Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung
UB Universitäts Bibliothek Frankfurt am Main
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Mitteilungen der Pollichia

Die Entstehung der Achate der Vulkanite ohne Rhythmen bei der Bildung der Achatbänderung nach der Durchfluss-Theorie

Zanker, Fritz

2017

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-128056

Visual Library

Mitt. POLLICHIA	98	51– 60	12 Abb.	Bad Dürkheim 2017

ISSN 0341-9665 (Druckausgabe) ISSN 1866-9891 (CD-ROM)
ISSN 2367-3168 (Download-Veröffentlichung)

FRITZ **ZANKER**

Die Entstehung der Achate der Vulkanite ohne Rhythmen bei der Bildung der Achatbänderung nach der Durchfluss-Theorie

Kurzfassung

ZANKER, F. (2017): Die Entstehung der Achate der Vulkanite ohne Rhythmen bei der Bildung der Achatbänderung nach der Durchfluss-Theorie.– Mitt. POLLICHIA, **98**: 51 – 60, Bad Dürkheim.

Nach der Durchfluss-Theorie spielten Rhythmen bei der Bildung der gemeinen Bänderung und der Uruguay-Bänderung der Achate der Vulkanite (Basalte, Andesite, Rhyolithe) keine Rolle. Die Achate der Vulkanite entstanden in zwei Schritten.

Im ersten Schritt floss Kieselsol – eine wässrige Lösung von Kolloiden polykondensierter Kieselsäure – postvulkanisch durch das Netzwerk von Klüften und Rissen der Vulkanite, in denen die Achate vorkommen. Der VERFASSER nimmt an, dass sich das Kieselsol bei der Verwitterung, Alteration und Entglasung von vulkanischen Aschen und Aschentuffen von Vulkanausbrüchen bildete. Der Durchfluss durch die Achaträume der Vulkanitgesteine erfolgte an Einfluss- und Ausflussöffnungen an der Wand der Achaträume. Im Falle der Entstehung der gemeinen Achate floss stabiles Kieselsol durch die Achaträume. Dabei blieben Kieselsäurekolloide durch die Bildung von chemischen Wasserstoffbrückenbindungen mit den bereits abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden an der Wand der Achaträume haften, aus denen sich unter Bildung von Belägen hochkondensierter Kieselsäure Wasser abspaltete. Die Beläge verliefen *gleichförmig*, d. h. mit gleicher Dicke an den verschiedenen Stellen der Wand, außer an der Wand hinter den Einflussöffnungen und vor den Ausflussöffnungen und an der Wand von wandgängigen Strömungen des Kieselsols. Dort wurden die haftenden Kieselsäurekolloide durch die Wandschubspannung τ_W der Strömung des Kieselsols teilweise abgerieben, und die Beläge verliefen *ungleichförmig*, d. h. mit geringerer Dicke. Der Abrieb war umso größer, je größer die Wandschubspannung τ_W war. Für die während bestimmter Zeiten der Abscheidung der Kieselsäurekolloide an der Wand gebildete Dicke **h** der Beläge galt die physikalische Gleichung $\mathbf{h} = \mathbf{h}_{max} - \mathbf{h}_{abr}$. In dieser bedeutet $\mathbf{h}_{max}$ die Dicke der Beläge ohne Abrieb und $\mathbf{h}_{abr}$ die Dicke, um die die Beläge durch den Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide geringer als $\mathbf{h}_{max}$ waren. Die Achaträume füllten sich derart, dass die Dicke der Beläge von $\mathbf{h} = \mathbf{0}$ in den Einfluss- und Ausflussöffnungen an der Wand bis $\mathbf{h} = \mathbf{h}_{max}$ seitlich davon auf Grund des abnehmenden Abriebs der haftenden Kieselsäurekolloide zunahm. Im Falle der Entstehung der Uruguay-Achate schieden sich schwerlösliche Kolloide hochkondensierter Kieselsäure aus einem instabilen Kieselsol am Boden der Achaträume ab, wo sie *gleichförmige* Beläge bildeten.

Im zweiten Schritt wandelten sich die Beläge der an der Wand und am Boden der Achaträume abgeschiedenen Kieselsäurekolloide unter weitestgehender Beibehaltung ihrer Form in den aus unsichtbaren Kryptoquarzkristallen bestehenden Chalcedon der gemeinen Achate und Uruguay-Achate um. Die Schichten des Chalcedons entstanden nicht durch Rhythmen, sondern dadurch, dass Kieselsäurekolloide, die sich zu gewissen Zeiten des Durchflusses des Kieselsols durch die Achaträume an der Wand oder am Boden der Achaträume abgeschieden hatten, die sichtbaren Mikroquarzkristalle der bekannten weißen Trennflächen zwischen den Chalcedonschichten bildeten. Diese weißen Trennflächen werden Simultanflächen genannt. Bei den Achatschnitten entsprechen die die einzelnen Achatbänder gegeneinander abgrenzenden Simultanlinien den Simultanflächen. Die Simultanflächen zeigen an, wie weit die Achaträume der gemeinen Achate vom Rand und die Achaträume der Uruguay-Achate vom Boden her zu bestimmten Zeiten des ersten Schritts mit den aus den abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden entstandenen Belägen gefüllt waren. Durch ihre Bildung entstanden aus den Belägen der Dicke $\mathbf{h} = \mathbf{h}_{max} - \mathbf{h}_{abr}$ zwischen den Simultanflächen an der Wand die einzelnen Schichten der gemeinen Achate der Dicke

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}.$$

In der Gleichung $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}$ ist $\mathbf{H} = \mathbf{h}$, $\mathbf{H}_{max} = \mathbf{h}_{max}$ und $\mathbf{H}_{abr} = \mathbf{h}_{abr}$. $\mathbf{H}_{max}$ ist die Dicke des *gleichförmigen* Verlaufs der Schichten. $\mathbf{H}_{abr}$ entspricht der Dicke $\mathbf{h}_{abr}$ des Abriebs der haftenden Kieselsäurekolloide. Gleichung $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}$ gilt auch für die Dicke **H** aller übereinander liegenden Schichten eines gemeinen Achats zusammen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

und für die Dicke **H** der Bänderung eines Schnitts durch einen gemeinen Achat. Der VERFASSER erklärt mit Hilfe der Gleichung $\mathbf{H = H_{max} - H_{abr}}$ die Bildung der *ungleichförmigen* Verläufe der Bänder der sog. Infiltrationskanäle und der tropfenförmigen Bänderstrukturen, deren Tropfenspitzen immer zur Achatmitte zeigen.

Nach eigenen lichtmikroskopischen Untersuchungen des VERFASSERs besteht die farbige Bänderung der Achate der Vulkanite in der Regel aus zwei verschiedenen Bänderungstypen, die unabhängig voneinander entstanden, deren Bänder aber gleich verlaufen: der obigen Chalcedonbänderung und der rotbraunen oder gelben Limonitbänderung, einer aus Limonitpartikeln bestehenden Pigmentbänderung. Die farbige Bänderung kann auch nur aus der Limonitbänderung bestehen. Nach der Durchfluss-Theorie floss im ersten Schritt ihrer Bildung Kieselsol, das FeOOH-Kolloide enthielt, durch die Achaträume. Dabei schieden sich zu verschiedenen Zeiten des Durchflusses unterschiedliche Mengen FeOOH-Kolloide zusammen mit den Kieselsäurekolloiden an der Wand oder am Boden der Achaträume ab. Aus den abgeschiedenen FeOOH-Kolloiden entwickelten sich im zweiten Schritt ohne Rhythmen die aus Limonitpartikeln unterschiedlicher Farbstärke bestehenden Limonitbänder.

Abstract

ZANKER, F. (2017): Die Entstehung der Achate der Vulkanite ohne Rhythmen bei der Bildung der Achatbänderung nach der Durchfluss-Theorie (The genesis of the agates of volcanites without rhythms at the formation of the banding of the agates according to the Throughflow Theory). – Mitt. POLLICHIA, **98**: : 51 – 60, Bad Dürkheim.

According to the Throughflow Theory, rhythms were not involved in the formation of the common banding and Uruguay-banding of the agates of volcanites (basalts, andesites, rhyolites). The agates of volcanites developed in two steps.

In the first step, silica sol – an aqueous solution of colloids of polycondensated silicic acid – post-volcanically flowed through the network of joints and cracks in the rocks of the volcanites, in which the agates occur. The AUTHOR assumes, that the silica sol formed by the weathering, alteration and devitrification of volcanic ashes and ashtuffs of volcanic eruptions. The flow of the silica sol through the cavities of the agates of the volcanites occurred at inflow and outflow openings at the wall of the cavities. In the case of the genesis of common agates, stable silica sol flowed through the cavities of the agates. Thereby, silica colloids adhered to the wall of the cavities by forming chemical hydrogen-bridge bonds with the silica colloids already deposited at the wall, from which water was split off. Thereby, deposits of highly condensated silicic acid formed. The deposits ran *uniformly*, i. e. with the same thickness at the different places of the wall, besides at the wall behind the inflow openings and in front of the outflow openings and at the wall, where the silica sol flowed close to the wall. There, the adhering silica colloids partially were abraded by the wall shear stress τ_w of the flow of the silica sol and the deposits of the silica colloids ran *non-uniformly*, i. e. with a smaller thickness. The abrasion was the bigger, the bigger the wall shear stress τ_w was. The thickness **h** of the deposits at the wall formed within certain times followed from the physical equation $\mathbf{h = h_{max} - h_{abr}}$. In it, $\mathbf{h_{max}}$ means the thickness of the deposits without abrasion and $\mathbf{h_{abr}}$ the thickness, by which the deposits of the silica colloids were smaller than $\mathbf{h_{max}}$ because of the abrasion of the adhering silica colloids. The cavities of the agates filled in such a way, that the thickness of the deposits increased from $\mathbf{h = 0}$ in the inflow and outflow openings at the wall up to $\mathbf{h = h_{max}}$ to their sides according to the decreasing abrasion of the adhering silica colloids. In the case of the genesis of Uruguay-agates, poorly soluble colloids of highly condensated silicic acid of an instable silica sol settled on the bottom of the cavities of the agates, where they formed *uniform* deposits.

In the second step, the chalcedony of the common agates and Uruguay-agates consisting of invisible cryptocrystals of quartz developed from the deposits of the silica colloids at the wall and the bottom. Thereby, the shape of the deposits didn't change significantly. The layers of the chalcedony didn't form because of rhythms. They formed, because silica colloids, which had deposited at the wall or the bottom of the cavities of the agates at certain times of the throughflow of the silica sol, generated the visible microquartz crystals of the well-known white areas, which separate the layers of the chalcedony from each other. These white areas are called simultaneity areas. The white lines of the cuts through the agates corresponding to the white areas are called simultaneity lines. The simultaneity areas indicate, how far the cavities of the common agates were filled from their rim and the cavities of the Uruguay-agates from their bottom with the deposits of the silica colloids at certain times of the first step. Due to their formation, the layers of the common agates of the thickness

$$\mathbf{H = H_{max} - H_{abr}}$$

developed from the deposits of the silica colloids of the thickness $\mathbf{h = h_{max} - h_{abr}}$ between the simultaneity areas at the wall. In the equation $\mathbf{H = H_{max} - H_{abr}}$, **H** is equal to **h**, $\mathbf{H_{max}}$ equal to $\mathbf{h_{max}}$ and $\mathbf{H_{abr}}$ equal to $\mathbf{h_{abr}}$. $\mathbf{H_{max}}$ is the thickness, where the layers run *uniformly*. $\mathbf{H_{abr}}$ corresponds to the thickness $\mathbf{h_{abr}}$ of the abrasion of the adhering silica colloids. Equation $\mathbf{H = H_{max} - H_{abr}}$ is also valid for the thickness **H** of all layers of a common agate together and of the banding of a cut through a common agate. The bands of the so-called infiltration channels and of the drop-shaped

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

structures of the bands of common agates, the tips of which always point to the centre of the agates, run *non-uniformly*. The AUTHOR explains their formation with the help of the equation $\mathbf{H = H_{max} - H_{abr}}$.

According to own light microscopic studies of the AUTHOR, the coloured banding of the agates of volcanites normally consists of two different types of banding, which formed independently from each other, whose bands however run the same: the chalcedony banding mentioned above and the red brown or yellow limonite banding. The latter is a pigment banding consisting of limonite particles. The coloured banding also may just consist of the limonite banding. According to the Throughflow Theory in the first step of its formation, silica sol, which contained FeOOH-colloids, flowed through the cavities. Thereby at various times of the throughflow of the silica sol, different quantities of FeOOH-colloids deposited together with the silica colloids at the wall or the bottom of the cavities. In the second step without rhythms, the limonite bands consisting of limonite particles of different colour strength developed from the deposited FeOOH-colloids.

1 Einleitung

Seitdem LIESEGANG (1911: 507) die Entstehung der Achatbänderung mit der Bildung sog. LIESEGANGscher Ringe erklärte, wird in der Achatforschung zwischen der Entstehung der Bänder der Achatschnitte durch äußere Rhythmen und innere Rhythmen unterschieden. Bei den bisherigen Achattheorien mit äußeren Rhythmen wiederholten sich Naturereignisse außerhalb der Achaträume (= Gesteinshohlräume, in denen Achate vorkommen), in deren Verlauf sich die Achaträume immer wieder mit Kieselsäurelösungen füllten. Daraus schieden sich Beläge von Kieselsäure an der Wand und am Boden der Achaträume ab, aus denen der gebänderte Chalcedon der Achate entstand. Bei der LIESEGANGschen Achattheorie mit inneren Rhythmen waren die Achaträume mit Kieselgel gefüllt, in das ein gelöstes Eisen-(III)-salz oder ein Eisen-(II)-salz, das durch Luftsauerstoff zu einem Eisen-(III)-salz oxidiert wurde, aus dem Nebengestein diffundierte. Dabei bildeten sich durch innere Rhythmen aus FeOOH-Fällungen bestehende LIESEGANGsche Ringe im Kieselgel und daraus die Achatbänderung. LANDMESSER (1984: 60 und 62–63) widerlegte die LIESEGANGsche These, die Achatbänderung beruhe auf der Ausbildung rhythmischer Pigmentfällungen. Wurden die Achate also durch äußere Rhythmen gebildet? Gab es am Ende gar keine Rhythmen bei der Entstehung der Achatbänderung? LANDMESSER (1984: 94) beschrieb das Ergebnis seiner Diskussion der bekannten Achattheorien so: „Achate werden nicht von verschiedenen der bisherigen Theorien gleichermaßen gut erklärt, sondern von keiner der Theorien wirklich." Der VERFASSER sieht den Grund für diese wichtige Erkenntnis darin, dass bei allen diskutierten Theorien von der Entstehung der Achatbänderung durch Rhythmen ausgegangen wird. Er hält diese Annahme für falsch.

Der VERFASSER beschrieb den Ablauf der Entstehung der Achate der Vulkanite nach der Durchfluss-Theorie bereits früher (ZANKER 2008). Danach entstanden die Achate der Vulkanite in zwei Schritten. Im ersten Schritt floss Kieselsol an Einfluss- und Ausflussöffnungen durch die Achaträume laminar hindurch, wobei sich Kieselsäurekolloide in Belägen an deren Wand oder Boden abschieden. Bei den anschließenden Achatbildungsprozessen im zweiten Schritt wandelten sich die Beläge der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide in den gebänderten Chalcedon der Achate um.

Die nachstehenden Ausführungen des Kap. 2 beschreiben die Entstehung der Achate der Vulkanite nach der Durchfluss-Theorie ohne die Bildung von Rhythmen sowohl bei der Entstehung der Chalcedonbänderung als auch der Limonitbänderung, der zweiten Achatbänderungsart. Dabei werden zahlreiche neue Aspekte und Erkenntnisse eingebracht, die sich seit der Publikation des Jahres 2008 angesammelt haben. Die verwendeten Achatschnitte der Abb. 2 bis 11, ausgenommen diejenigen der Abb. 4 und 5, stammen von Achatfunden des VERFASSERs von den Äckern und Weinbergen des Plateaus des Steigerbergs in Rheinhessen, in deren rhyolithischen Schuttsteinen Achate aus der Zeit nach dem Vulkanismus im Saar-Nahe-Becken vor 285 Millionen Jahren, aber auch verkieselte fossile Holzreste und Stromatolithen vorkommen. Die Achate der Schnitte der Abb. 4 und 5 wurden vom VERFASSER auf Mineralienbörsen gekauft. Ihre ursprüngliche Herkunft ist nicht bekannt. Die Fotos der Abb. 1 bis 11 machte Monika Stamm.

2 Die Entstehung der Achate der Vulkanite nach der Durchfluss-Theorie

Die Durchfluss-Theorie beruht auf der bekannten Beobachtung, dass nicht nur die Chalcedonbänder der Schnitte durch gemeine Achate unterschiedliche Dicken besitzen, sondern auch die Dicke der einzelnen Bänder selbst stark variieren kann. Nach der Durchfluss-Theorie verlaufen die Schichten, einzelnen Bänder und Bänderungen der gemeinen Achate und die Beläge der Kieselsäurekolloide, die sich nach der Durchfluss-Theorie beim Durchfluss des Kieselsols durch die Achaträume an deren Wand abschieden und aus denen die Schichten der gemeinen Achate entstanden, dort, wo sie ihre größte Dicke besitzen, *gleichförmig* und dort, wo ihre Dicke geringer ist, *ungleichförmig*. Bei den Uruguay-Achaten verlaufen die Schichten, einzelnen Bänder, Bänderungen und Beläge der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide *gleichförmig*.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

2.1 Die Art und Weise der Abscheidung der Kieselsäurekolloide aus dem fließenden Kieselsol an der Wand und am Boden der Achaträume und die Füllung der letzteren mit Kieselsäurekolloiden im ersten Schritt

Im ersten Schritt der Entstehung der Achate floss Kieselsol – eine wässrige Lösung von Kolloiden polykondensierter Kieselsäure – postvulkanisch, d. h. nach der weitgehenden Abkühlung der Vulkanite, durch das Gestein der Vulkanite hindurch. Der Durchfluss erfolgte in einem Netzwerk von Klüften und Rissen, insbesondere von Kapillarrissen im Gestein, die die Achaträume verbanden, die dadurch gleichfalls durchflossen wurden. Der VERFASSER nimmt an, dass sich das Kieselsol bei den Prozessen der Verwitterung, Alteration und Entglasung rhyolitischer vulkanischer Aschen und Aschentuffe über den Vulkaniten bildete und sich in Seen ansammelte. Von dort durchfloss es die Vulkanite nach unten und seitwärts. Nach der Vorstellung des VERFASSERs waren diese Vulkanite im Falle der Achate des Steigerbergs, wie der Achate der Schnitte der Abb. 2, 3 und 6 bis 11, blasenreiche Basaltlava, die rhyolithisches Gestein überlagerte. In den Blasenräumen entstanden die Achate. Die einstigen, möglicherweise mehr als hundert Meter mächtigen rhyolithischen Vulkanaschen und Aschentuffe und die Basaltlava verwitterten im Verlauf von Millionen Jahren und wurden vollständig abgetragen. Auch das rhyolithische Basisgestein wurde von diesen Prozessen, wenn auch weit weniger, erfasst, was die Bildung der rhyolithischen Schuttsteine des Steigerbergs zeigt. Die verwitterungsresistenten Achate und die verkieselten Holzreste und Stromatolithen in den letzteren sind Hinweise auf die das Rhyolithgestein vormals überlagernde Basaltlava und die Seenlandschaft darüber. Das Kieselsol konnte außer Kieselsäurekolloiden auch Alkali-, Erdalkali-, Chlorid- und Bicarbonat-Ionen, Eisen-(III)-oxid-hydroxid-Kolloide u. a. enthalten haben. Seine Temperatur war vermutlich nicht höher als 60 °C. Der Einfluss und Ausfluss des Kieselsols konnte an mehreren Öffnungen unterschiedlicher Größe an der Wand der Achaträume erfolgt sein. Das Kieselsol floss laminar, d. h. ohne Flüssigkeitsturbulenzen durch die Achaträume. Dabei schieden sich Kieselsäurekolloide in Belägen an deren Wand oder Boden ab, aus denen im zweiten Schritt der Chalcedon der Achate der Vulkanite entstand. Auch Quarz und andere Minerale schieden sich ab, wenn deren Löslichkeit im Kieselsol überschritten war. Für die Art der Abscheidung der Kieselsäurekolloide an der Wand oder am Boden der Achaträume spielte die Stabilität des Kieselsols eine entscheidende Rolle. Sie war insbesondere vom pH-Wert und von der Salinität des Kieselsols abhängig. Im Falle der späteren Entstehung der gemeinen Achate floss stabiles Kieselsol durch die Achaträume, dessen Kieselsäurekolloide im Kieselsol gelöst waren und darin nicht ausfielen und sedimentierten. Dabei blieben Kieselsäurekolloide dadurch an der Wand haften, dass ein Teil ihrer ≡Si–O–H-Gruppen mit den ≡Si–O–H-Gruppen der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide an der Innenseite der bereits gebildeten Wandbeläge chemische Wasserstoffbrückenbindungen der Art ≡Si–O···H···O(H)–Si≡ bildete. Die haftenden Kieselsäurekolloide schieden sich dann an der Wand ab, indem sich aus den Wasserstoffbrückenbindungen Wasser entsprechend der chemischen Gleichung ≡Si–O···H···O(H)–Si≡ → ≡Si–O–Si≡ + H_2O abspaltete. Die an der Entstehung der Wasserstoffbrückenbindungen nicht beteiligten ≡Si-O-H-Gruppen der gerade abgeschiedenen Kieselsäurekolloide bildeten nun ihrerseits Wasserstoffbrückenbindungen mit den ≡Si–O–H-Gruppen der Kieselsäurekolloide aus dem Kieselsol. Die aus den haftenden Kieselsäurekolloiden entstandenen Beläge der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide füllten die Achaträume. Sie bestanden chemisch aus hochkondensierter Kieselsäure. Sie verliefen an allen Stellen der Wand *gleichförmig*. Im Falle der Entstehung der Uruguay-Achate floss instabiles Kieselsol durch die Achaträume, das aus stabilem Kieselsol dadurch entstanden war, dass dessen Kieselsäurekolloide in schwerlösliche Kolloide hochkondensierter bis gealterter Kieselsäure übergegangen waren. Diese setzten sich am Boden der Achaträume ab und bildeten dort ebenfalls *gleichförmige* Beläge. Ob sich später, im zweiten Schritt der Entstehung der Achate, lediglich Achate mit gemeinen Bändern oder zusätzlich auch mit Uruguay-Bändern bildeten, hing also vor allem von der Stabilität des Kieselsols beim Durchfluss durch die Achaträume ab. Nicht an der Wand oder am Boden abgeschiedene Kieselsäurekolloide verließen die Achaträume mit dem Kieselsol und konnten sich in den anschließend durchflossenen Achaträumen abgeschieden haben.

An den Stellen der Wand aber, an denen die Wandschubspannung τ_w der Strömung des Kieselsols größer als die Mindestwandschubspannung τ_{MW} war, derer es bedurfte, um die im vorangegangenen Absatz beschriebenen Wasserstoffbrückenbindungen zu lösen, wurden die haftenden Kieselsäurekolloide teilweise abgerieben, wodurch dort die Beläge der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide mit geringerer Dicke, d. h. *ungleichförmig* verliefen. Dies war an der Wand hinter den verengten Einflussöffnungen und vor den verengten Ausflussöffnungen sowie an der Wand von wandgängigen Strömungen des Kieselsols der Fall.

Die Wandschubspannung τ_w ist eine physikalische Eigenschaft fließender sog. NEWTONscher Flüssigkeiten, zu denen die meisten bekannten Flüssigkeiten gehören: Wasser, wässrige Lösungen von Salzen, Benzin, Glyzerin und Sole. Bei diesen setzen Kräfte zwischen den Molekülen der Flüssigkeiten der Bildung von relativen Bewegungsunterschieden der Moleküle Widerstand entgegen, den man „innere Reibung" nennt. Dadurch üben die wandnahen Moleküle einer strömenden NEWTONschen Flüssigkeit auf die an der Wand haftenden Flüssigkeitsmo-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

leküle eine Kraft aus, wodurch die Geschwindigkeitsunterschiede der Moleküle ausgeglichen werden sollen. Die parallel zum Wandverlauf in Strömungsrichtung wirkende Komponente dieser Kraft nennt man Wandschubkraft K_w. An der kleinen Fläche Δ F einer beliebigen Stelle der Wand wirkt die Wandschubkraft ΔK_w und an der Flächeneinheit der Wand die Kraft $\Delta K_w / \Delta$ F. Man bezeichnet die letztere als Wandschubspannung τ_w. Es ist $\tau_w = \Delta K_w / \Delta$ F.

Beim Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide durch die Wandschubspannung τ_w war der Zug der wandnahen Wassermoleküle des fließenden Kieselsols an den haftenden Kieselsäurekolloiden so groß, dass diese abgelöst (abgerieben) wurden. Der Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide war umso größer, je größer die Differenz ($\tau_w - \tau_{MW}$) war. Die abgeschiedenen Kieselsäurekolloide, die durch echte chemische Bindungen in den Verbund der abgeschiedenen Beläge integriert waren, wurden durch die Wandschubspannung τ_w der laminaren Strömung des Kieselsols nicht abgerieben. Während die Mindestwandschubspannung τ_{MW} zu bestimmten Zeiten in der Regel an allen Stellen der Wand eines Achatraums gleich groß war, weil die Oberflächenbeschaffenheit an allen Stellen der Wand gleich war, war die Wandschubspannung τ_w der Strömung des Kieselsols an den verschiedenen Stellen der Wand unterschiedlich groß und an bestimmten Stellen immer größer oder kleiner als an den anderen Stellen. Dabei wird angenommen, dass die Strömungsverhältnisse im Achatraum während der Abscheidung der Kieselsäurekolloide gleich blieben. Deshalb war ($\tau_w - \tau_{MW}$) und damit auch der Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide an bestimmten Stellen der Wand immer größer oder kleiner als an anderen Stellen.

Die Dicke **h** der Beläge an der Wand, die sich während bestimmter Zeiten der Abscheidung der Kieselsäurekolloide bildeten, ergab sich aus der physikalischen Gleichung

$$\mathbf{h = h_{max} - h_{abr}}.$$

Darin ist $\mathbf{h_{max}}$ die Dicke der Beläge ohne Abrieb und $\mathbf{h_{abr}}$ die Dicke des Abriebs, also die Dicke, um die **h** durch den Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide kleiner als $\mathbf{h_{max}}$ war. Die Beläge verliefen dort *gleichförmig*, wo $\mathbf{h_{abr} = 0}$ war, und dort *ungleichförmig*, wo $\mathbf{h_{abr} > 0}$ war.

Der Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide verhinderte die Verstopfung des Duchflusses des Kieselsols durch die sich füllenden Achaträume und machte die Füllung der Achaträume mit den abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden erst möglich. Die Achaträume füllten sich derart mit den Belägen aus den abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden, dass deren Dicke von $\mathbf{h = 0}$ an der Wand in den Einfluss- und Ausflussöffnungen bis $\mathbf{h = h_{max}}$ seitlich davon auf Grund des abnehmenden Abriebs der haftenden Kieselsäurekolloide zunahm. Mit fortschreitender Füllung der Achaträume bildeten sich enge Durchflusskanäle des Kieselsols in den Belägen der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide. Der Durchfluss des Kieselsols versiegte möglicherweise, bevor die Achaträume gefüllt waren. Die Bildung praktisch ganz mit Chalcedon gefüllter Achaträume vieler Achatvorkommen zeigt, dass in diesen Fällen der Durchfluss des Kieselsols sowohl durch die engen Transportwege im vulkanischen Gestein, an deren Wänden sich durch die hohe Wandschubspannung τ_w der Strömung des Kieselsols praktisch keine Kieselsäurekolloide abschieden, als auch durch die sich füllenden Achaträume gewährleistet war.

2.2 Die Entstehung der Achate mit Chalcedonbänderung: eine Folge der Bildung von Simultanflächen im zweiten Schritt

Chalcedon-Sphärolithe an der Wand gehören zu den mineralischen Erstbildungen in den Achaträumen. Nach LANDMESSER (1984: 26, 31 und 62) entstand die gemeine Bänderung beim Wachsen konkurrierender Chalcedon-Sphärolithe durch die Bildung innerer Rhythmen. Nach der Durchfluss-Theorie war die Bildung des gebänderten Chalcedons der gemeinen Achate nicht an die Bildung von Chalcedon-Sphärolithen gebunden. Chalcedon-Sphärolithe an der Wand der Achaträume kommen häufig nicht vor. Ein Beispiel: In den Abb. 1 und 2 der Vorder- und Rückseite einer Achatplatte in der Erstpublikation des VERFASSERS folgt auf die äußere Quarzlage nach innen eine mittlere, etwa 30 cm lange und mehr als 10 mm dicke gemeine Chalcedonbänderung (ZANKER 2008: 135). Auf dem Quarz, auf den diese Bänderung nach innen folgt, lassen sich Chalcedon-Sphärolithe oder Andeutungen von Chalcedon-Sphärolithen selbst unter dem Lichtmikroskop nicht feststellen. Aber auch das kristalline Aussehen vorhandener Chalcedon-Sphärolithe an der Wand der Achaträume, das nach innen oft abrupt in das nicht kristalline Aussehen der gemeinen Achatschichten übergeht, zeigt, dass sich die an der Wand der Achaträume vorkommenden Sphärolithe und die Chalcedonschichten unabhängig voneinander bildeten. Nach der Durchfluss-Theorie bildeten sich die Schichten der gemeinen Achate aus den Belägen der Kieselsäurekolloide, die sich beim Durchfluss des Kieselsols an der Wand der Achaträume im ersten Schritt der Entstehung der Achate abschieden und dabei möglicherweise vorhandene einzelne und ineinander gewachsene Chalcedon-Sphärolithe überdeckten.

Wie aber kam es nach der Durchfluss-Theorie anschließend von den weitgehend strukturlosen Belägen der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide in den Achaträumen zur Bildung der Chalcedonbänderung der Achate? Nach der Durchfluss-Theorie wandelten sich die an der Wand und am Boden der Achaträume aus den abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden gebildeten Beläge aus hochkondensierter Kieselsäure im zweiten Schritt unter weitestgehender Beibehaltung ihrer Form in den aus unsichtbaren Kryptoquarzkristallen bestehenden Chalcedon der gemei-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

nen Achate und Uruguay-Achate um. Die Schichten des Chalcedons entstanden nicht durch Rhythmen, sondern durch die Bildung der bekannten weißen Trennflächen zwischen den Schichten, wodurch die Schichten gleichzeitig mitentstanden. Da die Abstände der Trennflächen voneinander verschieden groß sind, sind die Schichten unterschiedlich dick. Die Trennflächen bestehen aus sichtbaren Mikroquarzkristallen. Nach der Durchfluss-Theorie entstanden die letzteren aus zu gewissen Zeiten abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden, die die gleichen Eigenschaften hatten. Die Bildung der Mikroquarzkristalle setzte bei den einzelnen Trennflächen zu unterschiedlichen Zeiten ein und dauerte verschieden lang. Die weißen Trennflächen werden im Folgenden als Simultanflächen bezeichnet. Bei den Achatschnitten entsprechen die die einzelnen Achatbänder gegeneinander abgrenzenden weißen Simultanlinien den Simultanflächen. Die Simultanflächen zeigen an, wie weit die Achaträume zu bestimmten Zeiten des Durchflusses des Kieselsols im ersten Schritt vom Rand der Achaträume her bei den gemeinen Achaten bzw. vom Boden der Achaträume her bei den Uruguay-Achaten mit abgeschiedenen Kieselsäurekolloiden gefüllt waren. Bei manchen Achaten bilden die Mikroquarzkristalle der Simultanflächen dicke Schichten, weshalb die Simultanlinien dieser Simultanflächen selbst wie Bänder aussehen. Nur angedeutete Simultanlinien in den Achatbändern lassen vermuten, dass die Entstehung von Simultanflächen noch andauern könnte. Der Chalcedon im inneren Teil vieler Achatschnitte ist nicht gebändert, weil sich keine Simultanflächen bildeten.

Durch die Bildung der Simultanflächen im zweiten Schritt wurden die wenig strukturierten Beläge der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide unterteilt: die Beläge an der Wand der Achaträume in die Chalcedonschichten der gemeinen Achate und die Beläge am Boden der Achaträume in die Chalcedonschichten der Uruguay-Achate. Dabei entstanden aus den Belägen der Kieselsäurekolloide an der Wand der Dicke $\mathbf{h} = \mathbf{h}_{max} - \mathbf{h}_{abr}$ zwischen den Simultanflächen die gemeinen Achatschichten der Dicke

$\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}$.

In Gleichung $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}$ ist $\mathbf{H} = \mathbf{h}$, $\mathbf{H}_{max} = \mathbf{h}_{max}$ und $\mathbf{H}_{abr} = \mathbf{h}_{abr}$. $\mathbf{H}_{max}$ ist die Dicke des *gleichförmigen* Verlaufs der Achatschichten. $\mathbf{H}_{abr}$ entspricht der Dicke $\mathbf{h}_{abr}$ des Abriebs der haftenden Kieselsäurekolloide. Im Falle des *gleichförmigen* Verlaufs ist $\mathbf{H}_{abr} = \mathbf{0}$ und im Falle des *ungleichförmigen* Verlaufs $\mathbf{H}_{abr} > \mathbf{0}$. $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}$ gilt auch für die Dicke **H** des Verlaufs aller Schichten eines gemeinen Achats zusammen und für die Dicke **H** des Verlaufs der Bänderung eines Schnitts durch einen gemeinen Achat. *Ungleichförmige* Verläufe besitzen vor allem die Bänder der sog. Infiltrationskanäle und die Bänder der tropfenförmigen Strukturen mancher Achatschnitte, deren Tropfenspitzen immer zur Achatmitte zeigen. Ihre Bildung wird im anschließenden Kap. 2.2.1 erklärt.

2.2.1 Die Bildung der *ungleichförmig* verlaufenden Bänder der Infiltrationskanäle und der tropfenförmigen Bänderstrukturen

Beim Längsschnitt eines Infiltrationskanals geht der *gleichförmige* Verlauf der Achatbänder in einen *ungleichförmigen* Verlauf mit abnehmender Dicke zu einer Öffnung am Achatrand über, wo dieser endet (s. hierzu ZANKER 2008: 134–137). Dadurch erhält der Infiltrationskanal ein trichterförmiges, gebändertes Aussehen. Abb. 1 zeigt die Zeichnungen von Schnitten durch eine brasilianische Achatmandel mit 11 Infiltrationskanälen (Bild 8.) und durch eine Achatmandel von den „Nahe-Gegenden" mit 2 Infiltrationskanälen (Bild 9.) bei NOEGGERATH (1850: 102 und Tab. XII). Nach der Durchfluss-Theorie waren die Infiltrationskanäle in Bild 8. teils Einfluss- und teils Ausflusskanäle des Kieselsols. In Bild 9. war einer der beiden Infiltrationskanäle der Einflusskanal und der andere der Ausflusskanal.

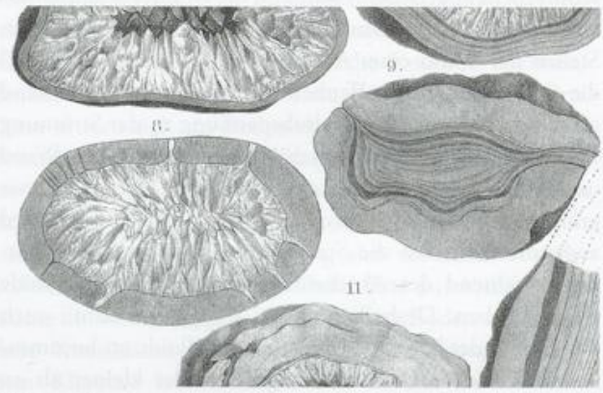


Abb. 1: Achatschnitte mit 11 Infiltrationskanälen (Bild 8.) und 2 Infiltrationskanälen (Bild 9.).

Ohne Zusatzinformation ist es meistens schwierig zu erkennen, ob ein Infiltrationskanal ein Einfluss- oder ein Ausflusskanal war. Unabhängige Hinweise hierzu sind da hilfreich.



Abb. 2: Achatschnitt durch eine Einfluss- und Ausflussöffnung, größter Ø: 6,0 cm.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Beim Schnitt der Abb. 2 markiert der rechte Pfeil die Einflussöffnung und der linke Pfeil die Ausflussöffnung des Kieselsols. Diese Zuordnung beruht darauf, dass der Chalcedon in der rechten Öffnung und um diese herum im Gegensatz zum Chalcedon der linken Öffnung kreideweiß aussieht, was auf der Außenseite der Achatmandel stark auffällt. Der VERFASSER führt dies darauf zurück, dass anstehende heiße Lösungen, denen der Durchfluss nach der Füllung des Achatraums mit dem Belag der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide verwehrt war, den Belag in der Einflussöffnung in weiße, gealterte Kieselsäure umwandelten.

Viele Achatschnitte zeigen keine Infiltrationskanäle. Wenn der Achat des Schnitts von Bild 9. der Abb. 1 nur die beiden Infiltrationskanäle der Zeichnung besäße, zeigte ein Schnitt senkrecht zu deren Verlauf auch keine Infiltrationskanäle. Deshalb wird manchmal geschrieben, nicht alle Achate besäßen Infiltrationskanäle, und auf diesbezügliche Literaturstellen verwiesen. Bei der Recherche stellt man allerdings fest, dass sich die Autoren dieser Literaturstellen nur wenig oder gar nicht darum bemühten, die Infiltrationskanäle zu finden. REUSCH (1864: 106–107) schrieb hierzu: „Allerdings trifft man vielfach Schliffe, denen solche Andeutungen ganz fehlen, ferner findet man gar oft ganze Mandeln, die an ihrer Oberfläche keine Spuren einer früheren Communikation mit Außen verrathen und den Eindruck machen, als ob es sich um Individuen handle, welche ‚in der Höhlung eines festen Fels' entstanden wären. Aber es scheint nicht, als ob man gerade solche Mandeln näher untersucht hätte. Die obersteiner Agate, die ich Hrn. August Veeck verdanke, setzten mich in den Stand dieß zu thun; die Mandeln waren von mäßiger Größe, mäßig rauher Oberfläche, bis tief hinein aufs Feinste geschichtet, die kleinen linsenförmigen Innenräume mit krystallinischer Masse dicht angefüllt. Beim systematischen Zerschlagen zeigte sich nicht nur, daß der krystallinische Kern an mehr als einer Stelle Ausläufer gegen den Umfang der Mandel hatte, sondern daß auch die anliegenden Schichten in der Nähe dieser Ausläufer mit Vehemenz umbogen und die Richtung derselben einschlugen." REUSCH fand die versteckten Infiltrationskanäle also durch akribisches Suchen. Manche Achatforscher wollen in den Infiltrationskanälen Ausflusskanäle erkennen, über die sich der Überdruck in den Achaträumen entspannt haben soll, weshalb sie von Eruptionskanälen, tubes of escape, Druckentlastungsventilen oder Entgasungsschläuchen sprechen. LANDMESSER sieht im *ungleichförmigen* Verlauf der Bänderung der Infiltrationskanäle und der tropfenförmigen Bänderstrukturen der Achatschnitte Deformationserscheinungen. Er schreibt zum Bänderverlauf der Infiltrationskanäle: „Die ‚Infiltrationskanäle' stellen mit Sicherheit Deformationsstrukturen in ehemals gelatinösen Zonen dar" (LANDMESSER 1984: 102), und zu den tropfenförmigen Bänderstrukturen: „Tropfen- bzw. faltenförmige Strukturen, wie die in Abb. 11 sind nur erklärbar, wenn SiO_2 nicht unmittelbar in der harten Form des Chalcedons aus der Lösung abgeschieden wurde. Vielmehr muß ein zunächst weicher gelatinöser ‚Achat-Praecursor' gebildet worden sein, der erst mit der Zeit erhärtete. Er war bereits vor der Deformation gebändert, denn die Bänderung wurde verformt" (LANDMESSER 2000: 101). Nach der Durchfluss-Theorie waren dagegen Drücke und Überdrücke in den Achaträumen und Deformationen der Achatbänder im gelatinös-weichen Zustand eines „Achat-Praecursors" nicht für die Entstehung der *ungleichförmigen* Bänderverläufe der Infiltrationskanäle und der tropfenförmigen Bänderstrukturen in den Achatschnitten verantwortlich.

Bei der Erklärung der Füllung der Achaträume mit Kieselsäurekolloiden in Kap. 2.1 wurde gezeigt, dass sich die letzteren an der Wand hinter den Einflussöffnungen und vor den Ausflussöffnungen in *ungleichförmig* verlaufenden Belägen abschieden, deren Dicke von $\mathbf{h = 0}$ an der Wand in den Einfluss- und Ausflussöffnungen bis $\mathbf{h = h_{max}}$ seitlich davon auf Grund des abnehmenden Abriebs der haftenden Kieselsäurekolloide zunahm. Nach der Durchfluss-Theorie wurden diese Beläge durch die Bildung der Simultanflächen im zweiten Schritt in die Chalcedonschichten der Infiltrationskanäle mit *ungleichförmigem* Verlauf unterteilt.

Die Abb. 3 und 4 zeigen Achatschnitte mit tropfenförmigen Bänderstrukturen. Bei den letzteren handelt es sich nach der Durchfluss-Theorie um Querschnitte von tiefen Strömungsrinnen des Kieselsols im Belag der an der Wand abgeschiedenen Kieselsäurekolloide, die sich durch den Abrieb der haftenden Kieselsäurekolloide durch die wandgängige Strömung des Kieselsols bildeten. Zur Entstehung von Strömungsrinnen konnte es dort gekommen sein, wo das Kieselsol mit einem sehr kleinen Winkel zur Wand in einen Achatraum einfloss oder aus diesem ausfloss. Die Strömungsrinnen konnten sich aber auch weit entfernt von Einfluss- oder Ausflussöffnungen gebildet haben.

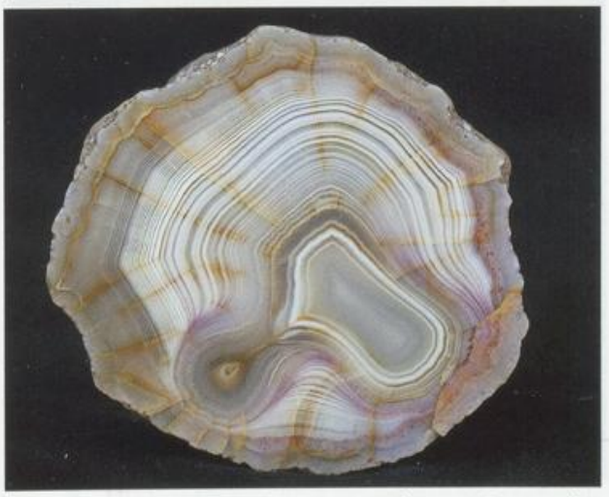


Abb. 3: Tropfenförmiger Querschnitt eines wandgängigen Strömungskanals des Kieselsols, Ø des Achatschnitts: 5,3 cm.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

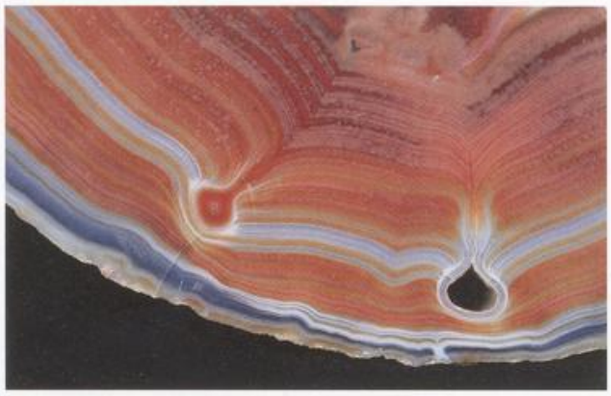


Abb. 4: Tropfenförmiger Querschnitt eines leeren und eines vollen wandgängigen Strömungskanals des Kieselsols, Innendurchmesser des leeren Strömungskanals: 0,8 cm.

Z. B. befindet sich der Schnitt mit dem leeren wandgängigen Strömungskanal der Abb. 4 60 mm von der Einflussöffnung des Kieselsols entfernt (s. hierzu ZANKER 2008: 138–139). Durch die Bildung der Simultanlinien kann man am tropfenförmigen Bänderverlauf in Einzelheiten zeigen, wie sich die Strömungsrinnen des Kieselsols im Belag der an der Wand abgeschiedenen Kieselsäurekolloide bildeten. Am Boden der Rinnen, also dort, wo die haftenden Kieselsäurekolloide durch die Strömung des Kieselsols am stärksten abgerieben wurden, ist die Dicke **H** der Bänder entsprechend der Gleichung $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{max} - \mathbf{H}_{abr}$ am geringsten. Sie nimmt zu den Seiten der Rinnen hin immer mehr zu. Mit der zunehmenden Abscheidung der Kieselsäurekolloide lagen die Rinnen tiefer im Belag der abgeschiedenen Kieselsäurekolloide, was bei den Rinnen der Schnitte der Abb. 3 und 4 gut zu sehen ist, und es bildeten sich Spalte, die die sich schließenden Strömungsrinnen mit dem Achatrauminnern verbanden. Querschnitte von geschlossenen Strömungsrinnen zeigen den typischen *ungleichförmigen* Verlauf der Bänder der tropfenförmigen Strukturen mit den zur Achatmitte weisenden Tropfenspitzen. Den Querschnitt einer Strömungsrinne des Kieselsols, die sich nicht weiter entwickelte, zeigt Abb. 5. Die Rinne entwickelte sich nur weiter, solange die Strömung des Kieselsols in ihr groß genug war, um die haftenden Kieselsäurekolloide am Boden und an den Seiten der Rinne abzureiben. Dies war bei der Rinne der Abb. 5 ab dort nicht mehr der Fall, wo deren innere Bänder nicht mehr *ungleichförmig*, sondern plötzlich *gleichförmig* verlaufen.

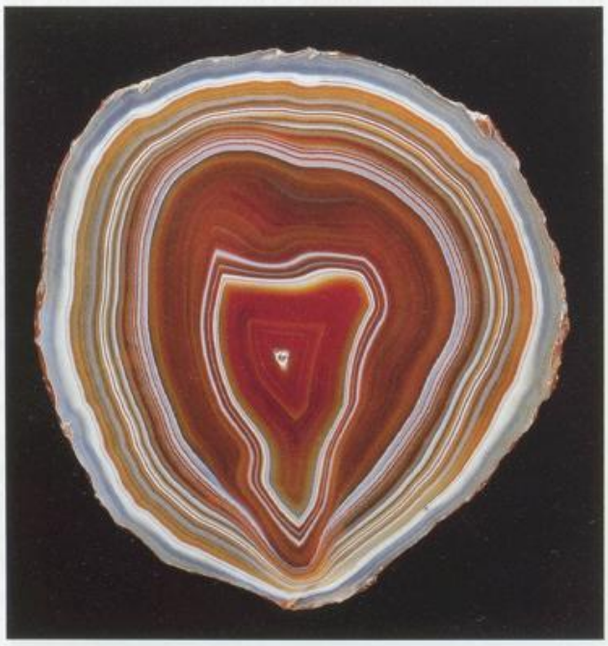


Abb. 5: Achatschnitt mit Chalcedon- und rotbraunen Limonitbändern, größter Ø: 12,0 cm.

2.3 Die Entstehung der Achate mit Limonitbänderung: eine Folge der Mitabscheidung von FeOOH-Kolloiden im ersten Schritt

Nach eigenen lichtmikroskopischen Untersuchungen des VERFASSERS handelt es sich bei der farbigen Bänderung der Vulkanitachate nicht einfach um eine gefärbte Chalcedonbänderung, sondern in der Regel um zwei gleich verlaufende, aber voneinander unabhängige Bänderungstypen: die Chalcedonbänderung und die rotbraune bzw. gelbe Limonitbänderung, eine Pigmentbänderung. Die farbige Bänderung kann auch nur aus der Limonitbänderung bestehen. Die Limonitbänderung ist aus Limonitbändern, die sich durch die Farbstärke ihrer Limonitpartikel unterscheiden, aufgebaut. Die Limonitpartikel sind normalerweise erst unter dem Lichtmikroskop deutlich zu erkennen. Die Chalcedonbänder können von den Limonitbändern durch deren intensive Farbe so überdeckt sein, dass sie teilweise nicht oder nur schlecht zu sehen sind.

Wie die Chalcedonbänder entstanden auch die Limonitbänder nach der Durchfluss-Theorie nicht auf Grund der Bildung von Rhythmen. Zu ihrer Bildung in den farbigen Bänderungen kam es dadurch, dass Kieselsol, das FeOOH-Kolloide enthielt, im ersten Schritt der Entstehung der Achate durch die Achaträume floss. Die FeOOH-Kolloide schieden sich zu verschiedenen Zeiten in unterschiedlich großen Mengen zusammen mit den Kieselsäurekolloiden an der Wand oder am Boden der Achaträume ab. Aus ihnen entwickelten sich im zweiten Schritt – unabhängig von der Bildung der Chalcedonbänder – die aus Limonitpartikeln unterschiedlicher Farbstärke bestehenden Limonitbänder mit gleichem Verlauf wie die Chalcedonbänder.

Die Achatschnitte der Abb. 5 und 6 zeigen beispielhaft sowohl den gleichen *gleichförmigen* als auch den gleichen *ungleichförmigen* Verlauf der Chalcedonbänder und rotbraunen Limonitbänder farbiger Achatbänderungen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main



Abb. 6: Achatschnitt mit Chalcedon- und rotbraunen Limonitbändern, größter Ø: 3,5 cm.

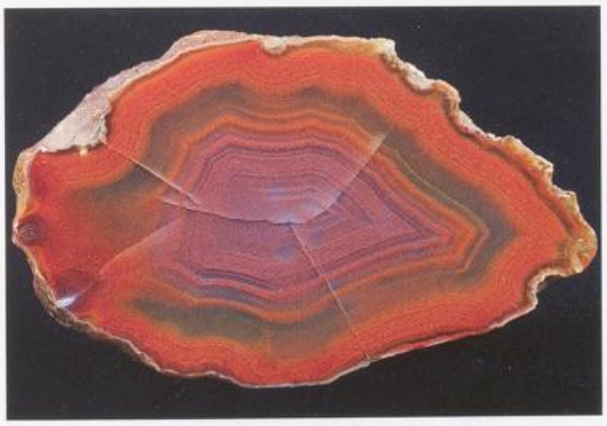


Abb. 7: Achatschnitt mit rotbraunen Limonitbändern, größter Ø: 4,8 cm.

Der gleiche *ungleichförmige* Verlauf der Chalcedon- und Limonitbänder der Abb. 5 und 6 ist darauf zurückzuführen, dass die im ersten Schritt an der Wand der Achaträume haftenden Kieselsäurekolloide und FeOOH-Kolloide durch die Wandschubspannung τ_w der Strömung des Kieselsols zusammen abgerieben wurden.



Abb. 8: Achatschnitt mit rotbraunen Limonitbändern, Ø: 4,0 cm.



Abb. 8a: Vergrößerter Ausschnitt der unteren rechten Ecke der Abb. 8 mit einem Querschnitt durch eine wandgängige Strömungsrinne des Kieselsols

Oft nimmt die Farbstärke der Limonitpartikel in den Achatschnitten fließend von außen nach innen entweder zu oder ab. Viele Beispiele hierzu sind im Buch „Achate II" von ZENZ (2009) abgebildet. Sie zeigen, dass sich kontinuierlich entweder mehr oder weniger FeOOH-Kolloide mit den Kieselsäurekolloiden zusammen aus dem fließenden Kieselsol abschieden.

Manchmal sind die Limonitbänder auf einzelne dickere gestrichelte oder punktierte Linien beschränkt, die dann oft wie Perlenschnüre aussehen. Ausgezeichnete Abbildungen hierzu gibt es bei ZENZ auf S. 36 (Abb. 1), S. 63 (Abb. 1 und 3), S. 65 (Abb. 4), S. 102 (Abb. 1), S. 161 (Abb. 4), S. 336 (Abb. oben links und unten), S. 337 (Abb. unten links und rechts), S. 384 (Abb. 5, Lithophyse), S. 489 (Abb. 4) u. a. Sie zeigen, dass sich FeOOH-Kolloide nur zu bestimmten Zeiten aus dem fließenden Kieselsol abschieden.



Abb. 9: Achatschnitt mit rotbraunen und gelben Limonitbändern, Ø: 3,5 cm.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

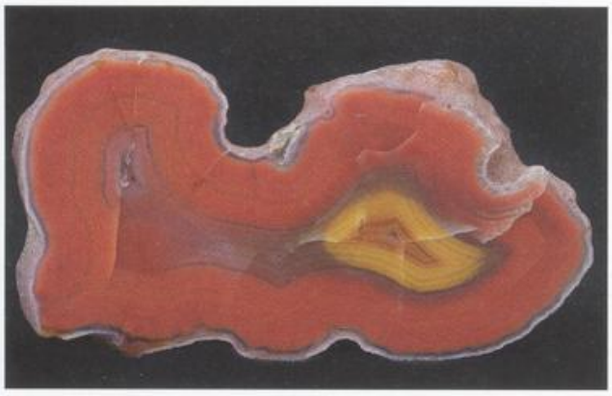


Abb. 10: Achatschnitt mit rotbraunen und gelben Limonitbändern, größter Ø: 6,5 cm.

Dass die Limonitbänder in den farbigen Achatbänderungen unabhängig von den Chalcedonbändern entstanden, zeigen Achatschnitte farbiger Achatbänderungen ohne Simultanlinien und damit auch ohne Chalcedonbänder. Die Limonitbänder verlaufen nach der Durchfluss-Theorie dabei so, wie gebildete Chalcedonbänder verlaufen würden. Charakteristisch für viele dieser Limonitbänder ist deren intensive rotbraune oder gelbe Farbe. Unter dem Lichtmikroskop ist der Chalcedon, in dem die Limonitbänder vorkommen, glasklar. Die Limonitpartikel sind als Einzelindividuen hervorragend zu erkennen. Beispiele zeigen die Abb. 7 bis 11.

Bei 10- bis 20facher Vergrößerung sieht man, dass die vielen rotbraunen Limonitpartikel bei den Schnitten der Abb. 7, 9 und 10 und auch die vielen gelben Limonitpartikel bei den Schnitten der Abb. 9 und 10 kugelig und eiförmig sind und bei den einzelnen Achatschnitten ungefähr die gleiche Größe besitzen. Ihre Farbstärke im Chalcedon ist umso größer, je größer ihre Konzentration ist.



Abb. 11: Achatschnitt mit rotbraunen Limonit-Uruguay-Bändern, größter Ø: 5,0 cm.

Wo Limonitpartikel fehlen, sind die Limonitbänder durch dunkle Bänder erzeugende Zwischenräume voneinander getrennt, was bei den Schnitten der Abb. 7 und 9 mit dem bloßen Auge gut zu sehen ist. Die rotbraunen Partikel in der Limonitbänderung der Abb. 8 sind ebenfalls kugelig, äußerst zahlreich, aber sehr klein und unter dem Lichtmikroskop erst bei der 50fachen Vergrößerung gut zu erkennen. Sie bilden viele gut verfolgbare Einzelbänder. Rechts unten in der Abb. 8 kreuzt der Schnitt eine geschlossene wandgängige Strömungsrinne des Kieselsols, was in Abb. 8a vergrößert zu sehen ist. Einen Achatschnitt mit einer rotbraunen Limonit-Uruguay-Bänderung zeigt Abb. 11. Die einzelnen Limonitpartikel sind bei 20facher Vergrößerung erkennbar. Sie liegen neben- und übereinander und sind plättchenförmig und flachkugelig.

3 Literatur

LANDMESSER, M. (1984): Das Problem der Achatgenese.– Mitt. POLLICHIA, **72**: 5–137, Bad Dürkheim.

LANDMESSER, M. (2000): Selbstorganisation und Achatgenese: Wissenschaftsgeschichte, Problemfacetten und Resultate der neueren Forschung.– Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften, **11**: 73–139, Verlag Duncker & Humblot GmbH, Berlin.

LIESEGANG, R. E. (1911): Achat-Probleme.– Cbl. Miner. Geol. Paläont., Jg. **1911**: 497–507, Stuttgart.

NOEGGERATH, J. (1850): IV. Ueber die Achat-Mandeln in den Melaphyren, Sendschreiben an den k. k. wirklichen Bergrath und Professor Herrn Wilhelm Haidinger in Wien.– Naturwissenschaftliche Abhandlungen, **3**, 2. Abth.: 93–104 und Tab. XII, Wien.

REUSCH, E. (1864): Über den Agat.– Annalen der Physik und Chemie, **123**: 94–114, Leipzig.

ZANKER, F. (2008): Eine neue Theorie der Entstehung der Achate mit gemeiner Bänderung und der Uruguay-Achate.– Aufschluss, **59**: 129–139, Heidelberg.

ZENZ, J. (2009): Achate II.– Bode Verlag GmbH, Haltern am See, 656 Seiten, ISBN 978-3-925094-92-7.

Anschrift des Verfassers:
Dr. rer. nat. Fritz Zanker
Denkstr. 27
67549 Worms
E-Mail: fritz.zanker@gmx.de
Tel. 06241-76555

Manuskripteingang bei der Schriftleitung 22.10.2015,
Revision 25.11.2016

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 2017

Band/Volume: 98

Autor(en)/Author(s): Zanker Fritz

Artikel/Article: Die Entstehung der Achate der Vulkanite ohne Rhythmen bei der Bildung der Achatbänderung nach der Durchfluss-Theorie 51-60