auskristallisierung kommen ließen. Die Aragonitnadeln erhielten sich jedoch nicht, verschwanden überhaupt, oder wurden in Calcit umgewandelt, wie dies selbst mit einem Teil der reinen Aragonitgesteine durch thermale metasomatische Prozesse geschah.

Viele der Spaltsinter lassen bereits makroskopisch gießkannenförmig sich verzweigende Gebilde von gelblicher Farbe im weißen Calcitgestein wahrnehmen, wobei die spitzwinkligen Büschel, manchmal alle im gleichen Sinne nach einer Seite fahnenförmig gedrückt erscheinen. Letztere Beobachtung ist auch von Karlsbad bekannt und durch Strömungen beim Kristallisationsvorgang bedingt. Das Volumen der Kristallbüschel scheint manchmal bis 1/4 des Gesteins auszumachen. Manche Typen hinwiederum zeigen bis 2 cm und mehr langgezogene Kanäle in einer Dicke, die oft nur 1/10 mm und weniger ausmacht. Meist liegen schwarze Partikelchen in den Kanälen.

Mikroskopisch läßt sich wahrnehmen, daß die gießkannenartigen Gebilde und die feinen Einzelkanäle umgewandelte Aragonitkristalle sind, denn die Querschnitte der Aragonitparamorphosen sind sechseckig, und die Längsschnitte sind äußerst lange Prismen, die durch die Basis begrenzt sind (Tafel 5, Figur 14). Alle Übergänge zwischen den beiden Pseudomorphosen, Umhüllungspseudomorphosen und Faramorphosen sind festzustellen. Vielfach weisen die Paramorphosen einen mehr oder weniger gekrümmten Mittelriß zwischen den Calcitkörnern auf. Bei beiden Pseudomorphosen finden sich kleine schwarze Partikelchen von Manganmulm. Es liegt die Vermutung nahe, daß der Manganmulm mit der Umwandlung verknüpft ist, indem offenbar die Rotockermassen, welche die Aragonitkristalle umhüllten, etwas Mangan führten. Der Rotocker wurde aufgelöst und Manganmulm blieb zurück. Hohlformen scheinen sich besonders dann gebildet zu haben, wenn die Aragonitsäulchen, infolge der Einwirkung freier Flußsäure einen Überzug von Flußspath bekamen. Experimentell ergibt sich, daß der Böttinger Aragonit selbst von konzentrierter Flußsäure, wie sie von Merck in Handel gebracht wird, kaum angegriffen wird. Beim Aufgießen derselben treten nur wenige Kohlensäurebläschen auf, die von Bildung der Fluorithaut herrühren. Nach rund 24 Stunden sind in den Aragonitstückchen, wie sie sich zur mikroskopischen Beobachtung eignen, isotrope Felder im Innern zu beobachten, aber besonders am Rand, woselbst die Partikelchen am dünnsten sind. Nach zwei Tagen ist der ganze Aragonit unter Beibehaltung der Form und vorhandener Risse > in Flußspath übergeführt. Es haben sich Pseudomorphosen gebildet. Läßt man die Flußsäure nur kürzere Zeit einwirken und bringt nach dem Auswaschen Salzsäure dazu, so löst dieselbe das Innere der Aragonitsäulchen bzw. Partikelchen auf und es entstehen Hohlformen. Man sieht deutlich unter dem Mikroskop, daß die Kohlensäurebläschen wie aus einem Schlauch abströmen. Durch Einwirkung von Schwefelsäure kann der Flußspath aufgelöst werden.

Die Übertragung dieser Versuche zur Erklärung der Abdruckhohlformen bzw. der Paramorphosen von Böttingen scheint angebracht.

Es ist sicher, daß die Förderung der Salzsäure, Flußsäure usw. nicht gleichmäßig erfolgte, vielmehr traten diese Säuren schwadenweise in die Thermalgewässer über. Wenn nun eine mit Flußsäure beladene Aufwallung über ausgeschiedene Aragonitsäulchen hinwegflutete, so wurden diese mit einem äußerst zarten Fluoritüberzug versehen. Drängte eine weitere mit Salzsäure beladene Aufwallung nach, so wurden die Aragonitkriställchen im Innern durch die Salzsäure aufgelöst, und nur von dünnen Fluorithäutchen gebildete Röhrrchen blieben zurück, die später von Calcit nebst Fluorit umschlossen wurden. Daß die Salzsäure nicht erst nach der Umschließung mit Calcit den Aragonit auflöste, ergibt sich aus der größeren Löslichkeit des Calcits gegenüber dem Aragonit, was für die Böttinger Mineralien bezüglich heißer Salzsäurelösung nachkontrolliert und bestätigt wurde. Eingang zu dem Innern der Aragonite, die von Fluorit überzogen waren, fand die Salzsäure vielfach an kleinen Bruchstellen, denn das Wasser, in dem die Kristallisationen erfolgten, war mehr oder weniger bewegt. Ausgeschlossen ist auch, daß die Flußsäure etwa späterhin den von Calcit eingeschlossenen Aragonit gelöst hätte, denn dann müßte ja der Calcit, der viel leichter als Aragonit in Flußsäure löslich ist, verschwunden sein.

Was die Umwandlung des Aragonits in Calcit selbst betrifft, so wird darüber im Abschnitt über die sekundären Calcitpaltsinter berichtet.

Interessant sind plattenförmig sich ablösende Gesteine des Spaltsinters, die auf rotem Untergrund bis zu 4 mm große rundliche weiße Flecken grober radialer Calcitkörnerbildung zeigen und leopardenförmig gemustert erscheinen. Der Querschnitt läßt reichliche, feine divergierende Kanälchen erkennen. Flecken und Röhrrchenbildung sind zweifellos miteinander verknüpft, indem die Kanälchen, welche aus aufgelösten Aragonitbüscheln hervorgingen, von Kohlensäuregas (weniger wohl von Wasser) als Ausströmungskanälchen benützt wurden und so den Rotocker verhinderten, sich gerade über diesen Kanälchen niederzuschlagen. Es entstanden weiße Flecken auf rotem Untergrund. Dies spricht, da die Strahlenbüschel mit ihrer Divergenz gegen die Spalte gerichtet sind, dafür, daß Rückfluß oder Stauung von Gas oder Wasser gegen die Spalte statt hatte, und dies war nur möglich bei einer intermittierend tätigen Thermalquelle.

War der Ausbruch erfolgt, so strömte aus den vielen Röhrrchen des Wallsinters, der, wie schon erwähnt, auch größere Hohlräume besitzt, die dem Spalt zugeneigt sind, ein Teil des Ausbruchwassers zum Spalt zurück. Die Anlagerung der Spaltsinter geschah in der Spalte von außen nach innen. Aus dem, daß die Kristallisation zur Spalte divergierende Kristallbüschel schuf, erklärt sich die so typische, bucklige und höckerige Ausbildung der Sinterplatten. War der Spalt so verengt, daß sich das Wasser nicht mehr rasch verteilen und abkühlen konnte, so fand keine Auskristallisation mehr statt, wodurch sich der erhaltene Raum innerhalb der Spaltsinter erklärt, als auch die kleinen Mittelklüfte der quer durchsetzenden symmetrisch aufgebauten Sintergänge, wie dies auch von Karlsbad bekannt ist. In diese Klüfte wurde dann später feinkörniges Material der Umgebung eingeschwemmt, was gleicherweise von Böttingen und Karlsbad gilt. Eigentümlich

ist die große Adhäsion des Rotockers gegenüber den erstgebildeten Aragonitsäulen- und -Strahlenbündeln, was in geringerem Maße auch für frei wachsende Calcitkristalle gilt, wie schon früher erwähnt wurde. Aus den einspringenden Winkeln der Rotockerumkleidung, welche bei den Paramorphosen nicht zerstört wurde, ergibt sich, daß die Aragonitkristalle vielfach Zwillinge bildeten, was schon Berckhemer feststellte. Schied sich viel Ocker ab, so sammelte sich dieser rings um die Aragonitkriställchen in Bäumchenform und zeigt manchmal reizvoll einseitig orientierte Orientierung infolge Strömung in der übersättigten Lösung (Tfl. 4, Fig. 13). Im Schliff parallel zur Bänderung entstehen durch diese einseitig entwickelten Rotockerüberzüge der kaum mehr erkennbaren Paramorphosen eigentümliche hieroglyphenartige Zeichnungen. Solche zeigen sich auch makroskopisch gelblich auf weiß, wenn während der Kristallisation feine Lehmteilchen in die Thermalquelle eingeschwemmt wurden und sich einseitig an die Kriställchen anhefteten.

Sind die mit Rotocker umzogenen Paramorphosen schräg getroffen, so sehen sie düsenförmig aus (Tfl. 4, Fig. 12), und wenn dann gar um die Spitze sich Rotocker gruppiert, könnte man meinen, — wozu besonders die beschriebenen langen Kanälchen verleiten —, daß hier wirklich eine Zerstäubung von Rotocker stattgehabt hätte. Festzustellen ist jedoch, daß die langen Rotockernadeln ohne Zerfall mittels Salzsäure herausgelöst werden können, sodaß sie den Eindruck machen, massiv zu sein, was bei der Auffassung als Paramorphosen nicht wohl möglich ist. Für die selbständige Entwicklung nadelförmig und radialstrahlig gestalteten Rotockers (Nadeleisen) im Gegensatz zu Berckhemer (1, S. 24) spricht die Beobachtung, daß alle Übergänge von wolkigem zu bäumchenförmigem, zu radial nadelförmigem Rotocker bestehen (Tfl. 4, Fig. 11). Diese dunkelbraunen Nadelchen, die sich zum Schluß gewissermaßen in Punktreihen auflösen, sind auch vielfach senkrecht zur Oberfläche der Aragonitsäulchen gestellt, was bei einer jüngeren Generation von Aragonitkriställchen gegenüber einem älteren Individuum nicht zu beobachten ist, vielmehr streben hier die jungen Kriställchen mit einem Winkel von ca. 20° ab. Der Rotocker, das Nadeleisen, kann also selbständige Kristallisationszentren bilden, sodaß Kristallsonnen entstehen, doch die Zentren lehnen sich vielfach an Aragonitsäulchen an. Beziehungen genetischer Art zu dem strahlig entwickelten Glaskopf sind wahrscheinlich. Meist sind die Nadeln des Rotockers randlich etwas gezackt.

Die verschiedenartige Ausbildung des Rotockers ist bedingt durch die Temperatur und durch Beimengungen zur Lösung, entsprechend den vorgenommenen Experimenten, die später bei den Spaltsinterbreccien beschrieben werden. Bestimmend für das Verschwinden bzw. die Umwandlung des Aragonits in Calcit erscheint die Anwesenheit von Flußspath, der im Calcitpaltsinter stets vorhanden ist, gleichgültig, ob derselbe sekundär oder primär gebildet wurde. Dem reinen Aragonitpaltsinter fehlt der Flußspath, der in schwach violetten kleinen Würfeln auftritt, die sich vielfach gruppenweise anhäufen. Es ist leicht, den Flußspath mittels Salzsäure zu isolieren. Besonders häufig beobachtet man ihn übrigens zur Seite der Kanälchen.

Aragonitpaltsinter. Dieses schönste Gestein von Böttingen tritt in zwei Abarten auf. Einmal als weiß-rot gebänderter Aragonitsinter, der allerdings in

tieferen Lagen vielfach ein gebleichtes Aussehen hat. Zum andernmal als strahlig ausgebildeter Aragonitfels.

Der gebänderte Aragonitpaltsinter ist in seiner feinsten Ausbildung matt reinweiß mit dunkelroten schmalen Rotockerbändern. Vielfach ist der Aragonit dann zerreiblich. Wenn der Aragonitsinter aber nur eine blaß-gelbe dünne Bänderung zeigt, infolge sekundärer Auflösung des Rotockers, dann ist der Sinter wieder hart. Statt des Rotockers tritt nun reichlich Manganmulm, besonders in den Klüften des Gesteins auf. Das Ausbleichen des Rotockers, das Festwerden des Aragonits und das Auftreten von Manganmulm hängt ursächlich zusammen und ist besonders in den bis jetzt erreichten größten Tiefen der Grube zu beobachten. Es handelt sich hier um eine Steigerung jenes hydrothermalen Vorganges, der, wie oben erwähnt, im oberen Teil der Spaltsinter eingetreten ist und die erst ausgeschiedenen Aragonitnadeln zur Auflösung brachte bzw. in Calcit überführte. Außer der Temperatur scheint also bei diesem Vorgang der Druck mitbeteiligt gewesen zu sein. Eben diese Druckverhältnisse in der Spalte änderten sich in dem Maße, als der Wallsinter sich aufbaute, und so war wohl die Möglichkeit gegeben, daß der erst ausgeschiedene Rotocker nachher wieder in Lösung ging. Hierbei mögen aber auch, wie später erörtert wird, chemische Vorgänge eine Rolle gespielt haben. Stellenweise bricht der Aragonit nesterweise aus dem Sinter heraus (Tfl. 3, Fig. 9) und zeigt einen Zerfall in kleine Aragonitstäbchen. Mit dem Fingernagel können leicht die staubartigen Massen herausgeholt werden. Dieser Zerfall ist wohl zu unterscheiden von der vorerwähnten primären Zerreiblichkeit der rein matt-weißen Aragonitstücke, denn er tritt besonders dort in Erscheinung, wo der Aragonit fleckenweise in Calcit umgewandelt wurde. Da bei der Umwandlung, infolge des größeren spezifischen Volumens vom Calcit (0,37) gegenüber dem des Aragonits (0,34) Drücke auftraten, mußten die Aragonitkriställchen beim angebrochenen Gestein sich lockern und herausquellen. Mit dieser Erscheinung dürfte auch die Schwierigkeit große Stücke aus dem Bruch nach Lagerung weiter zu verarbeiten, Zusammenhängen. Das Gestein wird gewissermaßen faul. Aus solchen Druckäußerungen infolge Änderung des spezifischen Volumens erklärt sich gleicherweise das Zerspringen thermaler Aragonit-Pisolithe beim Erhitzen, da hierdurch Aragonit in Calcit übergeführt wird. Aus diesem Grunde scheint auch F. E. Sueß für Karlsbad nicht recht zu haben, wenn er annimmt, daß die Gangvergrößerungen der Sinter in den dortigen Graniten durch den Wachstumsdruck der Aragonitkristalle bewirkt sind. Vielmehr scheint sich eine Sprengwirkung, wenn sie überhaupt vorhanden war, aus den vorhin geltend gemachten Gründen zu ergeben, denn auch Karlsbad besitzt außer Aragonit- auch Calcitsinter.

Mikroskopisch scheint der Aragonit des Aragonitpaltsinters starke Neigung zu spitzkegelförmigem Wachstum zu haben, doch geben Schnitte, die nur wenig zur C-Achse geneigt sind gleichfalls solche Bilder. Parallel zur Basis treten grobe Spaltrisse auf. Im Querschnitt lassen sich einzeln des öfteren Hexagone (110,010) erkennen. Zwillingsbildung wurde nie beobachtet. Die stengeligen Aggregate weisen im Querschnitt infolge der Neigung zur Polygonalumgrenzung eine Art Wabenstruktur auf, sind aber gegenseitig eigentümlich verzahnt. Für Böttingen ist dies ein typisches Unterscheidungsmerkmal von Aragonitaggregaten gegenüber

solchen von Calcit. Im Dünnschliff gibt sich die Differenz der Lichtbrechung längs der C-Achse und senkrecht dazu auffallend kund. Zwischen den wohl rasch auskristallisierten Aragonitstengeln liegen, wie in Karlsbader Gesteinen, Gaseinschlüsse von teils unregelmäßiger, teils ovaler und langgestreckter Form. Manchmal sind solche Einschlüsse in den Aragonitkristallen leiterförmig untereinander parallel zur Basis angeordnet. Tritt Rotocker lagenweise auf, so zeigt er sich meist lineal zwischen den Aragonitstängelchen eingezwängt. Die Kristallisation von Rotocker und Aragonit scheint ziemlich gleichzeitig erfolgt zu sein, doch wurde auch beobachtet, daß radiale, sonnenartig gruppierte Aragonitkriställchen in der allgemein vorherrschenden Wachstumsrichtung von parallelen Ockernadeln durchschossen werden, sodaß in diesem Falle der Ocker vor dem Aragonit auskristallisierte.

Aragonitfels. Lokal bildete sich der Aragonit innerhalb der Spaltsinter zu blaßroten, sich verästelnden Stengelbüscheln aus, die eine Länge von 20 cm haben. Solche Klötze von stengeligem Aragonitfels fanden sich in Ausmaßen von mehreren cm. Diese sich verzweigenden Aragonitblumen zeigen als schmale Ausfüllung zwischen sich gewöhnlich roten Calcitsinter. Gefunden wurde solch prächtiger Aragonitfels in 20 m Tiefe (Tfl. 3, Fig. 8). Der Dünnschliff (Tfl. 5, Fig. 16) läßt eine gewisse Verwandtschaft mit dem Karlsbader Erbsenstein erkennen, denn die Kristallisationsblumen zeigen, wie diese Pisolithe, im Querschnitt kreisförmig konzentrischen Aufbau, nur weiter gespannt, ohne jedoch zwischen gekreuzten Nicols, die für die Karlsbader Pisolithe so kennzeichnenden Konvergenzkreuze zu zeigen. Der Unterschied ist dadurch bedingt, daß die Kristallisationsblumen des Aragonitfels einen radialen Aufbau aus kleinen Aragonitstäbchen besitzen, während die Karlsbader Pisolithe schalenförmig struiert sind, in der äußeren Zone lassen sich die Aragonitfasern sehr wohl erkennen. Aus der Verschneidung ergeben sich polygonal umgrenzte Figuren, wie sie bei dicht gedrängten Pisolithen erscheinen. An den Nähten treffen entweder Aragonitnadeln auf Aragonitnadeln, oder die Nähte sind mit Calcitkörnern ausgefüllt. Bei dem zweifellos rasch verlaufenden Kristallisationsvorgang bildeten sich um einzelne Ockerkörnchen neue Kristallisationszentren. Die von ihnen ausstrahlende Kristallisation wurde aber durch die Hauptkristallisation überholt, sodaß parabelförmig umgrenzte kleine Kristallisationsfelder in größeren liegen. Durchaus übereinstimmende Erscheinungen treten bei den Karlsbader Erbsensteinen auf. Die Aragonitkristallisationsblumen wurden sekundär aufgerissen, wie dies auch für den Aragonitpaltsinter zu beobachten ist, und schmale Gänge von Calcit entstanden. A. Lacroix (6) nimmt für die Karlsbader Pisolithe, wie für die anderer Thermalgebiete eine besondere Modifikation des Calciumcarbonats an, die er wegen der Eigentümlichkeit, in der Hitze Teilchen abzuschleudern, Krypteit nannte. Auch die oben beschriebenen Aragonitblumen zeigen diese Eigenschaft des Abschleuderns kleiner Teilchen in der Rotglut, doch nicht mit derselben Vehemenz. Der Karlsbader Pisolith zeigt einen Zerfall in kleine tangential dem inneren Kern angelagerte Teile und ist auch bei 500facher Vergrößerung krypto-kristallin, wie die Böttinger Aragonitblumen; selten nur sieht man schmale einheitlich gerade auslöschende gleicherweise tangential gelagerte Lamellen.

Sekundärer Calcitpaltsinter. Derselbe ist gebändert, da aber der Rotocker, wie schon bei den oben erwähnten ausgebleichten Aragonitpaltsintern wieder aufgelöst wurde, tritt die Bänderung nur schmal und gelblich in Erscheinung. Das Gesamtaussehen ist speckig. In seiner Lagerung ist er eng mit dem Aragonitpaltsinter verknüpft, was schon Berckhemer beschreibt und abbildet. Doch ist keineswegs der gesamte Calcitpaltsinter aus dem Aragonitpaltsinter hervorgegangen, der ja innerhalb des Gesamtsinters nur einen kleinen Teil ausmacht. Aragonit und Calcit setzen unregelmäßig gegeneinander ab, sowohl innerhalb der Bandlage, als vertikal dazu. Dies läßt mutmaßen, daß der metamorphe Vorgang nach der Bildung als Aragonitpaltsinter einsetzte und beide, Aragonit und Calcit, sich nicht durch- und nebeneinander bildeten, obgleich dies nach den Beobachtungen an dem Steinheimer Sinter der Fall sein kann. Die Umwandlung des Aragonitpaltsinters in Calcit ist nicht, wie Berckhemer schreibt (1, S. 25), mit der Gesteinsfeuchtigkeit ursächlich verknüpft, sondern mit dem Auftreten von Flußspath in den metamorphen Zonen. Die Größe der Flußspathwürfelchen ist 1/300 mm. Kalb berichtet, daß Flußspath in Granit und Pegmatit in Oktaederform auftritt, in Würfelform aber in apomagmatischen Erzgängen und zusammen mit Calcit. Mit Recht nimmt Kalb (7, S. 420) die relativ niedrige Temperatur bei der Ausbildung der Würfelform des Flußspaths in Anspruch. Der Metamorphismus des Aragonits in Calcit ist ein hydrothermal, bewirkt durch das Aufsteigen von Flußsäure, was vor dem der Salzsäure bzw. deren Salze erfolgte. Fluor kennt man aus den Thermen von Karlsbad, Vichy und Plombières. Auch das Experiment spricht dafür. Aus einer Lösung von Kalk in kohlen-saurem Wasser kristallisiert bei Gegenwart von Flußsäure und bei 100° niemals Aragonit, sondern nur Calcit aus. Läßt man auf einem Objektträger eine Calciumbikarbonatlösung langsam bei gewöhnlicher Temperatur verdampfen, so scheiden sich nur Rhomboeder von Calcit aus, bei höherer Temperatur hexagonale Prismen mit Basis, und rasche Verdampfung liefert Aragonitnadelchen, die auffallenderweise vielfach je zu zweien parallel liegen. Wird nachträglich der Lösung Flußspath zugesetzt und wieder erhitzt, so wandelt sich der Aragonit in Calcit um. Doch gelang es nicht, Böttinger Aragonit durch Behandlung mit Flußspath in kochendem Wasser in Calcit überzuführen. Mikroskopisch zeigt sich im sekundären Calcitpaltsinter die mehr oder weniger verschwommene Struktur des Aragonitpaltsinters, was am besten in Querschnitten des Gesteins zur Geltung kommt. Bemerkenswert ist, daß die Anzahl kleiner Hohlräume bei dem metamorphen Calcit größer erscheint, als im Aragonit. Sind sie bei letzterem mehr lang gestreckt, so sind sie beim Calcit unregelmäßig. Außerdem zeigen sich des öfteren in den Flüssigkeitseinschlüssen bewegliche Libellen, die nach Bildung mit denen in den Erbsensteinen übereinstimmen und nachfolgend beschrieben werden.

Erbsenstein. Auf Platten des Calcitpaltsinters beobachtet man ab und zu hervorstehende Halbkugelchen von 3 mm Größe, die Schalenstruktur zeigen, wie Erbsen. Die mikroskopische Prüfung läßt körnigen Calcit erkennen, der innerhalb der Schalen grobkörniger ist, als in der Hüllmasse. Es handelt sich hier offenbar um ähnliche Kristallisationswölbungen im Kleinen, wie solche im Großen bis 20 cm Ausmaß an den Spaltsintern zu beobachten sind und schon beschrieben wurden.

Berckhmer berichtet bereits von echtem Erbsenstein aus Böttingen. Ab und zu findet sich solcher abgelagert in Spalten bis 15 cm Länge und 3 cm Mächtigkeit innerhalb der Calcitspaltsinter. Die Erbsen, weiß von Farbe, zeigen zentral vielfach einen roten Kern von Calcitsinter, um den sich die Schalen legen. Die Füllmasse zwischen den Erbsen besteht aus weißem Calcit. Mikroskopisch erweisen sich die Erbsen (Tfl. 5, Fig. 15), die im Gegensatz zu denen von Karlsbad beim Erhitzen nicht zerspringen, als calcitisch. Flußspath ist anwesend, und so ist sicher, daß die Erbsen früher aus Aragonit bestanden, In den Schalen ist der Calcit tangential lang gestreckt entwickelt. Es ist dasselbe Bild, wie es die Karlsbader Pisolithe zeigen, nur daß eben Calcit statt Aragonit vorliegt und die Struktur etwas verwischt ist. Interessant sind zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen, die lebhaft schwingen, und in den Erbsen, als auch in der Füllmasse auftreten. Wurde der Erbsenstein mit destilliertem ausgekochtem Wasser in der Achatschale zerrieben und rasch unter dem Deckglas mit Kalkmilch zusammengebracht, so schieden sich kleine Calcitthomboederchen aus. Kontrollversuche wurden durchgeführt. Dies spricht dafür, daß die Libellen aus Kohlensäuregas bestehen. In den Karlsbader Pisolithen waren solche Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen nicht zu beobachten. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich die Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen erst bei der Metamorphose gebildet haben. Infolge des Druckes, der durch das größere Volumen des neugebildeten Calcits entstand, wurden Thermalwassereinschlüsse gebildet, aus denen sich die CO₂-Libellen ausschieden. Spärlich finden sich solche Libellen, wie erwähnt, auch bei den sekundär gebildeten Calcitsintern und sind genetisch gleich aufzufassen.

Das gesteigerte Auftreten der Libellen in den Erbsenschalen erklärt sich aus der Summierung der Spannung innerhalb der Schale infolge der Kristallisation und dem Druck, der durch die Volumenänderung während der Metamorphose sich auslöste.

Spaltsinterbreccien. Von Bedeutung war die Auffindung einer wenige cbdm betragenden Kluftausfüllung in den Calcitspaltsintern aus 20 m Tiefe. Diese Breccie zeigt nicht nur, wie die früher aus den Wallsintern erwähnte, Jurastückchen, Glimmer, Bohnerz, Orthoklas, Turmalin und Quarz, sondern auch Olivin und insbesondere Erbsen, wie oben beschrieben, deren Bildungskerne jedoch interessanterweise zersetzte, aber wohl erkennbare Melilith-Basaltlapilli waren, in denen sich noch Olivin erhalten hat (Tfl.5, Fig. 17). Hierin liegt der unumstößliche Nachweis für die Verknüpfung der Thermalsinter mit dem Basalttuff. Roter Basalttuff, von dem Berckhmer (1, S.28) aus abseits gesammelten Sinterstücken berichtet, wurde nie von mir beobachtet. Der Magnetit des Melilithbasaltes ist nach Form noch wohl erkennbar, aber zersetzt und es ist anzunehmen, daß der Rotocker der Sinter vom Magnetitgehalt des Basaltes, bezw. Basalttuffs herrührt. Daß sich der Rotocker in wechselnd starken Bändern in den Sintern zeigt, von Teilen eines mm bis zu mehreren cm, mag sich daraus erklären, daß die Quellen bei ihrem wechselnden Lauf aus der Tiefe innerhalb der Jura- oder noch tiefer liegenden Breccien verschieden große Nester von Basalttuff, bezw. Basalt durchsetzten, dieselben auslaugten und sich so auch verschieden stark anreicherten (Fig. 3). Es war wohl Salzsäure, weniger Kohlensäure, die den Magnetit zersetzte und Eisenchlorid in Lösung brachte. Allerdings besteht auch die

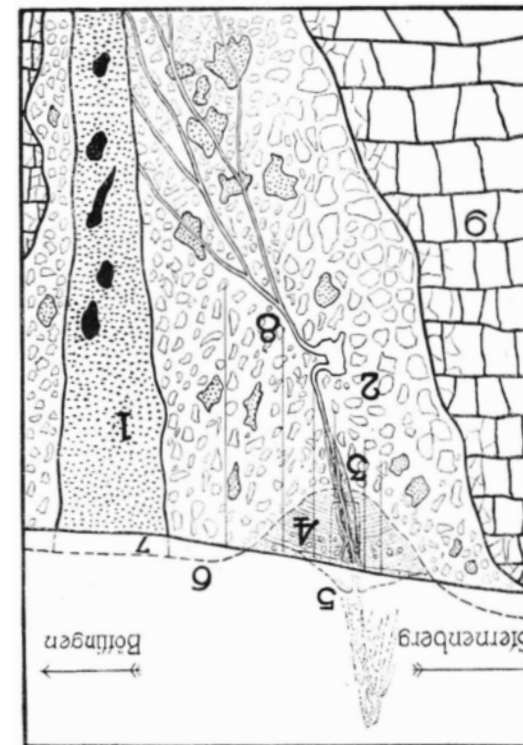


Fig.3

Idealprofil der Therme von Böttingen. Ost-estschnitt. 1 Vulkanische Tuffröhre mit Melilithbasalttuff und mutmaßlichem Basalt. 2 Jurabreccien mit Basalttuff. 3 Spaltsinter, durch den sich der Quellsplatt 8 hindurchzieht. 4 Wallsinter beiderseits des Spaltsinters mit Jurablöden und Verwerfungsflächen. Eine große Verwerfungskluft liegt rechts, westlich der Quellspalte und durchsetzt Spalt und Wallsinter. 5 Ehemaliger Sinterwall (ähnlich Vichy). 6 Profilinie der einstigen langgezogenen und gekrümmten Mulde, in der sich der Sinter absetzte. 7 Recente Profilinie. 9 Weißjurakalk. Maßstab 1:4000

Möglichkeit gemäß den Darlegungen von K. Schneider (8, S. 101), daß aus der Tiefe vom Basaltschlot selbst heiße Gase abströmten, die Salzsäure bezw. Eisenchlorid führten und vadoses Grundwasser erwärmten. Bekannt ist der gelbe Überzug vieler eben entstandener Laven mit Eisenchlorid. Bei der Berührung mit dem Sauerstoff der Luft zerlegte sich Eisenchlorid, und es bildete sich Eisenoxydhydrat, bezw. Eisenoxyd mit wechselndem Wassergehalt, der Rotocker. Rhythmisch verlaufende Diffusionsvorgänge im Sinne von Liesegang (9) scheinen bei der Bildung der Bänder innerhalb der Böttinger Gesteine keine Rolle gespielt zu haben, denn vielfach sieht man seitlich von breiten Rotockerbändern keine schmälere parallel verlaufend. Haidinger und Pelikan (8, 10, S. 7) berichten von der Entstehung des strahlig ausgebildeten roten Glaskopfes aus Limonit, und ähnliches gilt bezüglich der Bildung der verschiedenen Modifikationen des Rotockers von Böttingen gemäß den petrographischen Untersuchungen. Bei niedriger Temperatur schied sich flockenförmiger Rotocker ab, bei gesteigerter Temperatur kristallisierte derselbe bäumchenförmig und weiterhin nadelförmig aus.

Die Wallsinter weisen nur flockigen Rotocker auf, die Spaltsinter hingegen bäumchen- und nadelförmig entwickelten. Experimentell läßt sich dies ausgezeichnet bestätigen. Wird eine stark verdünnte Eisenchloridlösung mit Kohlensäure gesättigt, so scheidet sich bei Zimmertemperatur flockiges, bei gesteigerter Temperatur bäumchenförmiges, und bei Siedetemperatur fein nadelförmiges lichtradiialstrahlenartig struiertes Eisenhydroxyd bzw. Eisenoxyd (Rotocker) aus. Besonders interessant ist, daß das synthetische Nadeleisen auch vielfach wie in Böttingen randlich zerhackt erscheint, und noch seltsamer, daß die Kristallnadeln quer zur Längsrichtung aufgeteilt erscheinen können bis zur Entwicklung von Punktreihen, genau so, wie dies für den Rotocker der Böttinger Gesteine zu beobachten ist. Größere synthetische Rotockerkristalle, die linear geordnet, jedoch völlig voneinander getrennt sind, zeigen einheitliche Auslöschung nach der Hauptachse. Gleichartige Versuche wurden mit Eisenjodid durchgeführt und zeitigten dieselben Ergebnisse. Über das chemische Verhalten der Eisenhydroxydgelte gibt E. Scherf (11, S. 29) eine gute Zusammenstellung. Kamen aus der Tiefe Thermalgewässer mit Salzoder Flußsäure, so wurde der Rotocker tief gelagerter Sinter wieder gelöst, um dann weiter oben erneut abgesetzt zu werden. Heiße Salz- und Flußsäure lösen leicht den Böttinger Rotocker.

Was für den Rotocker gilt, muß wohl auch für den Manganmuln gelten, der in gleicher Weise in die Sinter eingebracht wurde, aber natürlich für Lösung und Ausscheidung andere Temperatur- und Druckverhältnisse besaß, sodaß er als Restbestand in den ausgebleichten Aragonitspaltsintern zurückblieb.

C. 4. Lehm.

Die ausfüllenden Lehme sowohl der Quellspalte, als der Verwerfungsspalte wurden zwecks Untersuchung geschlemmt. Stets fand sich reichlich Glimmer und Manganmuln, jedoch kein Magnetit, der vom Magneten erfaßt worden wäre. Der nördliche Teil der großen Verwerfungsspalte barg viele zersetzte vulkanische Lapilli, kaolinisierte Feldspäthe und etwas Quarz in sich. Letztere Mineralien rühren offenbar von verwitterten Tiefengesteinen her, die im Tuff lagen.

Nördlich vom Böttinger Steinbruch liegt in rund 250 m Entfernung, am Rande des Schießplatzes ein Kalksteinbruch, in dem eine Spalte durchsetzt, die mit Lehm erfüllt ist. Die Überprüfung von diesem Lehm ergab Quarz, Glimmer, Manganmuln und vielleicht verwitterten Feldspath, aber kein vulkanisches Material.

Solches fand sich am häufigsten in den nahezu horizontal gebankten Letten, welche Mulden des Wallsinters östlich und westlich der Spalte ausfüllen. Neben vielen Lapilli fanden sich Granitstückchen von mehreren cbcm Inhalt, aber auch rote Kalksinterstückchen. Da diese, die ganze Sinterbildung überdeckenden Lehme relativ mehr vulkanisches Material führen, als die Sinter und die Einschwemmungen in den Spalten, könnte man an eine spätere verstärkte vulkanische Tätigkeit denken, doch wird wohl eher diese Anreicherung von vulkanischem Tuff durch die Abschwemmung eines oberhalb befindlichen Tuffnestes innerhalb der Jurabreccie entstanden sein.

D. Lagerung und Bildung der Thermalsinter von Böttingen.

So ausgezeichnet der Aufschluß in Böttingen ist, so genügt er doch kaum zu einer restlosen Klärung der Entstehung der Thermalsinter. Neigt Berckhemer auf Grund der Niederschriften von Quenstedt und Branco dazu, eine Spalte im weißen Jura anzunehmen (2, S. 225), so muß doch auf Grund andauernder Verfolgung der Grabarbeiten und der petrographischen Ergebnisse angenommen werden, daß sich die Thermalquelle in der Jurabreccie Bahn brach, die den Eruptionskanal - Böttingen, wie sonst die schwäbischen Vulkanembryonen umkleidet. Die Eruption, die sich im Auftreten von Melilithbasalttuff unweit der Spalte äußert, war die letzte Ursache der Sinterbildung. Als Zeit der Eruption und Bildung der Sinter ist nach Fossilienfunden innerhalb der Sinter gemäß Berckhemer bzw. Joos das Obermiozän anzunehmen.

Der Basalt, in der Tiefe vermutlich in größerer Masse vorhanden, gab Anlaß zum Aufsteigen von Thermalwasser, oder was wahrscheinlicher ist, von heißen Gasen, Kohlensäure, Salzsäure, Flußsäure und auch wohl überhitzten Wasserdämpfen, die in Berührung mit vadosem Grundwasser Thermen bildeten. Besonders im Magnetitgehalt des Basalts und Basalttuffs ist der Ursprung des Rotockers zu suchen, der dem Thermalsinter von Böttingen eine so intensive Färbung und Bänderung verleiht. Es ist höchstwahrscheinlich, daß dem Basalt auch Eisenchlorid in flüchtiger Form entwich.

Die Böttinger Jurabreccie enthält wie die, welche knapp oberhalb Gutenberg ansteht, volumetrisch nur einen kleinen Prozentsatz, wohl kaum 1 % Lapilli oder sonstiges basaltisches bzw. Tiefengesteinsmaterial. In diesem lockeren Material, das mehrere hundert Meter in die Tiefe reicht, bot sich für das Aufquellen der Thermalgewässer der geringste Widerstand. Aus der Kalkbreccie, deren feine Zertrümmerung reichlich Angriffsflächen zur Auflösung durch die heißen Kohlensäuregewässer bot, stammt der Kalkgehalt der Therme, in der Breccie lagen unregelmäßig Basalttuffmassen verteilt, und die wechselnde Zuführung des Rotockers erklärt sich aus der Erschöpfung bzw. dem Neuaufschluß solcher Nester durch die Thermalgewässer (Fig. 3).

Gemäß der Ausbreitung der Thermalsinter um Böttingen, deren Zusammenhang aus Mangel an Aufschlüssen jedoch ziemlich unklar bleibt, ist zu mutmaßen, daß der Quellort, bzw. die Quellspalte, die schräg von dem Eruptionsschlot abstrebt, sich verschoben hat. Als Folgerung des reichlichen, zeitlich späteren Auftretens von Manganmuln in der Tiefe der Böttinger Spalte, und des reichlichen Auftretens von Mangan in den an der Oberfläche liegenden Thermalsintern des 11/2 Kilometer südlich gelegenen Vorkommens Nr. 3, würde sich eine Längsverschiebung der Quellspalte von Nord nach Süd ergeben. Daß die Böttinger Spalte sich weiterhin südwärts fortsetzt, ergibt sich aus dem Aufbau der Südwand des Bruches (Tfl. 2, Fig. 6). Der Spaltsinter ist daselbst oben mit mehr als 1 m Breite beiderseits der Spalte quer abgeschnitten, hatte früher sicher seine Fortsetzung nach oben, und hat sie gegenwärtig südwärts. Beinahe ist die Spalte geschlossen, und dies scheint nicht unwesentlich für die Erklärung einer Verlegung der Spalte. Jede Thermalquelle hat die Neigung, ihre erst geschaffenen Kanäle bzw. Spalten wieder zu verstopfen bzw. zu versintern, weshalb periodisch

Thermalbrunnen nachgebohrt werden müssen. Dieses Verhalten muß sich besonders dann zeigen, wenn die Therme in ihrer Temperatur zurückgeht, oder wenn die Menge des gleich warm gebliebenen Wassers örtlich zurückgeht, indem sich unterdessen an anderer Stelle neue Abflußkanäle gebildet haben, oder wenn, wie es wohl in Böttingen der Fall war, der Sinterkegel genügend hoch geworden ist. Wie Stratovulkane sich durch Aufschüttung gewissermaßen selbst zum Erlöschen bringen, und nunmehr seitlich parasitäre Kegel bilden, so auch bei Thermen.

Ist der Sinterkegel (Sinterwall) so hoch geworden, daß das Wasser nicht mehr ausgeschleudert werden kann, dann wird sich dasselbe nach der Seite Bahn brechen und, wie wohl mit Recht gemutmaßt werden kann, eine Sprengung der Spalte in Fortsetzung der erst angelegten erfolgen. Die Therme wandert längs einer mehr oder weniger geraden Linie, in deren Mitte sich der Spaltsinter und zu beiden Seiten der Wallsinter absetzt. Unter diesen Voraussetzungen läßt sich leicht verstehen, daß der Spaltsinter scharf diskordant an den gesprengten Wallsinter angrenzt, wie es hier und dort in Böttingen der Fall ist. Allerdings müßte sich bei dieser Annahme auch in der Längsrichtung der Spalte, innerhalb der seitlichen Wallsinter eine Übergußstruktur zeigen, was für den jetzigen Aufschluß nicht einwandfrei festzustellen ist. Inwieweit für das weitere Aufreißen einer primären Spalte der Druck in Frage kommt, der infolge Volumenvermehrung bei der Umwandlung von Aragonit in Calcit entsteht, soll nicht näher erörtert werden. Es scheint dies nur in unbedeutendem Maße der Fall zu sein, und kommt eigentlich nur für Querspalten kleineren Ausmaßes in Frage, aber nicht für die Hauptspalte, deren Seitenwandungen sich nie vollständig berühren. Dislokationen der gebildeten Wall- und Spaltsinter traten vielfach auf. Sie geben sich kund in Harnischbildungen, die vertikal und gegen Westen geneigt, vorliegen, aber auch in Spalten, die, wenn saiger, entweder mit Breccien oder mit Lehm ausgefüllt wurden. Am bedeutendsten ist die westwärts gegen den Vulkanschlot zu gelegene, mit Lehm ausgefüllte Spalte. Ursache der Störungen waren, wie oben erwähnt, einerseits Drücke, die entstanden, indem die Therme sich selbst ihren Ausgang versinterte, andererseits Drücke, die beim Übergang von Aragonit in Calcit entstanden. Zudem mögen in der Tiefe Senkungen vor sich gegangen sein, sei es durch Zurücksinken der Tuffmassen in dem benachbarten Eruptionsschlot, sei es infolge Auslaugungen durch die Therme selbst.

Zeitlich war die Tätigkeit der Therme verschieden stark, sie schwoll wohl nach der Eruption rasch an, um dann allmählich abzufallen. In der Jurabreccie schufen sich die ersten Ausbruchsgewässer eine Mulde oder ein kleines Tal, in dem sich ein langgezogener Sinterwall aufbaute. Wäre nur mit einer Infiltration der Jurabreccie durch das Thermalwasser zu rechnen, dann hätten sich in der Tiefe keine Riffelmarken durch das Abströmen des Thermalwassers bilden können, und die Wallsinter könnten kein Fallen ihrer Schichten nach außen zeigen. In die sich aufbauenden Wallsinter wurden Kalklehme, und bei größeren Ausbrüchen auch Jurablöcke von den Hängen der Breccie, welche die Therme umsäumten, eingeschwemmt. Da die Breccie vulkanisches Tuffmaterial enthielt, wurde solches auch in die groben Sinterbreccien eingeschlossen. Aus der Bandstruktur der Wallsinter, sowohl der gelb-roten, als der weiß-roten, ergibt sich die Intermitenz der Therme. Die Bandlagen des gelbweißen Wallsinters sprechen dafür, daß bei ihnen

jede Eruption der Therme sich in einer Ausscheidung von Rotocker und nachfolgend von reinem Calcit äußert. Die Zwischenlagen von gelbem eingeschwemmtem Kalklehm, der etwas erhärten mußte, ehe sich wohl abgesetzt eine neue rot-weiße Sinterlage bilden konnte, beweisen, daß nach jeder Eruption eine Pause eintrat. Da auf einem Querschnitt des gelbweißen Wallsinters von 4 cm Dicke 30 Bandlagen zu zählen sind, kommen auf einen Meter Mächtigkeit des Wallsinters 750 Bandlagen, die gleichvielen Eruptionen entsprechen. Wird die Mächtigkeit des Wallsinters unter Berücksichtigung der Denudation bei 30 Meter angenommen, so hätte an dieser Stelle wenigstens der Geysir, — und um einen solchen handelt es sich wohl hier — 22 500 Eruptionen gehabt. Die Dauer der Intermitenz kann geschätzt und könnte weiterhin experimentell geprüft werden aus der Überlegung heraus, daß das eingeschwemmte Juramaterial, wie oben erwähnt, jeweils etwas erhärten mußte, ehe sich neuer Rotsinter abschied. Gewiß kommen viele Faktoren, wie Gefälle, Klima etc. herein, welche das Maß der Schätzung beeinflussen, doch mögen zu einer einigermaßen Festigung des Lehmes 1 bis 3 Tage notwendig gewesen sein, sodaß auf das Jahr 150 Eruptionen kamen. An der Stelle der Böttinger Grube wäre der Geysir demgemäß 150 Jahre lang tätig gewesen und länger überhaupt, sofern die Quellspalte sich verschob.

Da im östlichen, und insbesondere südöstlichen Teil des Wallsinters Übergußstruktur am besten und sogar mächtig entwickelt ist, zudem die Quellspalte ein steiles Einfallen nach Westen gegen den basaltischen Eruptionsschlot zeigt, kann gefolgert werden, daß der Geysir wenigstens in diesem Abschnitt des Bruches sein Wasser schräg nach Osten herausschleuderte. Hieraus ergab sich einerseits, daß der östliche Sinterwall größer wurde, als der westliche, andererseits, daß im östlichen Wallsinter die meisten und größten Weißjurablöcke liegen, in dem Maße, als die Sinterwälle emporstiegen, erfolgten im Innern der Spalte Erosionen und Corrosionen durch die Thermalgewässer, und es verschwand hier und dort die Übergußstruktur. Infolge Rückströmung des ausgeworfenen Wassers aus den Hohlräumen des Wallsinters bildete sich im Zusammenhang mit den aufsteigenden ausscheidenden Gewässern die wirre Sinterstruktur, welche hier und dort zwischen dem Wall- und Spaltsinter eingeschaltet ist. Der Spaltsinter bildete sich umso mächtiger nach unten aus, je höher der Wall wurde und je gleichmäßiger die Spalte sich zur selben Zeit erweiterte. Die Höhenentwicklung der Wallsinter war begrenzt und die Quelle wanderte seitlich aus. In der verlassenen Quellspalte bildete sich durch unbedeutende Thermalquellentätigkeit in der späteren Zeit, als bereits die Auffüllung der Spalte mit Lehm einsetzte, nochmals nahezu wagrecht gelagerter roter Sinter in Abwechslung mit Lehmabänken. Diese letzten Ablagerungen in der Böttinger Spalte, so ähnlich sie den rot gebänderten Lehmen sind, die in dem Steinbruch liegen, der 2 Kilometer westlich von Böttingen nördlich der Straße Böttingen—Münsingen sich befindet, scheinen mit diesen doch nicht gleichzeitig gebildet worden zu sein. Eher liegen bei diesem entfernteren Vorkommnis letzte Ablagerungen nach Westen abgeflossenen Thermalwassers zur Zeit größter Wasserförderung vor.

Kaum hydrothermal, wohl aber pneumatolytisch ist die intensive Rotäderung der Jurafelsen an der Straße Böttingen—Münsingen zu erklären.

E. Zusammenfassung der petrographischen und chemischen Untersuchungen.

Der Wallsinter entwickelte sich in umso helleren von rot über gelb zu weiß nuancierten Farbtönen, je weiter er von der Quellspalte entfernt sich bildete, da der Rotocker bei der Abkühlung der Thermalgewässer sich zuerst ausschied. Am Rande des Wallsinters wurden am meisten Pflanzen eingeschlossen, während Tausendfüßler infolge Rückströmung des Auswurfswassers zur Spalte auch in tiefere Lagen des Wallsinters verschleppt wurden. Durch Abfluß der Gewässer bildeten sich Riffelmarken. Durch lokale Störungen entstanden in den noch weichen Gesteinen infolge Pressung kleine Falten und Verbiegungen. Die Wasser- und Gaszirkulation, meist eine abströmende, geschah vorwiegend durch horizontale, den Sinter durchsetzende Röhrchen, und in Hohlräumen bildeten sich kleine, durch gelben Ocker überzogene Calcitdrusen. Von den Hängen, welche den Sinterwall umgaben, wurde durch den Rücklauf der Thermalgewässer zermürbtes Jurakalkmaterial — Juralehm und Jurablöcke—eingeschwemmt; es entstanden gelbrot gebänderte Wallsinter. Die Jurablöcke wurden umsintert und in ihnen bildeten sich durch thermalen Einfluß große Calcitrhoeder. Aus der Bänderung der gelb-weißen und rot-weißen Wallsinter ergibt sich die periodische Tätigkeit der Therme. In den Wallsintern läßt flockig ausgeschiedener Rotocker den Calcit nur feinkörnig zur Ausbildung kommen. Reine Calcitpartien bilden eine Art Palmettstruktur. Größere Breccien, die außer Rotsinter und Jurastückchen auch Bohnerz, Glimmer, Feldspath, Quarz und Turmalin führen, entstanden durch nachträgliche Einschwemmung in die Klüfte des Wallsinters. An den Knicken, woselbst der nach außen fallende Wallsinter nach innen zum Spaltsinter umbiegt, formten sich konzentrisch aufgebaute Stalaktiten mit nach außen gesteigertem Wachstum.

Der Spaltsinter, an den Knicken der Übergußstruktur vielfach durch Übergänge mit dem Wallsinter verknüpft, zeigt eine regelmäßigere und länger anhaltende Bänderung als der Wallsinter. Durch lokale Störungen (Druck der Therme) wurde er hier und dort zerbrochen und thermal wieder verkittet, sodaß sich eigentümliche Maserungen, je nach der Bruchlage einstellen. Mit der Tiefe nimmt in den Spaltsintern der Gehalt an Aragonit zu, der eine höhere Temperatur zu seiner Bildung nötig hat. Kristallisierten in den oberen Teilen der Spalte nur einzelne Aragonitsäulchen, wohl beim Aufwärtsfluten der Thermalgewässer aus, so wurden diese weiterhin von Calcitausscheidungen umhüllt, da der Rückfluß — und für ihn zeugen gegen die Spalte zu gerichtete Höhlengänge — niedriger temperiertes Wasser hereinbrachte. Ehe der Aragonit von Calcit umschlossen wurde, schlug sich Rotocker an ihm aus. Die Kristallisationsfolge war Aragonit-Rotocker-Calcit. Rotocker schied sich aber auch selbständig bäumchen-, strahlen- und nadelförmig aus. Experimentell gelang es, die verschiedenen Modifikationen des Rotockers von Böttingen aus mit Kohlensäure gesättigten Eisenchloridlösungen bei zunehmender Temperatur herzustellen. Durch Strömungen innerhalb der Geysirspalte während der Kristallisation entstanden einseitige Anheftungen von Rotocker und eingeschwemmten Lehmteilchen an den Aragonitsäulchen, sodaß Bandlagen hieroglyphenartige, und Gesteinsquerbrüche fahnenartige Strukturen zeigen. Die Aragonitsäulchen erhielten sich nicht in den Calcitspaltsintern, sondern wurden

entweder aufgelöst durch Salzsäure, oder durch Calcit ersetzt. Hohlräume, Kanälchen bildeten sich, wenn um die Aragonitsäulchen infolge Einwirkung von Flußsäure erst eine Haut von Fluorit gebildet wurde, was das Experiment beweist. Die Spaltsinter mit Aragonitparamorphosen enthalten reichlich Flußspath und zwar entsprechend der relativ niedrigen Temperatur in Würfelform. Jedoch fehlt der Flußspath den reinen Aragonitspaltsintern, die gleichfalls durch Rotocker gebändert sein können, aber auch ausgebleicht sind, infolge der Auflösung des Rotockers, wahrscheinlich durch Salzsäure. Fehlt in den Aragonitspaltsintern der Rotocker, so erscheint Manganmulm, der in kleinen Partikelchen schon in den erwähnten Pharamorphosen zu beobachten ist. Der Manganmulm ist auf Klüften, und selbst in kleinen Gängen anzutreffen, jedoch nur in den tieferen Lagen des Spaltsinters. Neben weißem Aragonitsinter, der mikroskopisch in Bandlage Wabenstruktur zeigt, findet sich speckiger Calcitsinter, der die Aragonitstruktur verdeckt zeigt, gleicherweise ausgebleicht aussieht, wie manche Aragonitsinter und Flußspath führt. Dieser Calcitsinter ist thermalmetamorpher Aragonitsinter. Die Umwandlung geschah durch Flußsäure. Infolge des größeren Volumens vom Calcit gegenüber dem Aragonit entstanden bei der Metamorphose Drücke, die freiliegenden Aragonit zum Zerfall bringen, sodaß derselbe ganz mürbe ist. Experimentell läßt sich bestätigen, daß bei Anwesenheit von Flußsäure, aus Calciumbicarbonatlösung neben Flußspath in der Siedehitze sich nicht wie sonst Aragonitnadeln, sondern nur Calcitrhoeder bilden.

Aragonitfels von mehreren cdbcm Größe bildete sich in größeren Tiefen der Spalte und zeigt bis 20 cm lange Kristallblumen von cylindrisch radialem Aufbau, aber auch hier tritt bei Gegenwart von Flußspath Umwandlung in Calcit ein.

In kleinen Klüften des Spaltsinters, woselbst das Thermalwasser zum Rotieren kam, bildete sich Erbsenstein mit roten Calcitsinterstückchen als Kerne. Ursprünglich aus Aragonit bestehend, wurde derselbe wie der Aragonitsinter metamorphosiert, wofür wiederum die Anwesenheit von Flußspath spricht. Infolge Struktur und Umwandlungsdruck, bildeten sich im Erbsenstein besonders viele Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglichen Gaslibellen. Das Gas ließ sich als Kohlensäuregas bestimmen.

In Klüften des Spaltsinters, der sonst rein von fremden Einschwemmungen ist, wie es seiner vertikalen Ausbildung entspricht, fanden sich in größerer Tiefe interessante Breccien, die wie der Erbsenstein als spätere Kluftausfüllungen zu betrachten sind. Die Breccien setzen sich zusammen aus Jurakalk, Feldspath, Glimmer, Quarz, Bohnerzkügelchen und calcitschen Erbsen, die als Kerne Lapilli des Melilithbasalttuffes besitzen. In diesen Kernen war noch frischer Olivin festzustellen, ferner trübe Melilithleistchen und Pseudomorphosen nach Magnetit. Letztere beweisen die leichte Auflösung des Magnetits durch das Thermalwasser, und rechtfertigen die Annahme, daß der Rotocker aus dem Basalt oder Basalttuff herkommt. Die sowohl in die Quell- als Verwerfungsspalte nach Erlöschen der Therme eingeschwemmten Lehme führen Glimmer, Quarz, Feldspath und Basaltlapilli. Doch in dem Lehm, der den Wallsinter überdeckt, sind am meisten Lapilli und auch Granitstückchen nebst Sinterstückchen anzutreffen. Die letzteren weisen bereits auf eine Zerstörung des aufgebauten Sinterwalles hin, der immer

noch von Jurabreccie und vulkanischem Tuff umgeben war. Die Denudation nivellierte das Geschaffene.

Die Temperatur des Geysirs war zweifellos eine hohe, gemäß der Kristallisationsfolge Aragonit-Rotocker-Calcit und den experimentellen Überprüfungen dieser Ausscheidungen und deren Formen, besonders beim Rotocker. Sie muß um 1000 und in den Tiefen der Spalte auch darüber gelegen haben.

Der stoffliche Bestand der Therme war dem der Karlsbader mutmaßlich ähnlich. Kohlensäure, Calciumcarbonat, wenig Magnesiumcarbonat, reichlich Eisenhydroxyd und Eisenoxyd, wenig Manganoxyd und Flußspath wurden nachgewiesen. Lithium glaubte ich einmal deutlich in typischen Durchkreuzungszwillingen von Lithiumphosphat nachgewiesen zu haben, doch Wiederholungen versagten. Auch spektroskopische Nachprüfungen mit einem Zeißschen Skalenspektrometer führten bezüglich Lithium zu einem negativen Ergebnis. Dasselbe gilt bezüglich Strontium und Barium, deren Abwesenheit nach Berckhemer bereits Gaiser feststellte. Chlorjone fanden sich im Sinter, doch stärker im Basalttuff. Spuren von Schwefelsäure zeigen sich gleich stark im Sinter und Tuff. Verhältnismäßig viel Phosphorsäure scheint im Basalttuff zu sein, hingegen gar keine im Sinter.

II. ÜBER DIE THERMALSINTER VON STEINHEIM AM ALBUCH.

Wenn ich in Folgendem einen Beitrag zur Petrographie der Thermalsinter von Steinheim gebe, so weist derselbe nicht allein auf bemerkenswerte Abweichungen gegenüber den Thermalbildungen von Böttingen, Karlsbad und Vichy hin, sondern gestattet auch Folgerungen für das Problem der Entstehung des Steinheimer Beckens zu ziehen.

Die Thermalbildungen, nach Kranz (12, S. 65) der mittleren Stufe des Obervindobon zugehörend, finden sich besonders schön auf und am Westrand des Klosterberges in Nähe der Hülbe. Mehrere rund 5 Meter hohe, graue, etwas löcherige Felsen (darin Vichy ähnlich) stehen hier an, bilden Krönung und mauerartige Umgrenzung dieser Bergseite. Übergußstrukturen sind sichtbar, größere Quellspalten jedoch, wie sie in Böttingen und Vichy in Erscheinung treten, fehlen, könnten aber gleichwohl vorhanden sein, sofern nicht mehrere kleinere Quellen sprudelten, was bei der weiten Ausbreitung der Thermalsinter nicht unwahrscheinlich ist. Aus mehrere Centimeter weiten Höhlungen des Sinters läßt sich hier und dort ein rein weißes flaumiges Mineral heraus holen. Dieses besteht aus feinsten Aragonitnadelchen, die in Weichheit und rein weißer matter Farbe an manche, allerdings dichte, Aragonitvorkommnisse von Böttingen erinnern.

Manche der sonst dichten Sinterfelsen lassen zahlreich, strahlig ausgebildete Aragonitbüschel erkennen, und es treten bis 4 cm große schalig und zugleich strahlig aufgebaute Aragonitkugeln auf. Planorben scheinen nach oben zu in den Sinterfelsen seltener zu werden, ja zu fehlen.

Mikroskopisch lassen sich im Rest des Schaumaragonits nach Auflösen desselben in kalter Salzsäure viele kleine mehr oder weniger gut rhomboedrisch

ausgebildete Dolomitkriställchen feststellen und fremde eingeschwemmte Mineralpartikelchen, von denen weiter unten die Rede sein wird.

Die **Kalksinterfelsen** erweisen sich mikroskopisch als ein seltsames Gefüge von wohl magnesiumhaltigen Calcit und Aragonit. Letzterer liegt ab und zu in lichten parallelen Bündelchen in Calcitkörnern. Hier ist der Aragonit zweifellos die ältere, bei höherer Temperatur erfolgte Ausscheidung (Tfl. 6, Fig. 19). Der Calcit zeigt vorwiegend schaligen bzw. festonartigen Aufbau und erinnert hierdurch an die Sinterbildungen von Vernet bei Vichy. Kugeln, Doppelkugeln, Bänder, die zonar aus Calcit aufgebaut sind, liegen neben und durcheinander und lassen Hohlräume frei, in denen später, als die Thermalgewässer den Fels nicht mehr bildeten, sondern nur noch hoch temperiert durchströmten, feine strahlige Aragonitbündel auskristallisierten. Andere konkav umsäumte Hohlräume erhielten ihre Calcitausfüllung offenbar erst sekundär. Die Zentren der schalig aufgebauten Calcitkugeln bilden meist einzelne, oft polygonal, wohl kristallographisch umgrenzte Calcitkörner, die zahlreiche dunkle, mutmaßlich eisenhaltige Partikelchen umschließen. Die schaligen Partien sind kryptokristallin strahlig ausgebildet, doch löschen manche Ringzonen einheitlich aus, sodaß gewissermaßen schalenförmig gekrümmte Kristalle vorliegen. Für letzteren Fall ist eine spätere Umlagerung der kryptokristallinen Schalen wahrscheinlich.

Am interessantesten von den Steinheimer Warmwasserbildungen sind die Kieselsäure führenden Knauer und Riffe, die sich teils lagerartig, teils stotzig entwickelt in den Schneckensanden der Pharionschen Gruben vorfinden. Von weißgrauer Farbe, zeigen diese Kieselkalksinter unregelmäßige Durchdringungen rauherer, heller, kalkiger Partien mit grauen, glätteren Kieselsäure führenden. Schneckengehäuse finden sich hier wie dort. Mikroskopisch läßt sich ein Gemenge von Chalcedon, Calcit und Aragonit erkennen (Tfl. 6, Fig. 18). Die kleinen Sphärolite des Chalcedon zeigen oft ein geradliniges Aufeinandertreffen im Dünnschliff, was beweist, daß die Kristallisationszentren in dem Gel der wasserhaltigen Kieselsäure sich ziemlich gleichzeitig und in gleich distanzierter Verteilung bildeten. Besonders auffallend sind zahlreiche, allerdings meist nesterartige gruppierte Gaseinschlüsse. Das Gas ist vermutlich Kohlensäure, doch wurde eine Prüfung nicht durchgeführt. Flüssigkeitseinschlüsse mit Kohlensäurelibellen, wie sie in den Böttinger Erbsensteinen auftreten, fehlen. Die Kieselsäure tritt außerdem in Form des Trydimit in sechsseitigen Täfelchen auf. Fleckenweise zeigen sich Anhäufungen von Calcit bzw. Magnesit- und Aragonitaggagaten. Die letzteren können mit konzentrierter Flußsäure herausgelöst werden. Calcit und Magnesit entwickeln mit der Flußsäure Kohlensäure und die Kieselsäure wird aufgelöst. Nach ungefähr fünfzehnstündiger Behandlung zeigen sich die strahligen Aragonite isotrop infolge der pseudomorphen Umwandlung in Fluorit. Die Durchschnitte der Schneckengehäuse lassen in ihren Wandungen die aus Aragonit bestehende Prismenschicht erkennen und im Innern Aragonitbüschel, deren Zwischenräume von Chalcedon ausgefüllt wurden. Hieraus ergibt sich, daß der Aragonit sich eher ausschied, als der Chalcedon aus seinem Gel. Übrigens finden sich auch Stengelteile von Chara eingeschlossen.

Selten beobachtet man in den Kieselkalksintern Glimmerblättchen und stark lichtbrechende isotrope Körner. Um solche fremdartige Einschlüsse kennen zu lernen, wurden viele Abscheidungen derselben aus den verschiedensten Warmwasserbildungen Steinheims durchgeführt. Der Arbeitsgang bestand meist in einer Auflösung des Kalkes durch kalte Salzsäure, und erst hernach Behandlung des bräunlichen Rückstandes mit heißer konzentrierter Salzsäure. Alsdann lösten sich die Eisenhydroxydverbindungen, während bei sofortiger Behandlung mit heißer Salzsäure infolge beigemengter organischer Stoffe störende Fällungen auftraten. Die Fische führenden Schichten enthielten besonders viel organische bituminöse Stoffe. Der nach Behandlung mit heißer Salzsäure gebliebene Rückstand wurde wiederholt ausgewaschen und mit der Zentrifuge abgeschieden. Die erzielten Quantitäten, selbst von 150 Gramm Ausgangsmaterial, waren sehr klein, sodaß unternommene Versuche zur Trennung nach dem spezifischen Gewicht mittels Bromoform aufgegeben wurden. Hingegen wurden die Rückstände mit heißer Kalilauge behufs Lösung des Chalcedons bzw. Trydimit, und mit Flußsäure behufs Isolierung der anderen Mineralien behandelt. Das Auswaschen geschah mittels der Zentrifuge. Als Ergebnis zahlreicher Untersuchungen der Steinheimer Sande und der pulverisierten Gesteine wurde eine recht unregelmäßige Verteilung der gefundenen und nachfolgend beschriebenen Mineralien festgestellt, was offenbar durch Einschwemmungen bedingt ist.

Trydimit fand sich wiederholt in hexagonalen Täfelchen mit Rutilnadelchen, die zonar parallel zur Umgrenzung eingelagert sind. Hier liegt offenbar eine thermale Neubildung vor und die Titansäure dürfte aus zersetzten Mineralien der Tiefe, vielleicht aus titanhaltigem Magnetit, vielleicht aus Perowskit stammen.

Quarz fand sich in Körnern mit teilweise undulöser Auslöschung. Auch in ihm lagern teils in parallelen Bündeln, teils unregelmäßig gruppiert Rutilnadelchen.

Graphit scheinen schwarze undurchsichtige Partien zu sein, die unregelmäßig zerstreut in Quarzkörnern auftreten.

Eisenerze sind, wie oben erwähnt, reichlich vorhanden, und überwiegen von Kalk, Aragonit und Chalcedon abgesehen, die anderen Gemengteile. Sie führen nachweisbar Titansäure, sind gelb bis gelbbraun, durchsichtig, und bilden teils zarte Häutchen, teils Körner, die meist starke Licht- und Doppelbrechung zeigen.

Glimmer tritt in dünnen Plättchen auf. Manche sind bräunlich, zeigen jedoch selten Pleochroismus, sodaß ausgelaugter Biotit vorzuliegen scheint. Am häufigsten treten sehr feine dichte Aggregate von Glimmerschüppchen auf, die sicherlich zersetzte Mineralien darstellen. Dort wo dieselben sich maschig durchschneiden, wie dies für Serpentin bezeichnend ist, dürfte Olivin vorgelegen haben, dort wo die Glimmeraggregate gelblich und grünlich und mit Quarzkörnern durchsetzt sind, lag vielleicht Cordierit vor, sodaß man es mit Pinit zu tun hat. Einzelne dieser Körner zeigen schwach in Gelb und Blau Pleochromismus, andere Spaltrisse, und manche der Körner sind völlig isotrop, wobei das **Lichtbrechungsvermögen ähnlich dem des Quarzes ist.**

Granat fand sich sowohl in farblosen Körnern, als skelettförmig mit wohl ausgebildeter hexagonaler Umgrenzung entsprechend der Form des Rhombendodekaeders innerhalb von Glimmeraggregaten, die in unmittelbarer

Umgrenzung des Granats sphärolitisch gruppiert sind, wie bei einer keliphitischen Zone. Die Größenentwicklung ist rund 1/60 mm.

Turmalin in hemimorphen Säulchen auftretend, zeigt vielfach dunkle Einschlüsse und Pleochroismus in hell- und dunkelgrau-grünen Tönen.

Zirkon zeigt sich in den typischen prismatischen Formen mit mehreren Pyramiden. Merkwürdig waren einige tetragonale Kriställchen mit ooPco, P. ., die vielfach Ätzfiguren aufwiesen, farblos, stark lichtbrechend, aber auffallender Weise isotrop waren. Ob Zirkon oder Anatas mit optischer Anomalie vorliegt, oder gar verzerrte Diamantkriställchen, für die Ätzfiguren typisch sind, ist fraglich.

Leukoxen umrandet die dunklen Eisenerze, die sich übrigens nie magnetisch zeigten, tritt aber auch in einzelnen hellen bis bräunlichen Körnern auf, die zum Teil eher körnigem Titanit entsprechen.

Bezüglich der Herkunft der aufgeführten Mineralien ließe sich immerhin denken, daß man es mit durch den Wind eingebrachten Mineralien zu tun hätte, obgleich die Absetzung solch kleiner Partikelchen im bewegten Wasser unwahrscheinlich ist. Der Transportweg mit rund 20 Kilometer wäre nicht allzubedeutend, vermutet doch Weiger (20. S. 24) für die hier und dort auf der Alb liegenden mittel- und obermiozänen Sande selbst auf eine Entfernung von 30 Kilometer äolische Bildung aus der Meeresmolasse. Allerdings ist selbst bei dem weitest entfernten Vorkommen am Breitenstein beim Randecker Maar die Korngröße der Mineralpartikelchen bis 0,5 mm, also viel größer wie bei Steinheim und gerade die größeren Körner müßten sich im Wasser viel eher niedergeschlagen haben als die nur 1/30 bis 1/60 mm großen Partikelchen. Bei Förderung aus der Tiefe hingegen blieben größere Körner unten und nur die feinsten wurden nach oben gespült.

Südlich von Steinheim liegen die Ulmer Schichten und die Meeresmolasse. Nach A. Moos (13, S. 189) führen die dem Aquitan eingeordneten Ulmer Süßwassersande rötliche Granatkörner und keine farblosen, wie dies von Steinheim gilt, und zudem Feldspath nebst Mikroklinkörnern, die gleicherweise in Steinheim fehlen. Nur ein einziges Mal wurde unter Hunderten von Körnchen ein frisches Körnchen mikroklinartig gegittertem Feldspaths in Steinheim gefunden. Die marinen Flachseebildungen zwischen Brenz und Wömitz in das Burdigal fallend, führen nach A. Moos Feldspäthe und Glaukonitkörner, die gleicherweise Steinheim fehlen.

Somit spricht mehr für die Wahrscheinlichkeit, daß das Fremdmaterial nicht aus der Nachbarschaft, sondern aus der Tiefe stammt. Vor allem wäre an den Melilithbasalt zu denken und hierzu ermuntert besonders ein Vergleich mit Böttingen. In den mit den Erbsensteinen verknüpften Breccien daselbst liegen Lappilli des Melilithbasalttuffs, welche durch die Thermalgewässer unter mehr oder weniger deutlicher Beibehaltung der Struktur zersetzt sind. Vor allem ist charakteristisch die Bildung von Eisenhydroxyd aus Magnetit, die Bildung von sehr dichten Glimmer-Quarz-Aggregaten aus dem Melilith, und die Bildung von sehr stark licht- und doppelbrechenden, hellen bis bräunlichen Körnern, die als Leukoxen anzusehen sind und aus dem Perowskit, der verschwindet, entstanden. Die aufgelöste Titansäure des Perowskit mag andererseits zur Bildung des Sagenit

und Titanit im thermal neuentstandenen Trydimit von Steinheim verwandt worden sein. Aus dem Olivin bildete sich wohl Serpentin, wie er in Steinheim beobachtet wurde. Farblose Granatkörner, selbst Kristalle, stellte Gaiser (5, S. 78) unter den Schwereanteilen der Basalttuffe der Schwäbischen Alb fest.

Quarz, Pinit, Graphit Turmalin lassen auf Gneise im Untergrund des Steinheimer Beckens schließen, ähnlich denjenigen, wie sie von Schwarz (14) für Auswürflinge des Basalttuffes der Alb und von Löffler (15) für das Grundgebirge des Ries beschrieben wurden. Auffallend bleibt der Mangel an Feldspath, der sich sowohl in Böttingen, Karlsbad als Vichy ohne erkennbare Zersetzung innerhalb der thermalen Sinter vorfindet. Denkbar ist, daß derartige kleinste Partikelchen,

wie sie in Steinheim vorliegen, eben doch auf dem Transportweg aus der Tiefe zersetzt wurden.

Daß die nunmehr mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit nachgewiesenen Basalte und Tiefengesteine recht tief, vielleicht Kilometer tief liegen, ergibt sich aus der minimalen Größe, meist nur 1/30 bis 1/60 mm. der geförderten Teilchen. Weiterhin ergibt sich aus der lichten Farbe der Steinheimer Thermalprodukte, daß die Thermalgewässer weniger die basaltischen Gesteine, als die wohl darüber lagernden Gneise durchströmten, denn von ihnen dürfte die Kieselsäure stammen. In Böttingen hingegen ergab sich die auffallende Rotbänderung aus der Auslaugung des benachbarten Basalttuffes. Da aber die Wärme zur Bildung der Thermalgewässer gleichwohl von dem aufbrechenden Basalt bzw. von den abströmenden Gasen desselben geliefert wurde, ist wahrscheinlich, daß in den durch eine Gasexplosion entstandenen und mit Jura- Keuper- und etwas Gneis- und Basaltbreccien erfüllten Schlot Oberflächenwasser eindrang, welches durch die juvenilen Gase erwärmt und wieder emporgetrieben wurde. Erst schied sich bei hoher Temperatur Kieselsäure, und später bei abnehmender Temperatur Kalk aus. Hierin zeigt Steinheim viel Ähnlichkeit mit Karlsbad. Doch war der Zeitabschnitt zwischen den Extremen der beiden Mineralausscheidungen, für den Ausbruchspunkt der Thermen selbst betrachtet, in Steinheim viel geringer als in Karlsbad und für Steinheim liegen petrographisch Übergangsglieder vor.

Wie in Karlsbad heutzutage neben den Thermen sich noch Mofetten vorfinden, indem Kohlensäure dem Boden entströmt, so mag es sich auch früher mit Steinheim verhalten haben, worauf die zahlreichen Gaseinschlüsse der Kieselsinter hinweisen. Es ist wahrscheinlich, daß die lokale Zusammenhäufung tierischer Leichen in den Steinheimer Thermalsinter damit zu verknüpfen ist. Die zur Tränke ziehenden Tiere können in Mulden und Schluchten innerhalb der Sinterterrassen gekommen sein, in denen Kohlensäuregas stagnierte, sodaß sie erstickten. Leiche häufte sich auf Leiche und diese wurden bei dem fortschreitenden Aufbau der Sinterterrassen eingebettet. Daß der Klosterberg auf jeden Fall innerhalb des wahrscheinlichen Sees durch eine Landbrücke zu erreichen war, ergibt sich aus den Fossilresten größerer Säuger.

Unwahrscheinlich ist gemäß vorliegender Untersuchungen die Annahme von Kranz, daß der Explosionsherd nur in einer geringen Tiefe von 200 bis 500 Meter gelegen hätte. Das Steinheimer Becken ist prinzipiell nicht zu unterscheiden vom Randecker Maar und anderen Ausblasungstrichtern mit relativ geringer

Zerstäubung des Materials, aber ausgeprägter Nachsackung. Der Klosterberg selbst kann das Ergebnis eines zweiten Stoßes aus der Tiefe innerhalb des Eruptionsschlotes sein, andererseits spricht viel dafür, daß er eine rein thermale Bildung ist, in die Braun- und Weißjura- und Keuperblöcke aus der Schlotbreccie durch die Thermalgewässer von unten nach oben verschleppt wurden. Die Ausdehnung und Mächtigkeit dieser Ablagerungen würde denen entsprechen, die bei Vernet in' der Nähe von Vichy lagern.

III. DIE THERMALSINTER VON KARLSBAD.

Über keine Therme sind wohl so viele Abhandlungen geschrieben worden, wie gerade über Karlsbad. Der Erklärung der Sinterbildung stellen sich aber auch eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen. Vor allem ist die Bebauung des Geländes ein Hindernis für erneute Untersuchung. Andererseits ist schon sehr viel von dem Sintermantel abgebaut worden, bestand doch nach Knett (16, S. 33) im 16. Jahrhundert ein Kalkofen, der den um den Stadtturm und die Kirche gelagerten Sprudelsinter abbaute.

Die Karlsbader Thermen, deren Höchsttemperatur der Sprudel mit 73° hat, entspringen teils aus Granit, teils aus darin lagernden Hornstein- bzw. Granitbreccien, teils wie der Sprudel aus dem Sinter. Im Vergleich zu Böttingen und Vichy fehlt der Spaltsinter, hingegen läßt sich der Wallsinter, als der Sinter, der sich beim seitlichen Abfluß der Thermalgewässer abscheidet, weithin im Tal der Tepl verfolgen. Rund 300 Meter Tal auf- und 300 Meter Tal abwärts liegt er von dem Kniepunkt der Tepl aus, in dessen Nähe die meisten Thermen, insbesondere der Sprudel, sich befinden. Der Sinter lagert über dem Sprudel, restweise noch in 17 Meter Höhe am Stadtturmfelsen, und wurde unter dem Sprudel noch in 5 Meter Tiefe erbohrt, worauf Granit folgt. Die meisten Mutmaßungen gehen dahin, daß die früheren Sinterlager am Sprudel mindestens 18 m mächtig waren. K. Schneider (8, S. 95) hingegen nimmt etwa entsprechend der Ausbildung von Hoch-, Mittel- und Niederterrassen im Bett der Tepl drei verschieden hohe Sinterschalen an. Dies scheint kaum denkbar, denn gerade die zu unterst liegenden Sinterkonglomerate, nach Schneider die jüngsten, führen nach F. E. Sueß (17) kristalline Schiefer, Amphibolithe Gneise, Quarz usw. in Geröllform, antransportiert durch alte Flußläufe aus palaeozoischen, vermutlich südwärts gelegenen Arealen. Andererseits ergibt sich aus den Karlsbader Bildern von den Jahren 1652 und 1790 des Knettschen Buches, daß sich tatsächlich an Hohlräumen reiche und sich abwärts stufende Sinter um den Stadtturmfelsen lagerten. Der Sintermantel des sonst aus Granit mit Hornsteinbreccien bestehenden Stadtturmfelsen war also einst geschlossen und viel mächtiger als heute. Hierin befand sich vielleicht eine große vertikale Quellspalte mit Spaltsinter, von dem aus sich der Wallsinter talauf- und talab seitlich absenkte. Jenes erst vorhandene Tal hatte wohl ein kleines Einzugsgebiet, das aber immerhin kristalline Schieferlager umschloß. Die gegenwärtig südlich den Granit auflagernde Gneisdecken mögen einst weiter nordwärts gereicht haben, In dieses kleine Tal griff dann später der Teplbach über, durchschnitt die Sinterablagerungen und verursachte ein Sinken im Niveau der Quellausbrüche. Thermen zeigen die Neigung, absinkenden Tälern zu folgen. Um Vichy sprudelten

früher Thermen auf den umgebenden Hochflächen, sprudeln aber heute im Tal der Allier und des Sichon. Die mit den schwäbischen Vulkanembryonen verknüpften Thermen, liegen nicht mehr wie früher in Böttingen auf der Hochfläche der Alb, sondern im Filstal

(Göppingen-Ueberkingen) und im Neckartal (Cannstatt). In der Tat scheinen sich Thermen, gleichgültig, ob kalte, warme oder heiße, im Sinne von K. Schneider durch Zutritt von vadosem Wasser zu Solfataren und Mofetten zu bilden.

Lieber das Alter der Karlsbader Thermalsinter können bis jetzt nur schwankende Angaben gemacht werden. Die Beschaffenheit der Hoffschen-Hornsteinbreccie, die gangförmig im Granit erscheint und aus eckigen Granittrümmern besteht, die durch grauen bis schwarzen dichten Kieselsinter verkittet sind, in dem sich vielfach Pyrit zeigt, gleicht überaus der, der oberoligozänen Braunkohlenquarzite, die gleichfalls Pyrit führen und dies läßt einen zeitlichen und ursächlichen Zusammenhang vermuten. Was die Hornsteinbreccie insbesondere betrifft, so ist sie als Breccie wohl eher durch Gasexplosion entstanden, als durch tektonische Verwerfung, denn eine reine Gangbildung scheint sie auch nicht zu sein. Sie wäre also genetisch gleichzustellen den Jurabreccien der Vulkanembryonen Schwabens.

Wenn K. Schneider von einem unerklärlichen plötzlichen Wechsel bezüglich der höher temperierten Si 0,-Urtherme zur Ca C Oä-Therme spricht, so scheint dies unberechtigt, erwähnt er doch selbst Thermen der Auvergne, die abwechselnd Kalk und Kieselsäure führend sich erwiesen haben, was auch für Steinheim gilt. Die Kieselsäure führenden Thermen von Karlsbad enthielten seinerzeit auch Kalk, der aber erst in weiterer Entfernung vom Quellmund abgesetzt wurde, sofern das Thermenwasser nicht etwa in einen größeren Fluß oder See einfloß, wie dies für Karlsbad nicht unwahrscheinlich ist. Bis sich jener Binnensee zurückgezogen hatte, war aus der Si 02-Therme eine kältere CaCO3-Therme geworden, die nunmehr den Sinterkegel aufbaute, der später durch die Erosion der Tepl und Menschenhand abgetragen wurde. In den weiter vom Sprudel abgelegenen Talabschnitten war die Überschüttung der Thermalwässer und ihrer Ablagerungen durch Gehängeschotter beträchtlich, doch noch stärker ist dies in der Gegenwart. Angesichts der Höhe des einstens in der Nähe des Sprudels gelegenen Kalksinterkegels, dem vielleicht in der oberoligozänen Zeit ein Quarzitriff entsprach, erscheint es durchaus denkbar, daß sich der äußere Wallsinter soweit talauf- und talabwärts entwickelt hat.

Petrographisch stimmen die Sinter zu einem großen Teil mit denen von Böttingen überein, wenn auch die durch Rotocker gebänderten Steine nicht so leuchtend rot sind. Prüfung im Dünnschliff ergab, daß keineswegs alle Karlsbader Sinter **Aragonitsinter**, sondern auch teilweise **Kalksinter** sind. Letztere wurden vermutlich in größerer Entfernung vom Quellmund ausgeschieden. Paramorphosenbildung von Aragonit, wie dies in Böttingen unter dem Einfluß von Flußspath der Fall ist, fehlt. Die Einlagerung des Rotockers ist mehr diffus und nicht so reizvoll strahlenförmig wie in Böttingen. Der Aragonit läßt im Querschnitt wie der von Böttingen einspringende Winkel infolge Drillingsbildung erkennen. Auch in Längsschnitten des Aragonits wurden Zwillingsnähte beobachtet. In den

Calcitsintern wurde Rotocker in den vielfach palmettartig gruppierten Individuen längs der Hauptachse angehäuft aufgefunden, was mit Böttingen übereinstimmt. Flußspath selbst, wie in Böttingen, fand sich nicht, doch ist derselbe analytisch im Sprudelsinter von Berzelius nachgewiesen worden und die Thermenanalysen geben 0,05% Natriumfluorid an. Böttingen scheint nach alledem einen größeren Fluorgehalt gehabt zu haben. Gaseinschlüsse zwischen den Aragonitkristallen treten gleicherweise wie in Böttingen auf.

Besonders charakteristisch für Karlsbad sind die **Pisolith**e, deren Kerne Quarz, Feldspath oder kleine Granitstückchen überhaupt sind, die mehr oder weniger gerundet erscheinen. Um flache, kantige Mineralpartikelchen, wie etwa Glimmerplättchen, formen sich keine Erbsen. Größere bis beinahe 1 cm große Erbsen können wiederum zahllose kleine Erbsen nebst sonstigen Mineralpartikelchen umschließen, zwischen denen flaserige Aragonitstreifen durchsetzen (Tfl. 6, Fig. 20). Ähnliches gilt für Steinheim, jedoch besteht dort das kryptokristalline Aufbaumaterial aus Calcit. Da die Erbsen sich ohne Zweifel in wirbelndem Strudelwasser bilden, ist zu mutmaßen, daß sich jene Flaserzüge in rasch strömendem Wasser bildeten, in dem gewissermaßen die Aragonitkriställchen, die sich sonst senkrecht zur Ansatzfläche bilden, eben durch die Strömung auf die Seite gelegt wurden.

Auf Grund von Beobachtungen der 1907 im Teplbeet unterhalb des Sprudels durchgeführten Grabarbeiten von 74 Meter Länge, 8,5 Meter Breite und 4 Meter Tiefe, kommt F. E. Sueß zu dem Schluß, daß die Sintergänge im Granit und den darüber hängenden Konglomeratmassen sich durch den Kristallisationsdruck der Aragonite erweitert hätten. Die Grabarbeiten lagen im Abflußgebiet des Sprudels, sodaß 65° heißes Thermalwasser vorwiegend dort, wo Hohlräume und Fugen den Schotter und das harte Konglomerat bzw. dieses wiederum gegen den Granit abtrennten, austrat. Das harte Konglomerat, mehr oder weniger wellig dem Granit aufgelagert, besteht aus den bereits erwähnten verschiedenen Gneisarten in Geröllform, und aus eckigen, der Nachbarschaft entstammenden Granitstücken, die durch Aragonit verkittet sind. Wagrechte langgezogene Hohlräume finden sich am häufigsten und größten gegen den Sprudel zu. Thermalwasser kann lösend und absetzend wirken, je nach Temperatur, Druck und Gehalt an Fluß-, Salz- und Kohlensäure. Bei dem Hin- und Herpendeln der Wasserabflußfäden ergeben sich so vielfältige Bedingungen, daß dort, wo früher Aragonit sich absetzte, derselbe später wieder gelöst wurde, wie solches in Böttingen zu beobachten ist.

Sinkt das Niveau der Quellausbrüche insgesamt, vielleicht infolge Senkung des Grundwasserspiegels durch Erosion, so werden sich' die Abflußrinnen und -kanäle der Thermalgewässer gleicherweise nach unten verlegen. Die Abflußrohren werden sich umso weiter von der Quellmündung entfernen, je größer die Ausflusmengen hochtemperierten Wassers sind. Zieht sich die Therme zurück, so werden diese Röhrensysteme sich beim Abnehmen des Druckes und der Temperatur mit Sinter in konzentrischer Lagerform ausfüllen. Daß die Kanäle vorhandenen Linien der Schwächung, in dem Fall den Kontakten Schotter-Konglomerat-Granit folgten, erscheint selbstverständlich. Unvereinbar mit der Annahme Sueß, daß die wachsenden Aragonitkristalle abstemmend wirken, ist die größere Entwicklung horizontaler Aragonitlager gegenüber vertikalen. Zur Erklärung genügt die

mechanische und chemische Corrosion des Thermalwassers. Ehe sich geschlossene, große Aragonitlager im Konglomerat bilden konnten, wurde dieses durch feine Aragonitäderchen zusammengebacken, ähnlich wie dies gegenwärtig bei dem darüber lagernden lockeren Schutt zu beobachten ist. Dann erst wurden bei verstärkter lokaler Thermenleistung Kanäle ausgelaugt, die beim Rückgang der Therme versinterten. Daß in diese versinterten Kanäle hier und dort Gerölle aller Dimensionen bis zum Durchmesser der Röhre eingeschleppt werden konnten und mit dem Aragonit verbacken wurden, ist augenscheinlich. Übrigens war die Strömungsgeschwindigkeit und die Temperatur meist so gering, daß sich selten Pisolithe, wohl aber Aragonitüberzüge mit zur Wandung senkrecht gestellten Kristallen bildeten, zwischen deren Spitzen noch Hohlräume verblieben, sodaß von einer Pressung durch Kristallwachstum nicht die Rede sein kann. An eingeschwemmten, verwitterten Mineral- und Gesteinsstücken, insbesondere an Feldspäthen, sieht man deutlich die Corrosionswirkung des Thermalwassers, in dem sie von einer dunkleren Zone losgelöster Mineralpartikelchen, gewissermaßen von einer Aureole umgeben sind. In gewissen Fällen sieht man außerdem streifenförmig dunkle und helle Lagen, welche letztere aus Aragonit bestehen, im Geröllstück. Ja es zeigt sich, wie Sueß erwähnt, eine gewisse Aufsplitterung des Gesteins, doch scheint mir dies gleicherweise nicht durch den Wachstumsdruck der Aragonitkristalle bedingt. In dem mir vorliegenden Material waren die mit Aureolen umgebenen Gesteinsstücke besonders stark verwittert und so die Corrosion eine gesteigerte. Quarze zeigten stets scharfe Grenzen gegen den Aragonit. Das Vorhandensein einer Hohlnaht in den symmetrisch bzw. konzentrisch aufgebauten Aragonitgängen, wie dies auch von Böttingen zu vermelden ist, spricht weiterhin gegen die Annahme von Sueß, denn sie läßt für den Anfang der Pressung durch zentrifugale Kristallisation gar keinen Fixpunkt aufkommen. Die Hohlnahtbildung selbst bedeutet einen Gleichgewichtszustand zwischen Kanaldurchmesser, Druck und Temperatur des Wassers, denn Verengungen der Rohre bedeuten Lösung, wie Erweiterung Ausscheidung. Somit konnten nur noch eingeschwemmte Fremdmaterialien die Hohlnaht verstopfen, wie dies auch der Fall ist.

Bestände ein Wachstumsdruck der Aragonitkristalle, so müßten Holzröhren, wie sie in Karlsbad zur Thermalwasserableitung verwandt werden, durch den inneren Sinterbelag gesprengt werden und man wäre von deren Verwendung abgekommen. Würde ein peripherisches Wachstum der Aragonitgänge durch kapillare Feuchtigkeit der umgebenden Gesteinsmassen statt haben, so müßten sich fremde Einschlüsse besonders in der Nähe der Wandungen, finden, was nicht der Fall ist.

Zudem sind die Wandungen selbst relativ glatt, was sich nur aus der Annahme ihrer Entstehung infolge Corrosion erklärt.

Ein ursächlicher Zusammenhang der Thermen mit den miocänen Basalten, die nördlich und östlich (Duppauer Gebirge) von Karlsbad anstehen, ist höchstwahrscheinlich. In Karlsbad selbst soll der Basalt der bei St. Leonhard ausbeißt, ein Leucitbasalt sein. Nach Gäbert (18, S. 628) finden sich jedoch bei Graslitz, 25 Kilometer nordwestlich von Karlsbad, Nephelinmelilithbasalte von ähnlichem Charakter, wie sie zu den Basalttuffen von Böttingen gehören, während bei Vichy mit den Sinterbildungen Nephelinbasalt verknüpft ist.

IV. DIE THERMALSINTER VON VICHY.

Die Thermen von Vichy sind nur die bedeutendsten einer ganzen Gruppe, zu denen die von Saint-Yorre, Cusset, Chateldon u. a. gehören. Als Geysir, allerdings künstlich erbohrt und Intermittenz zeigend, kann die Quelle von Bellerive gegenüber Vichy, auf dem linken Ufer der Allier gelegen, gelten. Ihre Springhöhe ist 6 Meter. Von den verschiedenen temperierten Quellen Vichys haben die Celestins 18°, die Grande Grille 41°. Zum Vergleich mit Böttingen regen besonders die Ablagerungen der Celestins an, die der anderen Quellen sind nicht zutage tretend. Voisins (19, S. 532) Beschreibung derselben bewegen mich, Vichy aufzusuchen. Vichy, ziemlich eben im Tal der Allier gelegen, ruht auf miozänen, lacustren Ablagerungen, die stromauf und stromab die Talgehänge bilden und besonders westlich von Pliozän eingedeckt werden. Zugänglich sind im Parc des Celestins unweit der Allier die Sinterbildungen der dortigen Thermalquellen. Sie sind so malerisch, daß sie die Schönheit dieses Parkes bedingen. Gegenüber Böttingen fällt auf, daß einerseits das Gestein ohne Rotfärbung ist, vielmehr ein monotones Grau zeigt, andererseits, daß die Sinter auf eine Länge von über 200 Meter aus dem Boden herausragen. Sie können vom Maison de La Baillage durch den Parc des Celestins bis zu den Bains Lardy verfolgt werden. Ihre größte Höhe von rund 5 Meter zeigen die Sinter über der Trinkhalle im Parc des Celestins. An der Rückwand der Trinkhalle treten Spaltsinter zutage mit deutlicher Umbiegung zum Wallsinter. Der Spalt selbst von WNW nach OSO streichend, klappt 3/4 Meter weit zwischen den Spaltsinterfelsen am Ostrande des Parks. Mutmaßlich bot Böttingen früher, ehe der Abbau einsetzte, ein ähnliches Bild. Übrigens ist auch ein Teil der Sintermassen des Parcs des Celestins früher als Baumaterial verwandt worden. Die **Spaltsinter**, lagenförmig entwickelt, splintern nicht so leicht ab, wie die Böttinger Spaltsinter. Sie zeigen vertikale Abflußwülste und bestehen aus stengeligem bzw. radialstengeligem Calcit. Voisin gibt Aragonit an, doch konnte im Dünnschliff stets nur Calcit festgestellt werden. Rotocker ist nur spärlich vorhanden und ohne Bedeutung. Bemerkenswert und bis zu einem gewissen Grade mit Böttingen übereinstimmend, ist das Alternieren von fein- und grobkörnigen Lagen, wobei benachbarte, grobstengelige Calcitindividuen in geraden Linien abschneiden. Zum Unterschied von Böttingen ist der **Wallsinter** kaum gebändert. Eigentümlich ist für ihn eine löcherige Ausbildung, doch bleibt er fest trotz der mehrfingerdicken Hohlräume, weshalb man ihn am besten Lochsinter nennen würde. Mikroskopisch zeigt er hier und dort dichte Calcitoolithe.

Voisin (19, S. 583) berichtet nach M. Francois, der für den Untergrund von Vichy Basaltinjektionen vermutet, daß aus der Quelle Lucas Basaltstücke herausgefördert wurden. Basalt fand ich nun keinen in den Thermalsintern von Celestin eingeschlossen, wohl aber Orthoklas Plagioklas, undulös auslöschenden Quarz und Glimmer nesterförmig eingelagert. Diese Mineralien stimmen so sehr mit denen überein, die den **Porphy**r im benachbarten Tal des Sichon oberhalb dem Thermalort Cusset in 2 Kilometer Entfernung bilden, daß eine Unterteufung durch diesen Porphyr für Vichy wahrscheinlich ist. In diesem Porphyr, der in einer mikrogranitischen Grundmasse, die fluidale Struktur zeigen kann, Einsprenglinge von Quarz, Orthoklas und von saurem Plagioklas enthält (dunkle Gemengteile fehlen nahezu ganz) fand ich viel Flußspath, der geradezu die Grundmasse zu

verdrängen scheint. Die Thermen von Vichy führen gleichfalls viel Fluor und so scheint es mir in Erwägung der Feststellungen von Böttingen zwangsläufig, daß sich kein Aragonit, sondern nur Calcit in den Sintern von Vichy bilden konnte. In Steinheim hingegen, woselbst kein Fluor nachzuweisen war, tritt Calcit und Aragonit neben und durcheinander auf, ohne irgendwelche Umwandlungen, wie dies für Böttingen festgestellt wurde.

Da in den östlich von Vichy gelegenen Porphyrarealen basaltische Gänge durchsetzen, könnte nichtsdestoweniger der am Ende des Miozäns aufbrechende Basalt die Ursache der Thermalbildung sein, indem er unter den Quellendurchbrüchen eben stecken blieb, aber Gase entweichen ließ, die mit dem Oberflächenwasser in Berührung gekommen, heiße Quellen bildeten. Eigentliche Kieselsinter fehlen und so ist zu mutmaßen, daß die Quellen auch früher bei ihrem Ausbruch nicht sonderlich hoch temperiert war. Das Vichy nächst benachbarte miozäne Basaltvorkommen vom Mont Peyroux über der Ardoisiere im Tal von Sichon suchte ich auf. Der **Basalt** liegt hier über palaeozoischen Schiefen auf der Kuppe des Berges. Voisin glaubt ihn dadurch, daß er in Richtung der Quellspalte der Celestin liegt, in Verbindung damit bringen zu müssen. Mikroskopische Überprüfung ergab, daß ein Nephelinbasalt mit sehr viel Augit, Olivineinsprenglingen und Magnetit vorliegt.

Über Abrest ansteigend, besuchte ich auch die in die obersten Talgehänge eingeschnittenen Sinterbrüche von Vernet, 2 Kilometer südlich von Vichy und rechts der Allier. Hier scheinen besonders große Sinterterrassenbildungen vorzuliegen, denen viel erdiges Material aus der Umgebung beigemischt wurde. Sinterwülste zeigen sich in herrlichster Ausbildung. Mikroskopisch treten abwechselnd grob und fein stengelige Calcitlagen mit festonartiger Abgrenzung in Erscheinung. Rotocker fehlt hier gleichermaßen, sodaß die Farbe eintönig zwischen weißlich und braun-grau spielt.

Bei Hauterive 3 Kilometer südlich von Vichy links der Ailler, woselbst gleichermaßen Thermalwasser austritt, das in Flaschen abgefüllt wird, liegen Sinter, die reichlich dicht gebaute Oolithe in zwei verschiedenen großen Generationen führen. Doch von eigentlichen Pisolithen kann nicht die Rede sein (Tfl. 6, Fig. 21).

Literatur-Verzeichnis.

1. C. Gemellaro, La condic. geol. etc. del Etna. — Atti d. Accademia. Gioenia Cat. 1834.
2. Berckhemer F., Ein Beitrag zur Kenntnis des Böttinger Marmors, Mitt. D. Oberrh. geolog. Ver. N. F. X Seite 23—36.
3. Berckhemer F., Die geologischen Verhältnisse des Thermalsinters v. Böttingen. Zeitschr. f. Vulkanologie 1923 VII Seite 218—225.
4. Branco W., Schwabens 125 Vulkanembryonen. Jahresh. d. Ver. I. Vaterl. Naturk. Württbg. 50. Jahrg. 1894.
5. Gaiser E., Basalte und Basalttuffe der Schwäb. Alb. Jahrb. d. Ver. I. Vaterl. Naturk. 61. Jahrg. 1905.
6. Lacroix A., Sur la Ktypdite — Comptes Rendus (126 a) 1898.
7. Kalb G., Kristalltracht. Neues Jahrb. f. Mineralogie 1923.
8. Schneider K., Beiträge zur Theorie der heißen Quellen. Geol. Rundschau IV Heft 2.
9. Liesegang R., Geologische Diffusionen. Leipzig 1913.
10. Pelikan A., Über Göthit usw., Tschermarks Min. u. petrogr. Mitt. 1895.
11. Scherf E., Hydrothermale Gesteinsmetamorphose. Zeitschr. f. Hydrologie II 1922.
12. Kranz. Berz. Berckhemer, Begleitwort z. geol. Blatt Heidenheim 1924.
13. Moos A., Beiträge z. Geol. d. Tertiär Ulm-Donauwörth. Geogn. Jahresh. 37. Jahrg. 1924.
14. Schwarz H., Über die Auswürfl. und kristalline Schiefer i. d. Vulkanembr. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. 50. Jahrg. 1894.
15. Löffler R., Die Zusammensetzung der Grundgeb. i. Ries. Jahrb. d. Ver. F. Vaterl. Naturk. 68. Jahrg. 1912.
16. Knett J., Der Boden d. Stadt Karlsbad u. seine Thermen. Festschr. d. 74. Ver. d. Naturf. u. Ärzte 1902.
17. Suess E., Die Bildung der Karlsbader Sprudelschale. Mitt. d. Geol. Ges. Wien II 1909.
18. Gäbert K., Die Geol. Umgebung v. Graslitz i. böhm. Erzgeb. Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt 49, 1899.
19. Voisin M., Memoire s. 1. sources mineral, de Vichy et des environs. Annales des mines 1897.
20. Weiger K., Beiträge z. Kenntnis d. Spaltenausfüllung im Weißen Jura usw. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. 1908.



Fig 4.

Blick von Süd nach Nord in den ßouinger Sintermarmorbruch. Im Vordergrund links gebankte Lehmmassen, die Basalttuff und Granitstückchen führen. Links in der Bruchwand steiles Absinken des Wallsinters und Überschichtung mit Lehm. Rechts im Bild Wallsinter. Bildmitte Stützbalken und Stützbetonbögen. In der Tiefe Spaltsinter. Bildhintergrund Fördcrceleise. Halden und Stoßwerk.



Fig- 5

Östliche Bruchwand, Tiefe 12 m. Das Bild zeigt das Umbiegen der Wallsinter zu den Spaltsintern. Die Uhr - heller Fleck - liegt in der Nische einer Umbiegungsstelle.



Fig. 6

Südliches Ende der Grube. Ganz rechts liegt Lehm mit vulkanischem Tuff und Granitstückchen. Die rechte Spalte ist die große Verwerfungsspalte, die den Wall- und Spaltsinter durchsetzt. Knapp über dem Schattenrand am unteren Ende der Spalte deutliche Abtrennung des Spaltsinters. Der linke Spalt, oben offen und konvexe Wandungen zeigend, ist der Quellspalt. Die drei Löcher links sind Kanalendigungen, die ausgeworfenes Wasser der Therme wieder zurückleiteten. Zwischen den zwei unteren Löttern Umbiegen der Spalt- zu den Wallsintern, das gleiche weiter oben in hellen Partien.



Fig. 7

Calcsinter aus der östliche Grubenwand im oberen Drittel den Übergang von Spaltsinter rechts zum Wallsinter links. Nat. Gr.



Fig. 8

Aragonitfels, Palmettartig entwickelter hellrosaroter Aragonit ist von rotem (dunklem) Calcsinter umschlossen. Nat. Gr.



Fig. 9

Aragonitpaltsinter gefärbt mit Cobaltnitrat. Dunkel sind die Aragonit-, hell die Calcitmassen, die beide von Rotockerbändern durchsetzt werden. Links oben Ausbruchshöhle von Aragonit infolge Druckes der volumetrisch gesteigerten Calcitmassen bei der Metamorphose des Aragonits nach Eindringen von Flußsäure. Nat. Gr.

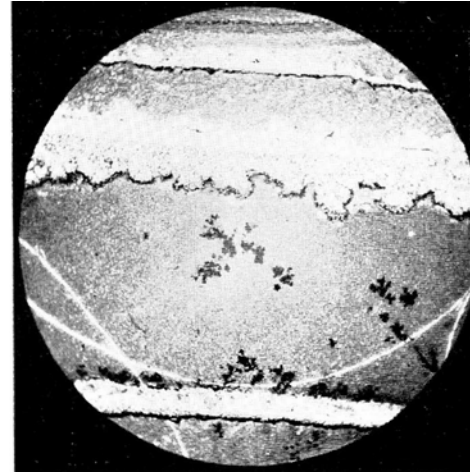


Fig. 10

Gelbrot gebänderter Wallsinter. Eingeschwemmter dichter Juraeilm mit Mangandentriten steht in Wechsel mit hellen Lagen grobkörnigen Calcitsinters. Zwei Band« lagen zusammen entsprechen einer Eruption, umfassend Bildung des Sinters nebst Einschwemmung. Je stärker die Eruption, umso geringer die Menge des eingeschwemmten Materials. Zu Beginn der Sinterbildung schied sich der dunkle Rotocker in dünnen Lagen in Abflußrinnen des eingeschwemmten Juraeilmes ab. 40x

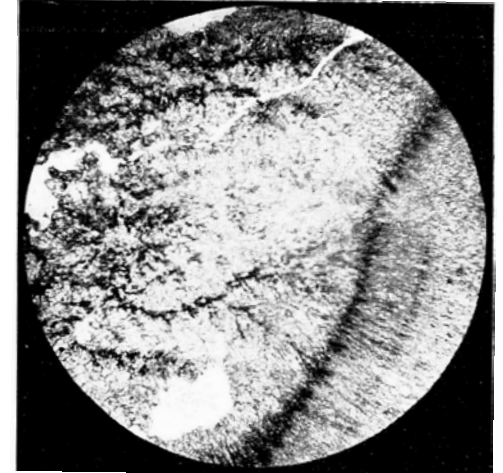


Fig. 11

Calcitpaltsinter. Aus bäumchenförmig gestaltetem Rotocker entwickelt sich nadelförmiger (Nadeleisen), der seitlich gesägt ist. 140 X



Fig. 12

Gebänderter Calcitpaltsinter mit Aragonitparamorphosen. Aragonit säulenförmig und mit Basis entwickelt, kristallisierte bei höherer Temperatur senkrecht zur Spaltenwand aus und umhüllte sich mit bäumchen- und nadelförmigem Rotocker. Bei niedrigerer Temperatur kristallisierte in den Zwischenräumen und der folgenden Lage Calcit. Später wurde der Aragonit hydrothermal (Flußsäure) in Calcit umgewandelt. 140x

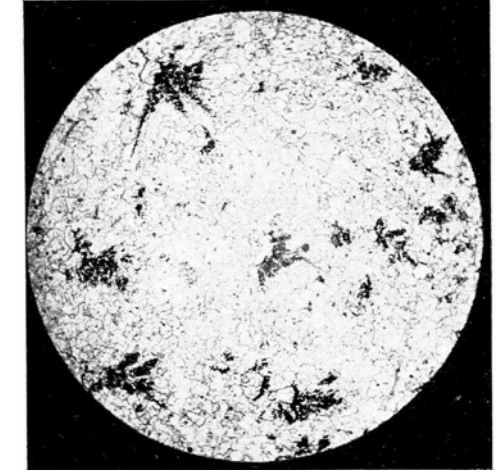


Fig. 13

Calcitpaltsinter mit Aragonitparamorphosen. Schnitt parallel zur Bänderung. Sechseckige Querschnitte von Aragonitparamorphosen mit einspringenden Winkeln (Zwillingsbildung), durch Rotocker umhüllt, liegen im Calcitsinter. Durch Strömung bildete sich der Rotocker einseitig fahnenförmig aus. 40x



Fig. 14
Calcitspalt sinter mit Aragonitparamorphosen. Schnitt senkrecht zur Bänderung. Die bei höherer Temperatur ausgebildeten Aragonitnadelchen nebst seitlich fiederig angeordneten Kristallnadeln wurden von Calcit umhüllt und später hydrothermal durch Flußsäure in Calcit umgewandelt bzw. ganz zur Auflösung gebracht. Rotockerumhüllungen verschwinden, Manganmulmpartikelchen, schwarze Pünktchen, bleiben in den Kanälen zurück. 40x

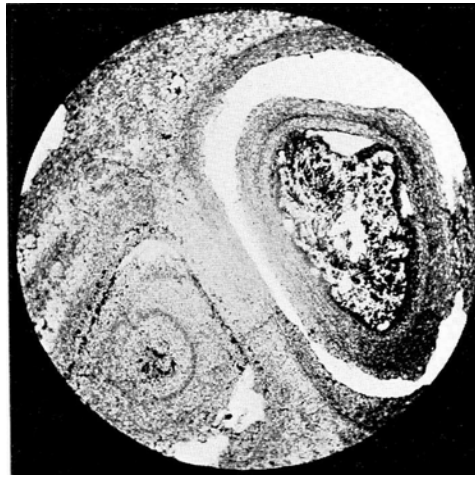


Fig. 15
Erbsenstein. Den Kern der großen ovalen Erbsen bildet Calcitsinter mit bäumchenförmig entwickeltem Rotocker. Die Erbsen bestehen aus konzentrischen Lagen von Calcit (metamorphem Aragonit), der Flüssigkeitseinschlüsse mit Kohlensäurebläschen hat. Die Füllmasse ist Calcit. 40X

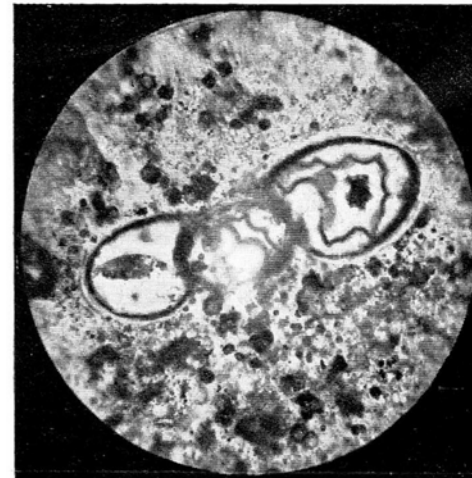


Fig. 18
Kieselkalksinter von Steinheim. Planorben, deren Schalen aus Aragonit bestehen, sind beinahe ganz ausgefüllt mit Chalcedon und lagern in solchem. Unregelmäßig verteilt finden sich Calcit-, weniger häufig Aragonitaggregate. Charakteristisch sind im Bild 1-3 mm große dunkle Gaseinschlüsse innerhalb des Chalcedon, die mutmaßlich Kohlensäure führen. 100x

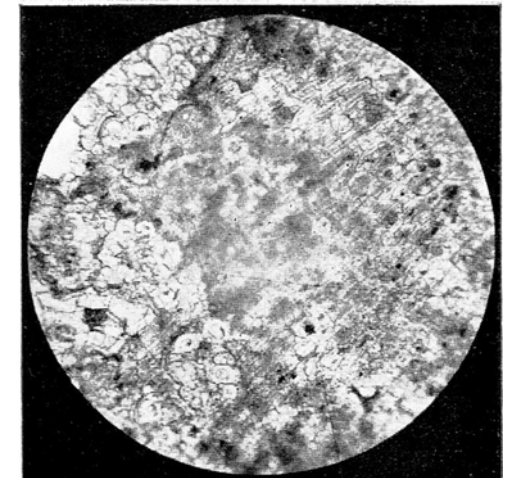


Fig. 19
Aragonitcalcitsinter von Steinheim. Calcitkörner, zum Teil schalig und zugleich radialstrahlig kryptokristallin aufgebaut, umschließen teilweise erst ausgeschiedenen äußerst feinen langstengeligen Aragonit. 40x

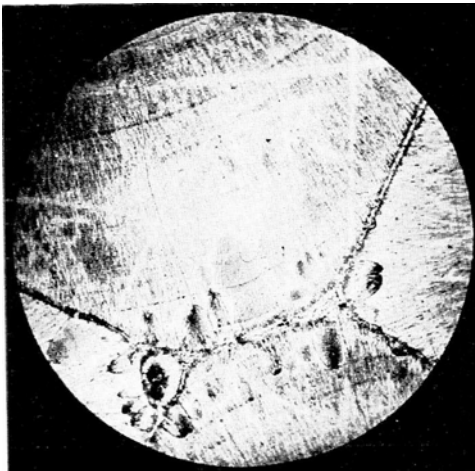


Fig. 16
Aragonitfels stengelig entwickelt. Querschnitt. Vier Aragonitstngcl sind getroffen, zeigen konzentrischen Aufbau und viele einzelne Kristallisationszentren um eingeschwemmte Roteisenpartikelchen. Die Nähte sind teilweise mit Calcit ausgefüllt. 40x



Fig. 17
Spaltsinterbreccie. In langgestreckte Hohlräume des Spaltsinters wurden Erbsen eingeschleppt, die als Bildungskern Basal/apifil haben, ferner graue Jura* kaJksf'ckchcn, Bohnerzkügelchen und Glimmerplättchen. Alles ist durch Calcit verkittet. 40x

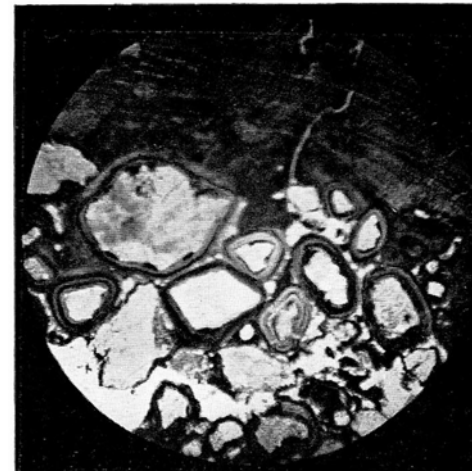


Fig. 20
Pisolith von Karlsbad. In einer großen Erbsenschale von 12 mm Durchmesser aus kryptokristallinem, schaligem Aragonit (oberer Teil des Bildes) sind zahlreiche kleinere Erbsen eingeschlossen, die Quarz- und Granitstückchen als Kerne besitzen. Zwischen den kleinen Erbsen sind Hohlräume. 40 X

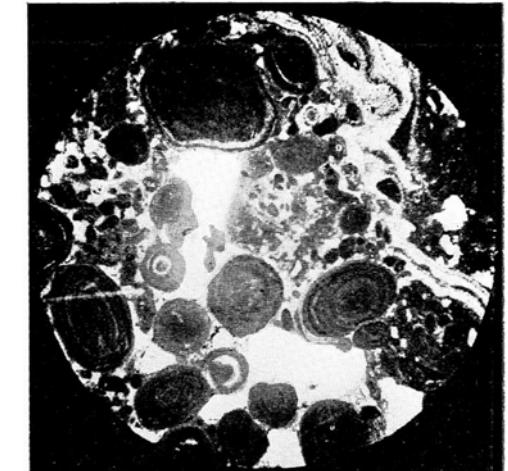


Fig. 21
Pisolith von Vichy (Hautérive). Dichte calcitische Erbsen in einer großen und kleinen Generation vorliegend, sind unvollkommen durch Calcit verkittet und von hellen Bändern durchzogen, deren Calcit beinahe kryptokristallin ist. (Übereinstimmend mit Steinheim.) 40x