

# Rheingrabenvulkanismus: Ein Phlogopit-reiches olivinmelilithitisches Ganggestein von den Stöckenhöfen bei Freiburg (Wittnau-Biezighofen/Schönberggebiet)

Jörg Keller, Wolfhard Wimmenauer

## **Kurzfassung**

Der Neufund eines vulkanischen Ganggesteins im Schönberggebiet südlich Freiburg zählt zum tertiären Oberrheingrabenvulkanismus und zeichnet sich unter den bekannten Tertiärvulkaniten durch einen auffälligen Gehalt an Megakristallen aus. Dominierender und einzigartiger Aspekt des neuen Vorkommens ist der Reichtum an mehrere Zentimeter großen Glimmern, deren Zusammensetzung einem Mg-reichen Phlogopit entspricht. Ebenfalls auftretende, bis über 5 cm große Megakristalle von Pyroxenen (Diopsid) und Hornblenden (Pargasit) werden als co-magmatische Hochdruckphasen interpretiert.

Der Erhaltungszustand des ungefähr 50 cm mächtigen, N-S streichenden Ganges lässt bei einer durchgehenden tiefgreifenden Alteration keine chemische Charakterisierung des Gesamtgesteins zu. Das Schlibfbild lässt jedoch einen ultrabasischen olivinreichen Melilithit rekonstruieren.

## **Stichwörter**

Oberrheingrabenvulkanismus, Olivinmelilithit-Gang mit Megakristallen

## **Anschrift der Verfasser:**

Prof. Dr. Jörg Keller

Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften der Universität - Mineralogie

Albertstr. 23B

79104 Freiburg

Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer

Rehhagweg 21

79100 Freiburg

# Upper Rhinegraben rift volcanism: a phlogopite-rich melilitite dyke from Stöckenhöfen near Freiburg (Wittnau-Biezighofen/Schönberg)

## **Abstract**

A new occurrence of a Tertiary olivine melilitite dyke is described from the Schönberg area near Freiburg. The presence, size and quantity of megacrysts of phlogopite, diopside and pargasite up to 5 cm in diameter are unique within the context of Upper Rhinegraben rift volcanism. This high-Mg megacryst suite is interpreted as co-magmatic high-pressure phases of the host magma. The alteration stage of the ca. 50 cm, roughly N-S striking dyke does not yield a reliable chemical composition. Thin section study, however, allows the definition of an ultrabasic olivine melilitite.

## **Key words**

Rhinegraben rift volcanism, olivine melilitite with megacrysts

## 1. Einleitung: Oberrheingrabenvulkanismus

Die tertiäre Grabentektonik des Oberrheingrabens (ORG) wird begleitet von einem charakteristischen Riftgrabenvulkanismus in Form von zahlreichen Gängen und Tuffschloten, welche die Grabenflanken durchschlagen. Diese tertiären Vulkanitvorkommen konzentrieren sich im Oberrheingraben auf einen nördlichen Sektor Odenwald-Pfalz-Frankfurt (nORG: HORN et al. 1972, LIPPOLT et al. 1974, PATTERSON et al. 1996) und den südlichen Sektor (sORG: LIPPOLT et al. 1963, BARANYI et al. 1976), der mit der Vogesen-Schwarzwald-Aufdomung, in deren Zentrum der Kaiserstuhl liegt, zusammenfällt (ILLIES 1975, KELLER et al. 2002). Nach Zusammenstellungen von WIMMENAUER (1952, 1977) und KELLER et al. (1990, 2002) zählen wir im sORG ca. 30 Vorkommen bzw. räumlich zusammengehörende Gruppen als Gänge, Stöcke und Diatreme (Tuffschlote). Bei den massigen basaltischen Gängen und Stöcken handelt es sich im sORG überwiegend um Olivinnephelinite. Daneben zeigen insgesamt sieben Lokalitäten die melilithreiche Matrix von Olivinmelilithiten. Beispiele dafür sind das markante Vorkommen Mahlberg (WIMMENAUER 1952, 1966, KELLER et al. 1990, DUNWORTH & WILSON 1998), weiter die Gänge im Salzbergwerk Buggingen (HURRLE 1976), der Gang von Lehen und die Ganggruppe Hochkopf-Menzenschwand (WIMMENAUER & SCHREINER 1990). In den Vogesen gehören Trois Épis (Drei Ähren) bei Colmar und Le Valtin zu den Olivinmelilithiten (KELLER et al. 2002). Neben diesen massigen basaltischen Vulkaniten der Olivinnephelinite und Olivinmelilithite, die als Gänge und Plugs auftreten, zeichnet sich der Grabenvulkanismus durch eine ganze Reihe von Tuffschloten und Tuffgängen (Diatreme) und ihrer brecciierten Schlotfüllung aus. Hierzu gehören auch die Neufunde von Schlottuffen im Stadtgebiet von Freiburg (WIMMENAUER et al. 2010). Während die Gänge vorwiegend Olivinnephelinite sind, sind die magmatischen Komponenten der Diatreme allgemein olivinmelilithisch. Markante Einzelbeispiele sind die Tuffschlote von Herbolzheim, Maleck, Tuniberg-Ehrentrudis, die Alpersbacher Breccie im Höllental und vor allem die hier besonders relevanten Tuffschlote der Schönberggruppe: Unterer Schönberger Hof, Schill'sche Blöcke, Berghäuser Kapelle, Jesuitenschloss (GENSER 2006). Das hier beschriebene Vorkommen Stöckenhöfe gehört räumlich zu dieser Schönberggruppe, obwohl östlich der Grabenrandverwerfung gelegen.

## 2. Gangvorkommen Stöckenhöfe

Von den Stöckenhöfen bei Wittnau-Biezighofen (Schönberggebiet bei Freiburg im Breisgau) wird ein neues gangförmiges Vulkanitvorkommen beschrieben. Der Gang wird als Olivinmelilithit definiert und ist damit offensichtlich Teil des tertiären Grabenvulkanismus.

Das Vorkommen liegt unmittelbar im Bereich des Hofgutes Stöckenhöfe (Abb. 1). Es ist aufgeschlossen im Hohlweg, der von den südlichsten Gebäuden der Stöckenhöfe

in südlicher Richtung zur Stöckenmühle verläuft (Abb. 2). Es liegt bei R 3312350/ H 5312500 der Topographischen Karte LK 8012, mit den GPS Koordinaten  $47^{\circ}56'41,4''N$  und  $7^{\circ}49'32,83''E$ . Dies bedeutet ca. 60 Meter vom südlichsten Gebäude der Stöckenhöfe (Stöckenhöfe Haus Nr. 2). Das Vulkanitvorkommen bildet einen etwa 0,5 m mächtigen Gang im dortigen Paragneis in der östlichen Wand des Hohlweges. Der Gang streicht ungefähr Nord-Süd. Es handelt sich nicht um einen neuen Anriss oder einen neu geschaffenen Aufschluss sondern um ein offensichtlich bisher nicht beachtetes, aber sichtbares Vorkommen. Ebenso wie das Nebengestein ist auch das Ganggestein stark verwittert. Als Besonderheit des Stöckenhöfe-Ganges wird hier sein hoher Anteil an Megakristallen von Glimmern, Klinopyroxen und Hornblende mit Durchmessern von mehreren Zentimetern beschrieben. Der Gang zeigt sich auffällig durch die Bedeckung der Oberfläche der Hohlwegflanke mit den herauswitternden Glimmern im Zentimetermaßstab (Abb. 3).



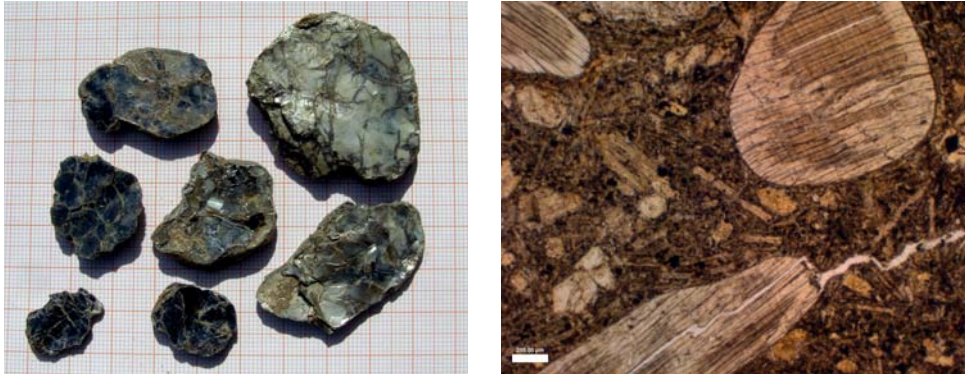
**Abb. 1:** Topographische Skizze (Google Earth) des Stöckenhöfegebiets bei Wittnau-Biezighofen (Schönberggebiet). Bildbreite 2,3 km.

**Fig. 1:** Topographical map of the Wittnau-Biezighofen area (Schönberg near Freiburg/ Breisgau). Width of the image 2,3 km



**Abb. 2.:** Lage des Gangvorkommens bei den Stöckenhöfen. Google Earth Szene. Bildbreite 600 m.

**Fig. 2:** Localization of the outcrop of the new olivine melilitite dyke Stöckenhöfe. Width of the image 600 m.



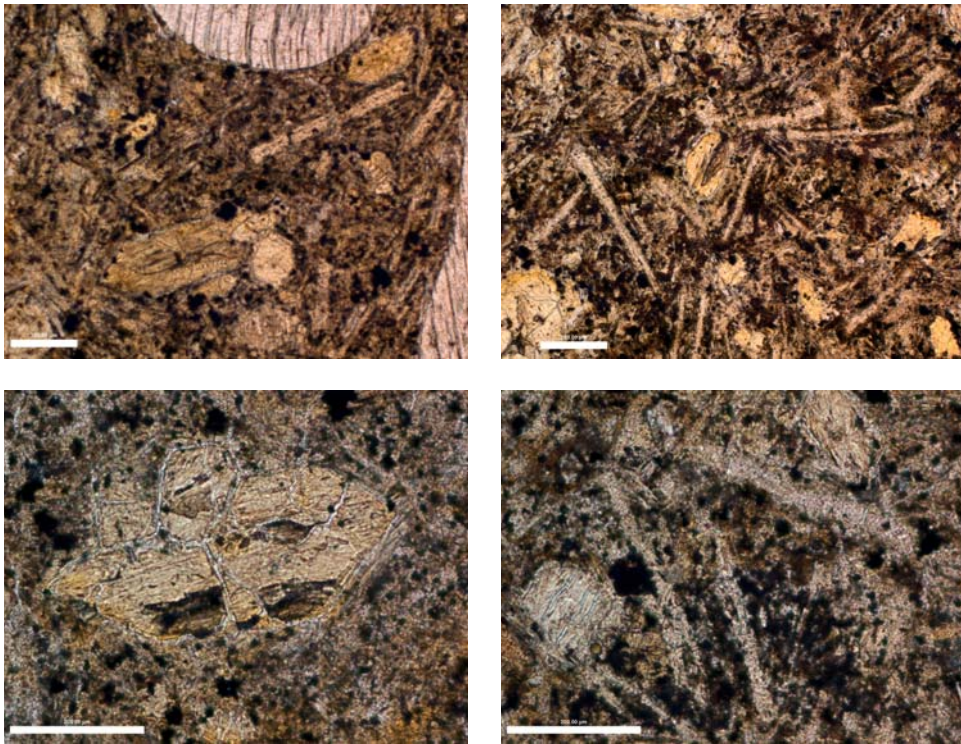
**Abb. 3:** (a) Herausgewitterte Phlogopit-Megakristalle aus dem Olivinemelilithgang der Stöckenhöfe, (b) Dünnschliffbild 655-5 mit kantengerundeten Phlogopittafeln in Einsprenglingsgrösse. Matrix mit Melilithleisten und Olivin-Pseudomorphosen, Balkenlänge 200µm. **Fig.3:** (a) Phlogopite megacrysts, isolated from the olivine melilitite dyke Stöckenhöfe, (b) Thin section microphotograph 655-5 showing rounded phlogopite phenocrysts in a matrix rich in olivine and melilite pseudomorphs. Length of bar 200 µm.

### 3. Petrographische Beschreibung

Im Dünnschliff zeigt das Gestein eine porphyrische Struktur mit feinkörniger Grundmasse sowie größeren und kleineren Einsprenglingen (Abb. 3 und 4). Als wichtige Einsprenglingsphase sind vor allem die reichlich vertretenen Pseudomorphosen nach Olivin zu nennen. Die Interpretation als ehemalige Olivineinsprenglinge leitet sich aus der charakteristischen Gestalt (bipyramidale Querschnitte im Schliffbild, Abb. 4) und der typischen Umwandlung in ein Schichtsilikat, das mit seiner bräunlichen Farbe, schwachem Pleochroismus und lebhafter Doppelbrechung als Saponit angesprochen werden kann. Diese idiomorphen Olivine erreichen eine Länge bis 1 mm, gehen aber kontinuierlich bis in die Grundmasse über. Größere xenomorphe Olivinpseudomorphosen, ebenso einige xenomorphe Klinopyroxene leiten zu den unten beschriebenen Megakristallen über und sind zu diesen zu zählen. Daneben geht Biotit/Phlogopit, der die Megakristalle dominiert, in kantengerundeter Gestalt bis in die Größe der Einsprenglings- und Grundmassephasen über (Abb. 3a, b).

In der Matrix dominieren mehr oder weniger deutlich fluidal angeordnete Melilithtäfelchen in ihren leistenförmigen Schnitten bis 0,5 mm Länge (Abb. 4a-d). Auch Melilith ist nicht mehr in der ursprünglichen Substanz erhalten, sondern in ein feinkristallines Kornaggregat eines deutlich doppelbrechenden Minerals umgewandelt.

Die Matrix ist weiterhin charakterisiert durch hell-bräunliche Schichtsilikate, die dem Saponit der Olivinpseudomorphosen ähnlich sind. Als häufige Komponenten der Matrix ist ferner die Durchstäubung mit sehr kleinen Fe-Ti-Oxiden, mit Perowskitkriställchen und gelegentlichem Chromspinnell zu nennen. Von eigentlich zu erwartendem Nephelin oder anderen Feldspatvertretern, wie sie in den meisten Vulkaniten des Oberrheingebietes (im südlichen ORG) dominieren, sind keine Anzeichen zu beobachten.



**Abb. 4.:** Mikroskopische Strukturbilder (Dünnschlifffotos Probe 655 des Olivinmeliliths von den Stöckenhöfen. Dokumentation von ehemaligem Olivin und Melilith im Dünnschliffbild 655. Balkenlänge: 200µm  
**Fig. 4:** Thin section microphotographs (sample 655) documenting the abundance of melilite tablets and partly idiomorphic olivine in the groundmass of the Stöckenhöfe olivine melilitite. Neither original melilite nor olivine compositions are preserved in the pseudomorphs. Length of bar 200 µm.

## 4. Megakristalle:

### 4.1 Phlogopit

Das auffälligste Merkmal des Stöckenhöfe-Ganges sind die herauswitternden Phlogopittafeln. Maximale Durchmesser erreichen 4 cm (Abb. 3a und b). Es handelt sich um Phlogopite mit Mg# ( $\text{Mg\#} = 100\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ , Gesamteisen als  $\text{Fe}^{2+}$ ) bis 88 (Tabelle 1, s. Anhang). Hydratisierung führt zu K-Verlusten, doch können Analysen mit  $> 9$  Gew.-%  $\text{K}_2\text{O}$  als zuverlässig gelten. Diese Megakristalle mit hohem Mg# zeigen  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  Gehalte von  $> 1$  Gew.-%. In Phlogopiten der grobkörnigen Glimmer-Pyroxenite wie 655-E5 (Tabelle 1) liegen die Mg#-Werte bei 83-84 und  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  bei  $< 0,1$  Gew.-%. Der hohe Anteil an Phlogopit ist einzigartig unter den Vulkaniten im sORG und könnte als Hinweis auf ein K-reiches Magma – im Gegensatz zu den allgemein Na-dominierten Olivinnepheliniten und Olivinmelilithiten im Grabenvulkanismus – gedeutet werden. Der Phlogopitreichum leitet über zu Kimberliten, wobei Kimberlite s. str. jedoch definitionsgemäß keinen Melilith führen (MITCHELL 1995).

### 4.2 Diopsidische Megakristalle

Gelbliche bis gelb-orange, stark alterierte und zerfallende Knollen von bis zu 5 cm  $\varnothing$  erwiesen sich als Pyroxen-Megakristalle. Diese sind entlang unzähliger Risse in Sekundärminerale umgewandelt, jedoch mit erhaltener Pyroxensubstanz. Der beträchtliche Anteil dieser gelblichen Knollen im Aufschlussbild des Ganges geben diesem einen brecciösen Aspekt, ähnlich den vergleichbaren Diatrembreccien der Tuftschlote.

Tabelle 1 gibt Mikrosondendaten für drei monokristalline Diopsid-Megakristalle (E1/2, E3 und E4) und des Phlogopit-Pyroxenits E5. Die primitivsten Zusammensetzungen (E1/2) zeigen Mg-Werte von  $\text{Mg\#} > 88$ . Mit ihrer homogenen Zusammensetzung, mit hohem Si, Al (insbesondere  $\text{Al}^{\text{VI}}$ ) und Na, verknüpft mit niedrigem Ca und Ti weisen sie auf eine Hochdruckentstehung hin. Im Rheingrabenvulkanismus finden sich direkte Parallelen in den diopsidischen Megapyroxenen aus den Melilith-normativen Olivinnepheliniten vom Limberg-Lützelberg im Kaiserstuhl (e.g. KELLER 1978a, KELLER et al. 1990). KELLER (1978b) hat die Zusammensetzung dieser vergleichbaren Megakristalle experimentell bei Drucken von 25-30 kbar (2,5-3,0 Gp) reproduziert und die Megakristalle als Hochdruck *near-liquidus* -Phasen des zugehörigen Olivinnepheliniten interpretiert. Dies ist in Übereinstimmung mit den experimentellen Daten von BREY und GREEN (1977) an olivinmelilithitischen Zusammensetzungen. Diese Ergebnisse können *cum grano salis* auf die Megapyroxene der Stöckenhöfe übertragen werden, d. h., dass diese unter ähnlichen Hochdruckbedingungen aus der olivinmelilithitischen Schmelze kristallisiert sind.

### 4.3 Hornblende

In Tabelle 1 ist des Weiteren die Zusammensetzung eines Hornblende-Megakristalls 655-E3 angegeben. Hornblendemegakristalle sind schwärzlich und generell frischer als die gelblich verwitternden Diopside. Megakristall 655-E3 hat einen Durchmesser von etwas über 5 cm. Es handelt sich um einen Pargasit mit Mg# 78-79 (mit Fe Gesamteisen als Fe<sup>2+</sup>). Als Einschlüsse dieses Megakristalls treten Pyroxen und Phlogopit auf. Die koexistierenden diopsidischen Pyroxene zeigen Mg# von 82,3 bis 86,8, die Phlogopite Mg# bis 88. Mikrosondendaten finden sich in Tabelle 1.

## 5. Magmatologische Zuordnung

Der Melilithit der Stöckenhöfe ist aufgrund seines Verwitterungszustandes als Gesamtgestein nicht chemisch charakterisierbar (vgl. Abb. 4). Dennoch sei erwähnt, dass die RFA-Analyse des Gesamtgesteinspulvers hohe MgO-Gehalte (> 14 Gew.-%) und extreme Cr- und Ni-Werte (1600 ppm bzw. 700 ppm) aufweist, während z. B. CaO, Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O durch den Verwitterungsprozess markant abgereichert sind. Neben den beschriebenen Analogien zu anderen Vorkommen von Olivinmelilithiten im sORG bleibt das spezifische Merkmal des Stöckenhöfe-Melilithits die Phlogopitführung, sowohl als Megakristalle als auch als eine magmatische Phase, die von offensichtlichen Einsprenglingskristallen bis in die Grundmasse des Melilithites reicht. Dieser Phlogopitreichtum könnte andeuten, dass es sich beim Vorkommen Stöckenhöfe um eine K-reiche Variante primitiver Rheingrabenvulkanite handelt, im Unterschied zu den Na-betonten Olivinnepheliniten und Olivinmelilithiten, die im südlichen Oberrheingraben dominieren und die signifikante Kandidaten für primäre Magmenzusammensetzungen im sORG sind. Hierzu gehören die Mg-reichen (hohe Mg#) Olivinnephelinite vom Limberg-Lützelberg am Kaiserstuhl und die Olivinmelilithite wie z. B. Mahlberg, Lehen, Trois Épis. Ihre Interpretation als primäre Mantelschmelzen und Hochdruckabkunft ist neben den genannten Mg# ausgewiesen durch hohe Ni- und Cr-Gehalte (KELLER et al. 1990), primitive radiogene Isotope (SCHLEICHER et al. 1990, PATTERSON et al. 1996) und das Auftreten von Mantelxenolithen (KELLER 1984). Mantelxenolithe sind im Rheingrabenvulkanismus eher selten, jedoch können als markante Beispiele in unserer Dokumentation die Spinellherzolithknollen vom Limberg-Lützelberg und aus den Diatrembreccien im zentralen Kaiserstuhl (SIGMUND 1996, SIGMUND & KELLER 1994, KELLER et al. 1997), sowie die Vorkommen von Alpersbach (GEHNES et al. 1970, WIMMENAUER 1966, WIMMENAUER & SCHREINER 1999), Schweighausen-Durenbach (GEHNES & LEIBER 1968) und von Riquewihr im Elsass genannt werden. Auch im Olivinmelilithit von Mahlberg werden kleine Lherzolithknöllchen beobachtet (KELLER et al. 1990).



Aus Schwermineralkonzentraten des Stöckenhöfe-Ganges wurden grüne Cr-reiche Diopside analysiert, die Mg-Werte von Mg#.87-88 und Chromgehalte von bis 1,5 Gew-%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  aufweisen (Tabelle 2, s. Anhang). Eine weitere auffällige Komponente des Schwermineralspektrums ist der braune Chromspinell. Dies und die Zusammensetzung der Cr-Diopside sprechen für die Abkunft von Spinellherzolithen, wobei beim Verwitterungszustand des Gesteins keine zusammenhängenden Lherzolithknollen erhalten sind.

Zum Alter des Stöckenhöfe-Ganges gibt es keine direkten Hinweise. Die Olivinmelilithitföderung umfasst fast die gesamte Zeitspanne des Grabenvulkanismus. So zählt der Olivinmelilithit von Mahlberg mit 16 Ma zu den jüngsten Beispielen (BARANYI et al. 1976), ungefähr gleichaltrig mit den jüngsten Olivinnepheliniten, denen des Limberg-Lützelberges am Kaiserstuhl (LIPPOLT et al. 1963, KRAML et al. 2006). Trois Épis bei Colmar wurde dagegen mit einem Ar-Ar-Alter von 61 Ma datiert (KELLER et al. 2002). Für einige der Tuffschlote des Schönbergvulkanismus (Schönberger Hof, Schill'sche Blöcke etc.) wurde ein präoligozänes, eozänes Alter geologisch abgeleitet (WIMMENAUER 1952, KELLER 1965, HAHN et al. 1974, GENSER 2006). Dies könnte für die gesamte Schönberggruppe und damit auch für den Stöckenhöfe-Gang gelten.

## 6. Zusammenfassung

Bei dem neu gefundenen Gangvorkommen eines tertiären Vulkanits bei den Stöckenhöfen im weiteren Schönberggebiet handelt es sich um einen trotz tiefgründiger Verwitterung erkennbaren olivinreichen und melilithreichen Ultrabazit, einen Olivinmelilithit. Einen Gesamtgesteinschemismus anzugeben, ist aufgrund der starken Zersetzung des Ganges nicht möglich oder sinnvoll. Hervorstechendes Merkmal ist jedoch der Reichtum an Phlogopit in Form von mehrere Zentimeter großen Megakristallen, bis zu Einsprenglingskristallen und Mikroinsprenglingen. Zentimetergroße Megakristalle von Diopsid und Pargasit werden ebenfalls als Hochdruckphasen des Olivinmelilithits interpretiert. Die Megakristallsuite, insbesondere der Phlogopit-reichtum machen den Neufund von den Stöckenhöfen einzigartig im Zusammenhang des Oberrheingrabenvulkanismus.

## Danksagung

Wir danken Dr. Hiltrud Müller-Sigmund für die Mikrosondendaten. Paul Keppner fertigte erfolgreich polierte Dünnschliffe des schwierigen Materials an und Dr. Charlotte Redler war sehr hilfreich bei der Mikrophotographie (alle Institut für Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Freiburg).

## Angeführte Schriften

- Baranyi, I., Lippolt, H.-J. & Todt, W. (1976): Kalium-Argon-Altersbestimmungen an tertiären Vulkaniten des Oberrheingraben-Gebietes II. Die Alterstraverse vom Hegau nach Lothringen. *Oberrhein. geol. Abhandlungen* 25: 41-62.
- Brey, G. & Green, D.H. (1977): Systematic study of liquidus phase relations in olivine melilitite + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> at high pressures and petrogenesis of an olivine melilitite magma. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 61: 141-162.
- Dunworth, E.A. & Wilson, M. (1998): Olivine melilitites of the SW German Tertiary volcanic province: mineralogy and petrogenesis. *J. Petrol.* 39: 1805-1836.
- Gehnes, P. & Leiber, J. (1968): Ein Vorkommen von Basalt bei Schweighausen/Lahr. *Mitt. Bad. Landesver. Naturk. Natursch., N.F.,* 9, (4): 809-810.
- Gehnes, P., Ohnmacht, W. & Wimmenauer W. (1970): Untersuchungen an einigen problematischen Vulkaniten des Oberrheingrabens und seiner Umgebung. In: Illies, H. & Müller, S. (Eds.): *Graben Problems*: 146-154.
- Genser, H. (2006): Geologie des Schönbergs. In: H. Körner (Hrsg.) *Der Schönberg*. Bad. Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.: 15-54.
- Hahn, W., Maus, H.-J. & Schreiner, A. (1974): Eozäner Vulkanismus am Schönberg bei Freiburg i. Br. (Baden-Württemberg). *Jahresh. d. geol. Landesamt Baden-Württ.* 16: 41-60.
- Hurrle, H. (1976): Ocelli- und Mandelbildung der ultrabasischen Basalte im Kalisalz-lager Buggingen und im Kristallin des Schwarzwaldes. *Jahresh. d. geol. Landesamt Baden-Württ.* 18: 19-37.
- Horn, P., Lippolt, H.J. & Todt, W. (1972): Kalium-Argon-Altersbestimmung an tertiären Vulkaniten des Oberrheingrabens. I. Gesamtgesteinsalter. *Eclogae Geol. Helv.* 65: 131-156.
- Illies, J.H. (1975): Recent and intraplate tectonics in stable Europe and the Rhinegraben Rift system. *Tectonophysics* 29: 251-264.
- Keller, J. (1965): Die Herkunft der Malmblocke am Schönberg bei Freiburg i. Br. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.* 55: 391-398.
- Keller, J. (1978a): Primary olivine-nephelinite magmas in the Rhinegraben riftvalley volcanism (Central Europe). *Int. Geodynamics Conference "Magma Genesis" Tokyo. Extended Abstracts*: 270-271.
- Keller, J. (1978b): Megakristalle von Al-reichem Klinopyroxen in Olivinnepheliniten und deren experimentelle Modellierung als Hochdruck-Liquidusphasen. *Fortschr. Mineral.* 56, Beih.1: 56-57.
- Keller, J. (1984): Der Jungtertiäre Vulkanismus Südwestdeutschlands: Exkursionen im Kaiserstuhl und Hegau. *Fortschr. Mineral.* 62, Beih 2: 2-35.
- Keller, J, Brey, G., Lorenz, V. & Sachs, P. (1990): Volcanism and petrology of the Upper Rhinegraben (Urach-Hegau-Kaiserstuhl). *IAVCEI Int. Volc. Congress Mainz 1990. Field Guide*: 60 p.
- Keller, J., Sigmund, J., Müller-Sigmund, H. & Czirjak, A. (1997): Mantle xenoliths in Rhinegraben volcanics from the Black Forest-Vosges Dome. *Terra Nova* 9, Abstr. Suppl. 1, 56, EUG 97 Strasbourg.

- Keller, J., Kraml, M. & Henjes-Kunst, F. (2002):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of early volcanism in the Upper Rhine Graben, Germany and its tectonic implications. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 82: 121-130.
- Kraml, M., Pik, R., Rahn, M., Selbeck, R., Carinnan, J. & Keller, J. (2006): A new multi-mineral age reference material for  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , (U-Th)/He and FT dating methods: the Limberg t3 tuff. Geostandards and Geoanalytical Research 30: 73-86.
- Lippolt, H.J., Gentner, W. & Wimmenauer, W. (1963): Altersbestimmungen nach der Kalium-Argon-Methode an tertiären Eruptivgesteinen Südwestdeutschlands. Jahresh. d. geol. Landesanst. Baden-Württemberg 6: 507-538.
- Lippolt, H.J., Todt, W. & Horn, P. (1974): Apparent potassium-argon ages of lower Tertiary Rhine graben volcanics. Approaches to Taphrogenesis. H.J. Illies and K. Fuchs. Stuttgart: 213-221.
- Mitchell, R. (1995): Kimberlites, Orangeites and Related Rocks. Plenum Press, New York: 40 p.
- Patterson, R., Wilson, M., Keller, J. (1996): The temporal evolution of the European Asthenospheric Reservoir: Trace element and Sr-Nd isotopic constraints from the upper Rhine Graben, Germany. J. Conf. Abstracts, 1(1): 448.
- Schleicher, H., Keller, J. & Kramm, U. (1990): Isotope studies on alkaline volcanics and carbonatites from the Kaiserstuhl, F.R.G. Special Issue on "Alkaline Rocks and Carbonatites". Lithos 26: 21-35.
- Sigmund, J. (1996): Diatrebreccien, Mantelxenolithe und Karbonatite in der Kernbohrung KB2 im Kaiserstuhl. Diss. Universität Freiburg, 154 S.
- Sigmund, J. & Keller, J. (1994): Amphibole and garnet bearing mantle xenoliths in the Kaiserstuhl, Germany: relation to diatrema and carbonatite. V.M. Goldschmidt Conference 1994 Edinburgh. Min. Mag. 58A: 840-841.
- Wimmenauer, W. (1952): Petrographische Untersuchungen an einigen basischen Eruptivgesteinen des Oberrheingebietes. N. Jb. Miner. Abh. 83: 375-432.
- Wimmenauer, W. (1966): Neue Befunde an jungvulkanischen Gesteinen des Oberrheingebietes. Mitt. bad. Landesverband f. Naturkunde u. Naturschutz NF 9: 411-414.
- Wimmenauer, W. (1977): Junger Vulkanismus. – In: Groschopf, R., Kessler, G., Leiber, J., Maus, H.J., Ohmert, W., Schreiner, A. & Wimmenauer W. (1977), Geol. Landesamt Bad.-Württ. Geol. Karte von Baden-Württemberg 1:50.000 Blatt Freiburg i. Br. und Umgebung.
- Wimmenauer W. & Schreiner, A. (1999): Geol. Karte von Baden-Württemberg 1:25.000. Blatt 8014 Hinterzarten, mit Erläuterungen (GL-BW).
- Wimmenauer W. & Schreiner, A. (1990): Geol. Karte von Baden-Württemberg 1:25.000. Blatt 8114 Feldberg, mit Erläuterungen IV+140 S., Freiburg i. Br., Freiburg i. Br. (GLA-BW).
- Wimmenauer, W., Franz, M., Martin, M. & Wiebe, V. (2010): Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt. Ber. Naturf. Ges. Freiburg, 100: 147-158.

## Anhang

	Diopsid	Diopsid	Diopsid	Diopsid	Pargasit	Phlogopit	Phlogopit
Megacryst	655-E2	655-E3	655-E4	655-E5	655-E3	655-E2	655-E5
Mineral #	Cpx n=5	CPX n=4	Cpx n=4	Cpx n=4	Hbl n=4	Phlog n=4	Phlog n=3
Gew. %							
SiO <sub>2</sub>	52,48	51,67	51,57	51,34	42,56	38,54	37,79
TiO <sub>2</sub>	0,62	0,96	0,79	0,98	3,31	4,06	4,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,23	4,31	5,30	5,07	12,56	15,75	15,82
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,75	0,03	0,06	0,09	0,01	1,19	0,09
FeO	4,05	5,34	4,80	4,78	7,67	5,21	6,79
MnO	0,10	0,09	0,12	0,10	0,08	0,01	0,04
MgO	16,98	15,19	16,05	15,17	15,88	20,58	19,82
CaO	19,61	21,04	19,36	20,68	10,94	0,06	0,11
Na <sub>2</sub> O	1,35	1,39	1,40	1,42	2,97	0,72	0,95
K <sub>2</sub> O	0,00	0,01	0,01	0,00	1,90	9,60	8,95
Summe	100,17	100,02	99,45	99,62	97,33	95,72	94,68
Mg# *100	88,2	83,5	85,6	85,0	78,7	87,6	83,9
Sauerstoffe	6	6	6	6	23	22	22
Kationen:							
Si	1,904	1,896	1,888	1,885	6,184	5,492	5,465
Al	0,181	0,186	0,229	0,219	2,151	2,645	2,696
Ti	0,017	0,026	0,022	0,027	0,361	0,435	0,469
Cr	0,022	0,001	0,002	0,003	0,001	0,134	0,010
Mg	0,918	0,831	0,876	0,830	3,440	4,373	4,272
Fe 2+	0,123	0,164	0,147	0,147	0,932	0,621	0,821
Mn	0,003	0,003	0,004	0,003	0,010	0,001	0,005
Ca	0,762	0,827	0,759	0,813	1,704	0,010	0,017
Na	0,095	0,099	0,099	0,101	0,837	0,200	0,266
K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,352	1,746	1,650
Summe	4,025	4,034	4,025	4,028	15,973	15,656	15,672

**Tabelle 1:** Repräsentative Zusammensetzungen der drei Megacrystphasen im Olivinmelilithit der Stöckenhöfe  
**Table 1:** Representative average compositions for the three megacryst phases from the Stöckenhöfe olivine melilithite

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	Cpx1-6
	Cpx1/1	Cpx1/2	Cpx2/1	Cpx2/2	Cpx3/1	Cpx3/2	average
Gew. %							
SiO <sub>2</sub>	51,74	51,98	51,49	51,45	51,92	52,23	51,80
TiO <sub>2</sub>	0,62	0,64	0,62	0,60	0,57	0,55	0,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,61	4,45	4,72	4,71	3,97	3,92	4,40
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,40	1,40	1,57	1,53	1,23	1,35	1,41
FeO	4,35	4,30	4,42	4,44	4,32	4,30	4,36
MnO	0,12	0,06	0,13	0,14	0,10	0,08	0,11
MgO	16,56	16,60	17,33	17,11	17,02	16,93	16,93
CaO	19,20	19,17	18,56	18,22	19,13	19,24	18,92
Na <sub>2</sub> O	1,84	2,02	1,65	1,75	1,90	1,87	1,84
K <sub>2</sub> O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
Summe	100,45	100,62	100,50	99,95	100,16	100,49	100,36
Mg# *100	87,2	87,4	87,5	87,3	87,5	87,5	87,4
Sauerstoffe	6	6	6	6	6	6	6
Kationen:							
Si	1,881	1,886	1,870	1,877	1,893	1,897	1,884
Al	0,198	0,190	0,202	0,202	0,171	0,168	0,188
Ti	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,015	0,016
Cr	0,040	0,040	0,045	0,044	0,035	0,039	0,041
Mg	0,898	0,898	0,938	0,930	0,925	0,917	0,918
Fe <sup>2+</sup>	0,132	0,130	0,134	0,135	0,132	0,131	0,132
Mn	0,004	0,002	0,004	0,004	0,003	0,002	0,003
Ca	0,748	0,745	0,722	0,712	0,747	0,749	0,737
Na	0,130	0,142	0,116	0,124	0,134	0,132	0,130
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Summe	4,048	4,052	4,048	4,046	4,056	4,051	4,050

**Tabelle 2:** Detritische grüne Cr-Diopside im Stöckenhöfegang. Mögliche Abkunft von Mantellherzoliten.  
**Table 2:** Mineral chemistry of isolated green Cr-diopsides, supposedly detrital from mantle lherzolites.

# 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: 2015

Band/Volume: [105](#)

Autor(en)/Author(s): Wimmenauer Wolfhard, Keller Jörg

Artikel/Article: [Rheingrabenvulkanismus: Ein Phlogopitreiches olivinmelilithitisches Ganggestein von den Stöckenhöfen bei Freiburg \(Wittnau-Biezighofen/Schönberggebiet\) 87-99](#)