

Zur Frage der Rhyolithkugelbildung

Abb. 1:
Tridymitwillinge nach (1016),
von kollomorphem Cristobalit umschlossen,
aus Rhyolithkugel
M 1:500, 1 Polarisator



Einleitung

Über eineinhalb Jahrhunderte schon ist die Entstehung der Rhyolithkugeln Gegenstand lebhafter fachlicher Diskussionen. Arbeiten, die auch heute noch wegen ihrer präzise niedergelegten Beobachtungen lesenswert sind, stammen unter anderem aus der Feder der sächsischen Geologen G. J. S. JENZSCH und H. B. GEINITZ. Von neueren Autoren sollen hier stellvertretend H.-J. BLANKENBURG und I. BURCHARD genannt sein.

Der auf analytisch-experimentellem Gebiet erreichte hohe Stand in den Geowissenschaften hat ohne Zweifel seinen Niederschlag in der Beurteilung der Rhyolithkugelgenese gefunden. Demgegenüber steht aber nach wie vor das Problem der Überprüfung eines mit solchen Methoden gefundenen Ergebnisses an der natürlichen Erscheinung, sei es im Geländebefund, bei der Auswertung von Dünnschliffen u. a. m.

Der vorliegenden Arbeit ist keine Schiedsrichterrolle zugebracht. Sie soll ein kleiner Beitrag zu der gegenwärtig vielschichtig diskutierten Problematik sein und gegebenenfalls zu weiteren Beobachtungen im Gelände, an Sammlungsmaterial oder wo auch immer Beobachtungen möglich sind, anregen.

Kugelbildungen in rhyolithoiden Gesteinen (Quarzporphyr, Porphyrit u. ä.) können einerseits Aufarbeitungsprodukte bereits erstarrter Vulkanitpartien durch noch vorhandene Schmelze sein, andererseits erscheinen sie als ortsständige, phänomenartig anmutende Erstarrungserscheinungen im magmatischen Körper. Die Kugelbildungen der zweiten Art, die eigentlichen Rhyolithkugeln, sind allgemein durch ihre fremdeinschlußartige Erscheinung innerhalb der Vulkanitmasse gekennzeichnet, obwohl sie in situ gebildet sind. Ihre Größe schwankt von wenigen Zentimetern, beispielsweise die „Versteinerten Nüsse“ im Erzgebirgischen Becken, und mehreren Metern, wie die „Wilden Eier“ im Pechstein von Meißen-Garsebach.

Die Rhyolithkugelbildung ist nicht an Gesteine gleicher Eruptionsmechanismen der Gesteinsschmelze gebunden. Man beobachtet sie sowohl in den aus Gas-Schmelze-Suspensionen entstandenen Ignimbriten, in ehemals geflossenen Laven als auch intrakrustal in Gängen rhyolithoider Gesteine.

Den vorliegenden Beobachtungen liegt Material des Quarzporphyr-Pechstein-Körpers des

Erzgebirgischen Beckens zugrunde. Dieser rhyodacitische Ignimbritkörper ist wegen seiner ausgezeichneten Kugelbildungen altbekannt und kann durchaus zu einem Prototyp dieser Art gezählt werden. Belegstücke befinden sich in vielen petrographischen Sammlungen, so an der Bergakademie Freiberg, im Staatlichen Museum für Mineralogie und Geologie Dresden, im Naturkundemuseum Chemnitz und anderswo.

Der Quarzporphyr-Pechstein-Körper

Der Gesteinskörper ist Bestandteil der vulkanisch-sedimentären Planitzer Schichten und über eine Fläche von mehr als 200 km² bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 10 bis 20 Metern verfolgbar. Entsprechend seinem Verschweißungsprofil bestehen seine Dach- und Bodenbereiche aus einer schwach verfestigten und zu Ton umgebildeten Masse, die in Richtung zum Körperinneren hin in der Regel von sogenanntem Pechstein, einem Rhyodacitglas, abgelöst wird. Im mittleren Bereich des Ignimbritkörpers befindet sich je nach Verschweißungsintensität linsenförmig eingeschaltet Quarzporphyr, nach der neuen Nomenklatur ein Vitrorhyodacit. Die Übergänge von Gesteinsbereichen mit glasiger zu denen mit kristalliner Grundmasse sind so scharf ausgebildet, daß durchaus der täuschende Eindruck entstehen kann, zwei zeitlich unabhängig voneinander entstandene Vulkanitgenerationen vor sich zu haben. Darüber hinaus unterscheiden sich Pechstein und Quarzporphyr durch eine plattige und kluftreiche Absonderung. Innerhalb des Quarzporphyrs befinden sich bis in den Dezimeterbereich klaffende nichttektonische Absonderungsspalten, die in der Regel steilstehend und mineralisiert sind.

Pechstein und Quarzporphyr weisen sowohl im Mineralbestand der Phänokristen (Einsprenglinge) als auch in der Zusammensetzung der Grundmasse deutliche Unterschiede auf, die besonders im Bestand der femischen Komponenten (Ca-Mg-Fe-Mineralen wie Biotit, Pyroxene u. a.) zum Ausdruck kommt. Die Größe der Phänokristen bewegt sich um 1 mm, wobei nur selten, dem ignimbritischen Gefüge entsprechend, unzerbrochene Individuen vorliegen.

Im Phänokristenbestand des Pechsteins tritt Hypersthen mit 5 bis 15 Vol.-%Prozent auf. Im Quarzporphyr dagegen liegt dieser Pyroxen pseudomorph in ein Gemisch von SiO_2 -Varietäten, Chlorit und Magnetit umgebildet vor. Untergeordnet treten Neubildungen von Apatit auf.

Die Kontaktflächen zwischen den millimetergroßen Glasfetzen der Pechstein-Grundmasse sind scharf ausgebildet und mit Mikrolithen, d. h. mit mikroskopisch kleinen Kristallindividuen und -Aggregaten femischer Zusammensetzung, angereichert. Im Quarzporphyr dagegen sind diese Grenzflächen infolge stärkerer Verschweißung der Gas-Schmelze-Suspension durch Bildung von fasrigen Quarz-Feldspat-Aggregaten in der Gesteinsgrundmasse verwischt. Die Mikrolithe sind hier umgebildet und nicht mehr nachzuweisen.

Im Glas weisen sowohl der Hypersthen als auch die Plagioklasphänokristen eine hohe Frische auf. Die K-Feldspäte tragen bezeichnenderweise Sanidincharakter mit einem kleinen optischen Achsenwinkel ($2V = 1$ bis 2 Grad).

Bezogen auf den Fundpunkt in Karl-Marx-Stadt-Altendorf besitzen die Rhyolithkugeln aus dem Pechstein – von Ausnahmen abgesehen – eine relativ konstante Größe zwischen 1 und 3 Zentimetern im Durchmesser. Im Innern befindet sich ein mineralisierter Kern, dessen Volumen in Bezug auf die Gesamtkugel durchschnittlich zwischen 20 und 30 Prozent beträgt. Die Begrenzung der Kugel, deren Vulkanitmasse eine höhere Kristallinität besitzt, ist zum Pechstein hin scharf, jedoch lassen sich die Gefügekmale des ignimbritischen Gesteins, insbesondere die Glasfetzen über diese Trennfläche hinweg verfolgen.

Mineralisation im Vulkanitkörper

Mineralisationen im Quarzporphyr-Pechstein-Körper treten in drei strukturellen Formen auf. Erstens sind es die Innenräume der Rhyolithkugeln, zweitens Absonderungsspalten und drittens Füllungen von sogenannten Entgasungskanälen. Abgesehen von quantitativen Verhältnissen in der Mineralisation liegt eine paragenetische Identität dieser Typen vor. Hauptkomponente ist Siliziumdioxid in verschiedenen Modi-

ifikationen und Varietäten. Ca-Fe-Karbonate treten des öfteren hinzu, untergeordnet lassen sich Hämatit, Heulandit sowie selten Pyrit nachweisen.

Von den SiO_2 -Mineralen sind nach durchlichtmikroskopischen Untersuchungen phanero-kristalliner Quarz, bei dem die Kristallindividuen ohne optische Hilfsmittel sichtbar sind, Quarzin und Chalcedon als die hauptsächlichsten Bestandteile vertreten. Kristallindividuen und -aggregate mit den optischen Eigenschaften des Tiefquarzes, aber mit einem dem Tridymit gleichenden Habitus wurden als pseudomorph in Beta-Quarz umgebildeter Tridymit angesprochen. Als charakteristisches Merkmal für die Bestimmung zählten deltoidförmige Schnittfiguren, wie sie bei dieser Mineralart bei Zwillingbildung nach (1016) zu beobachten sind. Den Tridymit umschließende kolloidmorph Aggregate mit einer schwach doppelbrechenden Faserstruktur (Δn um 0,002), wurden als Cristobalit (Lussatit) gedeutet (Bild 1). Phanero-kristalliner Tiefquarz liegt körnig-regellos vor. Unter dem Mikroskop zeigt er sich stark undulös auslöschend und mit Implikationsgefüge, bei dem die einzelnen Kristalle gegenseitig ineinander durchdrungen sind.

Unter dem Mikroskop sind oft rundliche und wenig verzwilligte Individuen von Calcit zu beobachten. Bedeutend seltener treten Verdrängungsgefüge von Quarz nach Calcit auf, deren Lagentextur an das Bild einer eutektischen Abscheidung erinnert. Innerhalb von kolloidmorph abgeschiedenem Calcit konnten entmischungsartig eingeschlossen und perlschnurartig angeordnet Partikel eines höher lichtbrechenden Karbonats beobachtet werden.

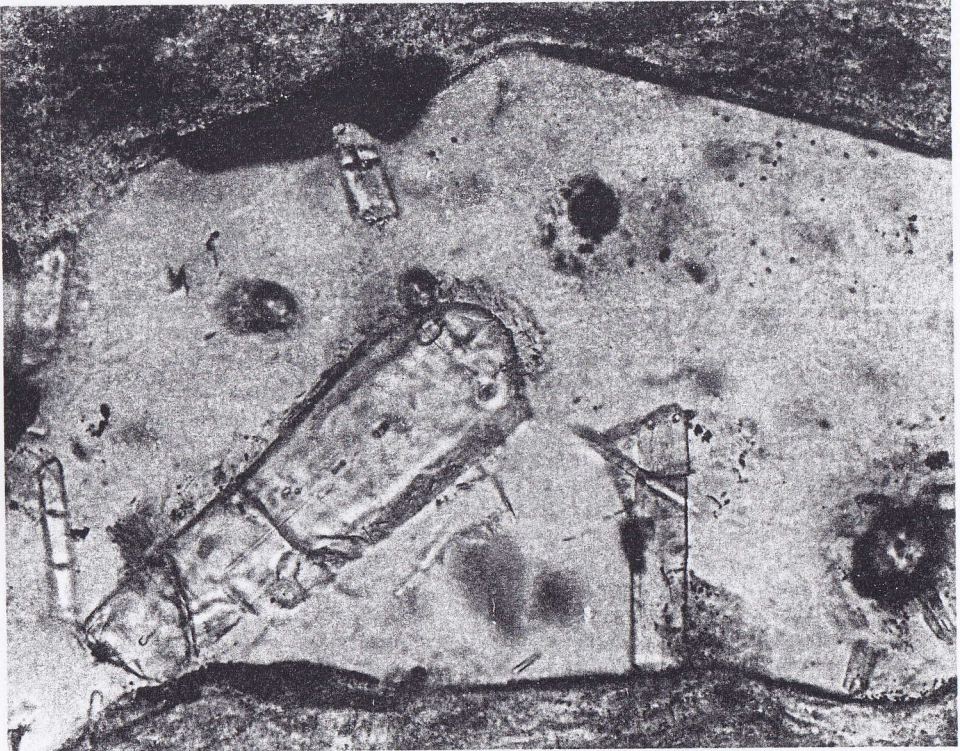
Verschiedengestaltige Pseudomorphosen mit z. T. noch reliktsicher Karbonatsubstanz geben zu der Vermutung Anlaß, daß ursprünglich mehrere Karbonatminerale in der Paragenese existierten. Am häufigsten sind spitzwinklige, zuckertütenähnliche Formen anzutreffen. Nach der Form dieser Pseudomorphosen, die sich aus fasriger SiO_2 -Substanz und mehr oder weniger angereicherten Fe-Oxiden aufbauen, handelt es sich um Skalenoeber und Rhomboeber als ehemalige Ca-Mg-Fe-Karbonate. Spießige, dem rhombischen Kristallsystem zuordenbare Pseudomorphosen lassen sich als ehemaliger Aragonit ansprechen. Sind Aragonit- und Calcitpseudomorphosen vergesellschaftet, ist in jedem Falle der Aragonit die ältere Mineralbildung. In

den Spaltenausfüllungen besonders treten als eine mineralogische Besonderheit Perimorphosen nach Calcit und Verdrängungspseudomorphosen von Quarz nach Aragonit auf. In millimetergroßen Hohlräumfüllungen, die petrographisch den Füllungen der Rhyolithkugeln gleichen, konnte Apatit als Neubildung nachgewiesen werden (Bild 2).

Genesevorstellung

Die vorliegenden Ergebnisse stützen die Ansicht einer in situ sich vollziehenden Rhyolithkugelbildung im Stadium der Erstarrung der Schmelze zu einem magmatischen Gesteinskörper. Unabhängig von der jeweiligen Platznahmeart ist anzunehmen, daß die rhyolithischen Schmelzen in Form von Ignimbriten, Laven oder in Gesteinsgangstrukturen ihrer Abkühlung und Kristallisation einen physiko-chemisch prädestinierten Zustand durchlaufen, bei dem die Kugelbildung möglich ist. Scharfkantige Formen der mineralisierten Innenräume von Kugeln und Absonderungsspalten zeugen von einer hohen Viskosität der Schmelze bei Bildung des Innenraumes. Auf diesen quasifesten

Abb. 2:
*Apatit und Quarzin als Füllung
in einem kleinen Entgasungshohlräum des Quarzporphyrs
M 1 : 500, 1 Polarisator*



Zustand des Vulkanits verweisen bereits FRIEDMAN u.a. (1963), VOLJANJUK (1972), NASEDKIN (1975) und andere Autoren.

Mit dieser Konstitution im Zusammenhang steht die Einfrierung von Fluida und die Ausbildung einer glasigen Grundmasse. Bei dem untersuchten Ignimbrit wurde der hochviskose, quasifeste Zustand während des Absatzes und der Verdichtung der Gas-Lava-Suspension erreicht. Gemäß dem Temperaturgefälle erstarrten zuerst die Dach- und Basispartien, die ihrerseits als Dammschicht für entweichende Fluida wirkten und einer Bimssteinbildung entgegenwirkten.

Die petrographische Identität zwischen sogenannten Quarzporphyr und der Porphyrmasse der im Pechstein anzutreffenden Rhyolithkugeln belegt ihre genetische Zusammengehörigkeit. Beide sind im Vergleich zum Pechstein stärker entgast und entglast. Ihr Chemismus ist K-betonter im Vergleich zum Pechstein. Insofern ist der Quarzporphyr gegenüber dem Pechstein durch die fortgeschrittene Kristallisation unterschieden.

Im Zuge der Grundmasse-Hauptkristallisation im Quarzporphyr erfolgt zwangsläufig eine Verdrängung der in diesen Schmelzbereichen gelösten Fluida. Zwangsläufig ergeben sich erhebliche Stoffverschiebungen zwischen den kristallisierten und den glasig erstarrenden Teilen. Femische Bestandteile wie der Hypersthen und die Mikrolithe werden unter der Wirkung von H_2O , CO_2 und anderen Volatilen resorbiert oder pseudomorph umgebildet. Vermutlich ist hier der Ansatz zu suchen, wo sich mineralisierende Kolloidlösungen bilden, auf die BUCHARDT (1986) aufmerksam machte. H_2O wird abgegeben bzw. verdrängt, SiO_2 und K_2O durch die entstehende sphärolithische Quarz-Kalifeldspat-Grundmasse teilweise fixiert. Die Umbildung des Hypersthens und der Mikrolithe führt zu einer relativen Abnahme der MgO- und CaO-Gehalte im Quarzporphyr gegenüber dem Pechstein (vgl. Analysen bei JENTSCH 1981).

Gegenüber der Anreicherung des Kaliums in den kristallisierten Grundmassenbereichen dürfte in der als kolloidale Lösung vorliegenden Substanz das Natrium stärker angereichert sein. Inwieweit Lösungsgenossen wie die Erdalkalien oder gar die in Pechsteinen oft anzutreffenden Kohlenwasserstoffe diesen Vorgang begünstigen, ist noch wenig bekannt, nach dem petrochemischen Befund jedoch denkbar. Ebenso

möglich ist die Beeinflussung durch von der Erdoberfläche eindringende vadose Wässer im Sinne von BUCHARDT nicht ausgeschlossen: Aus diesem Vorgang erklärt sich die Freisetzung eines migrierfähigen Erdalkali-Alkali-Silikat-Kolloids, das sowohl das Innere der Rhyolithkugeln als auch die Absonderungsspalten mineralisiert. Das Auftreten von Cristobalit, Tridymit und Apatit im Zuge des Absatzes dieser Gele ist ein wesentlicher Aspekt zur Unterstützung der Vorstellungen von BLANKENBURG & BERGER (1981), den Beginn der Mineralisation nicht klassisch hydrothermal, sondern höher temperiert anzusetzen. Mehrere Generationen von SiO_2 -Mineralen und unterschiedliche Tracht und Habitus des Tiefquarzes deuten auf ein größeres Temperaturintervall im Zuge der Mineralisation hin.

Mit der Bildung des Erdalkali-Alkali-Silikat-Kolloids, das wohl einen erheblichen Fluidanteil zu verzeichnen hatte, ergibt sich die Erklärung für den Verbleib des Magnesiums aus dem pseudomorph veränderten Hypersthen und anderen femischen Bestandteilen. Naheliegender ist seine Bindung in karbonatischer Form als Dolomit oder Ankerit und damit seine Fixierung in der Mineralisation.

Literatur

- BLANKENBURG, H. J. & H. BERGER: Kristallgrößenuntersuchungen an Vulkanitachaten. — Chem. Erde **40** (1981), S. 139 – 145
- BURCHARDT, I.: Zu einigen Fragen der Genese von „Vulkanit-Achaten“. — Z. geol. Wiss. **14** (1986) 4, S. 459 – 471
- FRIEDMAN, I.; W. LONG & R. L. SMITH: Viscosity and water content of the rhyolitic glass. — J. Geophys. Res. 1963, v. 68, Nr. 24
- GEINITZ, H. B.: Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des Herrn Dr. Jenzsch „über die Verbreitung des Melaphyrs und Sardinquarzporphyrs in der Gegend von Zwickau.“ — Z. Dtsch. geol. Ges., A. **10** (1858), S. 272 – 276
- JENTSCH, F.: Zur Minerogenie glasier Subsequenzvulkanite im sächsischen Raum. — Freib. Forsch.-H. C 361 (1981), 66 S.
- JENZSCH, G. J. S.: Die Verbreitung des Melaphyrs und Sardinquarzporphyrs bei Zwickau. — Z. Dtsch. geol. Ges. **10** (1858), S. 31 – 79
- NASEDKIN, V. V.: Petrogenese saurer Vulkanite, Izd. Nauka, Moskva 1975. Russisch
- VOLJANJUK, N. J.: Vulkanische Gläser von Muchor Tala und die an ihnen gebundenen Kugelbildungen. — Izd. Nedra, Moskva (1972). Russisch