



Prüfbericht-Nr.	1622/20
Auftraggeber:	Mendiger Basalt Schmitz Naturstein GmbH & Co. KG Ernst-Abbe-Straße 2 56743 Mendig
Auftragsgegenstand:	Prüfung von Naturstein - Bestimmung der Wasseraufnahme - Bestimmung der Rohdichte und offene Porosität - Bestimmung der Biegefestigkeit - Bestimmung des Frostwiderstandes einschl. Überprüfung des Leistungsmerkmals Biegefestigkeit - Bestimmung der Druckfestigkeit - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung - Bestimmung der Ausbruchkraft am Ankerdornloch - Petrographische Prüfung*)
Anzahl der Proben:	73 Stück
Abmessungen [mm]:	300x50x50, 70x70x70, 200x200x50
Handelsname:	Ettringer Tuff
Petrographische Bezeichnung:	grober (Aschen-)Tuff
Herkunft:	Tuffsteinbruch Ettringen 27 a, Deutschland
Lieferant:	wie Auftraggeber
Probeneingang:	23.07.2020
Probenahme:	Die Probenahme erfolgte durch den Auftraggeber.
Prüfberichtsdatum:	14.09.2020 / Ko.

Der Prüfbericht umfasst 10 Seiten und 1 Anlage (12 Blatt).

Belegproben werden höchstens zwei Monate aufbewahrt.

angewandte Prüfverfahren:

- *Bestimmung der Wasseraufnahme* nach DIN EN 13755:2008-08 "Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Wasseraufnahme unter atmosphärischem Druck - Deutsche Fassung EN 13755:2008"
- *Bestimmung der Rohdichte und der offenen Porosität* nach DIN EN 1936:2007-02 "Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität - Deutsche Fassung EN 1936:2006"
- *Bestimmung der Biegefestigkeit* nach DIN EN 12372:2007-02 "Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Biegefestigkeit unter Mittellinienlast - Deutsche Fassung EN 12372:2006"
- *Bestimmung des Frostwiderstandes* nach DIN EN 12371:2010-07 "Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Frostwiderstandes - Deutsche Fassung EN 12371:2010" Verfahren A - technologische Prüfung einschl. Überprüfung des Leistungsmerkmals
- *Bestimmung der Druckfestigkeit* nach DIN EN 1926:2007-03 "Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der einachsigen Druckfestigkeit - Deutsche Fassung EN 1926:2006"
- *Bestimmung der Druckfestigkeit* nach DIN EN 772-1:2011-07 "Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit Deutsche Fassung EN 772-1:2011"
- *Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten* nach DIN EN 1925:1999-05 "Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung; Deutsche Fassung EN 1925:1999"
- *Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdomloch* nach DIN EN 13364:2002-03, "Prüfung von Naturstein; Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdomloch"
- *Petrographische Prüfung* nach DIN EN 12407:2019-12 "Prüfverfahren für Naturstein - Petrographische Prüfung - Deutsche Fassung EN 12407:2019"

Prüfergebnisse

1. Petrographische Prüfung

Die eingereichte Probe des Naturwerksteins mit der Handelsbezeichnung "Ettringer Tuff", die entsprechend der DIN EN 12407 (2019) untersucht wurde, ist gemäß DIN EN 12670 (2019) ein vulkanisches Gestein.

Mithilfe der mittleren Korngröße der Klasten kann das Gestein noch genauer als grober (Aschen-) Tuff beschrieben werden, der reich an Epiklasten und Lapilli ist.

Die petrographische Beschreibung und Bestimmung sind der Anlage 1 zu entnehmen.

2. Bestimmung der Wasseraufnahme, Rohdichte und offene Porosität

Datum der Probenvorbereitung: 07.08. - 10.08.2020
 Datum der Prüfung: 10.08. - 14.08.2020
 Anzahl der Probekörper: 6 Stück
 Maße der Probekörper [mm]: 70x70x70

Probe - Nr.	Wasser- aufnahme		Rohdichte	offene Porosität
	A_b [M.-%]	$A_b \ln$ []	ρ_B [kg/m ³]	P_o [%]
1	11,3	2,424	1880	21,3
2	11,5	2,445	1860	21,5
3	11,2	2,416	1880	21,2
4	11,2	2,419	1880	21,2
5	11,2	2,417	1890	21,2
6	11,6	2,451	1860	21,7
Mittelwert:	11,3	2,429	1880	21,3
Standardabweichung s bzw. s_n : []	0,175	0,015	-	-
Variationskoeffizient v bzw. v_n : [%]	1,543	0,632	-	-
Quantilenfaktor k_s ¹⁾ : []	-	2,34	-	-
Oberer Erwartungswert E_H :	11,8	-	-	-

¹⁾ Anzahl der Messwerte n=6; 75% Vertrauensniveau

3. Bestimmung der Biegefestigkeit

Datum der Probenvorbereitung: 03.08. - 05.08.2020
 Datum der Prüfung: 05.08.2020
 Anzahl der Probekörper: 10 Stück
 Maße der Probekörper [mm]: 300 x 50 x 50
 Rechtwinkligkeit der Probekörper: i.M. < 0,05 %
 Belastungsgeschwindigkeit: (0,25 ± 0,05) MPa/ Sekunde

Probe - Nr.	Stützweite l [mm]	Breite b [mm]	Höhe h [mm]	Bruchlast F [N]	Biegefestigkeit		
					R _{ff} [MPa]	I _n []	
48	250	50,1	50,1	1450	4,3	1,4642	
49	250	50,0	49,9	1340	4,0	1,3953	
50	250	50,0	49,6	1430	4,4	1,4724	
51	250	50,1	49,6	1460	4,4	1,4911	
52	250	50,0	49,8	1410	4,3	1,4502	
53	250	50,2	49,9	1450	4,4	1,4702	
54	250	50,1	49,8	1260	3,8	1,3357	
55	250	50,1	49,1	1470	4,6	1,5182	
56	250	50,0	49,4	1430	4,4	1,4804	
57	250	50,0	49,9	1470	4,4	1,4879	
Mittelwert \bar{R}_{ff} bzw. \bar{x}_{In} :						4,3	1,4566
Standardabweichung s bzw. s _n :					[]	0,2	0,0532
Variationskoeffizient v bzw. v _n :					[%]	5,1	3,6
Quantilenfaktor k _s ¹⁾ :					[]	-	2,10
Unterer Erwartungswert E _L :						3,8	-

¹⁾ Anzahl der Meßwerte n=10; 75% Vertrauensniveau

4. Bestimmung des Frostwiderstandes (Verfahren A - technologische Prüfung)

Zur Überprüfung des Frostwiderstandes wurden die Probekörper nach einer Beanspruchungsdauer von 56 Prüfzyklen einer Sichtprüfung unterzogen sowie das Leistungsmerkmal Biegefestigkeit bestimmt.

Datum der Probenvorbereitung:	04.08. - 07.08.2020
Datum der Prüfung:	07.08. - 04.09.2020
Anzahl der Probekörper:	10 Stück
Schichtebenen, anisotrope Merkmale:	keine
Maße der Probekörper [mm]:	300 x 50 x 50
Anzahl der Prüfzyklen:	56

4.1 Sichtprüfung

Ausgangszustand der Probekörper: Alle Prüfkörper sind frei von Schädigungen, Rissen und anderen Auffälligkeiten.

Zustand der Probekörper nach der Frost-Tau-Wechsel-Beanspruchung:

0 Prüfkörper intakt	ja	<input checked="" type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
1 Sehr geringe Beschädigung (geringe Abrundung der Ecken und Kanten), die die Unversehrtheit der Prüfkörper nicht beeinträchtigt	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input checked="" type="checkbox"/>
2 Ein oder mehr kleinere Risse ($\leq 0,1$ mm Breite) oder Ablösung kleinerer Fragmente (≤ 10 mm ² je Fragment)	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Ein oder mehr Risse, Löcher oder Ablösung von Fragmenten, die größer sind, als in "2" definiert, oder Neigung zur Materialveränderung	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input checked="" type="checkbox"/>
4 Prüfkörper in zwei Teile zerbrochen oder mit großen Rissen	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input checked="" type="checkbox"/>
5 Prüfkörper in Stücken oder zerfallen	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input checked="" type="checkbox"/>

4.2 Bestimmung der Biegefestigkeit nach der Frost-Tauwechsel-Beanspruchung

Datum der Vorbereitung der Probekörper: 04.09.- 07.09.2020
 Datum der Prüfung: 07.09.2020
 Anzahl der Probekörper: 10 Stück
 Maße der Probekörper [mm]: 300 x 50 x 50
 Rechtwinkligkeit der Probekörper: i.M. < 0,05 %
 Belastungsgeschwindigkeit: (0,25 ± 0,05) MPa/ Sekunde

Probe - Nr.	Stützweite l [mm]	Breite b [mm]	Höhe h [mm]	Bruchlast F [N]	Biegefestigkeit	
					R _{ff} [MPa]	I _n []
58	250	50,3	49,9	760	2,3	0,8222
59	250	49,9	49,9	920	2,8	1,0212
60	250	49,9	49,6	970	3,0	1,0862
61	250	49,9	49,6	1040	3,2	1,1559
62	250	49,8	49,8	1060	3,2	1,1689
63	250	49,9	49,2	780	2,4	0,8844
64	250	49,8	49,7	770	2,3	0,8533
65	250	50,1	49,4	850	2,6	0,9582
66	250	49,7	49,7	990	3,0	1,1066
67	250	49,0	49,0	730	2,3	0,8445
Mittelwert \bar{R}_{ff} bzw. \bar{x}_{In} :					2,7	0,9902
Standardabweichung s bzw. s_{In} :					[]	0,4
Variationskoeffizient v bzw. v_{In} :					[%]	13,5
Quantilenfaktor $k_s^{1)}$:					[]	-
Unterer Erwartungswert E_L :					2,0	-

¹⁾ Anzahl der Meßwerte n=10; 75% Vertrauensniveau

5. Bestimmung der Druckfestigkeit nach DIN EN 1926:2007-03

Datum der Probenvorbereitung: 03.08. - 06.08.2020
 Datum der Prüfung: 06.08.2020
 Anzahl der Probekörper: 10 Stück
 Oberflächenvorbehandlung: Trocknung bis zur Massekonstanz bei (70±5)°C
 und anschließend Lagerung bei (20±2)°C bis
 zur Prüfung

Probe- Nr.	Länge	Breite	Höhe	Druck- fläche A	Bruchlast F	Druckfestigkeit	
	\bar{l} [mm]	\bar{b} [mm]	\bar{h} [mm]	[mm ²]	[kN]	R [MPa]	ln []
13	70,0	69,5	70	4865	100	20,55	3,0231
14	70,1	70,0	70	4907	100	20,38	3,0145
15	69,9	69,8	70	4879	90	18,45	2,9149
16	69,8	69,8	70	4872	100	20,53	3,0217
17	70,2	69,9	70	4907	100	20,38	3,0145
18	69,7	70,0	70	4879	90	18,45	2,9149
19	70,0	68,4	70	4788	90	18,80	2,9337
20	69,6	70,0	70	4872	90	18,47	2,9163
21	69,6	70,9	70	4935	90	18,24	2,9035
22	69,5	69,5	70	4830	90	18,63	2,9249
Mittelwert \bar{R} bzw. \bar{x}_{ln} :						19	2,9582
Standardabweichung s bzw. s_{ln} :						[]	1,0
Variationskoeffizient v bzw. v_{ln} :						[%]	5,3
Quantilenfaktor $k_s^{1)}$:						[]	-
Unterer Erwartungswert E_L :						17	-

¹⁾ Anzahl der Meßwerte n=10; 75% Vertrauensniveau

6. Bestimmung der Druckfestigkeit nach DIN EN 772-1:2016-05

Datum der Prüfung: 14.08.2020

Probe Nr.	Länge [mm]	Breite [mm]	Bruttofläche [mm ²]	Nettowert der belasteten Fläche [mm ²]	Bruchlast [N]	Druckfestigkeit	
						äquivalente [N/mm ²]	normierte $\delta = 0,94$ f_b
23	69,7	70,2	4892,9	-	90600	18,5	17,4
24	69,6	70,2	4885,9	-	103400	21,2	19,9
25	70,0	70,0	4900,0	-	102600	20,9	19,7
26	69,5	70,1	4872,0	-	95200	19,5	18,4
27	70,0	70,1	4907,0	-	95700	19,5	18,3
28	70,2	70,1	4921,0	-	102400	20,8	19,6
29	69,9	70,2	4907,0	-	90700	18,5	17,4
30	69,9	69,5	4858,1	-	79200	16,3	15,3
31	70,0	69,6	4872,0	-	93100	19,1	18,0
32	70,1	69,9	4900,0	-	110000	22,4	21,1
Mittelwert:						19,7	18,5
Variationskoeffizient v (n):							8,4 %
<i>Oberflächenvorbehandlung: Schleifen</i>							
<i>Äquivalente Druckfestigkeit (Berücksichtigung der Probenlagerung: 7.3.2 a)</i>							
<i>Normierte Druckfestigkeit (Berücksichtigung Verhältnis Breite / Höhe)</i>							

7. Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung

Datum der Prüfung einschl. Vorbereitung: 10.08. - 21.08.2020

Anzahl der Probekörper: 6 Stück


Probe- körper	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Grund- fläche [m ²]	C ₁ [g/m ² · s ^{0,5}]
7	70,93	71,06	70,60	0,00504	35,977
8	70,98	71,01	70,54	0,00504	36,822
9	69,88	68,69	69,71	0,00480	39,402
10	71,04	70,95	70,84	0,00504	36,708
11	70,61	71,38	71,26	0,00504	37,272
12	68,83	71,48	70,44	0,00492	38,006
i.M.:					37,364

8. Bestimmung der Ausbruchkraft am Ankerdornloch


Maße der Probekörper [mm]: 200 x 200 x 50
 Prüfdatum: 12.08.2020
 Anzahl der Probekörper: 4 Stück
 Lastangriffswinkel α . [°]: 90
 Dornlochdurchmesser [mm]: 10
 Durchmesser der Ankerdorne [mm]: 6
 Einspannlänge der Ankerdorne [mm]: 25

Probe - Nr.	Dicke des Probe- körpers d [mm]	Abstand Bohr- lochwandung zur Sichtfläche d ₁ [mm]	maximaler Abstand der Lochmitte zur Bruchkante b _A [mm]	Bruchlast [N]	transfer N ln=(xi)
70-1	49,7	20	75,7	1500	7,313
70-2	49,7	20	80,0	1650	7,409
71-1	50,0	20	56,1	2000	7,601
71-2	50,0	20	64,7	1950	7,576
72-1	50,1	20	81,2	1500	7,313
72-2	50,1	20	84,3	1850	7,523
72-3	50,1	20	75,7	1850	7,523
72-4	50,1	20	67,4	1950	7,576
73-1	49,7	20	96,4	1550	7,346
73-2	49,7	20	90,2	1800	7,496
Mittelwert \bar{F} bzw. \bar{x}_{ln} :				1750	7,467
Standardabweichung s bzw. s_{ln} :				194,1	0,113
Variationskoeffizient v bzw. v_{ln} :				0,11	0,11
Quantilenfaktor k_s (Tabellenwert)				-	2,10
5%-Quantile, s = 75% (nach DIN 18516-3:2018-03, Abs. 4.2.2; unterer Erwartungswert)				[N] 1382	-

Bemerkung: Bei der Berechnung der bemessungsrelevanten Ausbruchlast am Ankerdorn ist der Pkt. 4 der DIN 18516-3:2018-03 zu berücksichtigen.


 Dipl.-Ing.(FH) Ch. Schümer
 Prüferingenieurin




 Dipl.-Ing. E. Stolze
 Leiterin der Prüfstelle

A.1 Petrographische Prüfung

A.1.1 Makroskopische Beschreibung

Bei der für die petrographischen Untersuchungen zur Verfügung gestellten Probe mit der Handelsbezeichnung "Ettringer Tuff" handelt es sich um einen würfelförmigen Körper (Kantenlänge ca. 7 cm). Der untersuchte Naturwerkstein ist ein heterogen erscheinendes und grau gelbbraunlich, bunt-fleckiges Gestein. Im Handstück können in einer braunen, feinkörnigen und feinporigen Grundmasse viele schlecht gerundete Einschlüsse beobachtet werden. Die Einschlüsse unterscheiden sich in ihrer Größe und Farbe sowie in ihrer Art und Herkunft. Im vorliegenden Handstück können am häufigsten beigefarbene offenporige Bimspartikel erkannt werden. Diese erreichen Längserstreckungen von bis zu ca. 2,5 cm. Ebenfalls häufig, aber etwas kleiner (bis max. ca. 1 cm) sind dunkelgraue Partikel, bei denen es sich um Quarzite und Tonschieferfragmente handelt. Hinzu kommen rötliche Sandsteine und weißgraue Metamorphite und Plutonite. Weiterhin sind auch mittelkörnige einzelne Quarze in der Grundmasse vorhanden. Der vorliegenden Probenkörper zeigt keine Schichtung oder Einregelung der Bestandteile. Aufgrund der feinkörnigen Grundmasse mit den zahlreichen darin enthaltenen Bimspartikeln kann das Gestein als Vulkanit klassifiziert werden. Makroskopisch sichtbare Risse wurden nicht wahrgenommen.

A.1.2 Mikroskopische Beschreibung

A.1.2.1 Vorgehensweise

Für die polarisationsmikroskopische Bearbeitung wurde von der eingereichten Gesteinsprobe ein polierter Dünnschliff angefertigt. Dieser ermöglichte es, sowohl durchlicht- als auch auflichtmikroskopische Untersuchungen, die zur Bestimmung des Erzmineralgehaltes erforderlich sind, durchzuführen. Dünnschliffe bestehen aus einer 20 µm bis 30 µm dicken Gesteinsscheibe, die vor dem Herunterschleifen und der anschließenden Politur mit Kunstharz getränkt und mit diesem auf einem Objektträger befestigt wurde. Um bei polarisationsmikroskopischer Betrachtung den Porenraum optisch von dem Mineralinhalt zu differenzieren, wurde das Einbettungsmittel blau angefärbt. Der Dünnschliff, der von dieser Probe angefertigt wurde, erhielt die interne Bezeichnung DS 243-20 (Maße ca. 40 mm x 20 mm).

Für die Bestimmung des Mengenanteils der Gesteinsbestandteile wurde der Dünnschliff unter einem Polarisationsmikroskop ausgezählt. Die Angabe der Mengengehalte an den Bestandteilen basiert auf der Auszählung von 1000 Punkten. Dies entspricht bei den Hauptgemengteilen (> 5 Vol.-%) einer Standardabweichung von

maximal 1,5 Vol.-% und bei den Nebengemengteilen (1 bis 5 Vol.-%) einer Standardabweichung von maximal 1 Vol.-%.

A.1.2.2 Polarisationsmikroskopische Untersuchungen

Im hier untersuchten Naturwerkstein nehmen offene Porenräume einen Anteil von 21,3 Vol.-% ein. Die Poren treten sowohl inter- als auch intragranular auf. Die Volumenanteile an der Festsubstanz, der im Gestein vorhandenen Bestandteile sowie deren chemische Zusammensetzung, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Bestandteile, Volumenanteil an der Festsubstanz und chemische Zusammensetzung der Bestandteile im Dünnschliff DS 243-20. Die Auflistung erfolgt nach Hauptgemengteilen (> 5 Vol.-%), Nebengemengteilen (1 bis 5 Vol.-%) und Akzessorien (< 1 Vol.-%).

Bestandteil	Vol.-%	Chemische Zusammensetzung
Hauptgemengteile	$\Sigma = 88,2$	
Grundmasse	55,0	feinstkörniges vulkanischen Material und zerriebenes Nebengestein
Bims	22,8	porenreicher Bimsstein
Tonschiefer	10,4	Epiklasten aus Tonmineralen (oftmals serizitisiert)
Nebengemengteile	$\Sigma = 10,0$	
Quarzit	3,9	Epiklasten aus Quarz (SiO ₂) in einem Mosaikgefüge
Sandstein	3,8	Epiklasten aus Quarz (SiO ₂) mit tonigem Bindemittel
Klinopyroxen	2,3	(CaMg,Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Ti,Al) ₂ [(Si,Al) ₂ O ₆]
Akzessorien	$\Sigma = 1,8$	
Magmatische Xenolithe		Gesteinsbruchstücke aus dem subvulkanischen Niveau
Polyquarz		Xenolithe aus Quarzkristallen
Limonit		Gemenge aus α - (Goethit) + γ -FeOOH (Lepidokrokit)
Magnetit		Fe ₃ O ₄
Sanidin		Hochtemperaturform des Kalifeldspats (K[AlSi ₃ O ₈])
Calcit		CaCO ₃
Leucit		Kaliumreicher Feldspatvertreter (K[AlSi ₂ O ₆])
Biotit		K(Mg,Fe ²⁺ ,Mn) ₃ [(OH, F) ₂ (Al,Fe ³⁺)Si ₃ O ₁₀]
Pyrit		FeS ₂

Nach Auswertung des Dünnschliffs DS 243-20 ist das untersuchte Gestein ein Vulkanit. Als Hauptbestandteile treten in einer feinkörnigen Grundmasse, Bimsartikel und Tonschiefer auf. Xenolithe von Quarzit und Sandstein bilden zusammen mit Klinopyroxen die Nebenbestandteile. Bei den übrigen Bestandteilen

handelt es sich um Akzessorien. Aufgrund des Auftretens von Bims ist das Gestein insgesamt als hypokristallin einzustufen. Die Anwesenheit von Leucit deutet für die ursprüngliche vulkanische Schmelze auf eine SiO_2 -Untersättigung hin.

Die vorgefundenen Bestandteile zeigen die im Folgenden aufgeführten Eigenschaften.

Die Grundmasse dieses Gesteins besteht aus einem kryptokristallinen, möglicherweise auch teilweise glasartigen Material (Abb. 1 und Abb. 2). Hierbei wird es sich um feinstkörnige vulkanische Asche und fein zerriebenes Nebengesteinsmaterial handeln. Die Grundmasse ist porös. Eine Schichtung ist nicht zu erkennen. Bei gekreuzten Polarisatoren erscheint die Grundmasse dunkel und bräunlich (Abb. 3).

Bims bildet die häufigste Komponente innerhalb der Grundmasse. Hierbei handelt es sich um porenreiche Xenolithe mit einem schwammartigen Gefüge (Abb. 2). Die Wände der Poren bestehen aus glasigem oder kryptokristallinem Material.

Tafelige Tonschieferfragmente bilden eine weitere häufige Komponente innerhalb der Grundmasse. Diese Partikel bestehen aus feinkörnigen Tonmineralen und Limoniteinlagerungen und erscheinen bei nicht gekreuzten Polarisatoren bräunlich. Zumeist ist innerhalb der Epiklasten eine Schichtung bzw. Einregelung zu erkennen (Abb. 1). Unter gekreuzten Polarisatoren wird deutlich, dass die Tonminerale teilweise in Serizit umgewandelt wurden.

Als Nebengemengteil treten Epiklasten von Quarzit auf. Sie bestehen vornehmlich aus homöoblastischen Quarzkristallen, die ein typisches Mosaikgefüge bilden (Abb. 4). Bei gekreuzten Polarisatoren zeigen die Quarzkristalle eine niedrige Interferenzfarbe. Zum Teil ist in den Quarzitbruchstücken die Bildung von Ägirinaugit zu beobachten (Abb. 4). Dieser Klinopyroxen wird als metasomatische Neubildung im subvulkanischen Niveau interpretiert und ist somit nicht Ausdruck einer rezenten Verwitterung.

Im Unterschied zum Quarzit bestehen die Epiklasten von Sandstein nicht nur aus Quarzkristallen, sondern zeigen auch ein bräunliches, toniges Bindemittel (Abb. 2).

Klinopyroxen tritt in Form von Kristallen und Kristallfragmenten innerhalb der Grundmasse auf. Die Kristalle erscheinen zumeist in kurzsäuliger Gestalt. Gelegentlich kann auch die annähernd rechtwinklige Spaltbarkeit beobachtet werden. Die Farbe variiert von hellbeige bis hellbraun. Bei gekreuzten Polarisatoren wird oftmals eine intensive Zonierung (Abb. 3) und eine sanduhrartige Auslöschung deutlich. Aufgrund der beschriebenen Eigenschaften handelt es sich bei diesem Klinopyroxen um Titanaugit.

Alle weiteren im Schliff vorgefundenen Minerale treten akzessorisch auf. Xenolithe von Magmatiten bestehend aus Alkalifeldspat, Biotit und Calcit (Abb. 5) könnten aus dem subvulkanischen Niveau der Vulkanite stammen. Als Polyquarz werden farblose Partikel bezeichnet, die aus einer geringen Anzahl an Quarzkristallen besteht. Die Herkunft dieser Xenolithe lässt sich nicht genauer zuordnen. Limonit tritt im vorliegenden Gestein in kryptokristallinen Aggregaten und als Bestandteil der Tonschieferfragmente auf. Magnetit kann innerhalb der Grundmasse aber auch in verschiedenen Epiklasten beobachtet werden. Magnetit erscheint bei auflichtmikroskopischer Betrachtung weißgrau. Sanidin, die Hochtemperaturform des Alkalifeldspats, tritt in farblosen, klaren und tafeligen Kristallen auf. Bei gekreuzten Polarisatoren zeigt Sanidin niedrige Interferenzfarben (Abb. 6). Calcit ist farblos und erscheint bei gekreuzten Polarisatoren mit den Interferenzfarben der höheren Ordnungen. Calcit kann als einzelner Kristall in der Grundmasse auftreten. Weiterhin ist Calcit auch in den magmatischen Xenolithen und in Calcitaggregaten anzutreffen, bei denen es sich um Nebengestein handeln könnte. Leucit tritt innerhalb der Matrix auf und ist an der kubischen Kristallform und der typischen Zwillingslamellierung zu erkennen. Oftmals sind nur noch Kristallfragmente vorhanden. Auch Biotittafeln treten in der Grundmasse auf. Biotit zeigt von hellbeige über beige bis rotbraun variierende Farben. Pyrit zeigt bei auflichtmikroskopischer Untersuchung die charakteristische weißgelbe Farbe und kommt hier fein verteilt sowohl in der Grundmasse als auch in den darin vorhandenen Epiklasten vor.

Eine Übersicht über das Erscheinungsbild, den Alterationszustand, die Verteilung und die Orientierung der in dem Dünnschliff nachgewiesenen Bestandteile sowie über ihre Korngrößen, liefern die Tabellen 2 bis 4. Bei allen vorhandenen Gesteinsfragmenten wurde, als spezielle Verwachsung eines oder mehrerer Minerale, die Kornausbildung nicht berücksichtigt. Bei allen anderen Kategorien werden die Eigenschaften des Aggregats und nicht die der Einzelminerale wiedergegeben.

Tabelle 2 gibt das Erscheinungsbild der Bestandteile wieder. Einige Bestandteile treten als separate Kristalle innerhalb der Grundmasse auf. Bei diesen werden Aussagen zur Kornform getroffen. Was das Erscheinungsbild dieser Minerale angeht, so unterscheidet man zwischen den xenomorphen (fremdgestaltigen) Kristallen, den hypidiomorphen Kristallen, deren Erscheinungsbild der idealen Kristallform nahekommt und den idiomorphen Kristallen, die in ihrer idealen Form vorliegen. Entsprechend der Kornausbildung und der Kornform sind auch die Korngrenzen gestaltet. Xenomorphe und hypidiomorphe Kristalle besitzen im untersuchten Gestein vorwiegend bogige und gezackte Korngrenzen, die eine besonders enge Verwachsung erlauben. Eine Ausnahme bilden Körner, die an die geraden Begrenzungsflächen von hypidiomorphen Kristallen angrenzen. Hier treten auch gerade Korngrenzen auf. Hypidiomorphe Kristalle verfügen generell auch über gerade Korngrenzen, während bei idiomorphen Kristallen ausschließlich gerade

Korngrenzen vorliegen. Für die Gesteinsfragmente in der Grundmasse wurde die Sphärizität (= Kugeligkeit) und der Rundungsgrad betrachtet. Nach PETTIJOHN et al. (1973) zeigen die Komponenten eine geringe Sphärizität und erscheinen angular bis stark angular.

Tab. 2: Erscheinungsbild der im Dünnschliff DS 243-20 nachgewiesenen Bestandteile (Farbe generell bei ungekreuzten Nicols, bei Erzmineralen unter reflektiertem Licht).

Bestandteil	Kornausbildung	Kornform	Korngrenzen / Rundungsgrad	Farbe
Grundmasse		kryptokristallin		braun
Bims	---	körnig	angular bis stark angular	hellbeige bis hellbraun
Tonschiefer	---	linsenförmig, Flatschen	angular	bräunlichgrau
Quarzit	---	körnig	angular bis stark angular	farblos
Sandstein	---	körnig	angular bis stark angular	hellbeige
Klinopyroxen	xenomorph bis idiomorph	kurzsäulig	buchtig gezackt bis gerade	hellbeige bis braun
Magmatische Xenolithe	---	körnig	angular bis stark angular	farblos / braun
Polyquarz	---	körnig	angular bis stark angular	farblos
Limonit		kryptokristallin		rostbraun
Magnetit	hypidio- bis xenomorph	körnig	bogig bis gezackt	weißgrau
Sanidin	xenomorph bis idiomorph	spätig	gerade	farblos
Calcit	hypidiomorph	spätig	gerade bis bogig	farblos
Leucit	idio- bis hypidiomorph	isometrisch	gerade bis bogig	farblos
Biotit	hypidiomorph	stängelig	gerade bis gezackt	hellbeige über beige bis rotbraun
Pyrit	hypidio- bis xenomorph	körnig	bogig	weißgelb

Über die auftretenden Alterationen, die Verteilung und die Orientierung der Bestandteile informiert Tabelle 3. Von einer rezenten Alteration ist kein Bestandteil betroffen. Die Serizitisierung der Tonschieferpartikel war schon erfolgt, als diese Körner zusammen mit den anderen Bestandteilen bei dem vulkanischen Ereignis abgelagert wurden.

Mit Ausnahme von Limonit, der bevorzugt in Tonschiefer- und Sandsteinfragmenten zu finden ist, weisen alle Bestandteile innerhalb des untersuchten Dünnschliffs eine homogene Verteilung auf. Im Dünnschliff konnte keine bevorzugte Orientierung der Bestandteile festgestellt werden.

Tab. 3: Alterationszustand, Verteilung und Orientierung der im Dünnschliff DS 243-20 nachgewiesenen Bestandteile.

Bestandteil	Alterationen	Verteilung	Orientierung
Grundmasse	keine	homogen	regellos
Bims	keine	homogen	regellos
Tonschiefer	serizitisiert	homogen	regellos
Quarzit	keine	homogen	regellos
Sandstein	keine	homogen	regellos
Klinopyroxen	keine	homogen	regellos
Magmatische Xenolithe	keine	homogen	regellos
Polyquarz	keine	homogen	regellos
Limonit	keine	vor allem in Tonschiefern und Sandsteinen	regellos
Magnetit	keine	homogen	regellos
Sanidin	keine	homogen	regellos
Calcit	keine	homogen	regellos
Leucit	keine	homogen	regellos
Biotit	keine	homogen	regellos
Pyrit	keine	homogen	regellos

Das im Dünnschliff vorgefundene Korngrößenspektrum wird in Tabelle 4 dokumentiert. Die Bestandteile der Grundmasse sind kryptokristallin, möglicherweise auch hyalin. Die größten Bimsfragmente erreichen das sehr grobkörnige, die größten Sandsteinfragmente das grobkörnige Korngrößenspektrum. Die durchschnittliche Korngröße dieser Bestandteile und ebenso der Tonschiefer- und Quarzitpartikel fällt in das mittelkörnige Korngrößenspektrum. In diesem Bereich sind auch die größten Klinopyroxenkristalle vorzufinden. Der Mittelwert der Klinopyroxenkristalle liegt im feinkörnigen Bereich. Alle übrigen Bestandteile treten, mit Ausnahme des kryptokristallinen Limonits, ausschließlich im feinkörnigen Korngrößenspektrum auf. Die Sortierung der Komponenten innerhalb der Grundmasse ist schlecht.

Mikrorisse können in den untersuchten Proben selten in den spröden Sanidin- und Klinopyroxenkristallen sowie in den Polyquarz-Aggregaten festgestellt werden. Die

beobachteten Risse sind nicht korngreifend. Im Durchschnitt zeigen sie eine Längsausdehnung von ca. 0,35 mm. Der größte beobachtete Riss hat eine Länge von ca. 1,08 mm. Die Breite dieser Risse beträgt weniger als 0,01 mm. Mit Limonit gefüllte Risse und Bahnen können in den Tonschiefer- und den Sandsteinfragmenten festgestellt werden. Dabei erreichen die Risse eine maximale Länge von ca. 0,98 mm (Mittelwert ca. 0,58 mm). Die Breite dieser Risse beträgt maximal ca. 0,08 mm (Mittelwert 0,034 mm). Die größte gemessene Längsausdehnung der im Dünnschliff vorhandenen Poren liegt bei ca. 1,37 mm. Der Mittelwert der Längsausdehnung liegt bei ca. 0,38 mm. Die Quererstreckungen erreichen maximal ca. 0,49 mm. Der Mittelwert liegt hier bei ca. 0,16 mm. Die Poren treten sowohl intra- als auch intergranular auf.

Tab. 4: Korngrößenspektrum der im Dünnschliff DS 243-20 nachgewiesenen Bestandteile.

Bestandteil	maximale Korngröße [mm]	minimale Korngröße [mm]	mittlere Korngröße [mm]
Grundmasse		kryptokristallin	
Bims	9,12	0,59	2,13
Tonschiefer	1,76	0,29	1,03
Quarzit	2,94	0,37	1,61
Sandstein	4,71	0,53	1,38
Klinopyroxen	1,29	0,06	0,39
Magmatische Xenolithe	0,78	0,39	0,64
Polyquarz	0,90	0,65	0,77
Limonit		kryptokristallin	
Magnetit	0,75	0,01	0,10
Sanidin	0,65	0,08	0,33
Calcit	0,43	0,12	0,27
Leucit	0,08	0,06	0,07
Biotit	0,22	0,15	0,17
Pyrit	0,03	0,02	0,02

A1.3. Röntgenfluoreszenz-Analytik (RFA)

Vulkanite enthalten häufig feinstkristalline und hyaline Bestandteile. Diese lassen sich mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie nicht näher auflösen. Im vorliegenden Gestein trifft dies auf die Grundmasse und die Bimspartikel zu. Daher wurde eine chemische Gesamtgesteinsanalyse veranlasst. Hierfür wurde dem Probenkörper

sorgfältig nur feines Material aus der Grundmasse, ohne größere Xenolithe, entnommen. Die dabei ermittelten Hauptelementgehalte werden in Tabelle 5 wiedergegeben.

Tab. 5: Auflistung der mittels RFA ermittelten Hauptelementgehalte in der untersuchten Gesteinsprobe. Der etwas unter 100 Gew.-% liegende Summenwert ist messtechnisch bedingt.

Ergebnis der Gesamtgesteinsanalyse		(Fortsetzung)	
Hauptelemente in Oxidform	Gehalte in Gew.-%	Hauptelemente in Oxidform	Gehalte in Gew.-%
SiO ₂	53,43	MgO	1,61
TiO ₂	0,69	K ₂ O	6,04
Al ₂ O ₃	17,12	Na ₂ O	1,08
Fe ₂ O ₃	4,87	MnO	0,20
Cr ₂ O ₃	< 0,01	SO ₃	0,01
CaO	4,94	P ₂ O ₅	0,16
SrO	0,11	LOI	8,32
BaO	0,07	Summe:	98,65

Das Ergebnis zeigt somit die chemische Zusammensetzung der Grundmasse. In dieser sind neben dem vulkanogenen Material auch Anteile des zerriebenen Nebengesteins vorhanden. Daher unterscheidet sich die Zusammensetzung der hier veranlassten Gesteinsanalyse von den chemischen Gehalten der ursprünglichen vulkanischen Schmelze, die in der Literatur als phonolithisch bzw. foiditisch angegeben wird (VIERECK 1984). Die hier erzielten Ergebnisse zeigen im Vergleich zur Zusammensetzung der vulkanischen Schmelze (VIERECK 1984) geringere Gehalte an Kalium und Natrium.

A.1.4 Petrographische Benennung

Die eingereichte Probe des Naturwerksteins mit der Handelsbezeichnung "Ettringer Tuff", die entsprechend der DIN EN 12407 (2019) untersucht wurde, ist gemäß DIN EN 12670 (2019) ein vulkanisches Gestein.

Dieser Vulkanit ist matrixgestützt und schlecht sortiert. Die Komponenten zeigen keine Einregelung und verfügen über eine geringe Sphärizität. Die Partikelgrenzen sind angular bis stark angular ausgebildet. Bei den Hauptbestandteilen handelt es sich neben der Grundmasse um Bims- und Tonschieferfragmente. Quarzit- und

Sandsteinfragmente bilden gemeinsam mit Klinopyroxenkristallen die Nebengemengteile. Der intra- und intergranulare Porenraum, nimmt ein Volumen von 21,3 Vol.% und ist überwiegend feinporig bis mittelporig ausgebildet.

Die aufgeführten Beobachtungen führen zu der Schlussfolgerung, dass es sich bei diesem Vulkanit um einen Pyroklast handelt. Pyroklastische Gesteine setzen sich aus einem pyroklastischen Aschenstrom ab. Mithilfe der mittleren Korngröße der Klasten kann das Gestein noch genauer als grober (Aschen-) Tuff beschrieben werden, der reich an Epiklasten und Lapilli ist.

A.1.5 Literatur

DIN EN 12407 (Dezember 2019): Prüfverfahren für Naturstein - Petrographische Prüfung. Deutsche Fassung EN 12407: 2007.- Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 12670 (Dezember 2019): Naturstein. Terminologie. Deutsche Fassung EN 12670: 2001.- Beuth Verlag, Berlin.

PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R. (1973): Sand and Sandstone. Springer Verlag Berlin. 617 S.

VIERECK, L. (1984). Geologische und petrologische Entwicklung des pleistozänen Vulkankomplexes Rieden, Ost-Eifel Inst. für Geologie d. Ruhr-Univ., 1984, 337 S.

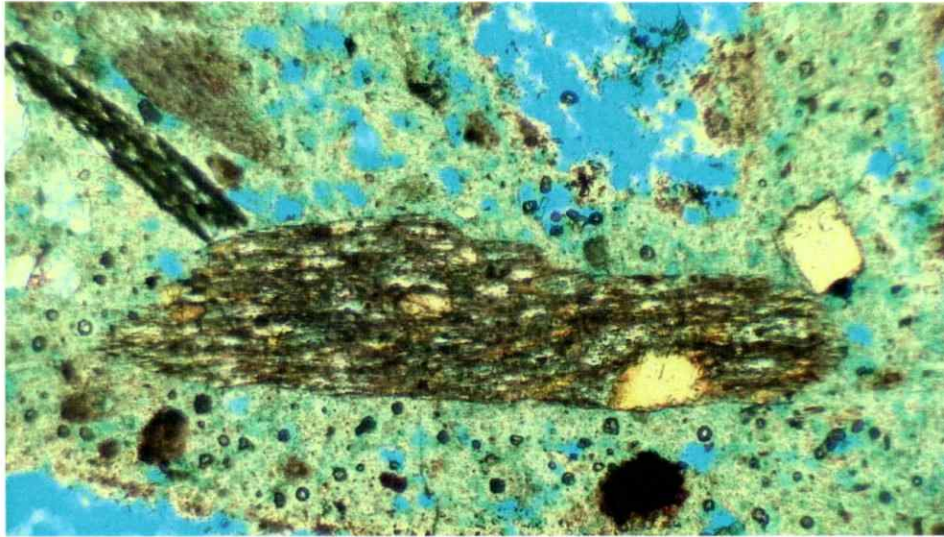


Abb. 1: DS 243-20. Durchlichtmikroskopische Aufnahme. Nic. -. Aufgrund der Verwendung eines angefärbten Einbettungsmittel erscheinen die offenen Poren in dieser Abbildung blau. In dem Bildausschnitt sind innerhalb der kryptokristallinen, beigen Grundmasse zwei größere, dunkle Tonschieferpartikel zu erkennen. Die Grundmasse zeigt Poren unterschiedlicher Größe. Bildbreite ca. 1,4 mm.

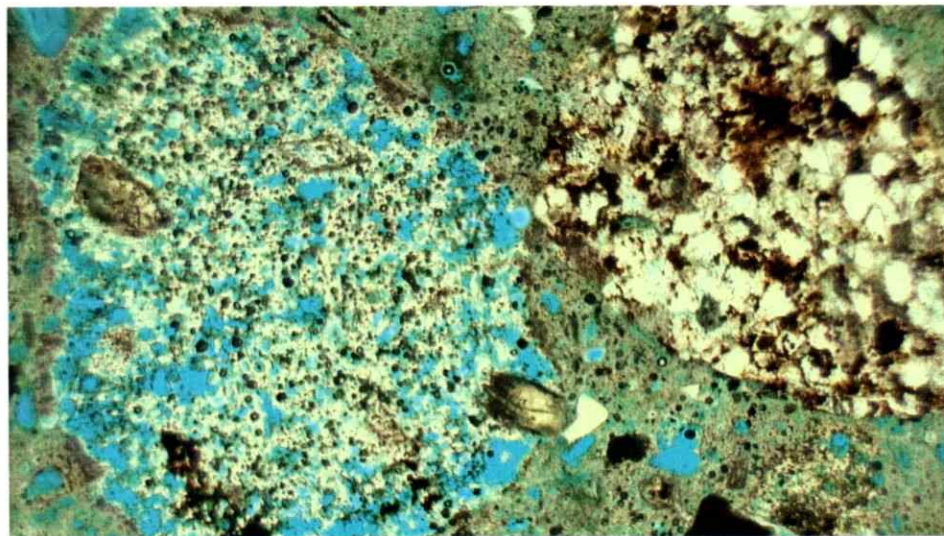


Abb. 2: DS 243-20. Durchlichtmikroskopische Aufnahme. Nic. -. Aufgrund der Verwendung eines angefärbten Einbettungsmittel erscheinen die offenen Poren in dieser Abbildung blau. Im Bildausschnitt werden ein sehr poröser Bimspartikel und ein Sandsteinfragment, dass vornehmlich aus Quarz (farblos, klar) und einem tonigen Bindemittel (braun) besteht, von der beigen Grundmasse umgeben. Bildbreite ca. 2,8 mm.



Abb. 3: DS 243-20. Durchlichtmikroskopische Aufnahme. Nic. +. In der Bildmitte ist ein idiomorpher und zonierter Klinopyroxenkristall innerhalb der Matrix zu erkennen. Bildbreite ca. 1,4 mm.

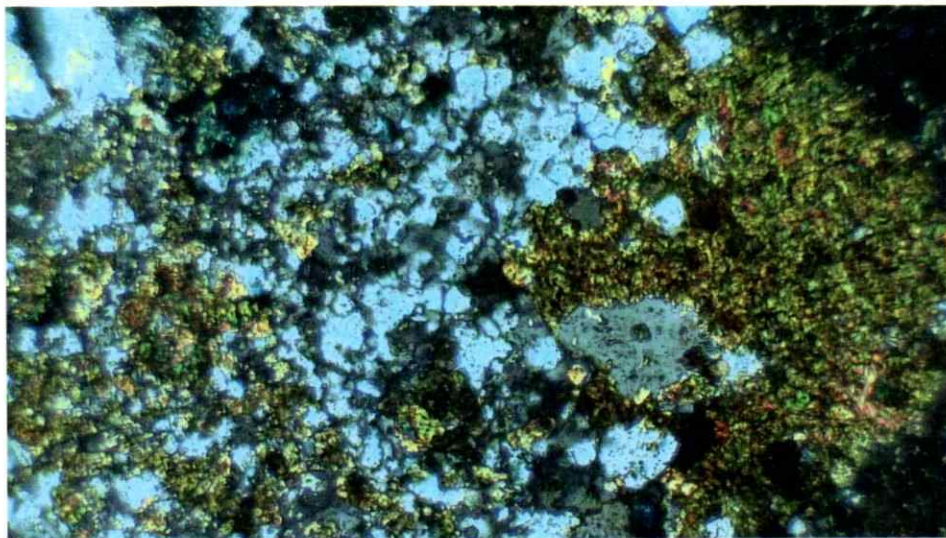


Abb. 4: DS 243-20. Durchlichtmikroskopische Aufnahme. Nic. +. In diesem Bildausschnitt ist ein Quarzitfragment zu erkennen. Dieser Xenolith wurde, vermutlich im Zuge des Aufstiegs der vulkanischen Schmelze, durch Lösungen verändert. Dabei entstanden die hier grün erscheinenden Ägirinaugitkristalle. Bildbreite ca. 1,4 mm.

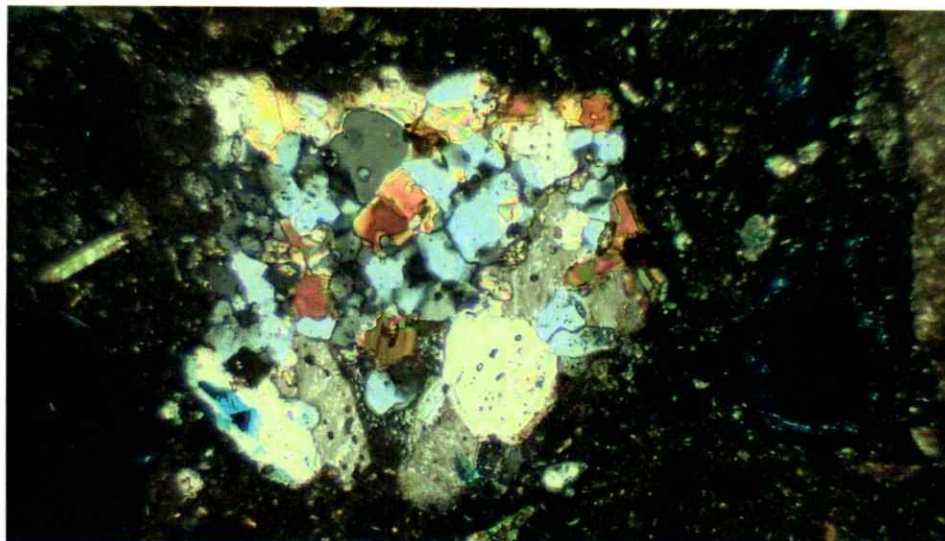


Abb. 5: DS 243-20. Durchlichtmikroskopische Aufnahme. Nic. +. In dem Bildausschnitt ist ein Gesteinsfragment innerhalb der Matrix zu erkennen, in dem neben Alkalifeldspat (graue und weiße Interferenzfarben) auch Biotit (bräunliche Farben) und Calcit (weißgraue Interferenzfarben höherer Ordnung) zu erkennen sind. Bildbreite ca. 1,4 mm.

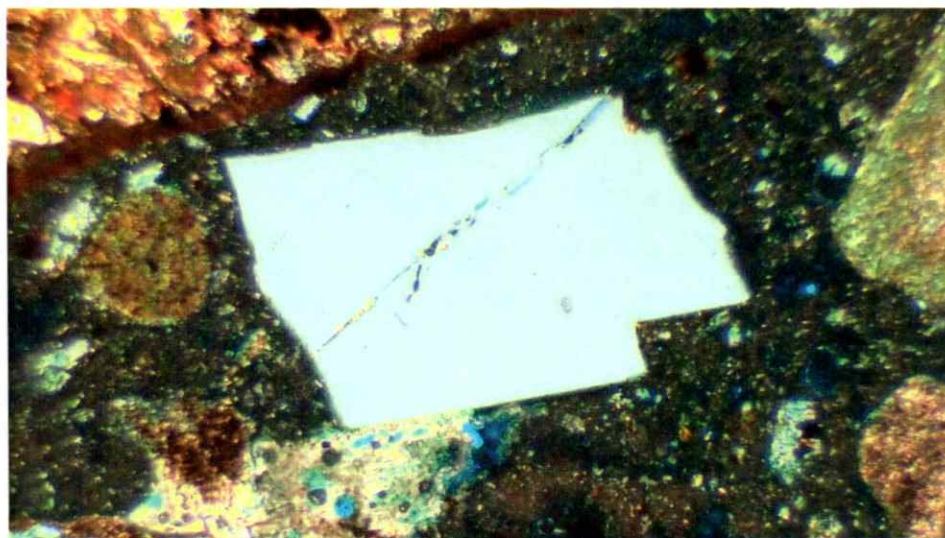


Abb. 6: DS 243-20. Durchlichtmikroskopische Aufnahme. Nic. +. Innerhalb der Matrix ist hier ein Sanidinkristall (weißgraue Interferenzfarben) vorhanden. Bildbreite ca. 1,4 mm.