

# Der Kirchberg im Kaiserstuhl – Neue Beobachtungen zur Mineralparagenese thermometamorpher Kontaktzonen im Bereich der Phonolith-Intrusion Kirchberg bei Niederrotweil/Kaiserstuhl

Eike-Carl Marzi

„Auch der unscheinbare Kristall verdient die Neugier des Betrachters“  
In memoriam Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer

## Kurzfassung

Neben der Betriebsgeschichte des Phonolithwerkes wird erstmalig der bislang bekannte Mineralbestand dieses Vorkommens auch unter Berücksichtigung historischer Funde zusammenfassend dokumentiert. Es wird eine für den Kaiserstuhlvulkanismus (KVC) außergewöhnliche Mineralisation aus dem Bereich des ehemaligen Steinbruches am Kirchberg/Niederrotweil vorgestellt. In vermutlich thermometamorphen Kontaktzonen zwischen Phonolith, Leucit-Tephrit und Karbonatit konnte erstmalig das Auftreten der Quarz-Hochtemperatur-Modifikationen Tridymit, Cristobalit und  $\beta$ -Quarz beobachtet werden, im Karbonatit dieser Kontaktzonen wurden als niedrig hydrothermale Neubildungen neben Hyalit auch Chalcedon, Quarzin und  $\alpha$ -Quarz nachgewiesen. Auf Kluffflächen und in Hohlräumen eines stark metamorph veränderten Tephrits haben sich in einer Saniidin-reichen Paragenese Mischkristalle diverser (Klino-)Pyroxene, sowie der Grossular-Andradit-Reihe neu gebildet. Neben Magnetit, Hämatit, Titanit, Rutil, Pseudobrookit und Ilmenit in winzigen, aber gut ausgebildeten Kristallen wurden hier auch Dorrit, Nordstrandit sowie das seltene Glimmermineral Oxykinoshitalit erstmals nachgewiesen. Weiterhin ließ sich das Vorkommen von Fluorit und Fluor-Apatit bestätigen. Einige Minerale, wie z.B. der vermutete Marokit, konnten noch nicht abschließend validiert werden, bei anderen Funden ist auf Grund sehr geringer Substanzmengen eine Analyse bisher noch nicht erfolgt. Die Annahme einer primär hochthermischen Kontaktmetasomatose bzw. von Assimilationsprozessen zwischen Karbonatit und den angrenzenden Gesteinen, gefolgt von einer pneumatolytischen Phase, sowie einer späten niedrig hydrothermalen Metamorphose, könnte die Bildung dieser komplexen Mineralparagenese ansatzweise erklären.

## Stichwörter

KVC, Phonolithwerk Niederrotweil, thermometamorphe Kontaktzonen, Karbonatit, Hochtemperaturparagenese

**Abstract**

In addition to the company history of the Phonolithwerk, the currently known mineral content of this deposit is described for the first time, including the background of historical finds. An exceptional mineralization for the Kaiserstuhl volcanic complex (KVC) is presented from the area of the former quarry at Kirchberg / Niederrotweil. In presumably thermometamorphic contact zones between phonolite, leucite-tephrite and carbonatite, the occurrence of the quartz high-temperature modifications tridymite, cristobalite and  $\beta$ -quartz could be observed for the first time. Besides hyalite, within the carbonatite of these contact zones, chalcedony, quartzine and  $\alpha$ -quartz were detected as low hydrothermal new formations. On fissure surfaces and in cavities of a strongly metamorphically altered tephrite, mixed crystals of various clinopyroxenes as well as of the grossular andradite series were newly formed in a sanidine-rich paragenesis. Besides magnetite, hematite, titanite, rutile, pseudobrookite and ilmenite that occur in tiny but well-formed crystals, also dorrite, nordstrandite, as well as the rare mica mineral oxykinoshitalite were detected here for the first time. Furthermore, the occurrence of fluorite and fluorapatite could be confirmed. Some minerals, e.g., the presumed Marokite could not be validated conclusively so far. Due to very small substance quantities an analysis with other finds did not occur so far. The assumption of a primary high thermal contact metasomatism or of assimilation processes between carbonatite and the adjacent rocks, followed by a pneumatolytic phase, as well as a late low hydrothermal metamorphism, could explain the formation of this complex mineral paragenesis to some extent.

**Keywords**

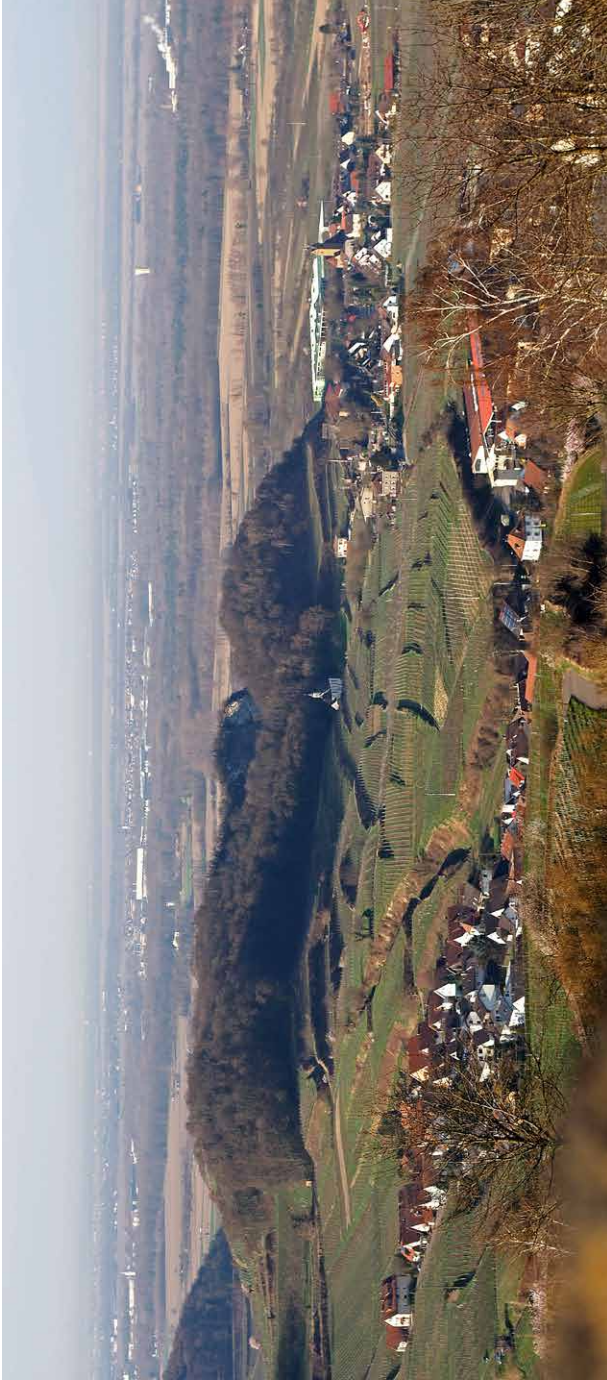
KVC, Phonolithwerk Niederrotweil, thermo-metamorphic contact zones, carbonatite, high temperature paragenesis

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. (med.) Eike-Carl Marzi  
Edmund-Kohler-Str. 13  
73433 Aalen  
e.marzi@t-online.de

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	19
2.	Hartsteinwerk und Zementwarenfabrik Oberrotweil GmbH	23
3.	Die Geologie des Kirchberges	28
3.1	Phonolith	28
3.2	Tephritische Tuffe und Laven	29
3.3	Karbonatite und Alvikite	31
3.4	„Essexitisch-theralitischer“ Gang mit assoziierter Kalkader	34
4.	Kontaktzonen und deren Aufschlüsse am Kirchberg	35
5.	Historische Mineralfunde aus dem Phonolith	40
6.	Die Kontaktzonen und ihre Mineralparagenese	46
6.1	Aufschluss B	47
6.1.1	Mineralbestand im Aufschluss B	51
6.2	Aufschluss E	68
6.2.1	Der Alvikit im Aufschluss E	71
6.2.2	Mineralbestand im Aufschluss E	75
6.3	Mineralfunde im Aufschluss C	92
6.4	Mineralfunde im Aufschluss D	94
7.	Zeolithe – auch in den Kontaktzonen nachweisbar	97
8.	Wo der Hobby-Mineraloge an seine Grenzen stößt!	98
9.	Zusammenfassung und Überlegungen zur Genese	101
10.	„Lost place“ oder geologischer „hotspot“?	105
11.	Danksagung	106
12.	Schriftenverzeichnis	108



**Abb. 1:** Blick in Richtung SSW vom der Mondhalde auf den Kirchberg. In der Bildmitte die Pantaleons-Kapelle, dahinter gerade noch erkennbar, die stellenweise bis zu 40m hohe, südliche Bruchwand. **Fig. 1:** View in direction SSW from the Mondhalde to the Kirchberg. In the center of the picture the Pantaleons Chapel, behind it just recognizable, the in places up to 40m high, southern quarry face. Photo Eike Marzi.

## 1. Einleitung

Der Kirchberg bildet eine sanft geschwungene Erhebung südlich des kleinen Dorfes Niederrotweil am Westrand des Kaiserstuhles. Entstanden ist dieser unscheinbare Hügel durch gewaltige tektonische Kräfte im Untergrund. Im Miozän, vor rund 17 Millionen Jahren, bestand hier, im geologischen Zusammenhang mit der Entstehung des Oberrheingrabens und dem Central European Rift System ein aktiver Vulkan-Komplex (Kaiserstuhl volcanic complex – KVC). Gegen Ende der eruptiven Phase wurde aus der Tiefe ein zähes, alkalisches Magma emporgefördert, welches in die bereits ausgeworfenen tephritischen Lava-, Tuff- und Ascheschichten hineingepresst wurde und innerhalb des damaligen Vulkankegels langsam erstarrte. Diese domförmige Phonolith-Intrusion (Phonolithstock) erschien aber erst Millionen Jahre später, nach Erosion des ursprünglich wohl mehrere hundert Meter hohen Vulkans, an der heutigen Geländeoberfläche.

Der aufgelassene, noch immer beeindruckende Steinbruch zeugt vom nahezu vollständigen Abbau dieses besonderen Vulkangesteins, welches u.a. auf Grund seines Gehalts an Zeolith-Mineralien auch aktuell ein wirtschaftlich interessanter Rohstoff ist. Neben dem Phonolith („Klingstein“) kommen am Kirchberg nicht nur tephritische Laven und Pyroklastite, sondern auch Alvikite sowie karbonatitische Tuffe und Laven vor. Im Zusammenhang mit dieser engen räumlichen Beziehung unterschiedlicher Vulkanite wurde hier erstmalig der Mineralbestand von kleinräumigen Kontaktzonen zwischen diesen, sowohl intrusiven als auch extrusiven Vulkangesteinen näher untersucht.

Bereits an dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass für zahlreiche Gesteine des KVC teilweise auch heute noch historische Bezeichnungen gebräuchlich sind, welche z. T. in einem lokalen Bezug zu ihrer Entdeckung oder Erstbeschreibung stehen, wie z.B. „Bergalit“ oder „Mondhaldeit“. Die gültigen wissenschaftlichen Benennungen, unter Berücksichtigung der Klassifikation von LE MAITRE (2002) setzen sich, insbesondere im lokalen Sprachgebrauch, aber auch in der populärwissenschaftlichen Literatur nur langsam durch. Eine Gegenüberstellung von historischer Namensgebung und der aktuellen petrologischen Bezeichnung der im KVC vorkommenden Gesteine findet sich bei WALTER et al. (2017). Auch im nachfolgenden Text werden teilweise noch ältere Begriffe wie z.B. „essexitisches Gestein“ benutzt anstatt der aktuellen Bezeichnung Foid-haltiger Monzogabbro. Dies ist auch dem Umstand geschuldet, dass im Gelände und oft auch unter dem Mikroskop eine wissenschaftlich korrekte Ansprache des Gesteins nur in Ausnahmefällen bzw. oft erst nach einer Analyse möglich ist.

Die vielfältigen Gesteinsvarietäten des Kaiserstuhles wurden mittlerweile zwar in nahezu jeder Hinsicht wissenschaftlich aufgearbeitet, die eher selten aufgeschlossenen Kontaktzonen zwischen unterschiedlichen Gesteinsformationen boten bisher dagegen nur wenig Gelegenheit zu eingehenderen Untersuchungen. Ein bekanntes Beispiel für einen solchen direkten Kontakt zwischen unterschiedlichen Intrusivgesteinen ist der im Steinbruch Hauri / Bötzingen anstehende, gangförmige „Essexit“ (sodalithe monzogabbro),



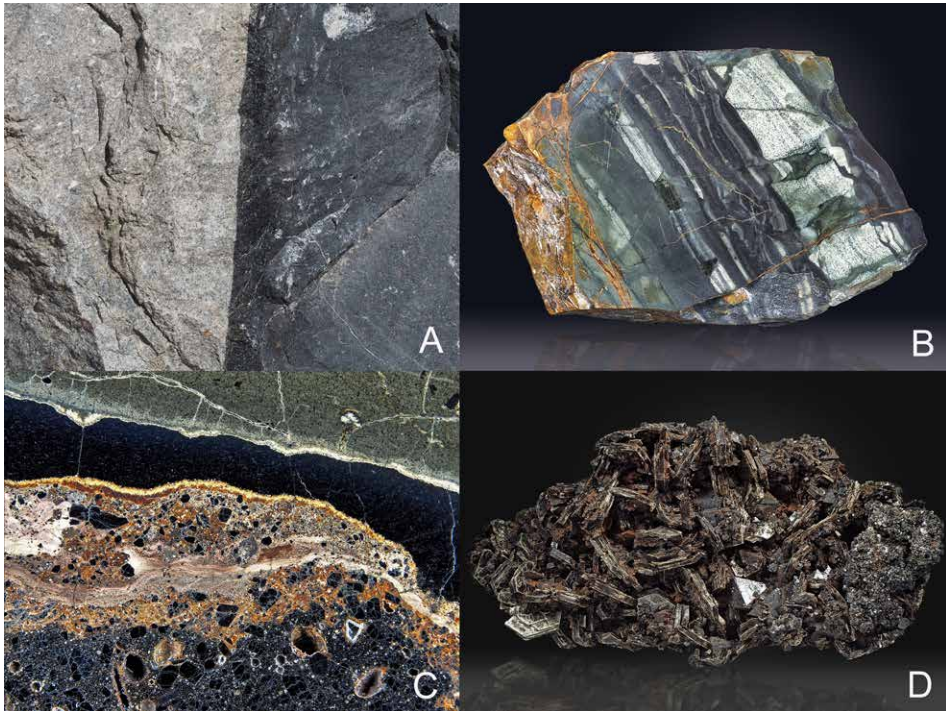
welcher stellenweise eine wie mit dem Lineal gezogene Grenze zum umgebenden Phonolith zeigt (Abb. 3A). Weitgehend unbekannt ist dagegen eine Kontaktzone zwischen Tephrit und einem „Hornblende-Andesit“ (bzw. „Mondhaldeit“) - Dyke in einem kleinen Aufschluss an der Mondhalde (Abb. 3C). Ein völlig anders geartetes Beispiel für eine Gesteinsmetamorphose am Kontakt unterschiedlicher Gesteine sind die, durch vulkanische Aktivität des KVC thermisch überprägten, östlich angrenzenden oligozänen Mergel (Pechelbronner Formation) bei Eichstetten. Diese bis mehrere Meter mächtige Zone tritt im Gewann Rütte teilweise riffartig in markanter Form zutage. Der früher auch als „Band-“ oder „Landschaften-Jaspis“ (Abb. 3B) bezeichnete grau-grüne Karbonathornfels wurde im 18. Jhd. auf markgräfliche Weisung für einige Zeit sogar als Dekorationsstein abgebaut (WIMMENAUER 2007).

Eine petrologisch ebenfalls interessante Kontaktzone besteht zwischen dem Sövit-Körper des Orberges bei Schelingen und einer östlich angrenzenden subvulkanischen Diatrembrekzie (polygene Breccie) im Stbr. III. Diese stand noch bis vor einigen Jahren in einem kleinen, heute überwachsenen Aufschluss an. In einer bis mehrere Dezimeter mächtigen Zone war eine ausgeprägte Anreicherung von Ba-Phlogopit und Mg-reichem Magnetit („Magnesioferrit“) festzustellen, diese beiden Minerale bilden hier stellenweise bis zu 80 % einer alterierten karbonatitischen Gesteinsmatrix mit teils gut ausgebildeten Kristallen (Abb. 3D). Interessanterweise hat schon KNOP (1892), ohne Kenntnis der Genese des Karbonatits, die Vermutung geäußert, dass diese auffallende Anreicherung bzw. Neubildung von Mineralien, wie z.B. Glimmer, in dieser Kontaktzone zwischen dem „...grobkörnigen Kalkstein“ und angrenzenden Vulkaniten „...durch Contactmetasomatosen“ zu erklären sei. Dieses Phänomen lässt sich auch anderenorts an Karbonatiten beobachten. Von GITTINS (1975) wurden für diese Form der metasomatischen Mineralanreicherung am Kontakt zu Karbonatiten der allgemeine Begriff der „glimmeritization“ eingeführt.

GIEBEL et al. haben 2019 neue, differenzierte Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen einer metasomatischen Interaktion karbonatitischer Magmen mit den angrenzenden Gesteinsformationen (wall rock) im Rahmen der Intrusionsphase vorgestellt. Neben einer fraktionierten Kristallisation der Schmelze hat insbesondere die Wechselwirkung mit den angrenzenden Gesteinen wesentlichen Einfluss auf Bildung und Zusammensetzung der mineralischen Komponenten des Karbonatits, vor allem der Glimmer und Pyroxene. Die Karbonatite des KVC standen auch im Zentrum des jüngsten wissenschaftlichen Projektes – dem von der EU geförderten Projekt „HiTechAlkCarb“. Hier wurde u.a. durch umfangreiche geophysikalische Messungen das Potential der Sövite als Lagerstätte für die begehrten LREE (Light Rare Earth Elements) untersucht, sowie neue Erkenntnisse zur Tektonik gewonnen.

Im erweiterten Sinne handelt es sich auch bei den in diversen Kaiserstuhl-Vulkaniten vorkommenden Nebengesteinseinschlüssen (Xenolithe) um thermometamorphe Kontaktzonen im Miniaturformat. Die insbesondere im Phonolith des Fohberges häufig zu

beobachtenden, fenitisierten Grundgebirgseinschlüsse sind schon lange als Vorkommen für Ägirin-Augit bekannt (FRICKE 1988), inzwischen wurden hier auch weitere Mineralneubildungen, wie z.B. Ägirin, Titanit, Neptunit\*, Eudyalit\* u.a. beobachtet (\*Neufunde B. Gassmann/ pers. Mitteilung).



**Abb. 3:** Beispiele für Kontaktzonen zwischen unterschiedlichen Gesteinen im KVC: Scharfe Grenzlinie zwischen Phonolith (links) und einem essexitischen Ganggestein im Stbr. Hauri/Bötzingen, ohne erkennbare Gesteinsmetamorphose, Bildbreite ca. 1m (A). Thermisch induzierte Metamorphose eines tertiären Sedimentgesteins am Kontakt zu Vulkaniten in einen gebänderten Karbonathornfels („Bandjaspis“), Gewinn Rütte bei Eichstetten, Anschliff, BB 12cm (B). Kontakt zwischen tephritischem Gestein (unten) und „Hornblende-Andesit“ (oben), getrennt durch eine schwarze, glasreiche Intermediärphase. Der Tephrit zeigt eine randbetonte Alteration. Mondhalde, Oberrotweil, Anschliff, BB 25mm (C). Metasomatische Anreicherung von Ba-Phlogopit und Mg-haltigem Magnetit am Kontakt von Soevit und polygener Breccie im Stbr. III, Orberg, Schelingen, BB 8cm, die umgebende Karbonat-Matrix wurde weggelöst (D). Fotos Eike Marzi. **Fig. 3:** Examples for contact zones between different rocks in the KVC: Sharp boundary line between phonolite (left) and an essexic dyke in the Stbr. Hauri/Bötzingen, without relevant rock metamorphism, image width about 1m (A). Thermally induced metamorphism of a Tertiary sedimentary rock at contact with volcanic rocks into a banded carbonate hornfels („Bandjaspis“), Gewinn Rütte near Eichstetten. Polished stone cut, FOV 12cm (B). Contact between tephritic rock (bottom) and „hornblende andesite“ (top), separated by a black, glass-rich intermediate phase. The tephrite shows rim-stressed alteration. Mondhalde, Oberrotweil, polished stone cut, FOV 25mm (C). Metasomatic enrichment of Ba-phlogopite and Mg-containing magnetite at the contact of soevite and polygenic breccia in Stbr. III, Orberg, Schelingen, FOV 8cm, the surrounding carbonate matrix was dissolved away (D). Photos Eike Marzi.



Die am Kirchberg erschlossenen Vulkanite Tephrit, Phonolith und Alvikit zeigen im Bereich von lokalen Kontaktzonen, insbesondere dort, wo alle drei Gesteinstypen vertreten sind, eine außergewöhnliche und bislang unbeachtete Mineralparagenese. Anknüpfend an die inzwischen rund 70 Jahre zurückliegende Veröffentlichung der Habilitationsschrift von WIMMENAUER (1952), auf welche nachfolgend mit zahlreichen Zitate Bezug genommen wird, soll nun eine aktualisierte mineralogische Bestandsaufnahme des Kirchberges, auch unter Berücksichtigung der historischen Mineralvorkommen, vorgestellt werden.

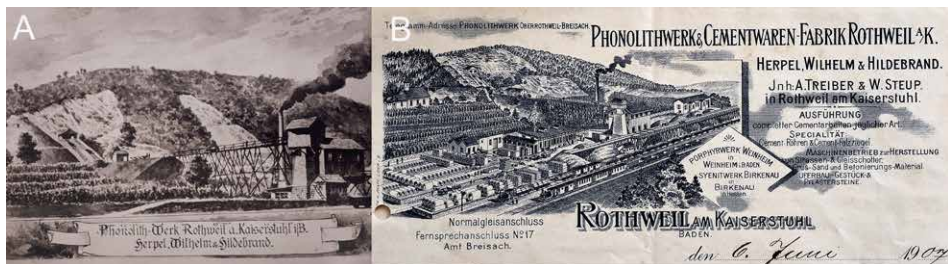
## 2. Hartsteinwerk und Zementwarenfabrik Oberrotweil GmbH

Die beiden größten Phonolith-Intrusionen des KVC – der Kirchberg bei Niederrotweil und der Fohberg bei Bötzingen – waren bzw. sind seit über 100 Jahren von wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Relevanz. Der Großherzoglich Badische Geheimrat Wilhelm von Ungern-Sternberg war der Erste, der 1825 ein Gestein von Niederrotweil als „...Klingstein“ und damit als Phonolith erkannte und beschrieb. Wie KNOP (1892) berichtet, wurde Ende des 19. Jhd. auf Veranlassung der Rheinbau-Inspection zu Freiburg am Westrand des Kaiserstuhles nach geeigneten Gesteinen für Uferbefestigungen des Rheines gesucht. Gemeinsam mit einem Inspector Caroli hatte Knop um 1889 wohl am Limberg und Kirchberg „...mit Rücksicht auf practische Verwendung der Gesteine Einsicht genommen“. Zu dieser Zeit wurde von der Grossh. Rheinbau-Inspection Freiburg der Kirchberg am nordwestlichen Eck des Berges „...versuchsweise steinbruchmäßig angehauen“. So schrieb KNOP (1892) dazu: „...auch hier sind bereits Probe-Anbrüche gemacht worden. Eine steinbruchmäßige Ausbeute des Kirchberges wird gewiss manch neue interessante geognostische Aufschlüsse bringen, jetzt sind dieselben noch embryonal.“. Diese weitsichtige Prognose sollte bis heute ihre Gültigkeit behalten.

Ebenfalls um 1890 wurde mit dem Bau der Kaiserstuhl-Bahn die Anbindung des Kaiserstuhles an das neu entstehende Eisenbahnnetz im Großherzogtum Baden geplant. Der in Weinheim ansässige Bahnbeamte Phillip Wilhelm erkannte die Gunst der Stunde und nahm mehrere Steinbrüche zur Gewinnung von Bahnschotter in Betrieb. Er besaß bereits einen Steinbruch in Lützelsachsen und das Porphyr-Werk in Weinheim als er 1892 das Gelände am Kirchberg erwarb und mit dem Abbau von Phonolith begann. Der Steinbruchbetrieb wurde unmittelbar an der projektierten Bahn-Trasse etabliert. Auf Grund einer sehr hohen Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit erfüllt der Phonolith wesentliche Anforderungen an technisch nutzbare Gesteine in idealer Weise. Gemeinsam mit den Compagnons Herpel und Hildebrand wurde das erste Phonolithwerk („Steinklopfwerk mit Dampftrieb“) im Kaiserstuhl zunächst zur Gewinnung von Bahn- und Wegeschotter betrieben. Nach der Fertigstellung der Bahnlinie erfolgte eine Diversifizierung der Produktpalette – neben Schotter und Flussbausteinen für Buhnen wurden auch Gabionen, sowohl zur Flussregulierung als auch für Rebterrassierungen

hergestellt. Gemahlener Phonolith wurde u.a. als Zuschlag zur Glasverhüttung und als Mineraldünger vertrieben.

Etwa ab Beginn des 20. Jhd. begann man auch mit der Herstellung von Betonfertigteilen (Betonrohre, Gehwegplatten etc.). Der Bruch und das Werk wurden zu diesem Zeitpunkt von den ortsansässigen Pächtern Treiber & Steup betrieben. Durch die zunehmende Konkurrenz der kostengünstiger produzierenden Kieswerke am Oberrhein wurde der Steinbruchbetrieb jedoch unrentabel und kam mit Ausbruch des 1. Weltkrieges vollständig zum Erliegen. In dieser ersten Betriebsphase erfolgte der Abbau ausschließlich in Handarbeit. Lediglich für das Bohren der Sprenglöcher standen dampfbetriebene Bohrgeräte zur Verfügung. Die schwerste und gefährlichste Arbeit, das Lösen und Zerkleinern des gesprengten Haufwerkes, wurde von erfahrenen Steinhauern bewältigt. Große Phonolith-Blöcke wurden ebenfalls angebohrt und dann gesprengt, größtenteils wurde das Gestein aber von Hand zerkleinert. Nach händischer Verladung in Kipploren erfolgte der Transport über Feldbahngleise zum Brecher. Wie auf der Karte von 1948 noch erkennbar ist, wurde das geförderte Material in der ersten Betriebsphase von der obersten Bruchsohle („Stollensohle“ / 243m) über einen noch heute sichtbaren, kurzen Stollen abtransportiert. Über den Bremsberg I gelangten die Loren dann zum Brecherwerk. Geländespuren und frühe Darstellungen des Werkes lassen aber vermuten, dass zunächst ein weiterer Förderstollen 100m weiter östlich im Niveau der Bruchsohle lag. Sehr wahrscheinlich wurde dieser ebenfalls kurze Stollen nach 1905 durch den tiefen Geländeerschnitt in der nordöstlichen Ecke des Bruches (Abb. 4) ersetzt, welcher zunächst als weiterer Zugang zur 225m-Bruchsohle genutzt wurde.



**Abb. 4:** Briefköpfe des Phonolithwerks um 1895 (links) und ab ca.1905 (rechts), Fotos Eike Marzi / Originale F. Wilhelm. **Fig. 4:** Letterheads of the Phonolithwerk around 1895 (left) and from ca.1905 (right). Photos Eike Marzi / originals F. Wilhelm.

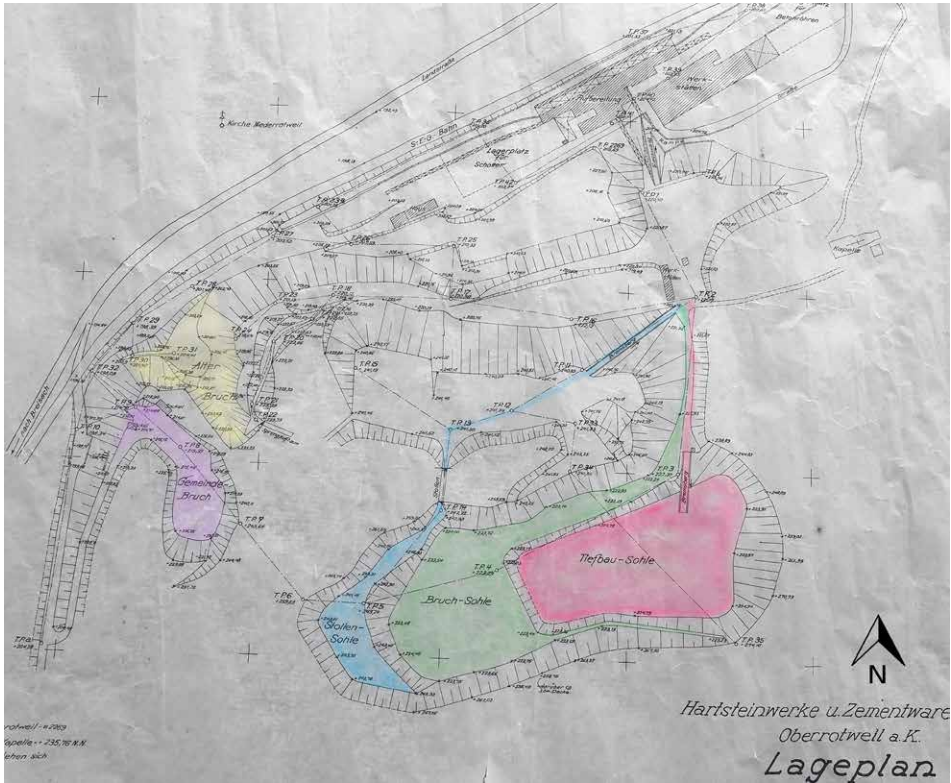
Von hier aus begann später über einen neuen Bremsberg (II), an welchem noch heute die Gleise und die alte Umlenkrolle für das Zugseil erkennbar sind, die Erschließung der ca. 20 m tiefer gelegenen Tiefbausohle (205m). Über eine markante Hochbrücke verliefen die Gleise vom Bremsberg direkt zum höchsten Punkt des Brecherwerkes. Am



**Abb. 5:** Historische Ansichten des Bruches aus der letzten Betriebsphase um 1960: Links Blick nach Westen in den „Gemeindebruch“. Im Hintergrund sind hier die Michaels-Kirche, die ehemalige Berge-Halde und der markante Felssporn erkennbar (A). Rechts Blick nach Osten mit der südlichen Bruchwand (B). Reprofotos Eike Marzi / Originale F. Wilhelm. **Fig. 5:** Historical views of the quarry from the last phase of operation around 1960: Left (A) view to the west into the „Gemeindebruch“. In the background, St. Michael's Church, the former Berge-dump and the prominent rock spur can be seen. Right (B) view to the east with the southern quarry face. Repro photos Eike Marzi / originals F. Wilhelm.

westlichen Rand des Kirchberges wurde in dieser Zeit zunächst nur sporadisch Material z.B. für Wegebauarbeiten durch die Gemeinde Oberrotweil im sog. „Gemeinde-Bruch“ gewonnen. Zwischen 1914 und 1947 ruhte der Steinbruchbetrieb am Kirchberg.

Da der Kaiserstuhl in der französischen Besatzungszone lag, wurden unmittelbar nach Kriegsende im Rahmen von Reparationsforderungen Teile der alten Werksanlagen demontiert. Im Jahr 1948 begannen die Arbeiten zur Wiederaufnahme des Steinbruchbetriebes (Abb. 6) durch den mittlerweile alleinigen Eigentümer Dr. F. Wilhelm. Die Fa. Hartsteinwerke und Zementwarenfabrik GmbH intensivierte den Abbau auf der Bruch- und Tiefbausoehle und eine neue Kompressor-Anlage mit Druckleitungen für Pressluftbohrer wurde installiert. Im modernisierten Brecherwerk mit vier Backenbrechern und drei Walzwerken konnte von einer bis zu 70 Mann starken Belegschaft monatlich 6000–7000t Phonolith in unterschiedlichsten Körnungen produziert werden. Anfang der 1950er Jahre wurde der Gemeindebruch hinzugepachtet. Hier kam auch erstmalig eine kleine Laderaupe der Fa. Deutz zum Einsatz; die noch heute erkennbare „Garage“ wurde am westlichen Eingang zum Gemeindebruch in den Felsen gesprengt. Ansonsten wurde der Phonolith weiterhin größtenteils in Handarbeit auf Loren verladen und über Feldbahngleise und Bremsberge zum Brecher transportiert. Neben der Gewinnung von Straßenschotter und Flussbausteinen wurden die kleineren Korngrößen wiederum zur Herstellung von Zementfertigteilen genutzt.



**Abb. 6:** Lageplan des Bruches zur Zeit der Wiederinbetriebnahme 1949 (nachträglich coloriert). Foto Eike Marzi / Original F. Wilhelm. **Fig. 6:** Site plan of the quarry at the time of its recommissioning in 1949 (subsequently colored). Photo Eike Marzi / Original F. Wilhelm.



**Abb. 7:** Blick auf den Kirchberg. Links von der Rheinebene nach Osten, in der Bildmitte die markante Braumhalde, um 1955 (A). Im Bild rechts Brecher und das Zementwerk von Nord-Osten, gut erkennbar das Eisenbahn-Portal, um 1960 (B). Reprofitos Eike Marzi / Originale F. Wilhelm. **Fig. 7:** View on the Kirchberg. Left side from the Rhine plain to the East, in the center of the picture the prominent Berge dump, around 1955 (A). On the right crusher and cement plant from the north-east, the railroad portal is clearly visible, around 1960 (B). Reproduction photos Eike Marzi / Originals F. Wilhelm.

Der kleine Gemeindebruch wurde zwischen 1950 und 1960 durch intensiven Abbau erweitert und mit dem Großen Bruch durchschlägig und bis auf das Niveau der ehemaligen Bruchsohle vertieft. Während der Phonolith in den zentralen Bereichen sehr hohe Druckfestigkeiten von bis über 3300kg/cm<sup>2</sup> aufwies, zeigte sich sowohl in den Randzonen Richtung Tephrit als auch im Bereich einer bis zu 4m mächtigen und annähernd O-W verlaufenden Störungszone der Phonolith ausgebleicht und deutlich porös. Eine zweite Störung strich SE-NW und war bis ca. 2m mächtig. Beide tektonischen Störungen kreuzten im Bereich des Gemeindebruches und beeinträchtigten hier die Gewinnung hochwertigen Gesteins zunehmend. Dies gab Anlass für entsprechenden Schriftverkehr zwischen Betriebsführer Panzer, Dr. W. Wimmenauer (damals GLA) und der Gemeinde Oberrotweil. Laut einer Stellungnahme von Wimmenauer war das alterierte, mit Kalkspat und Zeolithen angereicherte Gestein weder für Straßenschotter noch für Zementfertigteile geeignet. In den Randbereichen des ehemaligen Gemeindebruches steht dieses helle, nur geringe Festigkeit aufweisende Gestein teilweise heute noch an.

Nachdem der Phonolith auch unter der ehemaligen Stollen- bzw. Bruchsohle praktisch vollständig bis auf das Niveau der Tiefbausohle hereingewonnen war und im Gemeindebruch qualitativ geeignetes Gestein nicht mehr in ausreichender Menge anstand, wurde der Steinbruchbetrieb 1964/65 eingestellt. Probebohrungen zur Erschließung weiterer Vorräte in der Tiefe hat man nicht unternommen, einige kurze, horizontale Erkundungsstollen erreichten schon nach wenigen Metern jeweils die zersetzten Randzonen des Phonolithstockes. Am 31.03.2005 wurde dann auch die Herstellung von Zementfertigteilen eingestellt und der Betrieb endgültig liquidiert. Eine schon anvisierte Nutzung des Steinbruchgeländes als Mülldeponie konnte erst am 06.02.1991, nach Ausweisung von rund 10ha des Kirchberggeländes als Naturschutzgebiet, abgewendet werden. Neben dem Schutz der hier angesiedelten wärmeliebenden Vegetation wurde insbesondere für die rotflügelige Ödlandschrecke, Falke und Uhu ein Rückzugshabitat geschaffen.

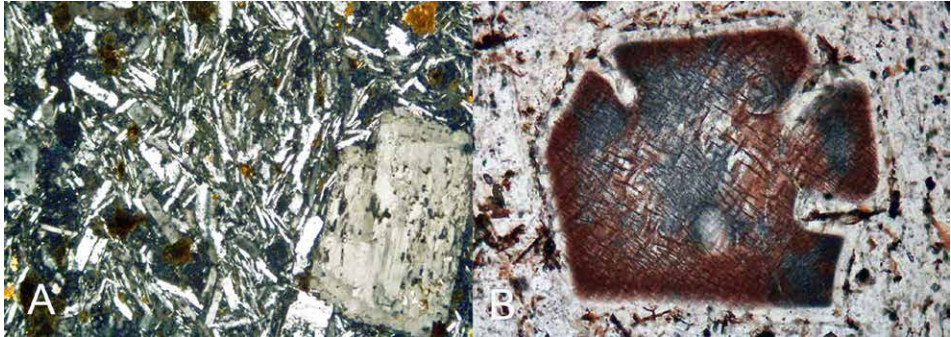
Für Lokalsammler wie auch für Wissenschaftler waren die durch den Steinbruchbetrieb erschlossenen Gesteine gleichermaßen von großem Interesse. Die damals wohl häufiger im Steinbruch anzutreffenden Geologen wurden ebenso wie die nicht so gerne gesehenen Mineraliensammler von den Steinbrucharbeitern etwas spöttisch als „Hämmerles-Leut“ bezeichnet. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass das gesamte Steinbruchareal heute auf Privatgelände liegt und als Naturschutzgebiet ausgewiesen ist. Grundeigentümer und Landwirte stehen geologisch Interessierten aber bei entsprechender Rücksichtnahme und Beachtung der Betretungsverbote bislang noch zurückhaltend freundlich gegenüber.

### 3. Die Geologie des Kirchberges

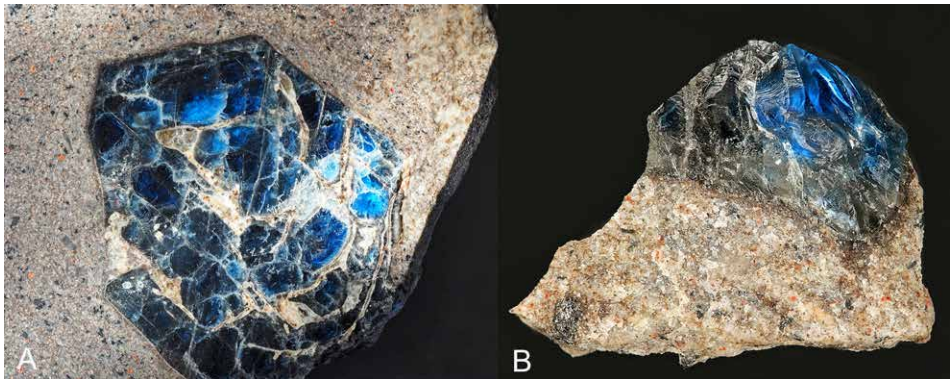
Auch wenn die Ortsangabe Kirchberg/Kaiserstuhl im geologischen Kontext vorwiegend mit dem bekannten Phonolith-Vorkommen assoziiert wird, hat dieses Gebiet Wissenschaftlern und geologisch Interessierten tatsächlich weit mehr zu bieten. Es sollen daher zunächst die lokalen Besonderheiten der unterschiedlichen, hier auf engstem Raum vorkommenden (Sub-)Vulkanite erläutert, sowie einige bislang unbekannte Aufschlüsse innerhalb und außerhalb des eigentlichen Steinbruchareales vorgestellt werden.

#### 3.1 Phonolith

Nach KNOP (1892) stand der Phonolith ursprünglich nur an der nordwestlichen Ecke des Kirchberges, in der Nähe der St. Pantaleons-Kapelle, sowie auf dem Bergrücken sichtbar an. Entsprechend war er bis zum Ende des 19. Jhd. noch weitestgehend von tephritischen Agglomeraten bedeckt. Heute lässt sich die ursprüngliche geologische Situation allenfalls noch an einem markanten Felssporn, welcher die Grenze zwischen dem ehemaligen Gemeindebruch und dem Alten Bruch markiert, errahnen. WIMMENAUER (2009) beschreibt hier eine, den Phonolith überlagernde Tuffbreccie mit einer ausgesprochen heterogenen Zusammensetzung und interpretiert diese als „...eine Art Hangschutt“ bzw. „...vulkanischen Schlammstrom (Lahar)“ (Abb. 5A). Der in der Aufsicht nierenförmige Phonolithkörper des Kirchberges ist als jüngere Bildung intrusiv in die Tephrit-Agglomerate aufgedrungen. Die maximale Ausdehnung erreicht 400 x 200m, die Ausdehnung in die Tiefe ist nicht bekannt. Der Kontakt gegen die Agglomerate zeigt nach Süden ein fast senkrechtes Einfallen, im Norden dagegen mit bis zu ca. 30°. Im ehemaligen Pulvermagazin war dieser Kontakt zwischen Phonolith (im Liegenden) und dem bedeckenden Tephrit-Agglomerat gut aufgeschlossen (Abb. 18). Der im frischen Zustand hellgraue, feinkörnige Phonolith besteht im Wesentlichen aus Alkalifeldspat und Foiden, vor allem Sanidin und Nephelin, sowie den akzessorische Bestandteilen Melanit, Titanit und Ägirin-Augit. Nach WIMMENAUER (1952) durchschnittlich „... 2 % Plagioklas, 61 % Alkalifeldspat, 28 % Foide, 3–4 % Ägirin bzw. Ägirinaugit, sowie je 1–2 % Calcit, Melanit und Wollastonit“. Als ein ortstypisches Merkmal weist die Gesteinsmatrix, neben kleinen Feldspat-Tafeln und Nephelin, Einsprenglinge der Hauyn/Sodalith-Gruppe auf (Abb. 8). Letztere wandeln sich unter atmosphärischen Einflüssen rasch in Zeolithe und Fe-Oxide um – und imponieren dann im Gestein als kleine rötliche Pünktchen. Zu Betriebszeiten wurden auch frische, blassblaue Sodalithe bis cm-Größe gefunden. Ein Ausnahmefund war ein vom Betriebsführer Panzer geborgenes Handstück mit einem großen tiefblauen Sodalith-Einschluss (Abb. 9). Schon früh wurde das Auftreten einer markanten „Tüpfelung“ mancher Phonolith-Bereiche beobachtet. Die Ursache dieser Pigmentierung konnte nicht eindeutig geklärt werden, eine Anreicherung von feinstverteiltem Bitumen wird diskutiert. Aktuell konnten SPÜRGIN et al. (2019) im Phonolith des Kirchberges neben Natrolith auch die Zeolithe Thomsonit, Gonnardit und Chabasit-Ca als typische Alterationsprodukte der phonolithischen Gesteinsmatrix nachweisen.



**Abb. 8:** Ortstypische Komponenten im Kircheng-Phonolith: Feldspat (singulärer Kristall am rechten Bildrand) und leistenförmige Nephelin xx bilden die wesentlichen Komponenten des Phonoliths (A), BB 2,0mm, (Dünnschliff). Hauyn-X mit Oxidations- und Korrosionserscheinungen im Dünnschliff, BB 950µm (B). Präparate und Fotos Kurt Gerling. **Fig. 8:** Locally typical mineral components in the Kircheng phonolite: feldspar (singular crystal at the right edge of the image) and lath-shaped nepheline xx form the main components of the phonolite (A), FOV 2.0mm, (thin section). Hauyn-X with signs of oxidation and corrosion in thin section, FOV 950µm (B). Specimens and photos Kurt Gerling.



**Abb. 9:** Ausnahmefunde: Hypidiomorpher Sodalith-Einschluss im Phonolith, BB 12cm (A). Slg. W. Wimmenauer. Foto Eike Marzi. Xenomorpher Hauyn-Einschluss im Phonolith, BB 10mm (B). Slg. / Foto Volker Betz. **Fig. 9:** Exceptional find: Hypidiomorphic sodalite inclusion in phonolite, FOV 12cm (A). Coll. W. Wimmenauer. Photo Eike Marzi. Xenomorphic hauyn inclusion in phonolite, FOV 10mm (B). Coll. / photo Volker Betz.

### 3.2 Tephritische Tuffe und Laven

Vorwiegend außerhalb, aber auch innerhalb des ehemaligen Steinbruchareals lassen sich am Kircheng unschwer die den Phonolith umgebenden, rötlichbraun bis schwarz gefärbten tephritischen Pyroklastite erkennen. Dieses am Westrand des KVC allgegenwärtige Gestein hat sich infolge eruptiver Vulkantätigkeit, bei der gluthelße Aschen und unterschiedlich große Gesteinsfragmente nach dem Auswurf sedimentiert und teils verschweißt wurden, gebildet. Postvulkanisch haben hydrothermale Prozesse, z.B. mit

sekundärer Bildung von Zeolithen und Calcit weiter dazu beigetragen, dass diese Ablagerungen zu einem mehr oder weniger widerstandfähigen Gestein verbacken sind. Pauschal werden derartige Gesteine oft auch als „Vulkan-Tuff“ bezeichnet. Je nach Komponentengröße und -form können jedoch Aschen-, Lapilli- und Bombentuffe, Tuffbrekzien und vulkanische Agglomerate unterschieden werden. Gut verfestigte, homogene Partien dieses Gesteins waren als Werkstein schon früh begehrt. Im nördlichen und nordöstlichen Bereich des Kirchberges, insbesondere im angrenzenden Gewann Steingrubenberg stehen, früher gut erschlossen, mächtige Lagen von Tephrit-Pyroklastit an. Heute sind diese im Gelände nur noch mit Mühe erkennbar. Wie der Name „Steingrube“ schon nahelegt, wurden hier bis ins 19. Jhd. Werksteine für den lokalen Bedarf gewonnen. Nach KNOP (1892) eignete sich das Gestein u.a. vorzüglich zum Bau von Zimmeröfen. In jüngerer Zeit (2008) erfolgten hier durch das LGRB wieder Erkundungsarbeiten und Probebohrungen zur möglichen Gewinnung von „Kaiserstühler Tuffstein“ für Restaurierungsarbeiten an historischen Gebäuden der Region (z.B. Breisacher Münster). Für Werksteine geeignetes, witterungsbeständiges Material war durch Kernbohrungen jedoch nicht in ausreichender Menge nachweisbar (WERNER et al. 2013).

Während am südlichen Kirchberg vorwiegend tephritische Agglomerate zu beobachten sind, steht in der nord-östlichen Bruchwand neben den Pyroklastiten auch ein bis mehrere Meter mächtiger, homogener Leucittephrit an. WIMMENAUER (1952) deutete diesen als „... große Tephrit-Sinkscholle“. Schon mit bloßem Auge fällt hier eine schwarmweise Anreicherung von cremefarbenen Leucit-Einsprenglingen in einer graurötlichen Matrix auf. Die Tephrit-Agglomerate am Nordwest- bzw. Südhang zeigen dagegen keinen makroskopisch erkennbaren Leucit-Anteil. Gesteine mit primärer (Gas-)Blasenbildung kommen nach bisherigem Kenntnisstand nur selten vor, kleine sekundäre Verwitterungs- bzw. Auslaugungshohlräume sind an den tephritischen Pyroklastiten von Nord- und Südflanke gelegentlich zu beobachten (Abb. 10). Die tephritischen Agglomerate des Kirchberges gelten in mineralogischer Hinsicht nicht eben als vielversprechend für Funde von gut ausgebildeten Kristallen. Mit etwas Mühe lassen sich aber durchaus (unspektakuläre) Belegstücke einer für Tephrit typischen Mineralisation finden.



**Abb. 10:** Tephrit-typische Paragenese am Kirchberg: Leucit- und Augit-reicher Tephrit, BB 28mm (A). Aragonit als strahlige, transparente xx auf kugeligem Calcit, BB 4,7mm (B). Chabasit als feinkristalliner Überzug in Tephrit-Druse, BB 6,1mm (C). Fotos Eike Marzi. **Fig. 10:** Tephrite typical paragenesis at the Kirchberg: Leucite- and augite-rich tephrite, FOV 28mm (A). Aragonite as radiating transparent xx on spherical calcite, FOV 4.7mm (B). Chabasite as fine crystalline coating in tephrite druse, FOV 6.1mm (C). Photos Eike Marzi.

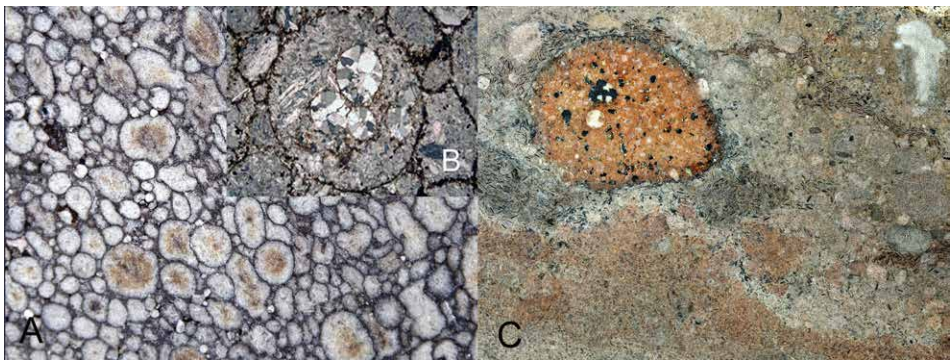


Sowohl dieses Gestein als auch die Mineral-Paragenese am Kirchberg zeigen große Ähnlichkeit mit den tephritischen Pyroklastiten im etwas weiter südlich gelegenen Steinbruch Büchsenberg bei Achkarren (MARZI 2017). Neben meist sehr kleinen Chabasit- und Phillipsit-Kristallen kommen insbesondere in stärker alterierten Gesteinspartien kugelige Calcit-Aggregate, strahlige Aragonite, sowie weiße, teils rhomboedrische Dolomit-Kristalle vor. Schichtsilikat-Mineralen der Smektit-Gruppe („Montmorillonit“) sind allgegenwärtig und treten meist in Form erdiger, gelblicher Krusten auf.

### 3.3 Karbonatite und Alvikite

Der überregional bekannte Fundort des seltenen Karbonatit-Lapillituffs befindet sich auf der Südseite des Kirchberges. Anstehendes Gestein ist nur in Ausnahmefällen, z.B. bei Wegebauarbeiten oder Rebneuanlagen zugänglich, aber Lesesteine des Lapilli-Tuffs lassen sich auch heute noch finden. Weiterhin kommen hier auch karbonatitische Tuffe und Laven vor, welche neben Karbonatit-Lapilli vereinzelt auch rundliche Tephritfragmente aufweisen (Abb. 11).

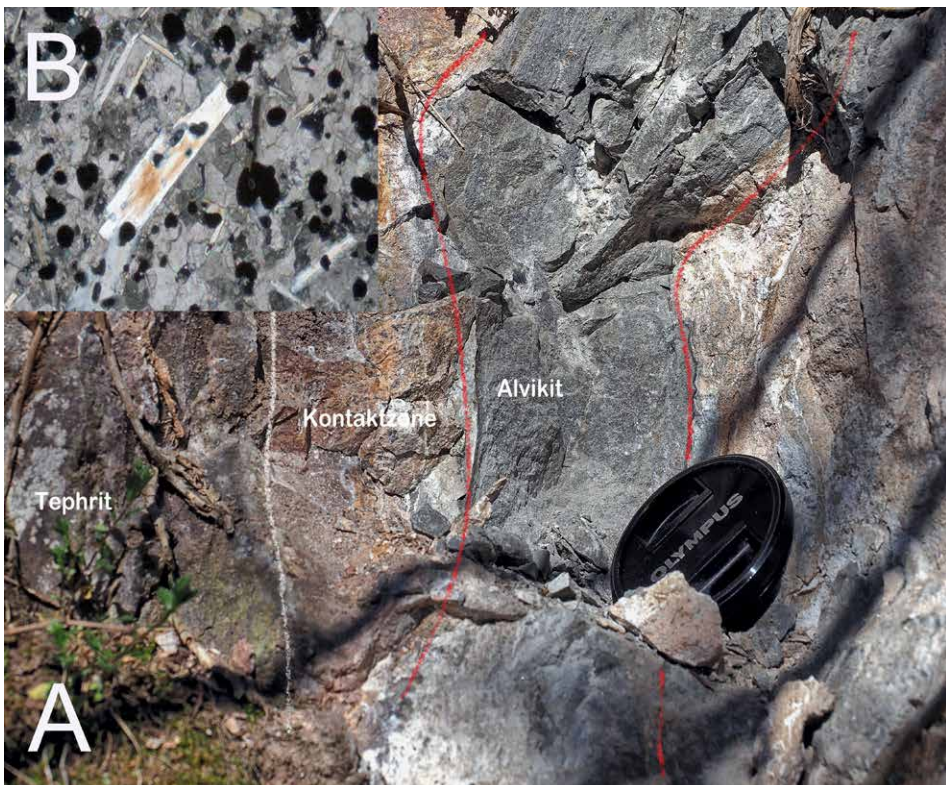
Viele Alvikit-Aufschlüsse im KVC sind mittlerweile infolge von Erosion, Verwitterung oder landwirtschaftlicher Überprägung nur noch schwer auszumachen. Als ein typisches Beispiel für „verloren gegangene“ Aufschlüsse ist hier ein bis 20cm mächtiger Karbonatit-Gang an der südöstlichen Flanke des Kirchberges zu erwähnen. Dieser war früher über etliche Meter im Gelände freiliegend erschlossen, wie historische Fotografien belegen (WIMMENAUER 2009), wurde jedoch bereits in den 1970er Jahren bei Kultivierungs-



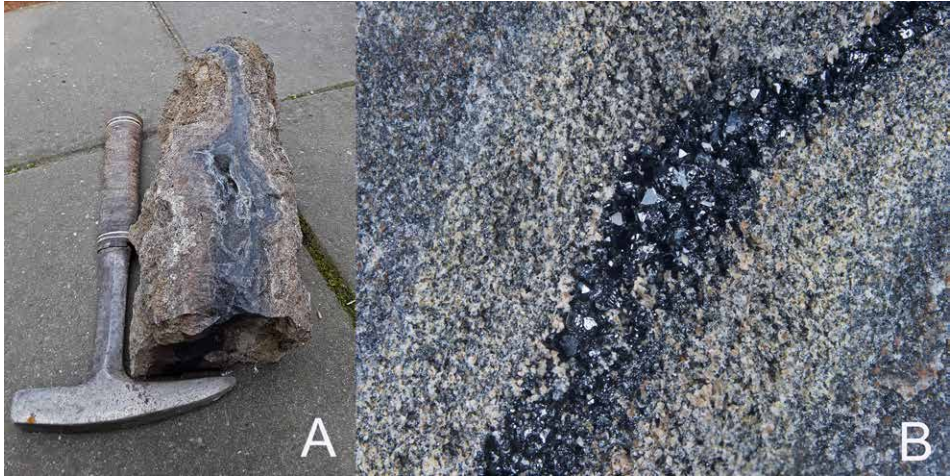
**Abb. 11:** Karbonatit-Lapillituff, Aufschluss A: Die Tropfenform der Auswürflinge ist im Anschliff gut erkennbar, BB 20mm (A), Foto Eike Marzi. Im Dünnschliff zeigen die Lapilli-Tröpfchen eine randbetonte Anreicherung von Magnetit, ehemalige Gasblasen im Zentrum eine sekundäre Calcit-Füllung, BB 3mm (B), (DS K 100.1), 17-74 XPL. Foto Kurt Gerling. Karbonatit (-Lava?) mit tropfenförmigem Tephrit-Fragment, Anschliff, BB 40mm (C). Foto Eike Marzi. **Fig. 11:** Carbonatite lapillite tuff, outcrop A: The drop shape of the ejecta is well recognizable in the polished stone cut, FOV 20mm (A). In thin section, the lapilli droplets show edge accretion of magnetite, former gas bubbles in the center a secondary calcite fill, FOV 3 mm, (DS K 100.1), 17-74 XPL. (B). Carbonatite (-lava?) with teardrop-shaped tephrite fragment, polished stone cut, FOV 40mm (C). Photo Eike Marzi.

arbeiten überdeckt. Die ungefähre Position ist in der Aufschlusskarte mit (?) markiert (Abb. 19). Im Phonolith aufsetzende Alvikite wurden bislang nicht festgestellt und auch in der Literatur nicht erwähnt. Die am Kirchberg bisher beprobten Alvikite zeigen deutlich voneinander abweichende Makro- und Mikrostrukturen.

Ein schmaler Alvikit von ca. 6–10cm Mächtigkeit steht etwas versteckt noch heute in Leucit-reicher Tephrit-Lava in der Nähe des Geländeeinschnittes an (Abb. 12). Dieser zeigt eine vom Aspekt noch weitgehend typische Primärstruktur. Der Übergang zum Tephrit wird durch eine max. 8–10cm messende rötlichbraune Kontaktzone aus alteriertem Tephrit markiert, ohne relevante Mineralneubildungen. Angedeutet ist eine lagige Struktur (banded alvikite) mit randbetonter Anreicherung dunkler Minerale (v.a. Magnetit) erkennbar. Im benachbarten Aufschluss B lässt die gangförmige Breccie mit karbonatitischen „Schlieren“ in einer bis 0,5m breiten Zone zwar auf einen mächtigeren Gang schließen,



**Abb. 12:** Alvikit, Aufschluss B, Mächtigkeit ca. 10cm, schmale Kontaktzone zum Tephrit (A), Foto Eike Marzi. Im Dünnschliff Magnetit und Glimmer als typische Komponenten, (DS K 177/D), 32-69 XPL 10x, BB 1200µm (B). Präparat und Foto Kurt Gerling. **Fig. 12:** Alvikite, outcrop B, thickness about 10cm, narrow contact zone to tephrite (A). Photo Eike Marzi. In thin section magnetite and mica as typical components, (DS K 177/D), 32-69 XPL 10x, FOV 1200µm (B). Photo Kurt Gerling.



**Abb. 13:** Stark alterierter Alvikit, Aufschluss E, mit Kontaktzone und zentraler Drusen-Bildung (A). Rechts schlierenförmige Anreicherung hochglänzender Magnetit xx im Karbonatit, Aufschluss E (B). BB 14mm, (ϕ). Fotos Eike Marzi. **Fig. 13:** Heavily altered alvikite, outcrop E, showing contact zone and central druse formation (A). Right, striated enrichment of highly lustrous magnetite xx in carbonatite, outcrop E (B). FOV 14mm, (ϕ). Photos Eike Marzi.

dessen Primärstruktur war aber nirgends erkennbar aufgeschlossen. Möglicherweise stellt eine sehr Calcit-reiche Zone (Km) den Rest eines ehemaligen karbonatitischen Ganges dar (Abb. 28). Ein weiterer, im Tephrit-Pyroklastit der nordwestlichen Ecke des Kirchberges anstehender Alvikit (Aufschluss E) ist geländebedingt nur sehr limitiert zugänglich und zeigt neben einer stark wechselnden Mächtigkeit ebenfalls Zeichen einer tiefgreifenden Alteration (Abb. 13). Schon makroskopisch zeichnen sich hier deutliche Abweichungen von Struktur und üblichen Mineralbestand anderer Alvikite ab. Durch die ausgeprägte Metamorphose sind Rückschlüsse auf die ursprüngliche Struktur dieses gangförmigen Karbonatits kaum noch möglich. Pyrochlor, als ein wichtiges Indikatormineral hinsichtlich der Beurteilung magmatischer, als auch hydrothermalen Prozesse in Karbonatiten (MARKL 2018), konnte trotz intensiver Beprobung und Durchsicht zahlreicher Dünnschliffe bisher nicht nachgewiesen werden.

Seit der von HUBBERTEN (1987) veröffentlichten Untersuchung der C/O-Isotopen-Ratio an Alvikiten des Kirchberges, zur möglichen Differenzierung zwischen subvulkanischen und oberflächennahen Kristallisationslevels, gab es keine weitere wissenschaftliche Bearbeitung mehr. Interessant für die nachfolgenden Betrachtungen ist seine damalige Feststellung, dass die Alvikite am Kirchberg durch vermutlich Oberflächenwasser-induzierte Rekristallisation bereits eine erhebliche Metamorphose erfahren haben.

Von den Karbonatit-Gängen abzugrenzen sind bis über Dezimeter mächtige Kalkadern, welche in allen magmatischen Gesteinen des Kaiserstuhls weit verbreitet sind (WIMMENAUER 2010) und auch am Kirchberg vorkommen. Neben Calcit und Tonmineralien enthal-

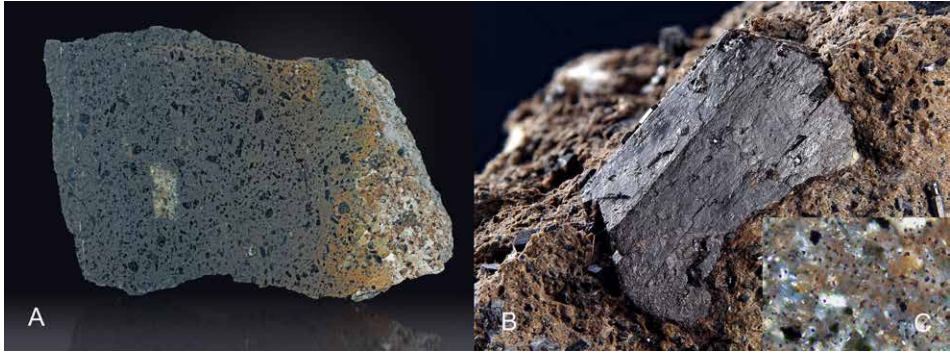
ten sie gelegentlich auch Opal. Ihre Entstehung geht vermutlich auf die Verwitterung von Ca-Silikaten basischer (Sub-)Vulkanite zurück. Kleinste Tephrit-Fragmente und eingeschlossene Augite geben Hinweis auf das Nebengestein und werden als eingeschwemmte Komponenten interpretiert. Im Dünnschliff zeigen solche Kalkadern typischerweise eine recht homogene Matrix.

### 3.4 „Essexitisch-theralitischer“ Gang\* mit assoziierter Kalkader

Im Geländeeinschnitt zum Bremsberg II ist ein bis 1m mächtiges, stark zersetztes und bislang noch nicht näher untersuchtes Monchiquit-artiges Ganggestein angeschnitten (Abb. 14). In der geologischen Karte (WIMMENAUER 2003) ist dieser Dyke mit *Ep\** markiert. Früher soll hier auch eine Phonolith-Monchiquit-Breccie erkennbar gewesen sein. Dünnschliffe an noch frischeren Proben dieses Gesteins zeigen einen sehr hohen Anteil von vulkanischem Glas in der Matrix. Neben Magnetit und Augit, letzterer auch in bis 15mm großen, idiomorphen Kristallen, wurden selten xenomorphe, rauchgraue Quarz-Einsprenglinge beobachtet, Olivin war nicht nachweisbar. Es wird vermutet, dass hier ein Olivin-freier Monchiquit vorliegen könnte (Abb. 15). Nach aktueller Nomenklatur wären sowohl Camptonit als auch Monchiquit den Lamprophyren zuzuordnen. Monchiquit (basanitisch lamprophyre) wird zu den ursprünglichsten magmatischen Gesteinstypen des KVC gezählt, eine Bildungstemperatur von  $> 1100^{\circ}$  wird angenommen (BRAUNGER 2018). Zwischen diesem Gestein und dem angrenzenden Phonolith ist eine bandförmige, gangartig wirkende Calcitader erkennbar. In dieser amorphen Calcit-Matrix sind diverse, stark alterierte Gesteinsfragmente eingeschlossen. Die schlierenförmige Rotfärbung ist ver-



**Abb. 14:** Monchiquit-Gang: Links Geländesituation 2020, Phonolith (PH), Monchiquit-Gang (M) und Kalkader (K). Rechts Anschliff eines Handstückes der Kalkader, oben das dunklere, stark alterierte Ganggestein, BB 12cm. Fotos Eike Marzi. **Fig.14:** Monchiquite dyke: Left, terrain situation 2020, phonolite (PH), monchiquite dyke (M) and calcitic vein (K). Right, polished section of a hand specimen of the calcitic vein, at the upper rim the darker, strongly altered monchiquite, FOV 12cm. Photos Eike Marzi.



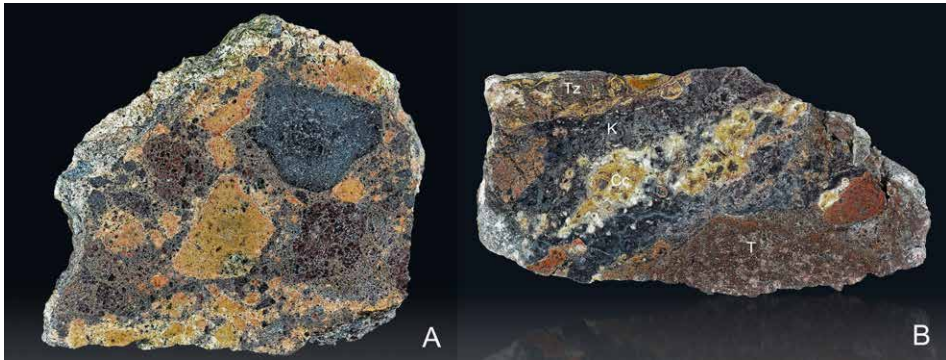
**Abb. 15:** Monchiquit: Randlich alterierter Anschlag, BB 10cm (A). Großer Augit-Phänokristall in der Matrix, BB 21 mm (B). Fotos Eike Marzi. Im Dünnschliff rechts unten ist der hohe Anteil von vulkanischem Glas in der Matrix erkennbar, BB 2200µm (C). Foto Kurt Gerling. **Fig. 15:** Monchiquite: Marginally altered cut, FOV 10cm (A). Large augite phenocryst in matrix, FOV 21 mm (B). Photos Eike Marzi. In the thin section on the lower right, the high content of volcanic glass in the matrix is visible, FOV 2200µm (C). Photo Kurt Gerling.

mutlich auf Hämatit-Einlagerungen zurückzuführen. Als mögliche Erklärung für die Entstehung dieser Kalkader wäre eine sekundäre Calcit-Abscheidung durch niedrig-hydrothermale Bildung karbonatischer Ca-Mineralen anzunehmen, welche bei Verwitterung der Glas-reichen Matrix basischer Magmatite entstehen. Hinweise auf einen anstehenden Alvikit gibt es an diesem Aufschluss aber definitiv nicht. Eine wohl ähnliche, calcitische „...Salband“-Bildung beschreibt SOELLNER (1913) auch für einen, heute nicht mehr aufgeschlossenen „Monchiquit“-Gang im Phonolith von Bötzingen.

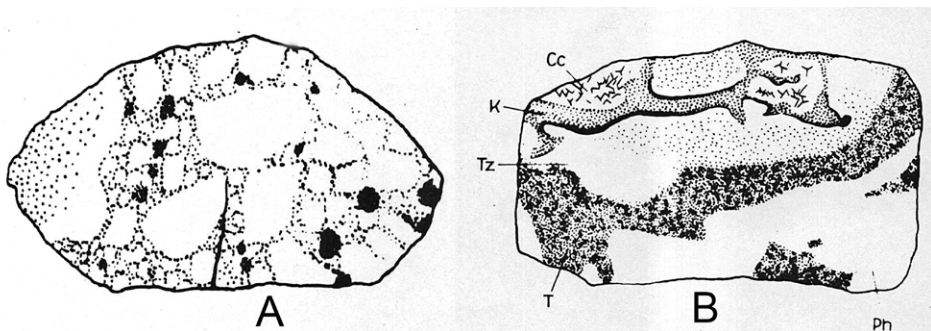
#### 4. Kontaktzonen und deren Aufschlüsse am Kirchberg

Bislang wurde den verschiedenen Kontaktbereichen der unterschiedlichen, am Kirchberg vorkommenden Gesteine kaum Beachtung geschenkt. Bekannt ist aber die zwischen der Phonolith-Intrusion und den tephritischen Pyroklastiten erkennbare, bis zu mehrere Meter mächtige Zone mit ausgebleichtem, alteriertem Phonolith von geringer Festigkeit. In manchen Bereichen dieser Gesteinsgrenze besteht eine lokale Anreicherung tephritischer Einschlüsse im Phonolith. Eine solche „...einschlussreiche Zone“ hat WIMMENAUER bereits um 1950 ca. 50m westlich des Bremsberges II beobachtet (Abb. 17). Hier sind Phonolith- und Tephrit-Fragmente durch einen „...schlierenförmigen Karbonatit“ verkittet, teilweise auch Phonolith-Fragmente „...breccienartig“ in einer karbonatitischen Matrix eingeschlossen. Auch im ehemaligen Pulverstollen (Abb. 19) ist der Übergang vom Phonolith zum angrenzenden Tephrit-Agglomerat gut erschlossen, neben „...bunten“, stark alterierten Tephrit- und Phonolith-Fragmenten konnte hier aber auch eine Breccie mit ausgeprägt kantigen Tephrit-Fragmenten festgestellt werden. In der Habilitationsschrift von WIMMENAUER (1952) finden sich Skizzen von Gesteinshandstücken, welche aus solchen „einschlussreichen Zonen“ stammen. Dabei weisen seine

Zeichnungen große Ähnlichkeit mit Gesteinsproben auf, welche nach der Stilllegung des Bruches ebenfalls aus brecciösen Zonen geborgen wurden (Abb. 16). Auch Alvikite wurden von ihm beschrieben, ohne dass er näher auf deren Kontaktzonen zu angrenzenden Gesteinen eingegangen ist. Am Kirchberg existieren neben dem eigentlichen Steinbruchgelände mehrere, teils landwirtschaftlich überprägte, teils inzwischen unzugängliche oder nur temporär zugängliche Aufschlüsse von petrografischem und mineralogischem Interesse. Diese sollen erstmalig zusammenfassend beschrieben werden, da sich bisherige geologische und mineralogische Veröffentlichungen im Wesentlichen auf die Phonolith-Intrusion beziehen.



**Abb. 16:** „Bunte“ Breccien im Anstehenden von Kontaktzonen: Links Agglomerat aus stark alterierten Phonolith- und Tephrit-Fragmenten, Aufschluss altes Pulvermagazin, BB 10cm (A). Rechts tephritische Gesteinsfragmente (T), von „Karbonatit-Schlieren“ (K) verkittet. Aufschluss B, BB 16cm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 16:** „Variegated“ breccias in the outcrop of contact zones: Left agglomerate of strongly altered phonolite and tephrite fragments, outcrop old explosives magazine, FOV 10cm (A). On the right, tephritic rock fragments (T), cemented by „carbonatite streaks“ (K). Outcrop B, FOV 16cm (B). Photos Eike Marzi.



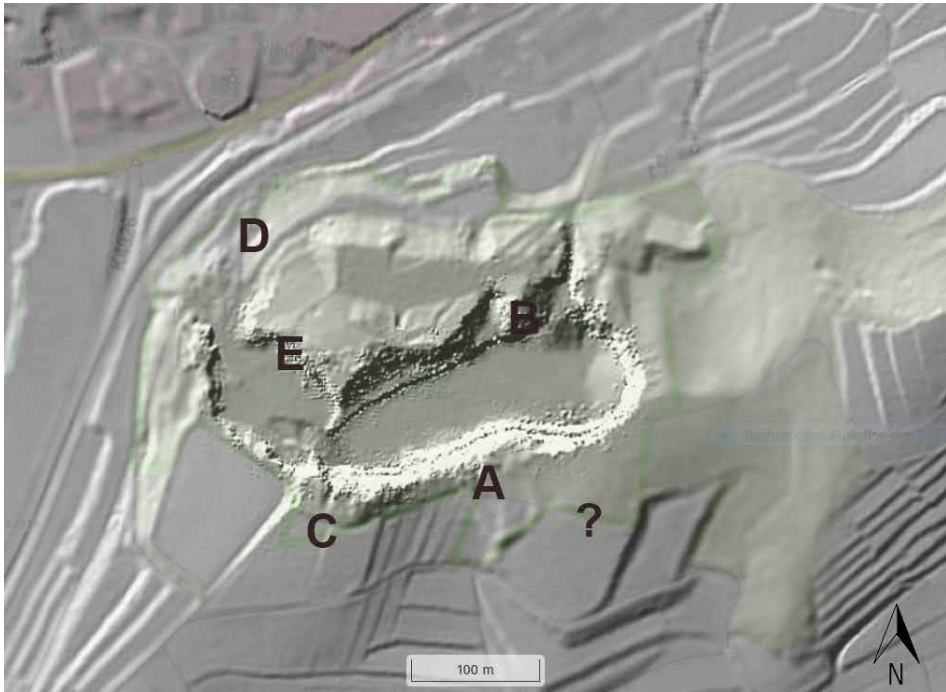
**Abb. 17:** Breccien – historische Funde aus den „einschlussreichen Zonen“: Skizzen aus WIMMENAUER (1952) zeigen eine auffallende Ähnlichkeit mit den aktuellen Funden oben. Breite Probe A ca. 12cm, Probe B ca. 20cm. **Fig. 17:** Breccia – historical finds from the „inclusion-rich zones“: sketches from WIMMENAUER (1952) show a striking similarity with the current finds above. Size of sample A ca. 12cm, sample B ca. 20cm.



**Abb. 18:** Kontakt Phonolith- Tephrit: Eindrucksvoll erschlossen im ehemaligen Sprengstoffmagazin. Im Liegenden der Phonolith (rote Punkt-Linie), darüber im Hangenden eine brecciöse Zone mit z.T. über 1m großen, rötlich-braunen Tephrit – Schollen. Foto Eike Marzi. **Fig. 18:** Contact phonolite-tephrite: Impressively developed in the former explosives magazine. The phonolite (red dotted line) forms the base, above it a brecciated zone with reddish-brown tephrite rock floes, some of which are more than 1m in size. Photo Eike Marzi.

Seit der Stilllegung des Steinbruches 1965 bestehen am Kirchberg eigentlich keine Fundmöglichkeiten mehr für Mineralien, allenfalls kleine „Melanit“-Kristalle können noch mit etwas Glück im westlichen Bruchbereich aufgesammelt werden. Im Rahmen von Wegebaumaßnahmen, Rebflurbereinigungen, Biotopanlagen (z.B. für die Ödlandschrecke) und bei aufmerksamen Geländebegehungen gelangen jedoch auch später, innerhalb und außerhalb des eigentlichen Steinbruchgeländes, immer wieder Funde von bislang hier nicht bekannten Mineralien in den meist nur kleinräumigen Aufschlüssen. Zunächst sollen diese Aufschlüsse und ihre geologischen Besonderheiten dargestellt werden, auf den detaillierten Mineralbestand wird dann in den nachfolgenden Kapiteln eingegangen. Die Buchstabenkennzeichnung der Aufschlüsse erfolgt chronologisch.

**Aufschluss A** (N 48°04.909' / E 007°36.925') ist der petrologisch bedeutendste und schon lange bekannte Aufschluss außerhalb des eigentlichen Steinbruches. Die Fundstelle des **Karbonatit-Lapillituffes** liegt auf der Südseite des Kirchberges. Dieses Vorkommen ist noch heute für Wissenschaftler und geologisch Interessierte eines der be-



**Abb. 19:** Steinbruch Kirchberg: Westlich der „Gemeindebruch“, östlich der „Große Bruch“. Die markierten Aufschlüsse in den Randbereichen des Kirchberg-Phonoliths werden im Text erläutert. Datenquelle Karte: Geoportale BW, LGL, ([www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de)). **Fig. 19:** Kirchberg quarry: To the west the „Gemeindebruch“, to the east the „Große Bruch“. The marked outcrops in the marginal areas of the Kirchberg phonolite are explained in the text. Data source Map: Geoportale BW, LGL, ([www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de)).

kanntesten Exkursionsziele im Kaiserstuhl. Lesesteine sind meist problemlos zu finden, Reste von anstehendem Lapilli-Tuff sind noch in einer Böschung erkennbar. Der direkte Kontakt zum angrenzenden Tephrit bzw. Phonolith ist auf Grund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung leider nicht mehr auffindbar. Eine umfassende Darstellung der Genese dieses außergewöhnlichen Gesteins findet sich bei KELLER (1981).

**Aufschluss B** (50m w Pkt. N 48°05.007' / E 007°36.947') wurde um 1980 in einer Bruchwand, im Niveau der nicht mehr existenten 225m-Bruchsohle vom Mineraliensammler P. Reiter / Denzlingen entdeckt. Einige Jahre später konnte an der gleichen, heute aber praktisch nicht mehr zugänglichen Stelle, durch den Autor, sowie B. Gassmann nochmals weiteres Material geborgen werden. Es spricht einiges dafür, dass dieser Aufschluss im Bereich der von WIMMENAUER (1952) beschriebenen „...einschlussreichen Zone... westlich des Bremsberges“ liegt. Die Aufschlussverhältnisse waren offensichtlich schon um 1950 „...unübersichtlich“ und schwierig zu interpretieren, bereits damals fiel die gangartige Struktur dieser Breccie auf.



**Aufschluss C** (N 48°04.489' / E 007°36.832') entstand im März 2009 bei einer kleinflächigen Flurbereinigung und Neuanlage eines Wirtschaftsweges (Weingut Salwey) am Südhang des Kirchberges. In unmittelbarer Nähe zum Vorkommen des Lapilli-Tuffes wurde für kurze Zeit tephritisches Gestein freigelegt. Es existieren nur sehr wenige Proben von diesem Aufschluss, einige wurden dem Autor freundlicherweise von K. Schneider / Teningen zur Verfügung gestellt. In den meist sehr kleinen Hohlräumen des Tephrits treten die im westlichen Kaiserstuhl häufig vorkommenden, und hier 1971 von FRICKE beschriebenen Zeolithe Chabasit und Phillipsit als winzige Kristalle auf, teilweise begleitet von Aragonit und kugeligen Calcit- bzw. Dolomit-Aggregaten. Karbonatit war nicht zu finden. Lesesteine eines sehr stark ausgebleichten, fast weißen Phonoliths zeigen neben Tephrit-Einschlüssen vereinzelt kleine mineralisierte Kluff- und Lösungshohlräume. Ein Einzelfund blieb der Fund eines auffällig gebänderten, stark metamorph überprägten Gesteins unklaren Ursprungs (vermutlich ein Xenolith).

**Aufschluss D** (N 48°05.043' / E 007°36.748') Im Winter 2012/2013 wurde ein auf der Nordwest-Ecke des Kirchberges gelegenes Flurstück (Weingut Salwey) im Bereich der ehemaligen, seit Jahren abgetragenen, Haldenschüttung vor dem „Alten Bruch“ (Abb. 7A) gerodet und mit Reben bepflanzt. Hier war ursprünglich die teilweise mehrere Meter mächtige Kontaktzone zwischen dem bedeckenden tephritischen Agglomerat und dem Phonolith-Körper aufgeschlossen. Die Arbeiten waren jedoch schon nach kurzer Zeit abgeschlossen, insofern gab es kaum Gelegenheit, anstehende Gesteinsformationen intensiver zu beproben. Sowohl aus dem Rebhang als auch von dem westlich angrenzenden Felssporn (Abb. 5A) konnte von B. Gassmann aber umfangreiches Probenmaterial aufgesammelt werden. In Hohlräumen des tephritischen Agglomerats wurde eine typische Zeolith-Paragenese gefunden. Tephrit-Fragmente, welche einen hellen Kontaktsaum („Rinde“) und eine deutlich ausgeprägte Alteration aufweisen, zeigen in den seltenen Hohlräumen oder auf Kluffflächen dagegen eine Mineralparagenese, welche in Tephrit hier ansonsten noch nicht zu beobachten war. Im Jahr 2020 wurde im gleichen Bereich, am Fuße des Rebhanges, ein kleiner Aufschluss (**D2**) im tephritischen Pyroklastit als Habitat für die Ödlandschrecke angelegt. Hier konnte ebenfalls eine ungewöhnliche Mineralparagenese im stellenweise deutlich metamorph veränderten Tephrit festgestellt werden, allerdings waren auch hier weder phonolithische Einschlüsse noch ein Alvikit im Anstehenden eindeutig nachweisbar.

**Aufschluss E** (N 48°05.008' / E 007°36.750') wurde im Dezember 2019 eher zufällig entdeckt. Im Randbereich des ehemaligen „Alten Bruches“ nahe dem alten Pulverstollen konnten Reste eines in der Bruchwand anstehenden Alvikits im Grenzbereich von Phonolith zum Tephrit-Pyroklastit nachgewiesen werden. Diese Kontaktzone liegt eventuell in dem Bereich, welcher in einem Nebensatz bereits 1952 von WIMMENAUER erwähnt wurde: „...einige Meter westlich des Magazins im Gebüsch ist der Phonolith sehr reich an Einschlüssen, fast breccienartig ausgebildet“.

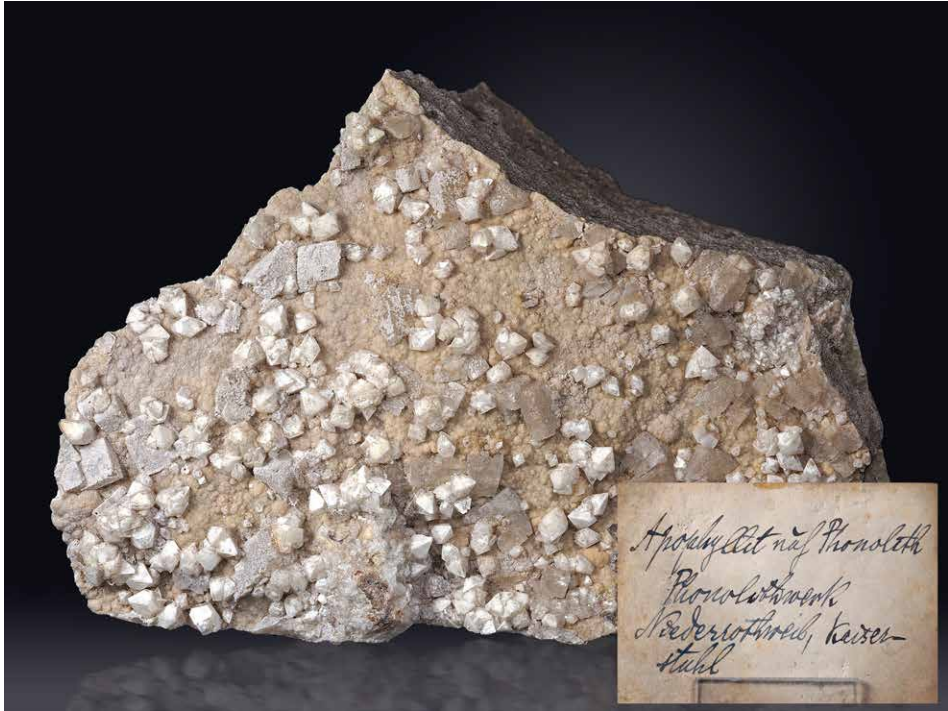
Am südwestlichen Abhang des Kirchberges zeichnet sich im Rebhang eine kleine plateauförmige Erhebung ab, im Volksmund das „blutte Bücke“ genannt. Nach WIMMENAUER (pers. Mitteilung) handelt es sich hier vermutlich um eine weitere, kleine domförmige Karbonatit-Intrusion. Eine Beprobung ist auf Grund der landwirtschaftlichen Nutzung aber nicht möglich, Funde von aufschlussreichen Lesesteinen sind dem Autor bisher nicht gelungen.

## 5. Historische Mineralfunde aus dem Phonolith

Alle bislang vom Kirchberg beschriebenen Minerale stehen in direktem Bezug zum Phonolith. Tektonische Klüfte waren hier selten, meist handelte es sich nach WIMMENAUER (1952) um Absonderungsklüfte. Vor allem auf letzteren waren in der aktiven Betriebsphase häufig Minerale zu finden. Erste Mineralerwähnungen finden sich bei JAHN (1912), später werden von OSANN (1924) aus dem Phonolith „...edler Opal“ und Apophyllit in „...sehr gut ausgebildeten, bis 1cm großen Kristallen (111) (100) mit Natrolith“ beschrieben. Natrolith und Calcit kamen häufig vor, nicht selten mit Hyalit vergesellschaftet. Der Kirchberg galt als bekanntes Vorkommen von Apophyllit, es wurden Handstücke mit exzellent ausgebildeten Kristallen geborgen. Solche Stufen, welche schon zu Anfang des 20. Jhd. und dann vermehrt auch in den 1950er Jahren den Weg in zahlreiche Sammlungen gefunden haben, machten den Fundort sogar überregional bekannt.

Auch die flächenreichen braunschwarzen „Melanite“ auf Spalt- und Kluffflächen des Phonoliths waren weit verbreitet und bei Sammlern beliebt. Funde von Milch- und Edelopal sind dokumentiert. Ein vom damaligen Betriebsführer Panzer geborgener Edelopal in Schmuckstein-Qualität war aber vermutlich ein Solitärereignis. Dessen umfangreiche Sammlung wurde dem Mineralogischen Institut der Universität Freiburg gestiftet, diese ist inzwischen aber wohl nicht mehr vorhanden, insofern konnten hier bedauerlicherweise keine entsprechenden Fotos angefertigt werden. Funde von Ägirin-Augit und Titanit galten unter Lokalsammlern zu Betriebszeiten als Rarität – sie wurden ausschließlich im Bereich von Grundgebirgseinschlüssen beobachtet. Im Jahr 1988 hat FRICKE in der Zeitschrift „*Der Aufschluss*“ eine Übersicht der damals vom Kirchberg bekannten Mineralien veröffentlicht.

Historische Stufen von diesem Fundort sind in Sammlungen heutzutage nur noch selten vertreten und es ist zu vermuten, dass zahlreiche Stücke aus kleinen privaten Lokalsammlungen im Rahmen des Generationenwechsels „verloren gegangen“ sind. Allerdings hat der engagierte Sammler J. Hörth / Bühl über viele Jahre hinweg Kirchberg-Stufen aus bekannten Mineralien-Kollektionen der Region zusammengetragen (Sammlungen Metz, Fricke, Schmid u.a.) und etliche Fundstücke dieses Vorkommens für die Nachwelt bewahrt.



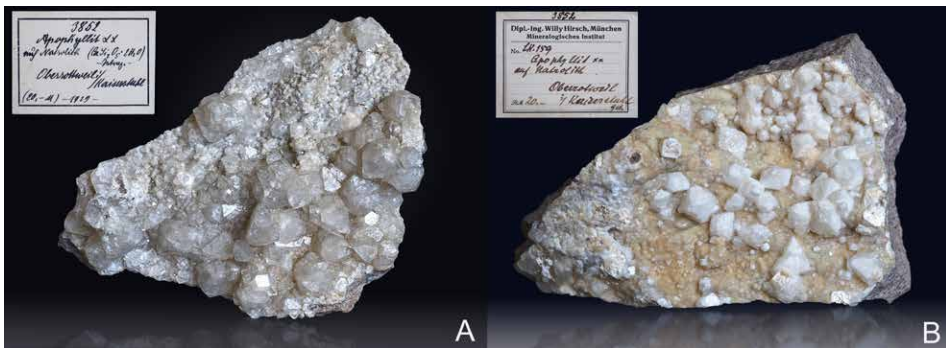
**Abb. 20:** Klassische Kirchberg-Stufe, Sammlung Schalch, Museum Allerheiligen / Schaffhausen. Weiße Apophyllit xx mit Calcit auf beige Natrolith-Pusteln, BB 14cm. Foto Eike Marzi. **Fig. 20:** Classic Kirchberg specimen, Schalch Collection, Museum Allerheiligen / Schaffhausen. White apophyllite xx with calcite on beige natrolite pustules, FOV 14cm. Photo Eike Marzi.

**Natrolith** bildet meist kugelig-traubige Aggregate in einer breiten Farbpalette von perlweiß, beige, gelblich, rosa, orange bis zu einem kräftigen korallenrot. Typisch waren Klufbeläge von kurzprismatischen, warzigen oder feingigelförmigen Aggregaten, welche eine teils samtartige Oberfläche bildeten. Eher selten wurden dagegen langprismatische, weiße, nadelige Kristallen bis 5mm gefunden. Bei manchen Natrolith-Kristallen fiel eine ungewöhnlich hohe Doppelbrechung auf, so dass bereits WIMMENAUER (1952) die Vermutung äußerte, es könne hier neben Natrolith auch Thomsonit vorliegen.

**Apophyllit** ist das wohl bekannteste Mineral dieses Vorkommens. Erstmals von JAHN (1912) wie folgt beschrieben: „...Gelegentlich einer Excursion mit Herrn Prof. Bücking wurden im Sommer 1910 bei dem Mineralienhändler König in Oberbergen eine Reihe von Stufen erworben, die dem großen Phonolithsteinbruche am Kirchberg bei Niederrotweil entstammen und zahlreiche, bis 8 mm große Krystalle von Apophyllit aufweisen. Die größeren sind meist schwach getrübt, die kleineren hingegen völlig durchsichtig, bisweilen an den Ecken braun gefärbt und besitzen vollkommen glatte und gutspiegelnde Flächen. Die Krystalle zeigen die einfache Combination von  $p\{111\}$  und  $a\{100\}$ . Die Unterlage des

Apophyllits besteht meist aus kleinen Natrolithkristallen, die auf dem Phonolith einen sammetartigen Überzug bilden.“

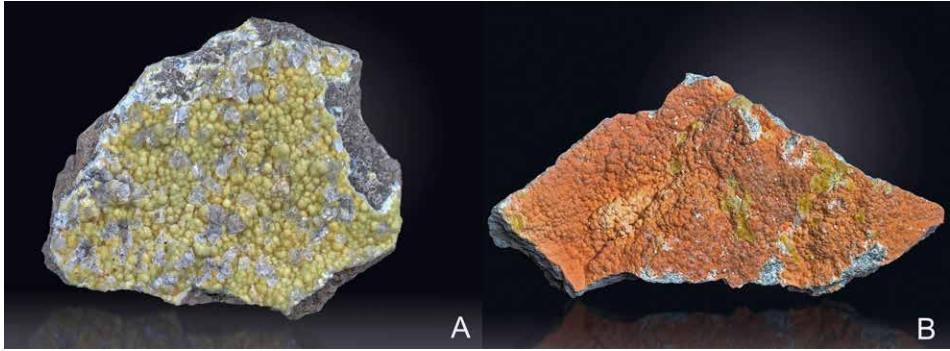
Vor allem in den 1950er Jahren wurden auf der Tiefbausohle nochmals exzellente Kristalle bis 15mm Größe gefunden. Es gab sowohl wasserklare als auch weiße Kristalle, letztere meist mit typischem Perlmuttglanz, als Rarität kam auch rosafarbener Apophyllit vor. Allerdings sind dem Autor bisher keine Untersuchungen bekannt, welche Minerale der Apophyllit-Gruppe hier exakt vorliegen.



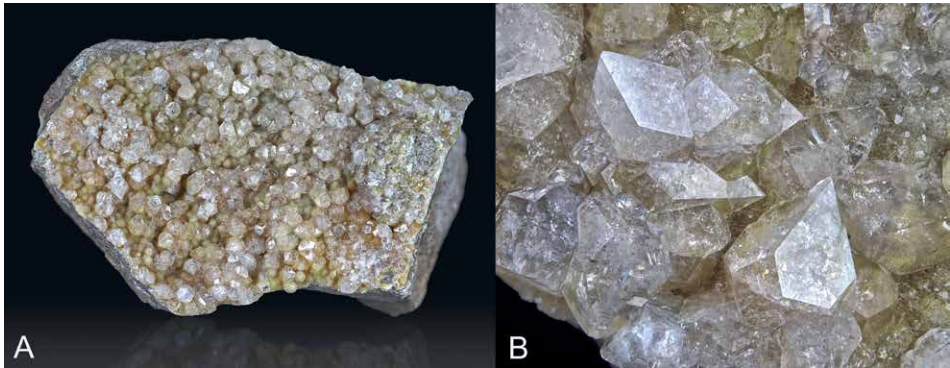
**Abb. 21:** Historische Kirchberg-Stufen, Sammlung Hörth: Transparenter Apophyllit, BB 10cm, Etikett von 1919 (A). Weißer Apophyllit auf Natrolith, BB 9 cm, ex Slg. Hirsch, um 1910 (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 21:** Historical Kirchberg specimens, Hörth collection: Transparent apophyllite, FOV 10cm, label from 1919 (A). White apophyllite on natrolite, FOV 9 cm, ex Slg. Hirsch, around 1910 (B). Photos Eike Marzi.



**Abb. 22:** Das häufigste Mineral vom Kirchberg: „Melanit“ auf Phonolith, Fund um 1950. Höhe ca. 4,5cm (A). „Melanit“ xx auf Phonolith, BB 4,3mm, Fund 1995 (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 22:** The most common mineral from Kirchberg: „Melanite“ on phonolite, height approx. 4.5 cm, find around 1950, (A). „Melanite“ xx on phonolite, FOV 4.3mm, find 1995 (B). Photos Eike Marzi.

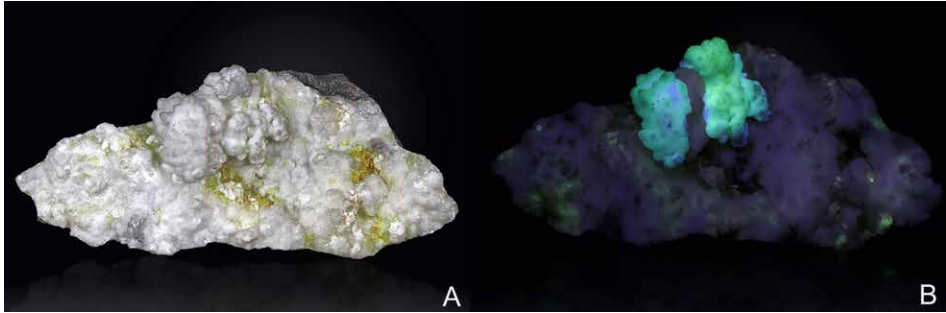


**Abb. 23:** Der eigentlich farblose Natrolith zeigte gelegentlich kräftige Färbungen. Links gelber, kugelig ausgebildeter Natrolith mit Calcit, BB 8cm, um 1950 (A). Foto Eike Marzi. Rechts orange-roter Natrolith mit gelben Calcit xx, BB 14cm (B). Slg. Hörth / Foto Eike Marzi. **Fig. 23:** The usually colorless natrolite occasionally showed strong colorations. Left yellow, spherical natrolite with calcite, FOV 8cm, around 1950 (A). Right orange-red natrolite with yellow calcite xx, FOV 14cm (B). Coll. Hörth / Photos Eike Marzi.



**Abb. 24:** Das wohl bekannteste Mineral vom Kirchberg: Apophyllit auf Natrolith, BB 11cm, um 1960 (A). Rechts Ausschnitts-Vergrößerung, BB 22 mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 24:** Probably the most famous mineral from Kirchberg: Apophyllite on natrolite, FOV 11cm, around 1960 (A). Right detail enlargement, FOV 22mm (B). Photos Eike Marzi.

**Calcit** als Kluffüllung ist im Gestein allgegenwärtig und begleitet alle vorkommenden Minerale. Ähnlich wie im Phonolith von Bötzingen kamen auch hier pseudowürfelige Rhomboeder (0332), gelegentlich mit Phantombildung vor. JAHN (1912) schreibt dazu: „...neben dem Apophyllit finden sich noch Calcitkristalle, die meistens gelblich-braun gefärbt sind und das Rhomboeder/ $\{0221\}$  zeigen. An einer Stufe fand ich Calcitrhomboeder, die annähernd Würfelgestalt besitzen und nach der Basis verzwilligt sind. Die Rhomboederflächen sind zwar glänzend, jedoch so stark gekrümmt, daß genaue Messungen nicht vorgenommen werden konnten“.



**Abb. 25:** Vergleichsweise selten waren Mineralstufen mit weißen oder gelben Calcit xx und Hyalit. Letzterer fällt unter UV-Licht durch eine kräftig grüne Fluoreszenz auf (B). BB 9cm. Fotos Eike Marzi. **Fig. 25:** Comparatively rare were mineral specimens with white or yellow calcite xx and hyalite. The latter stands out under UV light by a strong green fluorescence (B), FOV 9cm. Photos Eike Marzi.



**Abb. 26:** Gelbe Calcit-Skalenoeder mit weißem, teils auch rosafarbenem Apophyllit, BB 6,5mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 26:** Yellow calcite scalenohedron with white, partly also pink apophyllite, FOV 6.5mm. Photo Eike Marzi.

Auch WIMMENAUER (1952) berichtet über „...oft sehr hübsch und mannigfaltig ausgebildete Kristalle“. Neben farblosen und weingelben sollen auch dunkelbraune, durch Bitumen gefärbte Kristalle vorgekommen sein.

**Hyalit** und die Varianten Milchopal bzw. Edelopal traten meist gemeinsam mit Calcit auf. Die typisch kugeligen Aggregate wurden von den Steinbrucharbeitern „Froschaugen“ genannt und zeigen eine bläulichgraue Färbung, fließende Übergänge in weißen Milchopal kamen vor. Edelopal mit irisierendem Farbenspiel trat sehr selten auf, Belegstücke befinden sich im Naturkundemuseum Freiburg und im MiMa-Museum in Wolfach.

**Andradit** („Melanit“) war neben Apophyllit sicher das bei Sammlern beliebteste Mineral dieses Vorkommens. Es kann mit etwas Glück noch heute im Gemeindebruch gefunden werden, insbesondere bei Sonnenschein fallen die meist hochglänzenden Kristalle auf dem hellen Gestein ins Auge. Früher waren oft größere Kluft- und Spaltflächen des Gesteins mit dichten Rasen von dunkelbraunen Kristallen bedeckt, welche bis zu 3mm Größe erreichten. Teilweise überzieht jedoch eine dünne Calcit-Schicht die Kristalle.



**Abb. 27:** Rosa Apophyllit auf Phonolith – eine besondere historische Stufe vom Kirchberg: Gefunden in den 1950'er Jahren, nach Amerika an den bekannten Sammler und Mineralienhändler H. Obodda verkauft. 1972 ist die Stufe für 35 \$ in die berühmte Sammlung von K. Robertson/Los Angeles gelangt. Nach deren Ableben hat das Stück im Jahr 2020 über den Mineralienhandel wieder den Weg zurück nach Baden-Württemberg gefunden. BB 13cm. Foto Eike Marzi. **Fig. 27:** Pink apophyllite on phonolite – a unique historical specimen from the Kirchberg: Found in the 1950's, sold to America to the well-known collector and mineral dealer H. Obodda. In 1972 the specimen entered the famous collection of K. Robertson/Los Angeles for \$35. After their passing away the piece found its way back to Baden-Württemberg via the mineral trade in 2020. FOV 13cm. Photo Eike Marzi.

Eine Stufe aus der ehemaligen Sammlung des Freiburger Geologen Prof. Dr. R. Metz ist als **Desmin** (Stilbit) etikettiert. Ob eine Untersuchung der Kristalle erfolgte, ist aber nicht bekannt. WIMMENAUER (1952) berichtet außerdem über Einzelfunde von mehr als Zentimeter großen, wasserklaren **Gips** xx, FRICKE (1988) über das Vorkommen kleiner, farbloser Chabasit xx auf Phonolith. Weitere Erkenntnisse zu gesicherten Funden von Chabasit oder Stilbit auf Phonolith liegen dem Autor aber nicht vor.

Im Museum Allerheiligen in Schaffhausen befindet sich die historische Sammlung des ehemaligen Badischen Landesgeologen Dr. Ferdinand Schalch (1848–1918), allerdings sind nur wenige Stücke ausgestellt. Die wechselvolle Geschichte dieser über 30.000 Stücke umfassenden Mineralien- und Gesteinssammlung wird ausführlich von SCHLATTER (1980) beschrieben. Rund 75 Stufen von Kaiserstühler Fundorten sind im Magazin erhalten und katalogisiert, darunter befinden sich etliche Stücke vom Kirchberg. Diese wurden vermutlich vorwiegend in der frühesten Abbauphase zwischen 1890 und 1900 geborgen. Besonders interessant ist eine Stufe mit bis knapp cm-großen, beigefarbenen Sphärolithen auf warzigem Natrolith. Im Anbruch zeigen diese Kugeln einen nadelig-strahligen Aufbau. Hier könnte es sich nicht um den auf dem Etikett genannten Phillipsit, sondern möglicherweise um Thomsonit handeln.

## 6. Die Kontaktzonen und ihre Mineralparagenese

Gesteinshohlräume und Kluffflächen der unterschiedlichen (Sub-)Vulkanite im KVC zeigen, wie oben dargestellt, regelhaft eine gesteinstypische und eher artenarme, von Calcit und Zeolithen dominierte Mineralparagenese. Erst die Kenntnis dieses „üblichen“ Mineralbestandes lässt die Besonderheit der in den Kontaktzonen von Tephrit, Karbonatit und Phonolith jetzt neu festgestellten Mineralgemeinschaften erkennen. Viele der im Verlaufe von über drei Jahrzehnten gesammelten und teilweise erst in den letzten Jahren bestimmten Minerale sind im KVC bislang in einer derartigen Paragenese und in idiomorpher Ausbildung unbekannt, auch einige für den KVC neue Minerale wurden nachgewiesen. Diese „Kontakt-Paragenese“ wurde an verschiedenen Stellen des Kirchberges beobachtet, insbesondere dort, wo eine enge räumliche Beziehung zu Alvikiten besteht. Dabei ist im angrenzenden Tephrit(-Pyroklastit) stellenweise eine nur graduelle Metamorphose der Augite in andere Klinopyroxene zu beobachten, in anderen Bereichen ist die Metamorphose dagegen so weit fortgeschritten, dass hier nur noch die Negativformen des Augits erkennbar sind. Schon WIMMENAUER (1952) hat darauf hingewiesen, dass der im Tephrit typischerweise reichlich vorhandene, Titanhaltige Augit durch Kontaktmetamorphose randlich in Ägirin umgewandelt wird und sich der Titan-Gehalt dann in Form von neu gebildetem Titanit abscheidet. Die Metamorphose-Prozesse im Phonolith sind an den Kontaktzonen dagegen eher unspektakulär. Die zu beobachtende Ausbleichung und der Verlust der Festigkeit ist wohl im Wesentlichen auf eine hydrothermale Gesteinsalteration mit Neubildung von Calcit und Zeoli-

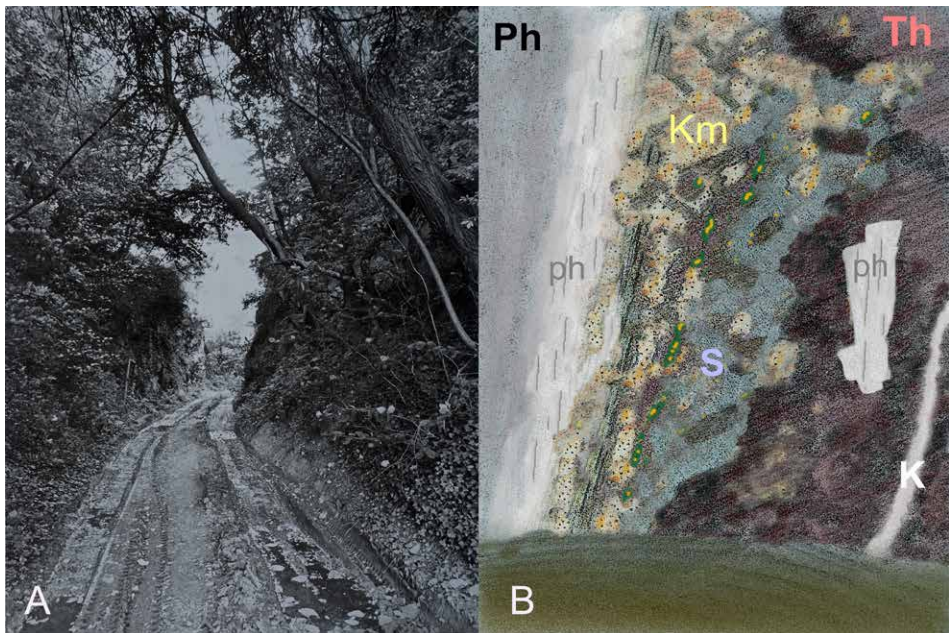


then zurückzuführen. Hier ist bisher jedoch noch keine eingehendere Beprobung und Untersuchung erfolgt.

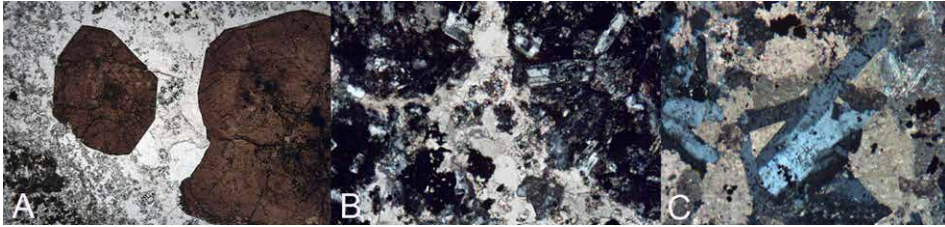
Die nachfolgend beschriebenen Minerale kommen fast ausschließlich in nur sehr geringer Größe vor, es wird oft die Grenze der fotografischen Darstellbarkeit erreicht. Die Reihenfolge der jeweils vorgestellten Minerale orientiert sich nicht an der Mineralsystematik, sondern willkürlich an Häufigkeit und Chronologie der Identifizierung.

### 6.1 Aufschluss B

Dieser Aufschluss war früher über den ehemaligen Zugang zur „Bruchsohle“ zu erreichen. Ob es sich dabei allerdings um die sog. „...einschlussreiche Zone“ nach WIMMENAUER (1952) handelt, ist nicht mehr eindeutig zu klären. Die überarbeitete Skizze aus dem Feldbuch des Autors (Abb. 28B) gibt die ungefähre Situation der brecciösen Kontaktzone um 1990 wieder, deren Breite beträgt bis zu 0,8m. Im Westen steht Phonolith (Ph) an, es folgt eine Zone von ausgebleichten Phonolith (ph). Weiter östlich ist eine inhomogene,



**Abb. 28:** Aufschluss B: Links der ehemalige Zugang zur 225m-Bruchsohle um 1970 (A). Rechts die Skizze der Aufschluss-Situation um 1990 (B). Breite des dargestellten Bereiches ca. 2,5 m, nicht maßstabsgetreu, Erläuterungen im Text. Reprofoto Eike Marzi / Original F. Wilhelm, Grafik Eike Marzi. **Fig. 28:** Outcrop B: On the left, the former access to the 225m quarry floor around 1970 (A). On the right the sketch of the outcrop situation around 1990 (B). Width of the area shown approx. 2.5 m, not to scale, explanations in the text. Repro photo Eike Marzi / Original F. Wilhelm, graphic Eike Marzi.

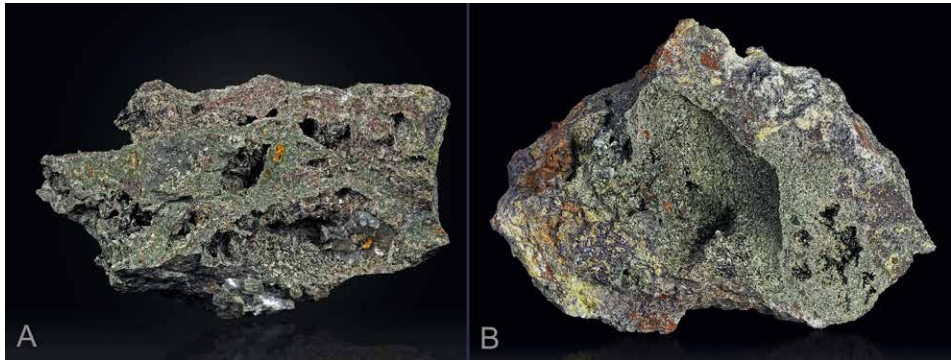


**Abb. 29:** Mineralbestand der karbonatitischen Schlieren im Dünnschliff: Granat in karbonatitischer Matrix, BB 3000 $\mu$ m (A), (DS K. 118 13-75, LPL 4x). In der Mitte „...Nephelin-Magnetit-Karbonatit“ mit Magnetit und Calcit in alterierter Matrix (B), der Nephelin ist rein optisch hier nicht mit Sicherheit zu validieren. BB 1110 $\mu$ m (B). Rechts Apatit xx in Calcit (DS K 199 33-73 XPL, 10x), BB 1200 $\mu$ m (C). Präparate und Fotos Kurt Gerling. **Fig. 29:** Mineral composition of the carbonatitic striae in thin section: garnet in carbonatitic Matrix, FOV 3000 $\mu$ m (A), (DS K. 118 13-75, LPL 4x). In the center „...nepheline-magnetite-carbonatite“ with magnetite and calcite in altered matrix (B), the nepheline cannot be validated with certainty here purely optically. FOV 1110 $\mu$ m. Right Apatite xx in Calcite (DS K 199 33-73 XPL, 10x), FOV 1200 $\mu$ m (C). Photos Kurt Gerling.



**Abb. 30:** Alterierter Tephrit im Aufschluss B: Der metamorphe Tephrit zeigt am Übergang zur Kontaktzone meist graue bis blass-violette, aber auch rötliche Farbtöne, die Augite sind in gelbliche Schichtsilikate bzw. Tonminerale umgewandelt, BB 15mm (A). In den brecciosen Partien mit karbonatitischen „Schlieren“ zeigen sich nach dem Auflösen des calcitischen Bindemittels bruchraue Fragmente eines Sanidin-reichen, ursprünglich tephritischen Gesteins (B), BB 30mm. Fotos Eike Marzi. **Fig. 30:** Altered tephrite in outcrop B: The metamorphic tephrite shows mostly gray to pale violet, but also reddish hues at the transition to the contact zone, the augites are transformed into yellowish phyllosilicates or clay minerals, FOV 15 mm (A). In the brecciated sections with carbonatitic „striae“, fracture-rough fragments of a sanidine-rich, originally tephritic rock become visible after dissolution of the calcitic matrix (B), FOV 30mm. Photos Eike Marzi.

stark brecciierte Calcit-reiche und stellenweise Limonit-haltige Zone festzustellen (Km). Hier handelt es sich möglicherweise um Reste eines sehr stark alterierten Alvikits. Stellenweise sind zwischen kleineren Tephrit-Fragmenten auch lokale Andradit-Anreicherungen zu beobachten (Abb. 29A). Bisher gibt es aber keine eindeutigen Hinweise auf das Vorliegen einer typisch gangförmigen Karbonatit-Intrusion. Weiter östlich schließt sich der Bereich an, in welchem vollständig metamorphe, teilweise in ein graugrünes Gestein (S) umgewandelte, Tephrit-Fragmente durch ein calcitisches Bindemittel verkittet sind (Abb. 30). Diese „Schlieren“ lassen im Dünnschliff eine ursprünglich karbonatitische Struktur erkennen (Abb. 29). Der im Osten angrenzende homogene Leucit-Tephrit (Th)



**Abb. 31:** „...Feinkörniges graugrünes Mischgestein“ bzw. „Sanidinfazies“ im Aufschluss B: Stark metamorph überprägtes, ehemals tephritisches Gestein mit Drusenbildung und Anreicherung von grünem Klinopyroxen und Sanidin, BB 90mm. Größere blasenartige Hohlräume wie rechts waren selten, auch hier ist der Tephrit im Randbereich noch erkennbar, BB 70mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 31:** „...Fine-grained gray-green mixed rock“ or „sanidine facies“ in outcrop B: Strongly metamorphosed, formerly tephritic rock with drusen formation and enrichment of green clinopyroxene and sanidine, FOV 90mm. Larger vesicular cavities as on the right were rare, also here the tephrite is still recognizable in the rim area, FOV 70mm (B). Photos Eike Marzi.



**Abb. 32:** Typische Negativformen von Augit als Hinweis auf ein ursprünglich tephritisches Gestein: Links mit wenig neu gebildetem Ilmenit, BB 10mm, rechts Substitution durch parallel orientierte Ägirin xx und Ilmenit, BB 12mm. Fotos Eike Marzi. **Fig. 32:** Typical negative forms of augite indicating an originally tephritic rock: Left with sparsely new formed ilmenite, FOV 10mm, right substitution by parallel oriented aegirine xx and ilmenite, FOV 12mm. Photos Eike Marzi.

zeigt keine pyroklastische Struktur und wurde als große „...Sinkscholle“ im Phonolith gedeutet, dies kann unter Berücksichtigung aktueller Beobachtungen nur bedingt nachvollzogen werden. Die um 1950 von WIMMENAUER untersuchten Proben aus vermutlich diesem Bereich zeigten ebenfalls einen „...schlierenförmigen“ stark metamorph alterierten Karbonatit. Neben Calcit und Foid („...Nephelin“) wurden Magnetit und geringste Mengen eines braunrötlichen „...Mineral X“ nachgewiesen, hier wurde ein Mineral der Pyrochlor-Gruppe vermutet. Weiterhin ließ sich, nach Behandlung mit HCl, Fluorit im Lösungsrückstand der Proben bestimmen. Der Phonolith dieser Kontaktzone wurde als deutlich alte-



**Abb. 33:** Vielfältige Mineralneubildungen in Hohlräumen des metamorphen Tephrits („Sanidinfazies“): Sanidin, Titanit, Pyroxen und Magnetit, BB 4,7mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 33:** Diverse new mineral formation in small cavities of the metamorphic tephrite („sanidine facies“): Sanidine, titanite, pyroxene and magnetite in, FOV 4.7mm. Photo Eike Marzi.

riert und ausgebleicht beschrieben. Als singulären Fund erwähnte WIMMENAUER (1952) auch einen „...Koppit enthaltenden“ Karbonatit-Einschluss im Phonolith. Schon damals wurde von ihm ein „...vollständig verändertes, feinkörniges graugrünes Mischgestein“ beobachtet und eine sowohl „...kontaktmetamorphe“, als auch „...pneumatolytisch-hydrothermale“ Umwandlungen des Tephrits angenommen. Seine Beschreibung dieses stark metamorph überprägten Tephrits (S) passt gut zu der vom Autor nachfolgend postulierten „**Sanidinfazies**“ (Abb. 31).

Dünnschliffanalysen dieser metamorphen Gesteinspartien ergaben nach WIMMENAUER (1952) „...56,9 % Calcit und 25,7 % Nephelin“. In den aktuell bearbeiteten Proben bzw.

Dünnschliffen war der Nephelin rein optisch bisher jedoch nicht eindeutig zu identifizieren, dafür reichlich Sanidin. Im Aufschluss B zeigt sich nicht nur eine außerordentliche Bandbreite struktureller Veränderung des Tephrits. Die anstehenden Gesteine lassen auch eine große Varianz von Farbe und Mineralbestand erkennen: von grau-violettem Tephrit, bei welchem Augit in gelbliche Tonminerale umgewandelt ist, bis zu roten, wie gefrittet wirkenden, porösen Partien, bei denen der Augit völlig weggelöst ist. Nur noch anhand der Augit-Negativformen können auch zuckerkörnige, ausgebleichte und fast vollständig in Sanidin umgewandelte Fragmente als ehemaliger Tephrit angesprochen werden (Abb. 32). Da weder der Phonolith noch der Tephrit in diesem Bereich Drusen oder Blasen Hohlräume aufweisen, stand schon früh die Frage im Raum, wie die in der „Sanidinfazies“ festgestellten, mineralisierten Hohlräume entstanden sein könnten (Abb. 31 und 33).

In unmittelbarer Nähe zu dieser gangförmigen Breccie (ca. 3m östlich) steht ein nur wenige Zentimeter mächtiger Alvikit (K) im Leucit-Tephrit an. Dieser wurde bereits erwähnt und zeigt neben einer Spuren von Fluorit führenden Kontaktzone keine relevante Neubildung von Mineralien.

#### 6.1.1 Mineralbestand im Aufschluss B

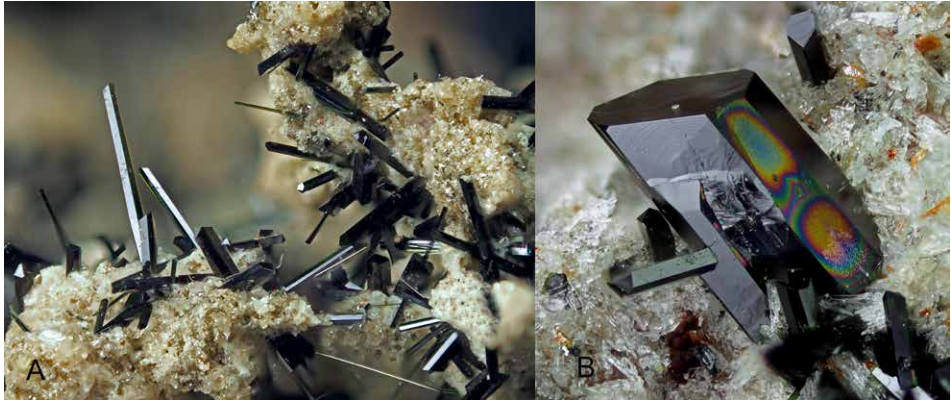
Grünschwärze, oft langprismatisch auskristallisierte Ca-Na-Pyroxene sind neben Titanit die auffälligsten Neubildungen in diesem Aufschluss und waren der Anlass zur Exploration in diesem Bereich. Minerale der Pyroxengruppe gehören zu den typischen Komponenten von Sanidinfazies, welche in thermometamorph überprägten Kontaktsäumen magmatischer Ganggesteine allgemein häufig zu beobachten sind. Im KVC bildet der (Titan-)Augit die dominierende Komponente der tephritisch-essexitischen Gesteinsfamilie, Ägirin-Augit bzw. Ägirin-Diopsid sind eher Bestandteile phonolithischer Gesteine. Diopsid ist ebenfalls im Mineralbestand etlicher Karbonatite und Alvikite des KVC vertreten. Das Vorkommen von idiomorph in Hohlräumen auskristallisierten (Klino-)Pyroxenen wurde bisher nur an fenitisierten Grundgebirgseinschlüssen, z.B. in Bötzingen oder am Kirchberg, beobachtet. Erstmals konnten jetzt unterschiedliche, gut auskristallisierte Pyroxene auch als Sekundärbildung in Gesteinshohlräumen tephritischer Kontaktzonen oder eingewachsen in der Matrix angrenzender Karbonatite am Kirchberg nachgewiesen werden.

An allen Aufschlüssen ist festzustellen, dass **Calcit** als jüngste Bildung Blasen Hohlräume und Gesteinsspalten häufig vollständig auffüllt oder als Überzug zumindest partiell bedeckt. Diese Besonderheit hat vermutlich dazu geführt, dass viele der nachfolgend beschriebenen Minerale lange Zeit unbeachtet bzw. unerkannt geblieben sind. Optisch attraktiv sind Drusen, in denen der Calcit in Form kleiner Einzelkristalle, in teils flächenreicher Tracht, andere Mineralien nur partiell überwachsen hat (Abb. 34). Lediglich im Bereich eines calcitischen Gesteins (ehemaliger Alvikit?) waren Anreicherungen von braunschwarzen flächenreichen Andradit xx auf Calcit xx zu beobachten. Anders als bisher vom Kirchberg bekannt, sind diese Kristalle nicht direkt auf der phonolithischen Matrix aufgewachsen.



**Abb. 34:** Transparente Calcit xx auf langprismatischen Ägirin-Augit, BB 4,75mm, Foto Eike Marzi. **Fig. 34:** Transparent calcite xx on long prismatic aegirine augite, FOV 4.75mm. Photo Eike Marzi.

Ein typisches Problem der Pyroxen-Gruppe ist die Schwierigkeit der genauen Zuordnung. Für Pyroxene wie Augit, Ägirin, Diopsid oder Hedenbergit existieren zwar definierte Endglieder, Mischkristalle wie z.B. der „Fassait“ werden von der IMA aber nicht mehr als eigenständige Minerale anerkannt. Um eine, im Einzelfall korrekte Benennung nach MORIMOTO (1988) anzugeben, müsste letztlich eine größere Zahl repräsentativer Proben analysiert werden. Auch wenn nachfolgend einzelne Pyroxene anhand erster Analyseergebnisse benannt werden, stellt dies noch keine wissenschaftlich exakte Zuordnung dar. Der Sammler P. Reiter hat hier um 1980 erstmalig schwarzgrüne, glänzende Kristalle entdeckt, nach einer ersten, von ihm veranlassten EDX-Analyse (G. Blass) wurde Ägirin angenommen. Zahlreiche später angefertigten Analysen bestätigten im Aufschluss B das Vorkommen überwiegend **Ägirin**-dominanter Mischkristalle der **Ägirin-Augit**-Serie. Diese finden sich oft begleitet von Tridymit, nicht selten als orientierte Verwachsungen, aber auch auf Sanidin. Es kommen sowohl kurzprismatische als auch sehr gut ausgebildete, extrem langprismatische Kristalle vor. Flächenreich ausgebildete, fast schwarze Kristalle (Abb. 35) haben sich ebenfalls als Ägirin erwiesen (Raman + EDX). Die häufigen, grün gefärbten, z. T. rosettenartig ausgebildeten xx (Abb. 36) wurden nach ersten EDX-Analysen zunächst für Augit-Ägirin-MK gehalten, nach weiteren EDX- und Raman-Untersuchungen scheint aber auch bei den kräftig grün gefärb-



**Abb. 35:** Ägirin im Aufschluss B: Langprismatische schwarz-grüne Ägirin (-Augit-MK) xx auf Sanidin, BB 5,2mm und singulärer perfekt kristallisierter, schwarzer Ägirin xx, mit Anlauffarben, BB 2,28mm, (ϕ). Fotos Eike Marzi.  
**Fig. 35:** Aegirine in outcrop B: long prismatic black-green aegirine (-augite ss) xx on sanidine, FOV 5.2mm and singular perfectly crystallized black aegirine xx, with tarnish, FOV 2.28 mm, (ϕ). Photos Eike Marzi.



**Abb. 36:** Grüne Ägirin xx als rosettenförmiges Aggregat auf Sanidin, BB 1,72mm, (ϕ), (A). Rechts Verwachsung kurzprismatischer Ägirin xx (B), BB 1,6mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.  
**Fig. 36:** Green aegirine xx as a rosette-shaped aggregate on sanidine, FOV 1.72mm, (ϕ), (A). Right intergrowth of short prismatic aegirine xx (B), FOV 1.6mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

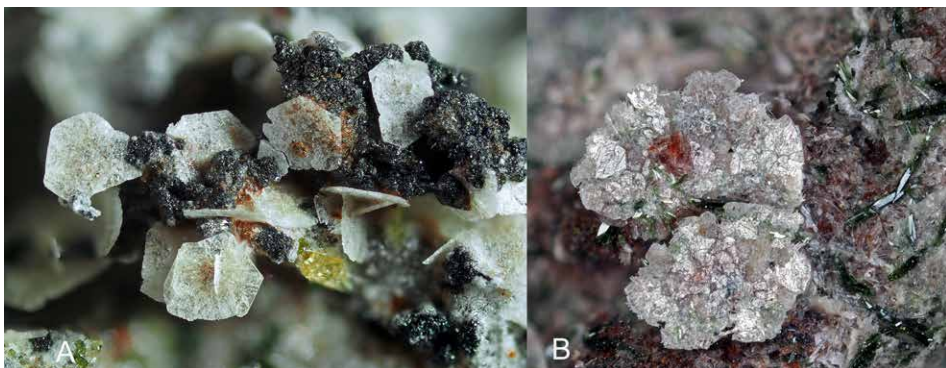
ten Varietäten überwiegend Ägirin vorzuliegen. Selten kommen auch langprismatisch-nadelige xx mit Farbverlauf von grün in gelbliche bzw. bräunlich tingierte Farbtöne vor (noch nicht untersucht).

Schon bei KNOP (1892) wird „...das Auftreten von kleinen, stark glänzenden, scharf ausgebildeten Krystallen von braunem Granat...“ in der Nähe der St. Pantaleons-Kapelle am Kirchberg erwähnt. Die dunkelbraune, Titan-reiche Varietät des Andradits, der „Melanit“, war ausschließlich von kleinen Klüftchen und Spalten des Phonoliths bekannt, meist als

Rhombendodekaeder ausgebildet und oft von Calcit überwachsen. KNOP (1892) berichtet weiter, dass Granatkristalle gerade im alterierten Phonolith „...auf Absonderungsflächen ... der erdigen Phonolithmodification“ oft „... regionenweise Anhäufungen kleinerer und größerer Kryställchen“ bilden. Diese, z.T. auf einer dünnen Schicht von Sanidinkristallen aufgewachsenen und meist nur kluftseitig gut entwickelten Kristalle wurden von ihm auch als „...halbe Krystalle“ bezeichnet. Minerale der Granat-Gruppe sind auch typische Akzessorien vieler Karbonatite des KVC, nach Untersuchungen von GIEBEL et al. (2019) meist als Mischkristalle der Endglieder Grossular – Andradit – Schorlormit – Morimotoit. Die historische Bezeichnung „Melanit“ fasst die Gruppe Ti-haltiger Granate zwar recht gut zusammen, der Name ist von der IMA aber nicht mehr anerkannt.

KNOP (1892) wie auch FRICKE (1988) berichten über das vereinzelte Vorkommen von winzigen, dunkel „...blutroten“ Almandin-Kristallen, dem Autor sind aber keine validierten Funde von Almandin bekannt. Die im Aufschluss B vorkommenden **Andradite** sind vorwiegend braun, seltener fast schwarz gefärbt und meist flächenreich. Stellenweise waren auch schwarmartige Anreicherungen von Granat in einer brecciösen, karbonatitischen Matrix zu beobachten, in Drusen teils auch auf Calcit xx aufgewachsen. Sowohl im Dünnschliff als auch an frei aufgewachsenen Kristallen lässt sich häufig ein zoniertes Wachstum bzw. eine Phantombildung beobachten. Auf Grund der dunklen Färbung wurde das Vorliegen von Schorlormit vermutet, der Titangehalt einer Probe mit braunschwarzen Kristallen war jedoch zu gering (Untersuchung U. Kolitsch / Material B. Gassmann/ mdl. Mitteilung). Die tiefschwarze Varietät wurde bisher noch nicht untersucht.

Frei auskristallisierte  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen sind in den ultrabasischen Vulkaniten des KVC eigentlich nicht zu erwarten, gelegentlich konnte Quarz im Bereich des Kirchberges aber in Form von Xenolithen beobachtet werden, z.B. im Tephrit oder einem essexitisch-theralithischen Gang. Solche Quarzfragmente (xenocrysts) bis ca. 15mm Durchmesser



**Abb. 37:** Tridymit im Aufschluss B: Links Tridymit auf Ilmenit, BB 2,2mm (A). Rechts blättrige Tridymit-Aggregate, aus Subindividuen aufgebaut, mit Ägirin, BB 3,1mm. (ϕ), (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 37:** Tridymite in outcrop B: Left, tridymite on ilmenite, FOV 2.2mm (A). Right, foliated tridymite aggregates built up from subindividuals, with aegirine, FOV 3.1mm, (ϕ), (B). Photos Eike Marzi.





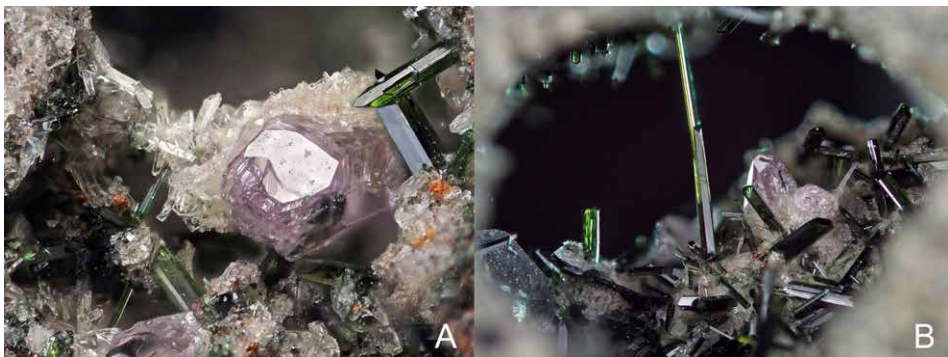
**Abb. 38:** Verwachsung von Tridymit mit Titanit xx, BB 3,3mm, Foto Eike Marzi. **Fig. 38:** Intergrowth of tridymite with titanite xx, FOV 3.3mm, photo Eike Marzi.



**Abb. 39:** Quarz im Aufschluss B: Perfekter Einzelkristall in typischer Hochquarz-Optik, mit Ägrin-Augit, 0,82mm. Slg. P. Reiter / Foto Eike Marzi. **Fig. 39:** Quartz in outcrop B: Perfect single crystal in typical high quartz appearance, with aegrin-augite, 0.82mm. Coll. P. Reiter / photo Eike Marzi.

zeigen vereinzelt sogar Kristallflächen. Im Gegensatz zu der in Form von Hyalit im KVC allgegenwärtig vorkommenden amorphen Kieselsäure (**Opal-AN**) sind kristalline  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen ansonsten bislang unbekannt. In Hohlräumen eines stark metamorphen Tephrits wurden blättrige Kristalle von grauweißer Färbung beobachtet, hier wurde zunächst eine atypische Ausbildung von Sanidin angenommen. Diese, oft aus Subindividuen aufgebauten, an den Rändern unregelmäßig entwickelten („ausgefransten“) Aggregate (Abb. 37) bedecken oft größere Flächen. Gut ausgebildete Kristalle sind selten, vereinzelt wurden jedoch typische, 6-seitige, tafelige Kristalle, teils mit Zwillingbildungen beobachtet (Abb. 38). Erst viele Jahre später wurden EDX-Untersuchungen an mehreren Proben veranlasst (J. Desor / nur Si und O, Spur Al), mit hoher Wahrscheinlichkeit kann hier das Vorliegen von **Tridymit** angenommen werden. Dieser zählt neben den Pyroxenen zu den häufigeren Mineralbildungen in diesem Aufschluss.

Überraschend war ein erstmals von P. Reiter getätigter Fund von winzigen **Quarz** xx, mit einem für Hochquarz typischen Habitus (Paramorphose) (Abb. 39). Diese Kristalle zeigen vorwiegend Pyramidenflächen und allenfalls ein sehr kurzes hexagonales Prisma, häufig eine Flächenstreifung und in Ausnahmefällen eine blassviolette Färbung (Abb. 40). Quarz xx sind seltener als der Tridymit und kommen überwiegend in winzigen Drusen von stark metamorphem Tephrit vor. Während der Tridymit oft von Ilmenit begleitet bzw. von Ägirin-Kristallen bzw. Titanit überwachsen wird, scheint der Quarz auf den bisher gefundenen Stücken als jüngere Bildung nach diesen Mineralien entstanden zu sein. Quarze werden meist von Ägirin und Sanidin begleitet, das gemeinsame Auftreten mit Tridymit wurde nicht beobachtet. Einzelfunde von transparenten, verästelten Gebilden auf den Quarz xx wurden als Cristobalit interpretiert (keine Analyse / Abb. 41).

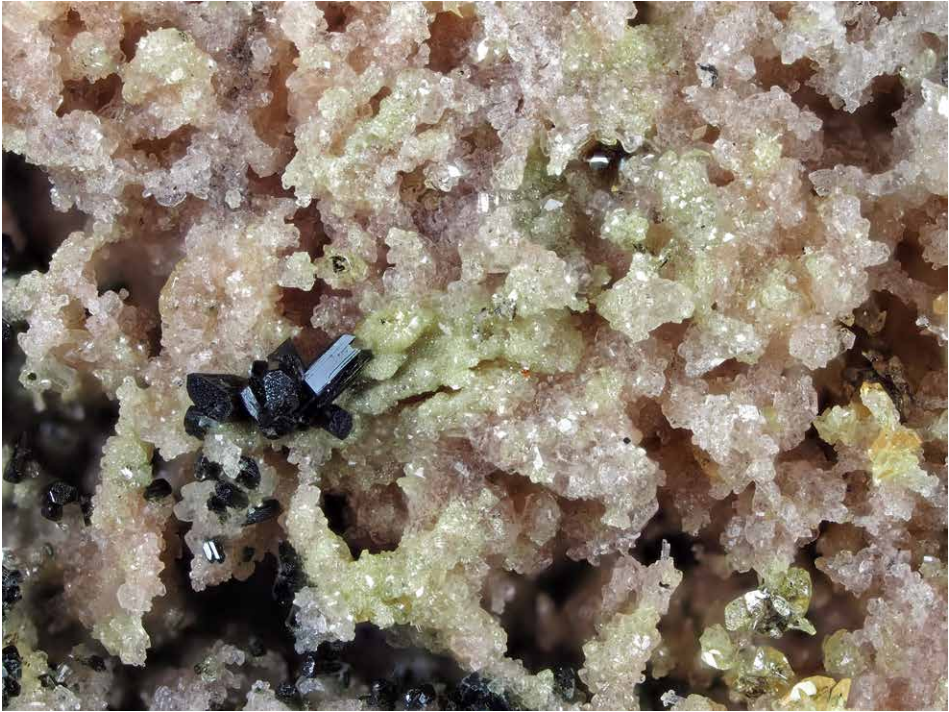


**Abb. 40:** Blaus-violetter Amethyst mit Ägirin-Augit und Sanidin im metamorphen Tephrit, BB 4,1 mm (A). Slg. P. Reiter / Foto Eike Marzi. Druse mit Ägirin-Augit und Amethyst auf Sanidin, BB 4,05mm (B). Foto Eike Marzi.  
**Fig. 40:** Pale purple amethyst with aegirine-augite and sanidine in metamorphic tephrite, FOV 4.1mm (A). Coll. P. Reiter/Photo Eike Marzi. Druse with aegirine-augite and amethyst on sanidine, FOV 4.05mm (B). Photo Eike Marzi.



**Abb. 41:** Atypischer Quarz X mit filigranem, transparentem Cristobalit(?) -Aggregat auf Ägirin-Augit, BB 1,15mm. Slg. P. Reiter / Foto Eike Marzi. **Fig. 41:** Atypical quartz X with filigree transparent cristobalite(?) aggregate on aegirine augite, FOV 1.15mm. Coll. P. Reiter / photo Eike Marzi.

Feldspat- und Foidminerale sind als gesteinsbildende Komponenten im KVC allgegenwärtig. Der Alkalifeldspat der phonolitischen Gesteinsfamilie ist im Allgemeinen ein Anorthoklas, im Phonolith des Kirchberges mit etwa 2 % Plagioklas (synonym für die Anorthit-Albit-Serie). Nach WIMMENAUER (1952) zeigen die Feldspateinsprenglinge unter dem Mikroskop meist „...Kerne von Oligoklas-Andesin mit Hochtemperaturoptik, die von einer Schale von homogenem Anorthoklas umgeben sind“. Als Hochtemperaturmodifikation des Alkalifeldspates kommt Sanidin üblicherweise in  $\text{SiO}_2$ -untersättigten, alkalischen Vulkaniten vor und ist als verbreitete Komponente phonolithischer Ganggesteine oft in bis über cm-großen, gut ausgebildeten, tafeligen Kristallen zu beobachten. **Nephelin** ist als Foid (Feldspatvertreter) ebenfalls ein typischer Bestandteil des Phonoliths, kommt aber auch als akzessorische Komponente in Karbonatiten vor. Als ein weiterer typischer Vertreter der Foid-Gruppe tritt **Leucit** in den tephritischen Gesteinsformationen des Kirchberges stellenweise reichlich auf (Leucit-Tephrit). Als ortstypische Foid-Komponenten des Kirchberg-Phonoliths kommen **Sodalith** und **Hauyn** vor. Beide traten, wie oben beschrieben, ausnahmsweise auch in über Zentimeter großen, meist xenomorphen Einsprenglingen von blauer oder blaugrüner Farbe im Phonolith auf.



**Abb. 42:** Sanidin im Aufschluss B: poröse, feinkristalline Sanidin-Matrix aus blass rosafarbenen Sanidin xx, mit Titanit und Ägirin-Augit, BB 3,8mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 42:** Sanidine in outcrop B: porous, fine crystalline sanidine matrix of pale pink sanidine xx, with titanite and aegirine augite, FOV 3.8mm. Photo Eike Marzi.



**Abb. 43:** Sanidin im Aufschluss B: transparenter flächenreicher Sanidin X, BB 1,5mm (A). Langprismatischer Sanidin X auf Limonit, BB 2,05mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 43:** Sanidine in outcrop B: transparent crystal faces-rich sanidine X, FOV 1.5mm (A). Long prismatic sanidin X on limonite, FOV 2.05mm (B). Photos Eike Marzi.

Im Aufschluss B bildet der **Sanidin** auf stark alteriertem Tephrit Überzüge winziger, oft glänzender Kristalle auf Klufflächen und in Blasen Hohlräumen. EDX-Untersuchungen an mehreren Proben bestärken die optische Bestimmung, eine S-XRD wäre aber noch wünschenswert. In einzelnen Bereichen ist der Tephrit durch ein mehr oder weniger poröses Konglomerat aus kleinsten, oft irregulär geformten Sanidin xx und Pyroxen nahezu vollständig ersetzt (Abb. 42). Dünnschliffe dieser „Sanidinfazies“ zeigen eine inhomogene Struktur, meist ist weder der Mineralbestand noch die Struktur des ursprünglichen Gesteins erkennbar. Flächenreiche, teilweise transparente Kristalle sind oft von Calcit überwachsen und werden dann erst nach dessen Weglösung sichtbar (Abb. 43). Es zeigen sich vielfältige Formen von langprismatischem bis zu tafelig-blättrigem Habitus, neben farblos-transparenten Kristallen kommen auch grau oder rosa gefärbte vor. Vereinzelt wurden auch Kristalle mit blasenförmigen Einschlüssen beobachtet.

**Magnetit** ist am Kirchberg als primäre mineralische Komponente in allen Alvikiten nachweisbar. Als häufige Neubildung ist er ebenso in fast allen metamorphen Kontaktzonen des Tephrits, sowie insbesondere auch in der porösen Sanidinfazies nachzuweisen. Gut ausgebildete Kristalle sind meist auf Sanidin, selten auf Klinopyroxen aufgewachsen, oft jedoch unter einer dünnen Schicht von sekundär gebildetem Calcit verborgen. Neben einfachen Oktaedern  $\{111\}$  kommen vereinzelt auch komplexere Kombinationen oder langgestreckte Formen vor. Die im Aufschluss B gefundenen Kristalle lassen meist eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Streifung der Kristallflächen erkennen (Abb. 44). Gelegentlich zeigen sich parallel zur streifigen Zeichnung orientiert aufgewachsene, nadelige Kristalle von rotbrauner Farbe, möglicherweise Rutil. Magnetit findet sich häufig vergesellschaftet mit Titanit, im Gegensatz zum Ilmenit, der nach den bisherigen Funden überwiegend zusammen mit Sanidin und Ägirin auftritt.



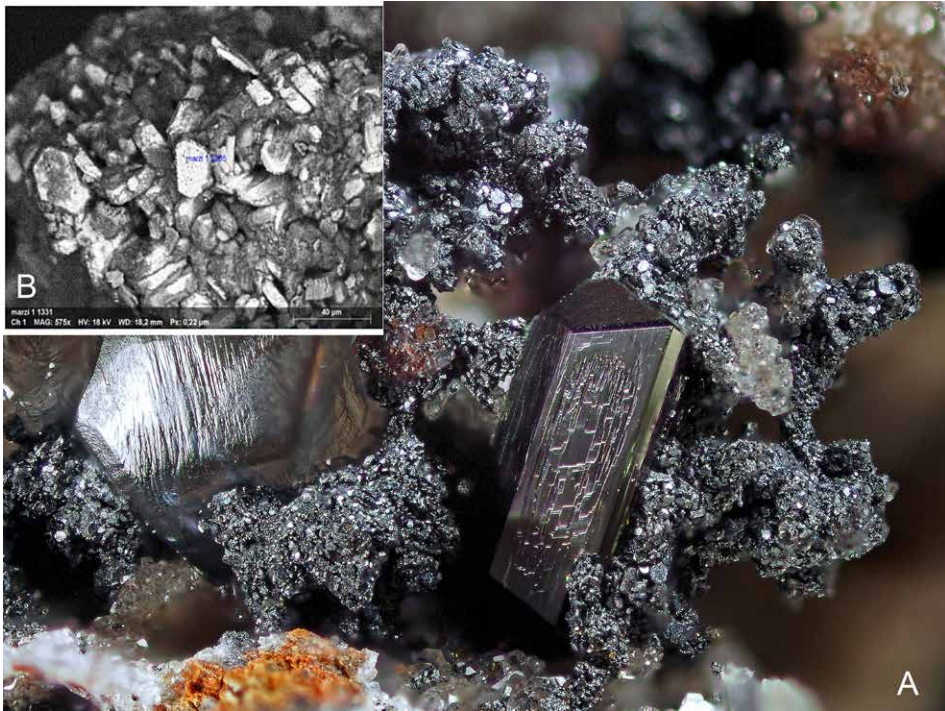
**Abb. 44:** Magnetit auf Sanidinfazies: Links mit auffälliger Flächenstreifung auf Sanidin BB 2,3mm (A). Rechts mit Anlauffarben auf grau-rosa Sanidin, mit Titanit und Klinopyroxen, BB 2,25mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 44:** Magnetite on sanidine facies: Left with noticeable surface striation on sanidine FOV 2.3mm (A). On the right with tarnish colors on gray-pink sanidine, with titanite and clinopyroxene, FOV 2.25mm (B). Photos Eike Marzi.



**Abb. 45:** Titanit in unterschiedlichen Ausbildungen auf Sanidin, links kurzprismatische xx, BB 1,3mm (A). Rechts langprismatischer X, BB 1,2mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 45:** Titanite in different formations on Sanidine, left short prismatic xx, FOV 1.3mm (A). Right long prismatic X, FOV 1.2mm (B). Photos Eike Marzi.



**Abb. 46:** Titanit in seiner häufigsten Ausbildung: Bipyramidaler Kristall auf Sanidin xx, BB 1,8mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 46:** Titanite in its most common formation: Bipyramidal crystal on Sanidine xx, FOV 1.8mm. Photo Eike Marzi.



**Abb. 47:** Ilmenit im Aufschluss B: feinkristalline Ilmenit-Kruste mit Calcit und Ägirin X, BB 2,7mm. Das REM-Bild zeigt die tafeligen Kristalle. Foto Eike Marzi, REM Joy Desor. **Fig. 47:** Ilmenite in outcrop B: fine crystalline ilmenite crust with calcite and aegirine X, FOV 2.7mm. SEM image shows the tabular crystals. Photo Eike Marzi, SEM Joy Desor.

Titan-haltige Minerale sind als akzessorischer Bestandteil in zahlreichen Gesteinen des KVC vertreten. Ilmenit und Rutil kommen als Akzessorien des Söviß von Schelingen und der gangförmigen Karbonatite am Horberig vor – auf historischen Stufen vom Horberig auch in über cm-großen Einsprenglingen. Pseudobrookit ließ sich im KVC bisher nur erzmikroskopisch im Anschliff umgewandelter Titanomagnetit-Einsprenglinge in Olivin-Nephelinit-Laven nachweisen. Das gelegentliche Auftreten von frei ausgebildeten Titanit-Kristallen in Xenolithen ist aus dem Phonolith von Bötzingen bekannt.

**Titanit** konnte am Kirchberg inzwischen in fast allen Kontaktzonen nachgewiesen werden, im Aufschluss B wurden besonders gut ausgebildete, flächenreiche Titanit-Kristalle in teils sehr unterschiedlichem Habitus gefunden. Weit verbreitet sind Kristalle der typischen Form  $\{111\}, \{011\}$  mit starkem Glanz und gelber Farbe (Abb. 46), es kommen aber auch langgestreckte Formen (Abb. 45) teils sogar feinnadelig ausgebildete Kristalle vor (EDX erfolgt).

**Ilmenit** wurde auf Grund seiner meist unscheinbaren Ausbildung lange Zeit nicht erkannt. Die lokal häufigen, schwarzen, feinkristallinen Krusten, welche oft Augit-Nega-



tivformen auskleiden, wurden zunächst für Magnetit gehalten. Erst im REM-Bild offenbarten sich kleinste, tafelige Kristalle, welche sich per EDX dann als Ilmenit erwiesen haben (Abb. 47). Deutlich seltener als Magnetit findet sich Ilmenit auch aufgewachsen auf Sanidin in Form von dunkelgrauen, matt-glänzenden, tafeligen, z.T. pseudo-hexagonalen Kristallen. Sehr selten tritt Ilmenit auch in hohlen bzw. skelettartigen Kristallen auf. Deren Größe liegt aber meist unter 0,4mm. Ilmenit konnte bisher nur im Aufschluss B nachgewiesen werden (EDX: 60,16 % O, 1,16 % Na, 1,01 % Mg, 1,14 % Si, 19,02 % Ti, 17,5 % Fe).

**Rutil** zählt zu den Raritäten im Aufschluss B, ist aber durch seine Farbe auffällig. Orange Farbtöne überwiegen, vereinzelt traten sogar kräftig rot gefärbte Kristalle auf. Die z.T. flächenreichen Kristalle erreichen nicht mehr als 0,3mm Größe und weisen oft einen pseudooktaedrischen Habitus auf, die Flächen zeigen neben starkem Glanz z.T. auch eine Streifung (Abb. 49). XRD-Untersuchungen erfolgten an Proben von P. Reiter (M. Murashko) und an Material von B. Gassmann (U. Kolitsch), Proben vom Autor wurden von G. Blass analysiert. Rutil kam in Begleitung von Titanit, häufiger aber mit Ägirin zusammen vor. Insbesondere auf „Sanidinfazies“ und in Begleitung von dunkelgrünen



**Abb. 48:** Dünntafelige, rostbraune Rutil xx mit dunkelgrünen Ägirin xx auf „Sanidinfazies“, BB 2,0mm, (ϕ). Foto Eike Marzi. **Fig. 48:** Thin tabular rusty brown rutile xx with dark green aegirine xx on „sanidine facies“, FOV 2.0mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

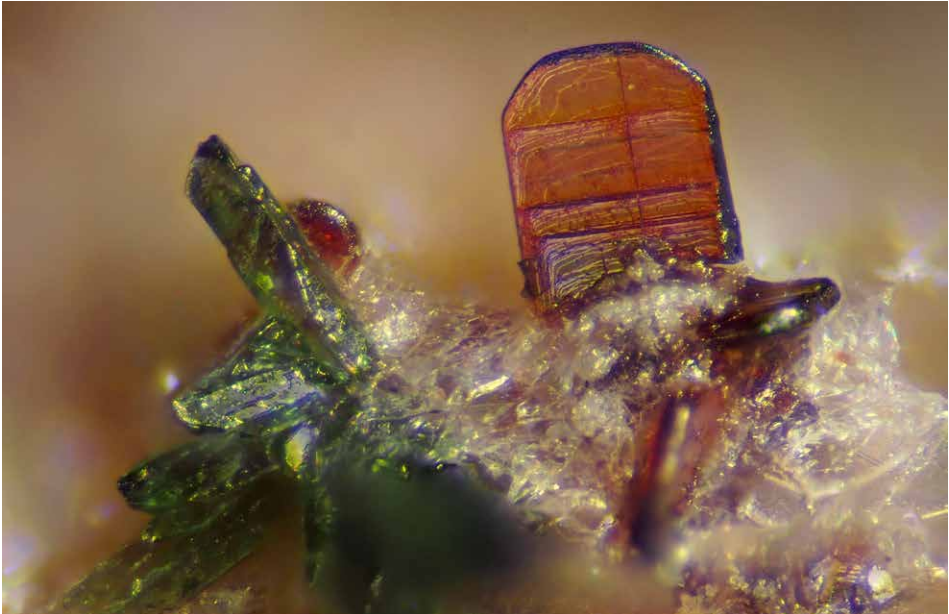


**Abb. 49:** „Titan“-Paragenese im Aufschluss B: Orangefarbener Rutil auf gelben Titanit xx, BB 2,15mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 49:** „Titan“ paragenesis in outcrop B: Orange rutile on yellow titanite xx, FOV 2.15mm. Photo Eike Marzi.

Ägirin-Augit xx fanden sich oft zahlreiche, rostrote, in dieser Paragenese immer blättrig bis tafelig ausgebildete Rutil-Kristalle, evtl. pseudomorph nach Ilmenit (Abb. 48). Untersuchung J. Desor / EDX: 2.4 % Al, 2.6 % Si, 95 % Ti.

**Pseudobrookit** wurde wiederum von P. Reiter zum ersten Mal gefunden und zählt im Aufschluss B zu den seltensten Bildungen. Die Kristalle sind tombakbraun, von meist dünn-tafeliger Ausbildung und mit z.T. metallischem Glanz, oft mit Flächenstreifung (Abb. 50). Die Kristallgröße liegt meist unter 0,2mm. Eine XRD-Untersuchung ist an Material von P. Reiter erfolgt (M. Murashko / mdl. Mitteilung).

Neben den bisher beschriebenen Mineralien wurden im Laufe der Zeit und nach intensiver Aufbereitung der vorhandenen Proben weitere, teils unscheinbare Minerale gefunden, ein Teil davon konnte nach ersten Analysen mittlerweile näher zugeordnet werden. Am Kirchberg wurde ein glimmerartiges Mineral erstmalig im Aufschluss B in Form von winzigen, auf „Sanidinfaszie“ aufgewachsenen, dünn-blättrigen Kristallanhäufungen von cognacbrauner Farbe beobachtet, sehr selten kamen auch kleine (< 1mm), orientiert aus Subindividuen aufgebauten Aggregate vor (Abb. 51). Die EDX-Analyse (G. Blass) lässt hier auf einen Fluor-haltigen **Phlogopit** schließen. Eine S-XRD ist bisher noch nicht erfolgt.



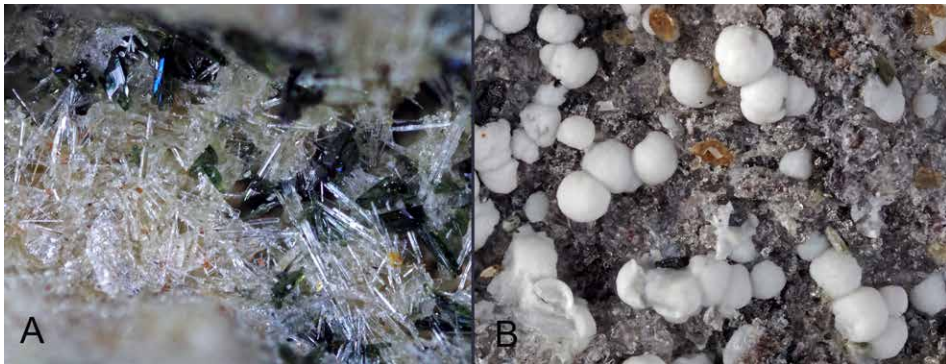
**Abb. 50:** Pseudobrookit als tafeliger Kristall auf Sanidin mit Ägirin. Höhe des Kristalls ca. 130µm. Slg. P. Reiter / Foto Eike Marzi. **Fig. 50:** Pseudobrookite as tabular crystal on sanidine with aegirine. Height of the crystal approx. 130µm. Coll. P. Reiter / photo Eike Marzi.



**Abb. 51:** Fluor-haltiger Phlogopit auf Sanidin, Aufschluss B, Höhe des Kristalls ca. 0,40mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 51:** Fluorine-bearing phlogopite on sanidine, outcrop B, Height of the crystal approx. 0.40mm. Photo Eike Marzi.

In der „Sanidinfazies“ waren in kleinen Drusen vereinzelt farblose, feinnadelige Kristalle, teils auch als weiße filzartige Beläge, meist begleitet von Ägirin, zu beobachten. Diese wurden zunächst für eine ungewöhnliche Ausbildung von Sanidin gehalten. Die EDX-Analyse dieses Materials ergab jedoch eine für **Fluor-Apatit** typische Zusammensetzung (Abb. 52A).

Tonminerale kommen bevorzugt dort vor, wo Vulkangesteine atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind. Durch die Verwitterung von Augit und vulkanischer Glas-Matrix bilden sich amorphe, blassgelbe bis grünliche Schichtsilikate aus der Smektit-Gruppe. Am Kirchberg kommen Tonminerale im Tephrit als meist jüngste Bildung in Form krustiger Beläge vor. Nicht selten füllen diese auch Augit-Negative im metamorphen Tephrit aus oder bilden gelbe Überzüge auf korrodierten Augit-xx. Sehr selten kommen dagegen korallenartige Gebilde vor, welche in ähnlicher Form aus dem Limburgit des Limberges bekannt sind. Eine Analyse dieser Aggregate ist bisher aber noch nicht erfolgt. Schnee-weiße Sphärolithe, welche im Aufschluss B als jüngste Bildung im metamorphen Tephrit z.B. auf Kristallen der Amphibol-Gruppe aufgefallen waren, haben sich nach EDX und XRD-Analysen mit hoher Wahrscheinlichkeit als Aggregate der **Beidellit-Montmorillonit**-Serie erwiesen (Abb. 52B).



**Abb. 52:** Seltene Neubildungen im Aufschluss B: Apatit als farblose, feine Nadeln auf Sanidin und Ägirin-Augit, BB 1,9mm (A). Beidellit-Montmorillonit-MK als weiße Sphärolithe mit Sanidin und Titanit auf metamorpher tephritischer Matrix, BB 3,05mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 52:** Rare new formations in outcrop B: apatite as colorless, fine needles on sanidine and aegirine-augite, FOV 1.9mm (A). Beidellite-montmorillonite-MK as white spherulites with sanidine and titanite on metamorphic tephritic matrix, FOV 3.05mm (B). Photos Eike Marzi.

Amphibole gehören wie die Pyroxene zu den Kettensilikaten und sind als mafische Gesteinsbestandteile im KVC ebenfalls weit verbreitet, meist aber seltener und weniger auffällig als der Augit. Bekannt sind insbesondere die bis über Zentimeter großen „Hornblende“-Kristalle, welche ein charakteristisches Merkmal des „Mondhaldeit“ bzw. Hornblendeandesit (latite) bilden, ebenso kommen Amphibole im „Gauteit“ (tephritic phonolithe) und „Shonkinit-Porphyr“ (melanocratic phonolithe) vor. Zusammen mit „Titanisen“ (Ilmenit) und Apatit bestand früher ein bekanntes Vorkommen am Horberg: „...“

immer rabenschwarz, stark glasglänzend, undurchsichtig und meist von blättriger Struktur“ (KNOP 1892). Die komplexe Chemie und Kristallstruktur der Amphibol-Gruppe erlaubt ohne aufwändige Analysen allenfalls die Festlegung einer Gruppenzugehörigkeit, aber keine sichere Mineralzuordnung. Der Begriff „Hornblende“ wird im Gelände aber durchaus noch pauschal für die Gruppenzugehörigkeit dunkler Amphibole genutzt.

Am Kirchberg wurde im Aufschluss B im Bereich der „Sanidinfazies“ u.a. in Negativformen weggelöster Augite das Auftreten von dunkelbraunen bis fast schwarzen, dicksäuligen, kurzprismatischen, Kristallen beobachtet. Diese weisen z.T. eine auffällige Streifung auf und sind oft partiell im Gestein eingewachsen. Hier wird ein Mineral aus der Gruppe der **Na-Amphibole** vermutet.

Weiterhin kommen nadelig-langprismatische, meist transparente Kristalle von oliv-bräunlicher bis cognacbrauner Farbe vor (Abb. 53). Diese bilden teils garbenförmige Aggregate, selten auch perimorph nach Augit und parallel zu dessen ehemaliger Längsachse ausgerichtete Kristallgruppen. Der optische Eindruck und erste EDX-Analysen lassen ein Mineral der Amphibol-Gruppe, mit hoher Wahrscheinlichkeit **Magneso-Hastingsit**, vermuten.



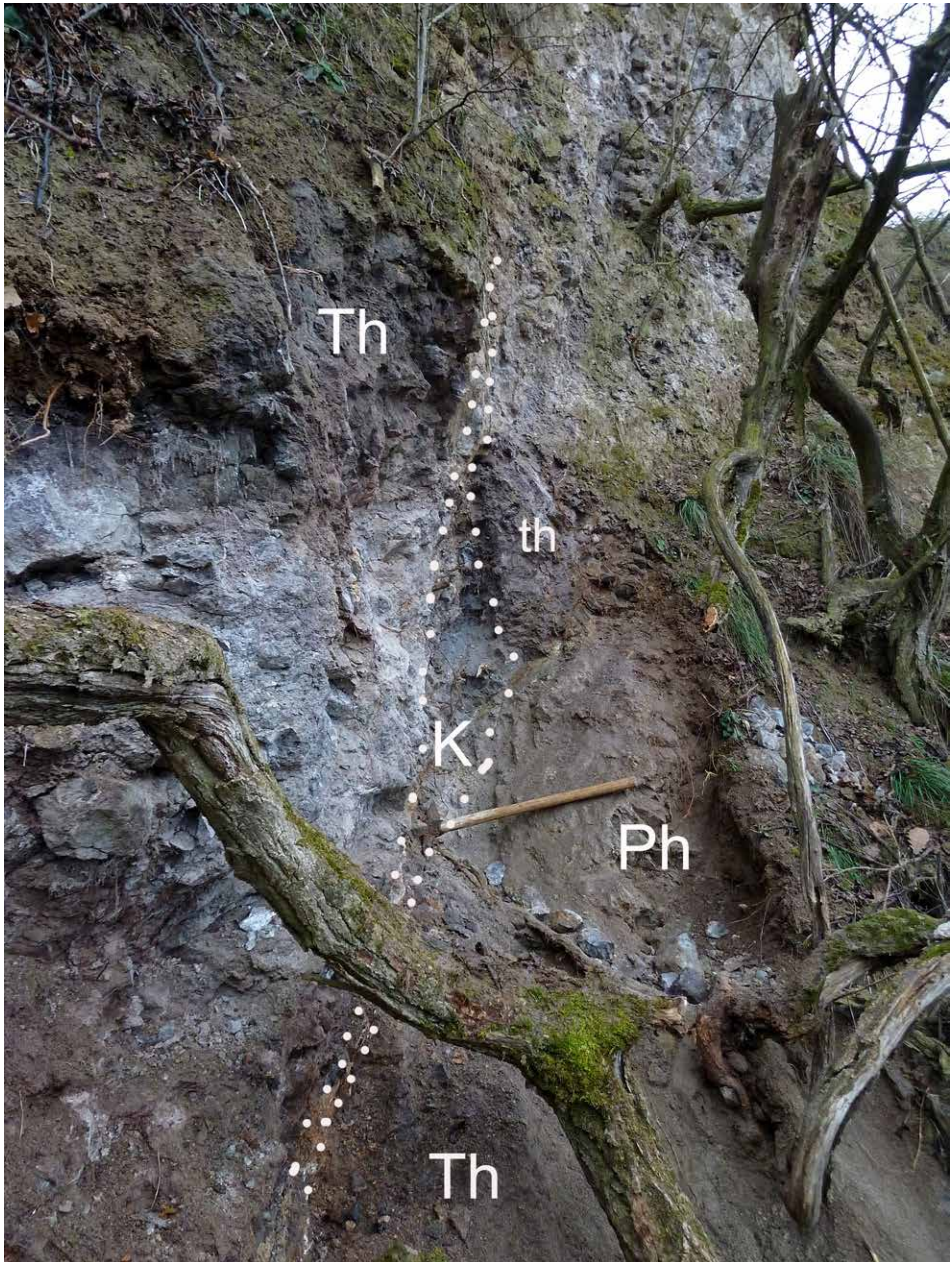
**Abb. 53:** Braune, langprismatische xx der Amphibol-Gruppe („Hornblende“), in metamorphem Tephrit, BB 1,9mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 53:** Brown, long prismatic xx of the amphibole group („hornblende“), in metamorphic tephrite, FOV 1.9mm. Photo Eike Marzi.

## 6.2 Aufschluss E

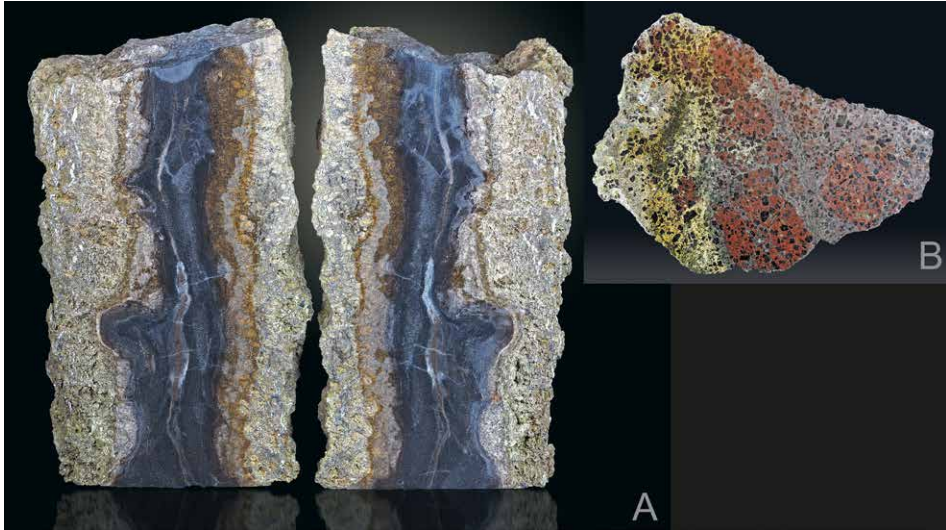
Aufschluss E wurde erst vor wenigen Jahren entdeckt – ein infolge Erosion abgestürzter Felsbrocken zeigte Spuren eines Alvikits. Nach intensiver Suche konnte der zugehörige, in einer schwer zugänglichen Bruchwand anstehende Gang gefunden werden. Im Gegensatz zum Aufschluss B ist an dieser Lokalisation ein vom Nachbargestein gut abgrenzbarer Alvikit erkennbar (Abb. 54). Nach Nord-Ost steht tephritisches Agglomerat an, in Richtung Südwest ist der hier ursprünglich angrenzende Phonolith weitgehend abgebaut. Der nur in Resten vorhandene, stark alterierte Gang (Abb. 55) wurde früher wohl nicht erkannt bzw. beprobt. Die Mächtigkeit variiert von ca. 3 bis 15cm – je mächtiger der Gang umso ausgeprägter sind die Veränderungen von Struktur und Färbung des angrenzenden Tephrit-Pyroklastits. Dieser zeigt außerhalb des Kontaktes eine homogene Textur, ohne nennenswerte Blasen oder sonstige Hohlräume, mit zahlreichen, bis 10mm großen Augiten, Leucite sind dagegen nicht erkennbar. Die Farbe ändert sich am Übergang zum Alvikit von der typisch grau-braunen Färbung in kräftige Rot-, Gelb- und Grüntöne. Die Ursache der Farbänderung dieser tephritischen Matrix könnte nach Dünnschliffbefunden teilweise auf eine Anreicherung von Granat bzw. Pyroxen zurückzuführen sein. Nur im unmittelbaren Kontakt zum Karbonatit weist der stark metamorphe Tephrit stellenweise eine lokal ausgeprägte Blasenbildung mit gleichförmigen Hohlräumen von < 0,5cm auf (Abb. 63A). Beiderseits des Karbonatits besteht eine mürbe, teils tonige Kontaktzone („Rindenzone“) von bis zu 5cm Breite. Diese auffällige Zone ist nur an der Grenze zum Tephrit festzustellen. Am Kontakt zwischen Tephrit und Phonolith zeigen sich zwar auch Alterationserscheinungen und farbliche Veränderungen des Tephrits, aber kein Grenzbeereich mit typischer Mineralneubildung (Abb. 56).

Eindrucksvoll sind vor allem die, an den Augit xx in der „Rindenzone“ nachweisbaren Veränderungen. So konnte K. Gerling im Dünnschliff feststellen, dass die äußere und innere Kristallstruktur der Augite in der Kontaktzone zwar noch eindeutig erkennbar ist, die pol-optischen Eigenschaften aber deutlich abweichen. Mikrosonden-Untersuchungen (G. Blaß) von Anschliffen (Abb. 57) derartiger „Phantomkristalle“ haben ergeben, dass sich deren ursprüngliche chemische Zusammensetzung erheblich verändert hat: Na<sup>+</sup> ist praktisch nicht mehr nachweisbar, der Anteil von Mg<sup>2+</sup> stark, der von Al<sup>2+</sup> und Ca<sup>2+</sup> in geringerem Umfang reduziert. Silizium ist als einziges Element nennenswert erhöht und Fluor dagegen als neues Element nachweisbar.

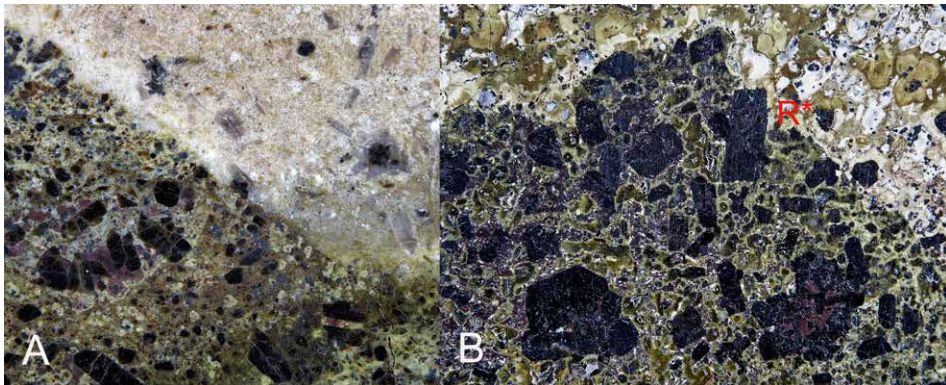
Auf Grund der limitierten Aufschluss-Verhältnisse sind exakte Angaben zum Gangverlauf des Alvikits kaum möglich, die grobe Streichrichtung scheint W-O ausgerichtet, an den Rändern des Aufschlusses verdrückt sich der Karbonatit bis auf ein schmales calcitisches Band. Neben den, teils schon mit der Lupe erkennbaren, eingelagerten Magnetiten, Hyaliten und violetten Fluorit-Aggregaten konnte in der Kontaktzone auch Apatit per XRD nachgewiesen werden (S. Spürgin / mdl. Mitteilung). Mineralogisch auffällig ist eine Granat-Klinopyroxen-Glimmer-Rhönit-Paragenese auf Spalt- und Kluffflächen des angrenzenden Tephrits, mit teils ausgeprägter Hof-Bildung.



**Abb. 54:** Aufschluss E in einer ehemaligen Bruchwand: Kontakt eines fast saiger einfallenden Alvikits (K) zum Tephrit-Agglomerat (Th/th) und zum westlich anstehenden, alterierten Phonolith (Ph), Hammerstiel ca. 50cm. Foto Eike Marzi. **Fig. 54:** Outcrop E in a former quarry wall: contact of an almost saiger inclined alvikite (K) to the tephrite agglomerate (Th/th) and to the west-facing altered phonolite (Ph), hammer handle ca. 50cm. Photo Eike Marzi.



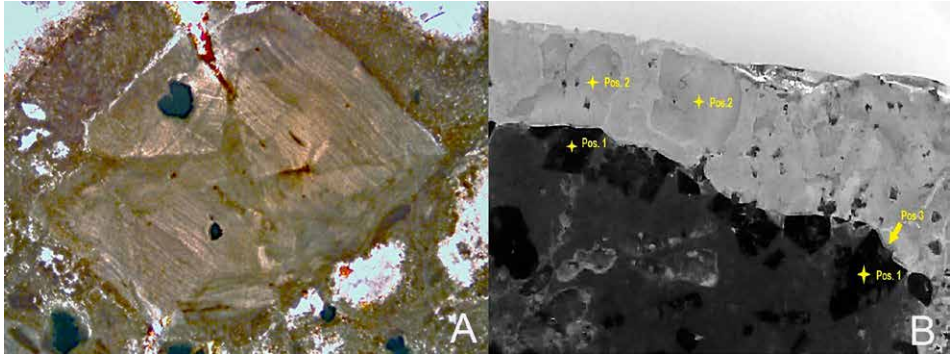
**Abb. 55:** Typisches Gangstück des Alvikit im Aufschluss E: Beidseitig ist die grau-braune z.T. porös-tonige Kontaktzone („Rindenzone“) gut erkennbar, Anschliff, Stufenhöhe 24cm (A). Der unmittelbar an den Alvikit angrenzende Tephrit zeigt häufig eine gelb-grüne Verfärbung (rechts). Anschliff, BB15cm (B). Foto Eike Marzi. **Fig. 55:** Typical alvikitic dyke in outcrop E: on both sides the grayish brown, partly porous-clayey contact zone („bark zone“) is well recognizable, polished stone, height of specimen 24cm. The tephrite immediately adjacent to the tephrite often shows a yellow-green discoloration (right). Polished stone, FOV 15cm. Photo Eike Marzi.



**Abb. 56:** Unterschiedliche Ausprägung der Kontaktzonen: Links metamorpher Tephrit (aus Zone th) am Kontakt zum Phonolith, Anschliff, BB 25 mm (A). Rechts metamorpher Tephrit am Übergang zum Alvikit mit Bildung der „Rindenzone“ (R\*), Anschliff, BB 15mm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 56:** Different expression of the contact zones: Left, metamorphic tephrite (from zone th) at contact with phonolite, polished stonecut, FOV 25mm (A). On the right, metamorphic tephrite at the transition to alvikite with formation of the „bark zone“ (R\*), FOV 15 mm (B). Photos Eike Marzi.

Die Neubildung idiomorph auskristallisierter Minerale offenbart sich oft erst nach dem schonenden Ablösen einer sekundär gebildeten Calcit-Schicht mit organischer Säure.





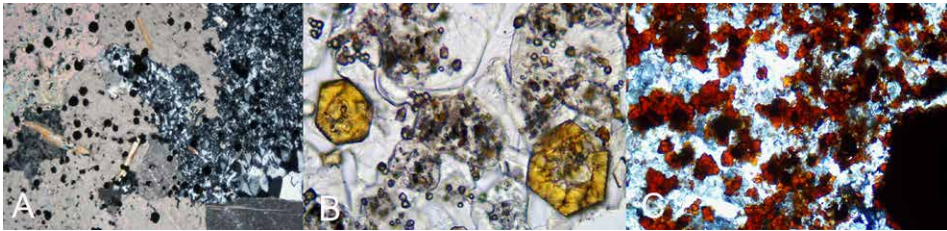
**Abb. 57:** Augit-„Phantomkristalle“ in der Zone R\*: ehemaliger Augit-Kristall in der stark alterierten Zone zwischen Tephrit und Karbonatit. BB 1800µm (A). Dünnschliff / Fotos Kurt Gerling. Rechts das Präparat der Mikrosonden-Untersuchung (B). Analysen erfolgten an den markierten Positionen. (Erläuterung im Text). **Fig. 57:** Augite „phantom crystals“ in zone R\*: former augite crystal in the strongly altered zone between tephrite and carbonatite. FOV 1800µm (A). Thin section / photos Kurt Gerling. On the right the specimen of the microprobe examination (B). Analyses were done at the marked positions. (Explanation in the text).

### 6.2.1 Der Alvikit im Aufschluss E

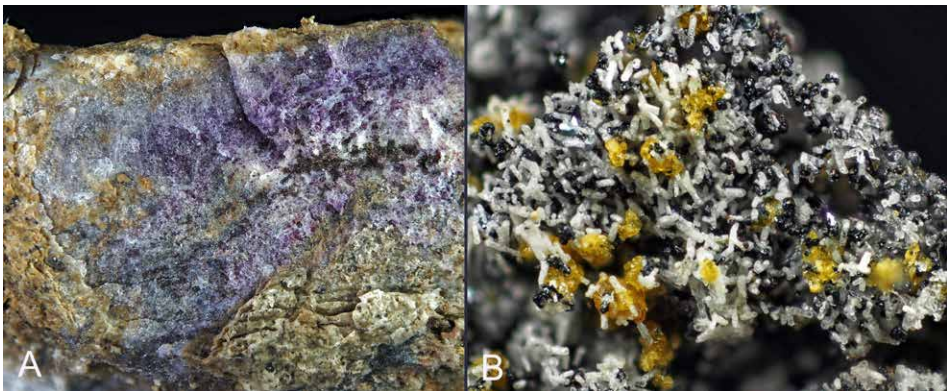
Der eigentliche Gang ist geländebedingt im Aufschluss E nur sehr kleinräumig freigelegt bzw. durch den früheren Abbau auch größtenteils zerstört. Er zeigt neben der stark wechselnden Mächtigkeit deutliche Zeichen einer tiefgreifenden Metamorphose. Die ursprüngliche Alvikit-Struktur ist auch am Dünnschliff kaum mehr erkennbar und es besteht eine lokal auffällige Abweichung vom üblichen Mineralbestand (Abb. 58). Interessant ist, dass hier durch vermutlich oberflächennahe Wassersysteme sowohl korrosive Einflüsse mit Bildung von Lösungshohlräumen als auch eine Neubildung von Calcit und Kieselsäure-Modifikationen zu beobachten sind. Stellenweise wurde die calcitische Matrix soweit weggelöst, dass Apatit-, Glimmer- und Magnetit-Kristalle freiliegend sichtbar sind (Abb. 59B), vereinzelt fand sich in größeren Lösungshohlräumen sogar eine sandige Anreicherung dieser Minerale. Andererseits haben sich in solchen Korrosions Hohlräumen häufig auch Mineralien wie Calcit, Hyalit, kugeliges Chalcedon oder Quarz-Kristalle neu gebildet. Umschriebene Bereiche im Gang weisen zudem einen vollständigen Ersatz des Calcits durch Kieselsäure-Modifikationen, u.a. Hyalit, Quarzin und Chalcedon, auf. Diese Partien zeigen im Anschliff eine fast wasserklare, Achat-artige Struktur. Auch bandförmige Verfärbungen des Alvikits bedingt durch einen wohl unterschiedlich ausgeprägten Grad der „Silifizierung“ wurden beobachtet.

Frei auskristallisierte Mineralien kommen in Karbonatiten bzw. Alvikiten üblicherweise nicht vor. Allerdings wusste schon KNOP (1892) zu berichten, dass durch schonendes Aussäuern mancher Karbonatite durchaus schöne (idiomorph ausgebildete) Kristalle freigelegt werden können. Im Säure-behandelten Alvikit findet sich im Aufschluss B neben Apatit und Glimmer auch immer Magnetit, ausnahmsweise sogar als schlierenförmige Anreicherung von hochglänzenden xx. In räumlicher Nähe zum Tephrit wurden

auch winzige, rötlichen Kristalle (Rhönit-Gruppe), sowie gelbliche Mineralien (Glimmer, Klinopyroxen und Granat) festgestellt. Eine analytische Aufarbeitung des Lösungsrückstandes ist bislang noch nicht erfolgt. An Dünnschliffen von Proben aus dem Kontaktsaum ist der in Karbonatiten ansonsten häufige Apatit hier eher in untergeordneter Quantität zu beobachten, der Nachweis von Pyrochlor ist weder in Dünnschliff- noch in Ätzpräparaten gelungen. Der bisher am Kirchberg nur aus dem Phonolith beschriebene Hyalit kommt im Aufschluss E sowohl innerhalb des Alvikits als auch in der angrenzenden Kontaktzone vor. Auch auf alteriertem Tephrit haben sich lokal wasserklare,



**Abb. 58:** Metamorpher Alvikit im Kontaktbereich Aufschluss E: Im Dünnschliff zeigt sich neben Resten karbonatitischer Strukturen mit Glimmer, Diopsid und Magnetit bereits eine sekundäre Zeolith- und Calcit-Bildung (DS K 178) 20-78 XPL 4x, BB 2200µm (A). Stellenweise ist auch eine Anreicherung gelblicher Andradite zu erkennen (DS K 178) 36-71 LPL 40x, BB 300µm (B). Typisch für die Randzone sind rötliche Rhönit / Dorrit xx, z.T. Magnetit umwachsend (C). (DS K 178) 28-71 XPL 10x, BB 900µm. (Analyse: G. Blaß). Präparate und Fotos Kurt Gerling.  
**Fig. 58:** Metamorphic alvikite in the contact area of outcrop E: In the thin section, secondary zeolite and calcite formation can already be seen in addition to remnants of carbonatitic structures with mica, diopside and magnetite. (DS K 178) 20-78 XPL 4x, FOV 2200µm (A). In places an enrichment of yellowish andradite is also visible (DS K 178) 36-71 LPL 40x, FOV 300µm (B). Typical for the marginal zone are reddish rhönite / dorrite xx, partly magnetite overgrowing (C). (DS K 178) 28-71 XPL 10x, FOV 900µm. (Analysis: G. Blaß). Preparations and photos Kurt Gerling.



**Abb. 59:** Anreicherung sekundärer Neubildungen im Alvikit: Schlieren von violetterm Fluorit, BB 25mm (A). Rechts neben schwarzen Magnetit- und weißen Apatit xx auch reichlich gelbe Granat und Klinopyroxen xx, durch natürliche Korrosion freigelegt, BB 1,78mm (B). Apatit analysiert von G. Blass / Probe B. Gassmann. Fotos Eike Marzi.  
**Fig. 59:** Accumulation of secondary mineral new formation in alvikite: streaks of violet fluorite, FOV 25mm (A). To the right, abundant yellow garnet and clinopyroxene xx, next to black magnetite and white apatite xx, exposed by natural corrosion. FOV 1.78mm (B). Apatite analyzed by G. Blass / specimen B. Gassmann. Photos Eike Marzi.



**Abb. 60:** Neubildung von  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen im alterierten Alvikit, Aufschluss E: Weißer, kugeliger Chalcedon, überwachsen von Calcit xx auf alteriertem Karbonatit, BB 6mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 60:** New formation of  $\text{SiO}_2$  modifications in altered alvikite outcrop E: White, spherical chalcedony overgrown by calcite xx on altered carbonate, FOV 6mm. Photo Eike Marzi.

kugelige Hyalit-Aggregate gebildet, welche z.T. wiederum von einer jungen Generation Calcit überwachsen wurden. Hyalit zeigt im Gegensatz zu Chalcedon eine typisch grüne Fluoreszenz unter kurzwelligem UV-Licht. Vereinzelt ist an den kugeligen Hyalit-Gebilden im Alvikit auch ein fließender Übergang in farblosen, teils auch weißen Chalcedon festzustellen (Abb. 60.) Erkennbar wird dieser Übergang auch am Wechsel von einer glatten in eine feinkristalline Oberflächenstruktur der sphärolithischen Aggregate. An wenigen Stufen setzt sich diese strukturelle Veränderung überraschenderweise bis in feine Kristall-Rasen mit (Tief-)Quarz-Kristallen fort, welche teilweise ein gut erkennbares hexagonales Prisma aufweisen (Abb. 61). Ebenfalls unerwartete Befunde ergaben pol-optische Untersuchungen von K. Gerling an Proben eines achat-artig wirkenden, silifizierten Karbonatit-Gangstückes. Hier wurden in einer wasserklar-transparenten Chalcedon-Matrix blasse, milchigweiße Sphärolithe mit seidigem Glanz beobachtet, welche sich z.T. um einen Kristallisationskeim von Magnetit oder Glimmer gebildet haben. Nach pol-optischen Kriterien handelt es sich dabei um Quarzin, eine mikrokristalline faserige Gefüge-Varietät von Chalcedon (Abb. 62).



**Abb. 61:** Neubildung von  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen im alterierten Alvikit Aufschluss E: (Tief-) Quarz-Kristalle mit typischen Prismenflächen, begleitet von sekundären Calcit xx, BB 4,32mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 61:** New formation of  $\text{SiO}_2$  modifications in altered alvikite outcrop E: (Deep-) quartz crystals with typical prism faces accompanied by secondary calcite xx, FOV 4.32mm. Photo Eike Marzi.

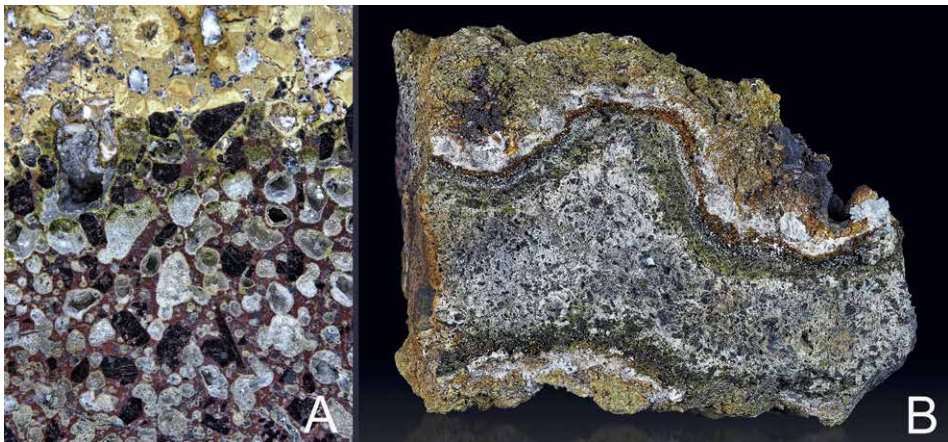


**Abb. 62:** Quarzin in vollständig „silifiziertem“ Alvikit: Substitution des Calcits durch transparenten Chalcedon. Weiße Quarzin-Aggregate sind neben Magnetit und blättrigen xx (Sanidin?) erkennbar (A). (DS K 165 P5) 13-81, BB 1800 $\mu\text{m}$ , Auflicht-Präparat 10x. Daneben Halo-artiges Quarzin-Aggregat in Chalcedon-Matrix, schwarze Magnetit xx, Auflicht (DS K 165/P5), BB 600 $\mu\text{m}$  (B). Rechts Glimmerkristall als Kristallisationskeim im Zentrum, 17-74 XPL 40x, BB 200 $\mu\text{m}$  (C). Präparate und Fotos Kurt Gerling. **Fig. 62:** Quartzine in completely „silicified“ alvikite: substitution of calcite by transparent chalcedony. White quartzine aggregates are visible next to magnetite and foliated xx (sanidine?) (A). (DS K 165 P5) 13-81, FOV 1800 $\mu\text{m}$ , reflected light preparation 10x. Next to it halo-like quartzine aggregate in chalcedony matrix, black magnetite xx, reflected light (DS K 165/P5), FOV 600 $\mu\text{m}$  (B). Right mica crystal as crystallization seed in the center, 17-74 XPL 40x, FOV 200 $\mu\text{m}$  (C). Preparations and photos Kurt Gerling.

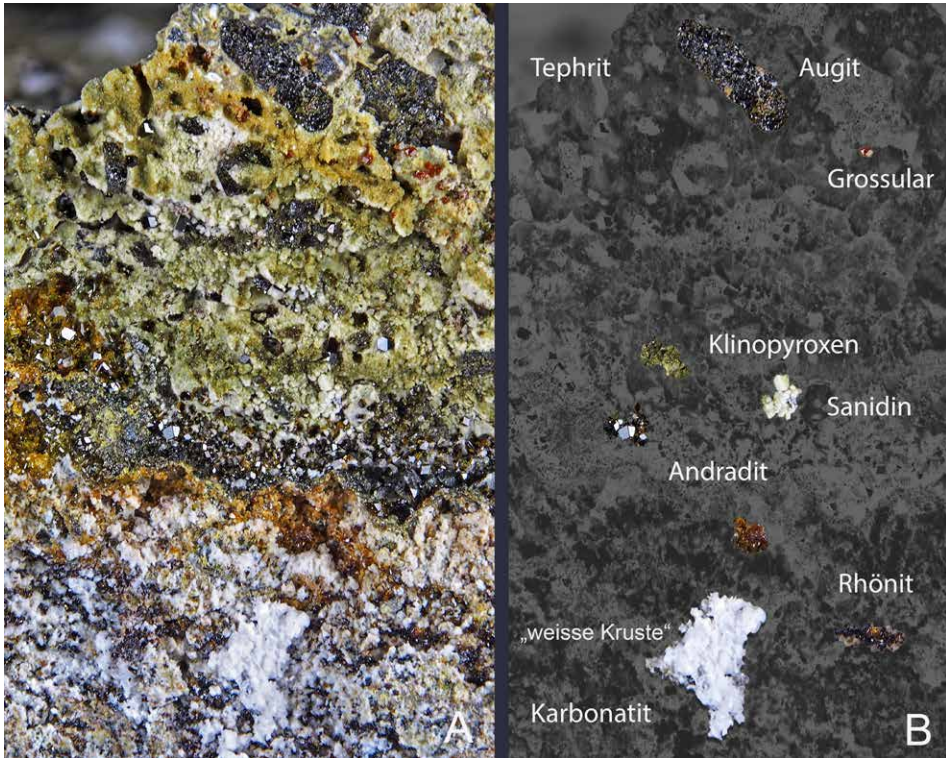
Über Fluorit als akzessorische Komponente der Alvikite vom Kirchberg hat WIMMENAUER bereits 1952 berichtet und als Ursache der violetten Färbung die radioaktive Strahlung geringer Mengen U bzw. Th vermutet. Von welchen Akzessorien diese Aktivität ausgehen könnte, ist aber bislang unklar. Im Aufschluss B wurden erstmalig winzige violette Schlieren in der Kontaktzone eines schmalen Alvikites festgestellt. Ein Anschliff ließ zwar nach optischen Kriterien Fluorit vermuten, eine Analyse wurde aber nicht vorgenommen. Erst Jahre später konnte im Aufschluss E der **Fluorit** als Komponente der „Rindenzone“ des metamorphen Tephrits nachgewiesen werden (XRD-Analyse / S. Spürgin / mdl. Mitteilung). Ungewöhnlich waren bis mehrere Zentimeter große Anreicherungszone in stark alteriertem Karbonatit, welche durch reichlich eingelagerte xenomorphe Fluorit- „Körner“ kräftig violett imponieren (Abb. 59A).

### 6.2.2 Mineralbestand im Aufschluss E

Während in der Kontaktzone im Aufschluss B, neben der tiefgreifenden Transformation des Tephrits, auch eine meist vollständige Auflösung der Augite mit residualen Negativformen zu beobachten ist, zeigen die Alterationserscheinungen im Aufschluss E ein deutlich anderes Muster. Am Kontakt zwischen Tephrit und Phonolith ist zwar eine Gesteinsalteration nach beiden Seiten erkennbar, eine relevante Transformation der gesteinsbildenden Minerale ist hier aber weder im Anschliff noch im Dünnschliff zu beobachten (Abb. 56A). Im Gegensatz dazu zeigt sich zwischen Tephrit und Alvikit eine bis mehrere Zentimeter breite, ockerfarbene Kontaktzone von einer stellenweise fast tonigen

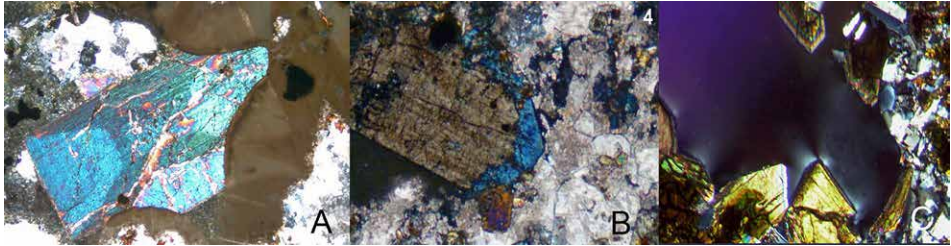


**Abb. 63:** Mineral-Neubildungen in der Kontaktzone Aufschluss E: Übergang vom metamorphen Tephrit mit mineralisierten und Calcit-gefüllten Blasen zur ockerfarbenen „Rindenzone“, Anschliff, BB 20 mm (A). Rechts Kluft-Fläche im metamorphen Tephrit mit Zonierung durch Neubildung diverser Minerale („Aureole“), (φ), BB 17cm (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 63:** New mineral formations in the contact zone outcrop E: Transition from metamorphic tephrite with mineralized and calcite-filled bubble-like cavities to the ocher-colored „bark zone“, polished stone, FOV 20mm (A). On the right, fissure surface in metamorphic tephrite with zoning by new formation of various minerals („aureoles“), (φ), FOV 17cm (B). Photos Eike Marzi.



**Abb. 64:** Foto und Grafik einer „Aureole“ (Ausschnitt) – auf sehr vielen Proben ist ein wiederkehrendes Muster mit ortsspezifischer Mineralneubildung in Abhängigkeit von der Relativposition zwischen Tephrit und Karbonatit erkennbar. Bildhöhe ca. 20mm, Erläuterung im Text. Foto Eike Marzi. **Fig. 64:** Photo and graphic of an „aureole“ (detail) – on numerous specimens a recurring pattern with site-specific new mineral formation depending on the relative position between tephrite and carbonatite is recognizable. Image height approx. 20mm, explanation in the text. Photo Eike Marzi.

Beschaffenheit („Rindenzone“). Eine Mineralneubildung hat nicht nur in dieser Kontaktzone sondern sowohl im angrenzenden Alvikit als auch im Tephrit stattgefunden. Die Neogenese war dabei nicht nur auf kleine Blasen Hohlräume beschränkt. Insbesondere auf Kluftflächen des Tephrits ist stellenweise eine besonders reiche Paragenese mit farblich markanter Hof- bzw. „Aureolen“-Bildung entstanden (Abb. 63B). Dabei lassen fast alle Proben ein wiederkehrendes, ausgeprägt zonenförmiges Muster der Mineralneubildung zwischen Tephrit und dem Übergang zum Karbonatit erkennen (Abb. 64). An den primären Augit-Kristallen in der Kontaktzone und dem angrenzenden Tephrit ist eine vorwiegend partielle Metamorphose, z.B. in Form einer zonaren, randbetonten Umwandlung oder Auflösung (Abb. 65 und 66), zu beobachten. Dies kann sowohl im Ätzpräparat als auch an Dünnschliffen dargestellt werden. Die markanten Augit-Negativformen wurden in diesem Bereich dagegen nur sehr selten festgestellt.



**Abb. 65:** Primäre und sekundäre Pyroxene: Links Augit X in der „Rindenzone“ mit randbetonter Auflösung, (DS K 161) 30-76 XPL 4x, BB 2200µm (A). Daneben eine vom Kristallrand ausgehende Transformation, (DSK 169/P9) 19-82 XPL 10x, BB 900µm (B). Rechts neu gebildete Klinopyroxen xx in einem Hohlraum im alterierten Tephrit, Dünnschliff (DS K 179.1) 27-72 XPL 40x, BB 600µm (C). Präparate / Fotos Kurt Gerling. **Fig. 65:** Primary and secondary pyroxenes: left Augite X in the „bark zone“ with rim accentuated resolution, (DS K 161) 30-76 XPL 4x, FOV 2200µm. Next to it transformation starting from the crystal rim, (DSK 169/P9) 19-82 XPL 10x, FOV 900µm (B). On the right newly formed clinopyroxene xx in a cavity in the tephrite, thin section (DS K 79.1) 27-72 XPL 40x, FOV 600µm (C). Preparations / Photos Kurt Gerling.



**Abb. 66:** Auch im Ätzpräparat gut erkennbar – randbetonte Neubildung von gelbem Pyroxen auf korrodiertem Augit X, begleitet von Dorrit, (ϕ), BB 1,85mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 66:** Also well recognizable in the etching preparation – rim accentuated new formation of yellow pyroxene on corroded Augite X, accompanied by Dorrite, (ϕ), FOV 1.85mm. Photo Eike Marzi.



**Abb. 67:** Grün-schwarzer, pyramidal entwickelter Diopsid-Augit-MK mit parkettierter Oberfläche, BB 2,25mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.

**Fig. 67:** Green-black pyramidal developed diopside-augite (ss) with parkettized surface, FOV 2.25mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.



**Abb. 68:** Braun-grüne Diopsid-Augit MK mit orangefarbenem Granat X auf Sandin, BB 3,18mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.

**Fig. 68:** Brown-green diopside-augite (ss) with orange garnet X on sandine, FOV 3.18mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

Die neu gebildeten **Pyroxene** im Aufschluss E zeigen eine breite Farbpalette von Schwarz- über Braun- bis zu Grün- und Gelbtönen (Abb. 67–71). Langprismatische Kristalle sind hier selten, die meist kurzprismatischen Kristalle sind oft verzerrt bzw. weisen parkettierte Flächen auf. Nach den bisherigen Analysen sind diese überwiegend **Diopsid**-dominanten Mischkristalle der Augit-Diopsid-Hedenbergit-Serie zuzuordnen. XRD und EDX mehrerer Proben liefern dabei allerdings keine konkordanten Resultate, sondern differieren je nach Entnahmeort und Farbe. Nur im unmittelbaren Kontakt zum bzw. im Karbonatit treten auch gelbe bis orangefarbene Klinopyroxene auf. Die seltenen und





**Abb. 69:** Schwarzer, flächenreicher Pyroxen X, BB 2,15mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.

**Fig. 69:** Black, crystal faces-rich pyroxene X, FOV 2.15mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

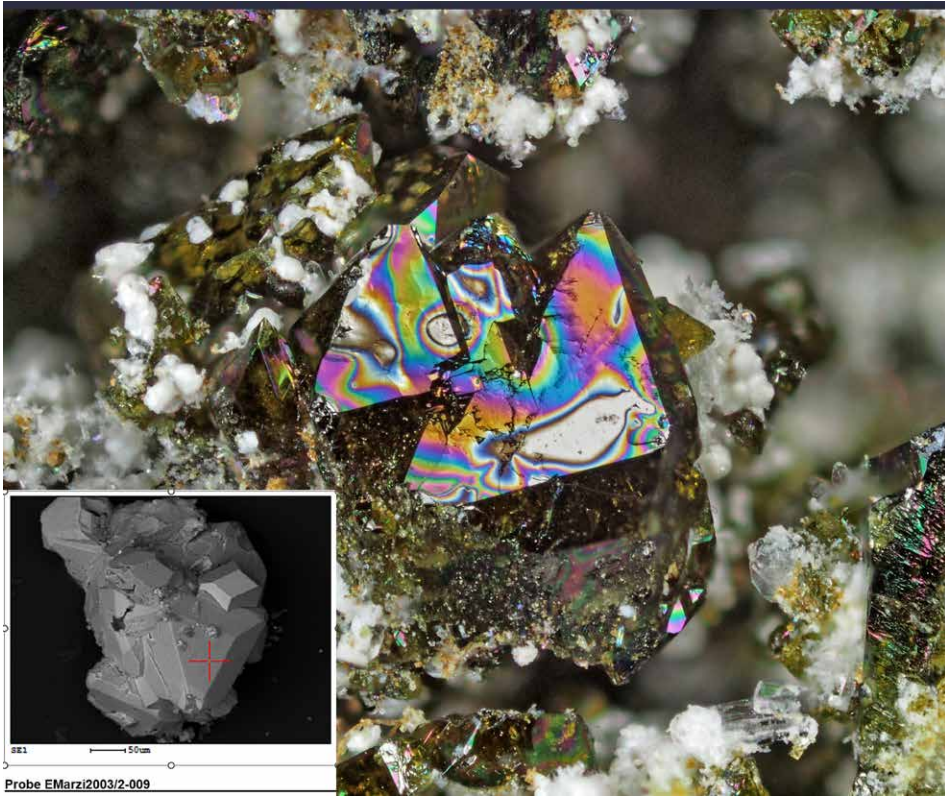


**Abb. 70:** Sehr selten: Augit (-Diopsid-Hedenbergit)-MK mit gelb-oranger Färbung, BB 2,65mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.

**Fig. 70:** Very rare: Augite (-diopside-hedenbergite ss) with yellow-orange coloration, FOV 2.65mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

nur auf wenigen Stücken gut ausgebildeten Kristalle lassen sich nach EDX- und XRD-Untersuchungen am ehesten als **Augit**(-Diopsid-Hedenbergit-MK) ansprechen. Eine weitere XRD (S. Spürgin / mdl. Mitteilung) von honigfarbenen mikrokristallinen Krusten ergab ebenfalls Augit-MK (Augit-Diopsid-Ägirin).

Diese Paragenese weist zwar Parallelen zum Aufschluss B auf, zeigt aber auch interessante Abweichungen: Im Aufschluss B scheinen bei den neu gebildeten Pyroxenen Ägirin-dominante Kristalle zu überwiegen, hier eher die Diopsid-dominanten Varietäten.



**Abb. 71:** Olivgrüner „Fassait“ (Augit-Diopsid-MK), mit Anlauffarben, BB 2,68mm, ( $\phi$ ). Foto Eike Marzi. Eingebledet REM-Bild (Original- EDX-Probe / Aufnahme Joy Desor). **Fig. 71:** Olive green „Fassaite“ (Augite-Diopsid ss), with tarnish, FOV 2.68mm, ( $\phi$ ). Photo Eike Marzi. Inset SEM image (original EDX specimen / image Joy Desor).

Titanminerale treten stark in den Hintergrund, Ilmentit wurde bisher noch nicht nachgewiesen. Magnetit kommt kaum vor, dafür ist im Aufschluss E häufig Hämatit zu beobachten. Tridymit wurde nicht festgestellt, dafür Cristobalit. Während der Granat im Aufschluss B ausschließlich schwarzbraune Farbtöne zeigt, wurden in diesem Aufschluss Granatkristalle mit einer deutlich variableren Farbgebung von gelb über orange bis braun beobachtet, auch gelbgrünliche Farbtöne kamen vor.

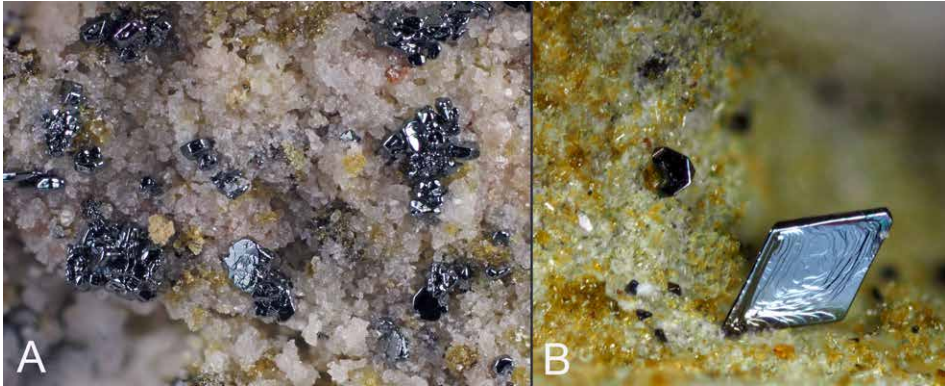
**Sanidin** findet sich im Aufschluss E vorwiegend als jüngere Bildung auf Klinopyroxen oder Andradit aufgewachsen. Die farblosen, nur selten vollständig transparenten Kristalle zeigen hier meist tafelige Formen, teils auch einen säulig-langprismatische Habitus. Unerwartete Befund ergab die Untersuchung farblos-transparenten Kristalle mit blockiger Ausbildung (Abb. 73B) in einem stark metamorphen Tephrit. In der EDX waren relevante Barium- und Strontium-Peaks nachweisbar, nach der S-XRD handelt es sich dennoch um einen Sanidin (mit Einbau von  $Ba^{2+}/Sr^{2+}$  im Kristallgitter).



**Abb. 72:** Sanidin im Aufschluss E: Prismatische xx auf Andradit und Klinopyroxen, BB 2,6mm, ( $\phi$ ). Foto Eike Marzi.  
**Fig. 72:** Sanidine in outcrop E: prismatic xx on andradite and clinopyroxene, FOV 2.6mm, ( $\phi$ ). Photo Eike Marzi.



**Abb. 73:** Sanidin im Aufschluss E: Links tafelige, pseudo-hexagonale xx auf Andradit, BB 3,0mm, ( $\phi$ ). (A). Rechts glänzende, transparente Sanidin xx mit Ba<sup>2+</sup> und Sr<sup>2+</sup> - Gehalt, BB 1,4mm (B). Rechts unten REM-Bild der EDX-Probe. Fotos Eike Marzi / REM Joy Desor.  
**Fig. 73:** Sanidine in outcrop E: left tabular, pseudo-hexagonal xx on andradite, FOV 3.0mm, ( $\phi$ ). (A). Right, shiny, transparent sanidine xx with Ba<sup>2+</sup> and Sr<sup>2+</sup> content, FOV 1.4mm (B). Bottom right SEM-image of the EDX sample. Photos Eike Marzi / SEM Joy Desor.



**Abb. 74:** Hämatit im metamorphen Tephrit, Aufschluss E: Links hochglänzende Hämatit-Aggregate auf Sanidin mit Klinopyroxen, ( $\phi$ ), BB 1,8mm (A). Rechts typisch rautenförmiger Kristall („Lakritz“-Form), BB 1,6mm, ( $\phi$ ), (B). Fotos Eike Marzi. **Fig. 74:** Hematite in metamorphic tephrite, outcrop E: Left, highly lustrous hematite aggregates on sanidine with clinopyroxene, ( $\phi$ ), FOV 1.8mm (A). On the right, typical diamond-shaped crystal („licorice“ shape), FOV 1.6 mm, ( $\phi$ ), (B). Photos Eike Marzi.



**Abb. 75:** Pseudobrookit xx, vereinzelt mit braun-roten Innenreflexen, auf Sanidin in metamorph verändertem Tephrit, BB 0,9mm, ( $\phi$ ). Foto / Slg. Gassmann. **Fig. 75:** Pseudobrookite xx, sporadically with brown-red internal reflections, on sanidine in metamorphically altered tephrite, FOV 0.9mm, ( $\phi$ ). Photo / collection Gassmann.

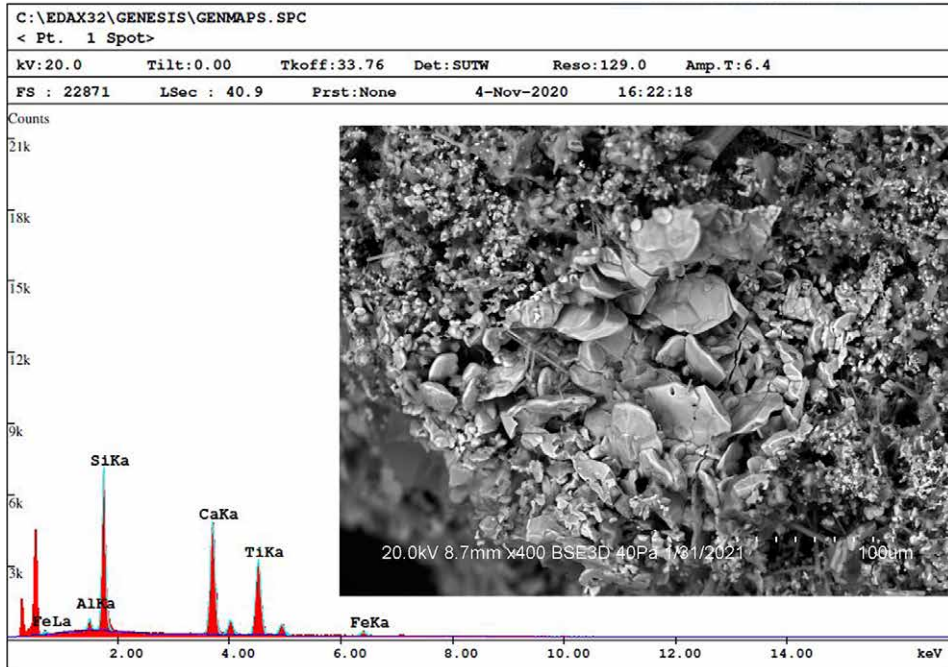


**Abb. 76:** Titanit im Aufschluss E: Unscheinbar und selten – rosafarbene Titanit xx neben schwarzem Klinopyroxen auf Sanidin, BB 2,35mm, (ϕ). Foto Eike Marzi. **Fig. 76:** Titanite in outcrop E: Inconspicuous and rare - pink titanite xx next to black clinopyroxene on sanidine, FOV 2.35mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

Auf kleinen Kluftflächen von metamorph verändertem Tephrit wurden auf Sanidin lokal gehäuft winzige, tiefschwarze und hochglänzende Kristalle festgestellt. Neben oktaedrischen kommen überwiegend tafelige, gelegentlich perfekt rautenförmigen Kristalle vor (Abb. 74B). Bisher erfolgte zwar nur eine EDX-Analyse an diesen Kristallen, unter Berücksichtigung der typischen Ausbildung ist die Annahme von **Hämatit** hoch wahrscheinlich (EDX: 4.2 % Al, 2.3 % Ti, 0.2 % V, 2.4 % Mn, 90.9 % Fe).

**Magnetit** konnte im Aufschluss E dagegen fast nur im Karbonatit nachgewiesen werden. Die untersuchten Magnetite weisen lt. EDX einen geringen Titan-Gehalt auf (EDX: 52,7 % O, 3,82 % Ti, 43,4 % Fe).

**Titanit** wurde auf Grund seiner geringen Größe und ungewöhnlichen Farbe in diesem Aufschluss erst relativ spät identifiziert (EDX). Er kommt im Bereich der „Aureolen“ in Form winziger, zimt- bis rosafarbener Kristalle auf Sanidin vor (Abb. 76). In Drusen des kontaktmetamorph veränderten Tephrits ist Titanit ebenfalls anzutreffen, ist bei nur geringerer Größe und blass-gelber Farbe aber leicht zu übersehen. Ungewöhnlich ist dabei die Paragenese – der Titanit wird gelegentlich von Hämatit begleitet, Chabasit und Phillipsit sind z.T. als jüngere Bildung aufgewachsen.



**Abb. 77:** Titanit im Aufschluss E: REM-Bild und EDX-Messung der rosafarbenen Titanit xx. Foto und Analyse J. Desor. **Fig. 77:** Titanite in outcrop E: SEM image and EDX measurement of pink titanite xx. Photo and analysis J. Desor.

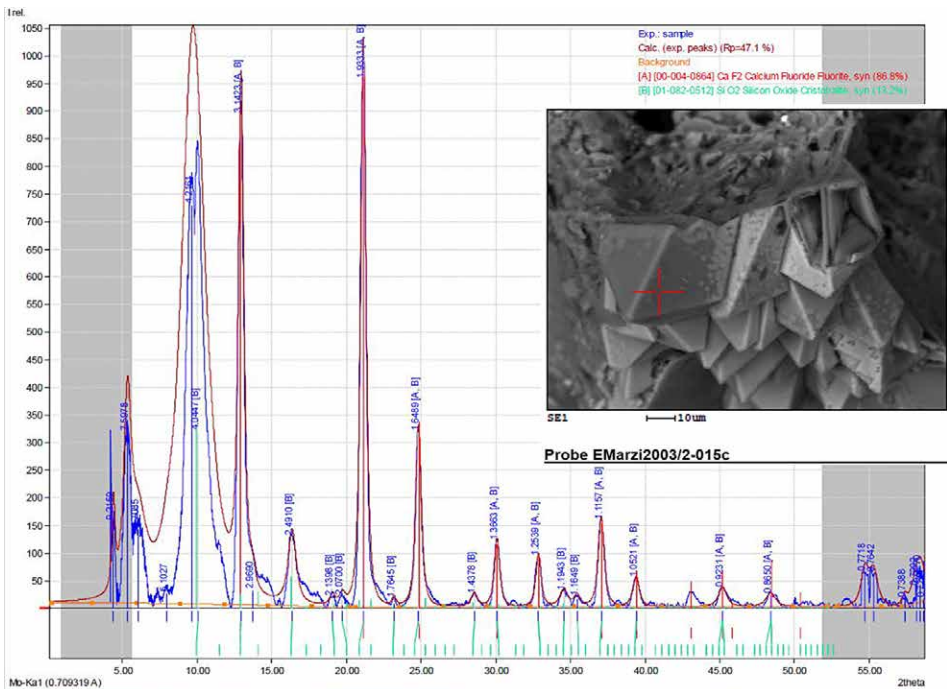
Im Aufschluss E wurden von B. Gassmann auf Proben eines metamorphen, rötlichen Tephrits rotbraune bis fast schwarze Kristalle in kleinen, vermutlich mit Sanidin ausgekleideten Hohlräumen gefunden. Unter Berücksichtigung der typischen Ausbildung und der EDX-Analysen handelt es sich bei diesen Kristallen mit hoher Wahrscheinlichkeit um **Pseudobrookit**. Auf Grund eines relevanten Mg-Anteiles sind Mischkristalle mit **Armalcolit** denkbar, hier wäre noch eine S-XRD sinnvoll (Abb. 75). EDX 1: 6.1 % Mg, 3.2 % Al, 1.4 % Si, 35.4 % Ti, 54 % Fe. EDX 2: 4.9 % Mg, 2.9 % Al, 1.5 % Si, 35.8 % Ti, 54.9 % Fe.

Neben den bereits oben beschriebenen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen Hyalit, Chalcedon und (Tief-)Quarz wurden zunächst keine weiteren beobachtet, insbesondere war in diesem Aufschluss kein Tridymit feststellbar. Es waren jedoch häufiger schneeweiße, mikrokristalline Krusten als Begleitmineral der Klinopyroxene zu beobachten (Abb. 96). Dieses Konglomerat aus scheinbar mehreren Mineralen blieb jedoch zunächst unbeachtet. Begleitet von irregulären Aggregaten und rundlichen Pusteln zeigten sich später im REM-Bild oktaedrische Kristalle, die sich lt. EDX (2.3 % Al, 94.1 % Si, 3.6 % Ca) ebenfalls als  $\text{SiO}_2$ -Modifikation ansprechen lassen. An weiteren Proben konnten in der EDX auch deutliche Fluor-Peaks nachgewiesen werden, insbesondere bei den selten vorkommenden, gut ausgebildeten, igelartigen Gebilden aus oktaedrischen Kristallen {111}.



**Abb. 78:** Cristobalite im Aufschluss E: Selten waren solche Sphärolithe („Igel“) im metamorphen Tephrit. BB 0,85mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.

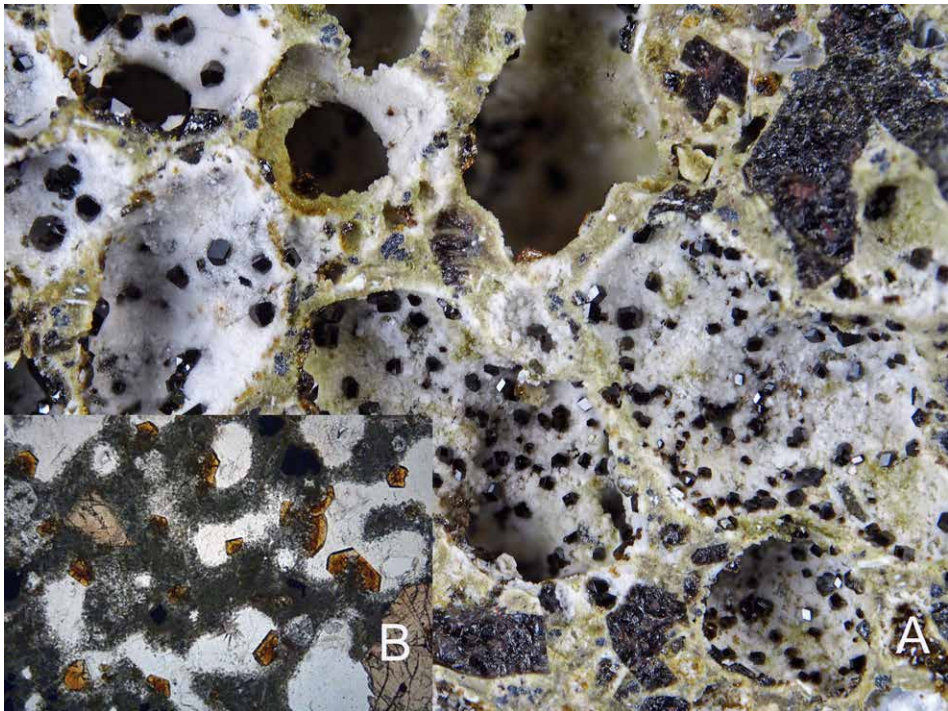
**Fig. 78:** Cristobalite in outcrop E: Rare were such spherulites („hedgehogs“) in the metamorphic tephrite. FOV 0.85mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.



**Abb. 79:** Cristobalite – im REM-Bild sind oktaedrische, teils hohle Kristalle erkennbar, diese zeigen neben Nachweis von Si, auch Anteile von Fluor und Calcium. REM-Fotos/ EDX und S-XRD Joy Desor. **Fig. 79:** Cristobalite – in the SEM image octahedral, partly hollow crystals are recognizable, these show besides evidence of Si, also proportions of fluorine and calcium. SEM-photos/ EDX and S-XRD Joy Desor.

Mit einer zusätzlichen S-XRD Untersuchung wurde letztlich **Cristobalit**, begleitet von Fluorit, bestätigt. Ob es sich bei den Hohlformen evtl. um Perimorphosen handelt, konnte bisher noch nicht geklärt werden (Abb. 78 und 79).

Im Aufschluss E ist Granat weit verbreitet und zeigt eine für den Kirchberg bislang ungewohnt variable Farbgebung. Neben den typischen, dunkelbraunen Kristallen wurden hier farbliche Übergänge von gelb über rötlichbraun bis fast schwarz beobachtet, auch grünlich tingierte und kräftig orange Farbtöne kommen vor. Auffällig sind stark alterierte, blasenreiche Tephrite, bei denen braunschwarz gefärbte Granate auf einer Unterlage von weißem Sanidin aufgewachsen sind (Abb. 80). Die Granat-Kristalle sind in dieser Paragenese nahezu immer von Calcit überwachsen. Nach den bisherigen EDX-Untersuchungen an mehreren Proben scheinen insbesondere für die Granat xx mit gelblichen und orangen Farbtönen intermediäre, Ti-arme Mischkristalle der **Grossular-Andradit**-Serie vorzuliegen.

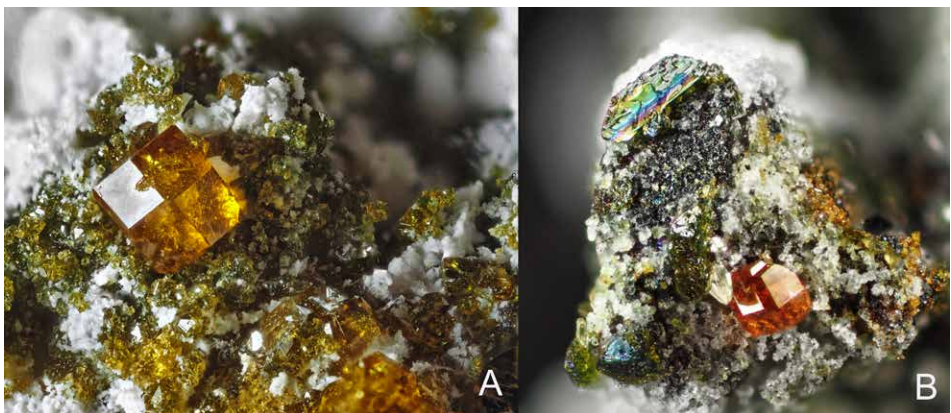


**Abb. 80:** Neubildung von Grossular-Andradit MK in Blasen Hohlräumen von metamorphem Tephrit, Aufschluss E: Andradit- xx auf Sanidin in blasenförmigen Hohlräumen eines stark metamorph überprägten Tephrits, BB 15mm, (A), (φ). Foto Eike Marzi. Eingebildet ein Dünnschliff dieses Materials, DSK 171 (P11) 29-78 LPL 4x, BB 2600µm, (B). Foto Gerling. **Fig. 80:** New formation of grossular-andradite (ss) in vesicular cavities of metamorphic tephrite, outcrop E: andradite- xx on sanidine in vesicular cavities of a strongly metamorphic overprinted tephrite, BB 15mm, (A), (φ). Photo Eike Marzi. Inset a thin section of this material, DSK 171 (P11) 29-78 LPL 4x, FOV 2600µm, (B). Photo Gerling.





**Abb. 81:** Dunkel-orange Andradit-Grossular-MK in metamorphem Tephrit, BB 2,3mm, ( $\phi$ ). Foto Eike Marzi.  
**Fig. 81:** Dark orange andradite-grossular (ss) in metamorphic tephrite, FOV 2.3mm, ( $\phi$ ). Photo Eike Marzi.



**Abb. 82:** Bislang unbekannt vom Kirchberg: Gelbe Granat xx, begleitet von Klinopyroxen, Sanidin und „weißen Krusten“, BB 1,93mm (A). Orangefarbener Granat auf Klinopyroxen (mit Anlauffarben), BB 0,85mm, ( $\phi$ ). (B). Fotos Eike Marzi.  
**Fig. 82:** Previously unknown from the Kirchberg: Yellow garnet xx accompanied by clinopyroxene, sanidine and „white crusts“, FOV 1.93mm. (A). Orange garnet on clinopyroxene (with tarnish), FOV 0.85mm, ( $\phi$ ). (B). Photos Eike Marzi.



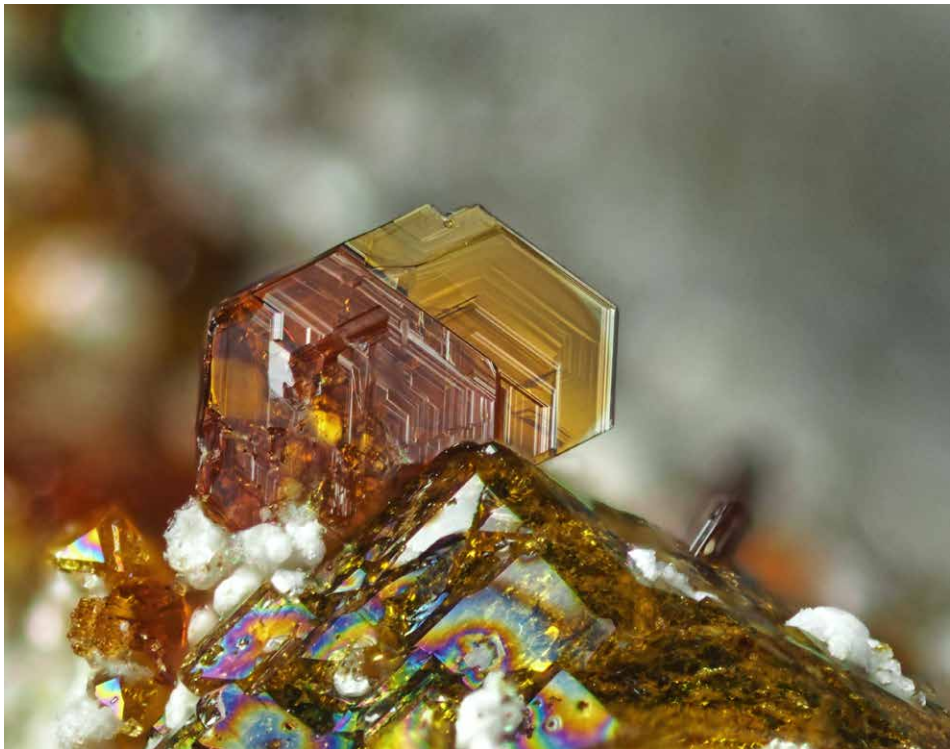
**Abb. 83:** Ein ungewöhnlicher Einzelfund vom Aufschluss E: Rosafarbener Fluor-Apatit begleitet von Klinopyroxen, BB 2,11mm, (ϕ). (Original-EDX-Probe). Foto Eike Marzi. **Fig. 83:** An unusual single find from outcrop E: Pink fluorapatite accompanied by clinopyroxene, FOV 2.11mm, (ϕ). (Original EDX specimen). Photo Eike Marzi.

Das Auftreten von **Apatit** als typische Komponente der Alvikite im Aufschluss E wurde bereits beschrieben. An Stufen von vermutlich durch Kohlensäure-haltigen Oberflächenwässern angelöstem Karbonatit ist der Apatit z.T. in Form kleiner, weiß bis farbloser säuliger Kristalle neben Magnetit gut zu erkennen, oft begleitet von blassgelben Glimmertafeln und gelbem Klinopyroxen (EDX-Analyse / Material von B. Gassmann) (Abb. 59B). In der gelbbraunen Kontaktzone konnte Fluor-Apatit per XRD (S. Spürgin / mdl. Mitteilung) ebenfalls nachgewiesen werden. Auch die Untersuchung eines rosafarbenen Aggregates mit matter Oberfläche aus dem Aufschluss E ergab ein unerwartetes Resultat – nach der EDX liegt auch hier **Fluor-Apatit** vor (Abb. 83).

Glimmerminerale sind als akzessorische Komponente in Karbonatiten des KVC weit verbreitet. So ist Biotit vor allem aus dem Sövite des Badberges bekannt, Phlogopit dagegen als typischer Bestandteil der Sövite am Orberg, Von den gangförmigen Alvikiten zeigen lediglich die seltenen Beforsite (Dolomit-Karbonatite) hohe Anteile an Ba-Phlogopit, während die übrigen Subtypen dagegen meist wenig oder keine Glimmerminerale enthalten (WALTER 2016). Glimmerminerale scheinen besonders dort angereichert zu

sein, wo durch Kontakt zu angrenzenden Gesteinen metasomatische Vorgänge und Assimilationsprozessen stattgefunden haben. GIEBEL et al. (2019) beschreiben z.B. Mischkristallbildung zwischen Phlogopit und Kinoshitalit für den Sövit/Orberg III, fließende Übergänge zwischen den Endgliedern der Reihe sind möglich, die Zonierung mancher Phlogopite wird auf eine variable Kinoshitalit-Substitution sogar innerhalb singulärer Kristalle zurückgeführt.

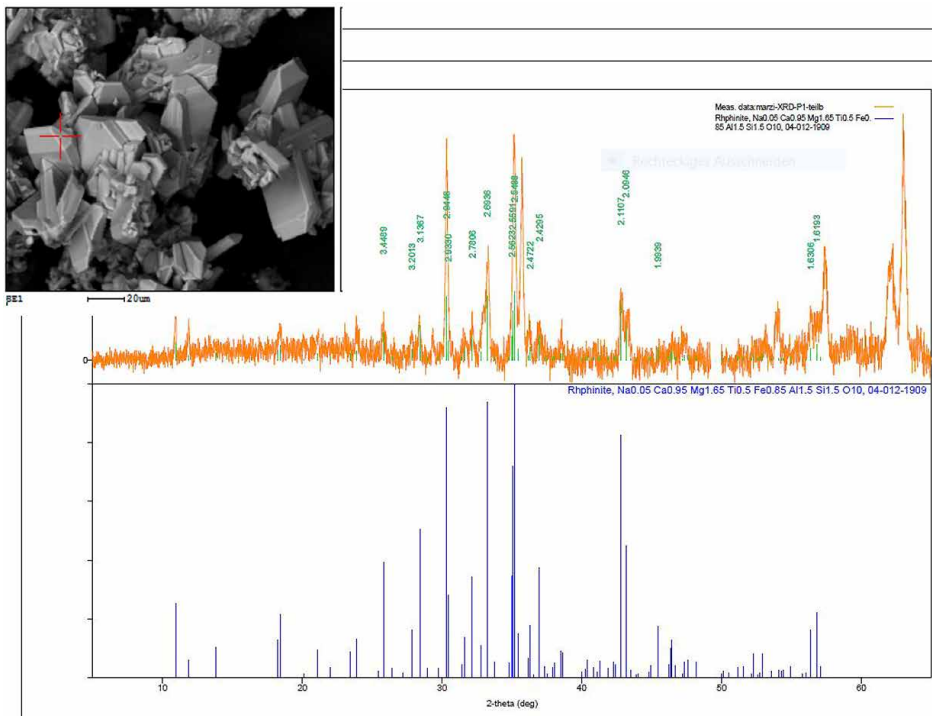
Ein in der „Rindenzone“ und im angrenzenden Alvikit des Aufschluss E öfter zu beobachtendes Glimmermineral wurde zunächst für Phlogopit gehalten. In den „Aureolen“ haben sich neben den bislang noch nicht identifizierbaren „weißen Krusten“ gelblichbraune Glimmerkristalle, typischerweise oft gemeinsam am unmittelbaren Kontakt zum Karbonat bzw. in der „Rindenzone“ gebildet. Dieses teilweise in ausgezeichneten Kristallen gefundene Mineral ließ sich bei einer ersten EDX-Analyse am ehesten der Sprödglimmer-Gruppe zuordnen. Zwischenzeitlich konnte durch S-XRD und Raman-Spektroskopie das Vorliegen des seltenen **Oxykinoshitalit** validiert werden (Abb. 84).



**Abb. 84:** Neufund: Oxykinoshitalit im Aufschluss E. Perfekter X auf Augit-Diopsid-MK. Originalprobe EDX und Raman, BB 1,7mm, (ϕ). Foto Eike Marzi. **Fig. 84:** New find: oxykinoshitalite in outcrop E. Perfect X on augite-diopside MK. Original sample EDX and Raman, FOV 1.7mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.



**Abb. 85:** Neufund: Dorrit im Aufschluss E. Links als winzige, rot-braune, tafelige Kristalle mit starkem Glanz, BB 0,51mm, ( $\phi$ ), (A). Selten sind kugelige Aggregate mit metallischem Glanz auf gelb-orange Pyroxen xx, BB 2,6mm, ( $\phi$ ), (B). Foto Eike Marzi. **Fig. 85:** New discovery: Dorrite in outcrop E. Left as tiny, red-brown, tabular crystals with strong luster, FOV 0.51mm, ( $\phi$ ), (A). Rare are spherical aggregates with metallic luster on yellow-orange pyroxene xx, FOV 2.6mm, ( $\phi$ ), (B). Photo Eike Marzi.

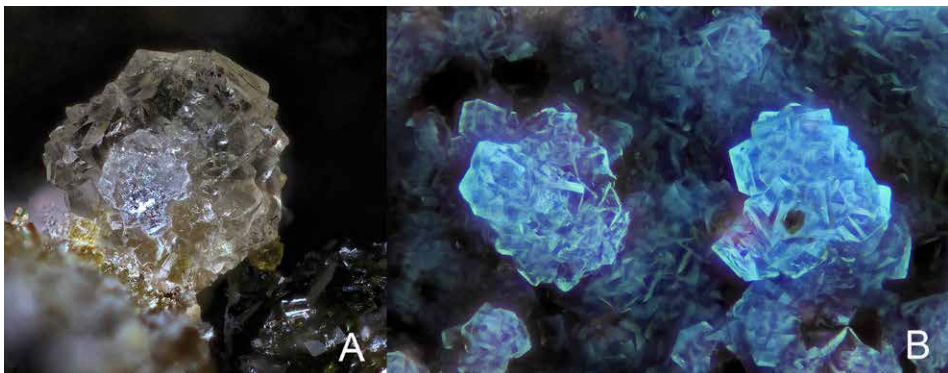


**Abb. 86:** Dorrit im Aufschluss E: S-XRD und EDX. Analysen / REM-Bild J. Desor. **Fig. 86:** Dorrite in outcrop E: S-XRD and EDX. Analyses / SEM image J. Desor.

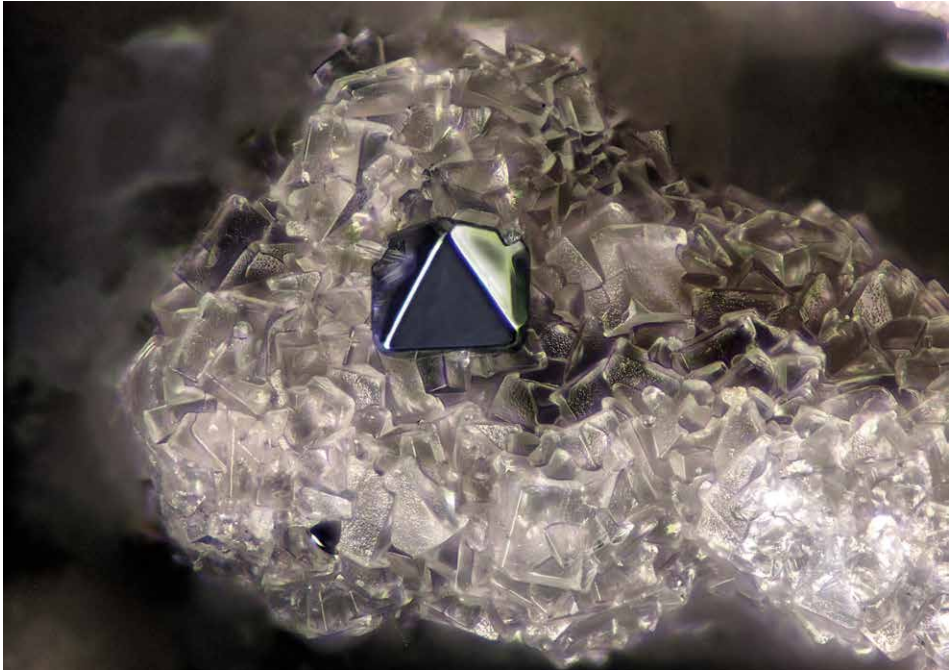
Auch hier könnte der Augit eine relevante Rolle bezüglich der Genese spielen – es wurden sowohl orientierte Verwachsungen von Glimmerkristallen auf Augit, ganz vereinzelt auch die Neubildung von Glimmer xx in Augit-Negativformen beobachtet. Stellenweise ist auch noch innerhalb des stark metamorph überprägten Karbonatits eine deutliche Anreicherung von gelblich-transparenten Glimmer xx, z.T. begleitet von bislang unbestimmten „weißen Krusten“ festzustellen.

Von GRAPES & KELLER (2010) wurde das Auftreten von Rhönit im KVC erstmalig am Limberg in Form nadeliger Kristalle nachgewiesen, welche sich während der Abkühlungsphase in der glasigen Gesteinsmatrix des „Limburgits“ (hyalo-nepheline basanit) gebildet haben. Für die Entstehung dieses Kettensilikates wurden hier Temperaturen zwischen 1137°C–1068°C postuliert. Minerale der Rhönit-Gruppe entstehen typischerweise in hochthermalen Kontaktzonen zwischen Basalten und kalkhaltigen Gesteinen (z.B. Eifel). Ausschließlich im Aufschluss E fanden sich in gemeinsamer Paragenese mit den „weißen Kristallen“ und nur im unmittelbaren Bereich der stark zersetzten, gelbbraunen Kontaktzone („Rindenzone“) nach Ablösung von Calcit kleine rotbraune, teils auch schwarze, metallisch hochglänzende, flächenreiche Kristalle mit roten Innenreflexen. Auch im angrenzenden metamorphen Alvikit ist in Dünnschliffen ein rotbraunes Mineral, bei dem es sich eindeutig nicht um Pyrochlor handelt, erkennbar. Erste EDX-Analysen, auch am Dünnschliff (G. Blaß), ließen ein Mineral der Rhönit-Gruppe vermuten, ebenso wie eine Raman-Untersuchung.

Der Nachweis der  $\text{Fe}^{2+}$ -dominanten Variante **Dorrit** gelang per S-XRD und Raman. Dieser Neufund vom Kirchberg kommt hier meist in Begleitung von Hyalit, honiggelben Augit (-Diopsid) Mischkristallen und noch nicht identifizierten „weißen Kristallen“ vor. EDX 1: 14.4 % Mg, 28.8 % Al, 15.8 % Si, 12.8 % Ca, 1.3 % Ti, 0.1 % V, 1.5 % Mn, 25.4 % Fe. EDX 2: 17.1 % Mg, 29.9 % Al, 17.1 % Si, 11.9 % Ca, 1.6 % Ti, 0.1 % V, 1.3 % Mn, 21.2 % Fe.



**Abb. 87:** Fluoritkristalle im Aufschluss E: Aggregat aus würfelförmigen Individuen in metamorphem Tephrit. Originalprobe EDX, BB 0,95mm (A). Fluorit zeigt eine blaue Fluoreszenz im UV-Licht, BB 0,72mm, ( $\phi$ ), (B). Slg. / Fotos Bernd Gassmann. **Fig. 87:** Fluorite crystals in outcrop E: aggregate of cubic individuals in metamorphic Tephrite. Original sample EDX, FOV 0.95mm (A). The fluorite shows blue fluorescence in UV light, FOV 0.72mm, ( $\phi$ ), (B). Coll. / Photos Bernd Gassmann.



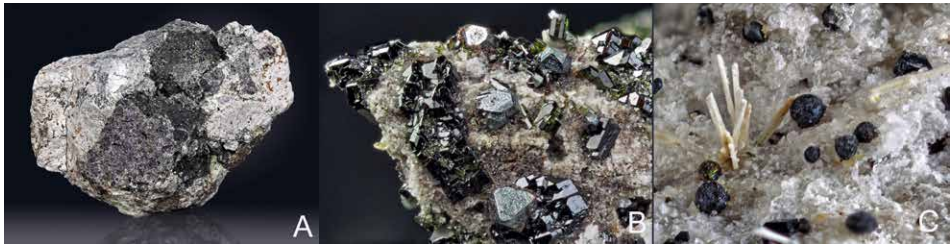
**Abb. 88:** Außergewöhnliche Paragenese: Hämatit-Oktaeder auf Fluorit xx, BB 0,7mm, (ϕ). Foto Eike Marzi.  
**Fig. 88:** Extraordinary paragenesis: hematite octahedron on fluorite xx, FOV 0.7mm, (ϕ). Photo Eike Marzi.

In zahlreichen Drusen des stark metamorph veränderten Tephrits sind schon früh feinkristalline Beläge bzw. Krusten von farblosen, würfelförmigen Kristallen aufgefallen. Diese sind aber in der Regel so klein, dass die Kristallform erst bei Vergrößerungen > 30x erkennbar wird. Dadurch ist die optische Identifikation des Minerals erheblich erschwert. Zunächst wurden hier Chabasit xx vermutet, bei Betrachtung unter UV-Licht ist aber eine blassblaue Fluoreszenz nachweisbar (Abb. 87), wobei die Dokumentation dieses Phänomens bei den winzigen Kristallen nur mit größerem technischem Aufwand gelingt. An einer Probe von B. Gassmann mit typisch würfelförmigen Kristallen (Abb. 103A) erfolgte der Nachweis von **Fluorit** per EDX (J. Desor). Ungewöhnlich und in dieser Ausbildung bislang noch nicht im Kaiserstuhl beobachtet, ist die Paragenese von Hämatit auf Fluorit (Abb. 87).

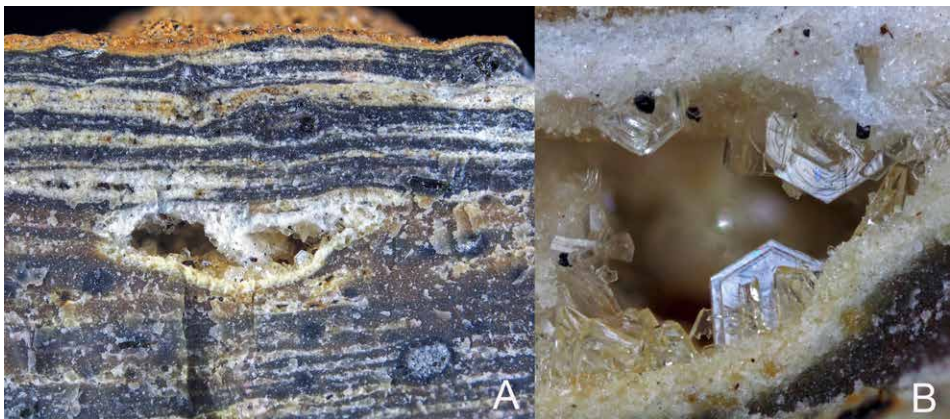
### 6.3 Mineralfunde im Aufschluss C

Der Aufschluss bestand nur für sehr kurze Zeit, anstehendes Gestein konnte nicht beprobt werden, die beschriebenen Funde (Sammlung K. Schneider) stammen i. w. von Le-sesteinen. Auffällig ist auch hier das Vorkommen von Einschlüssen, z.B. Tephrit im Phonolith (Abb. 89A), sowie eine starke Alteration der Gesteine. Im ausgebleichten Phonolith kamen auf kleinen Kluffflächen neben **Andradit** („Melanit“) xx auch schwarze kugelige

Aggregate vor – nach einer EDX-Untersuchung wird hier **Hämatit** angenommen. Weiterhin gab es Einzelfunde korrodierter, weißer, nadelförmiger Kristalle. Hier wird Apatit vermutet, eine Analyse ist bisher nicht erfolgt. Auch braune, langprismatische Kristalle, bei denen ein Mineral der Hornblende-Gruppe vermutet wird, blieben ein Einzelfund. In den Tephrit-Einschlüssen waren die Metamorphose-Prozesse meist geringer ausgeprägt als an den anderen Aufschlüssen, aber auch hier konnten in Drusen grünliche **Pyroxen** (Ägirin) xx auf Sanidin, teils begleitet von **Magnetit** xx festgestellt werden. Ein ungewöhnlicher Solitärfund blieb ein Lesestein mit auffälliger Bänderung und Zeichen einer ausgeprägten metamorphen Veränderung (fenitisierte Xenolith?). In kleinen Drusen kamen auf Sanidin xx, neben Magnetit, auch perfekte, 6-seitige, transparente tafelige Kristalle vor, hier wird nach optischen Kriterien **Tridymit** (Abb. 90) angenommen.



**Abb. 89:** Oberflächenfunde im Aufschluss C: Ausgebleichter Phonolith mit alteriertem Tephrit-Einschluss, BB 70mm (A). Magnetit mit Ägirin auf Tephrit, BB 2,25mm (B). Kugelig ausgebildeter Hämatit auf stark alteriertem Phonolith, begleitet von korrodierten, nadeligen Apatit xx (?), BB 3,5mm (C). Slg. K. Schneider / Fotos Eike Marzi.  
**Fig. 89:** Surface finds in outcrop C: bleached phonolite with altered tephrite-inclusion, FOV 70mm (A). Magnetite with aegirine on tephrite, FOV 2.25mm (B). Spherulitic hematite on strongly altered phonolite, accompanied by corroded acicular apatite xx (?), FOV 3.5mm (C). Coll. K. Schneider / Photos Eike Marzi.



**Abb. 90:** Ungewöhnlicher Lesestein im Aufschluss C: Metamorph überprägtes Gestein mit lagiger Struktur und Druse, (Xenolith?), BB 15mm (A). In der Druse Tridymit xx auf Sanidin (nur optische Bestimmung). BB 2,4mm (B). Slg. Schneider / Fotos Eike Marzi. **Fig. 90:** Unusual rubblestone in outcrop C: Metamorphic overprinted rock (xenolith?), with laggy structure and druse, FOV 15mm (A). In the druse tridymite xx on sanidine (optical determination only). FOV 2.4mm (B). Coll. Schneider / photos Eike Marzi.

## 6.4 Mineralfunde im Aufschluss D

Aufschluss D umfasst den nordwestlichen Abhang des Kirchberges unterhalb des Felsornes zwischen „Alter Bruch“ und „Gemeindebruch“. Ursprünglich lag in diesem Bereich die Abraumhalde für nicht ausreichend druckfestes Gestein, also vorwiegend Material aus dem Kontaktbereich zwischen Phonolith und Tephrit. Dieses wurde nach Schließung des Steinbruches noch als Wegschotter genutzt, 2020 wurden hier dann Reben angepflanzt. Im Zusammenhang mit den Kultivierungsarbeiten wurden Reste des Haldenmaterials freigelegt. In einem kurzen Zeitfenster konnte B. Gassmann reichlich Lesesteine bergen, am Fuß des Felsornes wurden auch Proben aus dem Ansehen genommen. Insbesondere tephritische Gesteinsfragmente, welche eine helle „Rinde“ aufweisen, zeigen meist auch einen stärkeren Metamorphosegrad und damit oft eine entsprechende Sekundärparagenese. Auch in einem etwas später angelegten Aufschluss (D2) direkt unterhalb dieses Rebgebietes konnten vereinzelt stärker metamorph veränderte Tephrit-Fragmente geborgen werden. Insbesondere in Bereichen eines rötlichen, stark alterierten Tephrits ist es in kleinen Blasenräumen und Kluffflächen zur Bildung einer für Tephrit bislang unbekannt Mineralparagenese gekommen. Typisch ist hier die Auskleidung der Hohlräume mit einem feinen Rasen von Sanidin xx und winzigen, grünen oder gelbbraunen **Pyroxen** xx, vermutlich Ägirin (Abb. 92). Die kontrastreiche Farbgebung von rötlicher Matrix und grünlicher Drusenauskleidung offenbart sich aber auch hier erst nach dem Ablösen einer Calcitschicht (Abb. 91). Besonders auffällig und im KVC bislang einzigartig sind Drusen im Tephrit, in denen auf einem Rasen winzigster Klinopyroxene oder Sanidin xx orange gefärbte **Granate** (Grossular-Andradit-Serie) aufgewachsen sind.

**Magnetit** kam häufig vor, auch **Titanit** ist hier nicht selten, aber beide Minerale sind meist klein und eher unscheinbar. Die Titanite bilden in der Regel blassgelbe, nadelig-langprismatische xx in Drusen des Tephrits, flächenreiche Kristalle waren hier dagegen ausgesprochen selten.

Noch nicht validiert ist das Auftreten von **Allophan**, einem weiteren Schichtsilikat. Im Tephrit-Agglomerat des Aufschlusses D wurden wenige Stücke gefunden, auf denen in Drusen kleinste graublaue, würfelförmige Kristalle zu treppenförmig angeordneten Aggregaten verwachsen sind. Eine erste EDX-Analyse lässt Allophan vermuten. Die für dieses Mineral typische Fluoreszenz konnte auf Grund der geringen Größe bisher aber nicht nachgewiesen werden, auch hier wäre noch eine S-XRD notwendig. Bei den im Aufschluss D in Blasen Hohlräumen des Tephrits gelegentlich vorkommenden, rötlichbraunen, langprismatischen Kristallen, bei welchen vom optischen Aspekt zunächst Kaersutit vermutet wurde, könnte es sich nach einer EDX-Analyse um Magnesium-Fluor-**Hastingsit**-MK handeln. Glimmerminerale (Phlogopit?) waren hier nur in Spuren zu beobachten.

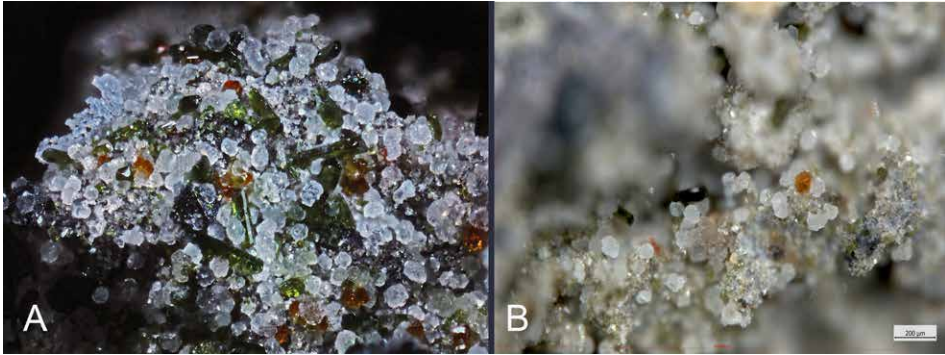




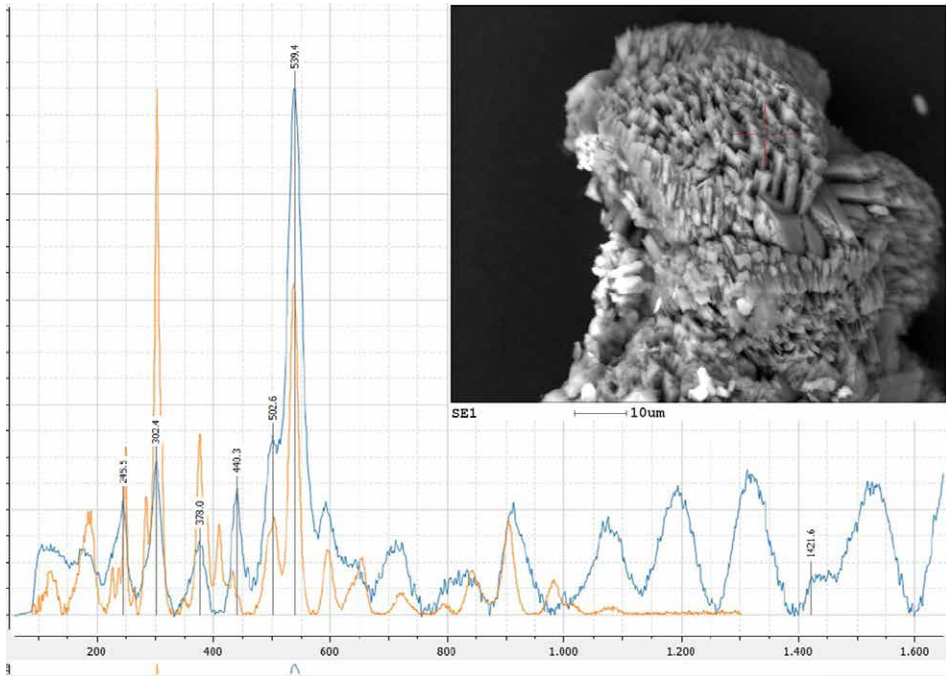
**Abb. 91:** Bislang unbekannte Paragenese im metamorphen Tephrit, Aufschluss D: weiÙe Sanidin xx, grüne Pyroxen xx und orange Granat xx, BB 21mm, ( $\phi$ ). Foto Eike Marzi. **Fig. 91:** Previously unknown paragenesis in metamorphic tephrite, outcrop D: white sanidine xx, green pyroxene xx and orange garnet xx, FOV 21mm, ( $\phi$ ). Photo Eike Marzi.



**Abb. 92:** Paragenese im metamorphen Tephrit, Aufschluss D: Titanit X auf Sanidin, BB 0,8mm (A). Ägirin(-Augit) xx, BB 0,55mm, ( $\phi$ ), (B). Slg. / Fotos Gassmann. Magnetit X auf gelb-braunem Pyroxen, BB 1,65mm, ( $\phi$ ), (C). Foto Eike Marzi. **Fig. 92:** Paragenesis in metamorphic tephrite, outcrop D: Titanite X on sanidine, FOV 0.8mm, (A). Aegirine (-augite) xx, FOV 0.55mm, ( $\phi$ ), (B). Coll. / photos Gassmann. Magnetite X on yellow-brown pyroxene, FOV 1.65mm, ( $\phi$ ), (C). Photo Eike Marzi.



**Abb. 93:** Nordstrandit als farblose, kugelige Kristall-Aggregate, Aufschluss D2: Links mit Ägirin, Magnetit und Granat, BB 1,1mm, (A). Slg. / Foto Bernd Gassmann. Rechts Originalpräparat der Analyse (B). Foto Joy Desor.  
**Fig. 93:** Nordstrandite as colorless, spherical crystal aggregates, outcrop D2: Left with aegirine, magnetite and garnet, FOV 1.2mm (A). Coll. / photo Bernd Gassmann. Right original specimen of the analysis (B), photo Joy Desor.



**Abb. 94:** Nordstrandit: REM-Bild und S-XRD-Messung. Aufnahme / Analyse Joy Desor. **Fig. 94:** Nordstrandite: SEM image and S-XRD measurement. Image / analysis Joy Desor.

Auf Klufflächen des metamorphen Tephrits wurden vereinzelt sehr kleine, schwarze filzige Gebilde gefunden, eine erste EDX-Analyse ließ zunächst Kryptomelan vermuten, ein hoher Ca-Anteil wurde als Verunreinigung gewertet. B. Gassmann hat nach Durchsicht vieler Proben aus diesem Aufschluss einen weiteren Einzelfund mit gut ausgebildeten, nadeligen, schwarz metallisch glänzenden Kristallen auf metamorph verändertem Tephrit gemacht. Eine erste EDX-Analyse\* dieses Minerals ergab eine Zusammensetzung, welche **Marokit** ( $\text{CaMn}_2^{3+}\text{O}_4$ ) vermuten lässt. Eine S-XRD ist wegen zu wenig Fundmaterial bisher noch nicht erfolgt. Begleitet wird dieses Mineral von ebenfalls noch unbestimmten, weißen Kristallen. \*EDX 1, Bruchfläche: 6.5 % Al, 2.5 % Si, 26.3 % Ca, 61.8 % Mn, 2.9 % Fe. EDX 2, Oberfläche: 23.4 % Al, 12,5 % Si, 11.7 % Ca, 1 % Ti, 55.3 % Mn, 6.1 % Fe.

Eine weitere Besonderheit im Aufschluss D2 ist der erst vor kurzem validierte Neufund des seltenen Aluminiumhydroxids **Nordstrandit**. B. Gassmann konnte in stark metamorph veränderten Tephrit-Fragmenten kleine farblose, kugelige Gebilde feststellen, wiederum erst nach Ablösen einer sekundären Calcitschicht. Zur Begleitparagenese der äußerst unscheinbaren Aggregate zählen Sanidin, Pyroxen, Magnetit und vereinzelt Granat xx (Abb. 93).

## 7. Zeolithe – auch in den Kontaktzonen nachweisbar

Das Auftreten der zuvor aus dem Phonolith bzw. Tephrit beschriebenen Zeolithe war in der Paragenese der Kontaktzonen zunächst nicht offenkundig. Nach eingehender Untersuchung vieler Proben scheinen sich aber auch in den Kontaktzonen Zeolithe als junge sekundäre Abscheidung gebildet zu haben, wobei Paragenese und Ausbildung von der ansonsten üblichen abweichen. Das Auftreten von Thomsonit wurde bereits von WIMMENAUER (1952) vermutet, konnte aber erst 2019 von SPÜRGIN, als Komponente des Phonoliths, bestätigt werden. Die erste Beschreibung von idiomorph auf Klufflächen des Tephrits auskristallisiertem **Thomsonit-Ca** erfolgte durch TREIBER (2014). Die zunächst nur optische Bestimmung wurde 2021 an einer Probe von B. Gassmann nachträglich durch EDX und Raman-Untersuchung validiert. Im Aufschluss D kam dieser Zeolith in Form radial-strahliger Aggregate und kleiner Rosetten bis 4mm Durchmesser auf metamorph verändertem Tephrit vor. Besonders gut ausgebildete Exemplare konnten von B. Gassmann während der Rekultivierung der ehemaligen Haldenschüttung des „Alten Bruches“ geborgen werden. Auch hier verbargen sich die Kristalle meist unter einer dünnen Calcit-Schicht.

Aus dem Aufschluss B liegt ein Einzelfund von wasserklaren, sehr kleinen Kristallen, begleitet von Ägirin vor, welche nach optischen Kriterien an Phillipsit denken lassen, hier ist bislang noch keine Analyse erfolgt. Im Aufschluss E kommen in kleinen Blasen Hohlräumen im Tephrit der Kontaktzone gelegentlich winzige, transparente Kristalle vor, auch hier



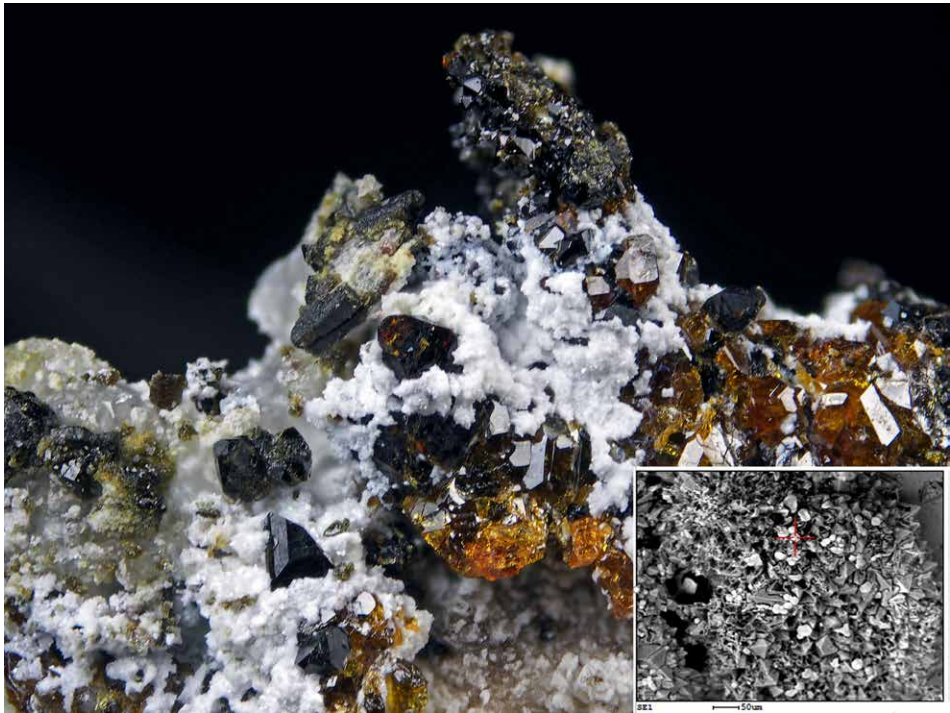
**Abb. 95:** Zeolithe als jüngste Neubildungen auch im Bereich von Kontaktzonen: Links strahliges Aggregat von Thomsonit mit Pyroxen X, auf Tephrit, Aufschluss D, BB 1,8mm, ( $\phi$ ), (A). Phillipsit-Aggregat auf metamorphem Tephrit, BB 1,28mm, Aufschluss E, (B). Transparente xx mit einer für Phillipsit typischen Kristallform, (keine Analyse) mit Ägirin-Augit im metamorphem Tephrit, Aufschluss B, BB 1,75mm (C). Fotos Eike Marzi. **Fig. 95:** Zeolites as recent new formations also in contact zones: Left, radiating aggregate of thomsonite with pyroxene X, on tephrite, outcrop D, FOV 1.8mm, ( $\phi$ ), (A). Phillipsite aggregate on metamorphic tephrite, outcrop E, FOV 1.28mm (B). Transparent xx with a crystal form typical of phillipsite, (no analysis) with aegirine augite in metamorphic tephrite, outcrop B, FOV 1.75mm, (C). Photos Eike Marzi.

weist die Kristallform auf Phillipsit hin. Teilweise wurden farblos-weiße Aggregate festgestellt, die trotz der undeutlich entwickelten Kristallform an Phillipsit-Durchkreuzungszwillinge (Sechslinge) erinnern (Abb. 95B). Per EDX und S-XRD konnte hier tatsächlich **Phillipsit-Ca** bestätigt werden. Ungewöhnlich ist allerdings die Paragenese – die Kristalle sind teils auf Titanit und/oder Hämatit angewachsen. Ebenfalls im Aufschluss B wurde in kleinen Hohlräumen des metamorphen Tephrits ein Überzug aus hochglänzenden, farblosen Kristallen, welche erst bei Vergrößerung  $> 40x$  würfelförmige Formen erkennen lassen, festgestellt. Die Untersuchung per Raman, EDX und S-XRD ergab **Chabasit-Ca**.

## 8. Wo der Hobby-Mineraloge an seine Grenzen stößt!

Bislang wurden nur im Aufschluss E in den Aureolen regelhaft die bereits mehrfach angesprochenen, schwer zu differenzierenden „**weißen Krusten**“ in unmittelbarer Nähe zu den neu gebildeten Pyroxenen beobachtet (Abb. 96). Diese Mineralkonkretion, in der bisher nur Cristobalit und Fluorit nachgewiesen werden konnten, beinhaltet vermutlich aber noch weitere Minerale. Die Interpretation der vorliegenden Analysen gestaltet sich schwierig. Nach einer EDX-Analyse weißer Pusteln (EDX: 57.2 % F, 17.8 % Si, 25 % Ca) könnte hier evtl. **Zeophyllit** ( $\text{Ca}_4\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH},\text{F})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) vorliegen. Auch eine zusätzliche S-XRD der überwiegend amorphen Gebilde ergab keine eindeutig zuzuordnenden Messergebnisse.

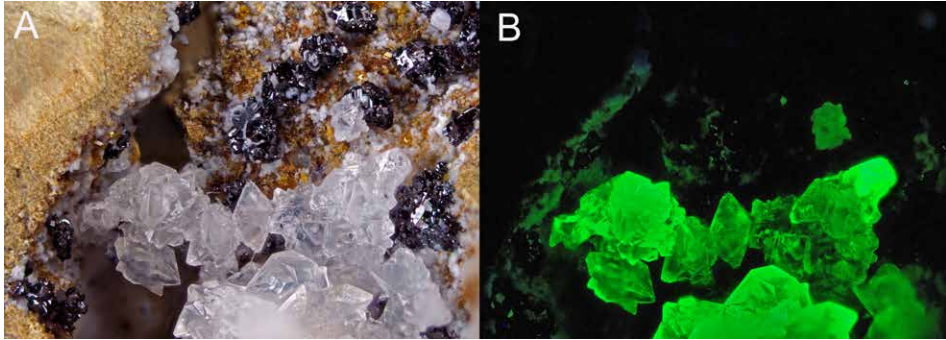
Die gleiche Problematik bieten „**weiße Kristalle**“ welche häufig in unmittelbarer Nähe zu Glimmer bzw. Dorrit xx in der stark alterierten, braunen „Rindenzone“ vorkommen. Hier wurden u.a. weißlich-transparente, tafelige Kristalle (EDX 1: 4.1 % Al, 93.4 % Si, 2.5 % Ca. EDX 2: 1.5 % Na, 4.6 % Al, 91.7 % Si, 2.3 % Ca), sowie meisselförmige Kristalle ohne sicher identifizierbare Flächen, beobachtet. Die bisherigen EDX- und S-XRD-Analysen



**Abb. 96:** „Weiße Krusten“ im Aufschluss E: Feinkristalliner Überzug auf Klinopyroxen und Andradit, BB 10,2mm, (ϕ), Original EDX-Probe. Das eingeblendete REM-Bild zeigt Cristobalit in oktaedrischen xx, begleitet von noch nicht identifizierten kleinen Pusteln, evtl. Zeophyllit (?). Foto Eike Marzi. **Fig. 96:** „White crusts“ in outcrop E: Fine crystalline coating on clinopyroxene and andradite, FOV 10.2mm, (ϕ), original EDX sample. The superimposed SEM image shows cristobalite in octahedral xx, accompanied by yet unidentified small pustules, possibly zeophyllite (?). Photo Eike Marzi.

lassen auch bei diesen Kristallen keine eindeutige Benennung zu. Selten kommen in Hohlräumen auch größere weiße Kristalle, mit teils ausgeprägtem Perlmuttglanz vor. Farbe und Ausbildung (110), (101), lassen vermuten, dass es sich zumindest bei einem Teil dieser Kristalle um **Apophyllit** handeln könnte. Etliche dieser Kristallaggregate zeigen an Bruchflächen einen Zonarbau mit einem glasartigen Kern. Im kurzwelligem UV-Licht (254nm) offenbart sich, dass die Mehrzahl dieser mutmaßlichen Apophyllite teilweise, ausnahmsweise sogar vollständig in Hyalit umgewandelt ist (Abb. 97). Diese Metamorphose könnte immerhin für einen Teil der „weißen Kristalle“ die problematischen Analysedaten erklären. Die weitere Differenzierung, welches Mineral exakt vorliegt, erfordert zusätzliche, teils aufwändige Untersuchungen, z.B. am Dünnschliff-Präparat.

Eine ähnliche Problematik zeigt ein Mineral, welches graue feinfilzige Überzüge, teils auch winzige graurosa gefärbte, igelartige Aggregate auf Ägirin und Rutil bildet. Trotz EDX, S-XRD und Raman-Untersuchung ist es bisher noch nicht gelungen, diese zu identifizieren (Abb. 98).



**Abb. 97:** „Weiße Kristalle“: Hyalit perimorph nach Kristallen mit typischer Apophyllit-Kristalltracht, BB 1,95mm, (ϕ). Rechts die gleiche Stufe unter UV-Beleuchtung – hier offenbart sich der Hyalit. Fotos Eike Marzi. **Fig. 97:** „White crystals“: Hyalite perimorph after crystals with typical apophyllite crystal habit, FOV 1.95mm, (ϕ). On the right, the same specimen under UV illumination – hyalite is revealed here. Photos Eike Marzi.



**Abb. 98:** Trotz mehrerer Analysen noch nicht zu identifizieren: Ein unbekanntes Mineral vom Aufschluss B bildet graue, feinnadelige Überzüge auf Ägirin und Rutil, BB 3,58mm (A), teils auch grau-rosa Sphärolithe, BB 1,2mm, (ϕ). (B). Der vermutete Mullit ließ sich nicht bestätigen. REM-Bild J. Desor. Fotos Eike Marzi. **Fig. 98:** Despite several analyses not yet identifiable: An unknown mineral from outcrop B forms gray, fine-needled coatings on aegirine and rutile, FOV 3.58mm (A), partly also gray-pink spherulites. FOV 1.2mm, (ϕ). (B). The suspected mullite could not be confirmed. SEM image J. Desor. Photos Eike Marzi.

So verbleiben trotz zahlreicher Analysen nicht nur etliche, noch mit Unsicherheit behaftete Bestimmungen, sondern auch Funde, bei denen mangels ausreichendem Probenmaterial keine Untersuchung durchgeführt werden konnten. Neben den bereits oben angesprochenen Kristallen gibt es daher noch weiterer Minerale, welche ihrer endgültigen Bestimmung harren (Abb. 99). Die wissenschaftlich valide Identifizierung der meist winzigen und unscheinbaren Kristalle überfordert jedoch irgendwann die Möglichkeiten des Hobby-Mineralogen.



**Abb. 99:** Dem Zugriff entzogen: Diese in einer Hyalit-Kugel eingeschlossenen, nadeligen Kristalle werden für immer unbestimmt bleiben! Aufschluss E, BB 4,6mm. Foto Eike Marzi. **Fig. 99:** Out of reach: These needle-like crystals enclosed in a hyalite sphere will remain undetermined forever! Outcrop E, FOV 4.6mm. Photo Eike Marzi.

## 9. Zusammenfassung und Überlegungen zur Genese

Am Kirchberg besteht eine enge räumliche Beziehung zwischen mehreren, für den Kaiserstuhl typischen Vulkaniten und Subvulkaniten. Jedes dieser Gesteine weist eine gesteinspezifische Mineralparagenese auf. An verschiedenen Aufschlüssen des Kirchberges wurden im Laufe vieler Jahre jedoch idiomorph auskristallisierte Minerale festgestellt, die weder den bislang bekannten Mineralparagenesen zuzuordnen waren, noch anderenorts im KVC beobachtet wurden. Gemeinsames Merkmal dieser Aufschlüsse ist das Vorliegen einer Kontaktzone zwischen Tephrit und Phonolith – dort wo zusätzlich ein Alvikit nachzuweisen war, ist die festgestellte Paragenese sogar noch deutlich mineralreicher. An zwei, im Bereich von Karbonatit-Intrusionen gelegenen Aufschlüssen konnten umfangreich Proben genommen werden. Die hier nachgewiesenen Mineralien sind aus den Gesteinen des KVC zwar meist bekannt, wurden in der oben geschilderten Art und Ausbildung bislang aber noch nicht beschrieben.

Im Aufschluss B steht zwischen Phonolith und Leucit-Tephrit gangförmig ein breccienartiges, Sanidin-reiches Gestein (als „Sanidinfazies“ bezeichnet) an, dessen karbonatitische Bindemittel schlierenartig unterschiedliche, meist stark alterierte Gesteinsfragmente verkittet. In dieser, durch eine ausgeprägte Gesteinsmetamorphose und das Auftreten von Blasenbildungen gekennzeichneten Kontaktzone ist der primäre Pyroxen des Tephrits (Augit) meist völlig weggelöst und nur noch anhand der Kristall-Negative erkennbar. Als Neubildungen wurden neben dem quantitativ dominierenden Sanidin u.a. Ägirin-dominanter Klinopyroxen, Titanit und Rutil, sowie Minerale der Amphibol-Gruppe festgestellt. Erstmals im KVC wurden hier Tridymit und Quarz (Hochquarz-Paramorphose) nachgewiesen. Der hier vermutete Alvikit ist im Gelände allerdings nicht eindeutig zu lokalisieren, die geologische Formation dieses Aufschlusses bleibt, wie schon WIMMENAUER 1952 schrieb, weiterhin „...unübersichtlich“.

Im Aufschluss E konnten Reste einer gangförmigen Karbonatit-Intrusion (Alvikit) in einer Kontaktzone zwischen Phonolith und Tephrit eindeutig nachgewiesen werden. Leider gewährte auch dieser Aufschluss einen nur sehr limitierten Einblick in das geologische Gefüge. Es wurde eine auffällige, mehrere Zentimeter mächtige Kontaktzone mit zonierter Mineralneubildung („Aureolen“) am Kontakt zum Tephrit-Pyroklastit festgestellt. Kleine Hohlräume und Kluftflächen im stark metamorphen Tephrit weisen ebenfalls eine bislang am Kirchberg unbekannt Mineralparagenese auf. Die Augite zeigen innerhalb der Kontaktzone vielfältige Veränderungen: Von randlichen Umwandlungen über partielle Auflösung, bis hin zu „Phantomkristallen“. In unmittelbarer räumlicher Nachbarschaft zu diesen alterierten Augiten wurden Klinopyroxene der Augit-Diopsid-Hedenbergit-Serie, oft gemeinsam mit Kristallen der Grossular-Andradit-Serie neu gebildet. Neben Sanidin zählen auch Fluorit und die nur selten vorkommenden Minerale Titanit und Pseudobrookit zu dieser Paragenese. Das hier beobachtete Vorkommen gut ausgebildeter Hämatit-Kristalle war im KVC bisher unbekannt. Weiterhin wurde in der Kontaktzone zwischen Karbonatit und Tephrit als Neufund der seltene Oxykinoshitalit nachgewiesen, sowie das Vorkommen von Dorrit, einem Mineral der Rhönit-Gruppe bestätigt.

Unbefriedigend blieben dagegen Bemühungen, die ebenfalls in dieser Paragenese vorkommenden „weißen Krusten und Kristalle“ zu identifizieren. Bisher konnte hier neben Cristobalit lediglich Fluorit identifiziert werden, anhand morphologischer Kriterien wird auch das Vorkommen von Apophyllit angenommen. Andere in diesen Krusten vermutete Minerale (z.B. Zeophyllit) ließen sich bislang aber nicht abschließend verifizieren. Innerhalb des stark alterierten Alvikits wurden erstmalig auch Übergänge von der, in Gesteinen des KVC weit verbreiteten amorphen Kieselsäure-Modifikation Hyalit (Opal) über Chalcedon zu gut ausgebildeten Quarz-Kristallen beobachtet.

Auch an weiteren Aufschlüssen mit enger räumlicher Beziehung von Tephrit und Phonolith konnten ähnliche Mineralneubildungen nachgewiesen werden, meist war die Neogenese dort jedoch deutlich geringer ausgeprägt als bei unmittelbarer Nachbarschaft zu ei-



nem Alvikit. Es wird daher vermutet, dass bei Anwesenheit von Karbonatit die Entstehung einer artenreicheren Mineralparagenese entscheidend begünstigt wird.

Die wissenschaftliche Interpretation der komplexen und in dieser Form im KVC bislang unbekannt Mineralparagenese liegt zwar nicht im Kompetenzbereich des Autors, einige Überlegungen sollen dennoch vorgestellt werden. Allgemein wird angenommen, dass tephritische Laven bzw. Pyroklastite, welche vermutlich mit Temperaturen zwischen 1000° und 1100°C ausgestoßen wurden (GRAPES 2010), am Kirchberg mit ca. 17,4 Ma die eindeutig älteste Bildung darstellen. Die Intrusion des Phonoliths wird einer eher späten vulkanischen Phase zugeordnet (ca. 15,1 Ma) und sollte mit einer deutlich niedrigeren Temperatur (750–900°C) erfolgt sein. Alvikite erreichen selten Temperaturen über 650°C und durchschlagen am Kirchberg ausschließlich tephritische Gesteine. Nach aktuellen Untersuchungen von GHOBADI (2021) sind die meisten Alvikite deutlich später (bis zu 1 Ma) als die Hauptmasse der essexitisch-tephritischen Gesteinsfamilie entstanden. Zur Alterstellung des Phonoliths und des Karbonatit-Lapillituffs gibt es bislang noch keine dezidierten Untersuchungen. Das Vorkommen von Karbonatit-Lapillituff spricht aber dafür, dass der Kirchberg zumindest zeitweise Schauplatz einer intensiveren Phase von Karbonatit-Eruptionen war. Die in enger räumlicher Beziehung erfolgte Intrusion der zähflüssigen Phonolith-Schmelze lässt lokal eine starke Zerrüttung und Spaltenbildung des Gesteinsverbundes am Kirchberg vermuten. Naheliegend wäre insofern die Annahme einer intensiveren vulkanischen Nachphase z.B. mit Exhalation von Gasen und Fluiden (Fumarolen) in diesem vulkanischen „hotspot“. Damit wären aber u.U. die Voraussetzungen für lokale hochthermisch-pneumatolytische bzw. hydrothermal-metasomatische Mineralneubildung gegeben.

In der Arbeit von BRAUNGER et al. (2018) wird aufgezeigt, dass durch Anwendung z.B. der Geothermobarometrie und unterschiedlicher Lösungsmodelle, die im Tephrit bzw. Karbonatit auftretenden Pyroxen-, Granat- oder Glimmer-Serien, sowie Amphibol und Ti-Fe-Oxide zur Klärung der Bildungsbedingungen, insbesondere auch der Bildungstemperaturen herangezogen werden könnten. Ohne entsprechende wissenschaftliche Aufarbeitung kann für die Situation am Kirchberg zunächst aber nur die allgemeine Vermutung geäußert werden, dass durch eine hochthermale Metamorphose des Tephrits am Kontakt zu Phonolith bzw. Alvikit erhebliche Veränderungen in Gefüge und Mineralbestand induziert wurden. Nicht erklärt werden kann die Bildung von größeren Blasen Hohlräumen im metamorphen Tephrit der Kontaktzone im Aufschluss B. Es ist zwar unwahrscheinlich, dass hier Temperaturen nahe der Liquidus-Temperatur von Tephrit (>1050°C) erreicht wurden, andererseits setzt die Genese von SiO<sub>2</sub>-Hochtemperatur-Modifikationen Temperaturen > 867°C voraus. Die von GIEBEL et al. (2019) vorgestellten Erkenntnisse zu Assimilations- und Metasomatose-Prozessen im Kontaktbereich von Söviten zu angrenzenden Gesteinen geben Anlass zu der Vermutung, dass auch in den hier beschriebenen Kontaktzonen vergleichbare Prozesse der Mineralneubildung stattgefunden haben. Dem primären Pyroxen im Tephrit (Augit) dürfte dabei eine zentrale Bedeutung zukommen. Es konnten vielfältige Stadien der Metamorphose festgestellt werden – von einer Änderung der chemischen Zusammensetzung (Phantom-Augite) über randbetonte Umwandlungen

bis hin zur vollständigen Auflösung (Augit-Negative). Der Titan-Gehalt des Augits ist für diese Mineral-Neogenese sicher relevant, aber entgegen der häufig geäußerten Annahme, dass im Tephrit des Kirchberges eine Titan-reiche Augit-Variante vorliegt, haben EDX-Untersuchungen an drei verschiedenen, frischen Augit-Proben aus der Umgebung der Kontaktzonen nur einen „normalen“ Titan-Gehalt von ca. 2 % ergeben. Insofern dürften für die Neubildung bzw. Anreicherung der unterschiedlichen Titanminerale eher physikalische Faktoren als die chemische Zusammensetzung der Augite eine Rolle gespielt haben.

Vermutlich infolge prograder und retrograder Mineralreaktionen sind hier neue Mineralgesellschaften entstanden, welche insbesondere im Aufschluss E eine phasenweise Änderung der p-t-Bedingungen vermuten lassen. Die dort auffällige Zonierung bzw. fraktionierte Mineralabscheidung („Aureolen“) könnte Ausdruck stattgehabter, kleinräumiger Temperatur- bzw. Stoffgradienten sein. Auch hier bleiben viele Fragen offen, z.B. bei welchem dieser Assimilationsprozesse, die zur Bildung der SiO<sub>2</sub>-Hochtemperatur-Modifikationen notwendige Kieselsäure freigesetzt wurde oder warum nur hier die Dominanz des seltenen Glimmers Oxykinoshitalit, gegenüber dem ansonsten in den Karbonatiten des KVC häufigeren Phlogopit zu beobachten ist. Der für die Bildung von Dorrit notwendige, direkte räumliche Kontakt zwischen einem tephritischen und einem Karbonat-reichen Gestein ist zwar im Aufschluss E eindeutig gegeben, aber auch hier bleibt unklar, wie die notwendige Bildungstemperatur erreicht wurde. Die Neubildung von Hämatit und Fluorit im Randbereich des Tephrits dürfte dagegen in einer typisch pneumatolytischen Reaktion zwischen 400–550°C erfolgt sein. Die außerordentlich geringe Größe der neu gebildeten Kristalle könnte als Hinweis auf eine kurze Bildungsphase interpretiert werden. Da alle beprobten Gesteine oberflächennah liegen, ist davon auszugehen, dass die beteiligten Gesteine im zeitlichen Verlauf auch eine weitere evtl. mehrphasige, niedrig hydrothermale Metamorphose erfahren haben. So werden für Quarzin bzw. Chalcedon Bildungstemperaturen von 70–200°C angenommen. Als jüngste und typisch niedrigthermale Neubildungen wären Apophyllit, Zeophyllit(?), Beidellit-Montmorillonit, Calcit und Zeolith-Mineralien anzusehen.

Zusammenfassend wird folgende Vermutung geäußert: Am Kirchberg konnten erstmalig Kontaktzonen von Tephrit, Phonolith und Karbonatit festgestellt werden, in denen sich recht eindeutige Hinweise auf mehrphasige Metamorphose-Prozesse finden ließen. Auf eine primäre, lokal begrenzte, (hoch-)thermische Metasomatose (oder Differentiation) folgte vermutlich eine Phase pneumatolytischer Mineralbildung. Zeitlich deutlich später setzte dann eine niedrig-hydrothermale Sekundärbildung von Mineralen ein. Dadurch ist eine, in dieser Form bisher im Kaiserstuhl noch nicht beobachtete Mineralparagenese entstanden. Dem Augit im Tephrit, sowie der Anwesenheit von Karbonatit kommt im Rahmen von Metasomatose-Prozessen dabei eine vermutlich zentrale Bedeutung zu.

Die neuen Funde betätigen retrospektiv die schon von WIMMENAUER (1952) geäußerte Vermutung, dass in manchen brecciösen Gesteinspartien am Kirchberg sowohl „... kontaktmetamorph-metasomatische“, als auch „...pneumatolytisch-hydrothermale“ Meta-

morphose-Prozesse stattgefunden haben, wobei die Rolle des Karbonatits damals noch keine Berücksichtigung fand. Die zentrale Frage, welche Faktoren dazu geführt haben, dass sich gerade am Kirchberg derartige Kontaktzonen ausgebildet haben, bleibt offen.

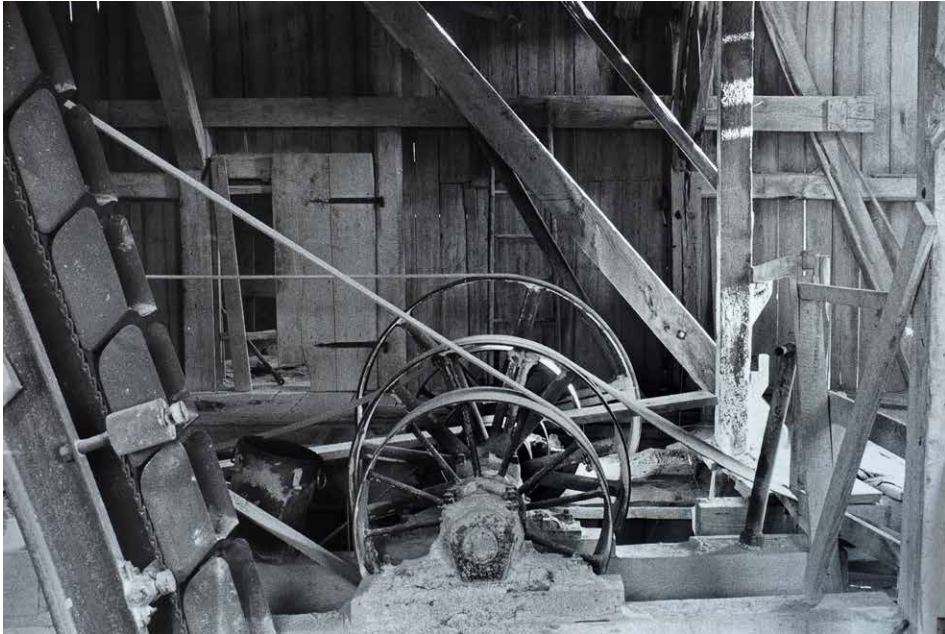
Die Aufarbeitung dieses Mineralvorkommens durch einen Amateur-Mineralogen hat zwar zu etlichen ungewöhnlichen Beobachtungen geführt, wirft aber auch viele Fragen auf. Insofern hofft der Autor, dass dieser Bericht vielleicht den Anstoß zu einer weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung gibt.

## 10. „Lost place“ oder geologischer „hotspot“?

Auch wenn viele Menschen ein wenig dazu neigen, Steinbrüche mit einem Krebsgeschwür in der Landschaft zu vergleichen, spiegelt ein solcher Aufschluss doch ein bedeutendes Stück Industriegeschichte wider und zeigt uns damit auch die Wurzeln der strukturellen Entwicklung der Region auf. Was für die einen ein Schandmal in der Natur ist, sehen andere als einmaliges Fenster in das Innere unseres Planeten. Die Natur ist



**Abb. 100:** Ein Industriedenkmal - dem Verfall preisgegeben: Blick vom alten Brecherwerk über die Hochbrücke in Richtung Kirchberg. Original F. Wilhelm / Reprofoto Eike Marzi. **Fig. 100:** An industrial monument - abandoned to decay: View from the old crusher plant over the ridge in direction of the Kirchberg. Original F. Wilhelm / repro photo Eike Marzi.



**Abb. 101:** „Ein-Blick“ ins Innerste: Riemenscheiben, Transmissionsbänder und Kübel-Förderband im alten Brecherwerk. Die Bilder hat der Freiburger Fotograf C. Jung in den 1980'er Jahren für F. Wilhelm angefertigt. Repro Eike Marzi. **Fig. 101:** „A look“ into the innermost part: pulleys, transmission belts and bucket conveyor belt in the old crushing plant. The pictures were taken by the Freiburg photographer C. Jung in the 1980's for F. Wilhelm. Repro photo Eike Marzi.

sehr wohl in der Lage, solche Industriebrachen in nur wenigen Dekaden zurückzuerobern und daraus ein zuvor nicht existentes Habitat für seltene Tier- und Pflanzengemeinschaften zu formen. Mit der Stilllegung eines Steinbruches setzt aber die Phase des Verlustes ein – Erinnerungen an das Gewesene verblassen, Industriedenkmäler verfallen (Abb. 100 und 101), mineralogisch wertvolle Fundstücke gehen verloren, das Innere der Erde entzieht sich durch Bewuchs und Erosion den Blicken der Wissenschaftler. Umso wichtiger ist es, sowohl die Relikte vergangener Arbeitswelten als auch die Kenntnis um einen noch immer bedeutenden geologischen Aufschluss im Kaiserstuhl zu bewahren – dieses Ziel verfolgt auch die vorliegende Arbeit.

## 11. Danksagung

An dieser Stelle gilt es festzustellen, dass ohne die außerordentliche Hilfsbereitschaft und Unterstützung vieler langjähriger Hobby- und Sammlerfreunde, dieser Beitrag nicht zustande gekommen wäre.

Zunächst möchte ich Peter Reiter / Denzlingen danken, der mir schon vor vielen Jahren einige seiner Fundstücke zum Fotografieren überlassen hat. Ebenso Bernd Gassmann / Breisach, der nach Durchsicht hunderter Micromounts etliche mineralogische Besonderheiten entdeckt und neben Fotos auch von ihm veranlasste Analyseergebnisse für diesen Artikel zur Verfügung gestellt hat.

Der langjährige Vorsitzende der VFVG Freiburg, Klaus Schneider / Teningen hat mir bereitwillig Stufen zur Analyse und zum Fotografieren überlassen, ebenso wie der bekannte Sammler Joachim (Jogi) Hörth aus Bühl.

Dem ehemaligen Eigentümer des Steinbruches Herrn F. Wilhelm / Freiburg danke ich für seine freundliche Bereitschaft, mich umfassend über die Firmengeschichte des Hartsteinwerkes zu informieren und für die Bereitstellung zahlreicher Pläne und zeitgenössischer Bilder zur Fotodokumentation.

Kurt Gerling / Diekholzen teilt meine Begeisterung für Vulkangesteine – uns verbindet eine zufällig durch Briefkontakt entstandene, mineralogische Freundschaft. Spontan hat er sich bereit erklärt, zahlreiche Dünnschliffe von Proben der Kontaktzonen anzufertigen und auch Analysen zu veranlassen. Für diese Mühe und seine kenntnisreichen Anmerkungen zu den Präparaten auch ihm ein herzliches Dankeschön!

Herrn Günther Blass / Eschweiler, insbesondere aber Herrn Joy Desor / Bad Homburg (Mineralanalytik Eu) danke ich für Anfertigung und Auswertung von zahlreichen Raman-, EDX- und SXRD-Analysen, sowie der REM-Bilder. Auch meiner Tochter, Dr. Julia Marzi, möchte ich für die Anfertigung und Auswertung einiger Raman-Untersuchungen danken.

Herrn Simon Spürgin / Werksgeologe der Hans G. Hauri KG Mineralstoffwerke danke ich für kompetente Hinweise, sowie die Anfertigung mehrerer XRD-Analysen und einer Grafik.

Neben Ratschlägen und praktischen Tipps haben auch die inspirierenden Gespräche mit meinem langjährigen Sammlerfreund Dr. Helge Steen zur Fertigstellung dieses Artikels beigetragen.

Dr. Wolfgang Werner danke ich für die Durchsicht des Manuskripts und seine tatkräftige Unterstützung einer Veröffentlichung. Ebenso war Prof. Dr. Jürgen Otto freundlicherweise bereit, die fachliche Durchsicht des Manuskriptes zu übernehmen. Für seine konstruktive Kritik und wichtige Hinweise möchte ich auch ihm herzlich danken.

Dem stellv. Direktor des Museum Allerheiligen in Schaffhausen, Herrn Dr. Urs Weibel, bin ich ebenfalls zu Dank verpflichtet. Mit freundlichem Engagement hat er mir ermöglicht, historische Kaiserstuhl-Stufen der Sammlung Schalch zu sichten und zu fotografieren.

Mein ganz besonderer Dank gilt aber posthum Herrn Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer, der schon 1976 meine ersten Mineralfunde aus dem Kaiserstuhl mit Geduld und Nachsicht begutachtete. Und der mich letztlich auch ermutigt hatte, meine Beobachtungen am Kirchberg doch zu Papier zu bringen. Neben der Durchsicht eines ersten Manuskript-Entwurfes vor mittlerweile fast 10 Jahren danke ich ihm für viele fachliche Hinweise und Anregungen.

## 12. Schriftenverzeichnis

- Betz, V.: <http://www.zeolite-collection.eu/occurrences/Europe/Deutschland/Kaiserstuhl/Kirchberg.html>
- Braunger, S., Marks, M. A.W., Walter, B. F., Neubauer, R., Reich, R., Wenzel, T., Parsapoor, A. and Markl, G. (2018). The Petrology of the Kaiserstuhl Volcanic Complex, SW Germany: The Importance of Metasomatized and Oxidized Lithospheric Mantle for Carbonatite Generation *Journal of Petrology*, 2018, 1–32.
- Fricke, G. (1971). Die Zeolithe Chabasit und Phillipsit in der essexitischen Gesteinsfamilie des Kaiserstuhls. *Der Aufschluss*, 22: 201–204.
- Fricke, G. (1988). Der Kaiserstuhl und seine Minerale. *Der Aufschluss*, 39: 65–86.
- Giebel, R. J., Parsapoor, A., Walter, B. F., Braunger, S., Marks, M. A.W., Wenzel, T. and Markl, G. (2019). Evidence for Magma–Wall Rock Interaction in Carbonatites from the Kaiserstuhl Volcanic Complex (Southwest Germany) *Journal of Petrology*, 2019, Vol. 60, No. 6, 1163–1194.
- Gittins, J., Allen, C. & Cooper, A. (1975). Phlogopitization of pyroxenite; its bearing on the composition of carbonatite magmas. *Geological Magazine* 112, 503–507.
- Ghobadi, M., Brey, G., Gerdas, A., Höfer, H., Keller, J. (2021). Accessories in Kaiserstuhl carbonatites and related rocks as accurate and faithful recorders of whole rock age and isotopic composition. *International Journal of Earth Sciences* (2022) 111:573–588.
- Grapes, R. & Keller, J R. (2010). Fe<sup>2+</sup>-dominant rhönite in undersaturated alkaline basaltic rocks, Kaiserstuhl volcanic complex, Upper Rhine Graben, SW Germany. *European Journal of Mineralogy* 22, 285–292.
- Hubberten, H.-W., Katz-Lehnert, K. & Keller, J. (1988). Carbon and oxygen isotope investigations in carbonatites and related rocks from the Kaiserstuhl, *German Chem. Geol.* 70: 257–274. Amsterdam.
- Jahn, Albin. XVIII. (1912) Mineralogische Notizen. *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*. 50. Jg., Nr. 1–6, S. 133–138.
- Katz-Lehnert, K. (1989). Petrologie der Gangkarbonatite im Kaiserstuhl, PhD Thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Kim, J.S. (1985). Petrologie und Geochemie der tephritischen Gesteine im Kaiserstuhl. Dissertation Univ. Freiburg.

- Keller, J. (1965). Eine Tuffbreccie vom Henkenberg bei Niederrotweil und ihre Bedeutung für die Magmatologie des Kaiserstuhls. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br.*, 55: 349–364.
- Keller, J. (1978). Karbonatitische Schmelzen im Oberflächenvulkanismus des Kaiserstuhls. *Fortschritte der Mineralogie* 56, 1–58.
- Keller, J. (1981). Carbonatitic volcanism in the Kaiserstuhl alkaline complex: evidence for highly fluid carbonatitic melts at the earth's surface. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 9, 423–431.
- Keller, J. (1984). Geochemie und Magmenentwicklung im Kaiserstuhl, *Fortschr. Mineral.* 62, Beih.1: 116–118, Stuttgart.
- Knop, A. (1892). *Der Kaiserstuhl im Breisgau – Eine Naturwissenschaftliche Studie*. Leipzig, Verlag Engelmann.
- Le Maitre, R. W. (Hrsg.), A. Streckeisen, B. Zanettin, M. J. Le Bas, B. Bonin, P. Bateman, G. Bellieni, A. Dudek, S. Efermova, J. Keller, J. Lameyre, P. A. Sabine, R. Schmid, H. Sørensen, A. R. Woolley (2002). *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-66215-4.
- Marzi, E., Spürgin, S. (2017). Neufund im klassischen Vulkangebiet: Merlinoit aus dem Kaiserstuhl, *lapis Jg. 42, Nr. 5*.
- Marzi, E. (1983). Die Mineralien des Fohberges bei Bötzingen (Oberschaffhausen) im Kaiserstuhl. *Der Aufschluss* 34, 205–214.
- Morimoto, N. (1988). Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist*, Volume 73, p. 1123–1133, 1988.
- Soellner, J. (1913). Exkursion nach dem Kaiserstuhl. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, Bd. 65 (1913), p. 516 – 518.
- Spürgin, S., Weisenberger, T., Marković, M. (2019). Zeolite-group minerals in phonolite-hosted deposits of the Kaiserstuhl Volcanic Complex, Germany, *American Mineralogist*. 104 (5): 659–670.
- Treiber, R. (2014). *Vulkangesteine und Mineralien im Kaiserstuhl*. Taschenbegleiter Naturzentrum Kaiserstuhl, Ihringen, 64 S.
- Walter, B.F., Parsapoor, A., Braunger, S., Marks, M.A.W., Wenzel, T., Martin, M., Markl, G. (2018). Pyrochlore as a monitor for magmatic and hydrothermal processes in carbonatites from the Kaiserstuhl volcanic complex (SW Germany) *Chemical Geology* 498 (2018) 1–16.
- Walter, B. F., Marks, M. A., & Markl, G., Guide HiTech AlkCarb Kaiserstuhl Meeting 9 th–13th October 2017 The Kaiserstuhl natural Laboratory.
- Werner, W., Wittenbrink, J., Bock, H., Kimmig, B. (2013), *Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung*. Hrsg. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg.
- Wimmenauer, W. (1952). Über phonolithische und tinguitische Gesteine des Kaiserstuhls. *Habil.Schrift / Freiburg 1952*.
- Wimmenauer, W. (1962). Zur Petrogenese der Eruptivgesteine und Karbonatite des Kaiserstuhls. *N. Jb. Mineral., Mh.* 1962: 1–11; Stuttgart.

- Wimmenauer, W. (1963). Beiträge zur Petrographie des Kaiserstuhls. I—III, Neues Jb. Miner., Abh., 93, 133—173, 1959; IV, V, ebenda, 98, 367—415, 1962; VI, VII, ebenda, 99, 231—276.
- Wimmenauer, W. (2003). Geologische Karten von Baden-Württemberg, Blatt Kaiserstuhl mit Erläuterungen, 5. Aufl. Hrsg: LGRB BaWü, Freiburg.
- Wimmenauer, W. (2007). Gesteine und Minerale des Kaiserstuhlvulkans als Baumaterial und Werkstoffe. Alem. Jahrb. Jg.55/56, Freiburg.
- Wimmenauer, W. (2009). Der Kaiserstuhl. Thorbecke Verlag.
- Weisenberger, T.B., Spürgin, S., Lahaye, Y. (2014). Hydrothermal alteration and zeolitization of the Fohberg phonolite, Kaiserstuhl Volcanic Complex, Germany. International Journal of Earth Sciences, Vol. 103 (8): 2273–2300.

Verwendete Abkürzungen:

BB	Bildbreite (Längenangabe der Bildhorizontalen)
GLA	Geologisches Landesamt
FO	Fundort
FOV	field of view (Bildbreite)
IMA	International Mineralogical Association
KVC	Kaiserstuhl volcanic complex
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
MK	Mischkristalle
SEE	SeltenErdeElemente
ss	solid solution (Mischkristall)
Stbr.	Steinbruch
XRD / S-XRD	X-ray diffraction / single (-crystal) X-ray diffraction
EDX	energy dispersive X-ray spectroscopy
X/xx	Einzelkristall / Kristallgruppe
( $\phi$ )	Hinweis, dass bei dieser Probe ein Calcit-Überzug weggelöst wurde
XPL	Dünnschliff im gekreuzten (X) polarisierten Licht untersucht
LPL	Dünnschliff im linear polarisierten Licht untersucht

Soweit nicht anders angegeben, befinden sich die abgebildeten Stücke im Besitz des Autors. Die angegebene Geländekoordinaten wurden mit einem GPS-Handgerät (Garmin) ermittelt.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 2023

Band/Volume: [113](#)

Autor(en)/Author(s): Marzi Eike-Carl

Artikel/Article: [Der Kirchberg im Kaiserstuhl – Neue Beobachtungen zur Mineralparagenese thermometamorpher Kontaktzonen im Bereich der Phonolith-Intrusion Kirchberg bei Niederrotweil/Kaiserstuhl 15-110](#)