

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **100**, S. 147 - 158, Freiburg 2010

Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt

Wolfhard Wimmenauer, Matthias Franz, Manfred Martin & Viktoria Wiebe

Zusammenfassung

Bei der stichprobenartigen geologischen Aufnahme von Erdwärmesondenbohrungen, die im Rahmen eines Neubauvorhabens der Sparkasse Freiburg – Nördlicher Breisgau niedergebracht wurden, wurden erstmals im Freiburger Stadtzentrum vulkanische Gesteine angetroffen. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der mineralogisch-petrographischen und geochemischen Untersuchungen dieser Vulkanite vorgestellt.

Stichwörter

Freiburg i. Br., Vulkanit, Alttertiär, Petrographie, Geochemie

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer, Rehhagweg 21, 79100 Freiburg;

Dr. Matthias Franz, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstr. 5, 79104 Freiburg

Dr. Manfred Martin, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstr. 5, 79104 Freiburg,

Dipl. Geol. Viktoria Wiebe, Haslacherstr. 77, 79115 Freiburg

Volcanic rocks in the subsurface of the old town of Freiburg

Abstract

In the course of the description of randomly selected wells for shallow geothermal purposes which have been drilled for a new building of the Sparkasse Freiburg – Nördlicher Breisgau, we found volcanic rocks in the centre of Freiburg for the first time. This paper presents the results of the mineralogical, petrographical and geochemical investigations of these volcanic rocks.

Key words

Freiburg i. Br., volcanic rock, Early Tertiary, petrology, geochemistry

1. Einleitung

Für das Geothermie-Projekt „Quartier Unterlinden“ im Stadtzentrum von Freiburg i. Br. (vgl. FLEISSNER et al. 2009) wurden insgesamt 108 Erdwärmesonden-Bohrungen (EWS) mit Endteufen von bis zu 125 m niedergebracht. 11 ausgewählte Bohrungen wurden im Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) detailliert aufgenommen. In einer dieser EWS-Bohrungen wurden zwischen 51 und 59 m sowie zwischen 83 und 100 m unter Bohransatzpunkt (= 62 – 112 m u. Gel.) vulkanische Gesteine erbohrt, die als (z. T. melilithführende) Olivinnephelinite zu bezeichnen sind. In einer benachbarten Bohrung wurden in ähnlicher Teufe metasomatisch veränderte Tonsteine erbohrt.

Gesteine des „jungen“ Vulkanismus treten in der nächsten Nachbarschaft der Stadt Freiburg mehrfach auf. Während sich für den Fund in EWS 2.5 (51 – 59 m) vor allem die kleinen, gangförmigen Vorkommen am Schlossberg zum Vergleich anbieten, bestehen für den Diatremtuff bei 83 – 100 m Entsprechungen bei mehreren Tuffen am Schönberg. Kurze Beschreibungen dieser Gesteine finden sich in GROSCHOPF et al. 1977: 153 - 157), ausführlichere bei WIMMENAUER (1952, 1966) STELLRECHT & WIMMENAUER (1958) sowie bei HAHN et al. (1974). Die letztgenannten Autoren nehmen für die Vulkanite am Schönberg ein eozänes Alter, d.h. etwa 54 bis 34 Ma, an; der Olivinnephelinit vom Attental, der petrographisch zur Gruppe der Gänge am Schlossberg gehört, ergab mit 81 Ma sogar ein kretazisches Alter (LIPPOLT et al. 1974). Für das mögliche Alter der in der Bohrung EWS 2.5 ange-troffenen Vulkanite kommt demnach vorerst nur ein entsprechend langer Zeitraum (Oberkreide bis Alttertiär) in Betracht. Die Gesteine konnten petrographisch und geochemisch untersucht werden; darüber wird im Folgenden berichtet.

Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt

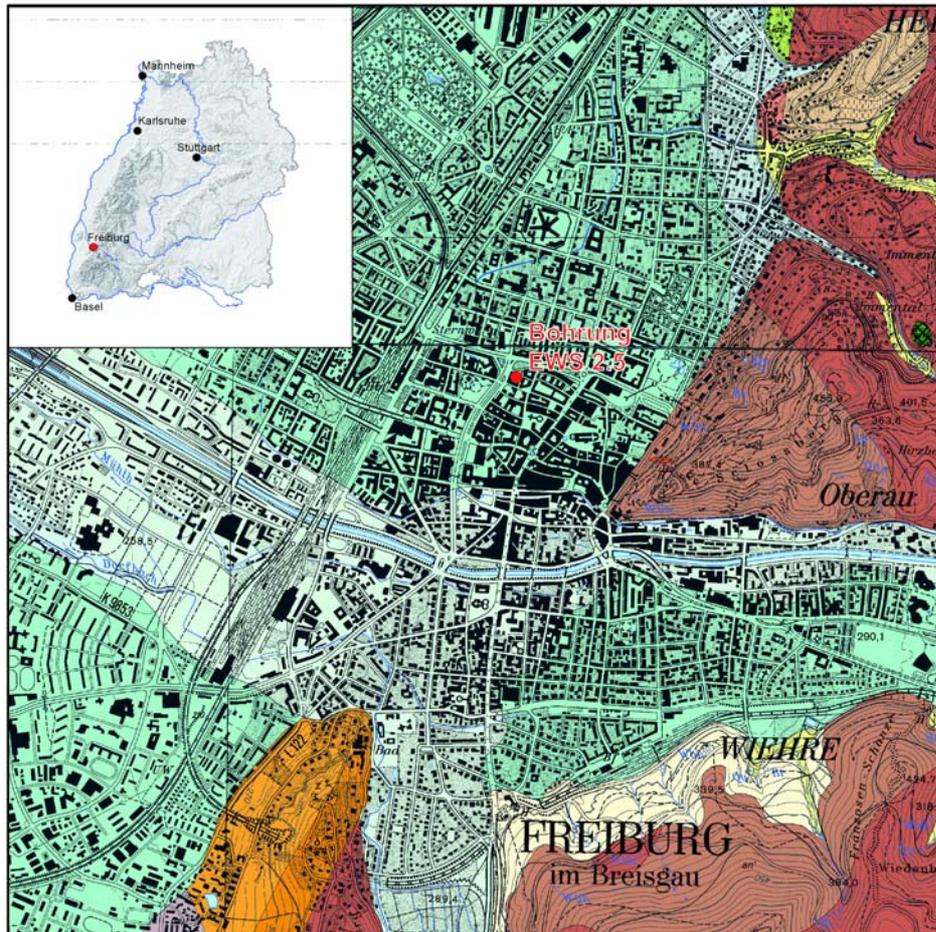


Abb. 1: Lageplan

2. Lage, Geologische Verhältnisse

Das Bauvorhaben befindet sich auf dem ehemaligen Bakola-Gelände (R 34 14 100 - 200, H 53 18 350 - 450), die Geländehöhe beträgt ca. 271 m ü. NN. Die Lage der EWS-Bohrung 2.5 ist aus Abb. 1 ersichtlich.

Im Untergrund des Bauvorhabens stehen ca. 15 – 20 m Schotter der Neuenburg-Formation und darunter altquartäre Schotter der Breisgau-Formation an. Ab 65 – 80 m u. Gel. folgen Festgesteine der Gipskeuper- bzw. der Lettenkeuper-Formation, die von 15 -17 m Trigonodusdolomit und ca. 20 m Plattenkalk des Oberen Muschelkalks unterlagert werden.

3. Kurzprofile

Die in Abb. 2 zeichnerisch wiedergegebenen EWS-Bohrungen 2.5 und 2.21 (= Pilotbohrung 2) wurden von der Baugrubensohle aus niedergebracht, d.h., die wahren Teufen in den nachfolgenden Kurzprofilen sind um ca. 12 m zu erhöhen.

EWS 2.5 Sparkasse Freiburg, 2009 (LGRB-Archiv-Nr. 8013/614)

Fahnenbergplatz

R 34 14 170.63, H 53 18 391.38; 259.40 m NN

Aufnahme: M. FRANZ, V. WIEBE (LGRB)

- 0 – 7 m Neuenburg-Formation (qN)
Gneis, mittel- bis grobkörnig, grau und rosa, kaum verwittert
- 50 m Breisgau-Formation (qBS)
Gneis, mittel- bis grobkörnig, frisch bunt, z. T. stark verwittert (nach unten zunehmend), hell gelbbraun, meist zu Sand zerbohrt
- 59 m Vulkanischer Tuff
Detailbeschreibung s.u.
- 73 m Gipskeuper-Formation (km1)
Tonschluffstein, gelbgrün, z. T. schmutzig gelbbraun verwittert, selten grau-violett, wenig Gipsauslaugungsrückstand, kalkig, gelbbraun, vereinzelt Dolomit, graubraun bis rötlichbraun
- 100 m Vulkanischer Tuff
Detailbeschreibung s.u.
- 110 m Plattenkalk (mo2P)
Kalkstein, mikritisch bis mikrosparitisch, graubraun bis braungrau, ab 108 m wenig Kalkstein, schwach dolomitisch, hellgelb, vereinzelt Hornstein, hellbeige

EWS 2.21 (= Pilotbohrung 2) Sparkasse Freiburg, 2008 (LGRB-Archiv-Nr. 8013/563)

Fahnenbergplatz

R 34 14 161.65, H 53 18 403.95; 260.90 m NN

Aufnahme: M. FRANZ (LGRB)

- 0 – 13 m Neuenburg-Formation (qN)
Gneis, mittel- bis grobkörnig, grau und rosa, kaum verwittert
- 69 m Breisgau-Formation (qBS)
Gneis, mittel- bis grobkörnig, frisch bunt, z. T. stark verwittert (nach unten zunehmend), hell gelbbraun, meist zu Sand zerbohrt
- 79 m Gipskeuper-Formation (km1)
Gipsauslaugungsresiduen, kalkig, gelbbraun bis gelbgrün, z.T. rotviolett gefleckt, nach unten zunehmend Zellenkalk, rostbraun, Tonstein, hell graugrün und Dolomitstein, oolithisch, gelbbraun
- 94 m Lettenkeuper-Formation (kuL)
Dolomite, hell- bis dunkelbraun, z.T. hellbeige, lagenweise Tonstein, grau und graugrün; bei 86 m, 88-90 m und 93 m Kaolinit, schwach verkieselt, hellbeige bis hellbraun, z.T. feinlagig, Quarzeinschlüsse bis wenige mm Ø

Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt

- 97 m Trigonodusdolomit (mo2D)
- 118 m Plattenkalk (mo2P)
Kalkstein, mikritisch bis mikrosparitisch, graubraun bis braungrau, z.T. dolomitisch, schwach bituminös, dunkelgrau
- 137 m Unterer Hauptmuschelkalk (mo1)
Kalkstein, mikritisch, grau im Wechsel mit z.T. Trochiten führenden Schillkalken
134 – 137 m Schillkalk, oolithisch [Marbach-Oolith]

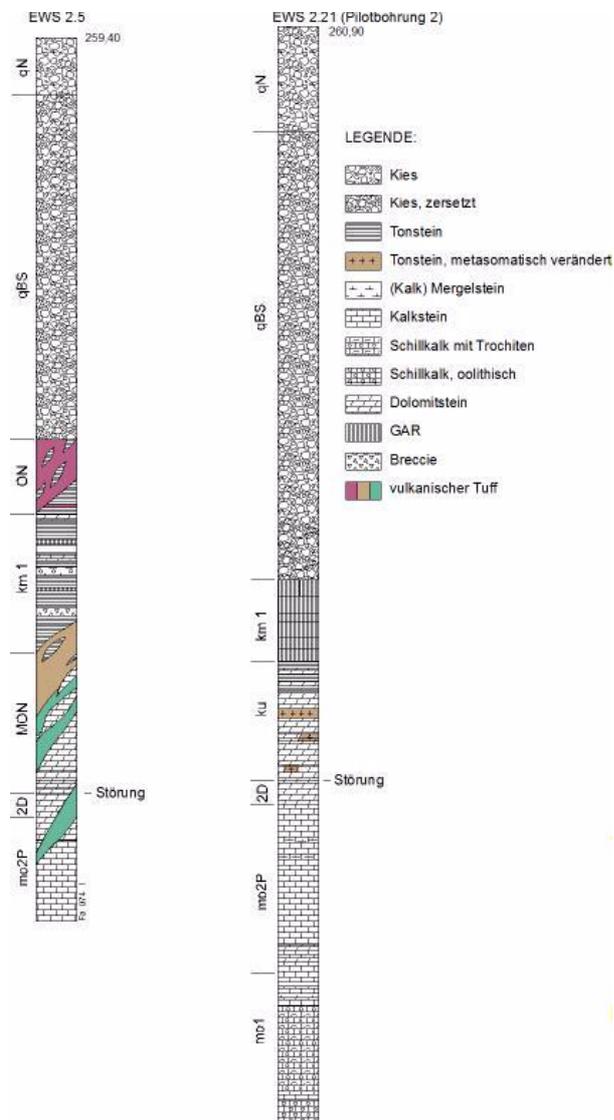


Abb. 2: Zeichnerische Darstellung der EWS-Bohrungen 2.5 und 2.21, BVH „Quartier Unterlinden“, Freiburg, ON = Olivinnephelinit, MON = Melilithführender Olivinnephelinit.

4. Petrographie der Vulkanite

EWS 2.5, 51 – 59 m

Der Dünnschliff des Materials zeigt, dass es sich um einen völlig zersetzten basischen Vulkanit handelt, wie er in der Vorbergzone und im nahen Schwarzwald-Grundgebirge in Gestalt schmaler Gänge mehrfach vorkommt. Für die ursprüngliche Vulkanitnatur spricht vor allem die porphyrische Struktur mit Einsprenglingen, deren Größe, Gestalt und Verteilung gut den Olivin-Einsprenglingen der oben genannten frischen Gesteine entspricht. Einziges erhaltenes magmatisches Primärmineral ist Apatit, der anhand seiner Gestalt, Licht- und Doppelbrechung gut zu identifizieren ist. Als Umwandlungsminerale der Silikate sind ein hoch doppelbrechendes Tonmineral, vermutlich Montmorillonit, und Leukoxen (kleinkristalline Aggregate hoch lichtbrechender Titanoxide und –silikate) mühsam erkennbar.

Die Röntgenbeugungsuntersuchung weiterer, ausgelesener Partikel des stark zersetzten Vulkanits ergab Kaolinit, Anatas und einen geringen Anteil von Apatit. Die mittels Röntgenfluoreszenzanalyse bestimmte, durchschnittliche Gesteinszusammensetzung ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Analyse des Gesteins aus EWS 2.5, 51 – 59 m. Angaben in Gew.-% (Analyse: LGRB Freiburg, 2010).

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
53.16	2.64	15.80	10.04	0.04	2.69	2.26	0.16	5.93	1.45
Ba	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zr	Gl.	Summe
0.096	0.015	<0.001	0.009	0.021	0.121	0.027	0.035	5.50	99.99

Die Analyse spiegelt den stark zersetzten Zustand des Gesteins wider. Gegenüber einem unzersetzten Olivinnephelinit ist der Gehalt an SiO₂ und Al₂O₃ erhöht, der an MgO und CaO abgereichert. Durch die Wegfuhr von Mg, evtl. auch von Ca tritt offensichtlich eine relative Aufkonzentration von Si und Al ein. Das relativ wenig mobile Titan liegt in der zu erwartenden Größenordnung.

EWS 2.5, 83 – 100 m

Das im Bereich zwischen 83 und 100 m der Bohrung angetroffene Gestein liegt in Form von bis zu 2 cm großen Bruchstücken vor. Diese lassen mit dem bloßen Auge eine brekziöse Struktur erkennen, die im Dünnschliff vulkanische Partikel (Lapilli, Abb. 3) von wenigen Millimetern Größe in einer karbonatischen Matrix zeigt. Die Größen- und Gefügeverhältnisse qualifizieren das Gestein als vulkanischen Tuff, die diskordante Einlagerung in ein Sedimentgestein als Diatremtuff. Die Mächtigkeit in der Bohrung lässt auf eine gangförmige Gestalt des Vorkommens und, in diesem Niveau, auf den Zufuhrkanal eines Schlotens schließen.

Die vulkanischen Anteile des Tuffs sind zumeist einige Millimeter große Bruchstücke mit unregelmäßigen Formen. Sie liegen in einer karbonatischen Matrix, die schätzungsweise ein Drittel des Gesamtgesteins ausmacht.

Die Matrix besteht zum größten Teil aus unregelmäßig verzahnten Calcitkörnern mit Kornanschnitten bis zu 0,15 mm. Andere essentielle Minerale, besonders solche, die auf eine Karbonatitnatur der Matrix deuten könnten, sind nicht zu beobachten. Auch sprechen die niedrigen Werte von Sr und Nb in der chemischen Analyse nicht für einen solchen

Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt

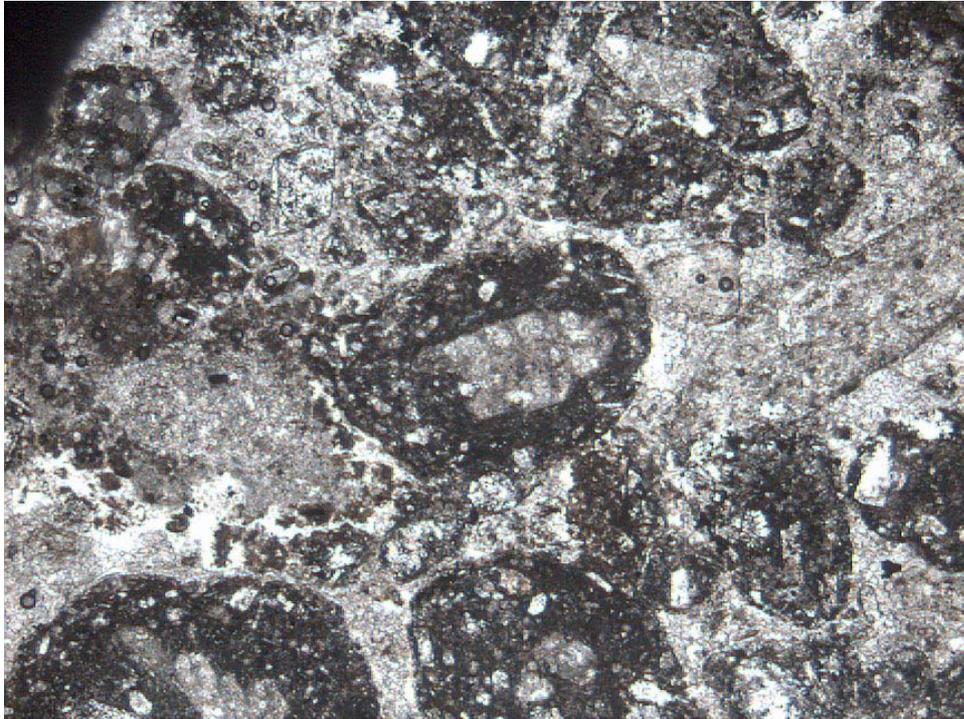


Abb. 3: Schlottuff in der Bohrung EWS 2.5, 83-100 m. Vulkanit-Lapilli in Calcit-Bindemittel. In der Mitte ein Lapillus mit einem großen Olivineinsprengling und kleinen, länglich-rechteckig erscheinenden Melilithkristallen in einer stark getrüben Grundmasse; alle Minerale in Karbonate und Schichtsilikate umgewandelt. Lange Bildkante 5,5 mm.

Zusammenhang. Vielmehr kann eine hydrothermale Bildung der Matrix, mit der auch die weitgehende Karbonatisierung des vulkanischen Gesteins einherging, angenommen werden. Diesem Vorgang können auch die gelegentlich vorkommenden Aggregate von frischem Pyrit in den Matrixbereichen zugeordnet werden.

Die vulkanischen Gesteinsanteile zeigen im Dünnschliff eine deutliche porphyrische Struktur mit gut ausgebildeten Einsprenglingen in einer stark getrüben und deshalb nicht weiter auflösbaren Grundmasse. Die Einsprenglinge sind zwar überall nur noch als Pseudomorphosen erhalten, viele von ihnen können aber auf Grund ihrer Gestalt und verschiedener anderer Kriterien bestimmten Primärmineralien zugeordnet werden.

Pseudomorphosen nach Augit sind an Umrissen, die der monoklinen Symmetrie oder auch Zwillingsstöcken mit einspringenden Winkeln entsprechen, gut zu erkennen (Abb. 4). Sie erreichen bis zu 1,3 mm Größe. Neben den dominierenden Karbonatmineralien enthalten sie Strähnen und Aggregate aus sehr feinkristallinen, hoch lichtbrechenden Mineralen. Diese reflektieren bei starker Beleuchtung schräg von oben weiß und zeigen sich damit als Leukoxen, also als das Titansilikat, dessen Präsenz unter den Umwandlungsprodukten der immer titanhaltigen Augite plausibel ist.

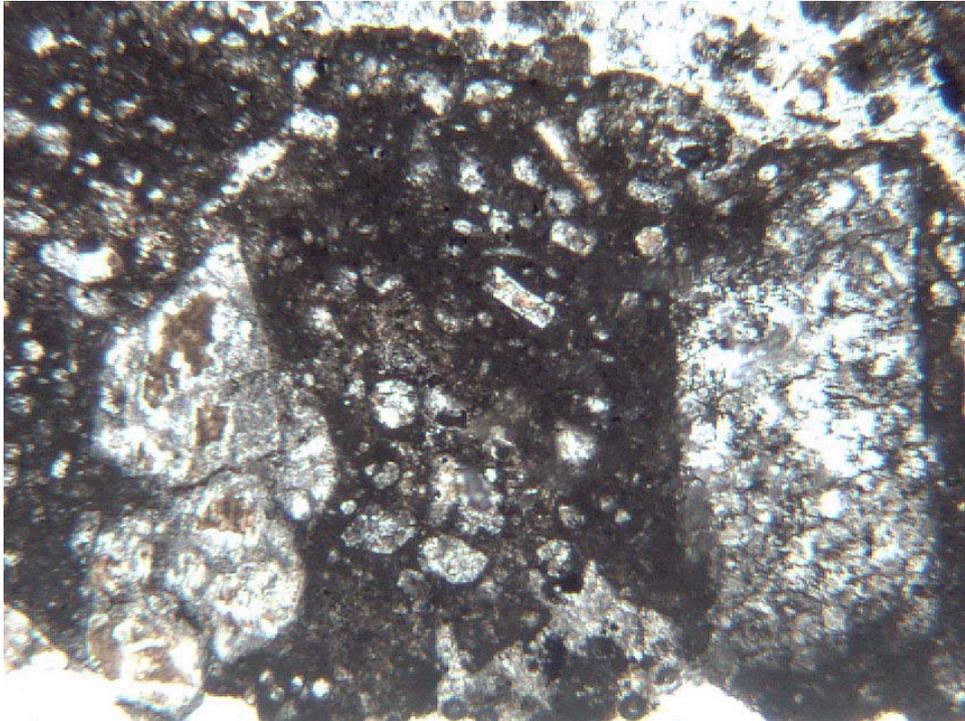


Abb. 4: Gestein und Fundort wie Abb. 3. Lapillus mit einem Olivineinsprengling (links) und einem Augiteinsprengling (rechts); in der Bildmitte länglich-rechteckig erscheinende Melilithkristalle. Alle Minerale karbonatisch-silikatisch umgewandelt. Lange Bildkante 3,4 mm.

Die bis zu 0,6 mm großen Pseudomorphosen nach Olivin bestehen größtenteils aus Karbonatmineralien, seltener sind kleine Partien serpentinartiger Minerale, die sonst die verbreitetsten Umwandlungsminerale des Olivins sind. Indessen zeichnen sich in manchen der Pseudomorphosen Strukturen, wie sie bei der Serpentinisierung der Olivine in ähnlichen Vulkaniten oft vorkommen, auch in dem karbonatisierten Zustand noch ab. Auch die Kristallgestalt des Olivins ist an günstig gelegenen Schnitten noch deutlich erhalten.

Wesentlich kleinere, bis 0,15 mm Länge erreichende Pseudomorphosen, welche auf tafelige Kristallformen des Primärminerals zurückgehen, lassen auf Melilith als kennzeichnende Komponente des Ausgangsgesteins schließen. Sie sind in karbonatische und silikatische Minerale umgewandelt. Sehr kleine Prismen von Apatit sind als Einschlüsse parallel zu den Wänden der Melilith eingelagert.

Bis zu 0,7 mm messende, sechseckige Pseudomorphosen aus Calcit und Analcim, die in manchen der Vulkanitstücke auftreten, können einem Mineral der Sodalith-Gruppe, vielleicht Hauyn, zugeordnet werden.

Die magmatische Grundmasse der vulkanischen Partikel lässt infolge der starken Trübung durch sehr feinkristallinen Leukoxen und auch wegen ihrer allgemeinen Feinkörnigkeit nur vermuten, dass sie hauptsächlich aus Tonmineralien besteht.

Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt

Diese Befunde machen auch bei der sehr weit fortgeschrittenen Umwandlung die Zuordnung der vulkanischen Partikel zu einem ganz bestimmten Primärgestein, einem melilithführenden Olivinnephelinit, möglich. Gesteine dieser Art treten in nächster Nähe Freiburgs als Gänge und in Diatremtuffen mehrfach auf. An ihnen und ihren Mineralen lassen sich die oben beschriebenen Umwandlungen von ihren Anfängen bis zu weiter entwickelten Zuständen gut beobachten. Vergleichbare Gesteine sind nicht die Vulkanite des Kaiserstuhls, sondern schmale Gänge am Lehener Bergle, im Kalisalzbauwerk Buggingen sowie Schlottuffe von Maleck bei Emmendingen und am Schönberg (WIMMENAUER 1952). Nahe verwandte Ganggesteine ohne Melilith (Olivinnephelinite) kommen am nahen Schlossberg, bei Zähringen, im Attental und mehrfach auch in der weiteren Umgebung Freiburgs vor (WIMMENAUER 1977). Für mehrere dieser Vorkommen im weiteren Oberrheingebiet wurden Alter von 40 und mehr Millionen Jahren bestimmt (LIPPOLT et al. 1974), die demnach weit höher als die für den Kaiserstuhl-Vulkanismus geltenden (16 – 18 Ma) sind.

Mehrere, bis zu knapp 1 cm große, meist gerundete Einschlüsse des Tuffes sind als Fragmente von Granit zu interpretieren. Sie bestehen aus bis zu mm-großen Quarzkörnern bzw. Aggregaten von solchen, die umgeben oder durchzogen sind von wesentlich feiner körnigen Aggregaten von Orthoklas, seltener auch Mikroklin und Plagioklas. Die zugehörige Röntgenbeugungsanalyse zeigt neben dem schon erwähnten Quarz und Orthoklas auch Kaolinit, der aus der Zersetzung der Feldspäte hergeleitet werden kann. Glimmer konnte nicht nachgewiesen werden. In Analogie zu pyrometamorphen Graniteinschlüssen in Magmatiten des Kaiserstuhls sind diese Aggregate als wieder kristallisierte Aufschmelzprodukte des Gesteins anzusehen. Das Zwischenmittel der Feldspäte, ehemals vielleicht Glas, ist gänzlich zersetzt. Die entsprechende Erhitzung der Gesteine hat wahrscheinlich noch im Niveau des Grundgebirges und vor der Tufferuption, d. h. in dem noch zusammenhängenden Magmakörper stattgefunden.

Die chemische Analyse der Grundgebirgseinschlüsse (Tab. 2) unterstreicht deren granitische Zusammensetzung. Einen ähnlichen Chemismus weisen verschiedene Granitplutone des Mittel- und Nordschwarzwalds auf. Eine besonders hohe geochemische Übereinstimmung besteht mit dem Triberg-Granit.

Anders als diese Einschlüsse scheinen in dieser Hinsicht mehrere Fragmente von Sedimentgesteinen zu sein. Es handelt sich dabei röntgenographisch um Mergel mit Calcit, Illit, wenig Quarz und Feldspat. Kaolinit war nicht nachweisbar. Für die nicht geringe Beteiligung von Illit am chemischen Gesamtbestand spricht auch der Kaligehalt der Analyse. Bei der Aufbereitung eines einzelnen Bruchstücks aus dem erbohrten Material wurden auch wenige Fragmente von Quarzaggregaten nach Art sedimentärer Kieselkonkretionen gefunden. Auch solche Komponenten dürften vom Nebengestein des Diatremes stammen. Sie wurden erst bei der explosiven Tätigkeit des Vulkans, auf dem Weg durch das Deckgebirge, aufgenommen.

Tab. 2: Analyse der Grundgebirgseinschlüsse aus EWS 2.5, 83 – 100 m. Angaben in Gew.-% (Analyse: LGRB Freiburg, 2010).

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
74.20	0.35	12.12	2.21	0.010	0.32	0.56	0.59	6.98	0.36
Ba	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zr	Glv.	Summe
0.087	0.002	<0.001	0.002	0.018	0.027	0.005	0.012	2.15	100.00

Wolfhard Wimmenauer, Matthias Franz, Manfred Martin & Viktoria Wiebe

Tab. 3: Analyse des Gesteins aus EWS 2.5, 83 – 100 m. CO₂ berechnet unter der Annahme, dass alles Ca als Calcit vorliegt. Angaben in Gew.-% (Analyse: LGRB Freiburg, 2009).

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂
25.29	3.62	14.22	6.46	0.35	3.00	23.54	0.03	2.68	1.34	18.56
Sr	Rb	Ce	Y	Nb	Cr	Ni	Co	S	F	Summe
0.112	0.025	0.035	0.006	0.013	0.015	0.014	0.012	0.440	0.270	99.928

Die chemische Analyse des Tuffs aus 83 – 100 m (Tab. 3) gibt nur bedingt Auskunft über die Zusammensetzung des ursprünglichen magmatischen Gesteins. Offenbar ist mit der Karbonatisierung nicht nur CO₂, sondern auch Ca in erheblicher Menge zugeführt worden. Auch die Beteiligung von Sedimentklasten an dem Tuff muss sich bei den Hauptkomponenten Si, Al und K, den Bestandteilen ihrer Tonminerale (besonders Illit) auswirken. Die Werte von Cr und Ni sind, auch bei Berücksichtigung des nur begrenzten Anteils des magmatischen Gesteins am Analysenmaterial (schätzungsweise zwei Drittel), niedrig gegenüber den von frischen Vergleichsgesteinen bekannten Werten. Dass der Kobaltgehalt etwa in der gleichen Größenordnung wie Cr und Ni liegt, ist ungewöhnlich, aber doch beim Basalt des Katzenbuckels im Odenwald auch gegeben (GEHNES & WIMMENAUER 1975). Als stabile Komponente magmatischer Herkunft kann das Titan gelten, das in Form von viel Leukoxen auch mikroskopisch stark auffällt. Überraschend sind die relativ hohen Gehalte an Phosphor und Fluor, für die in den Dünnschliffen die entsprechenden Minerale nicht in entsprechender Menge erkennbar sind.

5. Zusammenfassung

Die in einer Erdwärmesondenbohrung im Untergrund der Freiburger Altstadt angetroffenen vulkanischen Tuffe erwiesen sich als (z.T. melilithführende) Olivinnephelinite. Datierungen vergleichbarer Gesteinsvorkommen der Umgebung ergaben Alter von 40 und mehr Millionen Jahren, d.h. die Entstehung der Vulkanite ist im Zusammenhang mit dem Einbruch des Oberrheingrabens zu sehen.

Dank

Die Autoren danken dem Leiter der Bauabteilung der Sparkasse Freiburg, Herrn Metzger, für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Bohrergebnisse. Außerdem gilt unser Dank der Ingenieurpartnerschaft Neumann + Schweizer für die kollegiale Zusammenarbeit. Die Abbildungen fertigten in bewährter Qualität B. Schmücking und J. Crocoll (beide LGRB Freiburg), wofür an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Abkürzungen im Text

Glv	Glühverlust
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (im Regierungspräsidium Freiburg)
M u. Gel.	Meter unter Gelände
Ma	Millionen Jahre

Eingang des Manuskripts 11. Januar 2011

Angeführte Schriften

- FLEISSNER, C., FECHNER, W., SCHWEIZER, T. & ZIELINSKI, W. (2009): Geothermie-Projekt „Quartier Unterlinden“ in Freiburg: nachhaltiges Klimatisierungskonzept für große Bürogebäude. – bbr, **10/2009**: 36 – 41.
- GEHNES, P. & WIMMENAUER, W. (1975): Geochemical studies on igneous rocks of the Rhine graben region. – N. Jb. Miner. Mh., 1975: 49 – 56.
- GROSCOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H. OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W. (1977) mit Beiträgen von ALBIEZ, G., HÜTTNER, R. & WENDT, O.: Blatt Freiburg i. Br. und Umgebung. - Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:50 000, mit Erläuterungen: 351 S., Stuttgart.
- HAHN, W., MAUS, H. & SCHREINER, A. (1974): Eozäner Vulkanismus am Schönberg bei Freiburg i. Br. (Baden-Württemberg). – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., **16**: 41 – 60.
- LIPPOLT, H.J., TODT, W. & HORN, P. (1974): Apparent potassium-argon ages of Lower Tertiary Rhine graben volcanics. – In: ILLIES, H. & FUCHS, K. (Hrsg.): Approaches to Taphrogenesis: 215 – 221, (Schweizerbart) Stuttgart.
- STELLRECHT, R. & WIMMENAUER, W. (1958): Ein neuer „Basalt“-Gang am Schlossberg bei Freiburg i. Br. – Mitt. Bad. Landesver. Naturkde. Natursch., N. F., **7**: 162.
- VILLINGER, E. (1999): Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte.- LGRB-Informationen, **12**: 60 S., Freiburg i. Br.
- WIMMENAUER, W. (1952): Petrographische Untersuchungen an einigen basischen Eruptivgesteinen des Oberrheingebietes. – N. Jb. Miner., Abh., **83**: 375 – 432.
- (1966): Neue Befunde an jungvulkanischen Gesteinen des Oberrheingebietes. - Mitt. Bad. Landesver. Naturkde. Natursch., N. F., **9**: 411 – 413.
- WIMMENAUER, W. & HÜTTNER, R. (1968): Blatt 8013 Freiburg.- 3., unveränderte Auflage. 1993. - Geol. Kt. Baden-Württemberg 1:25 000; Freiburg i. Br. (GLA).
- (1977): Junger Vulkanismus. - In: GROSCOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H. OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W. (Hrsg.) mit Beiträgen von ALBIEZ, G., HÜTTNER, R. & WENDT, O.: Erläuterungen zum Blatt Freiburg i. Br. und Umgebung. - Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:50 000: 153 – 174.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [100](#)

Autor(en)/Author(s): Wimmenauer Wolfhard, Franz Matthias, Martin Manfred, Wiebe Viktoria

Artikel/Article: [Vulkanische Gesteine im Untergrund der Freiburger Altstadt 147-158](#)