BERICHTE DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT DER OBERLAUSITZ

Band 31 Görlitz 2023 Seite 75–88

Petrographisch-geochemische Untersuchungen der Basaltoide von der Rakotzbrücke und der Basaltsäuleninsel im Kromlauer Park (Muskauer Faltenbogen/Oberlausitz)

Von JÖRG BÜCHNER, OLAF TIETZ und CHRISTOPH FRANZEN

Zusammenfassung

Im Rahmen der Sanierungsarbeiten an der Rakotzbrücke und der Basaltsäuleninsel im Kromlauer Park (Gemeinde Gablenz, nordöstliche Oberlausitz) wurden geologische Untersuchungen an den in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert verbauten basaltoiden Naturgesteinen durchgeführt. Diese Untersuchungen flankierten die denkmalgerechte Sanierung beider Parkarchitekturen, die von 2017 bis 2021 erfolgte. Ziel der Untersuchungen ist eine Provenienzanalyse, denn bis heute gibt es keine verlässlichen Primärquellen über die Herkunft der verbauten Basaltoide.

Von den basaltoiden Gesteinen der Brücke und von der Insel wurden an fünf Proben petrographische Untersuchungen durchgeführt und von je einer Probe der Rakotzbrücke (dicke kurze Säule) und der Basaltsäuleninsel (dünne lange Säule) die Geochemie analysiert. Die Untersuchungen erbrachten, dass es sich bei vier der Proben (dicke und dünne lange Säulen) um Basanite, also Basalte i.w.S. handelt und bei dünnen, kurzen und unregelmäßig geformten Säulen, die nur in den Brückenköpfen der Rakotzbrücke verbaut wurden, um einen Spessartit der Lamprophyr-Gruppe. Letzteres Gestein ist durch Mafitgänge aus der südöstlichen Oberlausitz bekannt, das auch als Herkunftsgebiet relativ sicher in Frage kommt. Auch die Basanite stammen wahrscheinlich aus der Oberlausitz, wo sie ein häufig auftretendes Lavagestein im Lausitzer Vulkanfeld bilden. Die petrographisch-geochemischen Untersuchungen, sowie logistische Überlegungen zum Transport und die Einbeziehung historischer Angaben machen es denkbar, dass beide basaltische Gesteinstypen von Kromlau (dicke und dünne lange Säulen) aus zwei Steinbrüchen von Ostritz südlich Görlitz stammen. So vom Hutberg (dicke kurze Säulen) und vom Alten Hutberg (dünne lange Säulen).

Abstract

Petrographic-geochemical investigations of the basaltoids from the Rakotz Bridge and basalt column island in the Kromlau Landscape Garden (Muskau Arch/Oberlausitz)

As part of the renovation work on the Rakotzbrücke (Rakotz Bridge) and basalt column island in Kromlauer Park (municipality of Gablenz, north-eastern Oberlausitz / Upper Lusatia), geological investigations were carried out on the natural basaltoid rocks built in the second half of the 19th century. These investigations accompanied the 2017–2021 renovation, in keeping with heritage management regulations, of both structures. The aim of the investigations was to provide a provenance analysis for these rocks/basaltoids.

Petrographic investigations were carried out on five samples from the basaltic rocks of the bridge and the basalt column island. Additionally, the geochemistry of one sample from the bridge (short, thick column) and one sample from the island (long, thin column) was analysed. The investigations showed that four of the samples (thick and long, thin columns) were basanites, i.e. basalts

in the broader sense, and that the thin, short and irregularly-shaped columns, which were only built into the bridgeheads of the Rakotzbrücke, were spessartite (lamprophyre-group). The latter rock is known from mafitic dikes in south-eastern Oberlausitz, which can be considered with relative certainty as the area of origin. The basanites probably also originate in Oberlausitz, where they form a frequently-occurring lava rock in the Lusatian Volcanic Field. The petrographic-geochemical investigations, as well as logistical considerations regarding transport and the consideration of historical information, make it conceivable that both basaltic rock types from Kromlau (thick and thin long columns) come from two quarries in Ostritz, south of Görlitz: the Hutberg (short, thick columns) and the Old Hutberg (long, thin columns).

Keywords: Basanite, Spessartite, Lusatian Volcanic Field, Regional provenance analysis, Restoration of natural building stones.

1 Einführung

Die zwischen 1863 und 1882 errichtete Rakotzbrücke im Kromlauer Park der Gemeinde Gablenz im Nordosten der Oberlausitz wurde von 2017 bis 2021 denkmalgerecht saniert und am 10. Juli 2021 wieder der Öffentlichkeit übergeben (URL-1, s. Titelbild dieses Bandes). Neben der Sanierung der nahezu halbkreisförmigen Rakotzbrücke, in der Literatur auch als „Teufelsbrücke“ bezeichnet, wurden außerdem eine Basaltsäulengruppe („Basaltorgel“) auf der Insel 70 m ostsüdöstlich der Brücke instandgesetzt und die 1956 eingestürzte Grotte zwischen dem südlichen Ende der Rakotzbrücke und der Basaltsäuleninsel mit einer Freitreppe vollständig rekonstruiert (URL-2). Für die Instandsetzungsarbeiten sollte im Vorfeld geklärt werden, von wo genau die hier verbauten basaltoiden Natursteine stammen. Zum einen gab es bisher dazu eine Reihe kaum belegter Angaben, zum anderen, um möglichst im Falle von Ersatz mit Originalgesteinen eine denkmalgerechte Ergänzung vornehmen zu können. Dafür wurde das Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. (IDK) in Dresden angefragt, welches sich für die Untersuchungen und die Erstellung eines Gutachtens mit der in diesem Fachgebiet versierten Geologen der Sektion Paläozoologie und Geologie das Senckenberg Museums für Naturkunde Görlitz vernetzte. Ein Gutachten wurde zunächst für die Petrographie anhand von Gesteinsdünnschliffen erstellt (Büchner & Tietz 2018), das später um die Gesamtgesteinschemie der beiden Hauptgesteinstypen ergänzt wurde (Büchner & Tietz 2019). Die Ergebnisse dieser beiden Gutachten sowie der Vergleich mit der Literatur und der in Frage kommenden natürlichen Gesteinsvorkommen, insbesondere aus dem Lausitzer Vulkanfeld (Büchner et al. 2015), sollen hier vorgestellt werden.

2 Ausgangslage, Stand des Wissens

Die vorbereitend zur Baumaßnahme durchgeführten intensiven Recherchen in historischen Primärquellen ergaben viele Erklärungen zu den kaufmännischen Unternehmungen von Hermann Friedrich Roetschke (1805–1893), dem Begründer der Parkanlage, und den ideellen Vorstellungen aus dieser Zeit (vgl. Bauer & Lauerbach 2021). Allerdings wurden keine Hinweise zu der Herkunft der verschiedenen, im Park verwendeten Gesteine gefunden. Das überwiegend eingesetzte Gesteinsmaterial für fast alle Parkarchitekturen ist Basalt (basaltoide Gesteine). Darunter befinden sich Basaltsäulen, die in Anlehnung an die natürlichen Vorkommen als Gruppen eingebaut wurden, mit z.T. beachtlicher Länge, wie beispielsweise an der „Orgel“ und Basaltquader mit Durchmessern von über 0,6 m, wie sie im Bogen der Rakotzbrücke verbaut wurden. Die beiden Ausnahmen bilden der „Himmel“ der Grottenanlage „Himmel + Hölle“, der aus Quarzen besteht und die rekonstruierte „Grotte“ mit Wasserspiel, die aus meist granitoiden Geschieben erstellt worden war. In der Literatur werden für die Basalte ohne Quellennachweis unterschiedliche Herkunftsorte angegeben, so Bautzen, Ústí nad Labem und Nordböhmen

Abb. 1: Die Rakotzbrücke mit dem südlichen Fundament und dem abgelassenen Rakotzsee. Letzteres ermöglichte eine zerstörungsfreie Probennahme, da auch herabgefallene Basaltgesteine vom Seegrund untersucht werden konnten. Blick nach SW. Foto: O. Tietz 1.8.2018

(Franz & Kupetz 2009) oder die Sächsische Schweiz (URL-3).

Bereits 2007 erfolgte eine eingehende geologische Erfassung aller im Kromlauer Park verbauten basaltoiden Gesteine (Lapp et al. 2007, s. auch Franz & Kupetz 2009 und URL-4). An 16 untersuchten Lokalitäten, die in der Zeit von 1869 bis 1882 errichtet wurden, wurden fünf verschiedene Basalt-Gesteinstypen unterschieden und das im Park verbaute Volumen dieser Basaltgesteine auf etwa 115 m³ geschätzt. Mit dem Ziel einer Provenienzanalyse erfolgten von Lapp et al. (2007) auch Dünnschliffuntersuchungen und geochemische Analysen an zwei Proben. Allerdings stammte nur eine der Proben unweit von der Rakotzbrücke, genau genommen vom „Arrangement nordwestlich der Rakotzbrücke“ (Lapp et al. 2007, S. 32) bzw. davon abweichend in der dazugehörigen Bildunterschrift von „südöstlich der Rakotzbrücke“ (Abb. 5). Eventuell ist damit eine der Basaltsäulengruppen im Umfeld der Grotte nahe der

Abb. 2: Südlicher Brückenpfeiler der Rakotzbrücke mit entsprechenden Probenzuordnungen, Maßstab = 2 m, Blick von Westen. Foto: O. Tietz

Abb. 3: Basaltsäulengruppe „Orgel“ auf der Insel im Rakotzsee mit entsprechenden Probenzuordnungen, Blick von SW. Foto: O. Tietz

Rakotzbrücke gemeint. Auf jeden Fall handelt es sich um eine dünne Basaltsäule (Typ 1 nach Lapp et al. 2007). Die zweite Probe wurde dagegen von der Kanzel (Richterstuhl) ca. 1000 m westlich der Rakotzbrücke entnommen, die von einer dicken Basaltsäule mit etwa 30 × 40 cm Querschnitt stammt (Typ 3 nach LAPP et al. 2007). Nach der Petrographie und dem Vergleich „mit Proben aus dem umfangreichen Archivmaterial des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie“ (Lapp et al. 2007, S. 33) wird eine Herkunft beider Proben und damit für die schlanken und dicken Basaltsäulentypen im Kromlauer Park aus dem Alten Hutberg Ostritz postuliert. Die nasschemischen Analysen erbrachten dagegen keine eindeutige Zuordnung, da „der Chemismus vieler Basalte in der Lausitz und Nordböhmen so ähnlich [ist], dass eine ortsgenaue Zuordnung der Kromlauer Basalte nach Ostritz nicht eindeutig möglich ist.“ In der Arbeit wird zudem der Transport der Säulen für die Bauzeit der Rakotzbrücke diskutiert. Ausgangspunkt dafür war die Dokumentation aller im Kromlauer Park verbauten Basaltgesteine (s.o.) mit einem geschätzten Gewicht von 345 Tonnen. Lapp et al. (2007) schließen daraufhin einen Transport mit Pferdefuhrwerken aus. Alternativ wird der Transport per Eisenbahn oder per Floß auf der Neiße diskutiert. Da ein durchgängiger Eisenbahntransport mit drei Linien erst ab 1875 gegeben war, wird ein Floßtransport als nicht unrealistisch eingestuft. Zu der Datierung der Erstellung der Objekte des Rakotz-Ensembles halten Bauer und Lauterbach (2021) den Zeitraum 1866 bis 1875 für realistisch. Dabei stützen sie sich auf historische Quellen, wie Urkunden und Pläne, aber auch auf die Verwendung von Zement bei der Errichtung der Parkarchitekturen, der seit 1860 einen breiteren Einsatz fand.

3 Material und Methoden

Im Folgenden werden die verschiedenen basaltoiden Gesteine der Rakotzbrücke und der 70 m südöstlich liegenden Insel mit einer Basaltsäulengruppe beschrieben und ausgewertet.

Die ebenfalls sanierte Grotte und Freitreppe mit den historischen Figuren Herkules und Anthea (URL-5) war nicht Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchungen, weil sie neben kleinen Mafit- und Basaltsäulengruppen überwiegend aus eiszeitlichen Geschieben aufgebaut ist. Es erfolgte am 1. August 2018 eine Probennahme an den beiden untersuchten Objekten, wobei darauf geachtet wurde, keine verbauten Steine zu zerstören. Stattdessen wurde auf Lesesteine im direkten Umfeld der Bauwerke zurückgegriffen und nach makroskopischen Gesichtspunkten mit den verbauten Gesteinen verglichen und zugeordnet. Zu dieser Zeit war aufgrund der schon laufenden Sanierungsarbeiten der Rakotzsee fast vollständig abgelassen, so dass ein ungehinderter Zugang, so auch zu den sonst im Wasser befindlichen Brückenpfeilern oder auch der Insel, problemlos möglich war (Abb. 1). Insgesamt wurden fünf Proben gewonnen, von denen je zwei Dünnschliffe hergestellt wurden. Die Proben 18/08/01-1 und -2 sowie -5 stammen von der Brücke (Abb. 2) und die Proben 18/08/01-3 und -4 von der Basaltsäulengruppe im See (Abb. 3). In den Abbildungen sind die verschiedenen Typen der verbauten Gesteine für die stellvertretend entnommenen Lesesteine lokalisiert.

Für die petrographischen Untersuchungen wurden die zwei Dünnschliffe je Probe senkrecht zueinander orientiert hergestellt, so dass möglichst ein 3D-Bild des Gesteins entsteht. Es wurde ein Polarisationsmikroskop Leica DM2500P verwendet.

Zusätzlich wurden die Proben 18/08/01-1 und -4 für geochemische Gesamtgesteinsanalysen aufbereitet. Die Untersuchungen erfolgten mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse (RFA) und der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometer-Analyse (ICP-MS), beides in Bureau Veritas Laboratories (BVML) in Vancouver, Kanada. Auf Grund der makroskopischen Ähnlichkeit der Säulengruppe mit den Gesteinen im Aufschluss Panská skála bei Kamenický Šenov (CZ) wurde zusätzlich eine Probe von hier in derselben Messkampagne analysiert (Tabelle 1). Die analytischen Prozeduren und die Probenaufbereitung erfolgten nach den gängigen Verfahren, die in Tietz et al. (2018) genauer beschrieben werden.

4 Ergebnisse

4.1 Petrographie

4.1.1 Makroskopie

Rakotzbrücke, Brückenbogen
(Probe 18/08/01-1)

- Basalt als große Säulenblöcke; Säulen mit Durchmessern von ca. 0,4–0,8 m (Median = 0,5–0,7 m); kurze Säulenstümpfe mit ca. 0,2–0,4 m Säulenhöhe, meist glatte Oberflächen und kantengerundet
- teilweise Abschalung der äußeren Bereiche, ganz vereinzelt initiale Sonnenbrennererscheinungen

Rakotzbrücke, Flanken
der beiden Brückenköpfe/Pfeiler
(Probe 18/08/01-2)

- Basalt mit regelmäßigen, schlanken Säulen bis 2 m lang und einem Durchmesser von 0,15–0,2 m;
- sehr vereinzelt kleinere herausgewitterte Einschlüsse (Löcher an der Oberfläche)

Basaltgruppe der Insel/Basaltorgel
(Proben 18/08/01-3 und -4)

- Basalt mit schlanken, langen und regelmäßigen Säulen, glatte Oberfläche; 0,15–0,25 m Durchmesser; bis 2 m lang (Probe 18/08/01-3)
- Basalt mit ebenso schlanken und regelmäßigen Säulen, Oberflächen zusätzlich mit deutlichen Absätzen, die von der Säulenbildung (Aufreißen) herrühren; 0,15–0,25 m Durchmesser; bis 7 m lang (Probe 18/08/01-4)

Rakotzbrücke, Aufgänge
zu den beiden Brückenköpfen
(Probe 18/08/01-5)

- kurze schlanke unregelmäßige Säulen bis Quader 0,15–0,5 m im Durchmesser, zahlreiche Löcher (herausgewitterte Einschlüsse bis 4 cm), meistens 0,2 m, maximal 0,5 m lang

4.1.2 Mikroskopie

Probe 18/08/01-1

Das Gestein zeichnet sich durch ein porphyrisches Gefüge aus mit dichter Matrix und wenigen Mikrolithen (0,01–0,1 mm). Als Phänokristalle (> 0,1 mm) treten Olivin und unter-

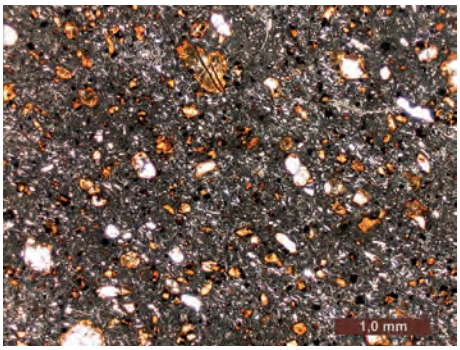

Abb. 4: Dünnschliffbild der Probe 18/08/01-1. Alle sichtbaren Phänokristalle stellen Olivine dar und weisen eine Oxidation des enthaltenen Eisens auf (Rotfärbung). Hellfeld (einfach polarisiertes Licht). Fotos Abb. 4–8: J. Büchner

geordnet Klinopyroxen bis 8 mm Größe auf. Der Olivin ist stets alteriert und weist einen rotbraunen Saum auf, der auf limonitische Bildungen zurückzuführen ist – z.T. sind die Olivine auch komplett rot verfärbt (Abb. 4). Die wenigen Klinopyroxene sind prismatisch und zeigen keine Alteration. Als Mikrolithe treten stängelige bräunliche Ti-führende Klinopyroxene auf sowie opake Minerale (2,5 %) (evtl. Magnetit). Die Matrix enthält Plagioklas und Nephelin sowie ebenfalls opake Minerale (5 %).

Das Gestein ist nach der aktuellen Gesteinsnomenklatur (Le Maitre 2002) als Basanit anzusprechen.

Probe 18/08/01-2

Das Gestein ist porphyrisch und weist mm- bis cm-große Schlieren verschiedener Laven auf, die sich in der Kristallinität unterscheiden. Vereinzelt sind alterierte Mantelxenolithe sowie rundliche synmagmatische Lavaeinschlüsse als Ergebnis von Magmenmischung zu beobachten. Als Phänokristalle treten Olivin und hellbeiger Klinopyroxen in gleichen Anteilen mit einer Größe von bis zu 2 mm auf. In ähnlicher Häufigkeit lassen sich sogenannte Grünkernpyroxene finden, die einen grünlichen pleochroitischen Kern, einen farblosen Mantel und einen bräunlichen Rand zeigen (Abb. 5). Zudem treten opakisierte Amphibole (bis 1 mm) auf. Als Mikrolithe sind neben beiden Pyroxenen der Phänokristalle auch Plagioklas und opake Minerale (bis 15 %) zu finden (Abb. 5). Die Matrix wird aus Pyroxen und Nephelin aufgebaut.

Das Gestein ist ebenfalls als Basanit anzusprechen.

Proben 18/08/01-3 und -4

Beide Gesteine sind sehr ähnlich und im Modalbestand identisch. Probe 3 ist lediglich etwas ärmer an opaken Mineralen. Beide Laven sind porphyrisch und weisen Schlieren verschiedener Laven auf, die sich in der Kristallinität unterscheiden. Die Phänokristalle stellen v.a. zwei verschiedene Pyroxene, die beide prismatisch ausgebildet sind. Es handelt sich wiederum um hellbeigen Klinopyroxen und Grünkernpyroxen wie in Probe 2. Die Pyroxene sind bis 2 mm groß. Nachgeordnet tritt Olivin (ebenfalls bis 2 mm) mit beginnender Alteration auf. Opakisierte Amphibole sind in ähnlicher Häufigkeit wie die Olivine vorhanden (Abb. 6). Als Mikrolithe treten bräunliche pleochroitische, prismatische Klinopyroxene auf, ebenso Grünkernpyroxene und selten Plagioklasleisten. Opake Minerale sind mit 15 % recht häufig. Die Matrix ist aus Plagioklas, Nephelin und Klinopyroxen zusammengesetzt (Abb. 7). Die Gesteine sind als Basanite zu bezeichnen, wenn auch mit einem geringeren Olivingehalt als die Gesteine der Proben 18/08/01-1 und -2.

Probe 18/08/01-5

Die Probe stellt im Vergleich zu den bisher vorgestellten Proben ein komplett anderes Gestein dar. Es weist ein holokristallin-porphyrisches Gefüge auf, nach der Körnigkeit ist es fein-, klein- und mittelkristallin. Als Komponenten treten v.a. Amphibole und untergeordnet meist hypidiomorphe Klinopyroxene auf, die bis 5 mm groß sind. Amphibole sind in zwei verschiedenen Kristallgrößen (d. h. Generationen) zu beobachten – eine größere grün-pleochroitische Phase bis 5 mm Größe und eine kleinere braun-pleochroitische Phase bis 0,5 mm Größe (Abb. 8). Als weitere Komponenten kommen Plagioklase mit einer Größe von bis zu 3 mm vor, die durchgehend saussuritisiert (hydrothermal verwittert zu einem Gemisch aus kleinsten Sekundärmineralen) und manchmal zoniert sind. Erzminerale sind selten mit 0,2 mm Größe vorhanden. Es handelt sich vermutlich um einen Spessartit wie er im östlichen Teil des Lausitzer Berglandes in Gängen auftritt (z. B. Kramer & Andrehs 2011, Tab. 2) und als „Grünstein“ abgebaut wurde (Abb. 9). Spessartite gehören zu den sogenann-

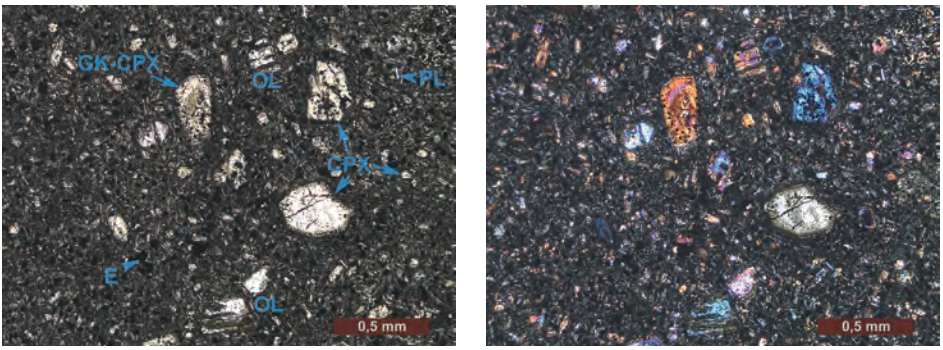

Abb. 5: Dünnschliffbild der Probe 18/08/01-2. Sichtbar ist das porphyrische Gefüge des Gesteins. Die Abkürzungen bedeuten: CPX-Klinopyroxen, E-Erzminerale (opake Minerale), GK-CPX-Grünkern-Pyroxen, OL-Olivin, PL-Plagioklas. links: Hellfeld, rechts: Dunkelfeld (gekreuzte Polarisatoren)

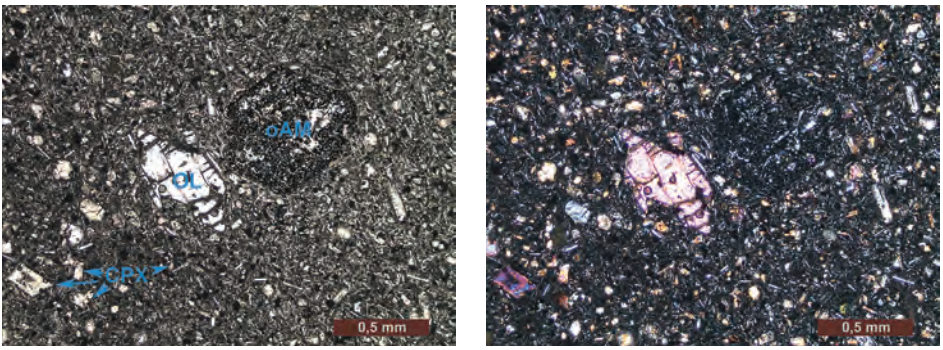

Abb. 6: Dünnschliffbild der Probe 18/08/01-3. Die Amphibole sind vollständig opakisiert, d.h. umgewandelt in Erzminerale, Klinopyroxen und Nephelin. Die Abkürzungen bedeuten: CPX-Klinopyroxen, oAM-opakisierter Amphibol mit dunklem Saum, OL-Olivin. links: Hellfeld, rechts: Dunkelfeld

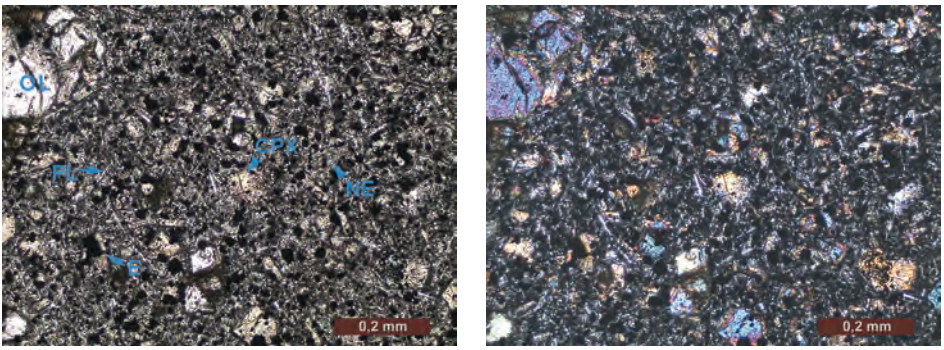

Abb. 7: Dünnschliffbild der Probe 18/08/01-4. Die Matrix der Laven wird aus Klinopyroxen, Plagioklas, Erzmineralen und Nephelin aufgebaut. Die Abkürzungen bedeuten: CPX-Klinopyroxen, E-Erzminerale (opake Minerale), NE-Nephelin, OL-Olivin, PL-Plagioklas. links: Hellfeld, rechts: Dunkelfeld

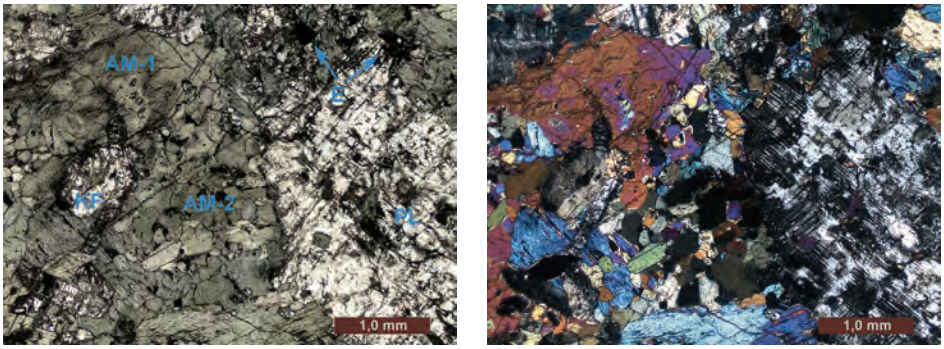

Abb. 8: Dünnschliffbild der Probe 18/08/01-5. Erkennbar sind das holokristalline Gefüge und die beiden Generationen der Amphibole. Die Abkürzungen bedeuten: AM-Amphibol mit 1 für die erste und 2 für die zweite Generation, E-Erzminerale (opake Minerale), KF-Kalifeldspat, PL-Plagioklas. Der Dünnschliff ist etwas zu dick – daher leicht veränderte Interferenzfarben. links: Hellfeld, rechts: Dunkelfeld

ten Lamprophyren, die unter den magmatischen Gesteinen eine Sonderrolle einnehmen, da sie nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung keine Vulkan- oder Tiefengesteinsäquivalente haben (Wimmennauer 1985).

4.2 Geochemie

Die beiden analysierten Gesteine sind in ihrer Hauptelement-Zusammensetzung recht ähnlich und weisen SiO_2-Gehalte um 42 % auf. Lediglich die MgO-Gehalte (11,92 % sowie 7,71 % bei Probe 1 sowie 4) und der Glühverlust (LOI) unterscheiden sich deutlich (Tab. 1). Die LOI-Gehalte widerspiegeln hier den Grad der Verwitterung, die bei den dicken Säulen der Brücke aufgrund der deutlicheren Verwitterungsanzeichen höher ist. Auch bei den Spurenelementen lassen sich neben der ähnlichen Zusammensetzung der beiden Proben einzelne Unterschiede feststellen. So weisen die Basaltoide der dicken Säulen der Brücke (Probe 1) signifikant höhere Ni-Gehalte auf, was auf die höheren Gehalte an Olivin zurückzuführen ist. Die dünnen Säulen der Probe 4 hingegen enthalten fast doppelt so viel Sr wie die der Probe 1. Alle Gehalte der beiden Proben sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Zusätzlich wurden Geochemiedaten ausgewählter Laven aus unterschiedlichen Quellen (Büchner et al. 2015; Büchner unpubl. Daten) eingefügt, die eine mögliche Provenienz der Kromlauer Säulen anhand der Gesteinschemie verdeutlichen sollen.

5 Fazit und mögliche Provenienz

Die Provenienz der an der Rakotzbrücke und der benachbarten Basaltsäuleninsel verbauten Gesteine lässt sich nach den bisherigen petrographischen Untersuchungen von Büchner et al. (2015) nicht eindeutig bestimmten Fundstellen zuordnen (Abb. 9). Die nach dem makroskopischen Befund angenommenen Lokalitäten wie z. B. Panská skála (Herrenhausfelsen, Nr. 6 in Abb. 9) bei Kamenický Šenov in Nordböhmen (CZ) können anhand der Dünnschliff-Untersuchungen im Vergleich mit Referenzproben (Probe 18/9/26-1) ausgeschlossen werden. Auch gelingt auf Grund der signifikant abweichenden Petrographie keine Zuordnung zu den anderen denkbaren Fundstellen auflässiger Basaltsteinbrüche, wie Ostritzer Stadtwald (Nr. 2 in Abb. 9), Knorrberg bei Dittersbach (Nr. 1 in Abb. 9) (beides Büchner et al. 2015), und Zlatý vrch (Goldberg in Tschechien, Kühnemann et al. 2022) (Nr. 5 in Abb. 9). Nach Untersuchung von 90 weiteren Dünnschliffen, ergänzend zu Büchner et al. (2015), aus dem Archivbestand des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zeigen sich aber deutliche petrographische Ähnlichkeiten der dicken Säulen in der Rakotzbrücke (Probe 1) mit Proben aus dem heute auflässigen Steinbruch am Hutberg bei Ostritz. Der Bruch dient heute als Angelgewässer und Badeteich und erschließt über dem Wasserspiegel noch Basaltgestein (Nr. 4 in Abb. 9). Neben den si-

Tab. 1: Geochemische Daten der Proben von der Rakotzbrücke und der Basaltsäuleninsel, sowie von ausgewählten Lavagesteinen aus dem Lausitzer Vulkanfeld, LOI bedeutet Glühverlust (im Wesentlichen H_2O, CO_2), Daten aus: [a] - unpublizierte Daten, [b] - BÜCHNER et al. (2015).

		18/8/1-1	18/8/1-4	18/9/26-1[a]	06/11/21-3[b]	06/11/16-8[b]	06/11/21-1[b]
		Kromlau Brücke dicke Säulen	Kromlau Säulengruppe dünne Säulen	Panská skála Kamenický Šenov/CZ	Alter Hutberg Ostritz	Stbr. Hutberg Ostritz N	Stbr. Hutberg Ostritz SW
SiO_2	%	41,79	42,67	42,68	42,70	43,00	43
Al_2O_3	%	12,03	14,9	13,43	14,20	13,20	12,8
Fe_2O_3*	%	12,27	12,58	12,49	13,20	13,30	13,1
MgO	%	11,92	7,71	9,45	8,00	9,90	12,2
CaO	%	11,77	11,28	11,88	13,20	11,40	10,8
Na_2O	%	2,83	3,64	3,45	3,66	4,16	3,38
K_2O	%	0,67	1,74	1,5	0,89	0,94	0,76
TiO_2	%	2,65	2,87	3,18	3,29	3,30	3,11
P_2O_5	%	0,74	0,78	0,76	0,55	0,57	0,54
MnO	%	0,19	0,22	0,18	0,26	0,26	0,24
Cr_2O_3	%	0,092	0,029	0,05	0,019	0,025	0,030
LOI	%	2,7	1,1	0,6	3,19	1,64	1,73
Summe	%	99,73	99,64	99,71	99,89	100,01	99,92
Ba	ppm	615	737	653	657	646	611
Ni	ppm	330	75	127	68	109	163
Co	ppm	58,2	43,3	50,7	44	48	48
Zr	ppm	223,9	303	246,8	171	204	190
Sr	ppm	781,7	1266,6	867,3	805	797	763

* Fe_2O_3 als Gesamteisen

gnifikant geringmächtigeren Basaltsäulen, die überwiegend hier noch angetroffen werden, gibt es nahe der Einfahrt im Norden des auflässigen Bruches eine verwachsene, ca. 40 m breite und bis 4,5 m hohe Klippenwand mit 0,5 bis 0,7 m mächtigen Säulen. Die Säulen zeigen aller 0,2 bis 0,4 m eine deutlich ausgeprägte Querklüftung (Foliation entstanden durch das Fließgefüge) (Abb. 10), was typisch ist für Lavaströme. Phänomologisch stimmt diese Klippenpartie somit sehr gut mit den dicken Säulen aus dem Bogen der Rakotzbrücke überein. Der gesamte Aufschluss Hutberg Ostritz wird als zusammenhängender Lavastrom interpretiert (BÜCHNER & TIETZ 2012). Nach der Petrographie der basanitischen Lava[1] kann der Hutberg Ostritz als möglicher Herkunftsort für die dicken Säulen der Rakotzbrücke (Brückenbogen) angenommen werden.

Die Basanite des Jüngeren Preußenkuppenvulkans aus dem Baruther Vulkankomplex (Nr. 8 in Abb. 9) sind zwar in ihrer phänomologischen Ausbildung (Säulendurchmesser, Querklüftung) denen des Brückenbogens (Probe 1) ähnlich, weisen aber eine andere Petrographie auf (TIETZ et al. 2011). Selbiges trifft für die Basanite des Buchberges bei Wittgendorf zu (Nr. 7 in Abb. 9). Außerdem übersteigen hier die Durchmesser der Säulen an der Rakotzbrücke (Probe 1) die heute noch im auflässigen Steinbruch anstehenden Basanitsäulen. Allerdings sind die Säulendurchmesser der abgebauten Ge-

[1] Im Zuge der vorliegenden Arbeit zeigte sich, dass die Angaben bei BÜCHNER et al. (2015) einen Fehler aufweisen. Die Gesteine des Hutberges von Ostritz sind Basanite und keine Nephelinite, wie bei BÜCHNER et al. (2015, Tab. 3) angegeben!

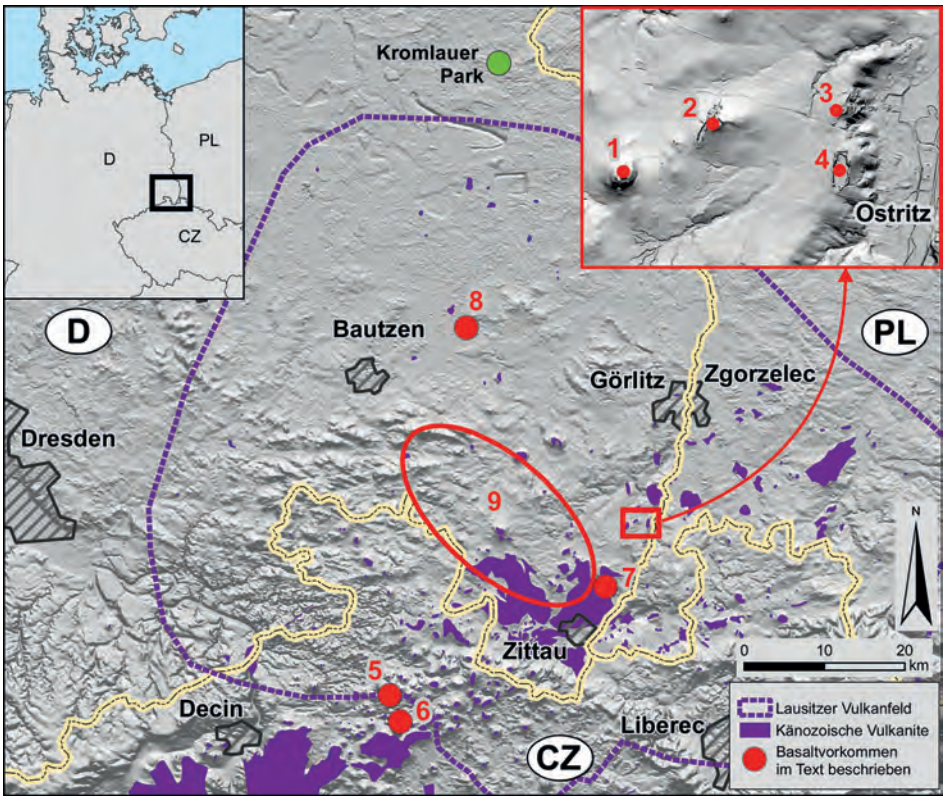

Abb. 9: Übersicht über die Verbreitung der känozoischen Vulkanite im Dreiländereck Deutschland-Polen-Tschechien im Bezug zum Kromlauer Park. Die potentiellen Lieferlokalitäten der Basaltsäulen sind mit roten Punkten dargestellt. 1–Knorrberg bei Dittersbach, 2–Stadtwaldbruch bei Ostritz, 3–Alter Hutberg, 4–Hutberg bei Ostritz, 5–Zlatý vrch (Goldberg in CZ), 6–Panská skála (Herrenhausfelsen in CZ), 7–Buchberg bei Wittgendorf, 8–Schafberg bei Baruth, 9–Verbreitung der Spessartitgänge nach Kramer & Andrehs (2011). Karte mit Reliefdarstellung (Schummerung). Datenquellen: Free LiDAR Data Sources.

steine nicht mehr bekannt, da diese im Zentrum des Steinbruchs infolge des Abbaus fehlen.

Nach petrographischen Befunden sind die schlanken Säulen der Rakotzbrücke und an der Säulengruppe der Insel (Probe 2, 3, 4) dagegen den Gesteinen aus dem ehemaligen Steinbruch am Alten Hutberg bei Ostritz ähnlich (Nr. 3 in Abb. 9). Dieser ist heute verfüllt und nicht mehr zugänglich. Er befand sich ca. 900 m nördlich des Hutberges (s.o.) und nördlich der Straße Ostritz-Bernstadt. Die Gesteine von der Rakotzbrücke sind zwar als Basanite anzusprechen, weisen aber kaum Olivin-Phänokristalle auf und haben einen Olivingehalt von etwas über 10 vol.%. Die Laven des Alten Hutberges Ostritz stellen Tephrite dar, da der Olivingehalt geringfügig unter 10 vol.% liegt. Solche Schwankungen können in natürlichen Lavaströmen oder -seen vorkommen und sollten nicht durch die Gesteinsnomenklatur[2] mit künstlich festgelegten Grenzen überbewertet werden.

Eine Herkunft der schlanken Säulen von der Rakotzbrücke postulierten auch schon Lapp et al. (2007) vom Alten Hutberg Ostritz. Dabei beziehen sie sich auf eine unpublizierte Steinbruchdokumentationen von Lemke 1940, nach der hier in den oberen 5 m schlanke Säulen mit Durchmessern von 10–15 cm und 15–20 cm anstanden. Der Steinbruch Alter Hutberg wurde

[2] In der modernen Gesteinsnomenklatur werden Basanite von Tephriten durch den Gehalt an Olivin bei gleicher sonstiger Zusammensetzung unterschieden. Olivingehalt >10 vol.% = Basanit; Olivingehalt <10vol.% = Tephrit.

Abb. 10: Dicke Basaltsäulen mit markanter Querklüftung am N-Ende des auflässigen Steinbruches am Hutberg Ostritz. Blick nach Westen. Hammer = 30 cm hoch, Foto: O. Tietz 16.11.2006

1840 bis 1895 durch die Stadt Ostritz betrieben (Giesler & Tietz 2015). In diese Zeit fällt auch die Bauzeit der Rakotzbrücke (s.o.), was damit diese Herkunft weiter untermauert.

Generell stimmen alle untersuchten Gesteine aus dem Kromlauer Park, mit Ausnahme der Probe 5, petrographisch gut mit den Laven des Lausitzer Vulkanfeldes (Büchner et al. 2015) überein, so dass eine Herkunft aus dieser Gegend sehr wahrscheinlich ist. Die Basalte stammen daher mit ziemlicher Sicherheit aus dem Lausitzer Gebirge (Nordböhmen) oder der deutschen und polnischen Oberlausitz. Bei der enormen Menge an verbauten Basaltgesteinen im Kromlauer Park zwischen 1869 und 1882 und der daran geknüpften Transportlogistik (s.o.) kann die Herkunft weiter auf das Neißetal oder die Strecken der damals neu gebauten Eisenbahntrassen eingeengt bzw. präzisiert werden (so Dresden–Görlitz: 1847, Lauban–Görlitz: 1863, Görlitz–Cottbus: 1867, Weißwasser–Muskau: 1872 und Zittau–Görlitz: 1875). Aus diesem Aspekt eignen sich am ehesten die beiden Ostritzer Vorkommen sowohl für den Wasser- als auch Schienenweg, dagegen kommen die anderen Lokalitäten weniger in Frage (Baruth: Eisenbahnanschluss erst 1903, Wittgendorf: 5 km bis Neiße/Bahnhof, statt 1,5 km in Ostritz).

Für eine weitere Klärung wurden an zwei basaltoiden Proben (Nr. 1 und 4) je eine Analyse der Gesteins-Chemie (Haupt-, Neben- und Spurenelemente) durchgeführt. Dabei ergaben sich Ähnlichkeiten der dicken Säulen an der Rakotzbrücke mit den Laven des Hutberges bei Ostritz und bei den schlanken Säulen Ähnlichkeiten mit den Gesteinen vom Stadtwaldbruch und vom Alten Hutberg, beide ebenfalls bei Ostritz. Hier gibt es gewisse Unsicherheiten, aber die geochemischen Signaturen sind annäherungsweise gleich. Etwas weiter helfen hier einige Spurenelementgehalte. So sind in Abb. 11 die Ni- gegen die Co-Gehalte einiger Vulkanite des Lausitzer Vulkanfeldes in Bezug zu den beiden analysierten Proben aus Kromlau dargestellt. Dabei ist die gute Korrelation der dünnen Säulen der Säulengruppe (Probe 4) mit den Gesteinen des Alten Hutberges bei Ostritz erkennbar. Die geochemischen Signaturen der dicken Säulen hingegen lassen entspre-

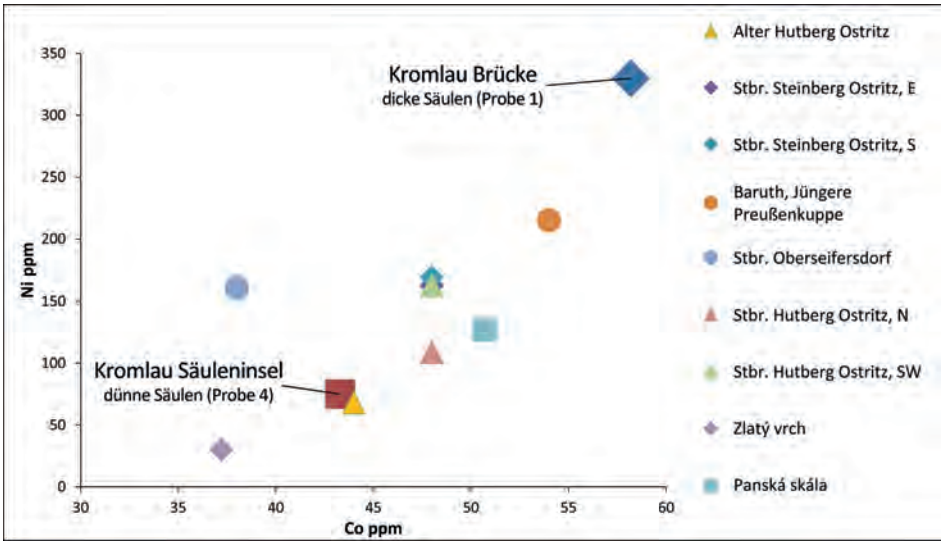

Abb. 11: Co-Ni-Diagramm der untersuchten Proben von der Rakotzbrücke (Probe 18/08/01-1) und der Säulengruppe (Probe 18/08/01-4) im Vergleich zu ausgewählten Laven des Lausitzer Vulkanfeldes – Daten aus: Büchner et al. (2015), Kühnemann et al. (2022) und unpublizierte Daten.

chend dieses Diagramms keine Zuordnung zu. Betrachtet man allerdings die gesamten Elementgehalte (Tab. 1), so lässt sich eine Herkunft dieser an der Brücke verwendeten, dicken Säulen (Probe 1) aus dem Steinbruch am Hutberg bei Ostritz am ehesten vermuten. Bei den dicken Säulen ist anhand der geochemischen Zusammensetzung eine etwas geringere Fraktionierung der Laven im Gegensatz zu den dünnen Säulen zu erkennen. Diese äußert sich bspw. in den MgO-Gehalten, die bei den dicken Säulen höher sind als bei den dünnen. Analog dazu weisen auch die Laven des Hutberges hohe und die des Alten Hutberges niedrigere MgO-Gehalte auf. Die geochemischen Analysen untermauern damit die nach der Petrographie im Dünnschliff gewonnenen Annahmen für die Herkunft der beiden untersuchten Basalttypen des Kromlauer Parks aus dem Raum Ostritz, insbesondere vom Hutberg (dicke Säulen, Probe 18/08/01-1) und dem Alten Hutberg (schlanke Säulen, Proben 18/08/01-2, -3 und -4).

Die Gesteine der Probe 5 stammen vermutlich aus der südöstlichen Oberlausitz (Abb. 9, Nr. 9). Nur dort treten nach Kramer und Andrehs (2011) in der Oberlausitz die sogenannten Spessartite als variskische Ganggesteine auf (Abdefadil et al. 2013), die 1–50 m mächtig sind und in der Vergangenheit auch als Werksteine gewonnen wurden (s. auch Lange 2022, 2023). Diese Gänge befinden sich 50–60 km südlich Kromlau. Ungewöhnlich ist nur die säulige Absonderung, die von den Mafitgängen der Lausitz generell nicht so bekannt ist. Diese ist eher massig oder teilweise auch plattig bis irregulär kubisch. Weitere Spessartite, die zu den sogenannten Lamprophyren gehören, finden sich in Deutschland im Fichtelgebirge und im Spessart, 250 km und 400 km südwestlich von Kromlau.

Erschwerend für die Provenienzanalyse wirkt sich die Stilllegung der meisten Basaltbrüche in der Region aus, die für die Bauzeit der Brücken- und Inselanlage als potentielle Lieferorte gelten können, aber heute nicht mehr zugänglich sind.

In der 2018 bis 2021 ausgeführten denkmalgerechten Instandsetzung der Parkarchitekturen in Kromlau wurden die originalen Steine weiterverwendet, und es konnte aufgrund des behutsamen Vorgehens vollständig auf den Einsatz neuer Steine verzichtet werden. Die Baumaßnahmen umfassten die Stabilisierung der Gründungen, die Stabilisierung der einzelnen bis dahin in ihrer Standfestigkeit kritisch gewordenen Architekturen sowie die Rekonstruktion der Grotte. Dabei kamen zur Verfugung der bestehenden und der neu versetzten

Teile moderne, kunststoffvergütete Zementmörtel zum Einsatz. Die Gesteine in der außergewöhnlichen Parkarchitektur sind nun in einem sehr lohnenswerten Parkbesuch wieder erlebbar.

Dank

Wir danken Manuel Lapp, LfULG Freiberg, für die Übernahme der geochemischen Analysen, die zur Verfügung-Stellung der Dünnschliffe und für mündliche Hinweise. Weiterer Dank gilt Peter Suhr, SNSD Dresden, für die Begutachtung des Manuskripts.

Literatur

Abdelfadil K. M., R.L. Romer, T. Seifert & R. Lobst (2013): Calc-alkaline lamprophyres from Lusatia (Germany) – Evidence for a repeatedly enriched mantle source. – Chemical Geology **353**: 230–245

Bauer, T. & J. Lauerbach (2021): Die Kromlauer Parkarchitekturen am Rakotzsee. Teufelsbrücke, Grotten und Wildwasserszenerien. – Die Gartenkunst **33**, 2: 297–324

Büchner, J. & O. Tietz (2012): Reconstruction of the Landeskrone Scoria Cone in the Lusatian Volcanic Field, Eastern Germany – Long-term degradation of volcanic edifices and implications for landscape evolution. – Geomorphology **151–152**: 175–187

Büchner, J. & O. Tietz (2018): Petrographische Untersuchung der Basalte an der Rakotzbrücke und der Basaltsäuleninsel im Kromlauer Park. – unveröff. Bericht, Görlitz, 15.11.2018: 7 S., 8 Abb.

Büchner, J. & O. Tietz (2019): Petrographische und geochemische Untersuchung der Basalte an der Rakotzbrücke und der Basaltsäuleninsel im Kromlauer Park. – unveröff. Bericht, Görlitz, 12.9.2019: 7 S., 8 Abb.

Büchner, J., O. Tietz, L. Viereck, P. Suhr & M. Abratis (2015): Volcanology, geochemistry and age of the Lausitz Volcanic Field. – International Journal of Earth Sciences **104**: 2057–2083

Franz, K. & M. Kupetz (2009): Der Rhododendronpark Kromlau. – In: Kupetz, A. & M. Kupetz (Hrsg.): Der Muskauer Faltenbogen. – Wanderungen in die Erdgeschichte **24**, Pfeil-Verlag; München: 150–156

Giesler, T. & O. Tietz (2015): Mineralfunde vom Hutberg bei Ostritz. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz **23**: 151–159

Kramer, W. & G. Andrehs (2011): Basische Gangintrusionen im Oberlausitzer Bergland, Ostsachsen. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz **19**: 21–46

Kühnemann, V., J. Büchner & O. Tietz (2022): Monogenetic scoria cone volcano complexes within continental volcanic fields – Example of Zlatý and Stříbrný vrch Hill in the Lusatian Volcanic Field, CZ. – Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften **173**: 357–373

Lange, W. (2022): Spessartit vom Steinbruch Oberottenhain (Gemeinde Kottmar). – In: Tietz, O. (Hrsg.): Neues aus der Natur der Oberlausitz für 2021. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft **30**: 273–275

Lange, W. (2022): Basische Ganggesteine bei Strahwalde in der Südlichen Oberlausitz. – In: Tietz, O. (Hrsg.): Neues aus der Natur der Oberlausitz für 2022. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft **31**: 208–209

Lapp, M., J. Ulrych & M. Kupetz (2007): Über die Herkunft der Basaltsäulen im Kromlauer Park. – Tagungsband zum 6. Geopark-Treffen in Bad Muskau am 28.–29.09.2007: 31–35

Le Maitre, R. W. (Hrsg. 2002): Igneous rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Science Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. – Cambridge University Press; Cambridge, 2. Aufl.: 236 S.

Tietz, O., J. Büchner, P. Suhr, M. Abratis & K. Goth (2011): Die Geologie des Baruther Schafberges und der Dubrauker Horken – Aufbau und Entwicklung eines känozoischen Vulkankomplexes in Ostsachsen. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz, Supplement zu Bd. **18**: 15–48

Tietz, O., J. Büchner, M. Lapp & T. Scholle (2018): The Stolpen volcano in the Lausitz Volcanic Field (East Germany) – volcanological, petrographic and geochemical investigations at the type locality of basalt. – Journal of Geoscience **63**: 299–315

Wimmenauer, W. (1985): Petrographie der magmatischen und metamorphen Gesteine. – Enke; Stuttgart: 382 S.

Webseiten

URL-1: MDR Sachsen: Rakotzbrücke im Rhododendron-Park Kromlau ist eröffnet. – https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen/bautzen/goerlitz-weisswasser-zittau/sanierung-rakotzbruecke-kromlau-100.html

URL-2: Von Hagen, J. (10.8.2021): Rakotzbrücke frisch restauriert. – https://www.garten-landschaft.de/rakotzbruecke-kromlau-sanierung/

URL-3: Schmidt, M. (2021): Teufelsbrücke Kromlau. – https://www.rakotzbruecke.de/teufelsbruecke-kromlau/

URL-4: Geotop des Monats August 2022: Basaltsäulen im Kromlauer Park. – https://www.dggv.de/gotm/basaltsaeulen-im-kromlauer-park/

URL-5: Kunoth, K.-M. (29.5.2020): Grotte im Kromlauer Park wieder aufgebaut. – https://www.radiolausitz.de/beitrag/grotte-im-kromlauer-park-wieder-aufgebaut-642357/

Anschriften der Verfasser

Jörg Büchner
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1
02826 Görlitz
E-Mail: joerg.buechner@senckenberg.de

Dr. Olaf Tietz
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1
02826 Görlitz
E-Mail: olaf.tietz@senckenberg.de

Dr. Christoph Franzen
Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V.
Schloßplatz 1
01067 Dresden
E-Mail: franzen@idk-denkmal.de

Manuskripteingang	9.5.2023
Manuskriptannahme	6.6.2023
Erschienen	16.10.2023