

Sphäroidische Absonderung am Forbachgranit (Nordschwarzwald) und in Vulkaniten des Kaiserstuhls

Wolfhard Wimmenauer & Franziska Himstedt

Kurzfassung

Sphäroidische Absonderung des Forbachgranits (Nordschwarzwald) beginnt mit der Bildung krummflächiger Risse im frischen Gestein. Solche können sich einzeln oder zu mehreren übereinander zu entsprechend geformten Kernen und Schalen entwickeln. Die Risse werden anschließend bevorzugte Orte der Verwitterung und bestimmen die Formen des zerfallenden Gesteins. Wollsackverwitterung dagegen entsteht durch Vorrücken des grusigen Zerfalls, der, an kantigen Gesteinskörpern von außen nach innen fortschreitend, einen zunehmend gerundeten Rest frischen Gesteins hinterlässt.

Stichwörter

Granit, sphäroidisch, Absonderung, Wollsackverwitterung

Abstract

Spheroidal exfoliation arises from initial curved cracks in fresh granite, which form, as single or repeated ruptures, characteristic ensembles of a core and one or more shells. The ruptures become, further on, preferred locations of weathering and determinate, then, the forms of the decaying rock bodies. On the other hand, wollsack weathering results from the progress of granular disintegration from the edges towards the interior of angular rock bodies.

Key words

Granite, spheroidal, exfoliation, wollsack weathering

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer
Rehhagweg 21
79100 Freiburg

Dr. Franziska Himstedt
Ooser Friedrichstr. 8
76532 Baden-Baden

1. Einführung - Stand der Kenntnis

Als sphäroidische Absonderung wird hier die natürliche Gliederung massiger Gesteine entlang gekrümmter Risse bezeichnet, die, oft zu mehreren übereinander, einen zentralen Körper kugelig oder ellipsoidischer Gestalt umschließen. Dieser, der Kern, ist umgeben von Schalen in entsprechenden Formen und Größen. Die Rissflächen sind bei vollständiger Ausbildung geschlossene Formen im Sinne der Geometrie. Fallweise verschieden, kommen wenigstens eine Schale, oft aber auch mehrere, übereinander liegende Schalen vor. Bei der Verwitterung und anschließendem Zerfall entstehen entsprechend gestaltete Gesteinsbruchstücke in den Größenordnungen von wenigen Metern bis hinunter zu einigen Dezimetern. An diesen ist erkennbar, dass die ersten Anlagen zu sphäroidischer Absonderung nicht direkt durch chemische Verwitterung erzeugt werden, sondern Erzeugnisse komplexer physikalischer Prozesse am frischen Gestein waren.

Andere, kugelige oder ähnlich gerundete Gesteinskörper, deren als Wollsäcke bekannte Formen durch Vergrusung zwischen etwa rechtwinklig sich schneidenden Klüften erzeugt wurden, sind nicht Gegenstände der vorliegenden Arbeit.

Nach weit verbreiteter Meinung verändert sich an mechanisch isotropen Gesteinen, besonders Graniten, bei der Annäherung der Erdoberfläche durch Abkühlung und Druckentlastung die Dichte des Gesteins; die dadurch bewirkte sphäroidische Absonderung ist Folge dieser Veränderung. Die Erscheinungen sind in der einschlägigen Literatur seit Langem beschrieben und diskutiert worden. Schon frühzeitig (1904) hat GILBERT die Frage nach der Wirkung von Temperatur- und Druckveränderungen bei der Bildung solcher Strukturen auf den Punkt gebracht: „The final adjustment was by change of volume; the change being contraction if lowering of temperature was a more important factor than relief from load, and expansion if relief from load was the more important factor.“ Für die Entstehung der sphäroidischen Absonderung an Graniten gibt er dabei dem Einfluss der Druckentlastung eindeutig den Vorzug.

Herausragende Beispiele des schaligen Zerfalls von Graniten werden auch von HOLMES (1966) in dem Lehrbuch „Principles of Physical Geology“ im Abschnitt „Disintegration by Temperature Changes“ behandelt. Anders als bei unseren Beispielen aus dem Nordschwarzwald werden dort weitaus größere Strukturen mit Krümmungsradien von bis zu mehreren hundert Metern beschrieben und abgebildet. Ursache solcher Bildungen ist der Temperatursturz zwischen Tag und Nacht, der namentlich in subtropischen Wüsten und Halbwüsten sehr ausgeprägt sein kann. Dadurch kommt es an offen liegendem, massigem Gestein zu viele Male wiederholten Volumenänderungen, Ermüdungswirkungen und schließlich zum Bruch entlang von Flächen, die mehr oder weniger genau den äußeren Formen des Felskörpers parallel verlaufen. Sehr schöne Bilder solcher Erscheinungen bietet auch das Internet unter dem Suchbegriff „Glossary of Geology“, dort bei dem Stichwort „Exfoliation“. Beispiele sind der bekannte Half Dome im Yosemite Nationalpark und Enchanted Rock in Texas, wo die Schalenbildungen das heterogene Gefüge des Granits mit seinen helleren und dunkleren Schlieren quer durchsetzen. Dass die Bruchbildung ein schnelles Ereignis sein kann, beweisen die an solchen Vorkommen vor Allem nach Sonnenuntergang hörbaren Knalle und das Geräusch herabfallenden Gesteins (HOLMES l. c. S. 390/391).

Mit lautem Geräusch zerspringendes Gestein wird auch von PEINER (Interneteintrag „Pedras parideiras“) von der Serra de Freita (Portugal) geschildert. Namentlich in der heißesten Zeit im Juli und August und an den kältesten Tagen des Winters zerspringt der Granit unter knisternden bis knallenden Geräuschen entlang von Flächen, auf denen eigenartige, linsenförmige Glimmeraggregate von etwa 10 cm Durchmesser angereichert sind. Diese scheinen mit ihrer regelmäßigen Gestalt und Orientierung die Bildung weit hinziehender Risse zu begünstigen, sind aber selbst Produkte weit zurückliegender metamorpher Prozesse.

Sehr oft werden dieselben Bildungen ausdrücklich mit der Verwitterung und auch damit oft verbundenen Volumenänderungen des Gesteins nahe an der Erdoberfläche in Zusammenhang gebracht (z. B. CHAPMAN & GREENFIELD 1949). Auch die charakteristische Rissbildung wird dabei als Wirkung beginnender Verwitterungsprozesse gesehen. Dabei spielen frühzeitig angelegte Kluftsysteme eine wesentliche Rolle. Zu ihnen bestehen Beziehungen derart, dass bei engständiger Zerklüftung eine gleichmäßige Verwitterung des Gesteinskörpers erfolgt, während zwischen weitständigen Klüften die sphäroidische Absonderung bevorzugt wird (OLLIER 1965). Während nach diesem Autor bei der Verwitterung der Minerale, besonders der Glimmer, Volumvergrößerung und Schrumpfung sich per saldo etwa ausgleichen, scheint nach unseren Beobachtungen die Ausdehnung der Schalen der Sphäroide weiter ein wesentlicher Faktor zu bleiben, der aber nicht primär eine Folge von Verwitterungsvorgängen, sondern im physikalischen Verhalten des noch frischen Ausgangsgesteins begründet ist. Zwar zeigen unsere Proben im Dünnschliff an den Biotiten und Plagioklasen Umwandlungsminerale, die indessen einer schon weit zurückliegenden, retrograd-metasomatischen Überprägung und nicht dem oberflächennahen Verwitterungsgeschehen angehören. In den sonst ganz frischen Gesteinen sind keine jungen Verwitterungsminerale in nennenswerter Menge erkennbar.

Die weitaus häufigeren, einfachen Wollsackformen von Graniten sind Bildungen im Bereich der Verwitterung und nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

2. Sphäroidische Absonderung im Forbachgranit (Nordschwarzwald)

Der durch sphäroidische Absonderung gekennzeichnete, oberkarbonische Forbachgranit ist ein gleichmäßig grobkörniges Gestein. Hauptminerale sind:

- Orthoklas, bis 10 mm lange Kristalle mit meist unregelmäßigen Außengrenzen, zum Teil Karlsbader Zwillinge, grobe Perthitentmischung.
- Plagioklas, schlank bis gedrunge prismatische Formen, oft angenähert idiomorph, maximal bis 7 mm lang, teilweise beginnende Serizitisierung mit vielen einzelnen, jeweils separat liegenden Einzelkristallen des Hellglimmers und nicht, wie sonst oft, dichte wirre Aggregate.
- Biotit, Schüppchen bis 2 mm Länge, teils idiomorph, teils unregelmäßig-fetzenartig, großenteils chloritisiert mit Neubildung von Leukoxen und oxidischen Substanzen. Diese sind im Dünnschliff meist undurchsichtig und reflektieren hell bis rostfarbig.
- Muskovit, dicke, meist unregelmäßig begrenzte Pakete von bis zu 3 mm größtem Querschnitt, Außengrenzen meist xenomorph bis bizarr xenoblastisch.

- Der Quarz bildet bis 3 mm große Körner und Aggregate von solchen; seine Grenzen gegen Feldspäte sind meist unregelmäßig-buchtig. Die Auslöschung ist im Allgemeinen ziemlich glatt; an einigen Stellen, auch solchen mit reichlichen Mikrorissen, fluktuierend. Verheilte Risse, die zum Teil als Bündel und dicht geschart mit Abständen von wenigen Zehnern Mikrometern auftreten, erstrecken sich auch über mehrere benachbarte, optisch ganz verschieden orientierte Quarzkörner; an anderen Stellen sind die Risse in verschiedenen, aneinander grenzenden Quarzkörnern auch unterschiedlich verteilt und gerichtet. Die Risse sind meist leicht gekrümmt und auch in den dichten Bündeln nicht vollkommen parallel. Eine wesentliche Beziehung zwischen den Mikrorissen und der sphäroidischen Absonderung des Gesteins ist nicht festzustellen. Gleichartige Mikrorisse kommen verbreitet auch in anderen Graniten vor, die keine sphäroidische Absonderung zeigen.

Im Gebiet des Forbachgranits sind schon seit den ersten Erkundungen im 19. Jahrhundert Vorkommen sphäroidischer Absonderung aufgefallen. In den Bereichen Fußfelsen, Haselgrund, Bärbaumkopf und Ruckgraben bei Reichental kommt sphäroidische Absonderung des Granits beispielhaft vor; schon FRANK (Geologische Karte Blatt Loffenau, 1936) und METZ (1977) verzeichnen diese Vorkommen. Anstehende Felsen und viele Blöcke im Hangschutt zeigen die Erscheinung in unterschiedlicher Vollkommenheit. Bruchstücke regelmäßig ausgebildeter kugelig bis ellipsoidischer Formen liegen, aus ihrem ursprünglichen Zusammenhang gelöst, an den Hängen; viele von ihnen bestehen aus einem Kern und Teilen einer Schale, die durch einen deutlichen Riss voneinander getrennt sind. Von der ursprünglichen Gesamtgestalt und der Größe der Gebilde sind da, wo sie nur als Bruchstücke vorliegen, nur Teile sichtbar (Abb. 1, 3, 4 und 5). Besser zeigen sich die Dimensionen und die Anzahl der ursprünglich vorhandenen Schalen an größeren, anstehenden Felsen (Abb. 2).

Andere Vorkommen sphäroidisch zerfallenden Granits liegen am Gugeln im Südschwarzwald; das Gestein ist grobkörniger Albtalgranit mit vielen großen Alkalifeldspäten. Die Ansätze zu sphäroidischer Absonderung sind mit Krümmungsradien bis zu einem oder zwei Metern größer als die meisten im Forbachgranit beobachteten.

3. Ursachen und Entstehungsweise der sphäroidischen Absonderung

Im Forbachgranit findet die sphäroidische Rissbildung mit Radien von Dezimetern bis wenigen Metern statt. Die vollkommene Ausbildung von in sich geschlossenen Rissen und die zwei- oder mehrmalige Wiederholung etwa parallel angeordneter Risse lassen sich dahingehend interpretieren, dass entweder nur ein oder aber mehrere

Rissereignisse nacheinander stattgefunden haben. Dabei konnte es nach anfänglich noch weniger regelmäßigen, möglicherweise sogar unvollständigen Rissgestaltungen zu den vollkommenen, in sich geschlossenen Rissbildungen im Zentrum kommen. Neuere Ereignisse waren dann der weitere Zerfall der Gebilde an Ort und Stelle, wobei manchmal Kerne und Schalen noch nahe beieinander liegen, schließlich aber nur noch als isolierte metergroße Einzelblöcke erhalten sind. Bei vielen solchen Blöcken im Gebiet des Forbachgranits scheint es, dass diese schon vor langer Zeit (d. h. vor der Entwicklung des jetzt bestehenden Waldes) aus ihrem Felszusammenhang gelöst wurden und die sphäroidischen Strukturen dabei schon mitgebracht hatten.

Im Einklang mit den allgemeinen Erfahrungen an sphäroidischen Absonderungen in aller Welt liegen auch die Vorkommen im Forbachgranit in den obersten Zehnern von Metern unter der durch Erosion und Abtragung gebildeten Oberfläche des Granitkörpers. Das Gestein ist im aufgeschlossenen Bereich in „Quader“ gegliedert, Meter bis Zehner von Metern große Körper, die nach außen und oben durch steilstehende Klüfte und die Erdoberfläche abgegrenzt sind und nur nach unten mit der übrigen Gesteinsmasse fest zusammenhängen. Innerhalb solcher Quader konnten sich physikalische Prozesse, wie Volumveränderungen, Schwingungen und Bruchvorgänge koordiniert abspielen. In demselben Milieu liegen auch die sphäroidischen Rissbildungen, zu deren Entstehungsweise die folgenden Überlegungen möglich sind.

Die sphäroidischen Risse sind Erzeugnisse einer bestimmten und regelmäßigen Kräftekonstellation, die an keiner anderen, älteren Struktur des Gesteinskörpers äußerlich erkennbar ist und für deren Aufbau die Entlastung, die das Gestein infolge der Heraushebung und dabei auch mit der Annäherung der Erdoberfläche erfahren hat. Unmittelbare Hauptursache der dort eintretenden Rissbildungen ist demnach die damit verbundene Volumzunahme. Die letzte Abkühlung des Gesteins, die eine Verkleinerung seines Volumens zur Folge haben würde, hatte in dem jetzt sichtbaren Niveau keine nennenswerte Auswirkung mehr. Vielmehr kann nach experimentellen Untersuchungen von RAZ et al. (2001) an Quarz und HOVIS et al. (2010) an Feldspäten für den betreffenden Bereich mit einer Volumzunahme von wenigen Zehntel Prozent gerechnet werden. Per saldo resultierte daraus eine Ausdehnung des Gesteins; sie wurde in ihren Anfängen von den Mineralgittern auch nachvollzogen, ohne dass zunächst der Zusammenhalt des Gesteins beeinträchtigt war. Wo sich indessen solche kleinen Ausdehnungsbeträge mangels ausreichender Ausweichmöglichkeiten addierten, kam es offenbar zum Aufbau starker Spannungen. Entlang bestimmter Flächen, an denen schon ausgedehntes Gestein an noch nicht ausgedehntes grenzte, trat eine engräumige Diskontinuität der Gitterdimensionen auf, die eine mechanische Trennung der beiden Bereiche zwingend erforderte. Es kam dort zum Bruch des Gesteins und dem Erscheinen eines geschlossenen Risses, der von da an einen inneren Kern von äußeren Schalen abgrenzt. Die Gestalt des Risses ist meist eine mehr oder weniger vollkommen ellipsoidische. Die Vollkommenheit, mit der solche Formen oft entwickelt sind, führt zwangsläufig zu der Frage, wie denn Lage und Verlauf dieser Risse in der

scheinbar homogenen Gesteinsmasse überhaupt erst veranlagt wurden. Nach einer ersten Hypothese kennzeichnet diese Fläche das Maximum der dort aufgebauten Spannungen und findet eine weitere Stütze sozusagen nachträglich durch den Befund, dass sie, zumindest annähernd, die kleinste ist, die das von ihr umschlossene Volumen, den Kern, vollständig umhüllen kann. Kugelflächen erfüllen am vollkommensten diese Forderung und auch ellipsoidische Flächen erfüllen sie immer noch besser als kantige Gestalten. Sie entsprechen dabei dem Newton'schen Minimalprinzip: „Die Natur macht nichts umsonst. Und jedes Mehr ist umsonst, wenn ein Weniger ausreicht“. Auf unsere Thematik angewendet, wäre der in sich geschlossene, ellipsoidische Riss eine solche Fläche, die mit großer Annäherung diese Qualität besitzt; seine Bildung, das heißt das Zerbrechen der Gesteinsminerale entlang dieser Fläche würde mit dem kleinsten möglichen Arbeitsaufwand erreicht werden. Außer dem sphäroidischen Hauptriss wären auch weitere, radial verlaufende Risse im Bereich der Schalen zu erwarten, die auch meistens, aber nicht überall, auftreten. Unsere Abbildungen zeigen Beispiele dieser Abfolge und besonders auch Fälle, wo noch ganz frisches Gestein von markanten Rissbildungen betroffen wurde.

Eine andere Hypothese geht von der Frage aus, wie schnell oder wie langsam sich solche Risse gebildet haben könnten. Ihre Beschaffenheit gibt darüber keine unmittelbare Auskunft. Handelt es sich um Bildungen, die mit der Langsamkeit anderer geologischer Prozesse entstanden, oder etwa um solche, auf die Erfahrungen anzuwenden wären, wie sie im vorausgehenden Abschnitt 1 mit Zitaten nach HOLMES und PEINER erwähnt wurden? Eine schnelle Bildung solcher Risse würde zwar nicht die notwendige Arbeit, wohl aber die Leistung (angebar in erg pro Sekunde) um ein Vielfaches von der bei langsamem Reißen übertreffen. Ein solcher Leistungsaufwand könnte am ehesten bei Erdbeben verfügbar sein, ein Hinweis, der dieser Art von Rissen noch einen zusätzlichen physikalischen Aspekt verleiht. Er impliziert nämlich, dass bei ihrer Bildung die elastischen Eigenschaften des Gesteins in Anspruch genommen wurden und entsprechende Formen zur Erscheinung gebracht haben. Dass feste Gesteine zu Schwingungen befähigt sind, beweist die Fortleitung von Erdbebenwellen über sehr große Entfernungen. Plötzliche, aus der Tiefe kommende Erschütterungen waren es auch, die die spezifischen, durch Eigenschwingung der betroffenen Gesteinskörper erzeugten Risse gestaltet haben. Entlang einer gekrümmten, geschlossenen Fläche kam es zur Bildung kugelig bis ellipsoidischer Bruchflächen. Wo jeweils diese in dem betroffenen Gesteinsquader zu liegen kamen, hängt von dessen Gestalt und Größe ab und wie weit er von Kräftwirkungen aus dem Untergrund erreicht werden konnte. Die primär von unten her angeregten Schwingungen des Quaders konnten sowohl durch Überlagerung mit weiteren aus der gleichen Quelle als auch durch innere Reflexionen an den Außenwänden des Quaders ein komplexes System von Eigenschwingungen erzeugen. Dabei kann auch die seismographisch oft aufgezeichnete rhythmische Gliederung der Erdbebenwellen über mehrere Sekunden eine wesentliche Rolle gespielt haben.

Die zum Bruch erforderliche Steigerung der Kräfte wäre dann infolge einer Interferenz solcher Schwingungen innerhalb des Quaders und entlang der Fläche des nachmaligen Risses eingetreten. In dieser bestimmten Position ergab sich die besondere Kräftekonstellation, die das Gestein in zum Reißen brachte. Dort wurde die maximale Schwingungsamplitude erreicht; sie führte die „Resonanzkatastrophe“ mit der Rissbildung herbei. Damit entstand in einer sehr kurzen Zeit ein bis dahin nicht vorhandenes, in seiner Geometrie neues Phänomen eigenster Art in Gestalt des geschlossenen, kugeligen oder ellipsoidischen Risses.

Eine Vergleichbarkeit mit Klangfiguren, hier aber in dreidimensionaler Form, scheint sich als weiterer Aspekt der Phänomene anzubieten.

4. Sphäroidische Absonderung von Vulkaniten und Subvulkaniten des Kaiserstuhls

Ganz anderer Art waren die Verhältnisse, unter denen in Laven und oberflächennah gebildeten Ganggesteinen des Kaiserstuhls sphäroidische Absonderungsformen in einer anderen Ausbildung entstanden. Solche Gesteine erfuhren zwar eine erhebliche Verminderung ihres Volumens durch Abkühlung, aber nur eine kleine Ausdehnung durch Verminderung des Druckes. Die in feinkörnigen Gesteinen entwickelten Strukturen haben Durchmesser von etwa 10 cm aufwärts bis zu wenigen Metern, sind dann aber meist nur teilweise aufgeschlossen und zu beurteilen. Ein hervorragendes Beispiel bietet ein etwa ein Meter hoher Block eines feinkörnigen Ganggesteins, der, unweit seines natürlichen Fundortes, auf dem Grundstück des Weinguts Schätzle zwischen Oberbergen und Schelingen steht. Namentlich die nach Westen gerichtete Seite des Blockes zeigt zwei benachbarte Systeme sphäroidischer Absonderung. Das obere besteht aus einem nur etwa 20 cm großen Kern und mehreren aufeinander folgenden Schalen, die nach unten hin denen eines zweiten Systems mit größerem Radius begegnen. Die Dicke der Schalen beträgt jeweils nur wenige Zentimeter. Das Gestein ist ein Gauteit, der im Zentrum des Kaiserstuhls als einer der jüngeren Gänge mehrfach vorkommt. Bei der Suche nach dem Herkunftsort des Blockes wurden in anstehenden Ganggesteinen gleicher Beschaffenheit ähnliche, aber weit weniger prägnant ausgebildete Ansätze zu solchen Strukturen gefunden.

Kugelige Gesteinskörper mit mehreren übereinander liegenden dünnen Schalen, wie sie in feinkörnigen magmatischen Gesteinen oft vorkommen, entstehen bevorzugt da, wo schon nach kurzen Wegstrecken der Abkühlungsfront die Reißfestigkeit des Gesteins wieder überschritten wurde. Bei dem insgesamt großen Temperaturgefälle, das von den Laven und Ganggesteinen durchlaufen wird, können die Rissereignisse sich in kurzen Abständen vielfach wiederholen.

Die Ganggesteine lagen bei ihrer endgültigen Erstarrung in höchstens 800 bis 1000 m Tiefe; dort wirkte ein Außendruck von etwa 0,3 Kilobar, der später während der Entfernung der Überlagerung bis auf ein Bar vermindert wurde. Entsprechend konnte die ursprüngliche Kompression der Minerale abgebaut und das Volumen des Gesteins um ein Geringes vergrößert werden. Zugleich aber erfuhr das Gestein eine drastische Abkühlung, zunächst durch den unmittelbaren Kontakt mit dem schon abgekühlten Nebengestein; per saldo musste eine Verminderung seines Volumens die Folge sein. Die akkurate Ausbildung der glatten Risse und ihre systematische Anordnung zeigen an, dass das Gestein bei ihrer Bildung ganz erstarrt war. Als Grundlage für die Interpretation dieser Veränderungen können experimentelle Untersuchungen an Feldspäten, wie sie etwa von Hovis et al. (2010) durchgeführt wurden, zu einer ungefähren Orientierung dienen. Bei einer Abkühlung von der geschätzten Erstarrungstemperatur unseres Gesteins von vielleicht 900°C bis zu den Temperaturen nahe der Erdoberfläche kann auf Grund der Daten mit einem Volumverlust von etwa 2% gerechnet werden, der von dem Volumzuwachs durch den relativ geringen Rückgang des Druckes nicht ausgeglichen wurde.

Vergleichbare, wenn auch weniger vollkommen sphäroidische Strukturen zeigen auch ein Phonolith im Rippachtal bei Eichstetten sowie der am Westhang des Winklerberges im südwestlichen Kaiserstuhl aufgeschlossene Tephrit-Lavastrom. Neben weniger regelmäßigen Zerklüftungen des massigen Gesteins gibt es dort Bildungen von einigen Dezimetern Größe, in denen nur Zentimeter dicke, äußere Hüllen mit dünnschaliger Absonderung zwei nebeneinander liegende, ebenfalls mit solchen Strukturen versehene Sphäroide umfassen. Die sichtbare Aufgliederung einer zunächst einheitlichen Struktur in zwei, anscheinend gleichwertige spätere, führt zu der vorerst noch nicht beantworteten Frage nach der Ursache dieses besonderen Geschehens. Der Grund, warum die im Gestein voranschreitenden Volumveränderungen sich gleichsam verzweigen und aus einem einfachen ein zusammengesetztes Rissystem entwickeln, bleibt vorerst eine offene Frage.

Angeführte Schriften

- Chapman, R. W. & Greenfield, M. A. (1949): Spheroidal weathering of igneous rocks. *Amer. J. Sci.*, 247: 407-429.
- Frank, M. (1936): Geologische Karte von Württemberg, Blatt Loffenau, mit Erläuterungen, 160 S.
- Gilbert, G. K. (1904): Domes and dome structures of the High Sierra. *Bull. Geol. Soc. America.*, 15: 29-36.
- Holmes, A. (1966): *Principles of Physical Geology*. 1288 S.
- Hovis, G. L., Medford, A., Conlon, M., Tether, A. & Romanoski, A. (2010): Principles of thermal expansion in the feldspar system. *Amer. Mineralogist*, 95: 1060-1068.
- Metz, R. (1977): Mineralogisch-landeskundliche Wanderungen im Nordschwarzwald, besonders in den alten Bergbaugebieten. 2. Aufl. 632 S.
- Ollier, C. D. (1967): Spheroidal weathering, exfoliation and constant volume alteration. - *Ztschr. f. Geomorphologie*, N. F. 11: 103-108.
- Peiner, P. (ohne Jahresangabe): Interneteintrag zum Thema Pedras parideiras, Serra de Freita (Portugal).
- Raz, U., Girsperger, S. & Thompson (2002): Thermal expansion, compressibility and volumetric changes of quartz obtained by single crystal dilatometry to 700°C and 3.3 kilobar (Gpa). *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 82: 561-584.



Abb. 1: Sehr vollkommene, einfache Kern-Schalen-Struktur in frischem Forbachgranit, Bärbaukopf bei Reichental. **Fig. 1:** Nearly perfect core- a shell-structure in fresh Forbach granite, Bärbaukopf near Reichental (Northern Black Forest).



Abb. 2: Gliederung eines Gesteinsanbruchs in einen nur 10 cm großen Kern und wenigstens vier Schalen, wobei unten die äußeren zum Teil schon weggebrochen und verrutscht sind, Ruckgraben bei Reichental. **Fig. 2:** Concentric fractures in a granite exposure with a vague core of 10 cm diameter and four shells, the lowermost of them have broken away, Ruckgraben near Reichental (Northern Black Forest).



Abb. 3: Durch Freilegung und Verwitterung vertiefte Naht zwischen einem fast 1 m großen Kern und seiner Schale. Ruckgraben bei Reichenbach. **Fig. 3:** A nearly 1 m wide core and its shell, separated by a suture, which is widened and deepened by incipient weathering. Ruckgraben near Reichenbach.



Abb. 4: Etwa 1 m hoher Rest einer ellipsoidischen Schale, deren ehemaliger Kern und die äußere Umgebung infolge natürlicher Verwitterung und Abtragung fehlen, zwischen Ruckgraben und Haselgrund bei Reichental.
Fig 4: Ellipsoidal shell (about 1 m high), the core and surroundings of which are missing by weathering and erosion, between Ruckgraben and Haselgrund near Reichental (Northern Black Forest).



Abb. 5: Glatte, gekrümmte Naht zwischen Kern und Schale einer zerfallenden ellipsoidischen Struktur in grobkörnigem Forbachgranit, Ruckgraben bei Reichenenthal. **Fig 5:** Section of a smooth crack in coarse-grained Forbach granite; section of a larger, now desintegrated ellipsoidal fracture system, Ruckgraben near Reichenenthal (Northern Black Forest).



Abb. 6: Etwa 1,2 m hoher Block aus Gauteit, einem subvulkanischen Ganggestein des Kaiserstuhls. Mehrschichtiger Zerfall des Gesteins durch sphäroidische Absonderung Weingut Schätzle zwischen Oberbergen und Schelingen. **Fig. 6:** Block of gauteite, a subvolcanic dike rock, disintegrated by progressive spheroidal decay, between Oberbergen and Schelingen (Kaiserstuhl).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [106](#)

Autor(en)/Author(s): Wimmenauer Wolfhard, Himstedt Franziska

Artikel/Article: [Sphäroidische Absonderung am Forbachgranit \(Nordschwarzwald\) und in Vulkaniten des Kaiserstuhls 15-29](#)