

Werk

Titel: Über die hydrothermale Entstehung der Achatmandeln im Gestein

Autor: Nacken, R.

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005 | log210

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

27. April 1917.

Heft 17.

Über die hydrothermale Entstehung der Achatmandeln im Gestein.

Von Prof. Dr. R. Nacken, Tübingen.

Die Achate gehören mit zu den am meisten auffallenden Gebilden der anorganischen Natur und sind wohl unter den Mineralien die am besten bekannten. In mineralogischen Sammlungen, vor allem in jenen, die ein größeres Alter besitzen, sind diese durch ihre Farben und durch ihr häufig bizarres Aussehen auffallenden Produkte vielfach vertreten, zumal da fast jedes Stück vor dem andern durch irgendeine Eigenheit ausgezeichnet ist und ganz gleichartige Bildungen wohl nur sehr selten vorkommen.

Und zwar sind es der ganz unregelmäßig sich vollziehende Wechsel der Farben und die gleichfalls regellos gestaltete Form der abwechselnd farbigen und farblosen Bänder, die diese Mannigfaltigkeit hervorrufen. Man begnügt sich bekanntlich nicht mit der natürlichen Färbung allein, sondern sucht durch Imprägnation mit geeigneten Färbemitteln, wie Kohle oder Metalloxyden die Kontrastwirkung zu erhöhen, um industriell wertvollere Produkte zu erhalten.

I.

Es ist daher verständlich, wenn man versuchte, von der Bänderung dieser Gebilde ausgehend ihre Entstehungsursachen zu erforschen. Schon frühzeitig wurde erkannt, daß die Achate außer einer groben Bänderung eine dazu senkrechte, sehr feine, bisweilen wellige Streifung aufweisen. Der Abstand der Linien ist so fein, daß durch sie die Beugungsbilder optischer Gitter hervorgerufen werden können; schon *D. Brewster* zählte bis 17 000 Schichten auf ein Zoll Dicke.

Es lag nahe, die Entstehung der Bänderung als eine Schichtung aufzufassen, in der Art, daß die äußerste Schicht die älteste war und immer auf diese älteren nach der Mitte zu jüngere folgten. Ein Analogon war bekannt in der Herstellung solcher Schichten aus Metallschmelzen. Werden diese oder andere leicht kristallisierende Stoffe in Gefäße gebracht, deren Wandungen kalt sind, und dann gleich wieder ausgegossen, dann bilden sich, sobald diese Operation häufig wiederholt wird, Schichtensysteme aus, die große Analogie zeigen mit den Schichtensystemen der Achate. Da man seinerzeit eine andere Entstehungsart solcher Gebilde nicht kannte, so konnte die sinngemäße Übertragung auf die Achatschichtung eine befriedigende Erklärung abgeben. Hiernach sollten in Gesteinsblasen, die durch den Gasgehalt der kristallisierenden Gesteine entstanden waren,

in rhythmischer Folge Einspritzungen von kiesel-säurehaltigen Lösungen stattfinden. Die Lösungen wurden durch die Tätigkeit geysirähnlicher Quellen geliefert, die auch gleichzeitig, entsprechend der Bunsenschen Theorie, für den Rhythmus und die Wiederholungen verantwortlich gemacht werden konnten.

Doch nicht ohne Widerspruch wurden diese Deutungsversuche hingenommen. Die Frage nach der Entstehung verursachte einen lebhaften Meinungsaustausch zwischen *W. Haidinger* und *J. Noeggerath*, in dem die Ansicht des letzteren die Oberhand behielt. Es handelte sich um die Frage, in welcher Weise die Zufuhr der Kieselsäurelösungen zu denken sei, ob sie in der erwähnten Weise erfolgt sei, also durch Vermittlung offener Spalten und Kanäle, die bis in die Hohlräume hineinreichten, oder ob infolge der Porosität der Gesteine ein „Durchschwitzen“, also eine Art diffundierender Wanderung der Achatmasse stattgefunden habe. Die erste Meinung wurde scheinbar bestätigt durch das Auftreten von Unterbrechungen in der Schichtung der Achate, die als die einst offenen Wege angesehen wurden, auf denen die Lösungen eindringen und den Hohlraum anfüllten. Diese „Infiltrationskanäle“ lieferten die Hauptstütze für die Ansicht *Noeggeraths*, die in einem offenen Sendschreiben¹⁾ an *W. Haidinger* noch näher begründet wurde. Auf diese Darlegungen, die schon im Jahre 1849 erfolgten, antwortete *Haidinger* nicht und so wurde die Ansicht *Noeggeraths* für lange Zeit die herrschende.

Erst in der allerneuesten Zeit wurden neue Beobachtungen gemacht, welche für die Deutung der Achatstrukturen von ganz besonderer Bedeutung werden sollten. Es war das die Entdeckung, daß in Medien, in denen sich Diffusionsvorgänge abspielen können, unter geeigneten Bedingungen Fällungen miteinander reagierender Stoffe auftreten, die nicht kontinuierlich, sondern rhythmisch erfolgen.

Der Name von *R. E. Liesegang* ist mit diesen Untersuchungen eng verknüpft. Vor nicht langer Zeit ist eine kleine Schrift „Die Achate“ herausgekommen, die die für diesen Gegenstand besonders wichtigen Beobachtungen zusammenstellt.²⁾ Eine frühere Publikation desselben Verfassers³⁾ zeigt, wie weitgehend das Prinzip der rhythmischen

¹⁾ *J. Noeggerath*, Verh. d. nat.-hist. Vereins d. preuß. Rheinl. Bonn, 6, 257, 1849.

²⁾ *R. E. Liesegang*, Die Achate. Dresden und Leipzig 1915.

³⁾ Ders. Geologische Diffusionen. Dresden und Leipzig 1913.

sehen Fällung zur Erklärung geologischer Erscheinungen benutzt werden kann. Nach seinem Vorschlag lassen sich leicht Achatstrukturen mit allen charakteristischen Merkmalen erzielen, wenn man die Fällung von Silberchromat aus Silbernitrat und Kaliumbichromat in einer Gelatinegallerte vor sich gehen läßt. Man stellt zu diesem Zweck eine Lösung von gereinigter Gelatine mit wenig Kaliumbichromat her, bringt diese, nachdem sie durch Erwärmen verflüssigt wurde, in dünner Schicht auf eine Glasplatte und setzt einen größeren Tropfen einer konzentrierten Silbernitratlösung darauf, nachdem die Gelatineschicht erstarrt war.

Durch Diffusion wandert das Nitrat des Tropfens in die chromathaltige Gelatine hinein und erzeugt auf dem Wege seiner Wanderung mit dem Chromat reagierend unlösliches Silberchromat. Die Fällung erfolgt nun nicht, wie man erwarten sollte, in einer sich kontinuierlich verbreiternden Schicht, sondern, wenn die geeigneten Konzentrationen innegehalten werden, in rhythmisch sich wiederholenden Linien, deren Abstand voneinander um so größer wird, je weiter die Diffusion fortschreitet. So entsteht ein System von Linien, wie es Fig. 1 zeigt; nur wurde hier

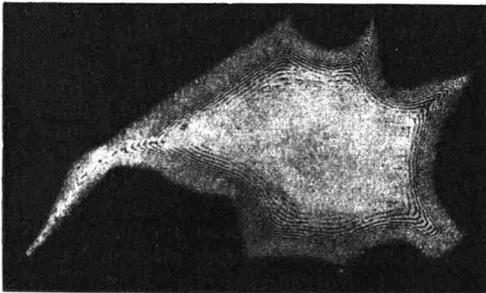


Fig 1. Rhythmische Fällung von Silberchromat. Vortäuschung eines Einflußkanals. Nach R. E. Liesegang.

nicht ein punktförmiges Diffusionszentrum gewählt, sondern ein Linienzug. Hierdurch treten weitere Analogien hervor, da ein Gebilde entsteht, allerdings nur zweidimensional, das mit Infiltrationskanälen der Achate große Ähnlichkeit besitzt. Ein Blick in die Veröffentlichungen Liesegangs zeigt, daß durch Variation der Versuche die mannigfachsten Achatstrukturen nachgeahmt werden können.

Die Versuche sind so überzeugend, daß man wohl nicht zweifeln kann, daß ähnliche rhythmische Vorgänge die Bänderung der Achate hervorgerufen haben, zumal die Analogie noch weiter geht. Unter dem Polarisationsmikroskop erweist sich die gebänderte Schicht als aufgebaut aus mehreren Strukturelementen. H. Hein¹⁾ hat in einer eingehenden Untersuchung festgestellt, daß als Strukturelemente neben dem rotgefärbten

¹⁾ H. Hein, Neues Jahrbuch f. Mineralogie usw. Beil. Bd. 25, 182, 1908.

Pigment, welches aus Eisenoxyd besteht, mehrere Varietäten von SiO_2 auftreten. Außer Quarzkristallen von sehr wechselnden Dimensionen kann man zwei weitere Modifikationen dieser Substanz beobachten, die in einer faserigen Ausbildung auftreten und sich durch den Charakter ihrer Doppelbrechung unterscheiden. Die eine ist nach der Längserstreckung der Fasern optisch negativ, die andere optisch positiv. Die erstere wird Chalzedon, die andere Quarzin genannt. Die feinen Fasern stehen gewöhnlich senkrecht zu den Bänderungen. Z. T. gehen sie nicht über den Raum zwischen diesen hinaus, aber andere durchsetzen sie, ohne sich um die Pigmentschicht zu kümmern. In Fig. 2 ist ein Gelatinepräparat wiedergegeben, das ganz gleiche Erscheinungen zeigt. Es ist dadurch entstanden, daß man eine Gelatineschicht zwischen zwei Glasplatten eintrocknen ließ. Auch hier setzen einige Fäserchen durch die dunklen Chromatstreifen hindurch. Da diese Gelatinedendriten unter einem Zwangszustand gebildet wurden, so zeigen sie häufig Spannungsdoppelbrechung. Überträgt man solche Erscheinung auf die kleinen Kieselsäurefasern, so ist verständlich, daß auch hier erzwungene Doppel-



Fig. 2. Gelatinedendriten durch Eintrocknen entstanden. Nach R. E. Liesegang.

brechung vorliegen kann, daß mit anderen Worten die beobachtete Art der Doppelbrechung nicht dem Kristall als solchem zukommt. Die optischen Beobachtungen sind daher vorsichtig zu bewerten. Daß jedenfalls auch zwischen den Fäserchen Hohlräume, wie im Gelatinepräparat vorhanden sind, zeigt die Tatsache der Anfärbbarkeit durch eindringende Substanzen. Diese Erscheinung erschwert weiter die Identifizierung der Modifikationen etwa durch die Bestimmung des spez. Gewichts, da eine unvollständige Raumauffüllung eine genaue Bestimmung dieser Größe verhindert. Jedenfalls besitzt die Chalzedonsubstanz einen von Quarz abweichenden Molekularbau, denn nach C. N. Fenner²⁾ tritt bei der Erhitzung die für Quarz charakteristische Modifikationsänderung bei 575°C nicht auf.

So steht leider eine genaue Kenntnis der
²⁾ C. N. Fenner, Zeitschr. f. anorg. Chem. 85, 191, 1914.

Strukturelemente der Achatsubstanz noch aus. Wir können aber aus den Beobachtungen den allerdings wichtigen Schluß ziehen, daß die Bänderung der Achse vor der Bildung der feinen Fasern erfolgt ist.

Über die Entstehung der Bänderstruktur der Achate können wir uns im Hinblick auf die genannten Versuche etwa folgendes Bild machen. Die Ausfüllung des Hohlraums bestand einmal aus einer amorphen, kolloidalen Masse, die in der Hauptsache Wasser und Kieselsäure enthielt. In wenig wasserhaltigem Zustand sind solche dispersen Systeme in den verschiedenen Abarten der Opale bekannt, aber auch in Gallertform wurden sie in der Natur von *G. Spezia*¹⁾ in Spalten des Gneises am Simplontunnel gefunden. Die Annahme eines ehemals gallertigen Zustandes stößt daher auf keine Schwierigkeiten. Komplizierter ist schon die Erklärung für die Entstehung der Bänder, die Rotfärbung ist durch amorphes Eisenoxyd bedingt. Solche Fällungen kann man leicht erzielen, wenn man in einer künstlich dargestellten Gallerte aus SiO₂ und H₂O, die mit einem Eisenoxydulsalz imprägniert wurde, den Sauerstoff der Luft einwirken läßt. Wenn er etwa von der Oberfläche aus eindringt, so entstehen dieser parallel Schichten von Eisenoxyd. Ob in den Kieselgallerten der Mandeln der Gehalt an Eisensalz primär war oder nicht, dürfte für die Entstehung der Bänder zunächst gleichgültig sein, das Endresultat ist in beiden Fällen das gleiche. Vielleicht war ein anderes Salz in der Gallerte enthalten, das dann mit hineindiffundierenden Eisenlösungen aus dem Gestein reagieren konnte.

Für den weiteren Verlauf der Achatbildung waren jedenfalls diese Eisenoxyd- oder Hydroxydlagen von wesentlicher Bedeutung, indem sie die Ausbildung der kristallinen Modifikationen der SiO₂ beeinflussten. Vermutlich haben sie hemmend auf die Entstehung großer Kristallindividuen gewirkt. Hierbei kann man ähnliche Versuche von *R. Marc*²⁾ zum Vergleich heranziehen, der nachwies, daß z. B. durch kolloide Farbstofflösungen die Kristallisation außerordentlich gehemmt werden, ja völlig aufgehoben werden kann.

Unter Zugrundelegung dieser Vorstellung ist es verständlich, wenn an den gebänderten Partien feinkristallinischer Chalzedon entstand, während in pigmentfreien Teilen sich grobkristalline Aggregate ausbilden konnten. Bei vielen Achaten ist die Eisenfärbung später durch die Einwirkung der Atmosphärrilien wieder entfernt worden, so daß ein etwaiges Fehlen der Pigmentierung nicht gegen diese Theorie zu sprechen braucht.

Bei der im Vorstehenden gegebenen kurzen Darstellung der heutigen Ansicht über die Entstehung der Struktur der Achate bin ich den genannten Büchern *Liesegang* gefolgt, aus denen nun auch deutlich hervorgeht, daß es hier manche

Fragen gibt, deren Beantwortung nicht ohne weiteres durch die Anwendung der Diffusionstheorie erledigt wird. Es sei nur auf das Kapitel der „problematischen Fälle“ verwiesen.

II.

Während also die Deutung der besonderen Achatstrukturen nicht auf wesentliche Schwierigkeiten stößt, ist die Anschauung von der Entstehung der Mandelausfüllung des Hohlraums im Gestein noch keineswegs klar. Es mag als Beleg hierfür die unbestimmte Äußerung *Liesegang*¹⁾ angeführt werden: „Ob die Zuwanderung in Form gelöster freier Kieselsäure erfolgt, ob man dabei höhere Temperaturen und Drucke berücksichtigen muß, oder ob man mit leicht löslichen Alkalisilikaten rechnen darf, das sind Fragen, die hier nicht beantwortet werden sollen.“ Auch sein mehr positives Urteil²⁾: daß es sich um späte Ausfüllung von Hohlräumen eines Gesteins handle „erst lange nach der Erkaltung des Ergußgesteins unter Mitwirkung gewöhnlicher wässriger Lösungen“, kann nicht ohne näheren Nachweis angenommen werden.

Auf diese Frage möchte ich im Folgenden eingehen und dabei die Aufmerksamkeit auf Formeigentümlichkeiten der Achatmandeln lenken, die mir anzudeuten scheinen, daß ein hydrothermaler Prozeß, der sich vermutlich in der Nähe der kritischen Temperatur des Wassers abgespielt hat, Ursache ihrer Bildung gewesen ist.

Sieht man nämlich von vereinzelt Besonderheiten in den Achatstrukturen ab, so von stalaktitischen Massen, Moosachaten, Röhrenachaten und ähnlichen mehr zufällig gebildeten Produkten, so fallen zwei Gruppen von Ausbildungsformen auf.

Zu der einen Gruppe gehören jene durch krummlinige, meist rundlich gebogene, häufig konzentrische Bänderungen gekennzeichneten Bildungen: die sog. *Festungsachate*, zur zweiten solche, die in ihrem Aufbau ebene, parallel laufende Schichtungen zeigen: man spricht von Achaten mit horizontalen Bändern, auch wohl von *Uruguay-Achaten*.

Schon in diesem letzteren Namen ist ausgesprochen, daß die beiden Gruppen auch nach ihrem Vorkommen räumlich getrennt auftreten, da in der bezeichneten Gegend die eine Ausbildungsform vor allem gefunden wird.

Dieser geographische Unterschied ist frühzeitig aufgefallen. Im Jahre 1824 schon sprach es *Leopold von Buch*³⁾ aus: „Dergleichen (Mandeln mit horizontalen Lagen) haben wir zwar in Deutschland nicht, auch findet man sie in Frankreich nicht. Um so auffälliger dagegen ist es, daß in den britischen Inseln und im Norden gar keine anderen vorkommen.“

¹⁾ *R. E. Liesegang*, Geol. Diffusionen 1913. S. 97.

²⁾ Derselbe, Die Achate, 1915, S. 2 u. 7.

³⁾ *Leopold von Buch*, K. C. von Leonhardts Mineralog. Taschenbuch 1824, 483.

Auch *J. Noeggerath*¹⁾ betont schon 1849: „Es ist höchst merkwürdig, daß solche horizontalen Ablagerungen, wie sie in jenen brasilianischen Mandeln regelmäßig vorkommen, niemals in denjenigen der Nahegegend angetroffen werden. Hier sind alle Bildungen in den Achatmandeln konzentrisch und wenn einzelne Störungen einer solchen Konzentrität vorkommen, so sind diese stets nur durch Kristall- oder Stalaktitenbildungen hervorgerufen. Alle Horizontalität ist in diesen Bildungen völlig ausgeschlossen.“

Noeggerath spricht von mehreren hundert Exemplaren, von denen er „die meisten Stücke selbst in den ausgedehnten Achatgruben der Nahegegend, des Oldenburgischen Fürstentums Birkenfeld und in dem preußischen Kreise St. Wendel gesammelt habe“, so daß sein Ausspruch „auffallend ist immer der Umstand, daß die Horizontalität in den Achatmandeln für ganze Länder gänzlich ausgeschlossen erscheint“ immerhin einiges Gewicht behält, wenn auch vielleicht nicht in der Ausdehnung, denn z. B. *G. Tschermak*²⁾ beschreibt Schichtenbildung in den Ausfüllungen des Felsitporphyrs von Planitz bei Zwickau: „eine Chalzedonrinde, hierauf geschichteter Chalzedon, der übrige Raum durch Quarz erfüllt.“

Später fährt *J. Noeggerath* fort: „Die Umstände, unter denen sich die Achatmandeln auch selbst in ein und derselben Gegend gebildet haben, können nur als sehr abweichend voneinander angenommen werden, da jede Mandel gewissermaßen ein ganz individuelles Gebilde ist, und daher ist es um so sonderbarer, daß in Deutschland und in Frankreich niemals die Bedingungen von solcher Art gewesen sind, um horizontale Ablagerungen in den Achatmandeln hervorzurufen.“

Daß bei der Ausbildung dieser ebenen Schichten die Schwerkraft Ursache gewesen sei, hat wohl ebenfalls *L. v. Buch*³⁾ als Erster ausgesprochen. Er beobachtete an Riesenmandeln in Island diese Erscheinung besonders gut. In ihnen treten an der Decke hängend Chalzedontropfen auf, während „die untere Fläche am Boden jederzeit aus söhlichen Schichten besteht, über welche die Stalaktiten herabhängen. Hier ist wohl die Wirkung der Schwere offenbar“.

Gerade die auffallende Erscheinung, daß die beiden Achattypen an bestimmte Orte gebunden sind, ist meines Erachtens ein Hinweis, den Grund dieser Erscheinung in einem über eine größere Erstreckung hin gleichartig wirksamen Faktor zu suchen. Dieser Faktor scheint mir die *Temperatur* zu sein, die während der Bildung der Achate geherrscht hat, und die innerhalb eines großen Gebietes gleich sein konnte.

Als Unterschied der beiden Typen ergibt sich, daß einmal ein horizontaler Flüssigkeitsspiegel

¹⁾ *J. Noeggerath*, Verh. nat.-hist. Vereins d. preuß. Rheinl. Bonn. 6, 257, 1849.

²⁾ *G. Tschermak*, Sitzungsber. Wiener Akad. math.-nat. Kl. 47, 117, 1863.

³⁾ *L. v. Buch*, a. a. O. S. 483.

entstehen konnte, im anderen Fall dagegen nicht. Nimmt man als Ursache hierfür nun aber an, daß der flüssige Inhalt der Mandel einmal eine Temperatur gehabt hat, die über der kritischen der „Achatlösung“ lag, das andere Mal in solcher Höhe, daß sich eine flüssige und eine dampfförmige Phase ausbilden konnten, so war während der Entstehung der „Festungsachate“ der Hohlraum im Gestein völlig von einer fluiden Phase angefüllt, bei den „Uruguayachaten“ war das nicht der Fall.

Die einstige völlige Ausfüllung der Hohlräume läßt sich an dem in Fig. 3 abgebildeten Stück aus dem Melaphyr angeblich vom Fischbacher Tal bei Oberstein erkennen. Hier sitzt der Mandelinhalt



Fig. 3. Ausfüllung von Blasenräumen und von Spalt-
rissen im Melaphyr (Fischbacher Tal bei Oberstein).
Phot. Aufn. von der Trappen.

noch fest im Hohlraum des Gesteins, das ganz frisch ist. Meist jedoch sind die von diesem Fundort stammenden Ausfüllungen nicht so kompakt, wie dieses Stück. Sie bestehen aus einer dünnen Chalzedonschale, die im Innern schließlich in ein Aggregat von Quarz und Amethyst übergeht.

Aber auch sie bilden die innere Fläche des Hohlräume ab, da sie in ihrer nach unten häufig keilförmig oder spitz zulaufenden birnenähnlichen Form die Gestalt von Gasblasen zeigen, die in einem zähflüssigen Magma der Einwirkung des Auftriebs unterworfen waren. Schrumpfungsercheinungen lassen häufig den Mandelinhalt kleiner werden, als dem Hohlraum entspricht.

Die vorstehende Erklärung der beiden Achattypen soll nun nicht auf sämtliche Chalzedonbildungen ausgedehnt werden, sie sei vielmehr auf jene beiden Typen beschränkt, denn es ist nicht zu leugnen, daß auch bei tieferen Temperaturen Chalzedon entstehen kann. So konnte *H. Leitmeier*¹⁾ zeigen, daß in Gegenwart von wolframsauren Salzen in wäßriger Lösung bei 80° C Chalzedon darstellbar ist.

Leider ist es mir zurzeit aus Mangel an geeigneten Apparaten nicht möglich, synthetische Versuche auszuführen, die die vorstehenden Deutungen experimentell erhärten könnten. Um so notwendiger ist es zunächst zu zeigen, daß die geschilderten Entstehungsmöglichkeiten nicht im Widerspruch mit den natürlichen Verhältnissen stehen.

III.

R. E. Liesegang vertritt die Anschauung, die den Hohlraum füllende Kieselsäure sei auf dem Wege der Diffusion, vielleicht aus größerer Entfernung dorthin gelangt. Da der kolloidalen Kieselsäure nur eine äußerst geringe Diffusionsfähigkeit zukommt, so müßte sie schon in der Form löslicher Salze, d. h. als Alkalisilikat gewandert sein. Als Diffusionsmittel werden hierbei wäßrige Lösungen angesehen, die sich in den kapillaren Spalten und Hohlräumen des Gesteins befinden. Eine solche Durchtränkung müßte aber alle Teile gleichmäßig treffen, wie es bei dem sog. hygroskopischen Wasser der Fall ist. Nun aber läßt sich gerade in der Nahegegend beobachten, daß die Kieselsäure nur lokal in den Hohlräumen angereichert ist. Nur vereinzelte Punkte des mandelsteinartigen Melaphyrs sind Achatfundpunkte. Diese Tatsache läßt sich schlecht mit der Diffusionstheorie vereinigen.

Die ältere Theorie nahm als Quelle für die Kieselsäure das Gesteinsmaterial an, in dem sich die Achte befinden. Eine Stütze dieser Ansicht sollte sein, daß die Kieselsäurefüllungen gerade in den zersetzten Gesteinszonen auftreten sollten, das frische Gestein sei leer davon. Diese Behauptungen²⁾ scheinen irrtümlich aufgestellt worden zu sein. Gerade der Gewährsmann, der hierfür herangezogen wird, schreibt ausdrücklich von Gesteinsmandeln im frischen Gestein. In der genannten Arbeit sagt *J. Noeggerath*: „Ebenso wenig ist jene Erscheinung an den Grad der Zerstörung, der Auflösung geknüpft, welche die Melaphyre erlitten haben. Es ist nicht zu leugnen, daß an den meisten Orten, wo die Achatmandeln vorkommen, der Melaphyr in einem sehr hohen Grade der Zersetzung sich befindet. . . . Aber es gibt auch Achatgräbereien in den allerfestesten Melaphyren. . . . Eine der ergiebigsten Gruben liegt z. T. gerade in einem solchen Melaphyr. Es ist die vom Weißelberge bei Oberkirchen.“

Wenn auch schon das Bild der Achatmandel in

Fig. 3 diese Beobachtungen bestätigt, so sei doch noch hingewiesen auf die Beobachtungen von *H. Leitmeier*¹⁾ am Basalt von Weitendorf in Steiermark. Er schreibt, daß in den höher gelegenen Hohlräumen des Basalts am wenigsten Drusen enthalten seien, und dann reichlich Limonit und Kalzit enthielten, also keinen Chalzedon. Er betont ferner, daß die Auslaugung des Basaltes unmöglich allein die Ursache der Bildung der reichlichen Kieselsäureminerale sein könne. Infiltrationsvorgänge müßten zu ihrer Deutung herangezogen werden.

Betrachtet man das in Fig. 3 abgebildete Handstück näher, so erkennt man deutlich Spalten, die quer durch das Stück laufen und die z. T. den Blasenraum durchsetzen. Die ehemals offenen Spalten sind durch Kieselsäure verkittet. Selbst die feinsten Risse sind mit Chalzedon ausgefüllt, wie man unter dem Mikroskop erkennt. Ähnliche durch Chalzedon verkittete Risse beschreibt *H. Leitmeier* auch. Und zwar sind im Weitendorfer Basalt gerade die dünnsten Spalten mit SiO₂ ausgefüllt, während gröbere und längere kohlen-sauren Kalk als Füllung zeigen. Eine dritte Art, breite, ziemlich lange Spalten führen die kristallisierten Mineralien der Mandeln. Auch *Noeggerath* macht sie von Oberstein bekannt: „Die verschiedenartigen kieseligen Ausfüllungen kommen im Melaphyr nicht bloß in den Mandeln vor, sondern auch auf den Kontraktionsspalten und den durchsetzenden Klüften.“ Schmale, 1 bis 2 Zoll mächtige Chalzedongänge waren auf mehrere Minuten Wegeslänge zu verfolgen. Sie bestanden aus mehreren Lagen abwechselnd undurchsichtigen und durchscheinenden weißen Chalzedons.

Daß Gesteine irgendwelcher Art, besonders aber Eruptivgesteine von zahlreichen Rissen durchzogen werden, ist selbstverständlich. Sie werden sich wohl unmittelbar nach der Entstehung gebildet haben. Auch ist verständlich, wenn diese Risse auch die Mehrzahl der Blasen durchsetzen³⁾. Es scheint daher am einfachsten, anzunehmen, daß diese Spalten und Spaltrisse die Zufuhrkanäle gewesen sind. Auf ihnen ist die Kieselsäurelösung bis zu den Gesteinsblasen vorgedrungen.

Das Vorhandensein von kieselsäurehaltigen Lösungen, wie sie hier etwa in Frage kommen, bietet der Erklärung keine Schwierigkeiten mehr, seit man die Prinzipien der physikalischen Chemie zur Erklärung der Vorgänge bei der Gesteinsbildung herangezogen hat. Vor kurzem hat *P. Niggli*³⁾ hierüber ausführlich berichtet. Verfolgt man unter Zugrundelegung theoretisch mög-

¹⁾ *H. Leitmeier*, a. a. O. S. 242.

²⁾ Man vergleiche hierzu die Abbildungen von *Noeggerath*, wo noch die fertig gebildete Achatmandel den Verlauf der Spalte zeigt, die vor der Verfestigung dagewesen sein muß. Denn wenn auch die Hälften des Achats gegen einander verschoben sind, so ist der Verlauf der Bänderung durch die Verschiebung beeinflusst, indem sie sich den neuen Konturen anschmiegt.

³⁾ *P. Niggli*, dies. Zeitschr. 1916. Heft 43 u. f.

¹⁾ *H. Leitmeier*, Neues Jahrb. f. Mineralogie usw. Beil. Bd. 27, 244, 1909.

²⁾ Bei *C. Hintze*, Handb. d. Mineralogie 1, 1478, 1906.