



Zur Mineralogie von Vulkaniten und Lithophysen im Bereich des unterpermischen Leisniger Porphyrs (Nordwestsächsisches Becken)

Jens Götzte, Robert Möckel und Christoph Breitzkreuz, Freiberg, Ulrich Georgi, Belgern,
Andrea Klein, Freiberg

Kurzfassung

Mineralogische und geochemische Untersuchungen an Proben des Leisniger Porphyrs sowie von Gangporphyren, Pechsteinen und Lithophysen (Hochtemperatur-Kristallisationsdomänen) im entsprechenden Verbreitungsgebiet wurden durchgeführt, um eine mineralogisch-petrographische Charakteristik dieser vulkanischen Bildungen und deren Zuordnung zu möglichen vulkanischen Edukten zu erarbeiten. Phasenanalytische Untersuchungen (Röntgendiffraktometrie, Mikroskopie, Kathodolumineszenz - KL) erbrachten eine monotone Mineralzusammensetzung, die von Quarz, den beiden Kalifeldspat-Phasen Sanidin und Orthoklas sowie Biotit dominiert ist. Anhand der geochemischen Charakteristika (Röntgenfluoreszenzanalyse - RFA) lassen sich die untersuchten Vulkanite überwiegend als Rhyolithe einstufen. Das Vorkommen von hypidiomorphen Quarzphänokristen, z.T. mit Einbuchtungen, gut erhaltenen Kalifeldspäten, sowie das Fehlen von Glas-Shards und Fiamme (Bimsfetzen) deuten darauf hin, dass es sich bei den vulkanischen Ablagerungen im Untersuchungsgebiet um keine Pyroklastite (Ignimbrite) handelt. Neuere Untersuchungen (Rehda 2018) gehen davon aus, dass es sich bei den Gesteinen nicht um klassische Fließlaven handelt, sondern um einen Lakkolith, der sich unter den Rochlitz-Ignimbrit eingeschoben hat. Damit müsste auch die bisherige stratigraphische Einordnung des Leisniger Porphyrs in die Kohren-Formation korrigiert werden und eine Einordnung in die frühe Oschatz-Formation erfolgen.

Die deutlichen Übereinstimmungen aller Gesteinstypen hinsichtlich mineralogischer Zusammensetzung, chemischer Charakteristik, Ausbildung der Phänokristen sowie deren KL-Eigenschaften deuten auf die Herkunft aus einem gemeinsamen Magmenreservoir hin. Auftretende Unterschiede sind im Wesentlichen auf sekundäre Alterationen zurückzuführen. Allerdings zeigen Geländebefunde und vertikal ausgerichtete Gefüge in Pechsteinen und Gangporphyren, dass diese vulkanischen Bildungen den eigentlichen Leisniger Porphyr wahrscheinlich zu einem späteren Zeitpunkt in Form vertikaler Gangstrukturen durchschlagen haben.

Aufgrund der mineralogischen und geochemischen Ähnlichkeiten der Kristallisationsdomänen der Lithophysen und aller Gesteinstypen im Verbreitungsbereich des Leisniger Porphyrs kann bisher keine eindeutige Zuordnung der Lithophysen- und Achatbildungen zu einer speziellen Gesteinsgruppe erfolgen. Aus Geländebefunden ist eine Häufung in Kreuzungsbereichen von Gangporphyren und Pechsteinen mit dem eigentlichen Leisniger Porphyr zu beobachten, was allerdings im Anstehenden oder in Bohrproben nicht direkt nachgewiesen werden konnte. Die Bildung der Lithophysen im Bereich einer glasigen Fazies konnte ebenfalls bisher nicht bestätigt werden, da keine randlichen Anhaftungen von Pechsteinrelikten an den Lithophysen (wie im Fall des Kemmlitzer Porphyrs) beobachtet wurden. Auf Grund spezifischer textueller und mineralogischer Unterschiede kann allerdings eine Zuordnung der Lithophysen zum Seifersdorfer Porphyr im Liegenden bzw. zum Rochlitz-Ignimbrit im Hangenden ausgeschlossen werden.

Anschriften der Autoren

Prof. Dr. Jens Götzte, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie, Brennhausgasse 14, 09599 Freiberg

Dr. Robert Möckel, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology, Chemnitz Str. 40, 09599 Freiberg

Prof. Dr. Christoph Breitzkreuz, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, Bernhard-v.-Cotta-Straße 2, 09599 Freiberg

Dr. Ulrich Georgi, Dröschkau 5a, 04874 Belgern

Andrea Klein, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie, Brennhausgasse 14, 09599 Freiberg

Abstract

Mineralogical and geochemical investigations were carried out on samples of the Leisnig porphyry including certain vein-like porphyries, pitchstones and lithophysae (HTCD - high temperature crystallization domains) in the distribution area to get information about mineralogical and petrographical characteristics of the volcanic rocks and their origin. Analytical results of X-ray diffraction, microscopy and cathodoluminescence (CL) revealed a monotonous mineral composition dominated by quartz, orthoclase/sanidine and biotite. The volcanic rocks can be classified as rhyolite according to geochemical characteristics (X-ray fluorescence – XRF).

Hypidiomorphic quartz phenocrysts, partially with embayments, well preserved K-feldspar, and the absence of glass shards and fiamme disclose a pyroclastic formation (ignimbrite) of the rocks of the Leisnig porphyry in contrast to the Rochlitz ignimbrite in the same area. Recent results of Rehda (2018) indicate that the volcanic rocks of the Leisnig porphyry were not formed by flowing lava, but represent a laccolith that emplaced below the volcanic rocks of the Rochlitz ignimbrite. This consideration would result in a stratigraphic position of the Leisnig porphyry in the early Oschatz Formation instead of the previously assumed position in the Kohren Formation.

The common mineralogical and chemical composition of all rock types, as well as similar characteristics of phenocrysts including their CL properties, indicate an origin from the same magma chamber or at least a melt with similar composition. Detected differences can mainly be related to secondary alteration processes. Field observations and vertically oriented textures in pitchstones and vein porphyries show that these volcanic rocks subsequently penetrated the Leisnig porphyry as vertical vein structures.

Up to now, no unambiguous assignment of the lithophysae and associated agates can be done to one of the rock types in the distribution area of the Leisnig porphyry because of their similarities in mineralogy and geochemistry with the crystallization domains of the lithophysae. Based on field observations, a preferred occurrence of lithophysae in cross areas of vein porphyries and pitchstones with the Leisnig porphyry is assumed. However, this assumption could not be proven directly in outcrops or drilling samples. Although the formation of lithophysae in a glassy facies is most likely (as it was proven for the Kemmlitz porphyry), this assumption could not be confirmed due to the lack of adherent pitchstone relics on the lithophysae. However, mineralogical and textural differences to the underlying Seifersdorf porphyry and the overlying Rochlitz ignimbrite disclose an assignment of the lithophysae in the area of the Leisnig porphyry to these volcanic rocks.

1 Einleitung

Der NW-Sächsische Vulkanitkomplex (auch Nordwestsächsisches Becken) im Gebiet zwischen Leipzig, Eilenburg, Leisnig, Rochlitz, Altenburg und Bad Lausick stellt eines der größten Verbreitungsgebiete saurer bis intermediärer vulkanischer Abfolgen im Rotliegenden Europas dar (Abb. 1). Die geologische und petrographische Untersuchung und Einordnung dieser Vulkanite wurde in den letzten Jahrzehnten intensiv betrieben (z. B. Pietzsch 1962; Röllig et al. 1970; Röllig 1976; Eigenfeld 1978; Gläßer 1983; Wetzels et al. 1995; Walter et al. 1996; Walter 2012; Breitkreuz 2016; Götze et al. 2017; Repstock et al. 2018), so dass viele Fragen zur Genese und stratigraphischen Zuordnung geklärt werden konnten. Danach werden die Gesteine des Rotliegenden im Nordwestsächsischen Becken unter Einbeziehung der sedimentären Einschaltungen in vier Formationen gegliedert: Kohren-, Rochlitz-, Oschatz- und Wurzen-Formation (Walter 2012).

Hinsichtlich der vulkanischen Aktivitäten wird der NW-Sächsische Vulkanitkomplex dominiert durch die Rochlitz-Formation (ca. 295 Ma) sowie das gewaltige Caldera-System der Wurzen-Formation (ca. 289 Ma), welches aufgrund des Volumens zu den Supervulkanen gezählt werden kann (Hofmann et al. 2013; Repstock et al. 2018). Neben den Ignimbriten der Rochlitz- und Wurzen-Formation treten vor allem im Süd- und Ostteil des Nordwestsächsischen Beckens verschiedene Lavavorkommen auf, die entsprechend ihrer zeitlichen bzw. regionalen Einordnung als sog. präignimbritische (Modelwitzer, Remsaer, Seifersdorfer Porphyry = Kohren-Formation) bzw. postignimbritische Laven (Gattersberger, Kemmlitzer Porphyry = Oschatz-Formation) bezeichnet werden (Walter 2012).

Eine auffällige Erscheinung in den Vulkaniten des Kemmlitzer und Leisniger Porphyrs stellt das lokale Auftreten von kugeligen, z.T. hohlraumhaltigen Bildungen dar, die in älteren geologischen Karten als sphärolithischer Rochlitzer Quarzporphyry ausgehalten werden (Siegert 1916). Diese heute als Lithophysen bezeichneten Aggre-

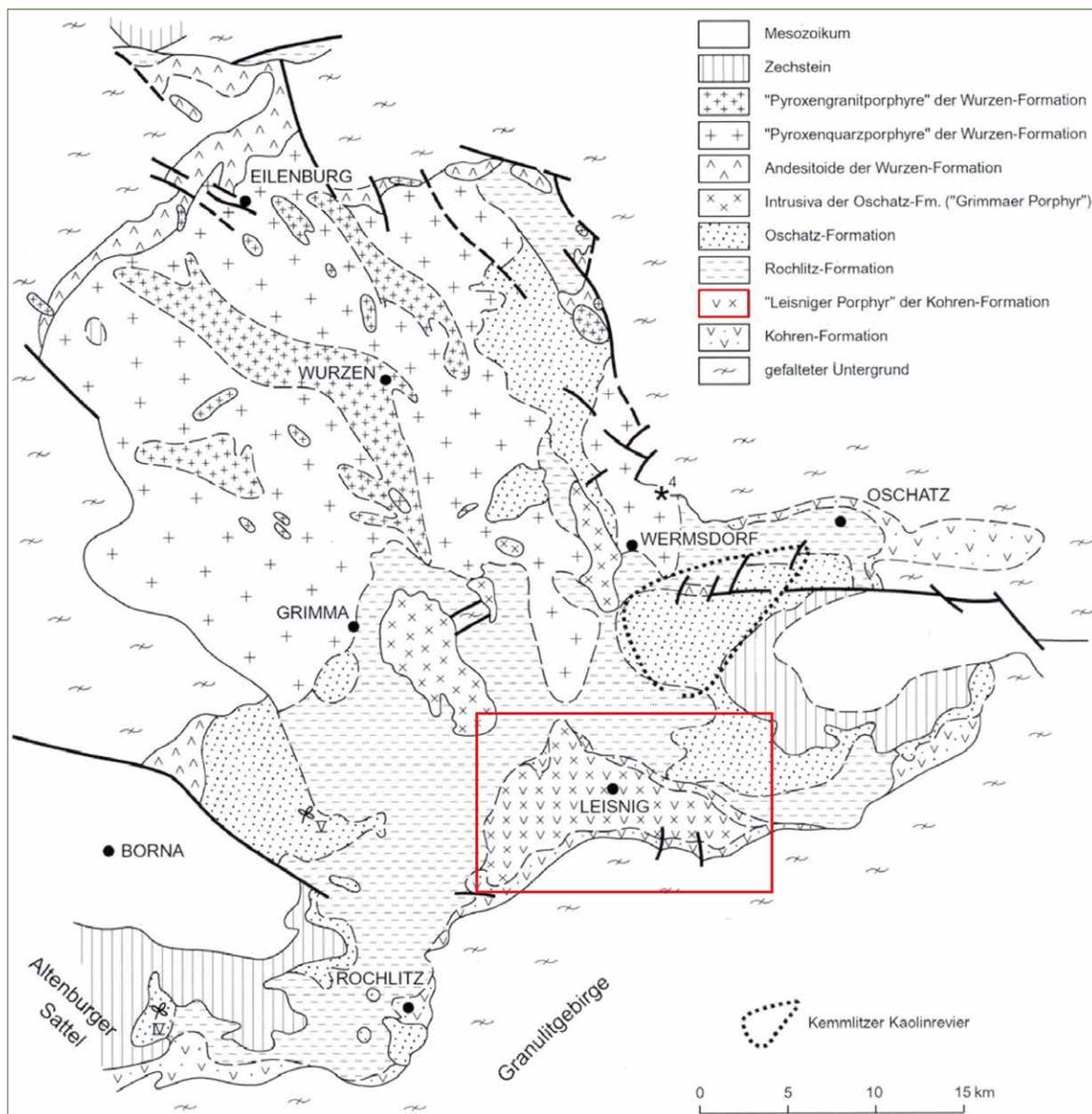


Abb. 1 | Geologische Übersichtskarte der Nordwestsächsischen Senke (ohne quartäre und tertiäre Bedeckung), rot markiert mit dem Untersuchungsgebiet des Leisniger Porphyrs (modifiziert nach Walter 2012).

gate stellen Hochtemperatur-Kristallisationsdomänen (HTCD) in SiO_2 -reichen Vulkaniten dar, die sich vor allem in randlichen und fluidareichen Partien oberhalb der Glasbildungstemperatur T_g in der Schmelze bilden (Breitkreuz 2013). Mineralogische und geochemische Untersuchungen der Vulkanite im Verbreitungsgebiet des großflächig kaolinisierten Kemmlitzer Porphyrs zeigten, dass Lithophysen und vulkanische Muttergesteine dort einem vulkanischen Ereignis (Kemmlitzer Rhyolith) zuzuordnen sind und einer gemeinsamen Schmelze entstammen (Götze et al. 2017). Allerdings zeigt der glasarme Kemmlitzer Porphyr als Äquivalent der Kernfazies trotz mineralogischer und geochemischer Ähnlichkeiten zu den Lithophysen keine sphärolithischen Bildungen. Deren Entstehung lässt sich auf Grund randlicher Anhaftungen von Pechsteinrelikten vielmehr Bereichen einer glasigen Fazies zuordnen. Die Diskussion der Lithophysenbildung im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs erscheint noch etwas komplexer, da hier neben dem eigentlichen Leisniger Porphyr lokale Vorkommen von sogenannten Gangporphyren und Pechsteinen zu verzeichnen sind, die den Vulkanit durchschlagen (Hohl & Wilsdorf 1966). Geländebefunde

weisen auf eine enge Bindung der Lithophysenbildung an diese gangförmigen Bereiche hin. Eine weitere Problematik stellt die genetische und zeitliche Einordnung des Leisniger Porphyrs dar. Neue Untersuchungen ergaben Hinweise, dass es sich beim Leisniger Porphyр nicht um einen Lavaerguss im Liegenden des Rochlitz-Ignimbrits handelt, sondern dass sich porphyrische Schmelzen als Lakkolith-Komplex in die Schichten der Kohren-Formation, unterhalb des Rochlitz-Ignimbrits, eingeschoben haben (Rehda 2018). Dies würde auch eine Veränderung der stratigraphischen Zuordnung des Leisniger Porphyrs aus der Kohren-Formation in die späte Rochlitz- oder sogar Oschatz-Formation bedeuten.

Zur Klärung dieser Fragen wurden in der vorliegenden Arbeit die Kristallisationsdomänen von Lithophysen verschiedener Vorkommen im Bereich des Leisniger Porphyrs mineralogisch und geochemisch untersucht und mit dem Typusgestein des Leisniger Porphyrs verglichen. Zusätzlich wurden Proben der Gangporphyre und Pechsteine sowie ausgewählte Proben des Rochlitz-Ignimbrits und des Seifersdorfer Porphyrs analysiert, um Vergleiche zwischen den verschiedenen vulkanischen Bildungen und eine Zuordnung der Lithophysen zu einem Gesteinstyp zu ermöglichen. Neben einer geochemischen Klassifizierung der verschiedenen Gesteine lag ein Schwerpunkt auf der petrographischen und Kathodolumineszenz-Untersuchung der Einsprenglingskristalle (Phänokristen), da diese die stabilsten Komponenten der Vulkanite darstellen und als Frühkristallite in der Magmenkammer einen spezifischen Fingerabdruck der Schmelze darstellen.

2 Geologie und Probenmaterial

2.1 Geologie des Untersuchungsgebietes

Die Vulkanite und sedimentären Abfolgen des Rotliegenden im Nordwestsächsischen Becken können basierend auf bisherigen Untersuchungen in vier Formationen gegliedert werden (Abb. 1).

An der Basis des Gesteinskomplexes lagert die 150–200 m mächtige **Kohren-Formation**, die durch eine zyklische Fanglomerat-Sandstein-Schluffsteinfolge im Südosten des Beckens gebildet wird und mit sauren, intermediären und basischen Vulkaniten und Pyroklastiten verzahnt ist. Der aus Rhyodaciten bis Daciten aufgebaute *Leisniger Porphyр* wurde bisher als Lavakomplex und dominierende vulkanische Einheit der Kohren-Formation angesehen (Abb. 2), die mit einem Alter von $298,3 \pm 9,1$ Ma datiert wurde (Hoffmann et al. 2013). Hohl & Wilsdorf (1966) gliederten den Leisniger Porphyр nach mineralogisch-petrographischen Aspekten in vier Typen, mit Typ 1 als xenolithreicher und Typ 2 als biotitreicher Quarzporphyр. Der flächenmäßig am weitesten verbreitete Typ 3 wird als Normaltyp (oder porphyritischer Typ) bezeichnet, während Typ 4 durch viele Quarzeinsprenglinge gekennzeichnet ist. Geländebefunde und Xenolithgehalt führten zur Annahme mehrphasiger Lavaergüsse aus einem Förderzentrum im Osten im Bereich Klosterbuch-Scheergrund (Röllig (1976). Neuere Untersuchungen ergaben jedoch, dass es sich beim Leisniger Porphyр wahrscheinlich um einen Lakkolith handelt, der sich durch die Einschlebung von porphyrischen Schmelzen in die Porphyrtuff-Lagen der Kohren-Formation ausgebildet hat (Rehda 2018). Damit würde sich für den Leisniger Porphyр trotz seiner Position im Liegenden des Rochlitz-Ignimbrits ein jüngerer Alter ergeben, wahrscheinlich in der frühen Oschatz-Formation.

Die **Rochlitz-Formation** mit dem bis 400 m mächtigen Rochlitz-Ignimbrit zeigt die größte regionale Verbreitung im Becken und ist daher ein wichtiger Leithorizont. Der Rochlitz-Ignimbrit wurde mit $294,4 \pm 1,8$ Ma datiert und kann auf Grund seines mehrphasigen Aufbaus in vier Untereinheiten gegliedert werden (Hoffmann et al. 2013). Hierbei handelt es sich vom Liegenden zum Hangenden um die Döbeln-Einheit, die Geithain-Einheit, die Großbothen-Einheit und die Lampersdorf-Einheit (Eigenfeld 1978; Walter 2012).

Am Rande des Beckens ist die 150–250 m mächtige **Oschatz-Formation** aus alluvialen Schuttfächern ausgebildet, die zum Beckenzentrum in fluviale und lakustrische Bildungen übergehen. Datierungen dieser vulkano-sedimentären Ablagerungen erbrachten ein absolutes Alter von $289,8 \pm 1,9$ Ma (Gold 2011). Typisch sind zahlreiche Einschaltungen und Verzahnungen mit rhyolitischen Laven, wie mit dem Kemmlitzer Porphyр, der im Ost- und Nordteil auf einer Fläche von ca. 80 km² im Raum Döbeln-Mügeln-Oschatz verbreitet ist (Eigenfeld 1978).

Die **Wurzen-Formation** im nordwestlichen Teilbecken ist nach Datierungen ($289,3 \pm 4,1$ Ma porphyrischer Dyke – Hoffmann et al. 2013 bzw. 287 ± 3 Ma Pyroxenporphyр – Wendt et al. 1995) die jüngste Einheit der Rotliegend-Abfolge. Im Raum Wermsdorf, Eilenburg, Leipzig sind auf ca. 600 km² vor allem Pyroxenporphyre mit ignimbritischem Charakter ausgebildet, die wahrscheinlich aus der Magmenmischung mehrerer Komponenten hervorgegangen sind (Repstock et al. 2018).

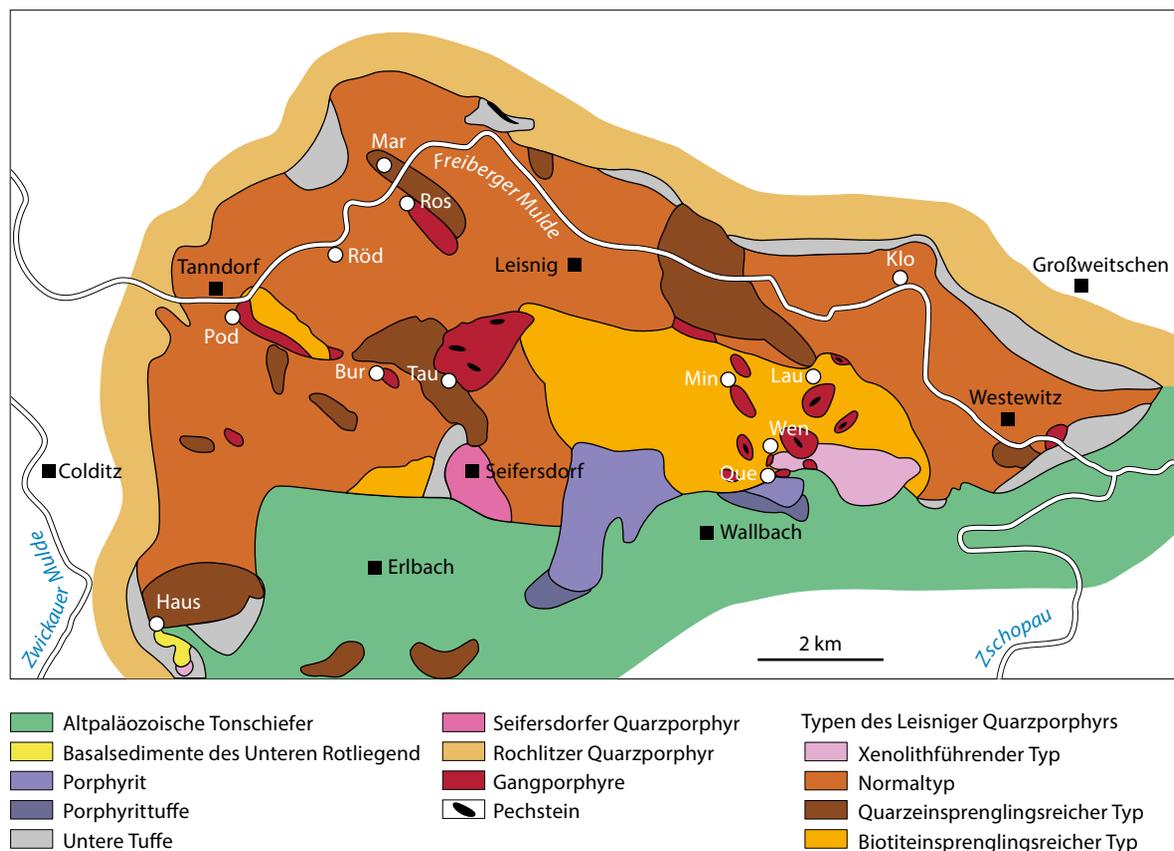


Abb. 2 Vereinfachte geologische Karte des Verbreitungsgebietes des Leisniger Porphyrs (modifiziert nach Hohl & Wilsdorf 1966) mit den Lokationen der untersuchten Lithophysenproben (Bur-Burgstall, Hau-Hausdorf, Klo-Klosterbuch, Lau-Lauschka, Mar-Marschwitz, Min-Minkwitz, Pod-Podelwitz, Que-Queckhain, Röd-Röda, Ros-Rosenberg, Tau-Tautenhain, Wen-Wendishain).

Porphyrhaltige Konglomerate und Sandsteine des Oberrotliegenden schließen die Rotliegendabfolgen des Nordwestsächsischen Beckens ab und werden lokal überlagert von Zechstein- und Buntsandstein-Sedimenten sowie tertiären (Oligozän bis Miozän) und quartären Deckschichten (Walter 2012).

2.2 Probenmaterial

Aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs (ca. 13 x 7 km²) wurden in der vorliegenden Arbeit insgesamt 30 Proben verschiedener Lokationen und Gesteinseinheiten genommen und untersucht (siehe Tabelle 1, Abb. 2). Neben 5 Proben des massiven, lithophysenfreien Leisniger Porphyrs wurden 12 Vorkommen von Lithophysen beprobt. Dieses Material umfasste die Lokalitäten Burgstall, Hausdorf, Klosterbuch, Lauschka, Marschwitz, Minkwitz, Podelwitz, Queckhain, Röda, Rosenberg, Tautendorf und Wendishain. Dazu kamen je 4 Proben von Gangporphyren und Pechsteinen, sowie zu Vergleichszwecken 3 Proben des Rochlitz-Ignimbrits (Rochlitz-Formation) und eine Probe des Seifersdorfer Porphyrs (Kohren-Formation). Soweit es die Aufschlussverhältnisse zuließen, wurden die Proben orientiert aus dem massiven Anstehenden entnommen, um mögliche richtungsabhängige Gefügemerkmale zu erfassen (Abb. 3).

Tabelle 1 Zusammenstellung der untersuchten Proben verschiedener Gesteinstypen und von Lithophysen aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs (LS – Lesestein)

Proben	Lokation	GPS
<i>Leisniger Porphyry</i>		
1KlobLP	Klosterbuch Bahnhof	N 51°09.449 E 13°00.343
4LauLP	Lauschka, Hang	N 51°08.752 E 12°58.863
6WenLP	Wendishain Feld	N 51°08.233 E 12°58.921
11PoLP	Podelwitz Leithenmühle	N 51°09.110 E 12°51.152
15QueLP	Steinbruch Queckhain	
<i>Gangporphyre</i>		
5LaGP	Lauschka, Hang	N 51°08.752 E 12°58.863
5aLaGP	Lauschka, Kontaktzone LP/GP	N 51°08.634 E 12°59.029
9TaGP	Tautendorfer Wald	N 51°08.760 E 12°54.291
12PoGP	Podelwitz, Waldbach	N 51°08.973 E 12°51.279
<i>Pechsteine</i>		
7LMPS	Liebgensmühle, Wald	N 51°09.064 E 12°54.464
8TaPS	Tautendorf, Wald	N 51°08.651 E 12°54.119
13WenPS	Wendishain, Bachbett, LS	N 51°08.005 E 12°58.712
16QuePS	Queckhain, Waldbach, LS	
<i>Rochlitz Ignimbrit</i>		
2GWRI	Steinbruch Großwaitzschchen	N 51°09.255 E 13°01.794
3SGRI	Steinbruch Scheergrund	N 51°09.462 E 13°00.933
14LRI	Steinbruch Lastau	
<i>Seifersdorfer Porphyry</i>		
10SeiP	Aufschluss Seifersdorf	N 51°07.878 E 12°54.089
<i>Lithophysen</i>		
BurLi	500m SW Brösen, LS	N 51°14.427 E 12°88.266
HauLi	Erlbach 1 km SW Hausdorf, LS	N 51°10.812 E 12°83.130
KlobLi	Klosterbuch Bahnhof, LS	N 51°15.777 E 13°00.448
LaLi	500m NE Lauschka, LS	N 51°14.359 E 12°98.396
MarLi	Windmühlenberg Marschwitz, LS	N 51°17.415 E 12°88.218
MinLi	Schießplatz 500m NE Minkwitz, LS	N 51°14.368 E 12°96.176
PoLi	1 km E Podelwitz, LS	N 51°15.145 E 12°85.113
QueLi	Auenbach Queckhain, LS	N 51°12.989 E 12°88.021
RöLi	Röda 1,5 km W Leisnig, LS	N 51°16.108 E 12°87.309
RosLi	Rosenberg 2 km W Leisnig, LS	N 51°16.620 E 12°89.208
TaLi	Hasenbach Tautendorf, LS	N 51°14.471 E 12°90.172
WenLi	Auenbach Wendishain, LS	N 51°13.324 E 12°97.627

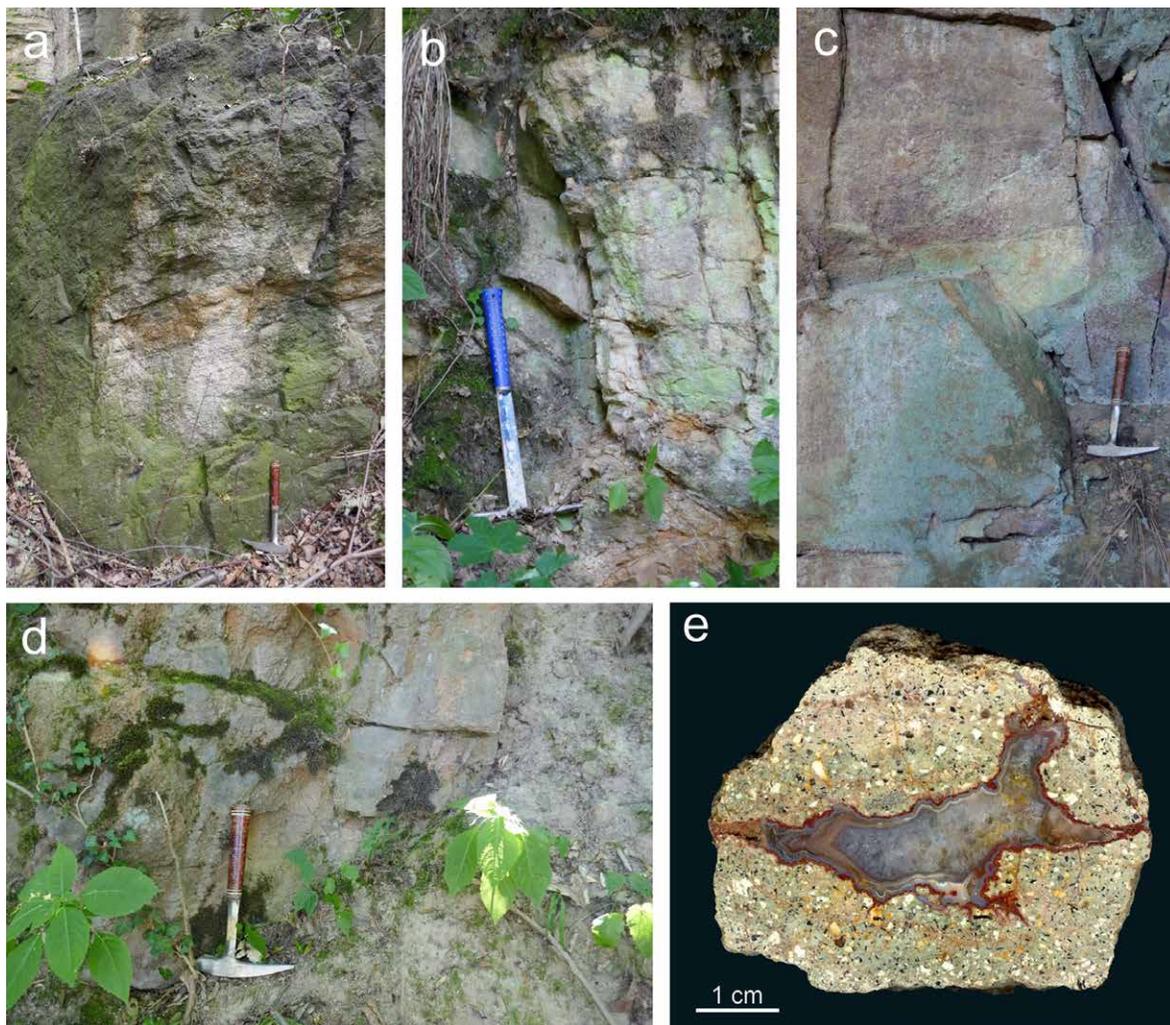


Abb. 3 | Repräsentative Proben aus dem Bereich des Leisniger Porphyrs; **a** – Steinbruch Queckhain mit lithophysenfreiem Leisniger Porphyr mit Fließgefüge; **b** – Aufschluss von Gangporphyr an der Leithenmühle bei Tautendorf; **c** – Steinbruch Großswaitzsch mit massivem, blockigem Rohlitz-Ignimbrit; **d** – Pechstein-Aufschluss Liebgensmühle bei Leisnig; **e** – Lithophyse mit Achatbildung aus dem Vorkommen Marschwitz.

3 Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung des Probenmaterials erfolgte durch die Kombination verschiedener mineralogischer und geochemischer Analysemethoden, um Aussagen zum Gefüge, Phasenbestand und zur chemischen Charakteristik der vulkanischen Gesteine zu erhalten. Dafür wurden von allen Proben polierte Dünnschliffe (ca. 30 µm Dicke) repräsentativer Bereiche für mikroskopische Untersuchungen sowie Analysen mittels Kathodolumineszenz (KL) angefertigt. Von den Lithophysen wurden jeweils die Kristallisationsdomänen untersucht, die die porphyrische Schmelze im Moment der Platznahme repräsentieren. Probenmaterial aus möglichst nicht/wenig alterierten Bereichen wurde separiert und von evtl. sekundären Mineralisationen getrennt. Anschließend erfolgte eine Homogenisierung und Teilung der Proben sowie eine Zerkleinerung auf eine Korngröße <10 µm bzw. <63 µm für nachfolgende mineralogische und chemische Analysen.

Nach einer ersten Dokumentation und makroskopischen Ansprache des Probenmaterials erfolgten lichtmikroskopische Untersuchungen an Dünnschliffen mittels eines „Axio Imager A1m“ Polarisationsmikroskops der Firma Zeiss. Das Hauptaugenmerk lag hier auf der Charakterisierung der feinkörnigen Matrix (Gefüge, Ausbildung) und der Phänokristen (Mineralbestand, Korngröße, Form, Mengenverhältnisse, etc.) sowie sonstiger mineralogischer

Besonderheiten (z. B. Glasbestandteile, Akzessorien, evtl. Xenolithführung, sekundäre Überprägungen, etc.). Ergänzt wurden die optischen Untersuchungen durch Kathodolumineszenz- (KL) Analysen am KL-Mikroskop „HC1-LM“. Das Wesen dieser Analysenmethode besteht darin, dass unter Elektronenbeschuss in Abhängigkeit von Mineralzusammensetzung, Defekten oder eingebauten Spurenelementen charakteristische Lumineszenzerscheinungen erzeugt werden, die direkt abgebildet oder spektral analysiert werden können. Die Methode ermöglicht es daher, Wachstumszonierungen, Internstrukturen oder eingebaute Defekte und Spurenelemente in Mineralen sichtbar zu machen, die mit anderen Methoden nicht nachweisbar sind (Götze 2012). Das eingesetzte System arbeitet im Vakuum mit 14 kV Beschleunigungsspannung bei ca. 0,2 mA Strahlstrom. Die optische Dokumentation erfolgte mit einer digitalen Videokamera (OLYMPUS DP 72). Die Aufnahme von KL-Spektren ausgewählter Bereiche erfolgte mit dem Spektrometer SpectraPro 2300i der Firma Acton Research Corporation bei Messzeiten von 5 s.

An Materialpulvern der vulkanischen Gesteine wurden sowohl Analysen zur chemischen Zusammensetzung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) als auch zum Phasenbestand mittels Röntgendiffraktometrie (XRD) durchgeführt. Für die chemische Analyse wurden die Proben über Nacht bei 105 °C getrocknet und anschließend für 2 h bei 950 °C geglüht, um den Glühverlust zu bestimmen. Aus je 1 g Probenpulver und 8 g Schmelzmittel (Lithiumtetraborat) wurden Schmelztabletten hergestellt, mit denen am wellenlängendispersiven RFA-Gerät „AXIOSmAX minerals“ der Firma PANalytical die chemische Zusammensetzung analysiert wurde. Die qualitativen und quantitativen Phasenanalysen der Gesteinsproben erfolgten am Röntgendiffraktometer „Empyrean“ der Firma PANalytical mit Co K α -Strahlung im Bereich 5–80° mit PIXcel 3D Flächendetektor. Die quantitative Auswertung mittels Rietveldverfeinerung wurde mit dem Programmpaket BGMN/Profex v 3.9.2 (Doebelin & Kleeberg 2015) durchgeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Makroskopische Probenansprache

Im Aufschluss zeigen sich erste Unterschiede im Erscheinungsbild der jeweiligen Gesteinstypen. Der Leisniger Porphyry zeigt häufig ein Fließgefüge, teils mit einem leichten Einfallen der Lagen (Abb. 3a), wogegen Gangporphyre und Pechsteine eine dichte, blockige Konsistenz mit Klüftung aufweisen (Abb. 3b, d). Der Rochlitz-Ignimbrit ist im Aufschluss durch ein kompaktes Erscheinungsbild geprägt und zeigt meist einen besseren Erhaltungszustand als Leisniger Porphyry, Gangporphyre und Pechsteine (Abb. 3c). Die Färbung der Gesteine zeigt vor allem verwitterungsabhängig ein breites Spektrum und reicht von hellen Grautönen bis zu bräunlichen und rötlichen Farbtönen.

Makroskopisch zeigten alle untersuchten Proben ein ähnliches Erscheinungsbild. Charakteristisch ist ein porphyrisches Gefüge mit aphanitischer Grundmasse und vielen Einsprenglingen (Abb. 3e). Als Phänokristen treten Quarz, Feldspäte und Biotit auf, wobei ein Großteil der Feldspäte teilweise oder vollständig kaolinisiert ist. Vorhandene Hohlräume der Lithophysen sind häufig mit Chaledon und/oder makrokristallinem Quarz gefüllt (Abb. 3e).

4.2 Chemische Zusammensetzung und Phasenbestand

In den Tabellen 2 und 3 sind die Untersuchungsergebnisse der chemischen Analysen mittels RFA von Gesteinen und Lithophysen im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrys aufgelistet.

Insgesamt zeigen alle Gesteinstypen, einschließlich der Lithophysen-Proben, eine sehr ähnliche Zusammensetzung. Mit wenigen Ausnahmen liegen alle SiO₂-Gehalte über 70 Gew% und charakterisieren die Gesteine damit als saure Vulkanite. Schwankungen in den Al₂O₃-, K₂O- und Na₂O-Gehalten sind auf den unterschiedlichen Erhaltungszustand der Proben (insbesondere der Feldspäte) zurückzuführen. Die höchsten K₂O-, MgO- und Al₂O₃-Gehalte (Proben 1Klob, BurLi) widerspiegeln die mit Abstand höchsten Biotit-Gehalte. Außerdem haben diese Proben auch einen erhöhten Fe₂O₃-Gehalt, was sich in einer leicht rötlichen Färbung des Gesteins durch Eisenoxide (Hämatit) äußert (vgl. Tabelle 4).

Die extrem niedrigen CaO-Gehalte in fast allen Proben zeigen, dass faktisch keine Plagioklase (mehr) in den Vulkaniten vorhanden sind. Ausnahmen sind hier die beiden Lithophysen-Proben von Klosterbuch und vom Rosenberg sowie die Pechsteine, in denen Plagioklase nachgewiesen wurden. Diese Proben zeigen auch niedrige K₂O-Gehalte und durch die Plagioklase bedingt erhöhte Gehalte von Sr, Ba, La und Ce.

Basierend auf den Ergebnissen der chemischen Analysen wurde versucht, eine petrochemische Klassifikation der untersuchten Vulkanitproben vorzunehmen. In der Vulkanitklassifikation nach Winchester und Floyd (1977) plotten alle Proben sehr eng beieinander in den Übergangsbereich zwischen Rhyodazit/Dazit und den Rhyolithen (Abb. 4). Obwohl mit Zr und TiO₂ zwei chemische Komponenten der Klassifikation zu Grunde liegen, die relativ stabil gegenüber Alterationen und Verwitterung sind, muss die Zuordnung der Proben sorgfältig interpretiert werden, da eine mögliche Veränderung des primären SiO₂-Gehaltes der Gesteine durch sekundäre SiO₂-Zufuhr während der Alteration nicht ausgeschlossen werden kann.

Tabelle 2 | Chemische Zusammensetzung und Glühverlust (in Gew%) der untersuchten Proben aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs (Bur-Burgstall, Hau-Hausdorf, Klob-Klosterbuch, La-Lauschka, Mar-Marschwitz, Min-Minkwitz, Po-Podelwitz, Que-Quechhain, Rö-Röda, Ros-Rosenberg, Ta-Tautenhain, Wen-Wendishain).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅		
<i>Leisniger P.</i>											
1Klob	66,28	0,48	16,98	2,40	0,86	0,30	1,20	9,63	0,15	1,45	99,88
4Lau	76,00	0,40	12,38	1,82	0,48	0,12	0,61	6,28	0,08	1,67	100,01
6Wen	76,70	0,27	12,24	1,58	0,26	0,12	0,75	6,85	<0,06	1,28	100,17
11Po	71,77	0,35	15,56	1,56	0,91	0,16	1,11	6,53	0,07	2,38	100,62
15Que	72,87	0,40	14,99	0,83	0,34	0,14	1,07	7,97	0,07	1,54	100,41
<i>Gangporphyr</i>											
5LaGP	75,38	0,39	13,27	1,03	0,25	0,11	0,62	7,25	<0,06	1,54	99,98
5aLaGP	75,27	0,40	13,32	0,93	0,34	0,09	0,59	7,85	<0,06	1,23	100,16
9TaGP	74,75	0,27	13,67	1,43	0,44	0,05	0,17	8,20	0,07	1,45	100,61
12PoGP	72,70	0,34	13,13	3,27	1,07	0,19	0,19	6,88	0,12	2,08	100,10
<i>Pechstein</i>											
7LMPS1	70,48	0,27	14,03	2,12	0,56	1,31	1,86	5,03	0,07	3,64	99,58
7LMPS2	72,72	0,25	12,75	0,57	0,06	0,79	0,80	8,32	0,09	0,71	97,20
8TaPS	67,08	0,26	13,34	2,42	0,65	1,40	1,64	4,26	0,07	7,97	99,44
13WenPS1	75,57	0,33	12,53	2,17	0,83	0,11	0,18	6,42	<0,06	2,12	100,38
13WenPS2	69,16	0,33	12,89	5,10	1,14	0,17	0,09	8,09	<0,06	2,72	99,79
16QuePS	73,66	0,36	13,25	1,94	0,36	0,70	1,78	6,17	0,11	1,11	99,72
<i>Lithophysen</i>											
BurLi	68,77	0,39	15,39	3,61	0,73	0,07	0,46	8,57	0,09	1,89	100,09
HauLi	74,40	0,25	13,85	0,71	0,24	0,06	0,69	8,42	<0,06	1,65	100,34
KlobLi	74,03	0,42	13,12	2,11	0,28	1,18	2,50	5,10	0,12	1,19	100,31
LaLi	72,97	0,45	14,22	1,48	0,62	0,16	0,85	8,09	<0,06	1,62	100,64
MarLi	73,58	0,33	14,80	0,75	0,31	0,15	0,76	6,99	0,07	2,22	100,10
MinLi	72,53	0,36	14,01	2,04	0,58	0,18	1,00	7,21	0,09	1,68	99,89
PoLi	75,35	0,30	13,65	0,77	0,49	0,09	0,78	6,66	<0,06	2,23	100,43
QueLi	72,67	0,41	14,21	1,92	0,43	0,10	0,90	7,61	0,07	1,77	100,27
RöLi	74,06	0,34	13,40	2,02	0,08	0,18	0,91	6,15	0,08	2,01	100,08
RosLi	74,77	0,32	13,11	1,56	0,35	0,99	1,92	5,94	<0,06	1,00	100,17

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	GV	Σ
TaLi	77,31	0,25	12,70	1,34	0,40	0,14	1,05	5,57	<0,06	1,84	100,69
WenLi	71,29	0,37	14,25	2,40	0,53	0,11	1,11	7,90	<0,06	1,35	99,48
Rochlitz Ign.											
2GWRI	72,91	0,31	14,20	1,68	0,61	0,18	1,28	6,63	<0,06	1,64	99,60
3SGRI	73,07	0,29	13,99	1,47	0,28	0,15	1,37	7,62	<0,06	0,93	99,29
14LRI	77,89	0,12	12,38	1,11	0,13	0,09	1,03	6,57	<0,06	1,18	100,57
Seifersd. P.											
10SeiP	76,67	0,20	12,82	0,65	1,10	0,05	0,29	6,69	<0,06	1,93	100,46

In allen Proben unter der Nachweisgrenze:

Mn₃O₄ <0,03, SO₃ <0,30, V₂O₅ <0,01, NiO <0,01, CuO <0,01, ZnO <0,005, PbO <0,01, Cr₂O₃ <0,01 Gew-%; Ba, Sr und Zr wurden als Spurenelemente aufgeführt und nicht als Oxide bei den Hauptkomponenten.

Tabelle 3 Spurenelementgehalte (in ppm) der untersuchten *Lithophysen* aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs (Bur-Burgstall, Hau-Hausdorf, Klob-Klosterbuch, La-Lauschka, Mar-Marschwitz, Min-Minkwitz, Po-Podelwitz, Que-Quechhain, Rö-Röda, Ros-Rosenberg, Ta-Tautenhain, Wen-Wendishain).

	Bur	Hau	Klob	La	Mar	Min	Po	Que	Rö	Ros	Ta	Wen
<i>Lithophysen</i>												
Ba	608	387	1561	1015	724	977	694	1025	820	1507	613	965
Sr	<20	30	141	43	46	41	36	45	31	132	30	34
Rb	197	170	188	227	213	185	193	215	186	227	197	196
Zr	254	151	259	271	221	240	195	265	234	235	143	241
Mn	81	62	115	93	<50	146	<50	127	91	83	105	99
Y	550	73	116	40	34	55	22	34	30	69	78	36
Nb	23	25	<20	20	22	<20	21	20	<20	<20	20	<20
Th	17	13	15	16	15	14	15	17	14	13	11	15
La	62	<60	208	89	<60	150	<60	152	<60	80	88	66
Ce	105	73	448	164	80	269	83	301	90	150	138	126

Aus diesem Grund wurde ein weiterer Klassifikationsversuch nach Le Bas et al. (1986) basierend auf den Gehalten von SiO₂ und dem Alkalioxidverhältnis Na₂O/K₂O durchgeführt (Abb. 5). Auch in dieser Darstellung liegen die Proben eng zusammen und plotten fast ausnahmslos in das Feld der Rhyolithe. Mit dieser Darstellung wird die starke chemische Ähnlichkeit der Proben sowie die Zugehörigkeit zu den sauren vulkanischen Gesteinen bestätigt. Interessanterweise zeigen auch die Proben vom Seifersdorfer Prophyr sowie vom Rochlitz Ignimbrit analoge Charakteristika und lassen sich chemisch nicht von den Gesteinen des Leisniger Porphyrs abgrenzen. Diese geochemische Signatur lässt die Herkunft aus dem gleichen Magmenreservoir als möglich erscheinen.

Die Ähnlichkeit der untersuchten Gesteine zeigt sich auch in den Ergebnissen der Röntgendiffraktometrie (Tabelle 4). Fast alle Proben zeigen eine sehr monotone Mineralzusammensetzung, die vor allem durch Quarz, Kalifeldspat und Biotit dominiert wird. Ausnahmen bilden die Pechsteine, sowie die Lithophysen von Klosterbuch und vom Rosenberg. Der Mineralbestand ist hier gekennzeichnet durch erhebliche Mengen an Plagioklasen und dadurch signifikant weniger Kalifeldspat. Auffällig ist in den beiden Lithophysen-Proben auch das Vorhandensein von Cristobalit und Tridymit als SiO₂-Modifikationen neben Quarz sowie das Fehlen (Klosterbuch) bzw. der extrem niedrige Gehalt (Rosenberg) an Kaolinit. Die in den chemischen Analysen auftretenden erhöhten Fe-Gehalte verschiedener Proben resultieren in den höchsten Gehalten an Biotit bzw. Hämatit. In vielen anderen Proben liegt der Hämatit-Gehalt deutlich unter 1 Gew-%.

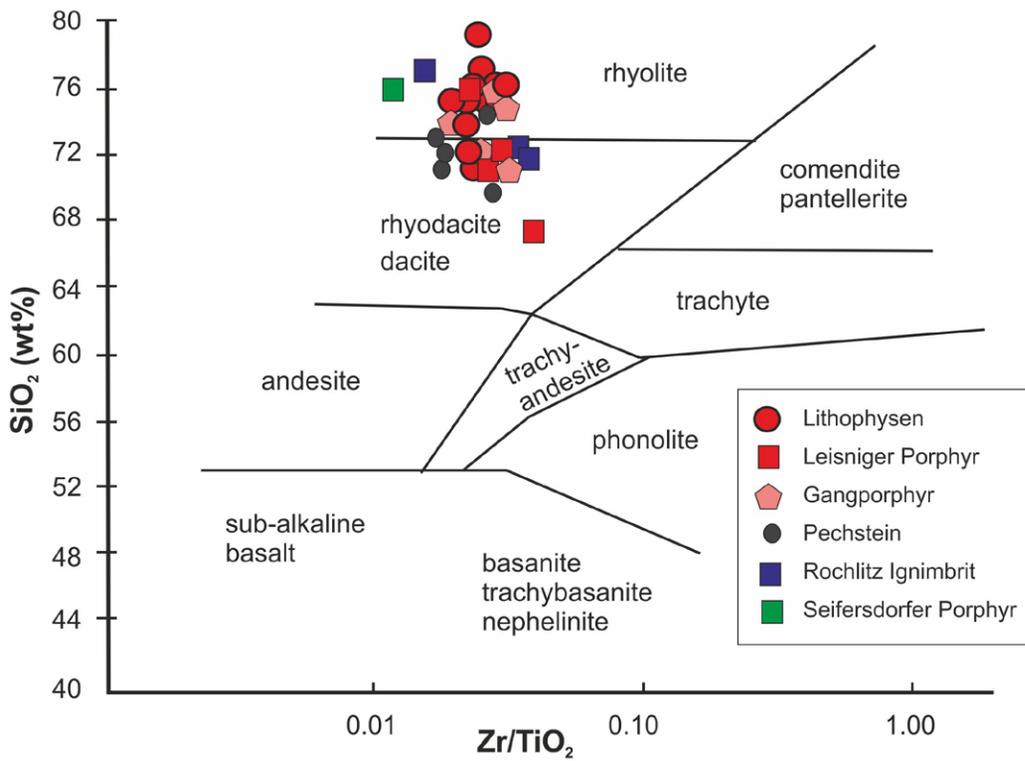


Abb. 4 | Vulkanitklassifikation nach Winchester & Floyd (1977) mit Darstellung der untersuchten Vulkanitproben.

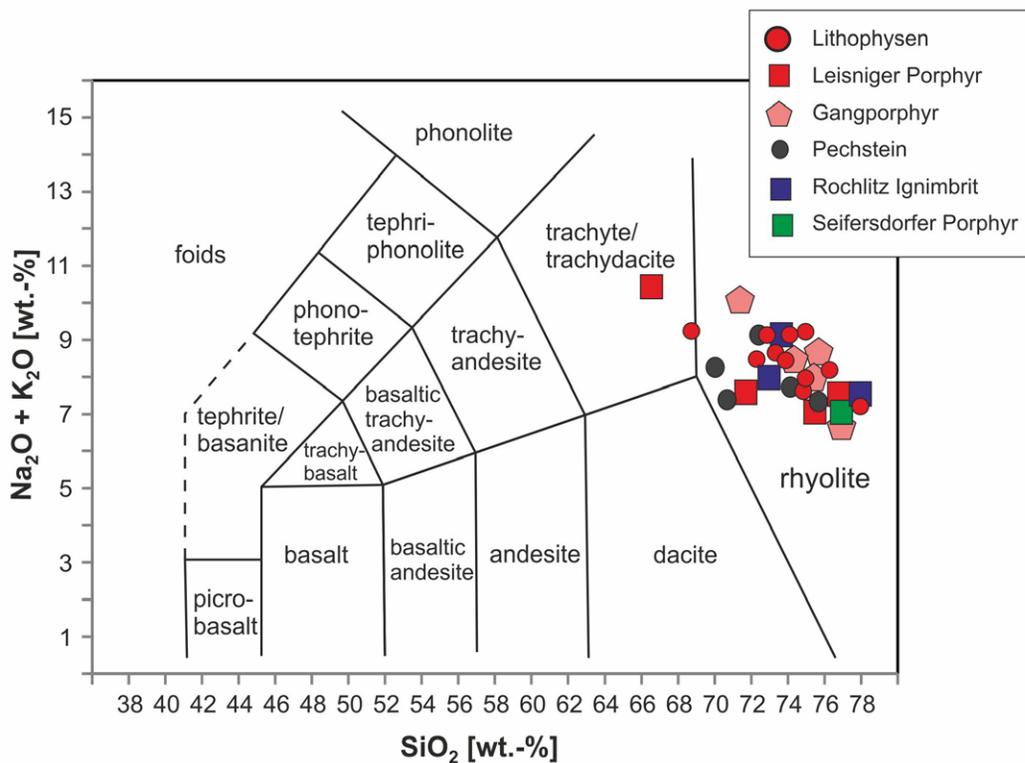


Abb. 5 | Lage der untersuchten Lithophysenproben im Vulkanitklassifikations-Diagramm nach Le Bas et al. (1986)

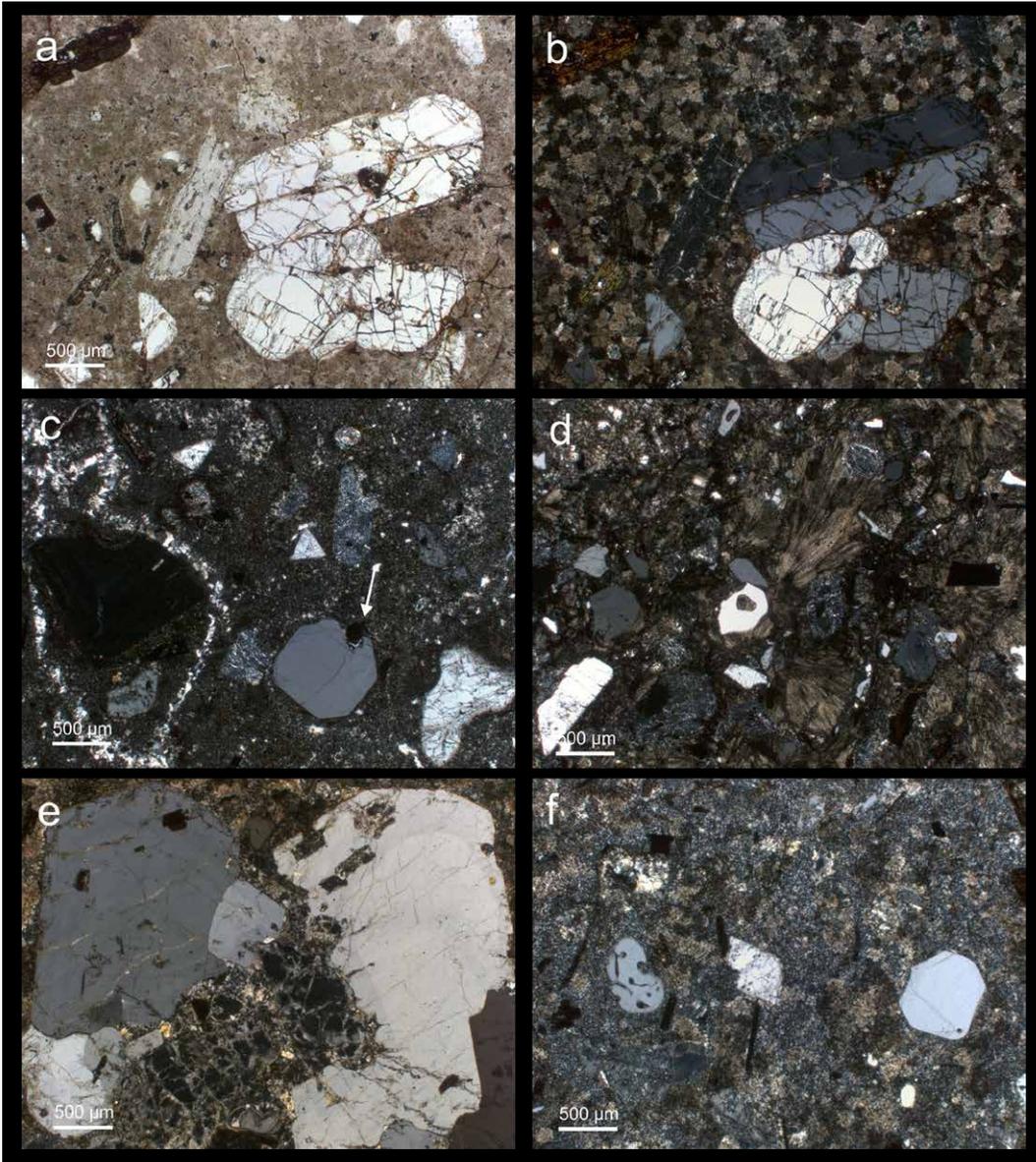


Abb. 6 Mikrofotos des *Leisniger Porphyrs*; **a/b** – Leisniger Porphyry von Lauscha (4La – **a** – parallele, **b** – gekreuzte Polarisatoren) mit parkettierter Matrix, Biotit und Agglomerat aus brekziierten Kalifeldspäten (Sanidin-Zwillinge); **c** – Probe Wendishain (6Wen – gekreuzte Polarisatoren) mit feinkristalliner, silifizierter Matrix und Phänokristen von idiomorphem Quarz mit Wachstumsbehinderung durch Biotit (Pfeil), brekziierten Kalifeldspäten und alteriertem Biotit (opazitiert); **d** – Leisniger Porphyry von Podelwitz (11Po – gekreuzte Polarisatoren) mit sphärolitischer Matrix und Phänokristen von Quarz, Kalifeldspat, Biotit und alteriertem Plagioklas; **e/f** – Probe Queckhain (15Que – gekreuzte Polarisatoren); großes Agglomerat (Synneusis?) von Feldspat, Biotit und Quarz (**e**) sowie Quarz-Phänokristen in idiomorpher Ausbildung und mit deutlicher Resorption (**f**).

Mikrofotos im Durchlicht (**a, c, e** parallele Polarisatoren) und KL-Modus (**b, d, f-h**) des *Leisniger Porphyrs*;
a/b – Leisniger Porphyry von Klosterbuch (1Klob) mit deutlichem horizontalem Fließgefüge und Phänokristen von zonierte Kalifeldspat (hellblaue KL) und Quarz (blauviolette KL mit rotem Saum); **c/d** – großer, zonierte Kalifeldspat-Phänokrist in homogener Matrix im Leisniger Porphyry von Lauscha (4La); **e/f** – mehrere Quarz-Phänokristen mit typischer blauvioletter KL und rotem Saum in blauer Matrix des Leisniger Porphyrs von Podelwitz (11Po);
g – großer angelöster und teilweise resorbierter Quarzphänokrist im Leisniger Porphyry von Queckhain (15Que);
h – Verwachsung von Kalifeldspat (Kf) und komplett alteriertem (kaolinisiertem) ehemaligen Plagioklas (Pfeil) im Leisniger Porphyry von Queckhain (15Que).

Abb. 7

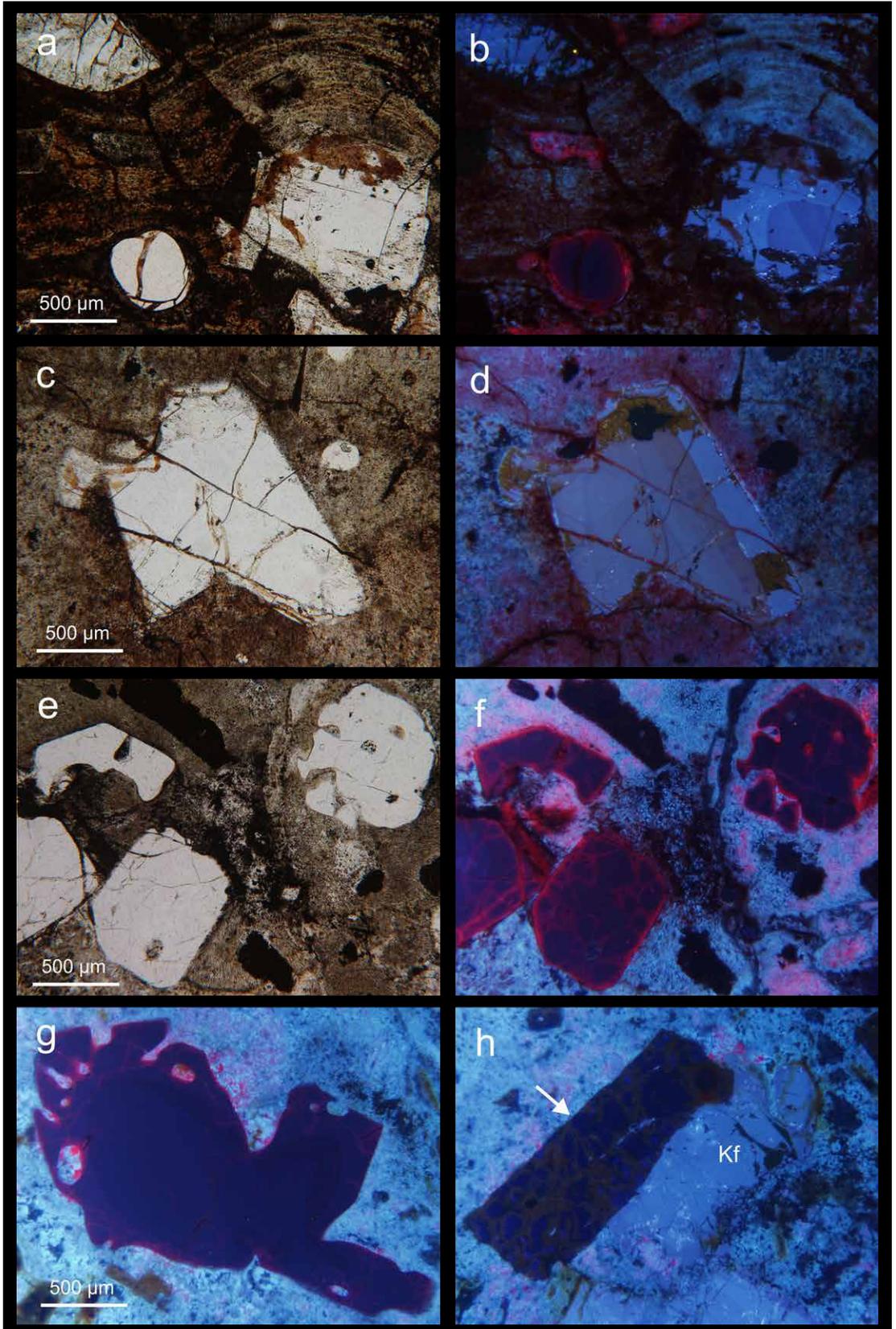


Tabelle 4 | Quantitative Ergebnisse (in Gew-%) der röntgendiffraktometrischen Analysen zur Mineralzusammensetzung der Gesteine aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs; (Bur-Burgstall, Hau-Hausdorf, Klob-Klosterbuch, La-Lauschka, Mar-Marschwitz, Min-Minkwitz, Po-Podelwitz, Que-Queckhain, Rö-Röda, Ros-Rosenberg, Ta-Tautenhain, Wen-Wendishain).

	Quarz	K-Feldspat	Plagio- klase	Biotit	Muskovit (Serizit)	Kaolinit	Hämatit
<i>Leisniger Por.</i>							
1Klob	15,3±0,3	67,6±4,3	5,4±0,3	3,6±0,5	3,9±0,4	2,0±0,3	2,1±0,2
4Lau	44,7±0,6	43,7±1,3	-	2,8±0,4	2,9±0,3	4,5±0,4	1,4±0,2
6Wen	41,8±0,4	51,0±2,8	-	-	1,8±0,3	3,9±0,3	1,5±0,2
11Po	35,8±0,5	50,0±2,4	-	2,5±0,4	4,3±0,4	7,4±0,6	-
15Que	31,6±0,4	59,2±3,4	-	-	2,5±0,3	6,7±0,5	-
<i>Gangporphyr</i>							
5LaGP	40,0±0,5	51,7±5,0	-	-	3,2±0,4	5,0±0,5	-
5aLaGP	37,1±0,4	53,9±3,4	-	2,3±0,4	4,4±0,3	3,9±0,4	-
9TaGP	36,0±0,5	50,5±1,7	-	4,8±0,4	2,4±0,3	6,3±0,4	-
12PoGP	40,7±0,6	42,2±3,7	-	9,3±0,6	3,6±0,4	4,3±0,4	-
<i>Pechstein</i>							
7LMPS1	33,5±0,4	53,2±3,3	12,1±0,6	1,2±0,2	-	-	-
7LMPS2*	21,5±1,9	18,3±1,9	55,5±4,5	-	4,6±7,2	-	-
8TaPS*	22,1±0,9	-	46,2±1,7	21,9±1,4	9,8±1,3	-	-
13WenPS1	45,0±0,6	36,4±2,5	-	6,7±0,4	5,6±0,4	6,4±0,4	-
13WenPS2	33,7±0,5	48,3±2,8	-	9,7±0,5	5,9±0,5	-	2,8±0,2
16QuePS	35,9±0,5	43,1±3,9	12,8±0,6	5,3±0,4	0,8±0,3	2,1±0,4	-
<i>Lithophysen</i>							
BurLi	27,6±0,6	55,3±1,5	-	8,9±0,6	-	6,3±0,6	1,9±0,2
HauLi	34,7±0,5	56,6±2,0	-	3,8±0,5	-	4,5±0,4	0,3±0,1
KlobLi**	25,7±0,4	39,0±2,0	26,7±4,2	3,6±0,3	-	-	-
LaLi	32,9±0,5	56,4±1,8	-	5,9±0,5	-	4,3±0,4	0,6±0,1
MarLi	36,4±0,4	50,7±1,9	-	3,4±0,6	-	9,4±0,5	-
MinLi	35,9±0,4	52,4±1,7	-	4,9±0,5	-	6,4±0,5	0,4±0,2
PoLi	40,7±0,5	47,8±1,8	-	3,5±0,5	-	7,9±0,5	-
QueLi	34,6±0,5	52,1±1,8	-	6,3±0,4	-	6,8±0,4	-
RöLi	44,4±0,6	44,2±1,5	-	5,2±0,5	-	5,5±0,4	0,8±0,1
RosLi***	23,5±0,5	39,4±1,7	17,5±1,2	5,2±0,4	-	1,5±0,5	-
TaLi	46,9±0,5	42,6±1,3	-	3,9±0,4	-	6,5±0,3	-
WenLi	31,9±0,5	55,8±1,8	-	6,3±0,5	-	5,2±0,4	0,7±0,1
<i>Rochlitz Ignimbrit</i>							
2GWRI	37,1±0,5	52,6±2,9	-	1,7±0,5	2,9±0,4	4,9±0,5	0,8±0,1
3SGRI	33,2±0,4	61,8±3,0	-	-	1,9±0,3	3,1±0,3	-
14LRI	44,2±0,5	48,9±1,5	-	2,0±0,4	-	5,0±0,4	-
<i>Seiferdorfer Por.</i>							
10Seip	45,4±0,6	44,9±2,6	-	3,1±0,4	2,6±0,4	4,0±0,4	-

* hohe amorphe Anteile (Werte beziehen sich auf kristalline Anteile)

**KlobLi 4,8±0,7 Gew-% Cristobalt

***RosLi 12,8±0,2 Gew-% Cristobalit + 1,8 ± 0,2 Gew-% Tridymit

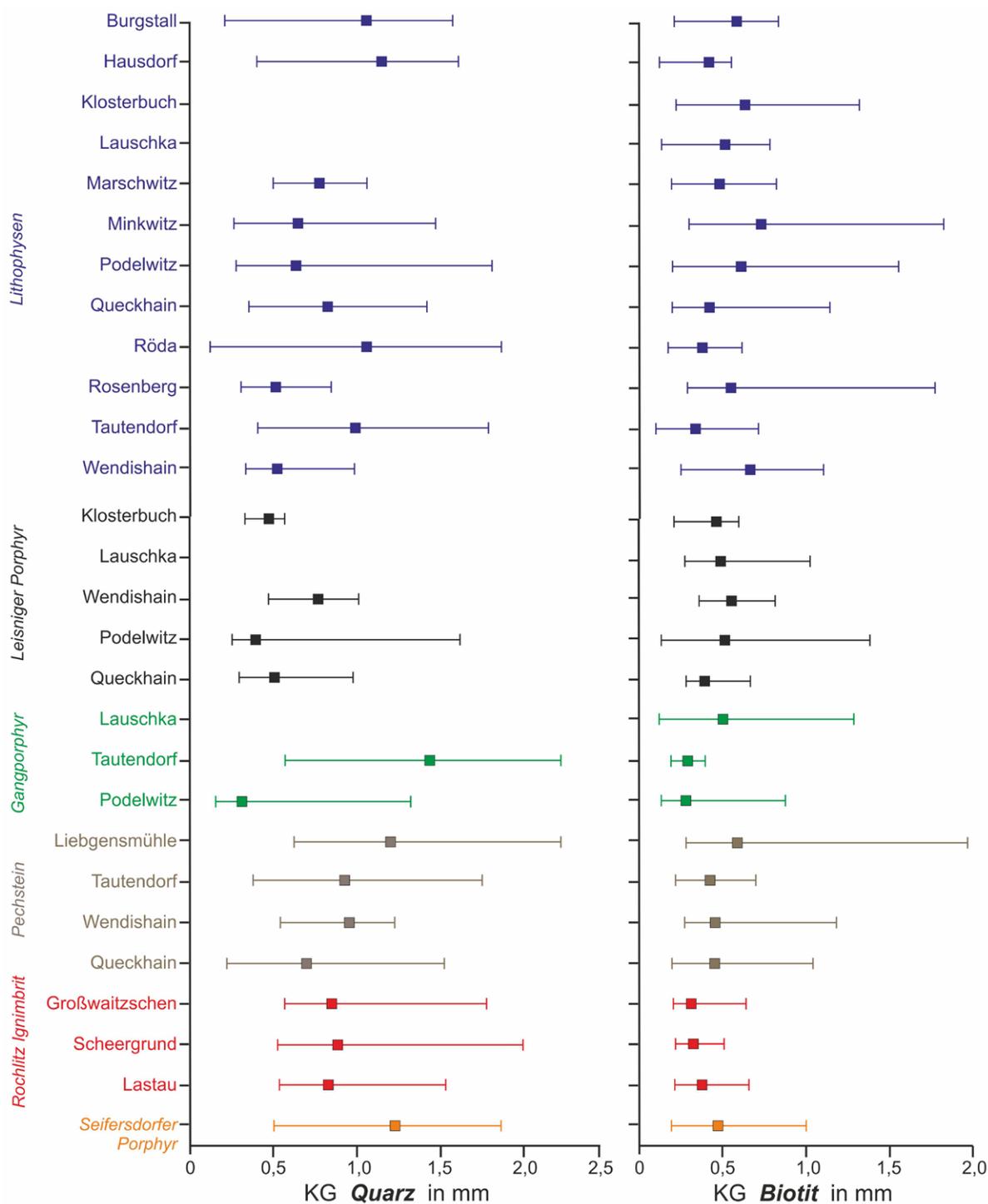


Abb. 8 | Spanne der Korngrößen (Balken) und Hauptkorngröße (■) der Quarz- (links) und Biotit-Phänokristen (rechts) in den untersuchten Proben aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs (Lithophysen – violett, Leisniger Porphyry - schwarz, Gangporphyre - grün, Pechsteine – braun) und Vergleichsproben vom Rochlitz Ignimbrit (rot) und dem Seifersdorfer Porphyry (orange).

4.3 Polarisationsmikroskopie und Kathodolumineszenz

Leisniger Porphy

Die mikroskopischen Untersuchungen bestätigten die Ergebnisse von Hohl & Wilsdorf (1966), dass der Leisniger Porphy sehr heterogen ausgebildet ist. Die Farbe variiert von grau-braun bis dunkelbraun; mitunter ist das Gestein stark alteriert, z. T. auch silifiziert und durchzogen von sekundären Quarz-Trümmern. Es herrscht ein regelloses Gefüge vor, nur in den Proben von Klosterbuch (1Klob) und Podelwitz (11Po) ist ein deutliches horizontales Fließgefüge zu erkennen (Abb. 6a/b). Ansonsten ist die Matrix oft brekziiert mit Bildung von Teilbereichen oder parkettiert (4Lau – Abb. 6a/b), z.T. mit sphärolitischer Ausbildung (11Po – Abb. 6d).

Die stark variierenden Eigenschaften zeigen sich auch in der Menge und Ausbildung der Einsprenglingskristalle (vgl. KG-Statistik Abb. 8). Der Anteil der Phänokristen (Quarz, Biotit, Kalifeldspat, Plagioklas – meist alteriert) schwankt zwischen ca. 5–15 %, wobei die Kristalle z. T. brekziiert sind (Abb. 6a/b, e, 7a/b). Während in den Proben von Klosterbuch (1Klob) und Lauschka (4La) wenig bis gar keine Quarz-Phänokristen nachweisbar waren, ist der Anteil an Quarz-Einsprenglingen in anderen Proben dominant (6Wen, 11Po, 15Que – Abb. 7e–g). Größere Kristalle sind teilweise gerundet und zeigen Anzeichen von Resorption, wobei idiomorphe und gerundete/resorbierte Phänokristen nebeneinander in einer Probe vorliegen können (Abb. 6f, 7e/f). Die Quarz-Phänokristen zeigen alle eine typische blau-violette KL und rot lumineszierende Säume (Abb. 7b, f, g).

Biotit-Phänokristen sind sehr zahlreich (außer 1Klob) und mit variabler Korngröße (vgl. Abb. 8). Dabei ist der Biotit oft in gutem Erhaltungszustand (Abb. 6a/b), während in anderen Proben (1Klob, 6Wen, 15Que) eine starke Opazifizierung zu beobachten ist (Abb. 6c). Verwachsungen von Quarz und Biotit haben zu Wachstumsbehinderungen geführt (Abb. 6c).

K-Feldspat (Sanidin – z. T. als Zwilling) ist oft gut erhalten (Abb. 6a/b, 7b, d) und zeigt eine typische hellblaue KL, teilweise mit deutlicher Zonierung (Abb. 7b, d). Plagioklase wurden dagegen nur in der Probe von Klosterbuch nachgewiesen, allerdings sind häufig komplett alterierte/kaolinisierte ehemalige Plagioklas-Leisten zu erkennen, die auf einen primären Plagioklasgehalt hinweisen (Abb. 7h). Auffällig sind glomerophyrische Agglomerate von mehreren Einsprenglings-Kristallen, die vermutlich in der Schmelze aneinander gestoßen und verwachsen sind (sog. Synneusis – 6a/b, e).

Als akzessorische Phasen treten neben opaken Mineralen (Ilmenit) vereinzelt +/- idiomorpher Zirkon (gelbe KL, zoniert) und Apatit (gelbe KL, zoniert) auf.

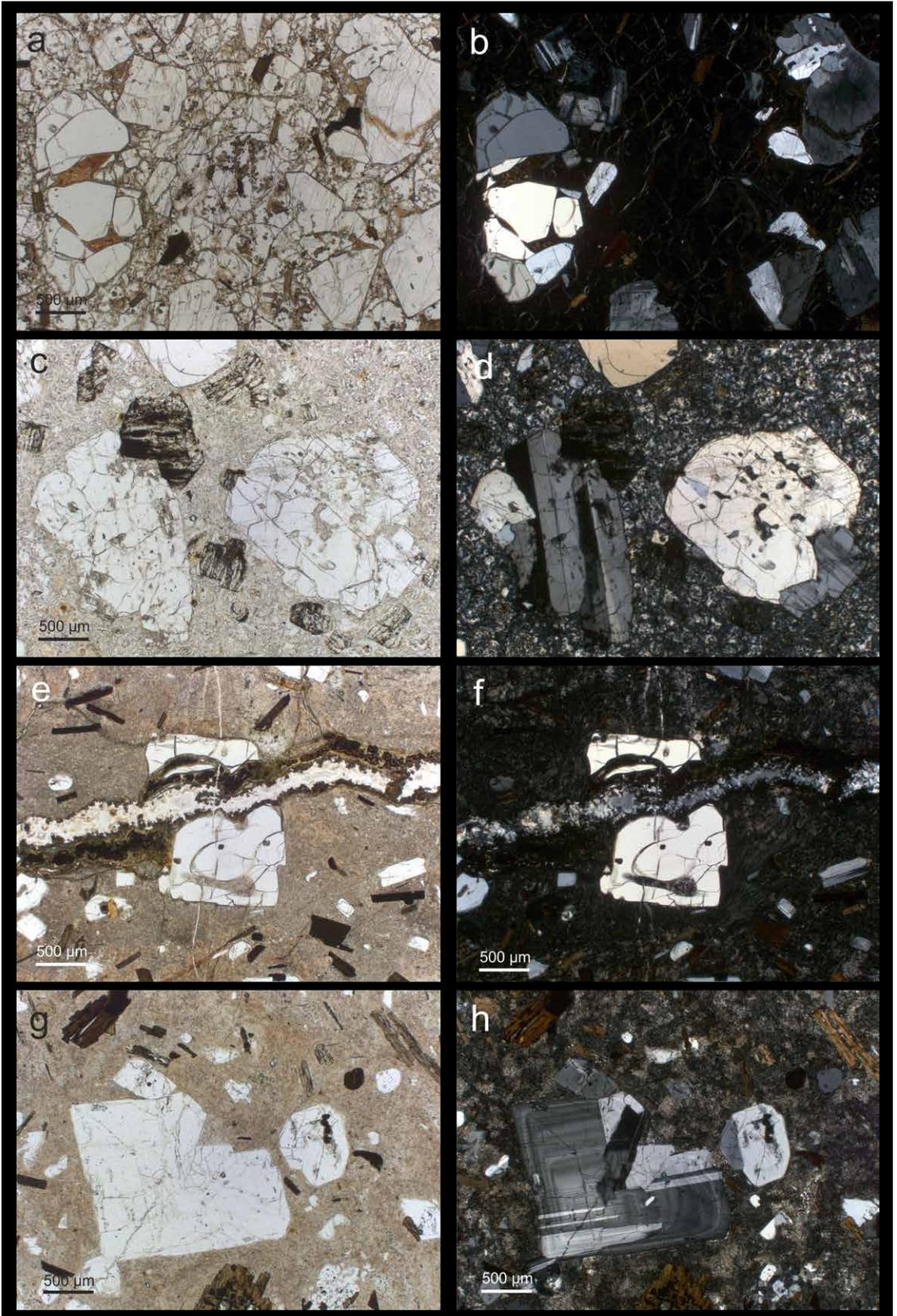
Pechsteine

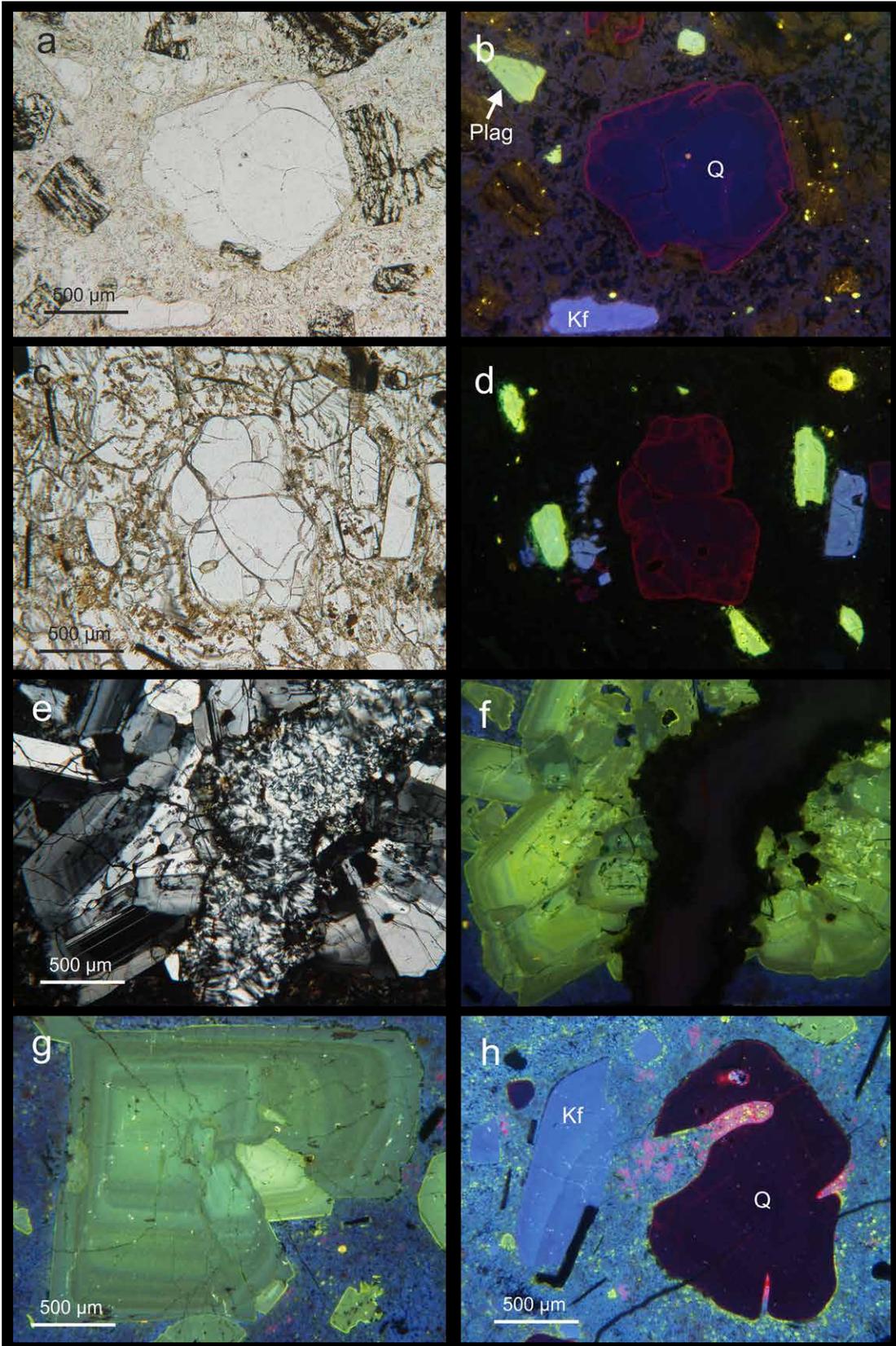
Die Pechsteine erscheinen in der Regel dunkel und zeigen bräunliche bis graue Farben. Sowohl Matrix als auch große Einsprenglings-Kristalle sind relativ frisch und zeigen nur geringe Alterationserscheinungen.

Von den vier untersuchten potenziellen Pechsteinproben ist einzig die Probe von Tautendorf (8TaPS) als primärer Pechstein mit glasiger (optisch isotroper) Matrix und typischen perlitischen Sprüngen erhalten (Abb. 9a/b). Dagegen sind die Proben der anderen Vorkommen mehr oder weniger vollständig entglast. Aus diesem Grund ist auch nur im Gestein von Tautendorf ein vertikales Fließgefüge nachweisbar (Abb. 9a/b). In der Probe Liebgensmühle (7LMPS) sind nur Relikte des primären Gefüges (kristallisierte perlitische Sprünge um Quarz-Phänokristen) erkennbar, die auf einen ehemaligen Pechstein hinweisen (Abb. 9c/d). Dagegen zeigt die Matrix der Proben von Wendishain (13WenPS) und Queckhain (16QuePS) sphärolitische bzw. dichte, feinkristalline Bereiche (Abb. 9e–h).

Mikrofotos von **Pechsteinproben** im Durchlicht (parallele bzw. gekreuzte Polarisatoren); **a/b** – Pechstein Tautendorf (8TaPS) mit eingeregelten Biotit-Kristallen im vertikalem Fluidalgefüge und typischen perlitischen Sprüngen; Agglomeraten aus großen Phänokristen von Quarz, Kalifeldspat und Plagioklas; **c/d** – Pechstein von Liebgensmühle (7LMPS) mit rekristallisiertem primärem Gefüge und reliktschen perlitischen Sprüngen; Verwachsungen/Agglomerate (Synneusis?) großer Phänokristen von Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz (Siebstruktur) und Biotit; mit deutlichem horizontalem Fließgefüge und Phänokristen von Quarz, Kalifeldspat und Biotit; **e/f** – Pechstein Wendishain (13WenPS) mit dichter, sphärolitisch entglaster Matrix; sekundäres SiO₂-Trüm durchschlägt großen Quarz-Phänokristen; **g/h** – Probe Queckhain mit auffälligen zonierten und verzwilligten Plagioklasen, Biotit-Leisten und Quarz-Phänokrist in dichter, feinkristalliner Matrix.

Abb. 9





Der Gehalt an Phänokristen bewegt sich zwischen 5–10 %. Auffällig sind vor allem gut erhaltene Plagioklase, die typische polysynthetische Verzwilligungen und auch deutliche Zonierungen im polarisierten Licht und in der Kathodolumineszenz aufweisen (Abb. 9d, h, 10e–g). Sie zeigen eine hellgrüne Lumineszenz. Kalifeldspat mit intensiver blauer KL und deutlichen Zonierungen ist dagegen nur untergeordnet zu finden (Abb. 10b, d, h). Ein charakteristisches Merkmal der Pechsteinproben ist das Auftreten von großen Mineralaggregaten verschiedener Feldspat-Phänokristen, z. T. auch mit Quarz und Biotit (glomerophyrisches Gefüge), was auf deren Verwachsung in der Schmelze der Magmenkammer hinweist (Synneusis – Abb. 10e–g).

Quarz-Phänokristen treten in variierender Größe auf (vgl. Abb. 8) und sind oftmals gerundet bzw. zeigen Resorptionserscheinungen und sind rissig (perlitische Sprünge?) (Abb. 9e/f, 10a, c). In der Kathodolumineszenz zeigen die Quarzkristalle eine teilweise schwach zonierte blau-violette KL mit typischen roten Rändern (Abb. 10b, d, h). Häufig ist eine Verwachsung mit Biotit zu verzeichnen, die zur Wachstumsbehinderung geführt hat (z. B. 16QuePS – Abb. 10a). Ansonsten bilden Biotit-Phänokristen dickprismatische Kristalle, die in der Regel gut erhalten sind (Abb. 9a, e, g). Nur im Pechstein von Liebgensmühle (7LMPS) sind die Biotite stark alteriert und opazitiert (Abb. 9c, 10a). Als akzessorisches Mineral wurde vor allem Apatit (gelbe KL) nachgewiesen (Abb. 10b, d).

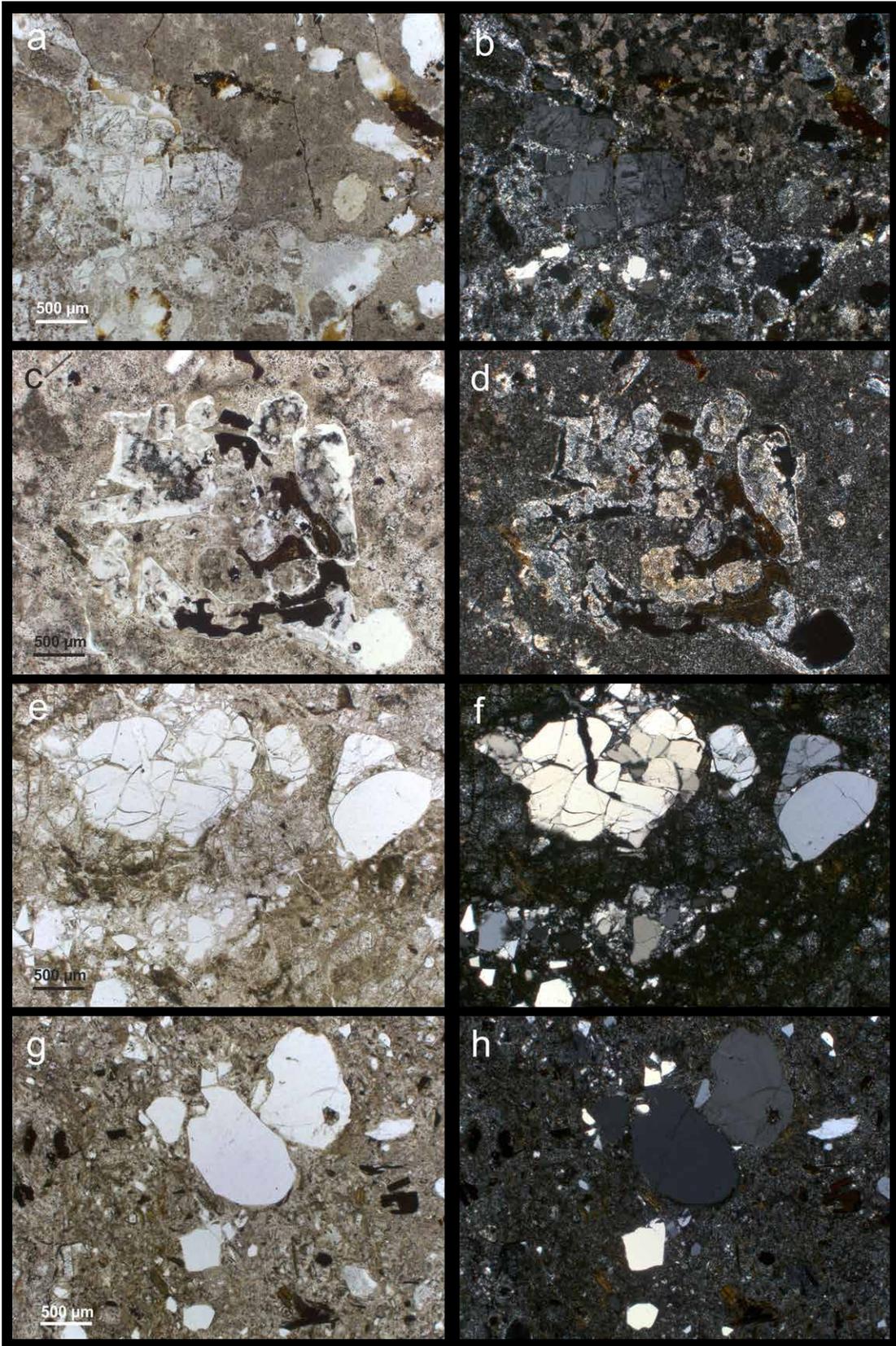
Gangporphyre

Die untersuchten sog. „Gangporphyre“ im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs sind vom Gefüge her eigentlich alle keine echten Porphyre. Die Matrix ist in der Regel sehr heterogen (Abb. 11) und variiert z.T. in einer Probe von feinkörnig, teils parkettiert (Abb. 11a/b) bis hin zu sphärolitischen Bereichen. In manchen Proben ist ein schwaches Fließgefüge zu erkennen. Typisch sind Überprägungen/Brekziierungen und eine starke Silifizierung, die sich auch im Auftreten von sekundären SiO_2 -Trümmern und Mikro-Achaten dokumentiert. Die Gangporphyre von Tautendorf (9TaGP) und Podelwitz (12PoGP) zeigen reliktsche perlitische Sprünge und lassen damit einen primären Zusammenhang zu Pechstein-Bildungen vermuten (Abb. 11e/f).

Insgesamt ist der Anteil an Phänokristen gering (1–3 %), wobei Kalifeldspäte (Sanidin-Zwillinge) überwiegen (Abb. 12a/b). Die Phänokristen sind zum Großteil brekziiert bzw. kataklasiert (Abb. 11e/f, 12g), wobei das gemeinsame Auftreten von großen Phänokristen mit kleinen Splintern auf mechanische Beanspruchung (Scherbewegungen) hinweist (Abb. 12c/d).

Kalifeldspäte zeigen eine intensive hellblaue Lumineszenz und sind meist deutlich zoniert (Abb. 12b, f, g). Der Gehalt an Quarz-Phänokristen ist sehr unterschiedlich und im Gangporphyr von Lauschka (5LaGP) praktisch nicht nachweisbar. Quarz luminesziert meist blau-violett mit teilweise schwacher Zonierung und typischer roter Randzone (Abb. 12d, f, h). Die Quarz-Phänokristen weisen teilweise Anzeichen von Lösung/Resorption auf (Abb. 11g/h, 12e/f). Biotit tritt in unterschiedlicher Größe und Ausbildung auf (Abb. 8), primäre Plagioklase sowie ehemalige Kristallaggregate sind auf Grund der starken Alteration komplett kaolinisiert. Akzessorisch treten Zirkon und Apatit auf, die an ihrer gelben KL erkennbar sind (Abb. 12h).

Abb. 10 Mikrophotos von *Pechsteinen* (a,c,e Durchlicht, b,d,f-h KL) verschiedener Vorkommen im Verbreitungsbereich des Leisniger Porphyrs; **a/b** – dichte Matrix mit reliktschen perlitischen Sprüngen in der Probe Liebgensmühle (7LMPS); hypidiomorpher, großer Quarz-Phänokrist (Q), daneben Kalifeldspat (Kf - hellblau), Plagioklas (Plag - grün) und opazitierte Biotite; **c/d** – Pechstein von Tautendorf (8TaPS) mit nahezu vertikalem Fluidalgefüge und eingeregeltten Kristallen; sowohl Matrix als auch der große Quarz-Phänokrist zeigen typische perlitische Sprünge; daneben kleinere Kalifeldspäte, Plagioklase, langprismatischer Biotit und akzessorischer Apatit (gelbe KL); **e/f** – großes Agglomerat von zonierten Plagioklas-Kristallen durchtrümmert von sekundärem SiO_2 (Wendishain - 13WenPS); **g** – große, verwachsene Phänokristen von zonierte Plagioklas im Pechstein von Wendishain (13WenPS) **h** – stark resorbierter Quarz (Q) sowie zonierte Kalifeldspat (Kf) in homogener, feinkristalliner Matrix mit blauer KL im Pechstein von Wendishain (13WenPS).



Lithophysen

Die mikroskopischen Untersuchungen zeigen eine Reihe von Gemeinsamkeiten der untersuchten Lithophysenproben aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs (Abb. 13, 14). Vorherrschend ist eine feinkörnige, dichte Grundmasse von meist hellgrauer bis bräunlicher Farbe. Kathodolumineszenz-Untersuchungen zeigen feinkörnige Verwachsungen von Kalifeldspat (hellblaue KL) und Quarz (dunkelblaue KL – Abb. 13a/b). Die Matrix ist kaum glasig ausgebildet und enthält keine Glas-Shards oder Bims-Partikel. Pigmentierungen durch Eisenverbindungen führen z.T. zu rotbraunen bis dunkelbraunen Schlieren und Flecken.

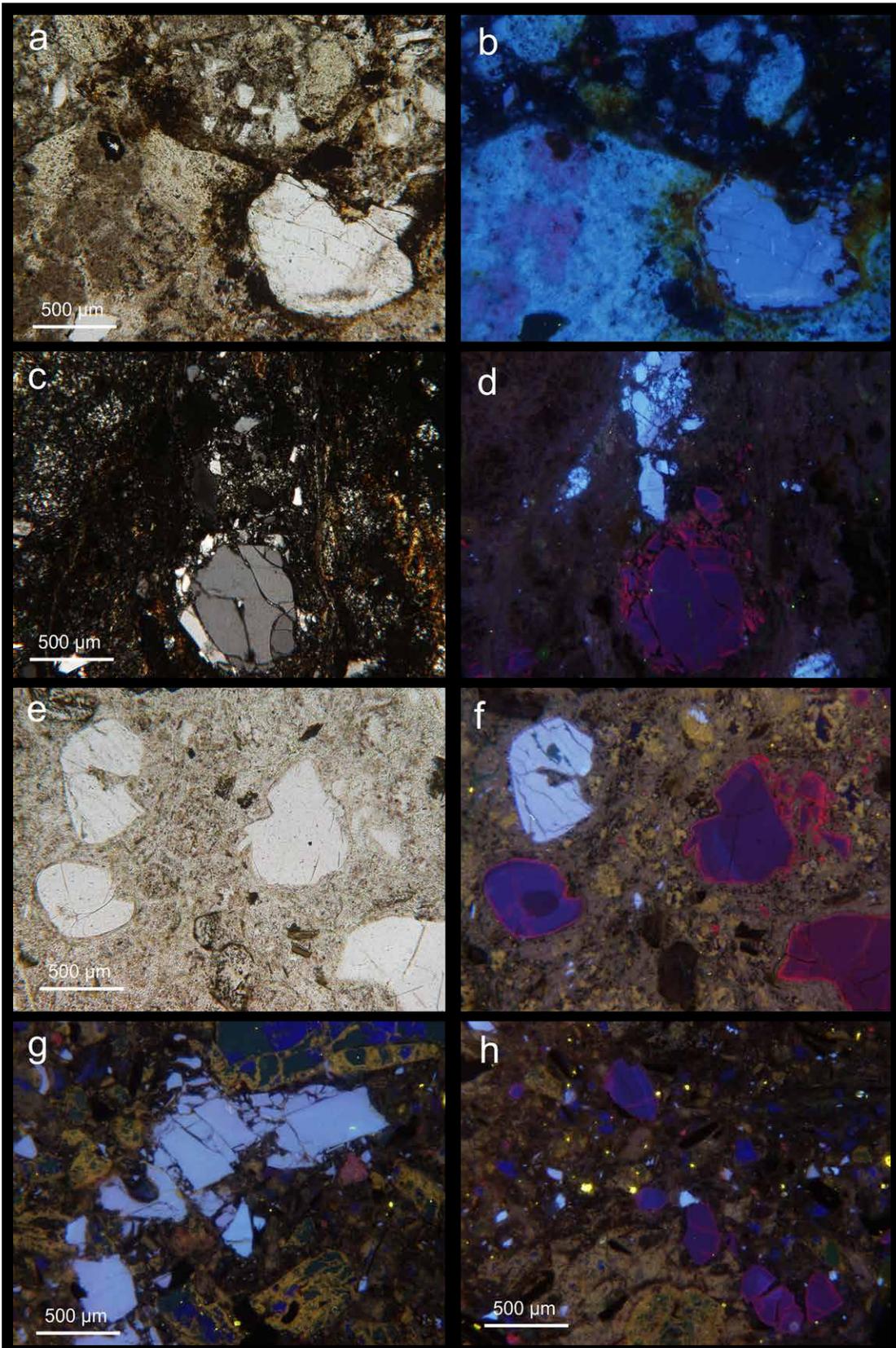
Im Gegensatz zu den Lithophysen aus dem Kemmlitzer Ryolith (Götze et al. 2017) konnten an keiner Probe aus dem Leisniger Porphyр Anhaftungen oder reliktsche Bereiche von Pechstein mit perlitischen Sprüngen nachgewiesen werden, die evtl. Hinweise auf die Bildung in einem glasigen Milieu geben könnten. In der Probe von Marschwitz ist ein angedeutetes Fließgefüge zu erkennen. Mit Ausnahme der Lithophysen von Burgstall, Hausdorf und Tautendorf sind häufig Bereiche mit sphärolithischer Textur zu sehen, die Hinweise auf Entglasungsvorgänge geben. Diese sphärolithischen Bildungen sind oftmals an Randbereiche von Einsprenglingskristallen gebunden, die offenbar als Kristallisationskeime gewirkt haben, können aber auch großflächig in der Matrix ausgebildet sein (Abb. 13c/d). Sekundäre Trümer durchziehen teilweise die primäre Matrix und durchschlagen dabei häufig auch die größeren Einsprenglings-Kristalle (Abb. 13e/f). In einigen Bereichen resultieren sekundäre Silifizierungen in einer Vergrößerung der ansonsten mikrokristallinen Grundmasse und führten in einigen Lithophysen auch zur Hohlraumfüllung mit Achat (Abb. 13g/h).

Generell liegt der Anteil der Einsprenglinge in der Matrix zwischen 10–15 % und ist somit in allen Proben recht einheitlich. Als Phänokristen treten Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und Biotit auf (Abb. 13a/b). Frischer Plagioklas konnte nur in den Proben von Klosterbuch und vom Rosenberg nachgewiesen werden (Abb. 14e/f), ansonsten lassen kaolinisierte leistenförmige Phänokristen an Hand ihrer Ausbildung auf ehemalige Plagioklase schließen, die komplett alteriert sind (Abb. 14g/h).

Quarzphänokristen, z.T. mit Einschlüssen von Schmelzrelikten und Apatit, wurden in allen untersuchten Lithophysen mit Ausnahme der Proben von Lauscha und Klosterbuch nachgewiesen. Die Größe der Einsprenglinge schwankt etwas innerhalb der Proben und zwischen den Lokalitäten (ca. 0,2–1,9 mm). Insgesamt bewegt sich die Hauptkorngroße der Quarzphänokristen um einen Wert zwischen 0,5–1 mm (Abb. 8). Die Quarzphänokristen sind meist hypidiomorph ausgebildet und haben abgerundete Ecken. In allen Proben sind leichte bis starke Resorptions- und Korrosionserscheinungen zu beobachten (Abb. 14a–c). In der Kathodolumineszenz zeigen die Quarze einheitliche Charakteristika. Typisch ist eine violett-blaue Lumineszenz mit teilweise leichter Zonierung, im Randbereich ist ein charakteristischer roter Saum erkennbar (Abb. 14a–c).

Kalifeldspäte sind als weitere Mineralgruppe als Phänokristen in den Lithophysen nachzuweisen. Die Kalifeldspäte zeigen eine hellblaue Lumineszenz und sind teilweise zoniert (Abb. 14e/f). Die überwiegende Mehrheit der Kalifeldspat-Phänokristen ist noch gut erhalten und zeigt nur randlich beginnende Alterationserscheinungen, die durch bräunliche KL sichtbar sind (Abb. 14d). Allerdings sind in etlichen Fällen Anzeichen von Brekzierungen und nachträglicher Verheilung sichtbar, die auf mechanische Beanspruchung während der Platznahme des Vulkanits hinweisen (Abb. 14f).

Abb. 11 | Mikrofotos von **Gangporphyren** im Durchlicht (parallele bzw. gekreuzte Polarisatoren); **a/b** – Gangporphyр von Lauscha (5LaGP) mit parkettiertem und silifiziertem Gefüge der Matrix; Kalifeldspat und Biotit sind alteriert; **c/d** – komplett alteriertes Agglomerat von Feldspäten und Biotit im Gangporphyр von Lauscha (Probe 5LaKZ); **e/f** – Gangporphyр von Tautendorf (9TaGP) mit zertrümmerten Quarzphänokristen und reliktschen perlitischen Sprüngen in der Matrix; **g/h** – Probe Polditz mit feinkristalliner Matrix, Biotit-Leisten und größeren Quarzphänokristen sowie kleineren Bruchstücken.



Rochlitz-Ignimbrit

Die Gesteinsmatrix bei allen Proben des Rochlitz-Ignimbrits ist sehr ähnlich ausgebildet, dunkel rot-braun bis grau-braun mit deutlichem horizontalem Pseudo-Fluidalgefüge (Abb. 15). Große Teilbereiche sind glasig erhalten (optisch isotrop – Abb. 15a/b). Fiamme sind in der Regel stark alteriert und im Gefüge eingeregelt (Abb. 15c/d). Glas-Shards konnten nicht nachgewiesen werden.

Der Anteil der Einsprenglings-Kristalle ist extrem hoch und reicht von ca. 10% in der Probe vom Scheergrund (3SGRi) bis $\geq 30\%$ im Steinbruch Lastau (14LRI – Abb. 15e/f). Dabei ist ein hoher Anteil an Quarz-Phänokristen zu verzeichnen, gefolgt von Kalifeldspat und kleinen Biotit-Kristallen (Abb. 8). Teilweise sind Quarz-Kristalle mit Biotit verwachsen, was zur Wachstumsbehinderung führt (Abb. 15a/b). Primäre Plagioklas-Phänokristen sind im Prinzip keine vorhanden. Mögliche ehemalige Plagioklas-Leisten sind an der äußeren Form erkennbar, sind aber komplett alteriert (kaolinisiert – Abb. 16d). Kalifeldspäte sind in der KL deutlich zoniert und zeigen eine hellblaue Lumineszenz (Abb. 16c,f). Akzessorischer Zirkon zeigt eine gelbe KL, Apatit konnte nicht nachgewiesen werden. Quarz-Phänokristen zeigen eine bimodale Korngrößenverteilung (Abb. 8) und auch die Form zeigt eine große Bandbreite von idiomorph bis xenomorph und gerundet (Abb. 15f, 16b, d, f). Neben großen Einsprenglingen gibt es zahlreiche kleinere Kristalle und Bruchstücke, die oft in der Matrix eingeregelt sind (Abb. 15c/d). Resorptionserscheinungen konnten kaum beobachtet werden. Quarz-Phänokristen weisen eine blaue KL (Abb. 16b, d, f) ohne deutliche Zonierungen und mit nur teilweise angedeuteten roten Randsäumen auf. Oft sind die Quarz-Einsprenglinge mechanisch brekziiert, aber nicht getrennt.

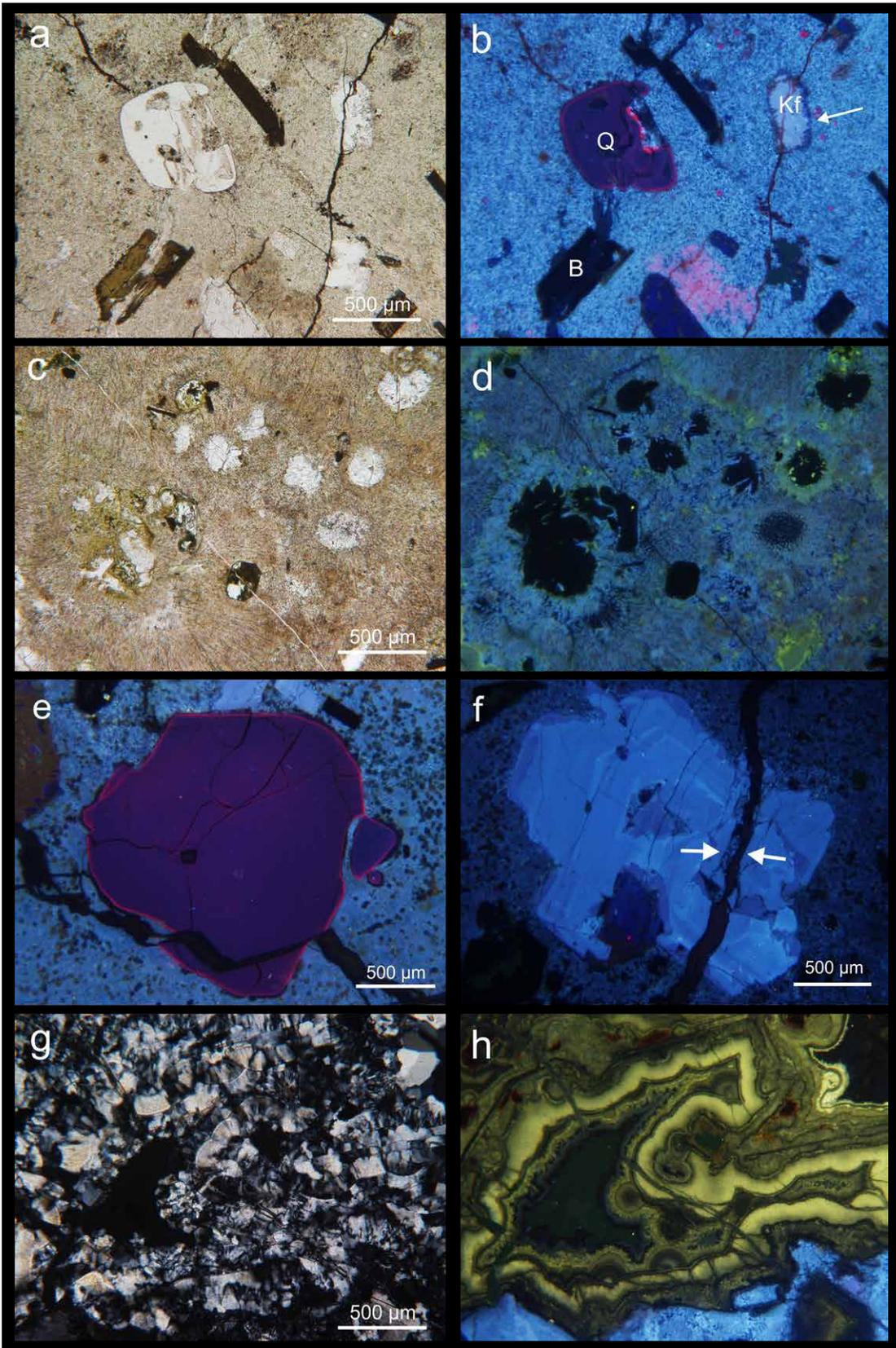
Seifersdorfer Porphy

Der Seifersdorfer Porphy weist eine sehr homogene, feinkörnige Matrix ohne erkennbares Fließgefüge auf. Das Gestein ist hell und wenig alteriert. Der Anteil an Phänokristen beträgt ca. 10%; dabei sind teilweise Agglomerate aus vielen Einzelkristallen von Quarz, Kalifeldspat und Biotit (glomerophyrisches Gefüge – Abb. 17e/f) oder epiktaktische Anwachssäume zu beobachten (Abb. 18b).

Dominanter Bestandteil der Einsprenglingskristalle ist Quarz, der sowohl in Größe (Abb. 8) als auch Form (hypidiomorph bis gerundet) auftreten kann (Abb. 17a–d). Resorptionserscheinungen fehlen fast völlig, dafür sind Verwachsungen mit Biotit (Wachstumsbehinderung) zu erkennen (Abb. 17a/b). Die Quarzkristalle sind durch eine blau-violette bis rot-violette KL gekennzeichnet weisen keine sichtbaren Zonierungen auf (Abb. 18b, f). Kalifeldspat zeigt in der KL z. T. deutliche Zonierungen von hellblau bis grün-blau (Abb. 18a, d). Ehemalige Plagioklase sind komplett alteriert (kaolinisiert) und nur an Hand der äußeren Form erkennbar (Abb. 18b). Akzessorischer Zirkon und Apatit sind in der KL durch ihre helle gelbe Lumineszenz erkennbar.

In einigen Bereichen/Zonen sind Quarz und Kalifeldspat komplett kataklasiert (Abb. 18c–f). Es könnte sich hier um Scherzonen mit hoher mechanischer Beanspruchung handeln. Die Zertrümmerung ist vor allem in den Quarzkristallen durch eine rote Lumineszenz gekennzeichnet (hohe Konzentration von Gitterdefekten; Götze 2012).

Abb. 12 | Mikrophotos von **Gangporphyren** verschiedener Vorkommen im Verbreitungsbereich des Leisniger Porphyrs; **a/b** – Gangporphy Lauscha (5LaGP-5) im Durchlicht (a) und KL-Modus (b) mit brekziiertem Kalifeldspat in brekziiertem Matrix; **c/d** – das Mikrofoto (polarisiertes Licht/KL) des Gangporphyrs Tautendorf (9TaGP-4) zeigt kataklasierte Phänokristen von Kalifeldspat und Quarz (Scherzone?); **e/f** – Durchlicht/KL-Mikrofotos des Gangporphyrs Tautendorf (9TaGP-5) mit Quarz- und Kalifeldspat-Phänokristen in Matrix mit reliktschen perlitischen Sprüngen; **g** – KL-Mikrofoto von komplett brekziiertem Kalifeldspat und alterierten/kaolinisierten Phänokristen (ehemalige Plagioklase?) im Gangporphy von Podelwitz (12PoGP-4); **h** – KL-Mikrofoto des Gangporphyrs von Podelwitz (12PoGP-2) mit einer Matrix mit reliktschen perlitischen Sprüngen und kleinen Kristallen bzw. Bruchstücken von Kalifeldspat (hellblau), Quarz (dunkelblau) und Apatit (gelb).



5 Diskussion und Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Arbeit wurden 12 Proben von Lithophysen aus dem Verbreitungsbereich des Leisniger Porphyrs mittels mineralogischer und chemischer Analytik untersucht und mit 6 Proben des Leisniger Porphyrs i.e.S. sowie je 4 Proben von Gangporphyren und Pechsteinen aus dem Gebiet des Leisniger Porphyrs verglichen. Weiterhin wurden drei Proben des Rochlitz-Ignimbrits (Rochlitz-Formation) und eine Probe vom Seifersdorfer Porphyry (Kohren-Formation) in die Untersuchungen einbezogen.

Mineralogie und Geochemie der Vulkanite

Die geochemischen Daten aller untersuchten Gesteine sind auffallend homogen (Abb. 4, 5). Anhand der geochemischen Charakteristika lassen sich die untersuchten sauren Vulkanite überwiegend als Rhyolith einstufen oder plotten in den Übergangsbereich zwischen Rhyolith und Rhodazit/Dazit, wobei mögliche sekundäre SiO_2 -Anreicherungen zu berücksichtigen sind. Auftretende Unterschiede sind im Wesentlichen auf sekundäre Alterationen zurückzuführen. Anhand der chemischen Zusammensetzung lassen sich der Rochlitz-Ignimbrit und der Seifersdorfer Porphyry nicht von den Gesteinen des Leisniger Porphyrs abgrenzen. Auch der Differentiationsindex nach Thornton & Tuttle (1960) zeigt weitgehende Übereinstimmungen zwischen den unterschiedlichen Gesteinen (Abb. 19). Eine zeitliche Entwicklung, wie sie von Wetzel et al. (1995) postuliert wurde, konnte nicht nachgewiesen werden. Diese geochemischen Ähnlichkeiten legen den Schluss nahe, dass alle Gesteine möglicherweise aus dem gleichen Magmen-Reservoir stammen könnten.

Die phasenanalytischen Untersuchungen erbrachten ebenfalls eine monotone Mineralzusammensetzung, die von Quarz, Kalifeldspat und Biotit dominiert ist. Die hohen Gehalte der Kalifeldspat-Phase Sanidin weisen auf hohe Bildungstemperaturen und schnelle Abkühlung hin, was typisch für saure Vulkanite ist.

Plagioklas wurde als primärer Einsprengling nur in den Pechsteinproben sowie zwei Lithophysen (Klosterbuch, Rosenberg) und einer Probe des Leisniger Porphyrs (Klosterbuch) nachgewiesen. Allerdings lässt sich anhand der Morphologie von kaolinisierten ehemaligen Einsprenglingen schlussfolgern, dass Plagioklase möglicherweise primär vorhanden waren und vollständig in Tonminerale umgewandelt wurden. Die feinkörnige Grundmasse ist in den meisten Proben dagegen gut erhalten und zeigt vielfältige Entglasungserscheinungen (vor allem sphärolithische Bildungen) und enthält neben Kalifeldspäten und Quarz auch feinkörnige Anteile von Muskovit (Serizit). Das übereinstimmende Erscheinungsbild der Phänokristen in den verschiedenen Gesteinen des Leisniger Porphyrs, insbesondere der Quarzeinsprenglinge, sowie die übereinstimmenden KL-Eigenschaften aller Quarz- und Kalifeldspat-Phänokristen deuten auf eine Herkunft aus einer gemeinsamen Schmelze bzw. einer Schmelze vergleichbarer Zusammensetzung hin. Die Quarzkristalle zeigen in der Kathodolumineszenz alle eine tiefblaue Lumineszenz mit leichter Zonierung. Die Randbereiche sind durch rote Säume gekennzeichnet, die wahrscheinlich von der Reaktion mit der Schmelze herrühren. Dieser Fakt, zusammen mit den vorhandenen Resorptionserscheinungen, spricht für eine Auskristallisation der Quarzphänokristen zu einem frühen Zeitpunkt in der Magmenkammer.

Die Vulkanite im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs zeigen zwar keine Unterschiede im generellen Mineralbestand, insgesamt weisen die verschiedenen Gesteinstypen gleicher Lokalität aber mehr Ähnlichkeiten auf als der jeweils gleiche Gesteinstyp im Vergleich unterschiedlicher Vorkommen. Vor allem im Fall der Proben des Leisniger Porphyrs selbst gibt es regional drastische Unterschiede in Mineralbestand und Gefüge.

Abb. 13 | Mikrophotos mit typischen Mineralassoziationen und Texturen der *Lithophysen* aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs; **a/b** – Durchlicht- und KL-Bild einer Probe vom Burgstall (BurLi) mit feinkristalliner Matrix aus Kalifeldspat und Quarz sowie Phänokristen von Quarz (Q), Kalifeldspat (Kf) und Biotit (B); **c/d** – Durchlicht- und KL-Bild mit typischer sphärolithischer Entglasungs-Textur in einer Lithophyse von Klosterbuch (KlobLi); **e/f** – KL-Mikrofotos eines Quarzphänokristen (e) sowie eines zonierten Kalifeldspats (f) einer Lithophyse von Queckhain (Queli), die durch ein sekundäres Quarztrum durchschlagen wurden; **g/h** – Mikrophotos im polarisierten Licht und KL von sekundärer SiO_2 -Mineralisation mit Achatbildung in einer Lithophyse von Podelwitz (PoLi).

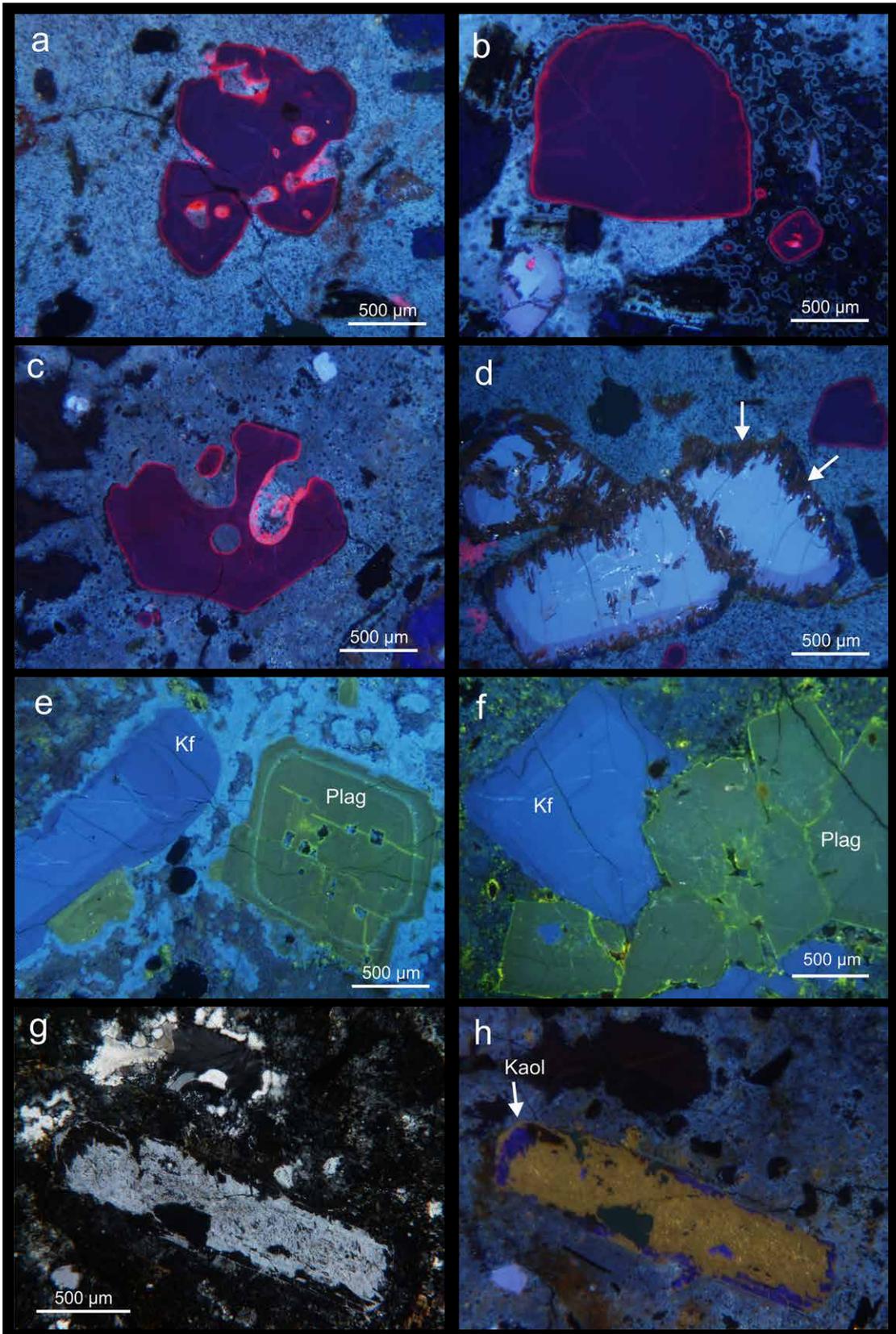
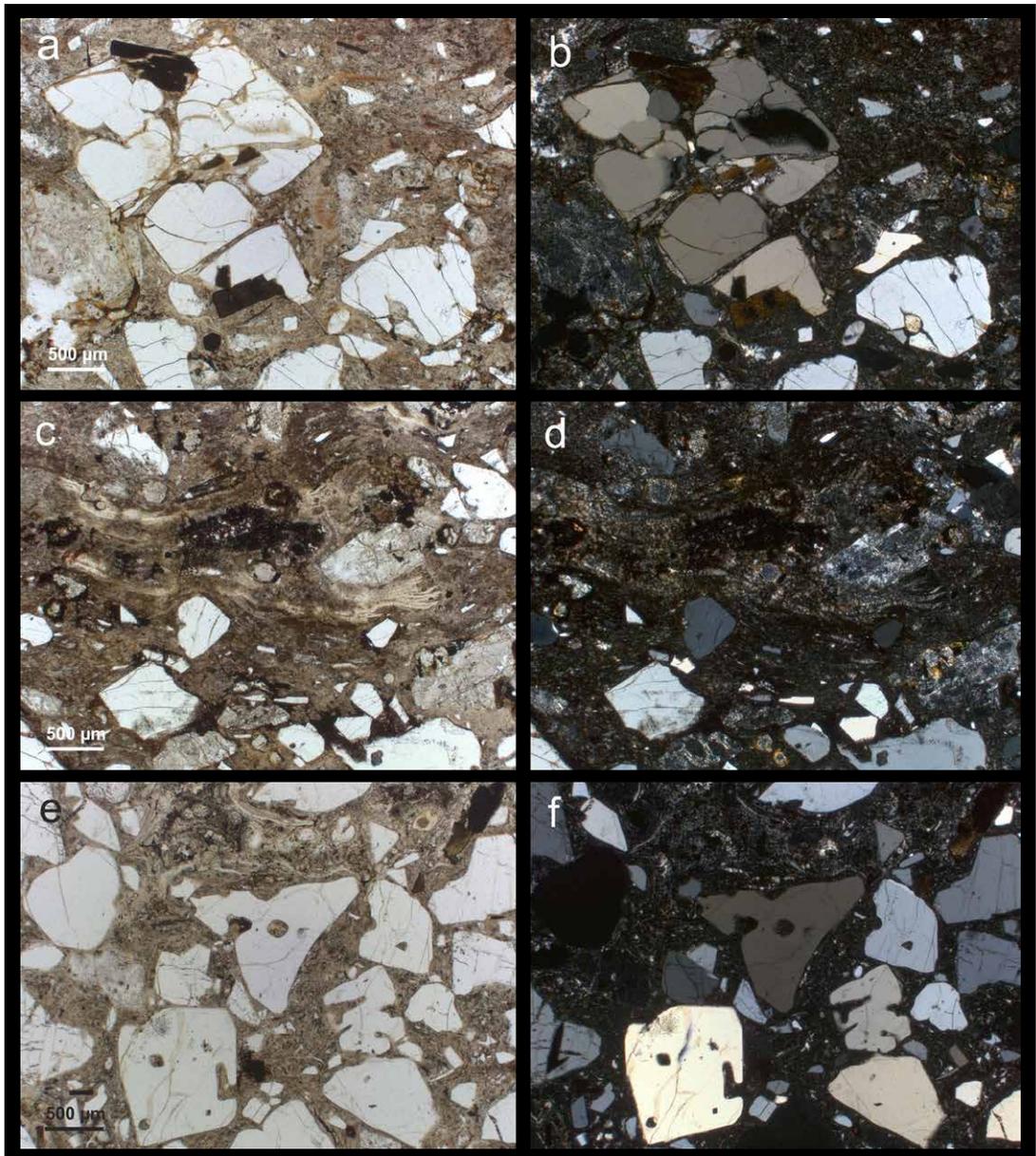


Abb. 14 | KL-Mikrophotos von Phänokristen aus *Lithophysen* verschiedener Vorkommen: **a-c** – Quarzphänokristen vom Burgstall (a – BurLi), Podelwitz (b – PoLi) und Queckhain (c – QueLi); alle Quarze zeigen eine charakteristische Ausbildung mit Lösungs- und Resorptionserscheinungen sowie typische blau-violette KL mit roten Randbereichen; **d** - Feldspat-Phänokrist in einer Lithophyse vom Burgstall (BurLi) mit typischer hellblauer KL und randlichen Alterationserscheinungen (Pfeile); **e** – große, zonierte Einsprenglinge von Kalifeldspat (Kf) und Plagioklas (Plag) in einer Lithophyse von Kosterbuch (KlobLi); **f** – Lithophyse vom Rosenberg (RoLi) mit glomerophyrischem Agglomerat aus Kalifeldspat- (Kf) und Plagioklas-Kristallen (Plag); **g/h** – Mikrofotos (polarisiertes Licht/ KL) eines komplett alterierten Plagioklas-Kristalls mit Kaolinit (Kaol) im Randbereich in einer Probe von Queckhain (QueLi).

Abb. 15 | Mikrofotos vom *Rochlitz Ignimbrit* im Durchlicht (parallele bzw. gekreuzte Polarisatoren); **a/b** – Probe aus dem Steinbruch Großwatzschen (2GWRI) mit dichter, z. T. glasiger (isotroper) Matrix und hohem Anteil von Quarzphänokristen, verwachsen mit Biotit (Wachstumsbehinderung?); **c/d** – Rochlitz Ignimbrit aus dem Steinbruch Scheergrund (3GRI) mit deutlichem horizontalem Pseudofließgefüge, eingeregeltten Fiamme und teilweise alterierten Phänokristen (vor allem Feldspat); **e/f** – Rochlitz Ignimbrit aus dem Steinbruch Lastau (14LRI) mit extrem hohem Anteil von Quarzphänokristen unterschiedlicher Ausbildung.



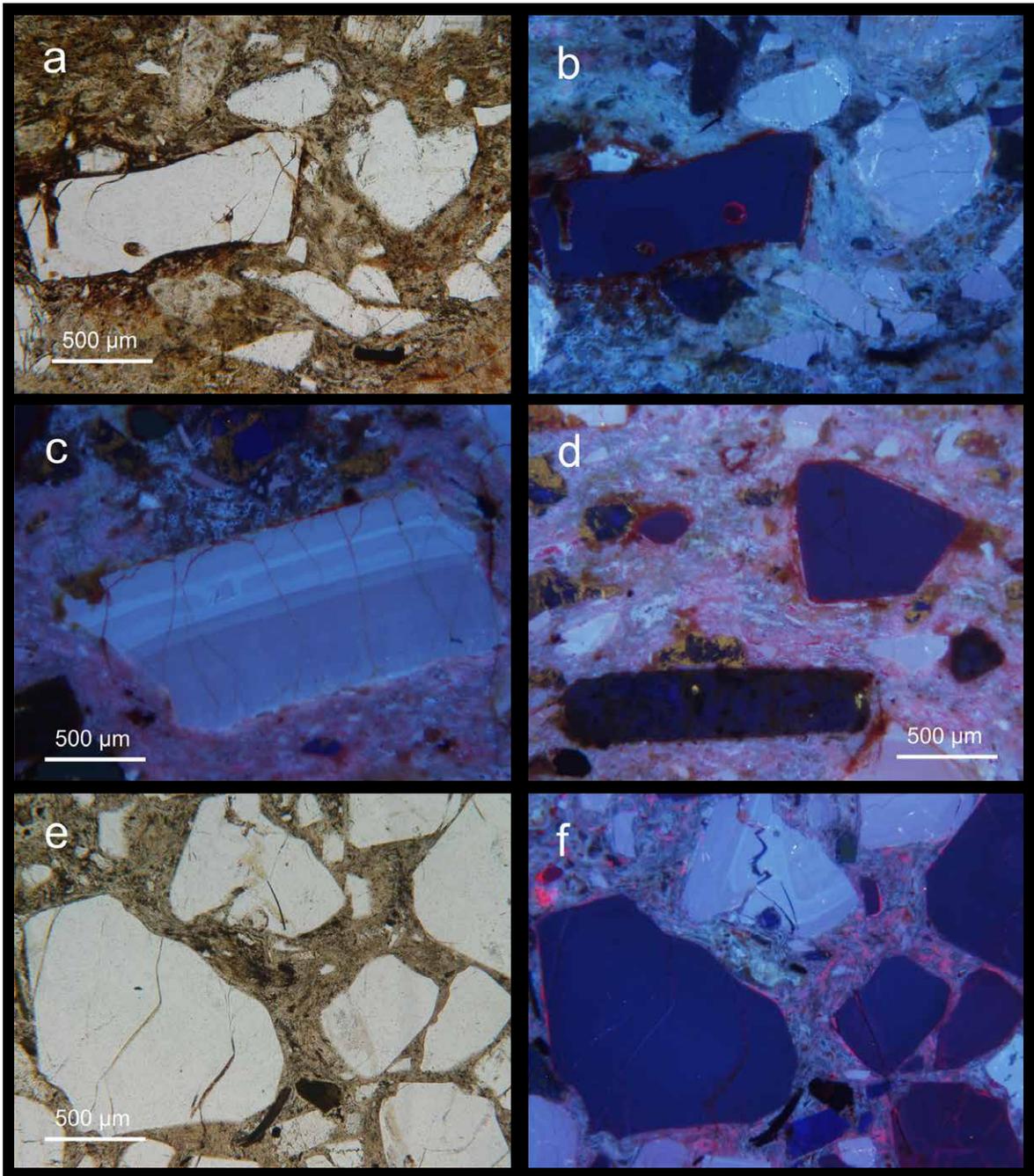


Abb. 16 Mikrophotos vom *Rochlitz Ignimbrit* (a, e Durchlicht, b, c, d, f KL) verschiedener Vorkommen im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs; **a/b** – Pseudofluidalgefüge mit Bruchstücken von Quarz und zoniertem Kalifeldspat im Rochlitz Ignimbrit aus dem Steinbruch Großswaitzchen (2GWRI); **c** – großes, zoniertes Bruchstück von Kalifeldspat im Rochlitz Ignimbrit vom Scheergrund (3SGRI); **d** – idiomorpher Quarz-Phänokrist und komplett kaolinisierter, leistenförmiger ehemaliger Plaioklas in Pseudofluidalgefüge einer Probe vom Scheergrund (3SGRI); **e/f** – dichte Anhäufung von zerbrochenen Quarz- und Kalifeldspat-Phänokristen im Rochlitz-Ignimbrit von Lastau (14LRI).

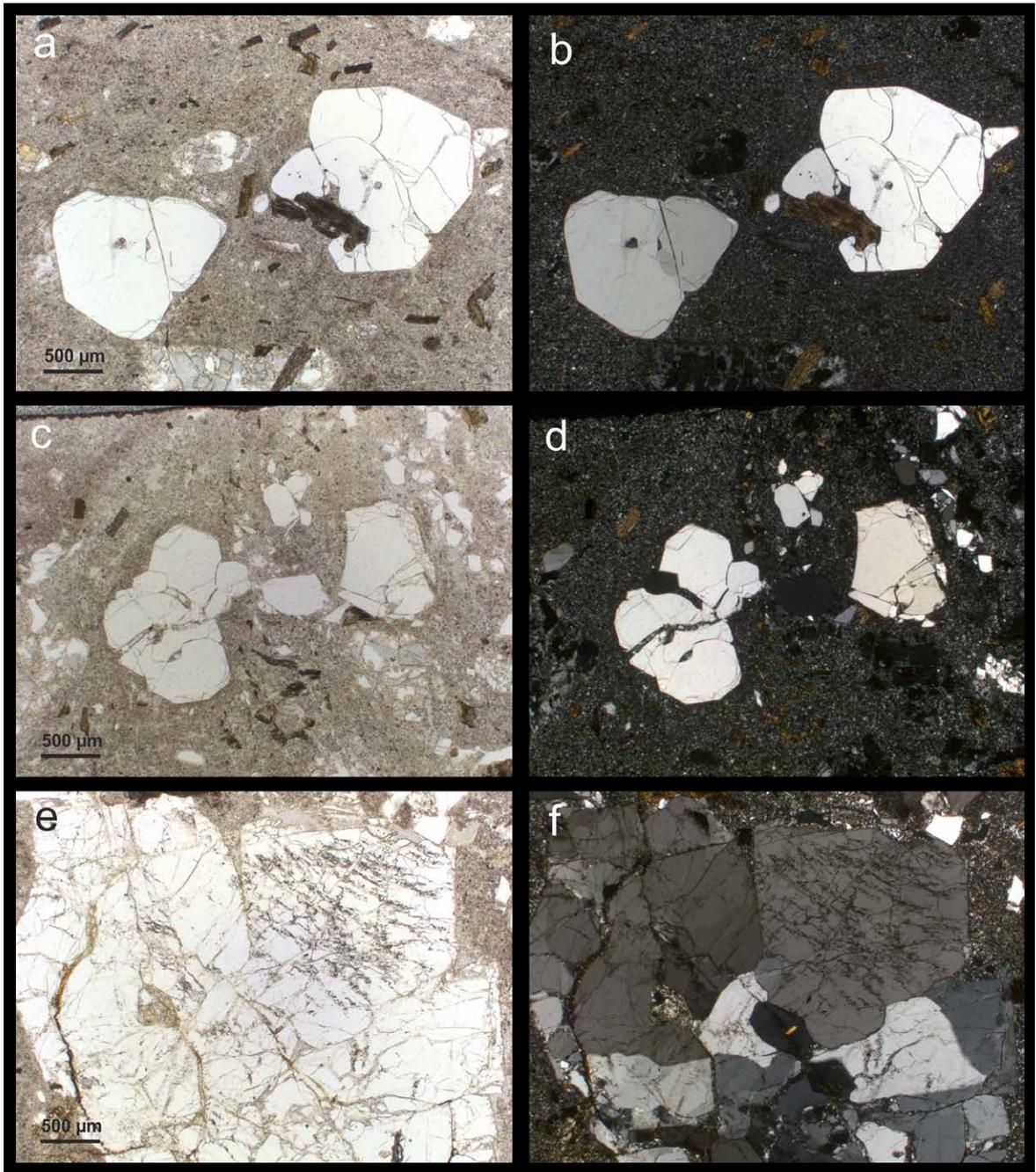


Abb. 17 | Mikrofotos vom *Seifersdorfer Porphyry* (Seifersdorf – 10SeiP) im Durchlicht (parallele bzw. gekreuzte Polarisatoren); **a/b** – homogene, extrem feinkörnige Matrix mit nahezu idiomorphen Quarz-Phänokristen; Verwachsung mit Biotit (Wachstumsbehinderung?); **c/d** – Quarzphänokristen und zerscherte? Bruchstücken; **e/f** – großes glomerophrysches Agglomerat (Synneusis?) von Quarz und Kalifeldspat.

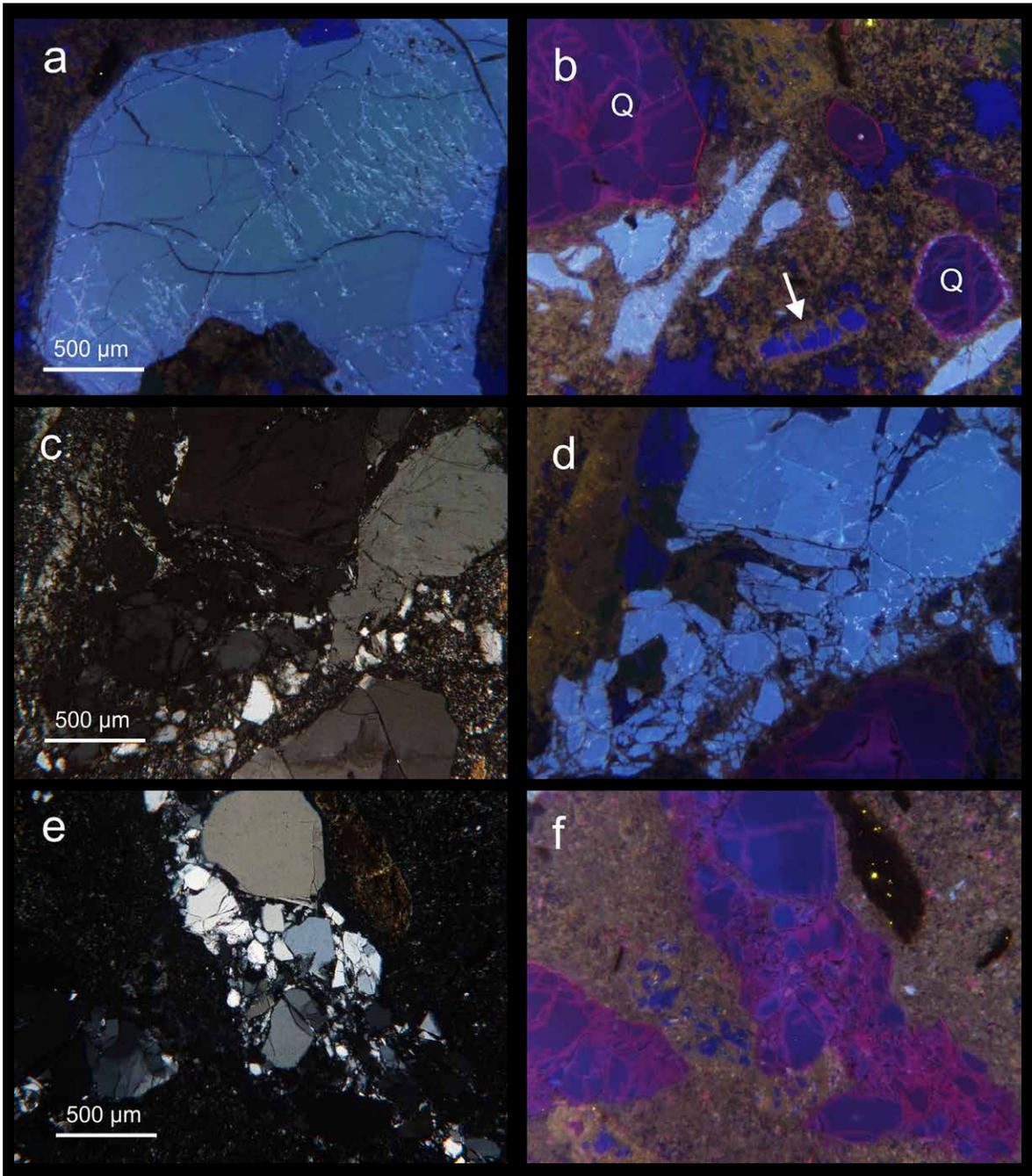


Abb. 18 | Mikrophotos im polarisierten Licht (c, e) und KL-Modus (a, b, d, f) des *Seifersdorfer Porphyrs* von Seifersdorf (10SeiP); **a** – KL-Mikrofoto eines großen, schwach zonierten Kalifeldspat-Kristalls in feinkristalliner Matrix; **b** – Kalifeldspat (hellblaue KL), brekziierter Quarz (Q) und kaolinisierter ehemaliger Plagioklas (Pfeil) in bräunlich lumineszierender Matrix; **c/d** – kataklasierter Kalifeldspat auf Scherzone; **e/f** – kataklasierter Quarz auf Scherzone; die zertrümmerten Bereiche sind durch rote KL gekennzeichnet.

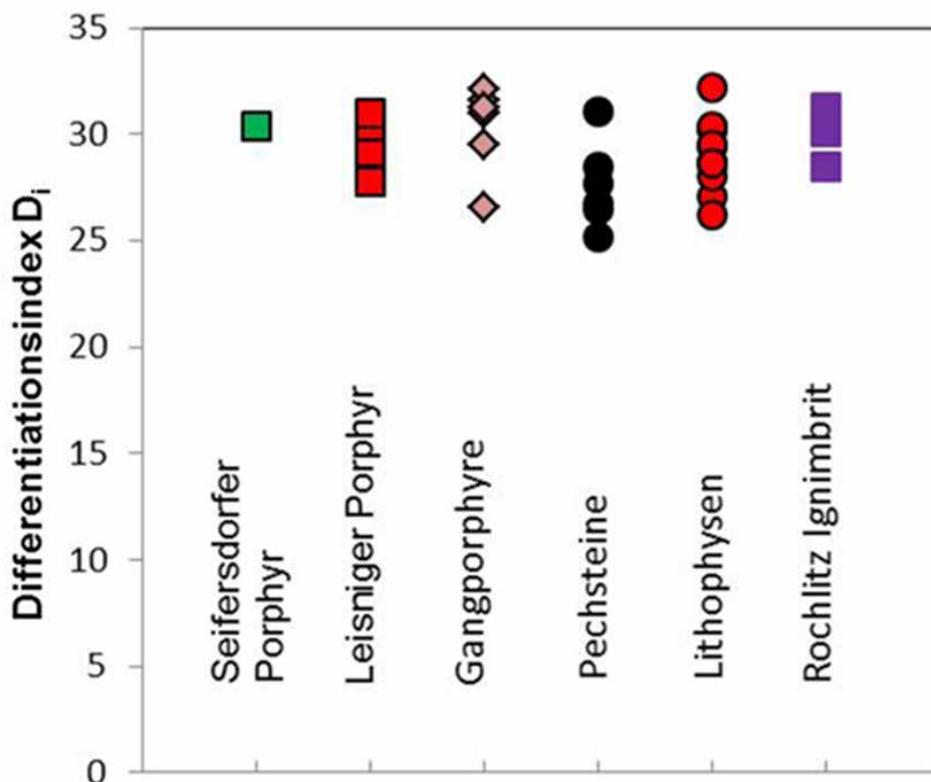


Abb. 19 | Differentiationsindex D_i nach Thornton & Tuttle (1960) der untersuchten Gesteine und Lithophyzen aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs.

Das bestätigt Aussagen von Eigenfeld (1978) der die Bildung des Leisniger Porphyrs aus heterogen ausgebildeten Laven ableitete. Auch Röllig (1976) schloss an Hand von Geländebefunden und Xenolithgehalt der Gesteine auf mehrphasige Lavaergüsse.

So variiert der Anteil der Einsprenglinge in der Matrix in den Proben aus dem Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs sehr stark. In den Proben von Lauschka konnten keine Quarz-Phänokristen nachgewiesen werden. Auch die Korngrößen von Quarz- und Biotit-Phänokristen (und deren Erhaltungszustand) zeigen eine breite Varianz (vgl. Abb. 8). Das Vorkommen von hypidiomorphen Quarzphänokristen und gut erhaltenen Kalifeldspäten sowie das Fehlen von Glas-Shards und Fiamme (Bimsfetzen) unterstreichen, dass es sich bei den vulkanischen Ablagerungen im Untersuchungsgebiet um Laven und keinen Pyroklastit (Ignimbrit) handelt.

Der Rochlitz-Ignimbrit weist dagegen eindeutige Merkmale eines Ignimbrits auf (Pseudo-Fluidalgefüge, zerbrochene Phänokristen, Fiamme) und unterscheidet sich im Mineralbestand und Phänokristen-Anteil (bis 30 %) damit von den Proben des Leisniger Porphyrs. Vor allem die Korngrößen von Quarz und Biotit sind wesentlich homogener als in den Proben vom Leisniger Porphy (Abb. 8). Die Quarze zeigen eine mehr oder weniger homogene blaue KL und kaum rote Säume.

Der Seifersdorfer Porphy ist ein klassischer Porphy mit typischen Gefügemerkmalen einer Lava. Der Seifersdorfer Porphy lässt sich auf Grund der charakteristischen Merkmale vom Leisniger Porphy abgrenzen (homogenere Phänokristen, mehr Quarz, sehr homogene Matrix). Die Phänokristen im Seifersdorfer Porphy sind in der Regel besser erhalten und zeigen überwiegend idiomorphe bis hypidiomorphe Ausbildung und auch andere KL-Eigenschaften als die Gesteine des Leisniger Porphyrs.

Zeitliches Szenario

Das zeitliche Szenario der vulkanischen Ereignisse kann gegenwärtig nicht detailliert eingeordnet werden. Eigenfeld (1978) leitet die Bildung des Leisniger Porphyrs aus heterogen ausgebildeten Laven ab und ordnete diese Laven einem präignimbritischen vulkanischen Ereignis zu. Röllig (1976) schloss an Hand von Geländebefunden und Xenolithgehalt der Gesteine auf mehrphasige Lavaergüsse aus einem Förderzentrum im Osten im Bereich Klosterbuch-Scheergrund. Bei Annahme einer Lava als Edukt für den Leisniger Porphyr könnten Gangporphyre und gangförmige Pechsteine spät den Leisniger Porphyr durchschlagen haben und später durch die Abfolgen des Rochlitz Ignimbrits überlagert worden sein. Es existieren Vermutungen, dass die Gangporphyre möglicherweise kristallisierte und alterierte Äquivalente der Pechsteine im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs sein könnten. Es wird davon ausgegangen, dass beide den Leisniger Porphyr vertikal durchschlagen haben. Hinweise zu vertikalen Gefügen waren in einigen Pechsteinen und Gangporphyren ansatzweise erhalten. Rekristallisation und sekundäre Überprägungen führten zu einer starken Veränderung der Primärgefüge, so dass leider diese Merkmale nicht (mehr) in allen Gesteinen nachzuweisen sind.

Neuere Untersuchungen ergaben jedoch, dass es sich beim Leisniger Porphyr möglicherweise um einen Lakkolith handelt, der sich durch die Einschiebung von porphyrischen Schmelzen in die Porphyrtuff-Lagen der Kohren-Formation ausgebildet hat (Rehda 2018). Bei der Bildung eines Lakkoliths würde sich für den Leisniger Porphyr trotz seiner Position im Liegenden des Rochlitz-Ignimbrits ein jüngerer Alter ergeben, wahrscheinlich in der frühen Oschatz-Formation. Nach Auswertung von Bohrdaten (Rehda 2018) ergibt sich möglicherweise ein Lakkolith-Komplex, der aus mehreren Loben z. T. unterschiedlicher Einsprenglings-Zusammensetzung aufgebaut wurde. Gangporphyre und Pechsteine, die den Leisniger Porphyr durchschlagen, im Rochlitz-Ignimbrit aber nicht zu finden sind und auch keine petrographischen Gemeinsamkeiten mit dem Rochlitz-Ignimbrit aufweisen, wären dann wiederum zeitlich nach der Platznahme des Lakkoliths einzuordnen.

Zuordnung der Lithophysen

Eine entscheidende zu klärende Frage war die Zuordnung der sphärolithischen Bildungen (Lithophysen) im Bereich des Leisniger Porphyrs zu einem vulkanischen Eduktgestein. Die mineralogisch-petrographischen und geochemischen Merkmale der Lithophysen lassen sich mit guter Übereinstimmung den verschiedenen Gesteinstypen des Leisniger Porphyrs zuordnen (Leisniger Porphyr i.e.S, Gangporphyre, Pechsteine), wobei jedoch teilweise lokale Besonderheiten zu verzeichnen sind (z. B. das Fehlen von Quarz-Phänokristen in Lauschka). Dies lässt die Vermutung zu, dass sowohl die Vulkanite im Verbreitungsgebiet des Leisniger Porphyrs als auch die Lithophysen einem gemeinsamen Magmen-Reservoir entstammen. Dagegen lässt sich der Rochlitz-Ignimbrit auf Grund der mineralogischen und textuellen Unterschiede zu den Lithophysen als Muttergestein ausschließen.

Obwohl die Ähnlichkeiten in Mineralogie, Geochemie und Ausbildung der Phänokristen von Lithophysen und Leisniger Porphyr auffällig sind, konnten bisher im massiven, porphyrisch ausgebildeten Vulkanit keine Lithophysen nachgewiesen werden. Aus Geländebeobachtungen wurde geschlossen, dass Lithophysen vor allem an Kreuzungspunkten der Gangporphyre mit dem Leisniger Porphyr auftreten. Leider gibt es weder aus Geländebeobachtungen im Anstehenden noch aus Bohrungen den direkten Nachweis von Lithophysen im Muttergestein. In der Regel liegen die Lithophysen oberflächennah im alterierten Gesteinszersatz (Ton) vor.

Ob es sich bei den Lithophysen um Bildungen im glasigen Randbereich des Vulkanitkörpers oder im Bereich gangartiger Pechsteinablagerungen handelt, die evtl. auch entglast sein können, lässt sich derzeit nicht feststellen. Reliktische Anhaftungen von Pechsteinen mit typischen perlitischen Sprüngen, wie sie im Bereich des Kemmlitzer Rhyoliths auftreten, konnten in den Lithophysen aus dem Leisniger Raum nicht nachgewiesen werden. Obwohl eine Genese in glasigen Bereichen des Vulkanits sehr wahrscheinlich ist, konnte dies bisher nicht bestätigt werden, kann aber auch nicht endgültig ausgeschlossen werden. Aus den vorliegenden Ergebnissen ist bezüglich der Zuordnung der Lithophysen zu einem bevorzugten Gesteinstyp keine endgültige Aussage zu treffen.

Dank

Die Autoren bedanken sich bei Doreen Ebert, Nele Jensen und Juliane Forkert, Freiberg, für die Unterstützung bei Vorbereitungen und Durchführung der mineralogisch-geochemischen Untersuchungen.

Literatur

- Breitkreuz, C. (2013): Spherulites and lithophysae – 200 years of investigation on high-temperature crystallization domains in silica-rich volcanic rocks. – *Bulletin of Volcanology*, **75**: 705–720.
- Breitkreuz, C. (2016): Die Vulkanite und Subvulkanite im Geopark Porphyryland: Ein spätpaläozoischer Supervulkan-komplex. In: Heß, V., Rascher, J. & Zellmer, H. (Hrsg.): Kultur.Wert.Stein. Verantwortung und Chancen für Geo-parks. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., **88**: 67–72.
- Doebelin, N. & Kleeberg, R. (2015): Profex: a graphical interface for the Rietveld refinement program BGMN. – *Journal of Applied Crystallography*, **48** (5): 1573–1580.
- Eigenfeld, F. (1978): Zur geologischen Entwicklung der vulkanischen Gesteine im Süd- und Ostteil des NW-Säch-sischen Vulkanitkomplexes. – Dissertation, Fachber. Geol. Wiss., Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, 236 S.
- Gläßer, W. (1983): Beitrag zur Petrologie und Vulkanologie der andesitoiden Vulkanite Nordwestsachsens. – Halle-sches Jahrbuch für Geowissenschaften, **8**: 1–30.
- Gold, C. (2011): Sedimentologie und Paläontologie frühpermischer Seen des Nordwestsächsischen Vulkanitkom-plexes und des Thüringer-Wald-Beckens – Fallstudien zur Paläolimnologie. – Masterarbeit, TU Bergakademie Freiberg (unveröff.).
- Götze, J. (2012): Application of cathodoluminescence (CL) microscopy and spectroscopy in geosciences. – *Micro-scopy and Microanalysis*, **18**: 1270–1284.
- Götze, J., Lessig, F., Möckel, R., Georgi, U. (2017) Zur Mineralogie von Vulkaniten im Bereich des Kemmlitzer Por-phyrs. – Veröff. Museum Naturkunde Chemnitz, **40**: 133–150.
- Hoffmann, U., Breitkreuz, C., Breiter, K., Sergeev, S., Stanek, K. & Tichomirova, M. (2013): Carboniferous–Permian volcanic evolution in Central Europe – U/Pb ages of volcanic rocks in Saxony (Germany) and northern Bohemia (Czech Republic). – *International Journal of Earth Sciences*, **102**: 73–99.
- Hohl, R. & Wilsdorf, E. (1966) Der Leisniger Quarzporphyr des nordsächsischen Porphyrgebietes und seine Ver-witterung. – *Neues Jahrbuch Geol. Paläont., Monatshefte*, **1966**: 4–13.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B. (1986): A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. – *Journal of Petrology*, **27**: 745–750.
- Pietzsch, K. (1962): *Geologie von Sachsen*. – 1. Aufl., 870 S.; Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- Rehda, J. (2018) Physical volcanology and petrography of the Lower Permian Leisnig Quartz Porphyry (North Saxon Volcanic Complex). – Masterarbeit, TU Bergakademie Freiberg, 93 S. (unveröff.).
- Schwerdtner, G., Anger, H., Störr, M. (2007): Die Kaolinlagerstätten des Kemmlitzer Reviers. – *Bergbaumonogra- phie, Freiberg*, 116 S.
- Repstock, A., Breitkreuz, C., Lapp, M., Schulz, B. (2018): Voluminous and crystal-rich igneous rocks of the Permian Wurzen volcanic system, northern Saxony, Germany: physical volcanology and geochemical characterization. – *International Journal of Earth Sciences*, **107**: 1485–1513.
- Röllig, G. (1976): Zur Petrogenese und Vulkanotektonik der Pyroxenquarzporphyre (Ignimbrite) des Nordsächsi- schen Vulkanitkomplexes. – *Jahrbuch für Geologie*, **5/6**: 175–268.
- Röllig, G., Eigenfeld, F., Fischer, I. & Kuhn, B. (1976): Die Ignimbrite des Nordwestsächsischen Vulkanitkomplexes. – *Wiss. Z. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. R.*, **19**: 67–78.
- Siegert, Th. (1916): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen – Blatt Mutzschen, 2. Aufl., 70 S.; Dresden (G.A. Kaufmann's Buchhandlung).
- Stevens-Kalceff, M. A. (2009) Cathodoluminescence microcharacterization of point defects in α -quartz. – *Minera- logical Magazine*, **73**: 585–606.
- Walter, H. (2006): Das Rotliegend der Nordwestsächsischen Senke. – Veröff. Museum Naturkunde Chemnitz, **29**: 157–176.
- Walter, H. (2012): Rotliegend im Nordwestsächsischen Becken. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für

- Geowissenschaften, **61**: 517–529.
- Walter, H., Grimmer, A. & Krentz, O. (1996): Sucharbeiten auf Quarzporphyrkaoline in Nordwestsachsen. – Geoprofil, **6**: 115–128.
- Wendt, I., Höhndorf, A., Wendt, J. I., Müller, P. & Wetzel, K. (1995): Radiometric dating of volcanic rocks in NW-Saxony by combined use of U-Pb and Sm-Nd zircon dating as well as SM-Nd and Rb-Sr whole-rock and mineral systematics. – Terra Nostra, **7**: 147–148.
- Wetzel, K., Gerstenberger, H., Wand, U. & Wendt, I. (1995): Zur Geochemie der nordwestsächsischen Vulkanite. – Zeitschrift für geologische Wissenschaften, **23** (4): 371–400.
- Winchester, J. & Floyd, P. A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. – Chemical Geology, **20**: 325–343.
- Ziebell, J. (1980): Zur Metallogenie der Buntmetalle im sedimentären Permosiles von Nordwestsachsen. – Freiburger Forschungsheft C353; Leipzig (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [43](#)

Autor(en)/Author(s): Götze Jens, Möckel Robert, Breitkreuz Christoph, Georgi Ulrich, Klein Andrea

Artikel/Article: [Zur Mineralogie von Vulkaniten und Lithophysen im Bereich des unterpermischen Leisniger Porphyrs \(Nordwestsächsisches Becken\) 79-112](#)