

Petrographie und Herkunft des Rohmaterials neolithischer Steinartefakte der archäologischen Ausgrabung Langensteinbach (LST-06) bei Penig (Westsachsen)

Petrography and provenance of the raw material of Neolithic stone artefacts from the archaeological excavation Langensteinbach (LST-06) near Penig (western Saxony)

Kristin Heymann^{1, 4}, Harald Stäuble², Stefan Hölzl³, Bernd Ullrich⁴ und Jan-Michael Lange¹

¹ Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Sektion Petrographie, Königsbrücker Landstraße 159, 01109 Dresden, Deutschland; heyman.kristin@gmx.de — ² Landesamt für Archäologie Sachsen, Zur Wetterwarte 7, 01109 Dresden, Deutschland — ³ Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, Richard-Wagner-Straße 10, 80333 München, Deutschland — ⁴ Technische Universität Dresden, Institut für Geotechnik, George-Bähr-Straße 1, 01069, Dresden, Deutschland

Revision accepted 12 June 2013.

Published online at www.senckenberg.de/geologica-saxonica on 10 September 2013.

Kurzfassung

Die Herkunftsbestimmung der Gesteinsrohstoffe von neolithischen Steinartefakten kann zur Erschließung möglicher Handelswege aus dieser Zeit beitragen. Zu diesem Zweck wurden geschliffene Beile, Steinbeilfragmente und Abschläge aus einer linienbandkeramischen Siedlung bei Langensteinbach (Penig, Westsachsen) sowie gleichartige Artefakte aus drei weiteren neolithischen Grabungen (Rathendorf, Brodau, Eythra, alle in Nordwestsachsen) untersucht. Die Ergebnisse dieser petrographischen, mineralogischen und geochemischen Analysen wurden mit ausgewählten sächsischen Referenzgesteinen sowie Metabasiten aus dem Isergebirge nahe Jistebko (Tschechien) verglichen. Makroskopische und dünnstufmikroskopische Analysen zeigen eine Dominanz von fein- bis selten mittelkörnigen Amphiboliten mit einer unterschiedlich stark ausgeprägten Schieferung und häufig einem Gefüge aus hauptsächlich verfilzten, nadelig-stängligen Amphibolen unter den Artefaktrohstoffen. Vor allem die Analysen mittels Thermionen-Massenspektrometer (Sr- und Pb-Isotope) lassen erkennen, dass die beprobten Referenzgesteine aus dem Granulitgebirge, dem Erzgebirge und dem Erzgebirgsbecken als Rohstoff der untersuchten Artefakte wahrscheinlich auszuschließen sind. Trotz der Notwendigkeit weiterer Analysen geben die Untersuchungen Anlass zu der Vermutung, dass zur Herstellung eines Großteils der untersuchten Artefakte aus den Grabungen Langensteinbach (LST-06), Rathendorf (RDF-04) und Brodau (BOU-03) Amphibolite aus Jistebko genutzt wurden. Amphibolitartefakte der Grabung Eythra (ZW-01) zeigen dagegen deutlich abweichende ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Werte.

Abstract

Identifying the provenance of the raw material of Neolithic stone artefacts is an important clue for detecting putative trade routes of this period. For this aim, polished stone adzes, their fragments and flakes from a Linear Pottery Culture settlement near Langensteinbach (Penig, western Saxony) as well as similar artefacts from three other Neolithic excavations (Rathendorf, Brodau, Eythra, all located in northwestern Saxony) were investigated. The petrographic, mineralogical and geochemical analyses were compared with that of well-chosen

reference material from Saxony and metabasites from the Jizerské Mountains near Jistebko (Czech Republic). In this study, macroscopic analyses and petrographic investigations of thin-sections reveal the dominance of fine- to rarely medium-grained amphibolites of different grades of schistosity, often showing a texture with especially felted acicular-columnar amphiboles among the artefacts. Particularly, the thermal ionisation mass spectrometer analyses (Sr- and Pb-isotopes) indicate that the tested reference stones from the Granulitgebirge, the Erzgebirge and the Erzgebirge Basin were probably not used as raw materials for the analysed artefacts. There is a first evidence that amphibolites from Jistebko had been utilised to fabricate the majority of the investigated artefacts from the excavations Langensteinbach (LST-06), Rathendorf (RDF-04) and Brodau (BOU-03), although further studies are indisputably necessary. In contrast, amphibolite artefacts from the excavation Eythra (ZW-01) obviously display differing $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -values.

1. Einleitung

Das Frühneolithikum (5500–4500 v. Chr.) war eine innovative Zeit, in der die Menschen sesshaft wurden, dauerhafte Wohnsitze bauten, mit der Domestizierung von Pflanzen und Tieren begannen und Keramik sowie besonderes geschliffenes Steinwerkzeug anfertigten (Stäuble 2010). Steinbeile, die das charakteristische Werkzeug dieser Zeit darstellen, können sich hinsichtlich ihrer Rohstoffe unterscheiden. Eine mögliche Erklärung dafür ist die Verwendung von Gesteinsmaterialien aus der näheren Umgebung der jeweiligen Siedlung. Jedoch wurden zu verschiedenen Zeiten auch unterschiedliche Gesteine zur Herstellung dieser Artefakte genutzt. So belegen Schwarz-Mackensen & Schneider (1986) bei Untersuchungen von Artefakten aus dem nördlichen Harzvorland eine Rohstoffveränderung zwischen Früh- und Spätneolithikum. Im Frühneolithikum fand vor allem ein dunkelgrünes bis dunkelgraues, feinkörniges, amphibolführendes Gestein Verwendung, das von den Autoren als Aktinolith-Hornblende-Schiefer bezeichnet wird. Auch Amphibolit wird als Bezeichnung des Artefaktrohstoffs mehrfach genannt. Da in der Literatur aber zum Teil verschiedene Begriffsbestimmungen und -abgrenzungen für Amphibolgesteine gebraucht werden, ist eine Gegenüberstellung allein anhand der Bezeichnung schwierig. Um einen Vergleich zwischen Artefaktgesteinen unterschiedlicher Siedlungen bzw. Studien zu gewährleisten, sind daher zusätzlich zur Gesteinsbezeichnung eine petrographische Charakteristik und eine Begriffsdefinition nötig. Als Kompromiss zwischen verschiedenen Bestimmungen werden in Coutinho *et al.* (2007) Richtlinien für die Definition von Amphibolit getroffen (IUGS – International Union of Geological Sciences). Dort wird festgelegt, dass der Gesamtgehalt von Amphiboliten zu mindestens 75% aus den Hauptbestandteilen Amphibol und Plagioklas besteht, der Amphibolgehalt mindestens 50% der gesamten mafischen Bestandteile ausmacht sowie mindestens 30% des Gesteins beträgt. In der älteren Literatur ist außerdem häufig eine Unterscheidung von Amphibolit und anderen Amphibolgesteinen festzustellen. So bezeichnet Zirkel (1894) Hornblendegesteine als Abarten der Amphibolite mit besonderem Mineralbestand und Rosenbusch (1898) unterscheidet zwischen feldspatführenden Amphiboliten und feldspatfreien Strahlsteinschiefern, Nephriten, Hornblendeschiefern sowie Hornblendefelsen. Wimmenauer (1985) grenzt Amphibolschiefer, die mehr als 80%

Amphibol enthalten, als besondere Ausprägung der Amphibolite ab. Auch das Gefüge der Gesteine spielt eine wesentliche Rolle bei ihrer Charakterisierung. Die Beschreibung der Korngröße von Amphiboliten reicht von dichten Varietäten über fein- und feinkörnige bis hin zu mittel- und grobkörnigen Gesteinsausprägungen. Unter Amphibolgesteinen mit vorherrschend gemeiner Hornblende trennt Rosenbusch (1898) Hornblendeschiefer von Hornblendefelsen ab, wobei letztere keine schiefrige Textur aufweisen. Ebenso werden Amphibolite anhand ihrer Textur in richtungslos körnige und schiefrige Varietäten unterteilt (Zirkel 1894, Rosenbusch 1898).

Die Ursprungsorte der Artefaktgesteine beschränken sich laut archäologischer Fachliteratur häufig auf nur ein oder wenige Abbaugbiet(e) von Amphibolgesteinen – ungeachtet dessen, dass es eine weite Verbreitung potentieller Rohstoffquellen gibt. Durch Handel mit Rohstoffen oder Werkzeugen konnten die Amphibolgesteine über weite Strecken transportiert werden. Einen Überblick über die Forschung und petrographische Untersuchungen bezüglich der Herkunft der Amphibolgesteine als Artefaktrohstoff liefert Ramminger (2007). Es werden unter anderem das Zobtengebiet (Schietzel 1965), das Fichtelgebirge und das Isergebirge (z. B. Christensen *et al.* 2006) als Quellen in Betracht gezogen. Schwarz-Mackensen & Schneider (1986) diskutieren außerdem Vorkommen von Aktinolith-Hornblende-Schiefern am Südhang des Hohen Balkan (Bulgarien) und in den Westkarpaten als Rohstoffquellen für Artefakte aus dem nördlichen Harzvorland. Mehrfach wird zudem die Vermutung geäußert, dass Flussgerölle das Material für neolithische Werkzeuge lieferten (z. B. Arps 1978, Endlicher 1995).

Rohstoffe von Steinbeilen neolithischer Siedlungen in Westsachsen

Steinbeile sind in der Grabung Langensteinbach (LST-06; 33U, 338055 E, 5649186 N) bei Penig (Westsachsen) in Form von Flachbeilen und Schuhleistenkeilen zahlreich vertreten. Die archäologischen Ausgrabungen dieser frühneolithischen Siedlung wurden 2008 im Vorfeld der Bauarbeiten eines Abschnittes der BAB72 von Chemnitz

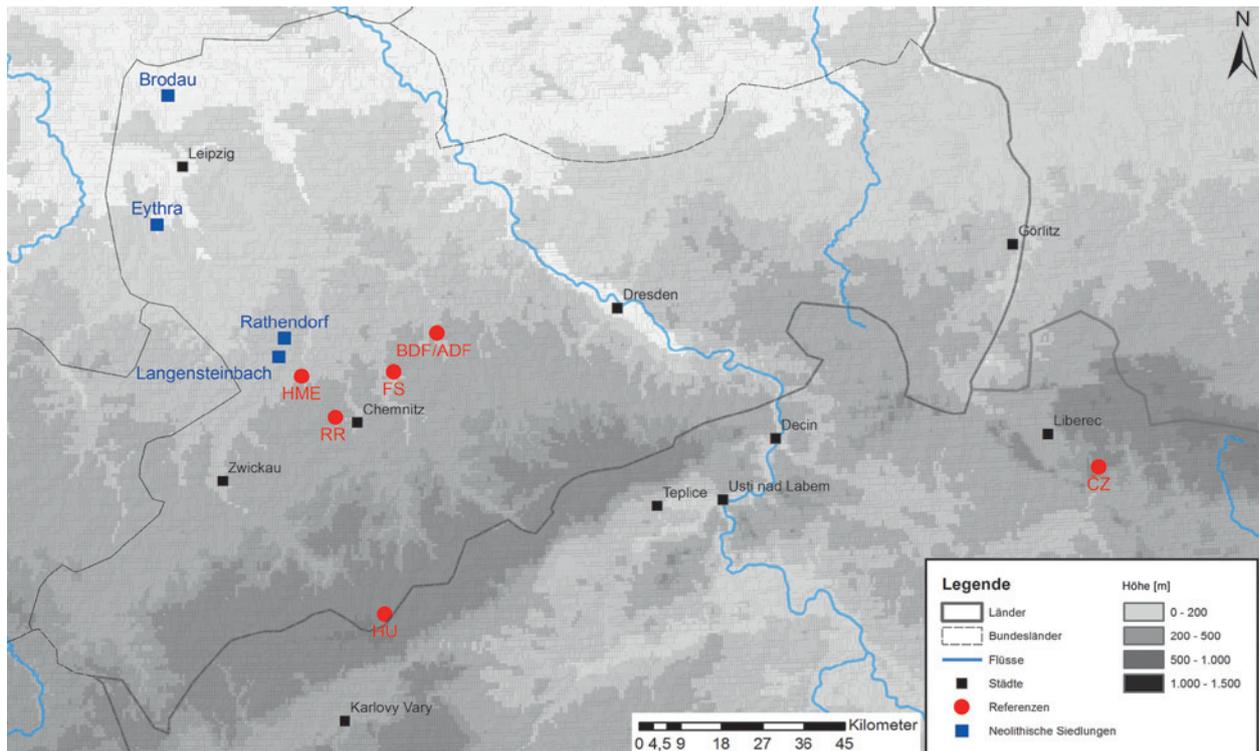


Abb. 1. Lage der neolithischen Grabungen (dunkelblau), aus welchen das untersuchte Material stammt, und der Referenzproben (rot) aus Sachsen und Tschechien (Daten- und Kartengrundlage: ESRI/Landesamt für Archäologie Sachsen): **BDF/ADF**, Böhrißen/Berbersdorf, Böhrißen/Arnsdorf; **ČZ**, Jistebko (Tschechien); **FS**, Frankenberg/Sachsenburg; **HME**, Höllmühle; **HU**, Hammerunterwiesenthal; **RR**, Rottluff/Röhrsdorf.

Fig. 1. Localities of the Neolithic excavations (dark blue) the investigated material came from and of the reference samples (red) from Saxony and the Czech Republic (data and map basis: ESRI/Landesamt für Archäologie Sachsen): **BDF/ADF**, Böhrißen/Berbersdorf, Böhrißen/Arnsdorf; **ČZ**, Jistebko (Czech Republic); **FS**, Frankenberg/Sachsenburg; **HME**, Höllmühle; **HU**, Hammerunterwiesenthal; **RR**, Rottluff/Röhrsdorf.

nach Leipzig durchgeführt. Das Grabungsgebiet befindet sich im Naturraum Sächsische Lössgefülle und gehört zu einer Gruppe von linienbandkeramischen Fundstellen im Ostthüringischen Lösshügelland und südlichen Nordwestsachsen.

Da der Einsatz lokaler Gesteine zur Artefaktherstellung nicht ausgeschlossen werden konnte (Zschornack 2008, Ramminger 2010), erfolgte zur Herkunftsbestimmung der Artefaktgesteine aus der Grabung Langensteinbach (LST-06) eine Untersuchung von ausgewählten Referenzgesteinen aus der näheren Umgebung der Siedlung. Die geschliffenen Beile, Beilfragmente und Abschlüge der Grabung LST-06 sowie einzelne gleichartige neolithische Artefakte aus drei weiteren nordwestsächsischen Grabungen (Rathendorf: RDF-04, Brodau: BOU-03, Eythra: ZW-01; Abb. 1) wurden petrographisch mit Amphiboliten aus dem Granulitgebirge (HME-10/1, RR-10/1, RR-10/2), dem Erzgebirge (HU-10/1) und dem Erzgebirgsbecken (ADF-08/1, BDF-10/1) sowie einem Prasinit (Epidot-Amphibolschiefer, FS-08/1), ebenfalls aus dem Erzgebirgsbecken, verglichen. Weiterhin zeigen Amphibolgesteine des Isergebirges (Tschechien) eine große Ähnlichkeit mit neolithischen Artefaktmaterialien und werden von mehreren Autoren als mögliche Rohstoffquelle angenommen (z. B. Christensen et al. 2006, Zschornack 2008, Ramminger 2010). Šreinová et al. (2003)

beschreiben in diesem Zusammenhang zudem die Entdeckung eines prähistorischen Abbaugebietes von Amphibolhornfels bei Jistebko und weisen auf die Notwendigkeit zur weiteren Erforschung der potentiellen Rohstoffe hin. Um die Hypothese, dass der Gesteinsrohstoff aus dem Isergebirge bei Jistebko stammt, zu prüfen, wurde auch ein Vergleich von Metabasiten vom Fundplatz Jistebko (ČZ-P-11 bis ČZ-P-14; Abb. 1) mit den neolithischen Artefaktgesteinen der ausgewählten westsächsischen Siedlungen durchgeführt.

2. Methoden

In Anlehnung an die Unterscheidung der Amphibolite nach Zirkel (1894) und Rosenbusch (1898) erfolgte eine Einteilung der Artefaktgesteine sowie der sächsischen und tschechischen Referenzgesteine nach ihrem Gefüge. Die Gefügebeschreibung beinhaltet eine makroskopische Bemusterung sowie Untersuchungen mittels Stereomikroskop (Stemi 2000-C, Zeiss) und Polarisationsmikroskopie an Dünnschliffen (DM4500P, Leica). Die Merk-

Tabelle 1. Röntgendiffraktometrie (XRD): Geräte, Messbedingungen und Probenpräparation.**Table 1.** X-ray diffraction (XRD): equipment, conditions of measurement and sample preparation.

Röntgendiffraktometrie (Pulverpräparate)	
Probenpräparation	Pulverpräparate, Material < 0,063 mm (250 mg), handgemörsert
Aufnahmeggerät	SIEMENS-Diffraktometer D5000, CoK α , 40 kV, 30 mA
Aufnahmebedingungen	Winkelbereich 2–80° 2 θ , step scan 4,0 s und 6,0 s, step size 0,03°, Blenden V6 bis V20, Rotation des Probenisches 30 rpm
Auswertung	Geräteeigene Software Diffracplus Basic 4.0 #1 – EVA, Berechnung des Mineralbestandes mit AUTOQUAN (standardlos)

male der Referenzgesteine wurden anhand ausgewählter Proben dieser Gesteine bestimmt. Die Referenzgesteine werden in den folgenden Analysen somit durch diese Referenzproben repräsentiert. Es wurden je drei Dünnschliffe von Artefakten aus Langensteinbach (10 Proben), Rathendorf (5 Proben) und Eythra (2 Proben) mit unterschiedlicher Orientierung (Schliffe 1 und 3 senkrecht zur Foliation, Schliff 2 parallel zur Foliation) angefertigt. Außerdem wurde – nach makroskopischer Vorauswahl – aufgrund der Ähnlichkeit zu den Artefaktgesteinen je ein Dünnschliff der sächsischen Referenzprobe ADF-08/1 (Böhrigen/Arnsdorf) sowie der Referenzproben aus Tschechien (ČZ-P-11 bis ČZ-P-14) hergestellt. Die resultierende Gruppierung der Gesteine richtet sich vor allem nach der makroskopischen Charakteristik und den Ergebnissen der Untersuchungen der senkrecht zur Foliation orientierten Gesteinsschliffe.

Die Geräte und Messbedingungen für die Röntgendiffraktometrie (XRD) sind in Tab. 1 aufgeführt. Die Identifizierung einzelner Mineralvarietäten der Amphibole und Feldspäte war nur teilweise möglich. Zu den in Tab. 4 enthaltenen, standardlos ermittelten Angaben zum Mineralbestand ist anzumerken, dass es sich hierbei um Schätzwerte handelt, die lediglich der besseren Nachvollziehbarkeit der Differenzierungen zwischen den Proben dienen sollen. Eine Vergleichbarkeit zu Quantifizierungen anderer Untersuchungen ist nicht gegeben.

Die Isotopenuntersuchungen mittels Thermionen-Massenspektrometrie (TIMS) an 13 Artefakten und 11 Referenzproben wurden an der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Geologie in München durchgeführt. Die Herstellung der Pulverpräparate für die TIMS erfolgte mit Achatmörser und -stößel bzw. mit Hilfe eines Dremels mit diamantbesetztem Schleifkopf (ISO 807104263, Busch & Co.). Die pulverförmigen Präparate (0,1 g) wurden, vorbereitend für die Ionenchromatographie, in einer Labor-Mikrowelle der Firma Mars (800 W, 200°C, ca. 2 h) in einem Gemisch aus 48-prozentiger Flußsäure (48% HF) und 14-molarer Salpetersäure (14 M HNO₃) ausgelöst und anschließend eingedampft. Für die massenspektrometrischen Messungen wurden die Elemente Strontium (Sr) und Blei (Pb) mittels Ionenchromatographie von den Aufschlusslösungen abgetrennt. Die Parameter der Chromatographie und der Massenspektrometrie sind in Tab. 2 angegeben. Der massenspektrometrisch gemessene Wert des ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Verhältnisses wurde mittels eines ⁸⁸Sr/⁸⁶Sr-Wertes von

8,3752090 auf instrumentelle Fraktionierung korrigiert. Geringe Anteile des zu ⁸⁷Sr isobaren ⁸⁷Rb wurden unter Verwendung des invarianten ⁸⁵Rb/⁸⁷Rb-Wertes von 0,386 korrigiert. Für Pb wurde von einem Fraktionierungsfaktor von 1,03‰ ± 0,5‰ pro Masseneinheit ausgegangen. Analysenfehler sind auf 2- σ -Niveau angegeben. Die Analysenblindwerte hatten keinen signifikanten Einfluss auf die ermittelten Sr- und Pb-Isotopenverhältnisse.

3. Ergebnisse

3.1. Makroskopische und mikroskopische Analysen

Bei den geschliffenen Beilen, Steinbeilfragmenten und Abschlägen aus der Fundstelle Langensteinbach (LST-06) sowie den ausgewählten Artefakten aus Rathendorf (RDF-04), Brodau (BOU-03) und Eythra (ZW-01) handelt es sich vor allem um grünlich-graue und bläulich-graue Amphibolite (nach IUGS) mit einer meist etwa 1 mm dicken Verwitterungskruste. Sie weisen mehrheitlich eine unterschiedlich stark ausgeprägte Schieferung auf und sind überwiegend sehr fein- bis feinkörnig (0,01–1 mm), selten treten Korngrößen im mittelkörnigen (1–3,3 mm) Bereich auf. Außerdem sind sie häufig durch ein Gefüge aus verfilzten, nadelig-stängligen Amphibolkristallen gekennzeichnet und enthalten in der Regel zusätzlich gröbere prismatische Amphibolkristalle und Feldspat, vermutlich vorwiegend Plagioklas. Oft sind in den Gesteinen zudem opake Minerale, wahrscheinlich Erzminerale, und teilweise Quarz vertreten. Die polarisationsmikroskopischen Untersuchungen der Artefaktgesteine aus Eythra zeigen, dass das Hauptmineral dieser Gesteine – im Vergleich zu den Artefakten drei anderen Fundstellen – offensichtlich von einer anderen Amphibolvarietät gebildet wird.

Die Proben der untersuchten Referenzgesteine setzen sich, ähnlich wie die Artefakte, überwiegend aus feinkörnigen grünlich-grauen und bläulich-grauen Gesteinen, die ebenfalls eine unterschiedlich stark ausgeprägte Schieferung zeigen, zusammen. Bei den Referenzproben

Tabelle 2. Ionenchromatographie und Thermionen-Massenspektrometrie (TIMS; Sr, Pb): Geräte, Messbedingungen und Probenpräparation.**Table 2.** Ion chromatography and thermal ionisation mass spectrometry (TIMS; Sr, Pb): equipment, conditions of measurement and sample preparation.

Ionenchromatographie		
	Strontium (⁸⁴ Sr, ⁸⁶ Sr, ⁸⁷ Sr, ⁸⁸ Sr)	Blei (²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb)
Probenpräparation	selektive Lösungsmittelextraktion	Anionen-Austauscher-Chromatographie
	Austauscherharz Sr-Spec (Eichrom)	Harz DOWEX 1X8 (SERVA Electrophoresis, Maschenweite 100–200)
Thermionen-Massenspektrometrie		
	Strontium (⁸⁴ Sr, ⁸⁶ Sr, ⁸⁷ Sr, ⁸⁸ Sr)	Blei (²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb)
Aufnahmeggerät	Thermionen-Massenspektrometer Typ Finnigan MAT 261,5	
Probenbestückung	ca. 100–200 ng, Ladeflüssigkeit Salzsäure u. Birck'sche Lösung, Wolframbändchen	ca. 50–100 ng, Ladeflüssigkeit Silikagel u. Phosphorsäure, Rheniumbändchen
Aufnahmebedingungen	5 Cups, Messstrom ca. 3,5–4 A, Messtemperatur ca. 1400–1500°C, Messungen: 3 Blöcke zu je 16 Scans, ca. 8 s Integrationszeit	4 Cups, Messstrom ca. 2–2,5 A, Messtemperatur ca. 1450°C, Messungen: 3 Blöcke zu je 19 Scans, ca. 8 s Integrationszeit
Isotopenstandards	NBS-987	NBS-982

aus dem Granulitgebirge, dem Erzgebirgsbecken und dem Erzgebirge handelt es sich nach makroskopischen Merkmalen um Amphibolite bzw. einen Prasinit aus Frankenberg/Sachsenburg. Die Gesteinsproben aus Jistebsko werden durch drei Amphibolite und einen Chloritschiefer (ČZ-P-13) repräsentiert.

Vor allem anhand von Gefügeunterschieden wurde eine Unterteilung der Artefakte und Referenzproben in vier Gruppen vorgenommen (Tab. 3). Häufig ist bei den Gesteinen ein Aufbau aus Lagen zu erkennen, welcher bei deutlicher Ausbildung meist zu einer Bänderung (Gruppe 3) oder Streifung (Gruppe 2) der Gesteine führt und dann eine deutliche Schieferung belegt. Die engstündigere Streifung entsteht durch den Wechsel von meist breiteren hellen und schmalen dunklen Lagen. Die Bänderung ist hingegen durch den Wechsel von meist breiten dunklen und schmalen hellen Lagen charakterisiert. Die Bänder sind nicht immer aushaltend und können in Form von eingeregelter, nacheinander angeordneten dunklen Linsen ausgebildet sein. Das polarisationsmikroskopische Bild der Gesteine mit einer solchen Streifung oder Bänderung (Tab. 3) offenbart zudem Lagen bzw. Bänder, die jeweils von einer Amphibolvarietät oder Feldspat dominiert werden. Gesteine mit einer weniger deutlichen Schieferung sind durch größere linsenförmige Mineralaggregate gekennzeichnet – die von einer abweichend gefärbten, feineren Matrix umgeben sind – und zeigen so ein körniges Aussehen (Gruppe 1). Bei einigen meist sehr feinkörnigen Stücken kann zudem makroskopisch ein eher massiges Aussehen beobachtet werden (Gruppe 2). Die Gesteine der Gruppe 4 stechen hingegen durch eine gröbere Struktur hervor.

Die Proben der Referenzgesteine zeigen hauptsächlich Merkmale der Gruppen 1 und 2. Eine beachtliche Bänderung ist nur bei den sächsischen Referenzproben aus Böhrigen/Arnsdorf (ADF-08/1), Böhrigen/Berbersdorf (BDF-10/1) und Frankenberg/Sachsenburg (FS-08/1) zu erkennen. Im Vergleich zu den Artefakten zeigen die

Proben der Referenzgesteine bereits makroskopisch eine größere Heterogenität in ihrer mineralogischen Zusammensetzung. Vor allem die Proben der sächsischen Referenzgesteine führen – im Gegensatz zu den Artefakten – neben Amphibol und Feldspat häufig makroskopisch erkennbare Anteile an beispielsweise Calcit, Glimmer oder Chlorit. Auch bei der Dünnschliffuntersuchung zeigen sich einige Unterschiede zwischen Artefakten und Referenzproben. Die sächsische Referenzprobe ADF-08/1 weist nur sehr wenig feinfilzige Amphibolaggregate und opake Minerale auf. Die Referenzprobe ČZ-P-13 aus Tschechien besteht außerdem – im Gegensatz zu den Artefaktgesteinen – überwiegend aus braunen, verwachsenen, feinfaserigen Aggregaten, bei denen es sich nicht um Amphibole handelt. Zusätzlich zeigt diese Probe deutliche Vorkommen von Calcit. Die feinkörnigen Amphibolite aus Jistebsko weisen hingegen im polarisationsmikroskopischen Bild viele Gemeinsamkeiten mit den Artefaktgesteinen auf. Die Amphibole kommen ebenfalls als miteinander verwachsene, nadelförmige Kristalle – in Form eines feinen Filzes – sowie als gröbere prismatische Kristalle vor.

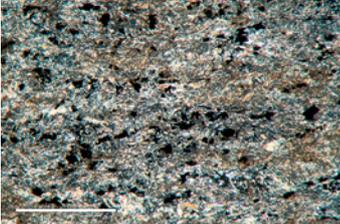
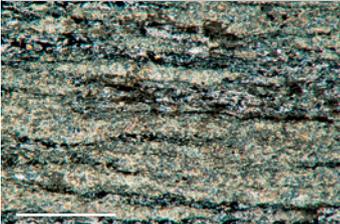
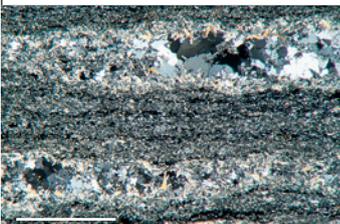
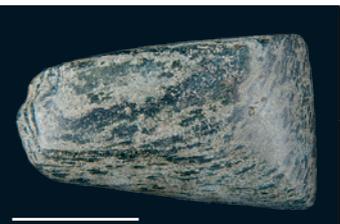
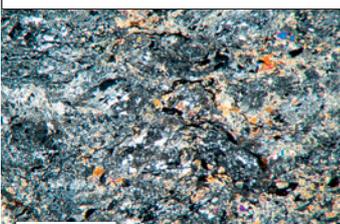
3.2. Mineralogische und geochemische Analysen

Die makroskopischen Merkmale von Artefakt- und Referenzgesteinen können möglicherweise durch den Unterschied zwischen frisch angeschlagenen Flächen und der Verwitterungskruste der Artefakte beeinflusst werden. Daher ist für einen Vergleich beider eine komplexe Analyse der Proben mit verschiedenen Analysemethoden nötig.

Durch Untersuchungen mittels Röntgendiffraktometrie (XRD; Tab. 4) wurden bei der Mehrheit der ausge-

Tabelle 3. Gruppierung der Artefaktgesteine und Referenzproben nach makroskopischen und mikroskopischen Merkmalen (Abbildungen: Beispielartefakte).

Table 3. Classification of the artefacts and reference samples considering macroscopic and microscopic characteristics (figures: examples of artefacts).

Gruppe 1			
		Makroskopisch	Körniges Gefüge mit partieller Aggregatbildung · Teils leichte Foliation · Teils undeutliche bis keine Foliation
LST-06/42-3; scale: 1 mm	LST-06/42; scale: 3 mm	Mikroskopisch	Eingeregelte, leicht gestreckte, ellipsenähnlich geformte Mineralaggregate; größere opake Kristalle, kaum Schlieren aus opaken Mineralen
Gruppe 2			
		Makroskopisch	· Teils massiges Aussehen; teilweise leichte Foliation · Überwiegend Streifung; deutliche Foliation
LST-06/151-3; scale: 1 mm	LST-06/273b; scale: 3 mm	Mikroskopisch	Einregelung der Minerale und -aggregate; häufig gestreckte Mineralaggregate und nicht aushaltende Lagen; einzelne Bänder; meist Schlieren aus opaken Mineralen
Gruppe 3			
		Makroskopisch	Bänderung; deutliche Foliation
LST-06/9a-3; scale: 1 mm	LST-06/46a; scale: 3 mm	Mikroskopisch	Deutliche Einregelung der Minerale und -aggregate; breite Lagen bzw. Bänder; Schlieren aus opaken Mineralen
Gruppe 4			
		Makroskopisch	Einregelung mittelkörniger Mineralblasten; Fließgefüge, wirrfaserig geschwungen; leichte Foliation
LST-06/118-3; scale: 1 mm	LST-06/118; scale: 3 mm	Mikroskopisch	Keine deutliche Einregelung, sondern wirre bis flaserige Anordnung der Minerale und -aggregate; opake Minerale häufig deutlich gestreckt; mittel- bis grobkörnige Mineralaggregate enthalten

wählten Artefakte und Referenzproben Vertreter der Amphibolgruppe und Feldspat, vermutlich vor allem Plagioklas, nachgewiesen. Zwei verschiedene Vertreter der Amphibolgruppe, darunter Cummingtonit, sind jedoch wohl nur in den Artefaktgesteinen (Ausnahme: RDF-04/395_1) und in einer Referenzprobe aus Jistebsko (ČZ-P-14) enthalten. Amphibol und Feldspat sind, trotz quantitativer Unterschiede (Tab. 4), meist als Hauptgemengteile vertreten. Quarz ist, vorwiegend als Nebengemengteil, nur in etwa der Hälfte der untersuchten Artefakte sowie in den Proben aus Tschechien (ČZ-P-11, ČZ-P-13, ČZ-P-14), aber nicht in den analysierten Referenzproben aus Sachsen (ADF-08/1, Böhrgen/Arnsdorf; RR-10/1, Rottluff/Röhrsdorf; FS-08/1, Frankenberg/Sachsenburg),

anzutreffen. Unterschiede in der Zusammensetzung bestehen außerdem darin, dass Chlorit und Glimmer zwar häufig, jedoch nicht in allen analysierten Proben als Nebengemengteil oder in Spuren enthalten sind. Aus den XRD-Ergebnissen kann überdies die Vermutung abgeleitet werden, dass nicht alle Artefaktgesteine die Definition von Amphibolit nach IUGS erfüllen. Aufgrund der makroskopischen und mikroskopischen Ähnlichkeit zu den anderen Artefakten wäre in Anlehnung an Rosenbusch (1898) eine Bezeichnung dieser Proben als Amphibolit mit ungewöhnlich hohem Chloritanteil (RDF-04/307_7) und als nahezu feldspatfreier Amphibolfels (LST-06/42) möglich. Die deutliche Abweichung des Mineralbestandes zweier Referenzproben (FS-08/1, Frankenberg/Sach-

Tabelle 4. Geschätzter Mineralbestand von Artefakt- und Referenzproben nach XRD-Analysen (Angaben in Masseprozent; n.n. – nicht nachweisbar; *Analysen aus Zschornack 2008).**Table 4.** Estimated mineralogical composition of artefacts and reference samples based on XRD-analyses (content in mass percent; n.n. – not detectable; *analyses from Zschornack 2008).

Probe	Quarz	Feldspat	Chlorit	Glimmer	Amphibol	Augit	Calcit
Artefaktgesteine							
LST-06/9a	5–10	30	< 5	n.n.	65	n.n.	n.n.
LST-06/42	5–10	n.n.	10–15	5–10	70–75	n.n.	n.n.
LST-06/88	n.n.	20	5	5–10	70–75	n.n.	n.n.
LST-06/118	10–15	40	n.n.	n.n.	50	n.n.	n.n.
RDF-04/307_7*	15–20	< 5	35–40	5	35–40	n.n.	n.n.
RDF-04/395_1*	n.n.	15–20	5–10	< 5	75	n.n.	n.n.
RDF-04/575_3*	n.n.	30	n.n.	n.n.	70	n.n.	n.n.
RDF-04/999_3*	5–10	15–20	5	n.n.	70–75	n.n.	n.n.
ZW-01/109	n.n.	45	< 5	n.n.	55	n.n.	n.n.
Referenzgesteine							
ADF-08/1*	n.n.	40	n.n.	n.n.	60	n.n.	n.n.
RR-10/1	n.n.	35	15	5–10	40	< 5	< 5
FS-08/1	n.n.	40–45	15	10	10–15	n.n.	20–25
ČZ-P-11	5–10	35	n.n.	n.n.	60	n.n.	n.n.
ČZ-P-13	35	5–10	45–50	n.n.	n.n.	n.n.	10–15
ČZ-P-14	15	40	n.n.	n.n.	45–50	n.n.	n.n.

senburg; ČZ-P-13, Jistebsko) schließt jedoch eine Ansprache als Amphibolit aus. Sie unterscheiden sich von den anderen Artefakt- und Referenzgesteinen durch einen sehr geringen Anteil an Amphibol und ihre auffällig hohen Gehalte an Calcit. In der Probe ČZ-P-13 treten außerdem Chlorit und Quarz als Hauptbestandteile auf.

Die XRD-Untersuchungen der Artefakte belegen eine sehr große Ähnlichkeit zwischen dem Mineralbestand der Gesteine der Grabungen LST-06 (Langensteinbach) und RDF-04 (Rathendorf). Messungen der Sr- und Pb-Isotopenverhältnisse zeigen außerdem Übereinstimmungen in der Zusammensetzung der untersuchten Artefakte aus den Grabungen Langensteinbach, Rathendorf und Brodau (BOU-03). Nur zwei (LST-06/118, BOU-03/236) dieser massenspektrometrisch (TIMS) untersuchten Artefakte liegen außerhalb eines geringen Streuungsfeldes, das von Gesteinen mit ähnlicher Isotopenzusammensetzung (Hauptgruppe der Artefakte) gebildet wird (Abb. 2, 3). Ähnliche Isotopenwerte weisen dabei auf eine enge genetische Verbindung oder Verwandtschaft von Gesteinen bzw. deren Primärgesteinen hin. Die Artefaktgesteine aus Eythra (ZW-01) zeigen bei den massenspektrometrischen Analysen jedoch deutlich geringere $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte als die Hauptgruppe der Artefakte und werden daher unterschieden (Abb. 2).

Aufgrund niedrigerer $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte besteht eine Inkompatibilität der sächsischen Referenzproben zur Hauptgruppe der Artefaktgesteine (LST-06, RDF-04, BOU-03; Abb. 2). Durch die Gegenüberstellung von $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Abb. 3) wird zudem deutlich, dass diese Referenzproben zu den Artefaktgesteinen insgesamt nicht kompatibel sind, da die Proben der Referenzgesteine einem Trend 2 mit geringerer Steigung zugeordnet werden. Nach ihren Isotopenverhältnissen müssen

die Referenzproben ADF-08/1 (Böhrigen/Arnsdorf) und HU-10/1 (Hammerunterwiesenthal) von einer leicht heterogenen Hauptgruppe sächsischer Referenzgesteine abgegrenzt werden (Abb. 2).

Die Untersuchungen der Gesteinsproben von Jistebsko mittels TIMS zeigen, dass drei der vier Proben zueinander ähnliche Isotopenverhältnisse aufweisen. Die Abweichung der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte einiger tschechischer Proben zu den Werten der Hauptgruppe der Artefakte ist – da sie in hohen Bereichen auftritt – geringer zu bewerten als der Unterschied der Sr-Isotopenverhältnisse der Artefaktgesteine aus Eythra zu den restlichen Artefakten. Durch die Gegenüberstellung der $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - und $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Werte wird zudem die Kompatibilität der Proben ČZ-P-12, ČZ-P-13 sowie ČZ-P-14 zur Hauptgruppe der Artefakte bekräftigt, da sie innerhalb eines Trends 1 mit größerer Steigung liegen (Abb. 3). Die Amphibolitprobe ČZ-P-11 wird hingegen einem Trend 2 mit geringerer Steigung zugeordnet und zeigt in ihren Isotopenverhältnissen eine Analogie zur sächsischen Referenzprobe HU-10/1 (Hammerunterwiesenthal). Eine Vereinbarkeit der anderen Proben aus Jistebsko mit den Referenzproben aus Sachsen kann durch die hohen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte der tschechischen Proben ausgeschlossen werden (Abb. 2). Die Ähnlichkeit der Sr- und Pb-Isotopenverhältnisse des Chloritschiefers (ČZ-P-13) zu den Gesteinen der Hauptgruppe der Artefakte (Abb. 2, 3; Trend 1) ist, trotz unterschiedlichen Mineralbestandes, wahrscheinlich durch eine enge genetische Verbindung mit den tschechischen Amphiboliten bedingt und erlaubt die Vermutung, dass die Gesteine aus Jistebsko das gleiche Ausgangsmaterial besitzen.

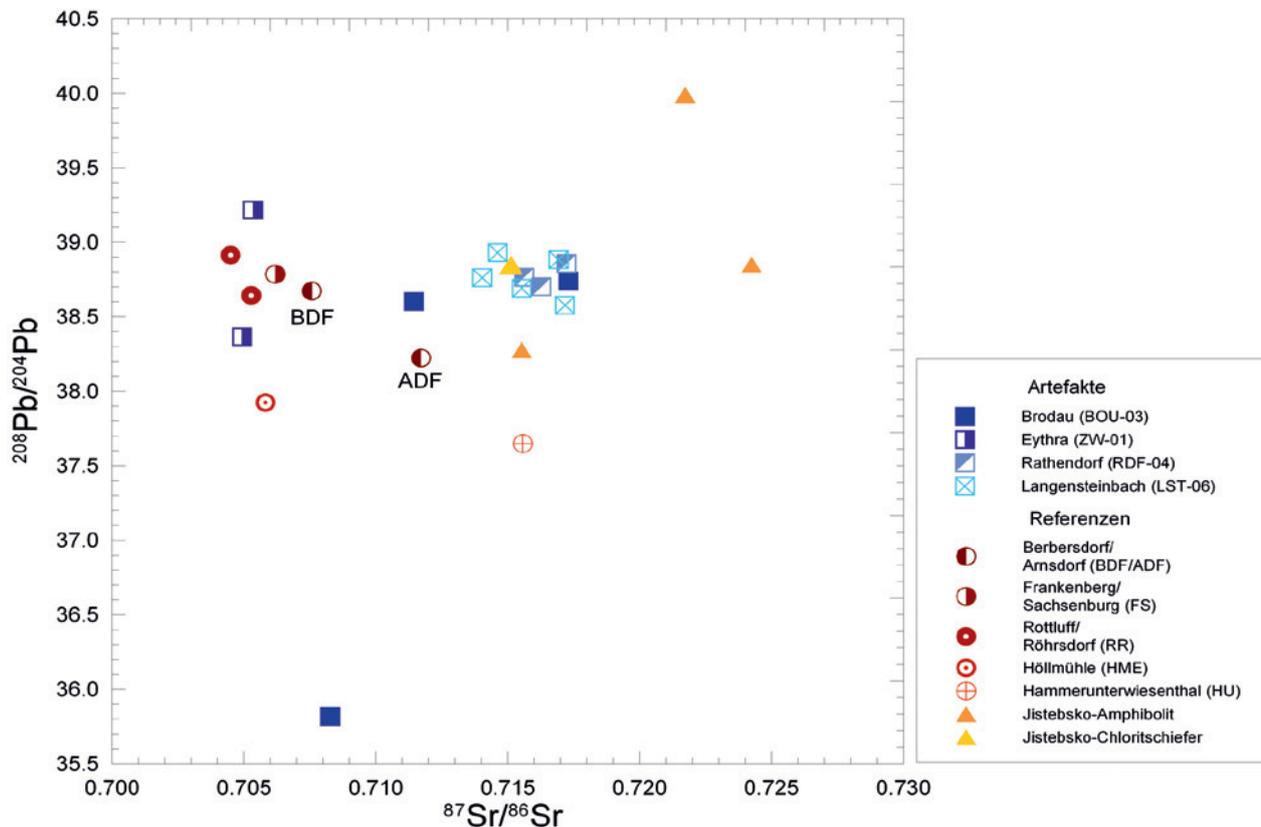


Abb. 2. Artefakte und Referenzproben: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

Fig. 2. Artifacts and reference samples: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

3.3. Archäologische Bewertung der Ergebnisse

Durch das Gefüge aus häufig miteinander verfilzten, nadelig-stängligen Amphibolkristallen ist eine Widerstandsfähigkeit der Artefaktgesteine gegeben, die für den Gebrauch als Schlagwerkzeug offensichtlich optimal ist. Auch die Mohs-Härte der dominanten Minerale (Amphibol: 5–6, Plagioklas: 6, Quarz: 7) spricht für die Nutzung dieser Gesteine als Werkzeug. Die Härte ist zur Holzbearbeitung ausreichend, verhinderte jedoch nicht, dass die Steinbeile mit Hilfe von härteren, beispielsweise hauptsächlich aus Quarz bestehenden Gesteinen gut zur gewünschten Form gesägt und geschliffen werden konnten. Die Schieferung als weiteres Charakteristikum des Gesteinsgefüges vieler untersuchter Artefakte erhöht dagegen die Anfälligkeit der Arbeitsgeräte für Brüche. Sie trägt jedoch andererseits zur leichten Erzeugung scharfer Schnittkanten bei. Um die notwendige Beständigkeit der Werkzeuge dennoch zu gewährleisten, wurde das Gestein meist in senkrechter Orientierung zur Streifung und Bänderung (Foliation) der Gesteine zersägt.

Die Werkzeuge wurden nicht notwendigerweise direkt ab der Lokalität ihres Rohmaterialvorkommens gehandelt. Auch ein Transport von Halbfabrikaten oder Rohstoffen ist wahrscheinlich. In den Gruben der Siedlung bei Penig wurden neben fertigen Beilen und Beil-

fragmenten häufig Amphibolitsplitter gefunden, die unter Umständen auf eine Bearbeitung des Gesteins vor Ort hinweisen. Diesbezüglich ist auch der Fund von drei Beilen hervorzuheben, die einen unterschiedlichen Bearbeitungszustand aufweisen und sich in der Längsgrube eines Hauses der Grabung Langensteinbach (LST-06) befanden.

4. Zusammenfassung

Bei dem Rohmaterial der untersuchten Artefakte der Grabung Langensteinbach (LST-06) und einiger weiterer Grabungen (Rathendorf, Brodau, Eythra, alle in Nordwestsachsen) handelt es sich fast ausschließlich um fein- bis selten mittelkörnige Amphibolite. Strukturelle, textuelle oder kompositionelle Unterschiede zwischen den Artefakten, die nur in den Ergebnissen eines der eingesetzten Untersuchungsverfahren hervortreten, spiegeln möglicherweise die Heterogenität des zur Rohstoffgewinnung genutzten Gesteinsvorkommens wider. Davon zu trennen sind jedoch offensichtliche Materialunterschiede, die durch mehrere Analysemethoden belegt wurden. Dies betrifft einzelne Artefakte (LST-06/118,

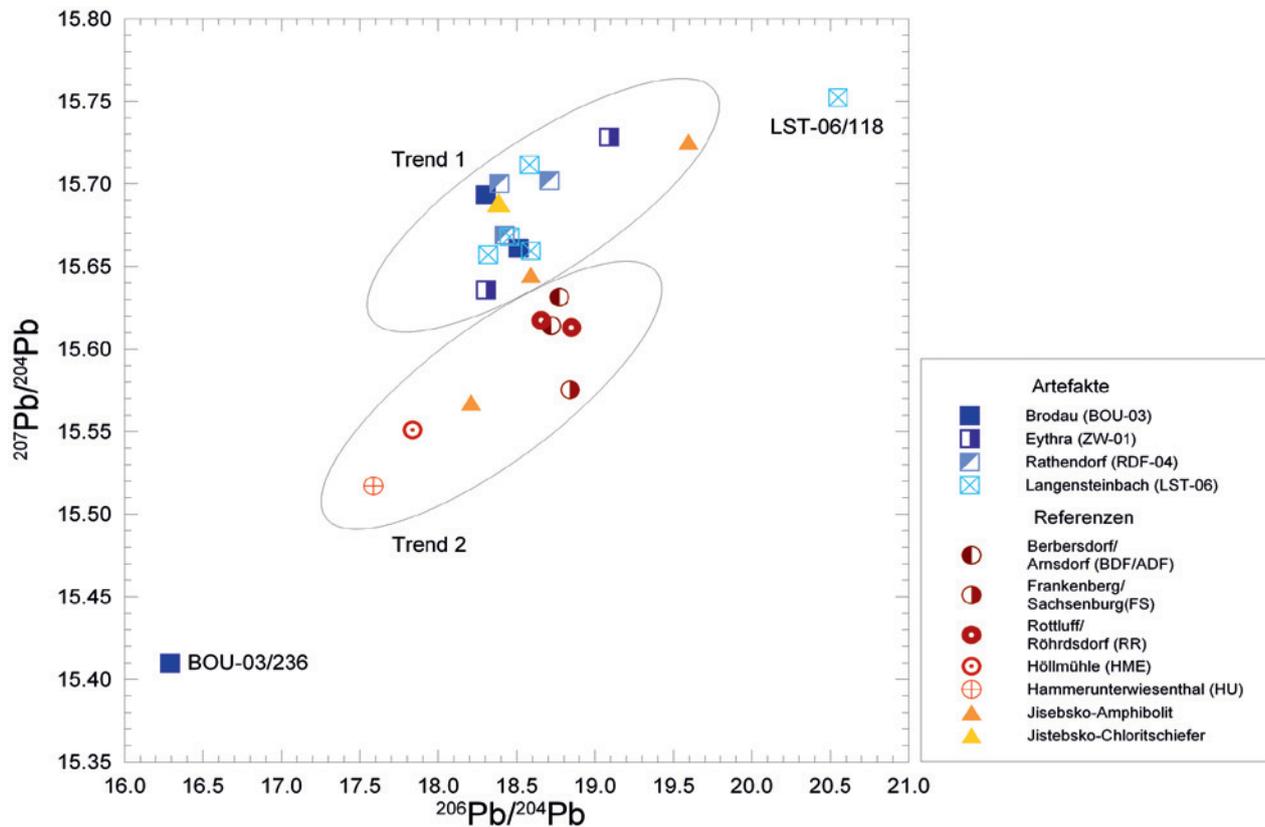


Abb. 3. Artefakte und Referenzproben: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

Fig. 3. Artefacts and reference samples: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

BOU-03/236), die eine gröbere Struktur (Gruppe 4) wie auch andere Isotopenverhältnisse als der Rest der untersuchten Artefaktgesteine besitzen. Die Proben aus Eythra zeigen neben makroskopischen und mikroskopischen Abweichungen ebenfalls Unterschiede in den Isotopenverhältnissen zu den übrigen Artefakten. Sie weisen vermutlich zu einem großen Teil eine andere Amphibolvarietät als die analysierten Gesteine aus Langensteinbach, Rathendorf und Brodau auf. Dies deutet darauf hin, dass die untersuchten Steinbeile der Grabung Eythra und einzelne weitere Artefakte aus Amphiboliten abweichender Zusammensetzung gefertigt wurden und möglicherweise eine andere Herkunft anzeigen.

Im westlichen Sachsen gibt es zahlreiche Vorkommen von Amphiboliten, die aufgrund der petrographischen Beschreibung in der Literatur (z. B. Lehmann 1899, Dalmer & Dathe 1909, Rothpletz 1909, Sauer 1917) als Rohmaterial für die Artefakte in Betracht gezogen werden können. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit war eine umfassende Prüfung dieser Gesteinsvorkommen, die oft in Form von kleinen Linsen über größere Gebiete verteilt sind, nicht möglich. Die untersuchten Proben aus diesem Gebiet zeigen jedoch Abweichungen zu den Artefakten, die nicht durch Inhomogenitäten innerhalb eines Gesteinsvorkommens zu erklären sind. Die analysierten sächsischen Referenzgesteine sind daher mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zur Herstellung der betrachteten Artefakte verwendet worden.

Die Herkunft des Rohstoffes der Steinbeile aus der bandkeramischen Grabung Langensteinbach (LST-06) bei Penig konnte nicht eindeutig identifiziert werden. Ein Vergleich der Artefaktgesteine mit Metabasiten aus Jitebsko (Tschechien) offenbart jedoch eine besonders hohe Übereinstimmung bezüglich der Zusammensetzung eines Großteils der analysierten Proben aus Langensteinbach (LST-06), Rathendorf (RDF-04) und Brodau (BOU-03) zu zwei der drei untersuchten Amphibolite aus Jitebsko. Dies impliziert eine mögliche Nutzung von Gesteinen aus dem Isergebirge zur Herstellung dieser neolithischen Artefakte. Auch andere bisherige Forschungen zu Rohstoffen von Steinbeilen und ähnlichen Artefakten deuten darauf hin, dass das Isergebirge – insbesondere die Umgebung von Jitebsko – Ursprung eines weitreichenden Handels mit diesem typischen Rohmaterial ist, der unter Umständen große Teile Europas umfasste. Die bislang wenig bekannte frühneolithische Siedlungsregion um Penig in Westsachsen könnte demzufolge mit den Gesteinen aus dem Isergebirge versorgt worden sein. Ein besonders gut ausgebautes Verteilungsnetz in der neolithischen Zeit ist Grundvoraussetzung für die Annahme eines solchen Handels. Falls Rohstoffe oder bereits bearbeitete Gesteine aus Jitebsko nach Penig gebracht wurden, spricht dies für einen gezielten und eindrucksvollen Warenhandel über weite Strecken, vor allem über Regionen hinweg, die nicht durch Bandkeramik besiedelt waren. Um das Vorkommen der Artefaktrohstoffe sicher

zu identifizieren, bleibt jedoch die Notwendigkeit weiterer Analysen von Artefakten und Referenzgesteinen aus Jistebsko – sowie möglicherweise auch aus anderen relevanten Gesteinsvorkommen – bestehen.

5. Danksagung

Für die Unterstützung bei den dünnschliffmikroskopischen Untersuchungen möchten wir Herrn Prof. Dr. Klaus Thalheim und Herrn Martin Kaden (beide Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden) danken. Herrn Stebner (Universität Hamburg) gebührt Dank für die Bereitstellung von Artefakten inkl. Dünnschliffaufnahmen der Grabung Brodau. Herrn Ludwig Zschornack (jetzt Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, UFZ Leipzig) danken wir für den Zugang zu einigen Referenzproben.

6. Literatur

- Arps, C. (1978): Petrography and possible origin of adzes and other artefacts from prehistoric sites near Hienheim (Bavaria, Germany) and Elsloo, Sittard and Stein (Southern Limburg, The Netherlands). – In: Bakels, C.C. (Ed.): Four Linearbandkeramik settlements and their environment – a palaeoecological study of Sittard, Stein, Elsloo and Hienheim. – *Analecta Praehist. Leidensia*, **11**: 202–228, Leiden.
- Christensen, A.-M.; Holm, P.M.; Schuessler, U.; Petrasch, J. (2006): Indications of a major Neolithic trade route? An archaeometric geochemical and Sr, Pb isotope study on amphibolitic raw material from present day Europe. – *Appl. Geochem.*, **21**: 1635–1655, Amsterdam.
- Coutinho, J.; Kräutner, H.; Sassi, F.; Schmid, R.; Sen, S. (2007): Amphibolite and Granulite. – In: Fettes, D.; Desmons, J. (Eds.): *Metamorphic Rocks – A Classification and Glossary of Terms*. – 51–57, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo (Cambridge University Press).
- Dalmer, K.; Dathe, E. (1909): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Herausgegeben vom K. Finanz-Ministerium, bearb. unter der Leitung von H. Credner, Sektion Rosswein-Nossen, Blatt 63. – 2. Aufl., Neubearb. von Danzig, E., Gäbert, C., 1–74, Leipzig (W. Engelmann).
- Endlicher, G. (1995): Mineralogisch-petrologische Untersuchungen an Steinbeilen aus linienbandkeramischen Gräberfeldern in Bayern. Charakterisierung und mögliche Herkunft des Rohmaterials. – In: Nieszery, N. (Ed.): *Linienbandkeramische Gräberfelder in Bayern*. – *Internat. Archäol.*, **16**: 218–234, Rahden/Westfalen (M. Leidorf).
- Lehmann, J. (1899): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Herausgegeben vom K. Finanz-Ministerium, bearb. unter der Leitung von H. Credner, Sektion Penig-Burgstädt, Blatt 76. – 2. Aufl., revidiert von Danzig, E. im Jahre 1898, 1–34, Leipzig (W. Engelmann).
- Ramminger, B. (2007): Wirtschaftsarchäologische Untersuchungen zu alt- und mittelneolithischen Felsgeräten in Mittel- und Nordhessen. – *Internat. Archäol.*, **102**: 1–643, Rahden/Westfalen (M. Leidorf).
- Ramminger, B. (2010): Rohmaterialuntersuchungen an Drechselklingen aus Dresden-Prohlis und Brodau bei Leipzig – Charakterisierung und mögliche Herkunft der Rohmaterialien. – In: Link, T.: *Die linien- und stichbandkeramische Siedlung von Dresden-Prohlis. Eine Fallstudie zum Kulturwandel in der Region der oberen Elbe um 5000 v. Chr. Anlage, Würzburg* (unveröffentl. Dissertation, Universität Würzburg).
- Rosenbusch, H. (1898): *Elemente der Gesteinslehre*. – 1–546, Stuttgart (Schweizerbart).
- Rothpletz, A. (1909): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Herausgegeben vom K. Finanz-Ministerium, bearb. unter der Leitung von H. Credner, Sektion Frankenberg-Hainichen, Blatt 78. – 2. Aufl., Neubearb. von Siegert, Th. und Danzig, E. i. d. J. 1903 und 1908, 1–121, Leipzig (W. Engelmann).
- Sauer, A. (1917): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Herausgegeben vom K. Finanz-Ministerium, bearb. unter der Leitung von H. Credner, Sektion Wiesenthal, Blatt 147. – 2. Aufl. bearb. von Reinisch, R., 1–84, Leipzig (W. Engelmann).
- Šreinová, B.; Šrein, V.; Šťastný, M. (2003): Petrology and mineralogy of the Neolithic and Aeneolithic artefact in Bohemia. – *Acta Montana, Series AB*, **12**: 111–119, Prag.
- Schietzel, K. (1965): Müdersheim – Eine Ansiedlung der jüngeren Bandkeramik im Rheinland. – In: Schwabedissen, H. (Ed.): *Fundamenta – Monographien zur Urgeschichte*. – 1–155, Köln, Graz (Böhlau).
- Schwarz-Mackensen, G.; Schneider, W. (1986): Petrographie und Herkunft des Rohmaterials neolithischer Steinbeile und -äxte im nördlichen Harzvorland. – *Archäol. Korrespondenzbl.*, **16**: 29–44, Frankfurt am Main.
- Stäuble, H. (2010): Frühneolithikum: Linienband- und Stichbandkeramische Kulturen. – In: *Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig (Ed.): Atlas zur Geschichte und Landeskunde von Sachsen. Beiheft zur Karte B I 1.1–1.5, Ur- und Frühgeschichte Sachsens*. – 24–42, Leipzig, Dresden (Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen).
- Wimmenauer, W. (1985): *Petrographie der magmatischen und metamorphen Gesteine*. – 1–382, Stuttgart (Enke).
- Zirkel, F. (1894): *Lehrbuch der Petrographie, dritter Band*. – 1–833, Leipzig (W. Engelmann).
- Zschornack, L. (2008): Petrographische Untersuchungen von Metabasiten aus archäologischem Fundmaterial neolithischer Fundstellen an der BAB72 bei Geithain. – 1–97, Leipzig (unveröffentl. Diplomarbeit, Universität Leipzig).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologica Saxonica - Journal of Central European Geology](#)

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Heymann Kristin, Stäuble Harald, Hölzl Stefan, Ullrich Bernd,
Lange Jan-Michael

Artikel/Article: [Petrographie und Herkunft des Rohmaterials neolithischer
Steinartefakte der archäologischen Ausgrabung Langensteinbach \(LST-06\) bei Penig
\(Westsachsen\) 89-98](#)