©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Ann. Naturhist. Mus. Wien	110 A	1–16	Wien, Jänner 2009

MINERALOGIE UND PETROLOGIE

Über den Fund eines ungewöhnlichen „Fulgurit“-Objekts bei Kaltenbach, Gemeinde Vitis, Niederösterreich, Österreich

von Franz BRANDSTÄTTER[1], Robert SEEMANN[1], Vera M.F. HAMMER[1], Anna BERGER[1], Friedrich KOLLER[2] & Harald STEHLIK[3]

(Mit 13 Abbildungen und 2 Tabellen)

Manuskript eingelangt am 25. Juli 2008,
die revidierte Fassung am 24. September 2008.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird über den Fund eines ungewöhnlich großen fulguritähnlichen Aggregates berichtet, das im Juli 2007 direkt unterhalb einer 20 kV Freilandleitung bei Kaltenbach, Gemeinde Vitis, Niederösterreich, Österreich gefunden wurde. Es bestand aus einer Hauptglasröhre, die sich auf 5 m Länge knapp unterhalb der Erdoberfläche erstreckte, von dieser ausgehend führten etliche Verästelungen von kleineren Röhren bis in eine Tiefe von rund 1 m. Die Hauptmasse des „Fulgurits“ besteht aus blasenreichem, gelbgrünem und schwarzem Glas. Bereichsweise kommt auch massives blasenarmes Glas mit Fließtextur vor. Die vorläufigen Untersuchungen haben ergeben, dass (i) die Glasmasse „in situ“ durch Aufschmelzen des Bodensediments am Fundort gebildet wurde und (ii) dass die Entstehung des fulguritähnlichen Objekts mit einem Blitzereignis zusammenhängt, das Ende Mai 2007 stattfand. Für die Genese des Glaskörpers werden drei mögliche Prozesse angegeben:

(1) Bildung eines „echten“ Fulgurits direkt durch Blitzschlag, (2) Bildung eines Pseudofulgurits durch die vom Blitzschlag zerstörte Hochspannungsleitung und (3) Glasbildung durch eine Kombination der Prozesse (1) und (2).

Schlüsselwörter: Fulgurit, Pseudofulgurit, Blitzschlag, Glas

Summary

This work is a report on the finding of an unusual large fulgurite-like aggregate which was found in July 2007, directly beneath a 20 kV high tension line near Kaltenbach, municipality Vitis, Lower Austria, Austria. It comprised a main glass tube extending laterally over a distance of 5 m and a branching system of smaller tubes reaching a maximum depth of 1 m. The main mass of the “fulgurite” consists of bubble-rich, yellow-greenish and black glass. In places, more massive less vesicular glass exhibiting flow texture occurs. Preliminary investigations reveal that (i) the glass body was formed via “in situ” melting of the local soil sediment, and (ii) that the formation of the fulgurite-like object is related to a lightning strike which occurred at the end of May 2007. For the genesis of the glass body three possible processes are proposed:

[1] Naturhistorisches Museum, Mineralogisch-Petrographische Abteilung, Burgring 7, 1010 Wien, Österreich; E-mail: franz.brandstaetter@nhm-wien.ac.at; robert.seemann@nhm-wien.ac.at; vera.hammer@nhm-wien.ac.at; anna.b@gmx.at

[2] Universität Wien, Department für Lithosphärenforschung, Althanstrasse 14, 1090 Wien, Österreich; E-mail: friedrich.koller@univie.ac.at

[3] Hagedornweg 2/12, 1220 Wien, Österreich; E-mail: hstehlik@aon.at

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

(1) formation of a "real" fulgurite by the lightning strike, (2) formation of a pseudofulgurite by the 20 kV high tension line immediately after the lightning strike, and (3) glass formation via a combination of processes (1) and (2).

Keywords: fulgurite, pseudofulgurite, lightning strike, glass

Einleitung

Als Fulgurite bezeichnet man Naturobjekte, die durch Aufschmelzen von Material der Erdoberfläche aufgrund von Blitzeinwirkungen entstanden sind (PACESOVA & BOUSKA 1993). Charakteristisch für derartige Bildungen ist meist ein hoher Glasanteil, der auf die thermische Umsetzung der Blitzenergie am Einschlagsort zurückzuführen ist. Fulguritbildungen sind sowohl im lockeren Untergrund (Sand, Erdreich) als auch an der Oberfläche von Festgesteinen möglich. Seit FIEDLER (1817) wird, wenngleich auch etwas willkürlich (siehe z. B. SCHNITZER 1968), zwischen Sand- und Felsfulguriten unterschieden. Am bekanntesten sind wohl die Sandfulgurite, die in sandigen Böden oder im feinen Quarzsand der Wüsten gebildet wurden. Meist haben sie die Gestalt langer verzweigter dünnwandiger Röhren, die in Ausnahmefällen eine Länge von bis zu 20 m erreichen können. An ihrem oberen Ende sind diese Blitzröhren mehrere cm breit während sie nach unten hin bis auf wenige mm ausdünnen (PACESOVA & BOUSKA 1993). Felsfulgurite sind Blitzaufschmelzungen auf Gesteinsoberflächen, die meist in Form glasiger Überzüge auftreten. Bereits HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE berichtete von Schmelzerscheinungen auf Amphibolitfelsen im Mont-Blanc-Massiv (GILBERT 1822). Kurze Beschreibungen von Felsfulguriten aus jüngster Vergangenheit geben WIMMENAUER & WILMANNS (2004) und WIMMENAUER (2006).

Blitzröhrenähnliche Gebilde, deren Entstehung verschiedene Ursachen haben kann, werden unter dem Begriff Pseudofulgurite zusammengefasst (SCHNITZER 1968). Dazu zählt man auch auf nicht natürlichem Weg gebildete Schmelzobjekte, die zum Beispiel beim Erdschluss von zu Boden gefallenen Hochspannungsleitungen entstehen können (SCHNITZER 1968; PACESOVA & BOUSKA 1993).

In dieser Arbeit berichten wir über ein ungewöhnliches „Fulgurit"-Objekt (im Folgenden einfach mit „Fulgurit" bezeichnet – ohne Implikation, dass es sich dabei um einen „echten" Fulgurit im obigen Sinne handle), das im Jahr 2007 auf einem Feld bei Kaltenbach, Gemeinde Vitis, Niederösterreich gefunden wurde. Anhand der vorläufigen Ergebnisse geochemischer und mineralogischer Untersuchungen wird die mögliche Herkunft dieses glasreichen Körpers diskutiert.

Fundumstände

Beim Abernten eines seiner Felder in der zur Gemeinde Vitis gehörenden Ortschaft Kaltenbach entdeckte der Landwirt Alfred WEICHSELBRAUN am 25. Juli 2007 im Ackerboden eine offensichtlich frische glasartige Substanz. Der Fundort des für ihn ungewöhnlich erscheinenden Materials befand sich wenige Meter entfernt von einem Strommast unmittelbar unterhalb der Freilandstromleitung Vitis – Zwettl. Da nach Wissen von Alfred WEICHSELBRAUN vorher an dieser Stelle kein derartiges Glasgebilde vorhanden war, meldete er diesen zunächst mysteriös erscheinenden Fund der örtlichen Polizeidienststelle. Bei der anschließenden amtlichen Begehung am 26. Juli 2007 – im Beisein

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 1: Fundstelle des „Fulgurits“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Geländesituation am 26. 7. 2007 während der Bergung im Beisein des Finders Alfred WEICHSELBRAUN (links) und von Franz KÖCK (Polizeistelle Vitis). Foto: Polizei Vitis.

des Finders und von Franz KÖCK (Polizei Vitis) – wurde die Hauptmasse des „Fulgurits“ geborgen (Abb. 1) und in der Gemeinde Vitis verwahrt. Da die Bergung der Hauptmenge nicht dokumentiert wurde und auch keine orientierte Entnahme der Einzelstücke erfolgte, konnte die ursprüngliche Gestalt des Aggregates später nicht mehr rekonstruiert werden. Die Deutungen zur Herkunft des Fundes gingen weit auseinander und reichten von den Überresten eines historischen Glasofens über Meteoriten bis hin zu Blitzschlag (pers. Mitteilung Franz KÖCK).

Über die zuständige Bezirkshauptmannschaft und das Amt der NÖ Landesregierung, St. Pölten, Geologischer Dienst (Harald STEININGER) gelangte im August 2007 die Meldung über den „Fulgurit“-Fund an das Naturhistorische Museum Wien (NHMW). Seitens des NHMW erfolgte Ende August 2007 eine erste Grabung an der Fundstelle. Anfang Februar 2008 gab es eine weitere Begehung. Dabei wurden – im Einvernehmen mit dem Grundbesitzer Alfred WEICHSELBRAUN – sämtliche noch zugänglichen Fundstücke zur Untersuchung an das NHMW mitgenommen. Das Material war sowohl im Gemeindeamt von Vitis als auch bei ihm untergebracht. Um die Fundstelle abzuschließen und eventuell noch ergänzendes Material zu bergen, wurde im Juni 2008 eine letzte Grabung durchgeführt. Im Zuge dieses Einsatzes sind jedoch keine wesentlichen Neufunde mehr gemacht worden.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Gesamtmasse und Ausdehnung des „Fulgurits“

Die nach Wien transportierte Gesamtmasse des Materials beträgt rund 110 kg. Unter Einbeziehung des Fehlbestandes (diverse „Souvenirs“ und „Sammlerschwund“) und des nicht geborgenen Restmaterials (Bruchwerk) wird die ursprüngliche „Fulgurit“-Masse auf rund 200 kg geschätzt.

Aufgrund der Beobachtungen des Finders und der bei den Grabungen festgestellten Geländesituation ergibt sich für die Ausdehnung des „Fulgurits“ folgendes Bild: eine zum Teil nur als Rinne ausgebildete Hauptglasröhre (Durchmesser 15 bis 20 cm) verlief horizontal etwa 5 m lang an – oder knapp unterhalb der Ackerbodenoberfläche. Von der Hauptröhre zweigten vorwiegend nach unten gehend, an mehreren Stellen, kleinere Röhren (Durchmesser etwa 5 cm) ab und von diesen wiederum unter weiterer Verästelung immer dünner werdende Röhren (bis 1 mm Durchmesser). In einer Tiefe von ca. 80 cm endeten die Verästelungen, wo auch ein Wechsel zu einer örtlich feuchteren tonreicheren Sedimentschicht erfolgt.

Blitzereignis im Bereich der Fundstelle

Die Tatsache, dass die Glasmassen direkt unter der 20 kV Freilandleitung Vitis – Zwettl aufgefunden wurden und zusätzlich unmittelbar über der Fundstelle ein frisch reparierter Bruch an einem Leiterseil festzustellen war, legte die Vermutung nahe, dass ein Blitzereignis in ursächlichem Zusammenhang mit der Entstehung des „Fulgurits“ stehen könne. Eine Anfrage beim österreichischen Blitzortungssystem ALDIS ergab, dass am 22. Mai 2007 um 14:46 Uhr tatsächlich genau im Bereich der Fundstelle ein Blitz eingeschlagen hat (pers. Mitt. Gerhard DIENDORFER). Die Amplitude des von ALDIS registrierten Negativblitzes wurde mit rund 12 kA angegeben.

Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit wurden der Glaskörper sowie die ihn umgebenden Bodensedimente beprobt und mittels Lichtmikroskop, analytischem Rasterelektronenmikroskop (REM), Elektronenstrahlmikrosonde (EMS), Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und Röntgenpulverdiffraktometrie (RDA) untersucht.

Makroskopische Beschreibung

Charakteristisch für die gesamte „Fulgurit“-Masse ist die relativ große Menge an glasiger Substanz (meist von gelbgrüner Farbe, bereichsweise aber auch alle Übergänge von Gelb bis Grün aufweisend) sowie das Auftreten von massiven aus schwarzem Glas bestehenden Röhren. Einige Glasgebilde sind eindeutig als Rinnen ausgebildet, in denen offensichtlich geschmolzenes Material an der Bodenoberfläche geflossen ist. Interessanterweise findet sich schwarzes Glas, wenn es zusammen mit gelbgrünem Glas vorkommt, in der Regel immer an der Innenseite der schlauchförmigen Schmelzröhren. Einige Bruchstücke zeigen eine konzentrisch aufgebauten Schmelzrinne (Abb. 2) mit einem gelbgrünen Glaskern, der oft mit cm-großen Blasenhohlräumen durchsetzt ist. Die Oberfläche des Glaskörpers an der Innenseite der Schmelzröhren und -Rinnen ist

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 2: „Fulgurit“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Bruchstück einer konzentrisch aufgebauten Schmelzrinne bestehend aus einem gelbgrünen Glaskern mit cm-großen Blasenhohlräumen und einer von schwarzem Glas dominierten Oberseite. Der Kern geht nach außen hin in aufgeschäumtes blasenreiches Glas über und wird von einer schlackenartigen Schmelz- und Sinterzone begrenzt. Ein etwa 2 cm großer Quarzeinschluss (rechts unten) ist auf der Innenseite teilweise angeschmolzen und zu blasigem Quarzglas erstarrt. An der Oberfläche der Schmelzrinne ist der Glaskörper hochglänzend und zeigt Fließtexturen mit ineinander übergehenden Partien von schwarzem und gelbgrünem Glas.

hochglänzend und glatt; sie zeigt gelegentlich deutliche Fließtexturen mit ineinander übergehenden Partien von schwarzem und gelbgrünem Glas. Von der Röhre nach außen geht das innere blasenarme Glas in ein aufgeschäumtes blasenreiches über. Der gesamte Glasstock ist wiederum von einem schlackenartigen grauen bis dunkelgrauen Sintermantel umhüllt (in der Folge als „Koks“ bezeichnet, Abb. 3). In den äußeren Bereichen wird die Kompaktheit (Grad der Verschweißung) dieser Sintermasse naturgemäß immer schwächer und geht kontinuierlich in das lockere Bodenmaterial über. Diese Abfolge ist bereichsweise lückenhaft und kann mengenmäßig stark unterschiedlich sein. Zusätzlich enthalten die Glaspartien zahlreiche Einschlüsse, die sowohl hinsichtlich ihrer Größe (Durchmesser im cm- bis <1 mm-Bereich) als auch nach ihrem Aufschmelzungsgrad (gänzlich aufgeschmolzen bis „unverdaut“) beträchtlich variieren. Die schwarzen Glasröhren sind innen meist vollkommen glatt und haben im Querschnitt einen Gesamtdurchmesser (Hohlraum plus Glasmantel) von 5 bis < 1 cm. Der entsprechende Durchmesser der schlauchförmigen Hohlräume beträgt rund 2 cm bis einige mm. Das Glas, aus dem diese Röhren bestehen, ist im Anbruch meist von grauschwar-

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Abb.3: „Fulgurit“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Bruchstück mit gelbgrünem Glaskern und über 3 cm großem Blasenhohlraum (Mitte). Nach außen schließt ein blasenreicher Saum an, der in eine schlacke- und sinterreiche Zone übergeht.

zer Farbe und enthält zahlreiche, meist angeschmolzene Einschlüsse mm-großer Quarzkörner sowie auch andere Mineralfragmente. Gelegentlich findet man im Glas auch cm-große Quarzrelikte (Abb. 2). Zusätzlich treten auch zahlreiche kleinere Röhren auf mit Durchmessern im mm- bis sub-mm Bereich.

Im Übergangsbereich vom Glas zur Sinterzone ist oft ein weißlicher Reaktionssaum zu beobachten, der offensichtlich bei der extremen Erhitzung oder sekundär bei der Glaszersetzung entsteht (Abb. 4).

Im Nahbereich der Grabungsstelle kamen im Erdreich bzw. Bodensediment zahlreiche frei ausgebildete Glastropfen (Größe mehrere cm bis sub-mm) sowie neben diversen Glasfragmenten auch kleine (< 1 mm durchmessende) „Minifulgurite“ vor.

Vergleich von Bodensediment und Glassubstanz

Zwecks chemischen Vergleichs von Bodensediment und „Fulgurit“ wurden je vier Proben sowohl vom Umgebungssediment der Glasmasse als auch vom Glaskörper selbst ausgewählt (Tab. 1). Die Sedimentproben wurden in rund 10 m und 0,5 m Entfernung zum „Fulgurit“ sowie unmittelbar am „Fulgurit“ genommen. Zusätzlich wurde auch die schwarze „Koks“-Zone, die die „Fulgurit“-Masse umgibt, beprobt. Von den Gläsern

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: „Fulgurit“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Fragment mit Schmelzröhre (Röhrenachse ungefähr senkrecht zur Bildebene). Die sich von oben (Durchmesser ca. 4 cm) nach unten (Durchmesser ca. 1,5 cm) verjüngende Röhre zeigt eine glatte Innenseite aus schwarzem Glas. An den Glaskern, der im Anbruch grauschwarz erscheint, schließt eine Sinterzone mit gefrittetem Bodensediment an. Im Übergangsbereich vom Glas zur Sinterzone hebt sich deutlich ein weißlicher Saum ab, der offensichtlich eine Reaktionszone markiert.

Tabelle 1: Ausgewählte Proben von Bodensedimenten und „Fulgurit“-Gläsern, die mittels RFA analysiert wurden. * Abstand zum „Fulgurit“, ** Tiefe der Probennahme

Probe	Beschreibung
	Bodensediment
V1	Oberflächensediment, 10 m* entfernt (-5 bis -10 cm**)
V2	braunes Oberflächensediment am Ort. 0,5 m* entfernt (-05 bis -10 cm**)
V3	Sediment unmittelbar am Fulgurit
V4	schwarze „Koks“-Schicht um Glas
	„Fulgurit“-Gläser
V5	gelbgrünes Glas (1. Probe), wenig Einschlüsse
V6	schwarzes Glas (1. Probe), mit Einschlüssen
V7	gelbgrünes Glas (2. Probe), keine Einschlüsse
V8	schwarzes Glas (2. Probe), weniger Einschlüsse als 1. Probe

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

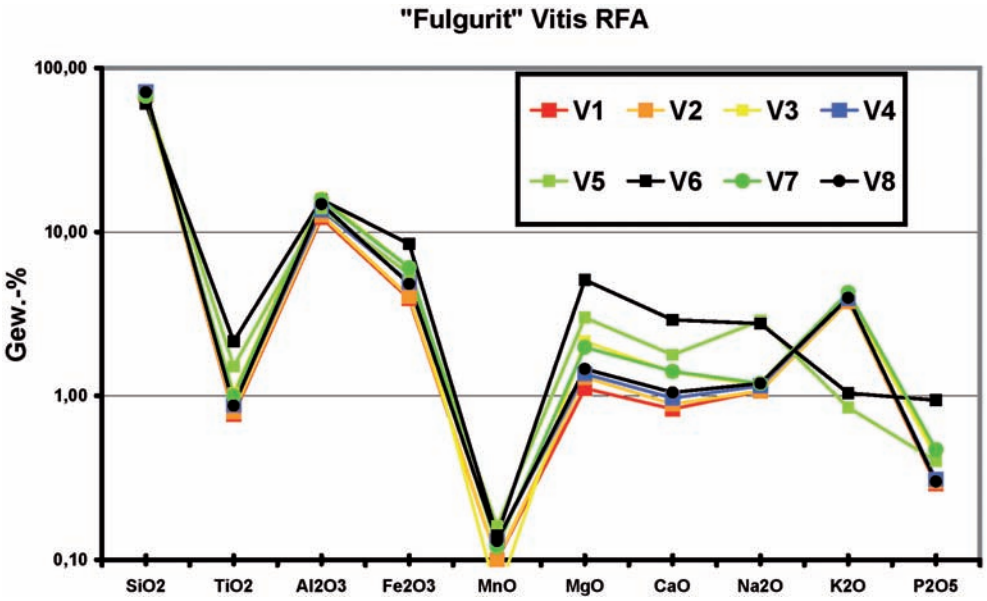

Abb. 5: Chemische Zusammensetzung (RFA, Hauptelemente) ausgewählter Bodensediment- und Glasproben des „Fulgurits“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Probennummern entsprechen den Angaben in Tabelle 1.

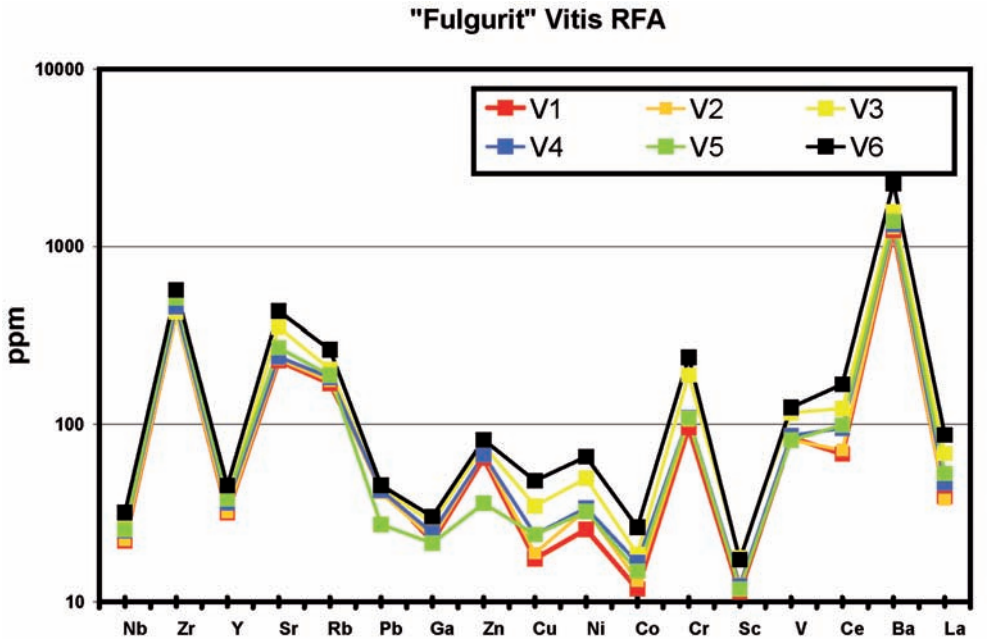

Abb. 6: Chemische Zusammensetzung (RFA, Spurenelemente) ausgewählter Bodensediment- und Glasproben des „Fulgurits“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Probennummern entsprechen den Angaben in Tabelle 1.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

wurden je zwei gelbgrüne und schwarze Bereiche ausgewählt. Die Proben wurden für die Röntgenfluoreszenzanalyse aufbereitet und gemessen. Dabei ergab sich eine signifikante Übereinstimmung zwischen Bodensediment und „Fulgurit“-Glas, sowohl für die jeweiligen Gehalte an Hauptelementen (Abb. 5) als auch für die Spurenelemente (Abb. 6). Die Entstehung des „Fulgurit“-Glases durch eine „in situ“ Aufschmelzung des Bodensediments erscheint somit durchaus plausibel, trotz der vorgegebenen Inhomogenität durch bereichsweise unterschiedliche Anteile von Gesteins- und Mineralfragmenten bei den ausgewählten Proben.

Mikroskopische Beschreibung und Chemismus

(i) Gläser

Zwecks Charakterisierung der bereits makroskopisch auffällig unterschiedlichen gelbgrünen und schwarzen Gläser des „Fulgurits“ wurde je eine Probe von beiden Glastypen ausgewählt und mikroskopisch und chemisch im Detail untersucht. Das optisch transparente, gelbgrüne Glas (Abb. 7) enthält zahlreiche mm- bis 0,1 mm große Blasen, die ihm bereichsweise ein schaumiges Aussehen verleihen. Als Einschlüsse treten im gelbgrünen Glas hauptsächlich Relikte von Quarzkörnen auf (Abb. 8), die offensichtlich im Zuge der Aufschmelzung nicht zur Gänze aufgearbeitet wurden. Das schwarze opake Glas (Abb. 9), das die Hauptmenge der schwarzen Schmelzröhren ausmacht, enthält ebenfalls Relikte von nicht aufgelösten Quarzkörnern; gelegentlich aber auch makroskopisch erkennbare Bruchstücke von Quarz und/oder Feldspat, die sich aufgrund ihrer hellen Farbe deutlich von der dunklen Glasmasse unterscheiden.

Kompaktes, relativ blasenarmes schwarzes Glas bildet den Zentralbereich der Schmelzröhren. Nach außen hin schließt ein blasenreicher, glasiger Bereich an, der wiederum in eine Sinterzone, die aus aneinander geschweißten Mineralfragmenten des Bodensediments besteht, übergeht (Abb. 10). Die in ausgewählten homogenen Bereichen der Glasproben durchgeführten EMS-Analysen (Tab. 2) zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen gelbgrünem und schwarzem Glas. Vor allem sind die Oxid-Gehalte (in

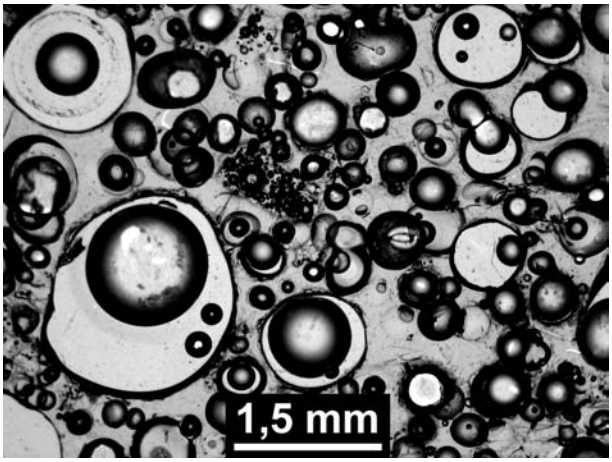

Abb. 7: Blasenreiches gelbgrünes Glas (Probe FV009-01) mit schaumiger Textur. Mikroskopische Aufnahme (Durchlicht).

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

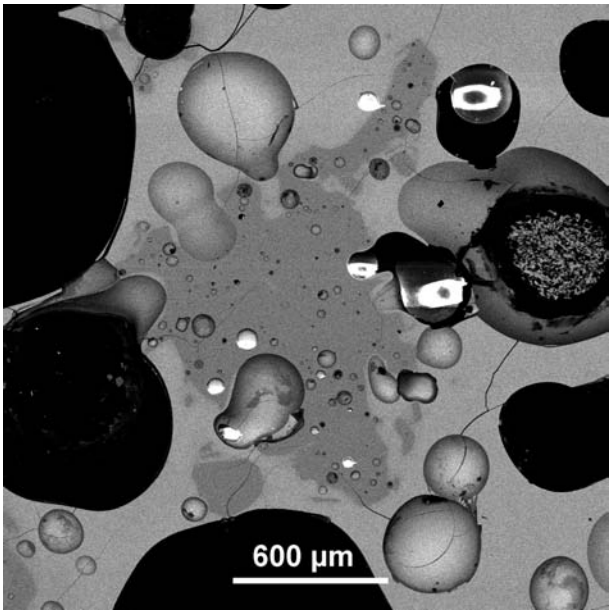

Abb. 8: Blasenreiches gelbgrünes Glas (Probe FV009-01) mit partiell aufgescholzenem Quarzeinschluss (Bildmitte). REM-Aufnahme (rückgestreute Elektronen).

Gew.-%) von (gelbgrünem Glas: schwarzem Glas) für SiO_2 (63,3: 53,1) und FeO (4,6: 11,3) deutlich verschieden. Auch die entsprechenden Werte für TiO_2 (1,0: 2,1), MgO (1,7: 4,3) und CaO (1,1: 2,5) sind unterschiedlich während die Gehalte an Al_2O_3 (22,9: 20,4) sowie der Alkalien Na_2O (1,3: 1,3) und K_2O (4,6: 4,3) in etwa gleich sind. An einigen Stellen (Abb. 11) enthält das schwarze Glas zahlreiche, µm-große idiomorphe Spinelleinschlüsse. Eine EMS-Analyse (Tab. 2) ergab in Übereinstimmung mit REM-Analysen das Vorliegen eines (Fe>Al>Mg)-dominierten Spinells, wobei aufgrund der Kleinheit des Kristalls eine teilweise Mischanalyse durch die Glasmatrix nicht auszuschließen ist.

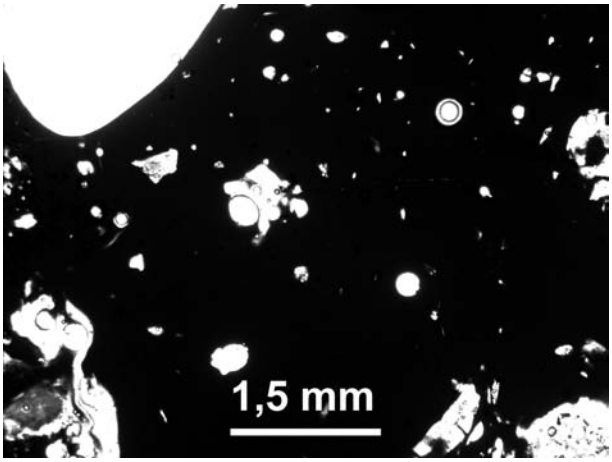

Abb. 9: Schwarzes opakes Glas (Probe FV014-01) vom Innenmantel einer Schmelzröhre. Mikroskopische Aufnahme (Durchlicht).

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

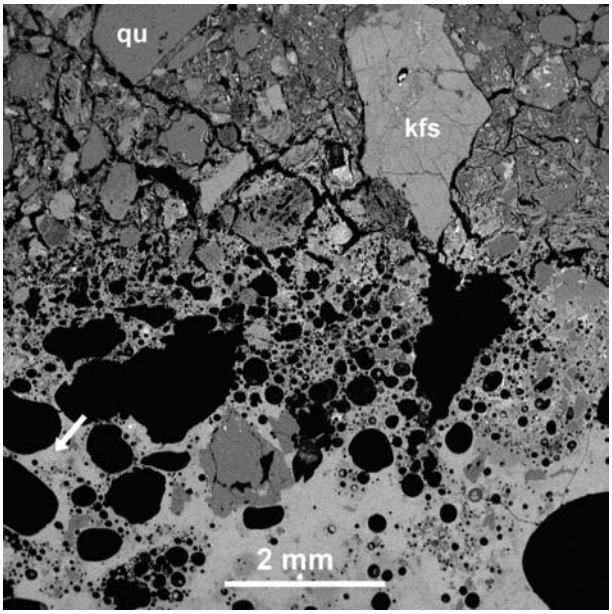

Abb. 10: Ausschnitt aus dem Übergang von der Glas- zur Sinterzone einer Schmelzröhre (Probe FV014-01). An das relativ blasenarme schwarze Glas (unteres Bilddrittel) schließen ein schaumiger blasenreicher Bereich (Bildmitte) und eine Sinterzone (oberes Bilddrittel) mit zum Teil großen Fragmenten von Quarz (qu) und K-Feldspat (kfs) an. REM-Aufnahme (rückgestreute Elektronen).

Zwei Proben von schwarzem Glas sowie zwei Proben aus der umgebenden Sinterzone wurden mittels Pulverröntgendiffraktometrie untersucht. Die Diffraktogramme der Gläser zeigen neben dem breiten „Glasbuckel“ einzig Reflexe von Cristobalit und in einem Fall auch von Quarz. Im Gegensatz dazu, sind in den Aufnahmen der Sinterproben Quarz-, Feldspat- und Glimmerreflexe deutlich zu erkennen.

Tabelle 2: Ausgewählte Elektronenstrahl-Mikrosonden-Analysen von Glasproben des „Fulgurits“ von Kaltenbach, Gemeinde Vitis.
a: gelbgrünes transparentes Glas (Probe FV009-01); b: schwarzes opakes Glas (Probe FV014-01); c: Spinell-Kristall im schwarzen Glas; N: Anzahl der Analysen. Standardabweichungen (in Klammer) in Einheiten der letzten Stelle.

	a	b	c
N	6	6	1
SiO_2	63,3 (16)	53,1 (6)	3,0
TiO_2	0,99 (5)	2,06 (6)	3,8
Al_2O_3	22,9 (14)	20,4 (3)	20,6
Cr_2O_3	0,02 (1)	0,09 (2)	0,64
MnO	0,12 (4)	0,17 (5)	0,28
FeO	4,6 (3)	11,3 (2)	56,5
MgO	1,67 (7)	4,3 (1)	12,7
CaO	1,10 (10)	2,50 (2)	0,24
Na_2O	1,26 (6)	1,32 (6)	<0,02
K_2O	4,6 (2)	4,3 (1)	0,25
Total	100,55	99,54	98,01

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

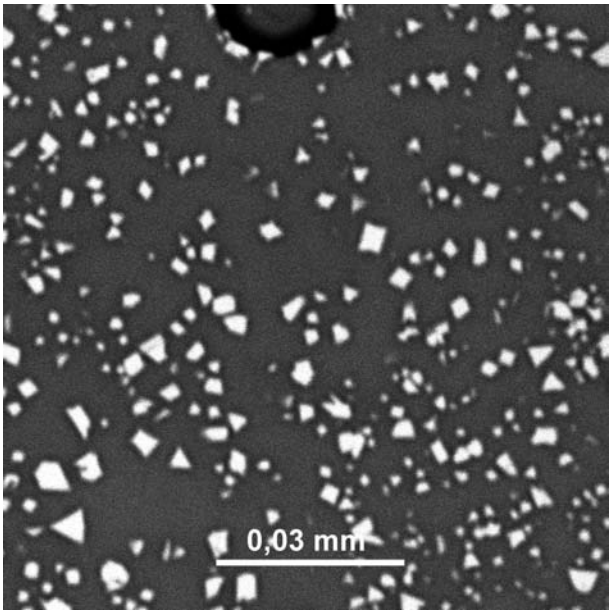

Abb. 11: Schwarzes Glas (dunkelgrau) mit idiomorphen Spinellkristallen (hellgrau). Detailausschnitt von Abb. 10 (Pfeil). REM-Aufnahme (rückgestreute Elektronen).

(ii) Metallische Kügelchen

Bei der Siebung des Aushubs fanden sich einige bis etwa 3 mm große, metallisch glänzende Kügelchen. Dieselbe Art von Kügelchen von zum Teil silbrig glänzender Farbe wurde als Einschlüsse sowohl im gelbgrünen als auch im schwarzen Glas gefunden (Abb. 12). Vorläufige Untersuchungen mittels analytischem REM haben ergeben, dass zumindest ein Teil dieser Kügelchen aus einer orientierten Verwachsung von elementarem Silizium, Eisen-Silizid und Eisen-Titan-Silizid besteht.

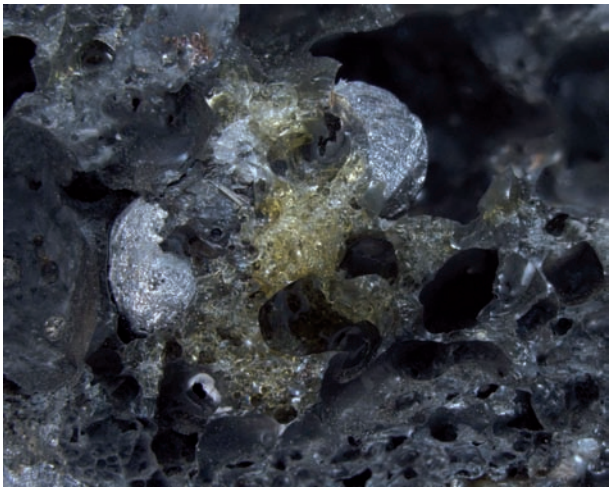

Abb. 12: Zwei silbrigweiße, metallisch glänzende Kügelchen als Einschlüsse in vorwiegend schwarzem, von zahlreichen Blasenhohlräumen durchsetztem Glas. Ein Teil der Kügelchen ist mit gelbgrünem Glas (Bildmitte) bedeckt. Aufnahme mit Photomakroskop. Bildbreite = 12 mm.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Diskussion

(i) Herkunft der Glasmasse

Aufgrund der guten Übereinstimmung des Pauschalchemismus der untersuchten Glasproben mit jenem der Bodensedimente, die unmittelbar am „Fulgurit“ und im Bereich der Grabungsstelle entnommen wurden, erscheint eine „in situ“ Bildung des Glases als sehr wahrscheinlich. Die relativ geringen Unterschiede zwischen den entsprechenden Analysewerten der Haupt- und Nebenelemente sind zwanglos mit den im cm- bis dm-Bereich gegebenen lokalen Unterschiede zu erklären. Weitere Argumente für die „in situ“ Bildung des Glases sind sein frischer Erhaltungszustand sowie die verästelte Ausbildungsform des „Fulgurits“, die seine Herkunft als verschlepptes Industrieglas (im weiteren Sinne) praktisch unmöglich erscheinen lassen.

(ii) Entstehung der Glasmasse

Die Tatsachen, dass (1) der „Fulgurit“ direkt unter einer 20 kV Freilandleitung aufgefunden wurde, (2) unmittelbar über der Fundstelle ein frisch reparierter Leiterbruch festzustellen war, (3) laut dem Blitzortungssystem ALDIS am 22. Mai 2007 genau im Bereich der Fundstelle ein Blitz mit einer Amplitude von rund -12 kA eingeschlagen hat, (4) laut Aussage vom Finder, der von ihm am 25. Juli 2007 entdeckte Glaskörper „vorher“ nicht da war und (5) der unverwitterte Erhaltungszustand der Glassubstanz, legen die Vermutung nahe, dass der „Fulgurit“ infolge des Blitzeinschlages am 22. Mai 2007 gebildet worden ist.

Für die Entstehung des Glaskörpers mittels Blitzschlag sind zumindest drei Szenarien vorstellbar.

1. Entstehung direkt durch Blitzschlag

Der Blitz schlug im Bereich der Fundstelle ein und bewirkte auch den Bruch der Freilandleitung Vitis–Zwettl. Beim Ableiten des Blitzes in das Erdreich wurde Bodenmaterial aufgeschmolzen und durch rasches Erstarren in Glas umgewandelt. Im Verlauf des Aufschmelzens kam es zur Ausbildung einer parallel zur Bodenoberfläche verlaufenden Hauptblitzröhre, von welcher kleinere Röhren in Form von Verästelungen abzweigten. In diesem Falle wäre der Glasfund von Kaltenbach als „echter“ Fulgurit zu bezeichnen. Die zum Teil verzweigte Struktur der Glassmasse ist in Übereinstimmung mit der Fulgurithypothese (PACESOVA & BOUSKA 1993). Auch die im Grabungssediment und direkt in der Glassmasse vorgefundenen, aus elementarem Silizium und (Fe, Ti)-Siliziden bestehenden Kügelchen passen zu dieser Annahme. Die Entstehung dieser Kügelchen wird auf die mit dem Blitzschlag verbundenen extrem reduzierenden Bedingungen zurückgeführt, wobei bei Temperaturen von über 1700 °C metallisches Silizium aus einer Silikatschmelze entmischt (ESSENE & FISHER 1986; PARNELL et al. 2008; SHEFFER et al 2003).

Unter Berücksichtigung, dass der Blitz vom 22. Mai 2007 mit einer Amplitude von rund -12 kA eine „durchschnittliche“ Größe aufweist (pers. Mitteilung Gerhard DIENDORFER), erscheint die Menge an erschmolzenem Bodensediment (rund 200 kg Glas) ungewöhn-

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

lich hoch. Eine Möglichkeit, die thermische Umsetzung bei einem Blitzereignis wesentlich zu erhöhen, wäre das Auftreten von Mehrfachentladungen. Derartige, durch Folgeblitze wiederholte Entladungen sind jedoch vom Blitzortungssystem ALDIS nicht registriert worden (pers. Mitteilung Gerhard DIENDORFER).

2. Entstehung durch Erdschluss der Freilandleitung

Der Blitz schlug im Bereich der Fundstelle ein und bewirkte nur den Bruch der Freilandleitung. Durch das herabgefallene Leitungskabel kam es zu einem direkten Erdschluss, in dessen Folge Material des Bodensediments aufgeschmolzen wurde. Aufgrund des im Vergleich zur kurzen Einwirkzeit einer Blitzentladung viel länger andauernden Stromflusses bei einem Erdschluss, könnte die für intensives Aufschmelzen notwendige Energiemenge vorhanden gewesen sein. Ein Aufschmelzen durch Erdschluss würde auch den relativ hohen Anteil an massiven Glaspartien erklären, die beim „Fulgurit“ bereichsweise eine Dicke von über 1 cm erreichen. Von SCHNITZER (1968) wird das Auftreten massiver Glaspartien als charakteristisches Merkmal jener Pseudofulgurite angeführt, die durch Erdschluss an einer Hochspannungsleitung gebildet wurden. Träfe Punkt 2 zu, so wäre der Glasfund von Kaltenbach als Pseudofulgurit zu bezeichnen.

3. Bildung des „Fulgurits“ durch Zusammenwirken von Blitzentladung und Erdschluss

Dieses Szenario ist eine Kombination von Punkt 1 und Punkt 2. Der Blitz schlug im Bereich der Fundstelle ein und verursachte in weiterer Folge den Bruch der Freilandleitung. Beim Ableiten des Blitzes im Erdboden wurde nur ein Teil der aufgefundenen Glasmasse erzeugt. Zugleich wurde durch die direkte Blitzeinwirkung im Boden und der dadurch erfolgten Fulguritbildung eine gewisse „Wegsamkeit“ geschaffen. Beim nachfolgenden Erdschluss einer Phase der Freilandleitung wurde zusätzliches Bodensediment aufgeschmolzen, wobei die relativ lang andauernde Energiezufuhr ein Abfließen von Energie und Schmelze in bereits angelegten Röhren oder Rinnen ermöglichte.

Schlussfolgerung

Auf Basis der erfolgten Beobachtungen und durchgeführten Untersuchungen erscheint es als gesichert, dass die bei Kaltenbach gefundene Glasmasse infolge eines Blitzschlages gebildet worden ist. Für die in der Diskussion angeführten Entstehungsmöglichkeiten sind vor allem die spezielle Fundsituation direkt unterhalb der 20 kV Freilandleitung, die registrierte Größe der Blitzamplitude, die Gesamtmenge des gebildeten Glases, der relativ hohen Anteil an massiven Partien innerhalb des Glaskörpers sowie die Ausbildung von Schmelzrinnen zu berücksichtigen. Somit kann die Entstehung der Glasmasse durch alleiniges Einwirken der Blitzenergie mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden und wäre daher auch nicht als natürlich gebildeter Fulgurit zu bezeichnen.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Ob die Glasmasse allein durch Erdschluss eines Leiterkabels oder mittels Zusammenwirken von Blitzenergie und Erdschluss entstanden ist, kann nach Meinung der Autoren aufgrund der bisherigen Untersuchungsergebnisse nicht eindeutig entschieden werden.

Nachtrag

Am 7. 7. 2008 entdeckte Alfred WEICHSELBRAUN exakt an derselben Stelle, an der er im Vorjahr den „Fulgurit“ von Kaltenbach bei Vitis vorgefunden hatte, erneut ein fulguritähnliches Objekt. Bereits am 8.7. 2008 wurde vom NHMW in einer Notbergungsaktion die Hauptmasse des Glasaggregats geborgen (Abb. 13). Dabei wurden diesmal auch Kabelreste der betreffenden Freilandleitung vorgefunden – sowohl direkt neben als auch eingeschmolzen im „Fulguritglas“. Neben der Hauptfundstelle konnten zusätzlich noch an zwei anderen Stellen, ebenfalls direkt unterhalb der Stromleitung, frisch erstarrte Glassmassen mit zum Teil im Glas eingeschmolzenen Kabelresten aufgesammelt werden. Wie sich nachträglich herausstellte, kam es im Verlauf eines heftigen Gewitters, das am Abend des 6. 7. 2008 im Raum Vitis niederging, infolge Blitzschlags zu einem Kabelbruch der Freilandleitung. Dieser Vorfall ist auch durch einen Einsatz der Feuerwehr von Kaltenbach und durch Aufzeichnungen des Blitzortungssystems ALDIS belegt.

Abb. 13: Halb freigelegte Hauptmasse des neuerlichen „Fulgurit“-Fundes von Kaltenbach, Gemeinde Vitis. Aufnahme im Rahmen der Notbergung durch das NHMW am 8. 7. 2008.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Danksagung

Die Autoren danken den Herren Alfred WEICHSELBRAUN (Kaltenbach, Gemeinde Vitis) für die umfangreiche Hilfestellung bei diversen Geländeeinsätzen und die Bereitstellung des gesamten Fundmaterials für Untersuchungen; AI Franz KÖCK (Polizeiposten in der Gemeinde Vitis) für die Mithilfe bei der Probenbergung; Mag. Harald STEININGER und Mag. Klemens GRÖSEL (Amt der NÖ Landesregierung, St. Pölten; Geologischer Dienst) für die Bereitstellung fachlicher Informationen und Kontakte, DI Dr. Gerhard DIENDORFER (ÖVE-ALDIS, Wien) für die Bereitstellung von Blitzdaten des Blitzortungssystems ALDIS; Goran BATIC und Josef FOLDYNA (NHMW) für die Mithilfe bei Geländeeinsätzen und Anfertigung von Präparaten; Dr. Harald SCHILLHAMMER (NHMW) für eine mikroskopische Aufnahme und Alice SCHUMACHER (NHMW) für die Anfertigung fotografischer Aufnahmen etlicher Fundstücke. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts danken wir Prof. Dr. Georg HOINKES (Universität Graz) und Prof. Dr. Wolfhard WIMMENAUER (Universität Freiburg).

Literatur

ALDIS (Austrian Lightning Detection & Information System www.aldis.at) [Stand 2008-07-22]

ESSENE E.J. & D.C. FISHER (1986): Lightning strike fusion: Extreme reduction and metal-silicate liquid immiscibility. – Science, **234**: 189-193.

FIEDLER K.G. (1817): Über die Blitzröhren und ihre Entstehung. – Gilberts Annalen der Pysik, **55**: 121-164.

GILBERT L.W. (1822): Noch einiges von Blitzröhren und Wirkungen auf Felsenstücke. – Gilberts Annalen der Physik, **71**: 337-344.

PACESOVA M. & V. BOUSKA (1993): Fulgurites. – In: BOUSKA V., BOROVEC Z., CIMBALNIKOVA A., KRAUS I., LAJCAKOVA A, & M. PACESOVA: Natural Glasses. – pp. 283-289, Praha (Academia).

PARNELL J., THACKREY S., MUIRHEAD D. & A. WRIGHT (2008): Transient high-temperature processing of silicates in fulgurites as analogues for meteorite and impact melts. – Lunar and Planetary Science XXXIX, 1286.pdf.

SHEFFER A.A., MELOSH H.J., JARNOT B.M. & D.S. LAURETTA (2003): Reduction of silicates at high temperature: Fulgurites and thermodynamic modelling. – Lunar and Planetary Science XXXIV, 1467.pdf.

SCHNITZER W.A. (1968): Fulgurite und Pseudofulgurite aus Franken. – Geologische Blätter für NO-Bayern **18**/1: 34-45, Erlangen.

WIMMENAUER W. & O. WILMANNS (2004): Neue Funde von Blitzsprengung und Fulguritbildung im Schwarzwald. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Br. **94**: 1-22.

WIMMENAUER W. (2006): Vorkommen und Strukturen von Fulguriten im Schwarzwald. – Der Aufschluss, **57**: 325-328.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: 110A

Autor(en)/Author(s): Brandstätter Franz, Seemann Robert, Hammer Vera M.F., Berger Anna, Koller Friedrich, Stehlik Harald

Artikel/Article: Über den Fund eines ungewöhnlichen "Fulgurit"-Objekts bei Kaltenbach, Gemeinde Vitis, Niederösterreich, Österreich. 1-16