© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **93**, S. 1 - 32, Freiburg 2003

Wirkungen des Blitzes (Sprengung und Fulguritbildung) an Felsen im Schwarzwald

Wolfhard Wimmenauer

Stichwörter

Fulgurite, Blitzwirkungen, Schwarzwald, Deutschland

Zusammenfassung

Fulgurite sind an Felsen aus Silikatgesteinen im Schwarzwald weit verbreitet. Auf Gneis, Migmatit, Metagrauwacke, Granit und Ganggesteinen wurden weit über einhundert, zum Teil recht unauffällige Vorkommen gefunden. Sie treten häufig dort auf, wo Felsen durch Blitzsprengung aufgebrochen wurden; in anderen Fällen wurden auch unverletzte Außenflächen anstehenden Gesteins sowie Mauerwerk betroffen. Gelegentlich scheint der Blitz bis über zehn Meter weit in Gesteinsspalten eingedrungen zu sein. Erscheinungen der Hitzewirkung sind glasige Dekorationen der Kanten von Gestein und Einzelmineralen, Girlanden und filigrane Netzwerke aus Glasfäden auf den angrenzenden Flächen oder mehr gleichmäßige, sehr dünne Überzüge aus glasiger Substanz. Strukturen und chemische Zusammensetzung dieser Bildungen machen Schmelzen, teilweises Verdampfen, Vermischung und Rekondensation der Gesteinssubstanz wahrscheinlich.

Anschrift des Verf.:
Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer, Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie der Universität, Albertstr. 23b, D 79098 Freiburg i. Br. (Germany)

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Effects of lightning on rocks in the Black Forest

Abstract

Fulgurites are frequent on silicate rocks in the Schwarzwald (SW Germany). More than hundred occurrences have been found on gneiss, migmatite, metagreywacke, granite and dike rocks. They are mostly observed where cliffs of such rocks show phenomena of natural blasting; in other cases, the unhurt rock surface and masonry were affected. In some examples, the lightning intruded for up to 10 m depth into fissures of the rock. The most widespread effects of heating are vitreous decoration of rock and mineral edges, festoons and filigree networks of glass threads, and more uniform surface coatings. These structures and the chemical compositions of the glasses indicate melting, partial vaporization, mixing, and recondensation of the rock material.

Résumé:

Des fulgurites sont très répandues sur les roches silicatées de la Forêt-Noire (Allemagne SW). Plus de cent gisements ont été trouvé sur gneiss, migmatite, metagrauwacke, granite et roches filoniennes. On les observe le plus souvent avec des phénomènes d'éclatement naturel de la roche; en plusieurs cas, la foudre entra dans les fissures pour plus de 10 m de profondeur. En autres cas, la surface autrement intacte et de la maçonnerie ont été affectées. Les plus fréquentes effets de la chaleur sont: décorations vitreuses sur les arêtes de la roche et de ses minéraux, festons et réseaux filigranes de fils de verre et d'enduits minces diffus. Ces structures et les compositions chimiques des verres indiquent l'action de fusion, de vaporisation partielle, mélange et récondensation des matières minérales.

1. Einführung

Schon im 18.Jahrhundert wurden röhrenförmige Schmelzbildungen in Sanden und lockeren Sandsteinen entdeckt und als Erzeugnisse einschlagender Blitze erkannt.

Sie erstrecken sich, gelegentlich nach unten verzweigt, manchmal bis über 10 m weit in die Tiefe. Der für sie von FIEDLER (1817, S. 153) eingeführte Name *Fulgurit* gilt auch für glasige Überzüge, Strähnen und Tropfen, die auf prominenten Felsspitzen aus Silikatgestein in den Alpen und anderen Hochgebirgen sehr häufig vorkommen und oft beschrieben worden sind (neuere Zusammenfassung bei SCHÖNAU et al. 1998). Im Folgenden wird über Schmelzbildungen an Gesteins*oberflächen* und solche, die *innerhalb* des Gesteinsverbandes entstanden und durch Aufsprengung desselben dann freigelegt wurden, berichtet. Die dort von der Fulguritbildung betroffenen Flächen und Kanten sind meist schon zuvor existierende Klüfte und deren Verschneidungen; seltener sind es frische Brüche im Gestein. Mit den Blitzröhren in Sanden und den Schmelzüberzügen auf frei liegenden Felsspitzen

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

verglichen sind die hier beschriebenen Fulgurite meist recht unscheinbar. Ohne genaueres Hinsehen können sie leicht für Oxidkrusten oder dunkle Algenbeläge gehalten werden, wie sie auf Klüften oder offen liegenden Gesteinsoberflächen verbreitet vorkommen. Auch mit „angesengten" oder etwas berußten Flächen besteht eine Ähnlichkeit.

Mit dem bloßen Auge oder bei schwacher Lupenvergrößerung sind die folgenden Erscheinungen zu erkennen:

Schwärzliche, glänzende, meist unregelmäßig-buckelige *Schmelzdekorationen* auf *Kanten* des betroffenen Gesteinskörpers (Abb. 16). Nur selten dehnen sich Schmelzüberzüge dieser Beschaffenheit auch über wenige cm^2 der angrenzenden *Flächen* aus (Abb. 17).

In günstigen Aufschlüssen sind verzweigte Systeme von Kantendekorationen und angrenzenden dunklen Streifen zu sehen, die den Durchkreuzungen von glatten oder unregelmäßigen Klüften und Rissen folgen (Abb. 14, 15).

Dunkle Dekorationen und Anflüge auf den nach außen hervortretenden Kanten und Ecken der *Einzelminerale* von Graniten und anderen grobkörnigen Gesteinen.

Schwärzliche, gewundene, bis knapp 1 mm dicke *Girlanden* auf Gesteins*flächen*; sie schließen sich oft unmittelbar an die Kantendekorationen an und bilden Netzwerke von etwa einem bis wenigen Millimetern Maschenweite. Sie können übergehen in mesoskopisch sehr unscheinbare, im Allgemeinen matte, dunkle *Überzüge oder Anflüge* auf glatten oder unregelmäßigen Flächen des Gesteins. Von den Kanten her reichen sie meist nur einige mm oder cm, seltener aber auch bis zu dm weit auf die angrenzenden Flächen hinaus. Erst unter dem Stereomikroskop zeigen sich auch hier oft Girlanden und Netzwerke von solchen sowie andere Formen, die im Abschnitt „Mikroskopische Beobachtungen" beschrieben werden.

Mehrere cm lange und 1 bis 2 mm breite, etwas unregelmäßig verlaufende „Schmelzkanäle"; auf Kluftflächen angelegt und beim Zerfall des Gesteins längs „halbiert"; selten.

Bei längerer Verwitterung werden die zunächst dunklen Beläge weißlich; die Kantendekorationen verlieren ihren Glanz. Vielfach wurde aber auch eine besondere Verwitterungsbeständigkeit der Fulguritbildungen auf den Kanten beobachtet. Selbst dann, wenn neugebildete Algen und Flechten schon einen großen Teil der übrigen Gesteinsfläche wieder eingenommen haben, liegen sie, gleichsam ausgespart, noch offen und sogar glänzend zu Tage.

Die vorausgehend geschilderten Erscheinungen finden sich sehr oft nicht auf den höchsten *Gipfeln* der Felsen, sondern bevorzugt an deren *Flanken* (Abb. 1, 2, 4, 7, 9). Charakteristische Fundorte sind *Ausbruchsnischen* von einem bis zu mehreren Metern Ausdehnung mit eckigen bis splitterigen Bruchformen, keilförmig klaffenden Spalten und scharfkantigen Gesteinsstücken zwischen diesen. Für die Erhaltung der Fulguritbildungen sind hier Überhänge und andere, nicht regelmäßig von den Niederschlägen getroffene Positionen besonders günstig, weil sie über längere Zeit arm an oder frei von Algen, Flechten und Moosen bleiben. Vielfach wurden solche Ausbrüche schon aus einiger Entfernung erkannt und Fulgurite an ihnen dann auch wirklich gefunden. Als Beispiel einer relativ jungen Zertrümmerung, bei der das anstehende Gestein und die dazu gehörigen Bruchstücke noch frische, nicht überwachsene Oberflächen haben, ist ein schwer zugänglicher Felsen an der Pflugshalde nördlich des Schauinsland zu nennen (TK Blatt 8013 Freiburg SO). Einem genau

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

datierten Ereignis sind die Bildung von frischen Rissen und Fulguritanflügen am Baldenweger Buck zuzuordnen (TK 8114 Feldberg, Abb. 3).

Aus diesen Befunden geht hervor, dass der Blitz bestimmten, schon im Fels angelegten Spalten folgend, außer den oft unscheinbaren Hitzewirkungen spektakuläre *Sprengungen* verursacht hat, bei denen bis tonnenschwere Gesteinskörper aus ihrem Zusammenhang gerissen wurden (Abb. 4, 5, 6). An manchen Fundorten scheint der Blitz mehrere Meter tief ins Gestein eingedrungen zu sein. In einigen Fällen sind bis dahin verdeckte Fulguritbildungen auf Klüften erst beim Straßenbau sichtbar geworden, so z. B. am Fundort „Am Bach" nördlich Triberg (Abb. 14), beim Hauseckfelsen in Zastlertal (Blatt 8014 Hinterzarten) und anderenorts.

Nicht alle Fulguritfunde können in der eben geschilderten Weise erklärt werden. Für die Überzüge auf *Mauerwerk*, zum Beispiel am Schlossberg bei Freiburg und generell für Fundorte auf glatten, nicht nischenartig ausgebrochenen Felsflächen ist anzunehmen, dass es sich um Hitzewirkungen des Blitzes auf *freiliegenden Oberflächen* handelt (Abb. 10). Der römische Meilenstein bei Scherwiller im Elsass bietet ein klares Beispiel für einen solchen Vorgang (Abb. 11). Auf davon betroffenen Mauern sind Flächen von mehr als 10 m^2 diskontinuierlich mit dunklen Überzügen versehen (z. B. Schlossberg in Freiburg i. Br., Abb. 12).

Die Mehrzahl der untersuchten Vorkommen liegt in *bewaldetem Gelände*. Eindeutige Blitzschäden an benachbarten Bäumen sind aber nur selten zu beobachten. Dies könnte bedeuten, dass die Fulgurite entweder zu Zeiten gebildet wurden, als die Felsen bzw. das Mauerwerk offen lagen oder dass der Blitz vorhandene Bäume verschont und erst am Gestein seine Spreng- und Wärmewirkungen entfaltet hat. Manche Beschreibungen lassen auf ein solches Verhalten des Blitzes schließen. Ein außergewöhnlich energiereicher Blitzschlag bei Winans Lake (Michigan, U.S.A.) hat im Frühjahr 1984 starke Sprengwirkungen und große Mengen von Schmelzglas erzeugt (ESSENE & FISHER 1986). Die insgesamt 30 m lange Fulguritspur ging von zwei Bäumen aus, die (nach frdl. brieflicher Mitteilung von Herrn Prof. DR. E. J. ESSENE) auf einer Seite Brandspuren zeigten, aber sonst nicht ernsthaft beschädigt waren. Danach kann unterstellt werden, dass Bäume und vielleicht auch andere Pflanzen zumindest schwächere Blitze in ihren Untergrund ableiten können, ohne wesentlich Schaden zu nehmen. Auf diese Thematik verweisen Fulguritbildungen am Schlossberg in Freiburg i. Br., die allem Anschein nach das Muster von Efeuranken, die von oben über den Fels herabhängen, nachzeichnen. Erscheinungen solcher Art sollen weiter aufgesucht und ihre Aussage geprüft werden.

Die geologische Bedeutung der Felssprengung durch Blitze ist im Laufe der Zeit mehrmals erörtert worden (z. B. HEIM 1886, ANDRÉE 1934, PORADA & WITTIG 1975). Alle genannten Autoren schreiben dem Blitz nur eine untergeordnete Rolle bei der Erosion zu. Nach unseren Befunden ist der Zerfall vieler Felsen des Schwarzwaldes vom Blitz beschleunigt worden. Dabei wurden oft ansehnliche Massen von Gestein bewegt und die Felsen zu turm- oder bastionsartigen Gestalten umgeformt (Abb. 1, 4, 7).

Die nachstehend gegebenen Beschreibungen schildern im Allgemeinen Befunde in den Jahren 2000 bis 2002. Infolge fortschreitender Verwitterung und zunehmenden Bewuchses werden die in dieser Zeit beobachteten Erscheinungen wohl nur einige Jahre, bestenfalls wenige Jahrzehnte sichtbar bleiben. Bei weiterer Nachsuche können aber sicher noch

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

andere, auch besser erhaltene Fulguritvorkommen entdeckt werden und neugebildete können hinzukommen.

2. Die Vorkommen

Abkürzungen von oft gebrauchten Begriffen:

K = Kantendekoration (mehr oder weniger kontinuierliche Schmelzsäume und -wülste

F = Fulguritbeläge auf Flächen; Netzwerke von girlandenartigen Schmelzsträhnen und -fäden

Wo keine weitergehenden Ausführungen über die Fulguritbildungen eines Vorkommens gemacht werden, handelt es sich um nur wenig ausgedehnte, unauffällige Erscheinungen. Die Beschreibungen sind entsprechend der Lage der Vorkommen auf den topographischen Karten (TK) 1:25 000 geordnet.

Ab Frühjahr 2001 bzw. Sommer 2002 beteiligten sich auch Herr Norbert Kindler bzw. Frau Professor Dr. Otti Wilmanns an der Suche nach Fulguriten im Schwarzwald. Ihre Funde sind im Folgenden mit N. K. bzw. O. W. gekennzeichnet.

Blatt 7415 Seebach

Hornisgrinde (N.K.) (R 3441950/H 5385050): Buntsandstein. Schmelzanflüge auf den äußersten Spitzen der herausragenden Quarzkörner.

Blatt 7613 Lahr Ost

Die Burgruine **Hohengeroldseck** unweit Lahr im Mittleren Schwarzwald steht auf einem Felssockel aus sehr feinkörnigem bis dichtem Rhyolith (Quarzporphyr der Geologischen Karte 1:25 000; R 3424450/H 5355430). Auf der Südseite dieses Sockels waren noch im April 2001 Fulguritüberzüge auf Klüften und deren Verschneidungen sichtbar. Auch hier lassen die Verhältnisse vermuten, dass diese unmittelbar vor dem endgültigen Bruch des Gesteins sozusagen noch in dessen Innerem gebildet wurden. Ende 2001 sind diese Gesteinspartien abgeräumt worden. An der Nordost- und Nordseite des Felssockels sind sehr ähnliche Erscheinungen noch erhalten (Abb. 15). Soweit Verwitterung und Flechtenbewuchs es erkennen lassen, erstrecken sie sich jeweils über mehr als 2 m in vertikaler Richtung. Ob sie auch bis auf das darüber liegende Mauerwerk aus Buntsandstein reichen, ist nicht zu erkennen.

Blatt 7615 Wolfach

Der **Spitzfelsen** bei Wolfach (R 3440900/H5350925) besteht aus hellem Migmatit. An seiner Südwestseite, nur 5 m von der Orientierungstafel entfernt, ist ein Teil des Felsens mit relativ scharfen Kanten herausgebrochen. Die dort entblößten, zum Teil noch frisch erscheinenden Bruchflächen gehören einem auch abseits des Ausbruchs gut sichtbaren Kluftsystem an. Frische, noch nicht von Algen und Flechten bedeckte Flächen in einem etwa 1 x 1 m großen Bereich zeigen auf hellem Gesteinsuntergrund ein Netzwerk dunkler Streifen und Flecken, besonders an den Verschneidungen von Klüften. Die Streifen sind einige Millimeter bis wenige Zentimeter breit. An einigen scharfen Kanten sind schwärzliche Schmelzsäume auch mit bloßem Auge zu erkennen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Blatt 7715 Hornberg

Der **Karlstein**, etwa 4 km SW von Hornberg im Schwarzwald (R 3439500/H 5340250) ist ein etwa 20 m hoher Felsen aus grobkörnigem Biotitgranit desTriberger Plutons. Am Nordfuß des Felsens liegt ein Gruppe abgestürzter Blöcke, in deren Zwischenraum, an einer wenig belichteten und befeuchteten Stelle, Fulguritanflüge erhalten sind. Dank der Grobkörnigkeit des Gesteins sind auf den betroffenen Flächen Quarz, Feldspäte und Glimmer an ihren äußeren Erscheinungen, besonders auch ihren Bruchformen, gut unterscheidbar. Glimmerpakete ragen stellenweise ebenfalls prägnant über ihre Umgebung hinaus. Sehr deutlich ist die Bevorzugung aller im Relief am weitesten herausgehobenen Kanten, die zum Teil gut ausgebildete Schmelzsäume tragen; in den Vertiefungen fehlen solche Bildungen. Während bei den Feldspäten die mehr oder weniger geradlinigen Kanten und Stufen ihrer Spaltkörper deutlich nachgezeichnet werden, bilden sich auf Quarz filigrane Netzwerke aus dünnen Fulguritsträhnen, die den stumpfen Kanten zwischen den hier „muschelig" gestalteten Bruchflächen aufliegen. Das Vorkommen am Karlstein repräsentiert damit sehr gut die Fulguritbildung auf Spalten eines grobkörnigen Feldspat-Quarz-Glimmer-Gesteins. Sehr ähnlich sind die Erscheinungen an weiteren, im Folgenden genannten Aufschlüssen im Triberger Granit, z. B. am Unteren Schlossfelsen.

Schwache Fulguritanflüge und K finden sich an einem etwa 600 m **nördlich des Karlsteins** gelegenen Granitfelsen bei R 3439520/H 5340800 (O. W.).

Namenloser Felsen auf der **Kostbachhöhe** bei Hornberg (O. W.) (R 3444660/H 5343780): Triberger Granit mit K und F.

Unterer Schlossfelsen bei Niederwasser (O. W.) (R 3443400/H 5338300): K und F auf grobkörnigem Triberger Granit (Abb. 20).

Huberfelsen (O. W.) (R 3438490/H 5341680): Ausgedehnte Fulguritanflüge auf grobkörnigem Triberger Granit. An der SW-Wand des Felsens reichen diese von oben und von unten her bis an die, zur Anbringung der Gedenktafel von 1902 geschlagene, flache Vertiefung. Ob sie sich auch unter die Tafel fortsetzen und damit jünger als diese wären, ist nicht eindeutig zu erkennen.

Am Fuß des **Oehmdfelsens** im Wittenbachtal (etwa 0,5 km SW des Huberfelsens, R 3438320/H 5341720) sind Reste von grau angewitterten Fulguritbildungen auf grobkörnigem und flechtenbewachsenen Granit noch erkennbar.

Blatt 7716 Schramberg

Spitze des **Kreuzfelsens** in Lauterbach bei Schramberg (O. W.) (R 3451700/H 5343650): K und Girlanden-Netzwerk auf Granitaplit.

Mariengrotte unter dem Kreuzfelsen, Lauterbach bei Schramberg (O. W.): Über mehr als 10 m^2 diskontinuierlich ausgebreitete K und F, zum Teil mit gut ausgebildetem Girlanden-Netzwerk, auf Granitaplit.

Blatt 7815 Triberg

Beim Sägewerk im Ortsteil **„Am Bach"** im Gutachtal N Triberg (O. W.) (R 3443420/H 5336190): K und F auf mittelkörnigem, hellem Granit, diskontinuierlich über wenigstens 5 m ausgedehnt. Eine Gesteinspartie mit verzweigten, Fulgurit tragenden Klüften wurde

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

erst durch den Straßenbau freigelegt; hier sind „unterirdische Wege" der elektrischen Entladung eindrucksvoll aufgeschlossen (Abb. 14).

Blatt 7912 Freiburg NW

Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. W. Käß fand dieser beim Umgraben seines Gartens in **Umkirch** ein etwa 6 cm langes Fragment einer *Blitzröhre*, die trotz schon eingetretener Verwitterung noch alle morphologischen Eigenschaften solcher Gebilde zeigt. Der Fund belegt, dass Schmelzung entlang einer Blitzbahn auch in dem sandig-lehmigen Boden des Dreisam-Schuttfächers vorkommen kann.

Blatt 7913 Freiburg NO

Im Juni 2002 wurde das Dach des Hörsaals des ehemaligen Tierhygienischen Instituts der Universität, Stefan Meier-Str. 26, von einem Blitz getroffen. Dabei wurden Dachziegel heruntergeworfen, an denen eine geringfügige Kantenschmelzung und feine, über die angrenzenden Flächen gestreute schwarze Strukturen zu beobachten sind. Diese letzteren bestehen aus einfachen oder verzweigten Reihen von nur wenige µm kleinen Kügelchen; sie sind resistent gegen Salpetersäure, verschwinden aber bei Behandeln mit Chromschwefelsäure und unter der Lötrohrflamme. Es handelt sich demnach wohl um durch Wärme veränderte Kolonien von Zellen. Hitzewirkungen des Blitzes zeigen aber einige aus Mörtelresten herausragende Quarzkörnchen, wie sie auch in Mörtel am Schlossberg vorkommen (N. K.).

Blatt 7914 St. Peter

Fuß des Kandelfelsens (N. K.) (R 3426050/H 5325720): Geringe K und F auf Migmatit.

Blatt 7915 Furtwangen

Beim **Weißkopfenhof** bei Hammereisenbach (O. W.) (R 3450000/H 5318290): Schöne Fulguritdekorationen auf Granit-Bruchfläche mit starkem Relief. Feinste Kügelchenstruktur der Fulgurit-Girlanden; Ablationsgruben (s. „Mikroskopische Beobachtungen").

Blatt 8013 Freiburg SO

Schlossberg bei Freiburg: Mehr als 40 Vorkommen von Fulgurit wurden auf einer nur 600 x 200 m großen Fläche an Felsaufschlüssen und Mauerwerk gefunden. Das Gebiet erstreckt sich vom Kanonenplatz im W bis zum Stigler'schen Weinberg im E (Karte Abb. 13). An manchen Stellen, z. B. bei der C. A. Hoffmann-Gedenktafel, etwa 200 m ENE des Südwestrundfunk-Gebäudes, sind mehrere Quadratmeter Felsfläche diskontinuierlich von dunklem Fulgurit überzogen. Hier und in anderen Aufschlüssen sind die schwarzen Beläge an Bruchkanten und Teile der angrenzenden Flächen des Gesteins (Gneis) gebunden, die im Vergleich zu ihrer Umgebung nur gering oder gar nicht von Algen, Flechten und Moosen bewachsen sind. Die deutlichsten Schmelzbildungen finden sich an Kanten, die den Verschneidungen von Klüften im Gestein entsprechen oder in anderen Positionen, wo Spitzen oder Grate des zerbrochenen Gesteins konvex nach außen ragen. Auf manchen der Flächen gibt es nahezu lückenlose dunkle Beläge, die sich über mehrere Quadratdezimeter ausbreiten. Auch an anderen Stellen des Schlossbergs sind die Fulguritbildungen an ähnlich

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

zerbrochene und zerklüftete Bereiche des Gesteins gebunden. Sie finden sich auch in tiefen, keilförmigen *Ausbrüchen* und selbst in Nischen unter überhängendem Gestein.

Fulguritbildungen auf den *freiliegenden* Oberflächen von Fels und Mauersteinen sind ebenfalls verbreitet. Die Felsfläche in dem tiefen Graben zwischen der Ludwigshöhe und dem Bismarckturm (R3414900/H 5317920) zeigt einen etwa 5 m hohen und 0,5 bis 1 m breiten Streifen, der im Gegensatz zu seiner Nachbarschaft nur einen geringen Flechtenbewuchs aufweist, während daneben Moose und Flechten den größten Teil der Gesteinsoberfläche bedecken (Abb. 10). Bruchkanten auf diesem Streifen und ein Teil seiner Fläche lassen, besonders unter dem Mikroskop, Fulguritüberzüge erkennen. Der betroffene Bereich liegt hier derart in der Flucht der angrenzenden Gesteinsoberflächen, dass nicht gut an einen *Abbruch* durch Blitzschlag, sondern an Hitzewirkung auf dem offen liegenden Gestein und das „Wegbrennen" der dort zuvor vorhandenen Vegetation zu denken ist.

Dasselbe gilt für die zum Teil über mehrere Quadratmeter sich erstreckenden Schwärzungen auf *Mauersteinen*, wie sie z. B. am Augustinerweg nördlich des Südwestrundfunks und im Waldgebiet nordöstlich davon mehrfach vorkommen (Abb. 12). Gneisblöcke von einigen Dezimetern bis zu 1 m Größe tragen auf ihren Außenseiten und zum Teil auch auf den Kanten dunkle Fulguritüberzüge. Dabei sind nicht alle Blöcke gleichermaßen betroffen. Der damit nur lückenhaft entwickelte Fulguritbereich erstreckt sich bei dem östlichen Vorkommen über etwa 5 m Breite und 1 m Höhe, bei dem westlichen über mehr als 10 m Breite und 2,5 m Höhe. Bei dem erstgenannten Aufschluss besteht die obere Hälfte des Mauerwerks aus Buntsandstein, der keine Fulguritspuren aufweist. Glänzende Kantengarnierungen und, auf einigen Flächen, Netzwerke aus Girlanden sind mit der Lupe leicht erkennbar. Bei beginnender Verwitterung tritt eine Verfärbung der Überzüge ins Weißliche ein. An einer Stelle am Augustinerweg tragen auch herausragende, zum ursprünglichen Mörtel gehörige Gesteinsstückchen mikroskopisch erkennbare Fulguritspuren. Dagegen bedeckt Mörtel, der bei späteren Reparaturen zwischen die Mauersteine eingebracht wurde, stellenweise deren offenbar ältere Fulguritüberzüge und zeigt selbst keine Hitzewirkungen.

Andere, weniger leicht erreichbare Mauerreste am Hang des Schlossberges zeigen Blitzwirkungen in noch größerer Ausdehnung; an manchen Steinen hat sich ein dunkelgrauer Überzug der Flechte *Porina chlorotica* (Ach.) Müll. Arg. mit halbkugeligen, schwarzen Fruchtständen ausgebreitet, der mit bloßem Auge kaum von den Fulguritüberzügen zu unterscheiden ist (Bestimmung durch Herrn Prof. Dr. V. WIRTH, Karlsruhe).

An mehreren Stellen des Schlossberges kann eine Art Kongruenz zwischen Efeuranken und den darunter liegenden Fulguritbildungen gesehen werden. Beim Entfernen der Ranken erscheint auf der Felsoberfläche ein Muster geschwärzter Partien, in denen zum Teil auch Risse mit Schmelzkanten erkennbar sind. Eine Deutung der Erscheinungen soll bei dem jetzigen Stand der Beobachtungen noch nicht gegeben werden. Indessen ist die Beteiligung von Bäumen und kleineren Pflanzen an der Ableitung des Blitzes in den Untergrund wohl bekannt. In vielen beschriebenen Fällen sind diese oft nur wenig geschädigt, während im Boden und am Gestein spektakuläre mechanische und Hitzewirkungen erzeugt wurden.

Am **Hirzberg** östlich des Schlossbergs treten K und F sowohl auf Gneis des Steinbruchs bei R 3416400/H 5317690 als auch im Straßenanschnitt westlich und östlich davon auf. Ihre Lage im Eingangsbereich des Steinbruchs und am Rand der vor einigen Jahrzehnten verbreiterten Straße legen den Gedanken nahe, dass die jetzt sichtbaren Fulguritbildungen erst bei den genannten Arbeiten freigelegt wurden. Die anscheinend schon seit längerer

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Zeit bloßliegenden Fulguritbildungen im Steinbruch sind stark von *Porina chlorotica* überwachsen.

An der Nordseite des nur wenige Meter hohen **Brombergfelsens** bei Freiburg i. Br. (R 3414820/H 5315840) sind an Bruchkanten geringe Anflüge fulguritischen Materials erkennbar (Fund Frau B. Geier). Die Rinde einer wenige Meter entfernt stehende Tanne ist in der für Blitzwirkung charakteristischen, angedeutet spiralförmigen Weise abgerissen.

Pflugfelsen am Schauinsland (R 3417170/R 5309770): An der bergseitigen Flanke des Felsens spärliche K und F.

Pflugshalde am Schauinsland: Der Felsen bei R 3417130/H 5310160 trägt eine über metergroße, etwa 800 kg schwere, und eine kleinere „Deckplatte" (Abb. 6). Die größere Platte ist auf ihrer talwärts geneigten Unterlage um etwa 10 cm bergwärts, also entgegen der Schwerkraft, verschoben. Zwischen den beiden Platten klafft ein etwa 15 cm breiter Spalt. An einigen geschützten Stellen unter den Platten sind dunkle Fulguritanflüge noch erkennbar.- Ein anscheinend nur wenige Jahre zurückliegender Blitzeinschlag hat an einem schwer zugänglichen Felsen bei R 3417180/H 5310070 das Gestein (heller Migmatit) zertrümmert und Bruchstücke zur Seite und hangabwärts geworfen. Die betroffene Felszinne fällt, ebenso wie die Trümmer, durch die Frische ihrer Bruchflächen auf. Fulguritbildungen sind nur an wenige cm langen Bruchkanten vorhanden. Die mechanischen Wirkungen des Blitzschlages sind hier, wie auch in manchen anderen Fällen, viel spektakulärer als die nur bescheidenen Hitzewirkungen am Gestein.- Ein im dichten Wald verborgener, 7 m hoher Felsturm bei R 3416910/H 531090 trägt geringe K und F.

Stäpfelefelsen am Schauinsland (R 3416600/H 5310140 bis R 3416630/H 5310080, R 3416690/H 5310250, R 3416700/H 5310230): Eine Gruppe prominenter Migmatitfelsen ist von tiefen Rinnen durchzogen, welche durch Erosion von Ruschelzonen entstanden sind (Abb. 1). Der größte Teil der Felsoberflächen ist, je nach ihrer Exposition, von Flechten und Moosen bedeckt. Ein Teil der Flächen, die in der Abb. 1 gerade im Schatten liegen, trägt kaum solche Vegetation. Die Formen dieser Flächen zeigen ein relativ junges Zerbrechen und Zersplittern an, während anderwärts ältere, gerundete Ecken und Kanten vorherrschen. Die spät entstandenen Flächen tragen dünne Verwitterungsbeläge auf dem klein- bis mittelkörnigen Feldspat-Quarz-Glimmer-Gestein. Diese scheinen auch schon *vor* der Fulguritbildung vorhanden gewesen zu sein. Das kann bedeuten, dass hier ein schon existierendes Kluftsystem, in dem die Atmosphärilien wirksam waren, gewaltsam geöffnet wurde. Auf den Flächen haben sich, je nach der Situation, Überzüge von schwärzlichem Fulgurit gebildet, die sich, wenn auch vielfach unterbrochen, über mehrere Meter verfolgen lassen. Viele Kanten tragen Schnüre oder Wülste von dunklem, in dickerer Schicht schwarzem, glänzendem Glas. Auf den Flächen, besonders in der Nähe von Kanten, kommen auch Girlanden oder Netzwerke von solchen vor; sie sind meist nur unter dem Mikroskop erkennbar. In der Regel werden diese Überzüge mit zunehmender Entfernung von den Kanten dünner und verschwinden nach einigen Zentimetern ganz. An einem Fundstück findet sich ein Bündel von etwa parallelen Girlanden, die wie unter dem Einfluss der Schwerkraft nach unten „durchhängen" (Abb. 19). Mit beginnender Verwitterung verfärben sich die Fulguritgebilde in eine weißliche, matte Substanz.

Die beschriebenen Erscheinungen finden sich an mehreren Stellen der Felsgruppe, die zum Teil über 10 m weit auseinanderliegen. Auch einzelne herabgefallene Bruchstücke haben fulguritüberzogene Kanten. In einer der Rinnen zwischen den Felsen, nur knapp 2 m

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

vom nächsten Fulguritvorkommen entfernt, steckte ein stark vermoderter, teilweise angekohlter Baumstumpf. Alle beschriebenen Phänomene sind sehr unscheinbar und waren auch dem Verfasser, der die Felsen über Jahrzehnte immer wieder besucht hatte, dabei nicht als etwas Besonderes aufgefallen. Erst am 1.1.2001 wurden sie als Blitzwirkungen erkannt.

Geringe Spuren von Fulguritbildungen zeigt ein kleiner Felskopf im **Diesendobel**, etwa zwischen Stäpfelefelsen und Horber Felsen (R 3416520/H 5311040). Das Vorkommen liegt im unteren Teil eines hohen Hanges, nur wenige Zehner von Metern oberhalb eines tief eingeschnittenen Bachlaufes. Unter dichtem Baumbestand ragt dort ein wenige Meter hoher Felskopf aus dem Hangschutt hervor. Kantenschmelzung und „Mattglasur" sind an einigen Bruchflächen und deren Verschneidungen entwickelt. Der Rest eines morschen, angekohlten Baumstamms weist darauf hin, dass der Blitzschlag den Felsen in waldiger Umgebung getroffen hat.

Eine ähnliche Tallage, wie das Vorkommen Diesendobel, nimmt auch das an der **Steinmühle** im Katzental nahe Horben (R 3414190/H 531110) ein. K und F sind ähnlich wie die in den benachbarten Vorkommen ausgebildet.

Der aus Diatexit bestehende **Geißenfelsen** am „Geiersnest" bei St. Ulrich (R 3414500/ H 5308980) ist fast überall dicht von Flechten überwachsen. Nur kleine, vor direkten Niederschlägen geschützte Bruchflächen sowie einige, in einer tiefen Spalte eingeklemmte Gesteinssplitter tragen keine Vegetation und zeigen Kantenschmelzung und Girlanden-Netzwerke.

Priorfelsen bei St. Ulrich, NW-Fuß der Felsgruppe (R 3414230/5307950): Geringe Fulguritanflüge auf Bruchkanten in Diatexit.

Ochsenberg Straßenanschnitt (R 3416820/H 5309320): Über mehrere m^2 unscheinbare, diskontinuierliche K und F.

Ochsenbergfelsen (R 3417070/H 5309270): Orthogneis. An mehreren Ausbrüchen K und F.

Mittelstation der Schauinslandbahn (R 3416410/H 5309920): Orthogneis. Mehrere Quadratmeter großer Ausbruch mit K und F. Auch ein kleinerer, etwa 100 m weiter südlich gelegener Felsen zeigt Fulguritspuren an Ausbrüchen.

Haibrainfelsen (R 3415970/H 5310130, R 3416040/H5310080): Migmatitfelsen, z. T. zerspalten und zerbrochen, mit Fulguritbildung (K und F) an Kluftverschneidungen.

Weißenfelsen (R 3415220/H 5309630):. Helle Partie in Migmatit, darin auffallender, mehrere Meter hoher Ausbruch mit bescheidenen Kantendekorationen und schmalen Flächenbelägen. Mikr. hübsche Girlanden-Netzwerke. Geringe K auch bei R 3415330/H 5309560.

Kohlerhaufelsen N und S (R 3417170/H 5310910 und R 3417210/H 5310800): Migmatit. An dem südlichen Felsen ein mehrere Kubikmeter großer Ausbruch; K und schmale F. Die Probe vom nördlichen Felsen zeigt einen 6 cm langen und 3 mm breiten, etwas unregelmäßigen „Kanal", der beim Zersprengen des Felsens längs aufgebrochen ist. Die Erscheinung erinnert an die von FRENZEL & STÄHLE (1984) vom Hahnenstock (Glarus, Schweiz) beschriebene Blitzröhre. Weitere, nur wenige mm tiefe Löcher am gleichen Stück sind mit Glas ausgekleidet und stellen vielleicht die ersten Anfänge einer „Kanalbildung" dar.

Tiefenbachdobel (R 3416350/H 5310350 und R 3416430/H 5310380, jeweils im Weganschnitt): K und geringe F auf zerklüftetem Migmatit.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der **Horber Felsen** (R 3416380/ H 5312840, 150 m W des Höhenpunktes 799,5 NN) besteht aus einem zum Teil kataklastisch überprägten, aber festen Migmatit. Der Aufschluss mit Fulguritbildungen liegt an der Westseite des Felsens, etwa 6 m unterhalb seines Gipfels. Durch relativ junges, offenbar gewaltsames Ausbrechen ist dort ein sehr unregelmäßiges Relief mit Kanten, Spitzen und tiefen Kerben entstanden. Vor allem die ins Freie ragenden Partien des Gesteins tragen dunkle Überzüge. Trotz des beginnenden Flechten- und Moosbewuchses sind schwach glänzende Dekorationen der Kanten und mattschwarze Überzüge angrenzender Flächenteile noch erhalten. Der so betroffene Bereich erstreckt sich, wenn auch sehr lückenhaft, über wenigstens 4 m^2 Oberhalb, auf dem Rücken des Felsens, steht eine vor längerer Zeit in etwa 3 m Stammhöhe abgebrochene Eiche; sie könnte Zeugin desselben Blitzeinschlages sein, doch kommt hier gewiss auch eine Beschädigung durch Wind in Betracht.- Ein etwa 550 m weiter südöstlich in Richtung Brangenkopf gelegener Felsen (R 3416810/H 5312490) besteht aus kataklastisch überprägtem Migmatit mit besonders unregelmäßig-rauen Ausbrüchen an seiner Talseite. Hier zeigen sich an einer Stelle schwache, aber eindeutige Fulguritdekorationen auf Kanten und vorspringenden Ecken.

Ein kleiner, an seiner Hangseite nur etwa 5 m hoher Gneisfelsen am **Hanfacker** (R 3415960/H 5312390) zeigt an mehreren Bruchstellen Kantenschmelzung. Teile eines 2 cm breiten Quarzgängchens, die einige Milllimeter gegenüber ihrer Umgebung herausragen, sind durch Fulguritanflüge geschwärzt. Auf dem Gipfel des Felsens ist ein Gesteinsblock von etwa 500 kg Gewicht aus seinem bisherigen Zusammenhang gehoben und um etwa 20 cm seitwärts versetzt. Die unter ihm klaffende Spalte trägt einen dunklen, zum Teil noch glänzenden Fulguritüberzug.

Kybfelsen (R 3416830/H 5314180): Die Felsgruppe besteht aus mehreren, durch Mulden oder Rinnen voneinander abgesetzten Orthogneismassen von bis zu 25 m Höhe und einer sich nach Süden anschließenden Reihe niedrigerer Felszacken, deren mittlere deutliche Blitzeinwirkungen aufweist. Die sich dort wieder ausbreitenden Flechten sparen die kontinuierlich von Fulgurit überzogenen Bereiche in auffälliger Weise aus (Abb. 16). Etwa ein Quadratmeter der Wandfläche des südlichen Hauptfelsens hebt sich durch eckige Bruchformen von seiner Umgebung ab. Hier zeigen sich schwarze Fulguritdekorationen auf den Kanten und, über einige Millimeter bis wenige Zentimeter, auch auf den angrenzenden Flächen.

Geißenfelsen am Geiersnest (R 3414500/H 5308980): Migmatit. Fast überall dicht von Flechten überwachsen. Nur kleine, vor direkten Niederschlägen geschützte Bruchflächen sowie einige, in einer tiefen Spalte eingeklemmte Gesteinssplitter tragen keine Vegetation und zeigen K und F.

Gerstenhalm (R 3413460/H 5310320): Geringe Fulguritanflüge auf einem niedrigen, glatt zersprengten Diatexitfelsen; ähnlich an einem sehr unregelmäßigen Ausbruch des Felsens bei R 3413270/ H 5309930.

Maienstein bei Oberried (R 3420310/H5309890): Migmatit. Geringe K und Girlanden-Netzwerk auf Anbrüchen des turmartigen Felsens.

Wilde Schneeburg („Räuberfelsen" der neueren top. Karte 1.25 000) im Bruggatal südlich von Oberried (R 3421050/H 5308720). Ein in Migmatit aufsetzender Gang von Semilamprophyr ist über mehrere Quadratmeter auffallend kantig ausgebrochen. Geringe Kantendekorationen nahe dem Kontakt zum Nebengestein machen es wahrscheinlich, dass

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

die Ausbrüche vom Blitz verursacht wurden.- Ein etwa 20 m südlich davon aufgeschlossenes, 30 cm langes und bis 5 cm breites Quarzgängchen in Migmatit zeigt geringe Anflüge von Fulgurit; das Nebengestein ist dicht mit Flechten überwachsen und lässt keine Blitzwirkungen erkennen.- Geringe K und F auch am „Felsenweg" bei R 3420920/H 5308550 und, an einem auffallenden Ausbruch, bei R 3420770/H 5308500 (Abb. 5). Die Konfiguration dieses letzteren Vorkommens lässt annehmen, dass der Blitz auf der Höhe des Felsens in eine Spalte eingedrungen ist und erst etwa 15 m weiter unten, dort gleichsam von innen kommend, den Ausbruch verursacht hat.

Blatt 8014 Hinterzarten

Hirschsprung (R 3427470/H 5311300): Unscheinbare K auf Migmatit.

Hauseckfelsen im oberen Zastlertal (R 3425670/H5308660, Abb. 4). Der mehrere Zehner Meter hohe Orthogneisfelsen ist etwa auf halber Höhe von einem in den fünfziger Jahren gesprengten Straßeneinschnitt her gut zugänglich. Breite Spalten und bis zu mehrere Meter große, verlagerte Bruchstücke zeigen das gewaltsame Zerbrechen des Felskörpers deutlich an. Spuren von Blitzwirkungen finden sich reichlich auf Gesteinskanten und -flächen in dem Zwischenraum dieser Blöcke und, allerdings durch Flechtenbewuchs schwerer erkennbar, auch auf deren Außenseiten. Die filigranen Netzwerke gehören zu den best ausgebildeten; in den Maschen gelegentlich eine dünne Glasur mit schwachen Perlmutterfarben (Abb. 21, 22). Auch an Klüften, die bei der Anlage der Straße freigelegt wurden, kommen dunkle Fulguritstreifen vor.

Dunkle Fulguritadern in angewittertem Gestein sind auch an der **Zeigerhalde**, etwa 400 m südöstlich des Hauseckfelsens, im Straßenanschnitt sichtbar (R3426000/H5307450).

Kaiserwachtfelsen (etwa R 3430180/H 5309900): Geringe K auf Gneis.

Blatt 8015 Titisee-Neustadt

Felsen am Hang oberhalb des **Dilgerhofes** bei Hammereisenbach (O. W.) (R 3448800/ H H 5317850): Schwache K und Girlanden auf auf einzeln gesammelten Mineralkörnern des grobkörnigen Granits.

Blatt 8016 Donaueschingen

Totenkopf im Bregtal (O. W.) (R 3452200/H 5317250): Schwache K und F, z. T. glänzend, auf Eisenbacher Granit.

Blatt Staufen 8112

Poche, Gmkg. Staufen (R 3406720/H 5303860): Oberhalb des Fußwegs ist ein etwa 3 m breites Felsstück (Gneis) talwärts abgekippt. Der kantige Ausbruch zeigt an mehreren Stellen K und F.

Kälblescheuer (N. K.) (R 3408110/H 5297110): K und F auf Arkose des Unterkarbon.

Weiherfelsen (N.K.) (R 3409030/H 5296670): a) Wenig ausgeprägte K und F auf porphyrischem Münsterhalden-Granit. b) Dünne Fulguritüberzüge („Mattglasur") auf Granitporphyr, Kantenschmelzung nur schwach entwickelt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Hochkelch am Belchen (N.K.) (R 3411810/H 5298420): Metaaplit. K und F.

Am **Hohfelsen** westlich des Belchens (R 3411070/H 5298870) treten Fulguritspuren an der Westseite der Gipfelkuppe, unter lockerem Waldbestand, auf. Das Gestein ist ein feinkörniger Metaaplit, stellenweise mit einer schwachen Quarz-Baryt-Mineralisation. Der Bereich auffallend eckig-kantiger Zerbrechung liegt etwa 2 bis 4 m unterhalb der höchsten Stelle des Felsens. Neuerer Algen- und Flechtenbewuchs hat einen Teil der Oberfläche wieder bedeckt, aber auch noch schwarze Fulguritdekorationen auf vorspringenden Graten und angrenzenden Flächen freigelassen.

Am **Feuersteinfelsen** am Belchen (Gemarkung Münstertal, R 3411600/H5299210) steht eine Verkieselungszone mit Quarz- und Karneoladern, Schwerspat und Hämatit an. Auf einer nur wenige Dezimeter großen, unregelmäßig aufgebrochenen Fläche sind Kantendekoration und bescheidene Girlanden-Netzwerke auf reinem und hämatithaltigem Quarz zu sehen.

Schlossberg (Untermünstertal) (N.K.) (R 3408810/H 5298920): Stark von Flechten überwachsener Felsen aus Randgranit. Nur Kantendekoration noch sichtbar.

Der stark von Flechten überwachsene **Brudermattfelsen** bei Schweighof (Gemarkung Badenweiler, R 3403980/H 5297390) zeigt an einigen überhängenden Bruchflächen, die nur wenig Vegetation tragen, K und angrenzende, schmale F. Am unweit gelegenen **Eisengrabenfelsen** (R 3404530/H 5296990) sind K und F trotz des Flechtenbewuchses gut erkennbar. Beide Felsen bestehen aus granitartigen Gesteinen der Wiese-Wehra-Formation im Sinne der Geologischen Karte der Badenweiler-Lenzkirch-Zone 1:50 000.

Blatt Todtnau 8113

Ein sehr bescheidenes Vorkommen von Fulgurit befindet sich auf der Höhe 1179,7 m NN bei **Willnau** SW des Schauinsland (R 3416730/H 5306740, Abb. 2). Es wurde als erstes seiner Art im Schwarzwald Ende der achtziger Jahre in dem nachstehend beschriebenen, aber wohl nicht lange erhaltungsfähigen Zustand entdeckt. Bruchflächen eines niedrigen Migmatitfelsens bilden eine etwa meterlange Rinne, auf deren Grund sich ein nur wenige Zentimeter hoher Grat erhebt. Er trägt über knapp 20 cm Erstreckung eine dunkle, glänzende Garnierung von Fulgurit.

Hohe Felsen aus permokarbonischem Deckenporphyr, der **Scharfenstein** und der **Rehfelsen** im Obermünstertal (N.K.) (R 3414480/H 5303800 bzw. R 3414870/H 5303900) tragen wenig auffallende Fulguritbildungen in Form von Kantendekorationen und unscheinbaren Überzügen auf den angrenzenden Flächen („Mattglasur" im Sinne der mikroskopischen Beschreibung).

Herrenwaldfelsen (Untermünstertal-Heidstein, N.K.) (R 3413100/H 5301020): Heller Gneis. Mehr oder weniger gleichmäßige graue Überzüge, „Mattglasur" und undeutlich entwickeltes Girlanden-Netzwerk.

Preyerfelsen, Obermünstertal. (N.K.) (R 3414600/H 5304420): Kantendekoration und Überzüge mit Girlanden-Netzwerk auf Diatexit. In den Maschen des Netzwerks farblose „Mattglasur"

Belchen (R 3412960/H 5298320): Niedriger Metagranitfelsen etwa 350 m SSE des Belchenhauses. Geringe K an einer schon älteren, größtenteils flechtenbewachsenen Bruchfläche.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Lägerfelsen südlich des Silberberges, Gemarkung Todtnau (N.K.) (R 3424730/H 5299840): Leukokrater Gneis. Kantenschmelzung und besonders schöne Girlanden-Netzwerke auf den angrenzenden Flächen, stellenweise tröpfchenförmige Verdickungen (Abb. 18); in den Maschen teils Mattglasur, teils glänzende Überzüge mit schwachen Perlmutterfarben.

Brenntfelsen beim Gisiboden (N.K.) (R 3423070/H 5298140, R 3422830/H 5298120): Leukokrater Gneis und Hornblendegneis. K und F, Maschen mit „Mattglasur"

An mehreren Punkten der **Utzenfluh** bei Utzenfeld im Wiesetal sind Bruchflächen von altpaläozoischer Grauwacke und von Augengneis von Fulgurit überzogen (R 3419070/H 5296880 bzw R 3418980/H 5296990) . Glatte, glänzende Überzüge erstrecken sich hier lükkenlos über mehrere Quadratzentimeter (Abb. 17); an den von N. KINDLER gesammelten Proben sind meist mehrere Flächen, die unter verschiedenen Winkeln aneinander grenzen, betroffen. Abseits der Kanten sind sie durch ein Netzwerk flacher, gleichsam verfließender Girlanden gegliedert. Bereichsweise gehen diese dunkleren Flächen in solche mit deutlicher abgesetzten, feinen Girlanden und in Bereiche mit „Mattglasur" über.

Blatt Feldberg 8114

Baldenweger Buck am Feldberg, nördlich P. 1460,5 (N.K.) (R 3426410/H 5304930, R 3426420/H 5304980): Bei einem Blitzschlag am 3. August 1963 wurde eine Herde von 113 Schafen getötet; eine Gedenkplakette auf der südlichsten Felskuppe erinnert an dieses Ereignis. Bleibende Spuren sind an zwei niedrigen Felskuppen aus Orthogneis noch zu sehen. Bis zu mehrere Dezimeter große Gesteinsbruchstücke wurden einige Meter weit fortgeschleudert; sie ließen sich in ihre Ausbruchsnischen einpassen, sodass die Felsen insoweit wieder ihre frühere Gestalt bekamen. Der tiefer gelegene, nördliche Felsen, ein Kegel von etwa 3 m Höhe, ist durch scharfkantige Risse von 2 – 3 cm Breite zerspalten (Abb. 3). Als das Vorkommen 1992 zum ersten Mal unter dem Gesichtspunkt „Fulgurite" untersucht wurde, war auf einer Bruchfläche des oberen (südlichen) Felsens ein dünner, dunkler Überzug von fast einem Meter Länge und 20 cm Breite sichtbar. Reste verkohlter Pflanzen lagen nahe dem unteren Ende dieser Fläche. Heute bedecken Flechten den größten Teil des Fulguritüberzuges, doch ließ sich dieser durch Behandeln einer Probe mit konzentrierter Salpetersäure, welche die organische Substanz zerstört, unversehrt wieder freilegen.

Fuß der Felswand nördlich des **Feldsees** (N.K.) (R 3427590/H 5304370): Gneis; Kantenschmelzung und bis 2 cm weit reichendes Girlanden-Netzwerk auf angrenzenden Flächen, zum Teil weitmaschig.

Herzogenhorn, Gipfel (N.K.) (R 3426620/H 5300080): Glimmerreicher Gneis mit linearer Paralleltextur. Wenig ausgeprägte Kantendekoration auf Glimmersträhnen.

Spießhorn bei Bernau (N. K.) (R 3428350/H 5299600): Leptinit. K und F; K z.T. stark glänzend, in dünner Schicht fast farblos.

Scheibenfelsen bei Bernau-Hof (O. W.) (R 3427580/H 5297680): K auf metamorphem Schiefer und einer dünnen Rhyolitheinlagerung.

Etwa 500 m W **Farnwitte** bei Menzenschwand (O. W.) (R 3430860/H 5301250): Bärhalde-Granit; geringe K unter Flechtenbewuchs noch erkennbar.

Silberfelsen bei Menzenschwand (N.K.) (R 3431680/H 5299530): Grobkörniger Bärhalde-Granit. Fulguritanflüge auf ganz unregelmäßigen Bruchflächen. Nur die äußersten

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Spitzen von Feldspat- und Quarzkörnern sind mit hell- bis mittelbraunem Glas dekoriert. Auf einem Probenstück mattweißer, vielleicht angewitterter Überzug aus kleinen Wärzchen, Girlanden hier nur angedeutet.

Der **Bildsteinfelsen** bei Aha am Schluchsee (R 3435450/H 5300680) besteht aus altpaläozoischem Metasiltit. Das Gestein ist im frischen Anbruch dunkelgrau; die Verwitterungsrinde ist hellgelblichgrau. Auf einer nur einige Dezimeter großen, noch nicht ganz von Flechten und Moosen bedeckten Fläche nahe des Gipfels (etwa 6 m südlich der obersten Stufen der Betontreppe) sind auf diesem Untergrund dunkle Fulguritanflüge zu erkennen. Das Gestein ist splitterig zerbrochen; die Schmelzerscheinungen betreffen nur die am weitesten herausragenden, zentimetergroßen Kanten und Spitzen des Reliefs.

Menzenschwand, Granit-Härtling im Tal südlich des Dorfes (O. W.) (R 3530790/H 5296830): K und F auf grobkörnigem Bärhalde-Granit und einem hämatithaltigen, quarzreichen Kluftbelag.

Blatt 8213 Zell i. W.

Ein wegen seiner Lage in einer tiefen, felsigen Schlucht und unter dichtem Waldbestand bemerkenswertes, kleines Vorkommen von Kantenschmelzung fand N. KINDLER im **Prägbachtal** (Gemarkung Schönau, R 3423890/H 5295790) im Südschwarzwald. Das Auftreten des Farns *Polystichum braunii* (Spenn.) Fée zeigt die hier herrschende hohe Luftfeuchtigkeit an. Das betroffene Gestein ist ein saurer Vulkanit des Unterkarbons.

Fuchsbachtal am Ortsrand von **Häg** (R 3418850/H 5289180): K und F auf einem großen Anorthositblock (Abb. 9). Stellenweise ist ein filigranes Netzwerk von Glasfäden auf dem hellen Gesteinsuntergrund schon mit dem bloßen Auge erkennbar.

Scheibenfelsen bei Todtmoos (R 3424920/H 5289930): Gneisanatexit, an der Nordseite des Felsens stark zerklüftet, dort etwa 25 m^2 großer Anbruch mit spärlichen Kantendekorationen.

Blatt 8214 St. Blasien

Blössling (N.K.) (R 3425300/H 5295230): Granophyr; K (stark glänzend) und F.

Großbühl bei Ibach (O. W.) (R 3428570/H 5290320): Schwache K auf Granit.

Blatt 8313 Wehr

Wehratal, zwei Fundorte (O. W.). a) S Ehrwaldhütte (R 3420350/H5281900): Schwache K und Girlanden auf Granit.- b) Nahe dem Kaisergraben, beim Tunnel (R 3420540/H 5281900): K auf Granit unter starkem Flechtenbewuchs.

Solfelsen bei Jungholz (O. W.) (R 3420660/H 5274100): Fulguritanflüge auf grobkörnigem Albtalgranit.

3. Vergleichbare Fulguritvorkommen in deutschen und französischen Mittelgebirgen

Aus dem *Odenwald* haben FRENZEL & OTTEMANN (1978) sowie FRENZEL & STÄHLE (1982) Fulguritbildungen auf Sanidinnephelinit bzw. Peridotit beschrieben. Beide Vorkommen liegen auf heute bewaldeten Berggipfeln. Infolge der Verschiedenheit dieser Substrate

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

gegenüber den im Schwarzwald vorliegenden sind auch ihre Fulgurite zum Teil andersartig. An den magnetithaltigen Gesteinen haben die Blitze deutliche magnetische Anomalien erzeugt. In den *Vogesen* wurden bei kursorischen Begehungen mehrere Fulguritvorkommen auf Granit bei Dieffenthal und Barr sowie auf Rhyolith unweit Hohwald gefunden. Ein schönes Beispiel einer auf die Oberfläche beschränkten Anschmelzung bietet der römische Meilenstein zwischen Scherwiller und Dieffenthal (Abb. 11). Ein erst vor wenigen Jahren vom Blitz zersprengter Gneisblock bei Les Pradals (Gemeinde Mons, Hérault, Frankreich) zeigt in besonders instruktiver Weise das Auftreten und die Zusammenhänge von Kantendekoration, Girlanden und Überzügen von Fulgurit (MÜLLER-SIGMUND & WIMMENAUER 2002). Auch in dessen weiterer Umgebung wurden Blitzwirkungen auf verschiedenen Gesteinssubstraten gefunden; sie sind denen des Schwarzwaldes bis in Einzelheiten sehr ähnlich. In nur wenigen Stunden gezielter Suche wurden auch auf Rhyolith des Esterel-Massivs (Dépt. Var) mehrere Vorkommen entdeckt.- Auf die schon oft beschriebenen Fulgurite auf *Gipfeln der Hochgebirge*, besonders der Alpen, kann hier nicht eingegangen werden.

4. Mikroskopische Beobachtungen

Die Untersuchung mit dem Stereomikroskop (25- bis 100-fache Vergrößerung) bestätigt die schon mesoskopisch erkannten Hauptphänomene (Kantendekorationen, Girlanden und einfache Überzüge) und enthüllt zusätzliche Einzelheiten, die nachfolgend beschrieben werden. Dies kann in zusammenfassender Weise geschehen, weil sich die Erscheinungen weithin wiederholen; Abweichungen in einzelnen Vorkommen werden besonders hervorgehoben.

Schmelzbildungen auf Kanten (Kantendekorationen) sind auch in den unscheinbarsten Vorkommen die am meisten charakteristischen Kriterien für Blitzwirkung. Die Bezeichnung „Schmelzbildungen" soll hier nur zum Ausdruck bringen, dass ihre Substanz vor der endgültigen Erstarrung schmelzflüssig war; über ihre Herkunft (vom unmittelbaren Substrat oder aus der Umgebung) wird damit noch nichts ausgesagt. Die hier denkbaren Möglichkeiten werden weiter unten noch diskutiert werden. Die betroffenen Kanten sind in erster Linie solche, die aus der Durchkreuzung präexistierender Klüfte resultieren. Die Ausbildung dieser Kanten im Einzelnen hängt weitgehend davon ab, wie weit sich die Körnigkeit des Gesteins an solchen Durchkreuzungen auswirkt. Bis in den Millimeterbereich scharfe Kanten entstehen dort, wo die Kluftflächen das Korngefüge gleichsam ignorieren (Abb. 16); wo sich dagegen das Korngefüge mit seinen Formen durchsetzt, sind die Kanten eher unregelmäßig-buckelig ausgebildet. Die dort angesiedelten Fulguritdekorationen bilden diese Unterschiede ab; da sie nicht dicker als ein Millimeter werden, egalisieren sie das Relief nur bis zu einem gewissen Grade. Nur gelegentlich haben sich etwas größere, unvollkommen tropfen- oder wulstförmige Schmelzkörperchen gebildet (Abb. 18). Ausgedehntere, das heißt quadratzentimeter- oder noch größere Schmelzüberzüge, Strähnen und Tropfen, wie sie von alpinen Vorkommen oft beschrieben wurden, treten seltener auf. Nur im Vorkommen Große Utzenfluh sind Flächen von vielen Quadratzentimetern Ausdehnung von lückenlosen, glänzenden Fulguritüberzügen bedeckt (Abb. 17).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Das Material der Schmelzbildungen auf Gesteinskanten ist in seinen dickeren Partien obsidianartig dunkel bis schwärzlich und glänzend, in dünnerer Schicht zunehmend transparent ohne bestimmten Farbton. Seltener kommen auch braune, besonders stark glänzende Kantenschmelzen vor, z. B. am Hauseckfelsen. In anderen Fällen sind die Schmelzdekorationen nicht glatt, ihre Oberflächen erscheinen dann feinst buckelig, wie aus vielen sehr kleinen, rundlichen Partikeln aufgebaut. Körnerpräparate, die von den dicksten verfügbaren Schmelzsäumen vom Stäpfelefelsen hergestellt wurden, bestehen aus einer isotropen, trüben Glassubstanz mit niedriger Lichtbrechung (n etwa 1,46). Bei schiefer Beleuchtung im Dunkelfeld zeigt sich eine Aufhellung der Glaskörnchen durch Lichtreflexion an sehr kleinen Mineraleinschlüssen oder Poren.

Deutlich entwickelte Bruchkanten größerer Mineralkörner, z. B. Feldspäte, tragen eigene Schmelzsäume; auf angrenzenden Spaltflächen kommen tröpfchenförmige Schmelzpartikel vor (Abb. 23).

Beim *Benetzen* der meisten Proben aus dem Schwarzwald erweisen sich die glattesten Kantendekorationen als relativ *hydrophob*; eine dünne, dort aufgebrachte Wasserschicht gibt diese Partien nach wenigen Augenblicken frei, während ihre Umgebung das Wasser festhält und sich dabei in einer weiter unten zu schildernden Weise optisch verändert. Neu angesiedelte Flechten scheinen in einigen Fällen diese glatten Kantendekorationen zu meiden.

Als **Girlanden** werden hier auf den Bruchflächen des Gesteins und seiner Minerale ausgebreitete, bis zu 1 mm hohe, lineare, in vielfältiger Weise gekrümmte und verzweigte Gebilde bezeichnet, die in fast allen untersuchten Vorkommen in ähnlicher Weise auftreten (Abb. 19, 20). Ihre Dicke variiert zwischen wenigen Zehnteln und Hundertsteln Millimetern; ihre feinsten Verzweigungen sind im Stereomikroskop nur noch knapp erkennbar. In den meisten Vorkommen ist die Substanz der Girlanden einheitlich glasig, aber nur in dünnen Schichten wirklich transparent. Dickere, auch nur Zehntel Millimeter starke Girlanden sind obsidianartig dunkel und mehr oder weniger deutlich getrübt. Bei starker (100-facher) Vergrößerung ist unter dem Stereomikroskop an dickeren Girlanden gelegentlich eine Oberflächenstruktur wie aus dicht aggregierten Kügelchen zu beobachten.

In der Mehrzahl der Fälle erscheinen die Girlanden als Fortsetzungen oder Abzweigungen der Kantendekorationen, die sich, von diesen ausgehend, über die angrenzenden Flächen ausbreiten. Auf grobkörnigem Gestein zeichnen sie die Bruchkanten der Einzelminerale nach; sie formieren sich in charakteristischer Weise zu zusammenhängenden **Netzwerken**; deren Maschenweite liegt gewöhnlich im Bereich von wenigen Zehntelmillimetern (Abb. 20). Die Formen der Maschen sind, entsprechend dem Verlauf der sie eingrenzenden Girlanden, ganz unregelmäßig. Mit zunehmender Entfernung von den vollständig dekorierten Hauptkanten werden die Girlanden dünner und verlieren sich weiterhin in einem filigranen System feiner Glasfäden (Abb. 21, 22). Diese Übergänge vollziehen sich, fallweise verschieden, im mm- bis cm-Bereich. Die Formen der äußersten, filigranen Verästelungen können am ehesten mit einem feinem Wurzelwerk verglichen werden.

Fein gestaltete Netzwerke sind besonders deutlich auf Bruchflächen von Quarz oder Quarzaggregaten entwickelt. Infolge des muscheligen Bruches dieses Minerals sind dort flach gekrümmte Teilflächen entstanden, die mit präzisen, meist stumpfwinkligen Kanten aneinandergrenzen. Dabei bildete sich ein Netzwerk flacher Grate, die von dünnen Schmelzfäden in allen Einzelheiten nachgezeichnet werden. An den Kanten von Feldspat-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

gegenüber den im Schwarzwald vorliegenden sind auch ihre Fulgurite zum Teil andersartig. An den magnetithaltigen Gesteinen haben die Blitze deutliche magnetische Anomalien erzeugt. In den *Vogesen* wurden bei kursorischen Begehungen mehrere Fulguritvorkommen auf Granit bei Dieffenthal und Barr sowie auf Rhyolith unweit Hohwald gefunden. Ein schönes Beispiel einer auf die Oberfläche beschränkten Anschmelzung bietet der römische Meilenstein zwischen Scherwiller und Dieffenthal (Abb. 11). Ein erst vor wenigen Jahren vom Blitz zersprengter Gneisblock bei Les Pradals (Gemeinde Mons, Hérault, Frankreich) zeigt in besonders instruktiver Weise das Auftreten und die Zusammenhänge von Kantendekoration, Girlanden und Überzügen von Fulgurit (MÜLLER-SIGMUND & WIMMENAUER 2002). Auch in dessen weiterer Umgebung wurden Blitzwirkungen auf verschiedenen Gesteinssubstraten gefunden; sie sind denen des Schwarzwaldes bis in Einzelheiten sehr ähnlich. In nur wenigen Stunden gezielter Suche wurden auch auf Rhyolith des Esterel-Massivs (Dépt. Var) mehrere Vorkommen entdeckt.- Auf die schon oft beschriebenen Fulgurite auf *Gipfeln der Hochgebirge*, besonders der Alpen, kann hier nicht eingegangen werden.

4. Mikroskopische Beobachtungen

Die Untersuchung mit dem Stereomikroskop (25- bis 100-fache Vergrößerung) bestätigt die schon mesoskopisch erkannten Hauptphänomene (Kantendekorationen, Girlanden und einfache Überzüge) und enthüllt zusätzliche Einzelheiten, die nachfolgend beschrieben werden. Dies kann in zusammenfassender Weise geschehen, weil sich die Erscheinungen weithin wiederholen; Abweichungen in einzelnen Vorkommen werden besonders hervorgehoben.

Schmelzbildungen auf Kanten (Kantendekorationen) sind auch in den unscheinbarsten Vorkommen die am meisten charakteristischen Kriterien für Blitzwirkung. Die Bezeichnung „Schmelzbildungen" soll hier nur zum Ausdruck bringen, dass ihre Substanz vor der endgültigen Erstarrung schmelzflüssig war; über ihre Herkunft (vom unmittelbaren Substrat oder aus der Umgebung) wird damit noch nichts ausgesagt. Die hier denkbaren Möglichkeiten werden weiter unten noch diskutiert werden. Die betroffenen Kanten sind in erster Linie solche, die aus der Durchkreuzung präexistierender Klüfte resultieren. Die Ausbildung dieser Kanten im Einzelnen hängt weitgehend davon ab, wie weit sich die Körnigkeit des Gesteins an solchen Durchkreuzungen auswirkt. Bis in den Millimeterbereich scharfe Kanten entstehen dort, wo die Kluftflächen das Korngefüge gleichsam ignorieren (Abb. 16); wo sich dagegen das Korngefüge mit seinen Formen durchsetzt, sind die Kanten eher unregelmäßig-buckelig ausgebildet. Die dort angesiedelten Fulguritdekorationen bilden diese Unterschiede ab; da sie nicht dicker als ein Millimeter werden, egalisieren sie das Relief nur bis zu einem gewissen Grade. Nur gelegentlich haben sich etwas größere, unvollkommen tropfen- oder wulstförmige Schmelzkörperchen gebildet (Abb. 18). Ausgedehntere, das heißt quadratzentimeter- oder noch größere Schmelzüberzüge, Strähnen und Tropfen, wie sie von alpinen Vorkommen oft beschrieben wurden, treten seltener auf. Nur im Vorkommen Große Utzenfluh sind Flächen von vielen Quadratzentimetern Ausdehnung von lückenlosen, glänzenden Fulguritüberzügen bedeckt (Abb. 17).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Das Material der Schmelzbildungen auf Gesteinskanten ist in seinen dickeren Partien obsidianartig dunkel bis schwärzlich und glänzend, in dünnerer Schicht zunehmend transparent ohne bestimmten Farbton. Seltener kommen auch braune, besonders stark glänzende Kantenschmelzen vor, z. B. am Hauseckfelsen. In anderen Fällen sind die Schmelzdekorationen nicht glatt, ihre Oberflächen erscheinen dann feinst buckelig, wie aus vielen sehr kleinen, rundlichen Partikeln aufgebaut. Körnerpräparate, die von den dicksten verfügbaren Schmelzsäumen vom Stäpfelefelsen hergestellt wurden, bestehen aus einer isotropen, trüben Glassubstanz mit niedriger Lichtbrechung (n etwa 1,46). Bei schiefer Beleuchtung im Dunkelfeld zeigt sich eine Aufhellung der Glaskörnchen durch Lichtreflexion an sehr kleinen Mineraleinschlüssen oder Poren.

Deutlich entwickelte Bruchkanten größerer Mineralkörner, z. B. Feldspäte, tragen eigene Schmelzsäume; auf angrenzenden Spaltflächen kommen tröpfchenförmige Schmelzpartikel vor (Abb. 23).

Beim *Benetzen* der meisten Proben aus dem Schwarzwald erweisen sich die glattesten Kantendekorationen als relativ *hydrophob*; eine dünne, dort aufgebrachte Wasserschicht gibt diese Partien nach wenigen Augenblicken frei, während ihre Umgebung das Wasser festhält und sich dabei in einer weiter unten zu schildernden Weise optisch verändert. Neu angesiedelte Flechten scheinen in einigen Fällen diese glatten Kantendekorationen zu meiden.

Als **Girlanden** werden hier auf den Bruchflächen des Gesteins und seiner Minerale ausgebreitete, bis zu 1 mm hohe, lineare, in vielfältiger Weise gekrümmte und verzweigte Gebilde bezeichnet, die in fast allen untersuchten Vorkommen in ähnlicher Weise auftreten (Abb. 19, 20). Ihre Dicke variiert zwischen wenigen Zehnteln und Hundertsteln Millimetern; ihre feinsten Verzweigungen sind im Stereomikroskop nur noch knapp erkennbar. In den meisten Vorkommen ist die Substanz der Girlanden einheitlich glasig, aber nur in dünnen Schichten wirklich transparent. Dickere, auch nur Zehntel Millimeter starke Girlanden sind obsidianartig dunkel und mehr oder weniger deutlich getrübt. Bei starker (100-facher) Vergrößerung ist unter dem Stereomikroskop an dickeren Girlanden gelegentlich eine Oberflächenstruktur wie aus dicht aggregierten Kügelchen zu beobachten.

In der Mehrzahl der Fälle erscheinen die Girlanden als Fortsetzungen oder Abzweigungen der Kantendekorationen, die sich, von diesen ausgehend, über die angrenzenden Flächen ausbreiten. Auf grobkörnigem Gestein zeichnen sie die Bruchkanten der Einzelminerale nach; sie formieren sich in charakteristischer Weise zu zusammenhängenden **Netzwerken**; deren Maschenweite liegt gewöhnlich im Bereich von wenigen Zehntelmillimetern (Abb. 20). Die Formen der Maschen sind, entsprechend dem Verlauf der sie eingrenzenden Girlanden, ganz unregelmäßig. Mit zunehmender Entfernung von den vollständig dekorierten Hauptkanten werden die Girlanden dünner und verlieren sich weiterhin in einem filigranen System feiner Glasfäden (Abb. 21, 22). Diese Übergänge vollziehen sich, fallweise verschieden, im mm- bis cm-Bereich. Die Formen der äußersten, filigranen Verästelungen können am ehesten mit einem feinem Wurzelwerk verglichen werden.

Fein gestaltete Netzwerke sind besonders deutlich auf Bruchflächen von Quarz oder Quarzaggregaten entwickelt. Infolge des muscheligen Bruches dieses Minerals sind dort flach gekrümmte Teilflächen entstanden, die mit präzisen, meist stumpfwinkligen Kanten aneinandergrenzen. Dabei bildete sich ein Netzwerk flacher Grate, die von dünnen Schmelzfäden in allen Einzelheiten nachgezeichnet werden. An den Kanten von Feldspat-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Spaltkörpern sind diese Garnierungen entsprechend modifiziert. Am Stäpfelefelsen (Schauinslandgebiet, Blatt Freiburg SO) kommen kleine Felder mit ungefähr parallelen Girlanden vor, die, anscheinend unter der Wirkung der Schwerkraft, wie „Rüschen" nach unten durchhängen (Abb. 19).

Viele der fulguritischen Netzwerke werden oft erst unter dem Stereomikroskop auf Flächen, die dem bloßen Auge nichts Besonderes bieten, sichtbar. Ihre Formen und der optische Kontrast zu ihrer Unterlage erscheinen unter Wasserbedeckung verdeutlicht bzw. verstärkt.

Häufig erscheinen die *Maschen* der Girlanden-Netzwerke gegenüber ihrer Umrandung mehr oder weniger deutlich konkav, manchmal sogar napfartig eingetieft. Manchmal ist diese Erscheinung so ausgeprägt, dass dort an einen echten *Materialverlust* (Ablation), wahrscheinlich durch Schmelzung und Verdampfung, gedacht werden kann. In diesem Sinne können solche Konkavitäten als **Ablationsgruben** bezeichnet werden (Abb. 20). Sie finden sich bevorzugt zwischen den am weitesten nach außen ragenden Teilen der Bruchflächen grobkörniger Gesteine. Tiefer liegende, ebenfalls konkave Partien in unmittelbarer Nachbarschaft haben ihre eckigen Formen behalten.

Eine Gruppe kleiner, erhabener Schmelzbildungen auf Flächen und in den Maschen der Netzwerke kann zusammenfassend als **Wärzchen** gekennzeichnet werden. Sie erreichen im Allgemeinen kaum ein Zehntel Millimeter Höhe; viele sind wesentlich kleiner und sind dann Bestandteile dessen, was mesoskopisch als einfacher *Überzug* oder *Anflug* angesprochen wird. Ihre Substanz ist die selbe wie die der schmaleren Girlanden; glänzende Halbkügelchen aus Glas bilden nicht selten die Kulmination solcher Wärzchen. Ganze Felder solcher Gebilde kommen am Fundort Stäpfelefelsen zwischen den oben erwähnten „durchhängenden" Girlanden vor (Abb. 19). Noch kleinere Glaskörperchen sind auf Feldspat-Spaltflächen (Abb. 23) und glatten Bruchflächen von Quarz als lockere „Anflüge" vorhanden. Ihre Kleinheit und Verteilung legen die Vorstellung nahe, dass sie als eine Art von „Spray" aufgebracht wurden.

Die neben und zwischen den Girlanden vorhandenen **Überzüge** zeigen sich unter dem Binokularmikroskop im trockenen Zustand als eher matte, „staubig" oder sonst indifferent aussehende Bereiche ohne spezifische Farbe. Oft werden sie beim Befeuchten transparent und lassen ihren Untergrund mit dessen Färbung erkennen. Wo dieser deutlichere Farbunterschiede aufweist, z. B. Partien mit rote Eisenoxiden, sind sie durch den Überzug hindurch sichtbar. Zugleich verstärkt sich der optische Kontrast zwischen ihnen und den dann dunkler wirkenden Girlanden und deren feinen Verzweigungen. Daraus kann geschlossen werden, dass solche Überzüge fein porös sind und, mit Wasser getränkt, die beobachtete Transparenz annehmen. Für sie wurde, einer naheliegenden Assoziation folgend, die Bezeichnung **„Mattglasur"** gewählt.

Seltener sind transparente, farblose Überzüge mit deutlichem Glanz, z. B. in den Vorkommen Lägerfelsen und Hauseckfelsen (TK Todtnau bzw. Hinterzarten); sie treten in den Zwischenräumen filigraner Netzwerke auf. Bei geeigneter Beleuchtung weisen schwache Perlmutterfarben auf die sehr geringe, aber bis zu einem gewissen Grade doch gleichmässige Dicke dieser Art „Glasur" hin (Abb. 22).

Im **Dünnschliff** zeigen sich die Fulguritgläser optisch isotrop und in verschiedenem Grade bis zur Undurchsichtigkeit getrübt (Abb. 24, 25). Im schräg auffallenden Licht reflektiert die Trübung hell gelblich-weiß. Ein Teil der trübenden Partikel hat hohe Licht- und

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Doppelbrechung; eine genauere Identifizierung ist lichtoptisch nicht möglich. Die Glasbeläge liegen ihrem mineralischen Substrat unmittelbar, d. h. ohne graduelle Übergänge, auf.

Im **elektronenmikroskopischen Bild** erscheinen die Gläser vielfach nicht kompakt, sondern in verschiedener Weise lückig bis sehr fein porös. Eckige Mineralsplitter verschiedener Helligkeit und sehr kleine, helle (d. h. metallreiche) *Kügelchen* von wenigen µm Durchmesser sind verbreitet.

5. Chemische Analysen

Über die Ergebnisse erster Analysen mit der Elektronen-Mikrosonde durch Frau Dr. HILTRUD MÜLLER-SIGMUND (Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.) ist mit einem Poster und dazu gehörigem Abstract auf der Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft 2002 berichtet worden (MÜLLER-SIGMUND & WIMMENAUER 2002). Die Zusammensetzungen der Fulguritgläser von der C. A. Hoffmann-Gedenktafel am Schlossberg in Freiburg i. Br. sind sehr gleichmäßig und von der ihres unmittelbaren Substrates (zwei Arten Feldspat, Quarz, Glimmer) unabhängig. Gegenüber der mittleren Zusammensetzung des Ausgangsgesteins sind sie an SiO_2 deutlich angereichert. Dies spricht für ein teilweises Verdampfen des Gesteins, Durchmischung und Rekondensation auf dessen Bruchflächen.

Die bis zu 3 Gew.-% betragenden SO_2-Gehalte der Gläser können im Zusammenhang mit Thenardit- (Na_2SO_4-) Krusten auf Klüften des Gesteins, wie sie in naher Nachbarschaft vorkommen, gesehen werden. Diese und andere noch offene Fragen zum Chemismus der Gläser werden Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Besondere Aufmerksamkeit verdienen die oben erwähnten metallreichen Kügelchen, die möglicherweise nähere Auskünfte über die Bedingungen während der Fulguritbildung Auskunft geben können..

6. Ergebnisse

Als eines der Hauptergebnisse dieser Untersuchung ist die *Häufigkeit* sichtbarer Blitzwirkungen an den Felsen des Schwarzwaldes hervorzuheben. Die bisher erkannten Vorkommen wurden zunächst zufällig, dann bei gezielter Suche an bekannten Felsen mit hoher Trefferquote gefunden. Leitphänomene waren dabei die *mechanischen Wirkungen* der Blitze (Zerspaltung, Ab- und Ausbrüche) und, als Bestätigung, die *Hitzewirkungen* (Fulguritbildungen verschiedener Art und Ausdehnung).

Die Mehrzahl der gefundenen Vorkommen liegt in *bewaldetem* Gelände. Schäden an Bäumen, die dem am Gestein festgestellten Ereignis eindeutig zugeordnet werden können, sind selten. Die Vergänglichkeit der Fulgurite (Verwitterung, Überwachsung durch Flechten u. a.) einerseits und das Alter der umgebenden Bäume andererseits weisen darauf hin, dass die Felsen (und gelegentlich auch Mauern) auch unter Baumbestand bevorzugte Ziele der Blitze gewesen sind.

Vielfach kann gezeigt werden, dass der Blitz mehrere Meter (in Einzelfällen bis über 10 m) tief in schon bestehende Gesteinsspalten eingedrungen ist und von dort aus die Felsen zersprengt hat. Fulgurite finden sich besonders auf Flächen, Kanten, Splittern und in Spalten, die bei der Sprengung noch annähernd in ihrer ursprünglichen Lage geblieben sind.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Systeme fulguritbelegter Risse sind in mehreren Fällen erst beim Straßenbau freigelegt worden. Interessante Beobachtungen zu dieser Thematik finden sich u. A. auch bei BANKO et al. (2002).

Das tiefe Eindringen des Blitzes in Spalten wird am ehesten als Folge ihrer Wasserführung und der damit verbundenen Leitfähigkeit anzusehen sein; ein verlässlicher Nachweis dafür ist aber im Nachhinein nicht ohne Weiteres möglich.

Die äußeren, turm- oder bastionsartigen Gestalten vieler Felsen sind Ergebnisse der Absprengung durch Blitzeinschläge. Diese haben damit einen eigenen, wenn auch immer durch präexistente Spalten vorbereiteten, Beitrag zur Erosion geleistet. Viele der betroffenen Felsen liegen nicht auf prominenten Gipfeln oder Höhenrücken, sondern in Hanglagen und sogar in tief eingeschnittenen Tälern und Schluchten.

In anderen Fällen ist aus der Lage der Fulguritbildungen an Felsen zu entnehmen, dass sie auf deren sonst nicht sichtbar veränderten *Oberflächen* entstanden sind. Selbst einzeln stehende Steine, wie z. B. ein römischer Meilenstein im Elsass, und *Mauerwerk* sind davon betroffen worden. SCHON A. HEIM (1885/86) berichtete über Fulguritbildung an den äußeren Flächen der „Steinmannli" auf Alpengipfeln, die auch aus lückenhaft aufeinander gesetzten einzelnen Steinen bestehen.

Die *Hitzewirkungen* der Blitze zeigen sich in den verschiedenen, in der Einführung und dem Kapitel „Mikroskopische Beobachtungen" dargestellten Formen. Für die *Aufschmelzung* von – meist wohl nur geringen – Mengen von Gesteinssubstanz sprechen die glasigen Kantendekorationen, Girlanden und feineren Netzwerke auf Gesteins- und Mineraloberflächen. Diese Abfolge der Erscheinungen ist weit verbreitet und besonders für die aufgesprengten Felsen und deren Bruchstücke charakteristisch. Mikroskopische Kriterien (feine Tröpfchen und vielgestaltige Aggregate von solchen) sowie chemische Befunde (namentlich die Unabhängigkeit der Fulguritgläser von ihren unmittelbaren Substraten) sprechen dafür, dass über die Schmelzung hinaus auch *Verdampfung* stattgefunden hat. Aus dem so gebildeten, durchmischten Medium erfolgte dann die *Rekondensation* in den verschiedenen, oben beschriebenen Formen. In manchen, aber keineswegs allen Fällen lassen die Erscheinungen auf die Ablagerung aus einem *Spray* aus silikatischer Schmelze schließen. Die Girlanden und feinen Netzwerke aus Glas bilden die Morphologie der mineralischen Oberflächen so ab, wie sie bei der Ablagerung elektrostatisch wirksam wird. Auf Quarz und Feldspäten können unter diesen Umständen sehr charakteristische Fulguritstrukturen entstehen. Die dem Quarz eigene Fähigkeit, bei Druck und auch Bruch elektrische Ladungen zu erzeugen, kann hier auch eine Rolle spielen.

Eingang des Manuskripts:???

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Angeführte Schriften

ANDRÉE, K. (1934): Der Blitz als allgemein-geologischer Faktor und erdgeschichtliche Erscheinung.- Schriften physikal.-ökonom. Ges. Königsberg, **LXVII**: 111-158; Königsberg.

BANKO, A. G., KARFUNKEL, J., HADRIAN, W. & NOACK, F. (2002): Brasilianische Blitzquarze – Die ungewöhnlichen Zeugen eines alltäglichen Naturschauspiels.- Aufschluss, **53**: 25-36; Heidelberg.

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

FIEDLER, K. G. (1817): Über Blitzröhren und ihre Entstehung.- GILBERTs Annalen d. Physik, **55**: 121-164; Leipzig.

FRENZEL, G. & OTTEMANN, J. (1978): Über Blitzgläser vom Katzenbuckel, Odenwald, und ihre Ähnlichkeit mit Tektiten.- N. Jb. Mineral. Mh., **1978**: 439-446; Stuttgart.

FRENZEL, G. & STÄHLE, V. (1982): Blitzglas am Peridotit vom Frankenstein bei Darmstadt.- Chem. Erde, **41**: 111-119; Jena.

HEIM, A. (1885/86): Notizen über Wirkungen des Blitzschlages auf Gesteine.- Jahrbuch des Schweizer Alpen-Clubs, **XXI**: 342-367; Bern.

MÜLLER-SIGMUND, H. & WIMMENAUER, W. (2002): Fulgurite im Schwarzwald (BRD) und im Massif Central (F).- Ber. Dtsch. Mineral. Ges., **1/2002**: 115; Stuttgart.

PORADA, H. & WITTIG, R. (1975): Geologische Wirkung von Blitzeinschlägen.- Natur u. Museum, **105**: 236-244; Frankfurt a. M.

SCHÖNAU, J., BROCKE, R. & NOACK, F. (1998): The effect of lightning flashes on rocks, sand and crystals in the ground.- Proc. 24th. Internat. Conf. Lightning Protection: 495-500; Birmingham.

Danksagungen

Frau Professor Dr. Otti Wilmanns und Herr Norbert Kindler, Präparator am Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie der Universität in Freiburg i. Br., haben als Finder zahlreicher Vorkommen von Fulgurit wichtige Beiträge zur Kenntnis dieser Erscheinungen im Schwarzwald geleistet. Für ihre Mitteilungen und gemeinsame Begehungen im Gelände ist der Verfasser ihnen sehr dankbar. Als Begleiter in schwierigem Felsengelände haben sich auch Frau Barbara Geier und sein Enkel Lukas Gottschall bewährt. Frau Dr. Hiltrud Müller-Sigmund hat Untersuchungen an Fulguritgläsern mit der Elektronen-Mikrosonde des o. g. Institutes durchgeführt, über die in einer gemeinsamen Veröffentlichung (2002) bereits berichtet wurde. Für viele Beratungen und Untersuchungen in seinem privaten Laboratorium ist Herrn Dr. Heinrich Kawinski besonders zu danken. Von großem

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Wert waren auch die Gespräche über die physikalischen Aspekte der Erscheinungen mit Herrn Professor Dr. Werner Mehlhorn. Der Wissenschaftlichen Gesellschaft in Freiburg i. Br. ist der Verfasser für die finanzielle Beihilfe zur Durchführung der Mikrosonden-Analysen und zur Herstellung von mikroskopischen Präparaten sehr dankbar.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

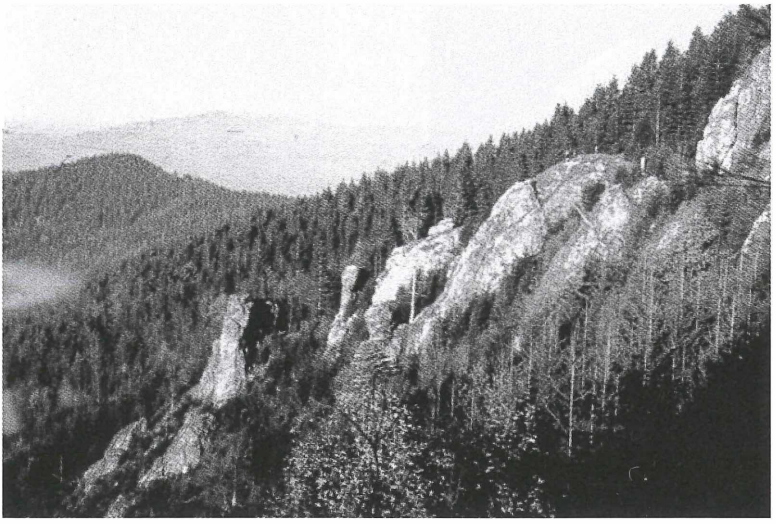

Abb. 1: Die Stäpfelefelsen am Schauinsland bei Freiburg i. Br. (TK 8013 Freiburg Südost). Die turm- und bastionsartigen Felsen zeigen besonders an den im Bild beschatteten Seiten Absprengungen und Hitzewirkungen des Blitzes. Foto aus dem Jahr 1965.

Abb. 2: Fels auf der Höhe 1179,7 mNN bei Willnau (TK 8113 Todtnau). Starke Aufsprengung, aber nur geringe Fulguritbildung am linken Fuß des Felsens.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

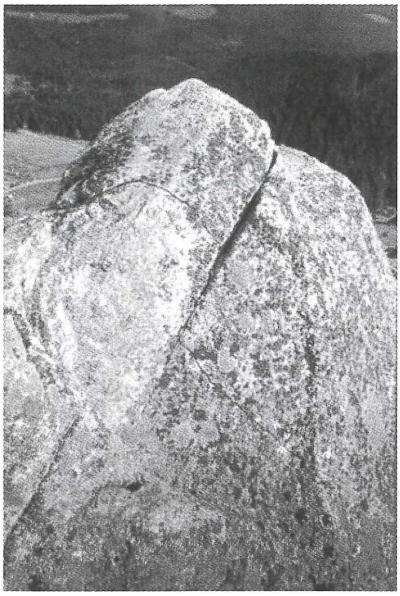

Abb. 3: Am 3.8.1963 vom Blitz getroffener Gneisblock auf dem Baldenweger Buck am Feldberg (TK 8114 Feldberg) mit scharfkantigen Rissen; Fulguritbildung im Bild nicht sichtbar.

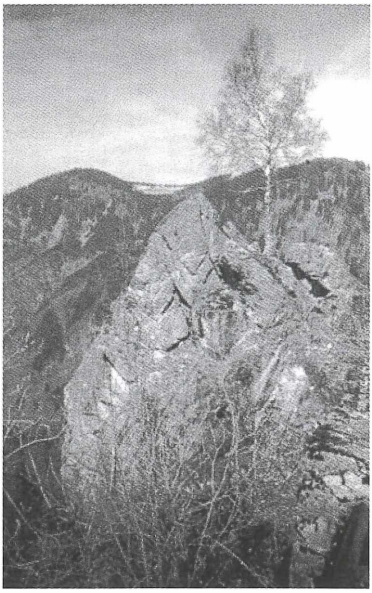

Abb. 4: Der Hauseckfelsen (TK 8014 Hinterzarten). Fulguritbildungen finden sich unter dem nach rechts abgestürzten Block sowie, mit dem bloßen Auge kaum erkennbar, an der dem Betrachter zugekehrten Flanke des Felsens.

Abb. 5: Höhlenartige Aussprengung, etwa 2 x 2 m groß, in einem Migmatitfels an der Wilden Schneeburg (TK 8013 Freiburg Südost); randlich Fulguritbildungen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

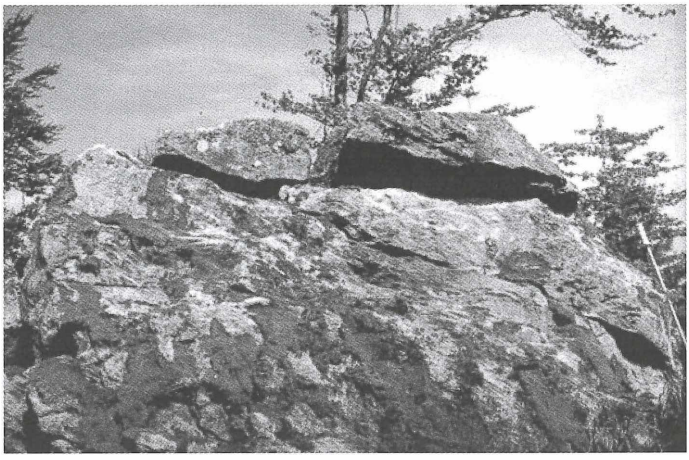

Abb. 6: Migmatitfels an der Pflugshalde (TK 8013 Freiburg Südost). Die beiden „Deckplatten" sind auf ihrer Unterlage bergwärts bewegt worden. Fulguritbildungen sind an geschützten Stellen unter den Platten erhalten.

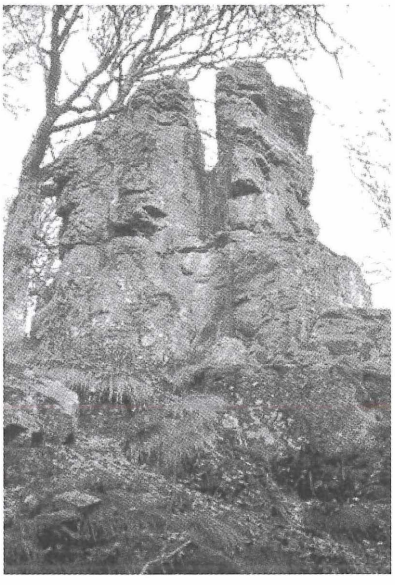

Abb. 7: Durch Blitzsprengung überformter Felsen bei „Engländerdenkmal" am Schauinsland (TK 8013 Freiburg Südost). Neuere Fulguritbildungen sind besonders an der rechten Flanke gut erhalten (siehe Abb. 8).

Abb. 8: Aussprengung mit Fulguritbelägen in dem Felsen der Abb. 7. Höhe des Bildausschnitts 30 cm.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

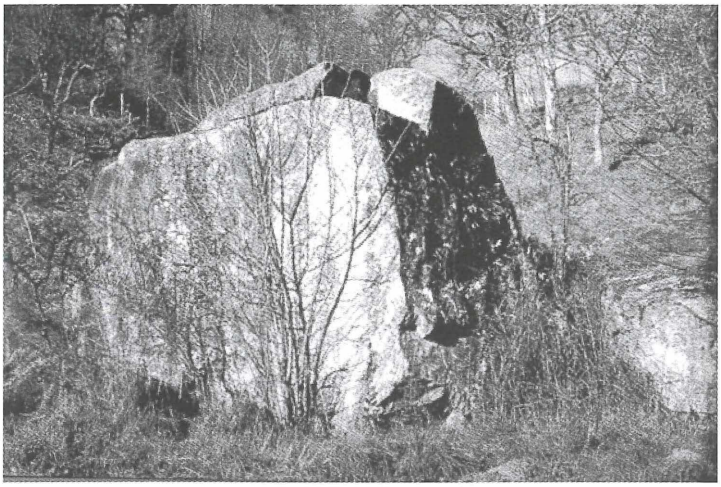

Abb. 9: Anorthositblock in Häg (TK 8213 Zell im Wiesetal); Fulguritbeläge finden sich auf den nahezu ebenen Bruchflächen und deren Kanten.

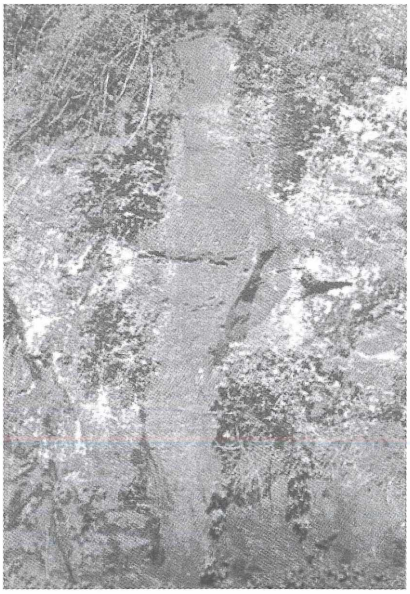

Abb. 10: Blitzspur auf Gneis am Schlossberg nahe dem Bismarckturm (TK 8013 Freiburg Südost). Flechten und Moose wurden bei dem Ereignis „weggebrannt"; Fulguritbildung an Bruchkanten und auf angrenzenden Flächen. Höhe des Bildausschnitts etwa 5 m. Zustand Juni 2001.

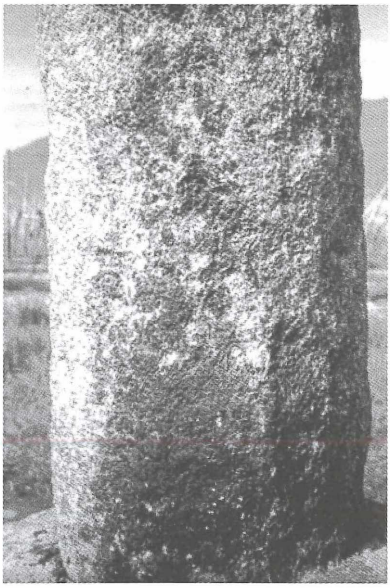

Abb. 11: Römischer Meilenstein zwischen Scherwiller und Dieffenthal (Elsass). Dunkler Fulguritanflug auf grobkörnigem Granit. Höhe des Bildausschnitts 1 m.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

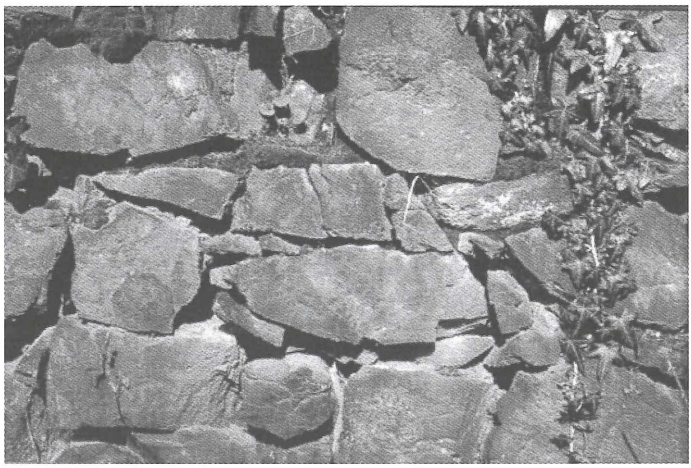

Abb. 12: Mauerwerk am Schlossberg-Südhang (TK 8013 Freiburg Südost). Dunkle Fulguritanflüge an den Kanten und angrenzenden Flächenteilen der Mauersteine, davon kaum unterscheidbar auch dunkle Überzüge aus Flechten.

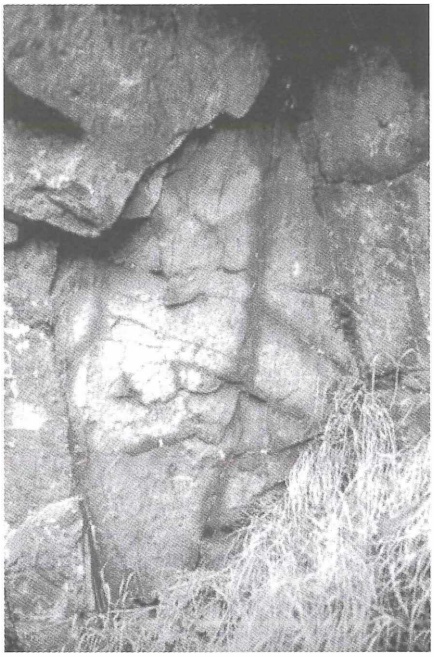

Abb. 14: Fulguritbeläge an Durchkreuzungen von Klüften in Granit. „Am Bach" im Gutachtal (TK 7815 Triberg). Höhe des Bildausschnitts etwa 1,2 m.

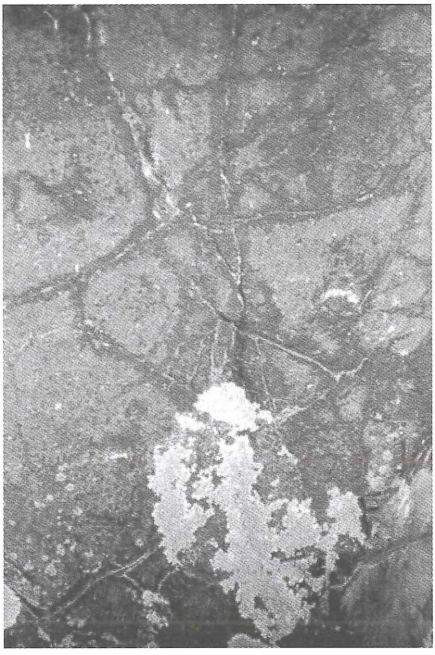

Abb. 15: Netzwerk von Fulguritbelägen an Durchkreuzungen von Rissen in Rhyolith. Hohengeroldseck (TK 7613 Lahr Ost). Höhe des Bildausschnitts etwa 40 cm. Foto O. Wilmanns.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

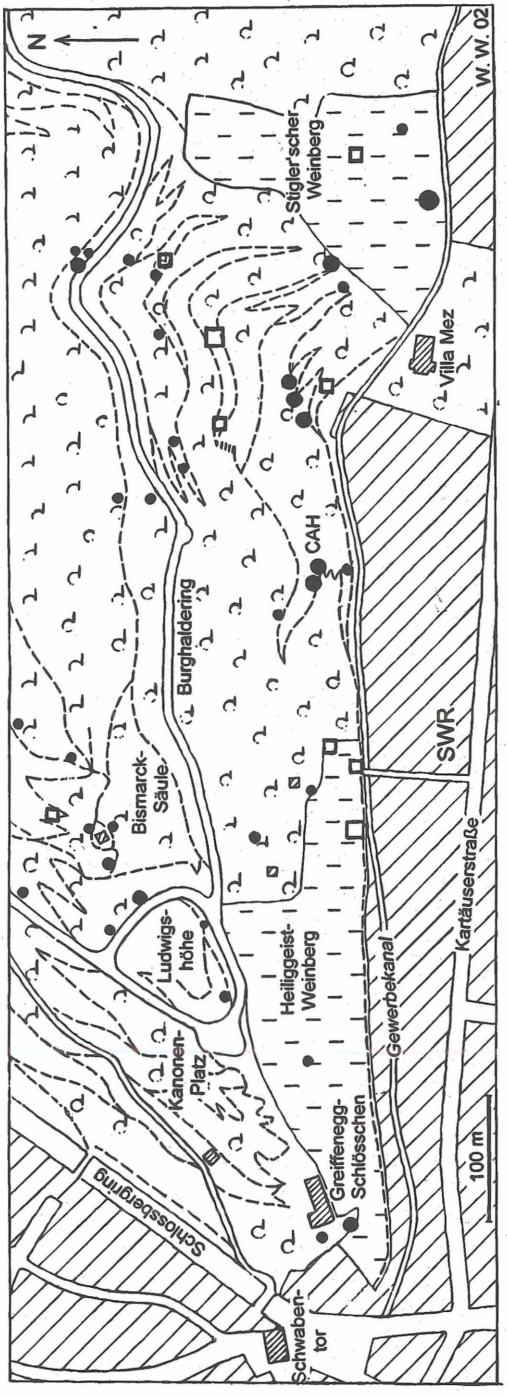

Abb. 13: Spuren von Blitzeinschlägen auf Fels (Kreise) und Mauerwerk (Quadrate) am Schlossberg bei Freiburg i. Br. (TK 8013 Freiburg Südost). Die Größe der Symbole deutet annähernd die Ausdehnung der betroffenen Bereiche (< 1 m bis >10 m) an. SWR = Gebäude des Südwest-Rundfunks, CAH = C. A. Hoffmann-Gedenktafel. Schräg schraffierte Flächen = bebautes Gebiet.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

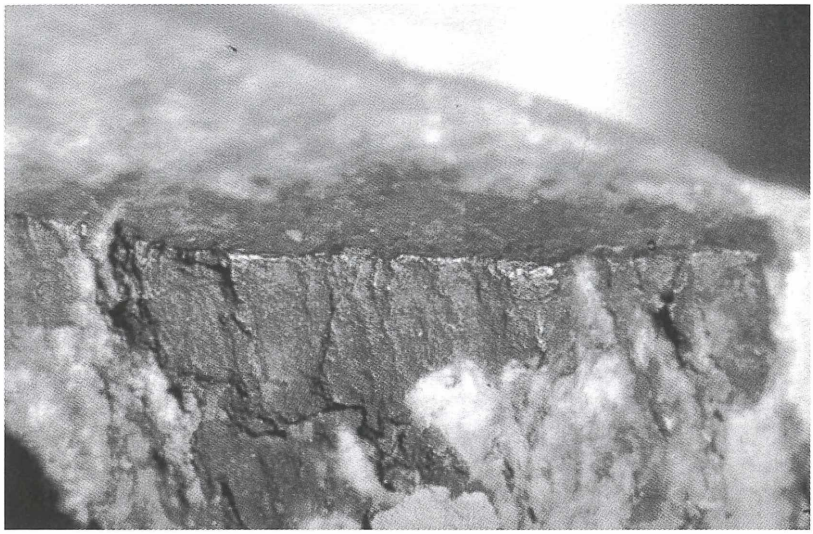

Abb. 16: Glasige Kantendekoration auf Gneis; Kybfelsen (TK 8013 Freiburg Südost). Breite des Bildausschnitts 3 cm.

Abb. 17: Glasiger Überzug auf der sehr unregelmäßigen Bruchfläche von Metagrauwacke; Utzenfeld (TK 8113 Todtnau). Breite des Bildausschnitts 2,1 cm.

Abb. 18: Fulguritanflug mit tropfenartigen Verdickungen; auf leukokratem Gneis. Lägerfelsen (TK 8113 Todtnau). Höhe des Bildausschnitts 9 mm.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Abb. 19: Fulguritgirlanden und -tröpfchen auf vertikal stehender Kluftfläche; Stäpfelefelsen (TK 8013 Freiburg Südost). Höhe des Bildausschnittts 10 mm.

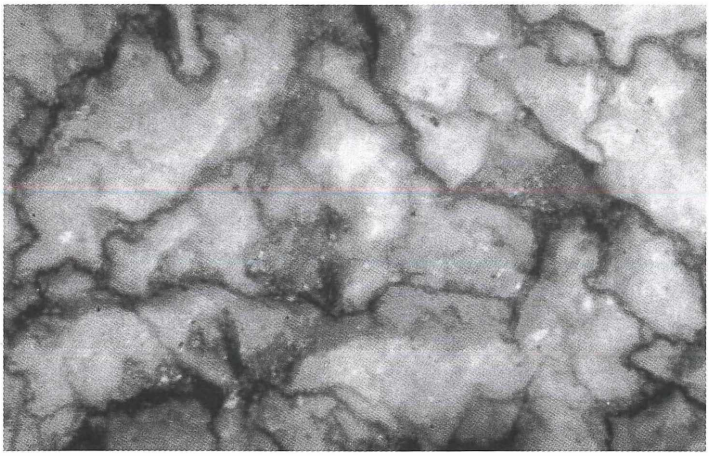

Abb. 20: Fulguritgirlanden und Ablationsgruben auf grobkörnigem Granit. Unterer Schlossfelsen (TK 7815 Triberg). Breite des Bildausschnitts 5,2 mm.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

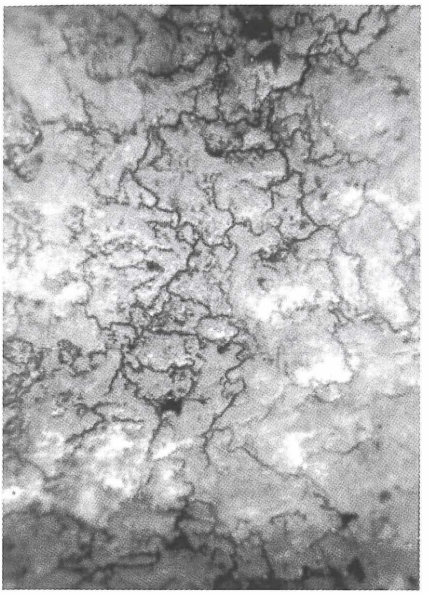

Abb. 21: Filigranes Netzwerk aus Glasfäden auf Quarz-Bruchfläche; Hauseckfelsen im Zastlertal (TK 8014 Hinterzarten). Höhe des Bildausschnitts 6 mm.

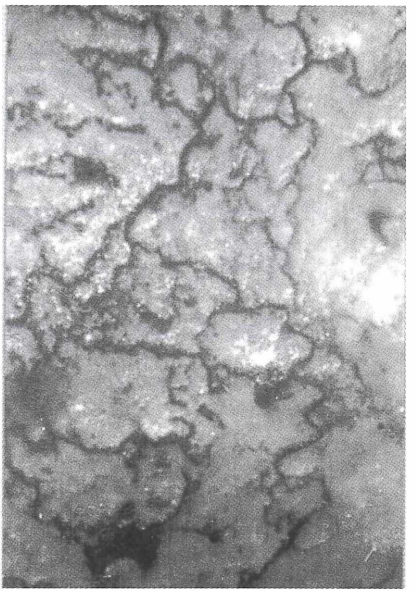

Abb. 22: Wie Abb. 21, stärker vergrößert; Höhe des Bildausschnitts 2,5 mm. Die Lichtreflexe in den „Maschen" des Netzwerkes zeigen schwache Perlmutterfarben, die auf ± gleichmäßig dünne Glasüberzüge dieser Flächen schließen lassen.

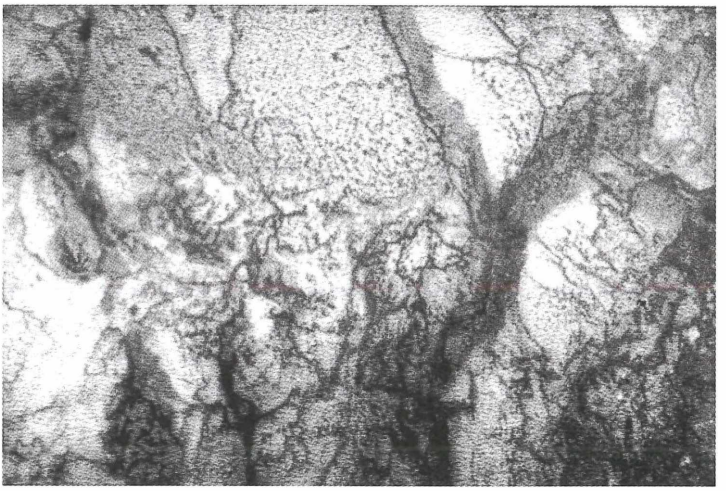

Abb. 23: Fulgurittröpfchen und -dekorationen auf Feldspat-Spaltflächen bzw. deren Kanten; Les Pradals (Gemeinde Mons, Hérault). Höhe des Bildausschnitts 11 mm. Foto P. Rustemeyer.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

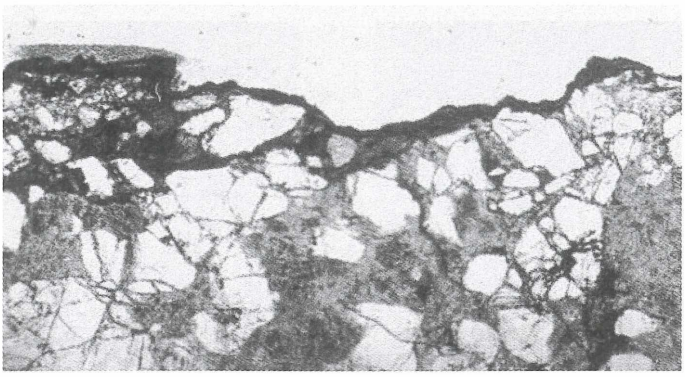

Abb. 24: Fulguritbelag auf kataklastisch überprägtem Migmatit im Dünnschliff; Stäpfelefelsen (TK 8013 Freiburg Südost), Breite des Bildausschnitts 4,2 mm.

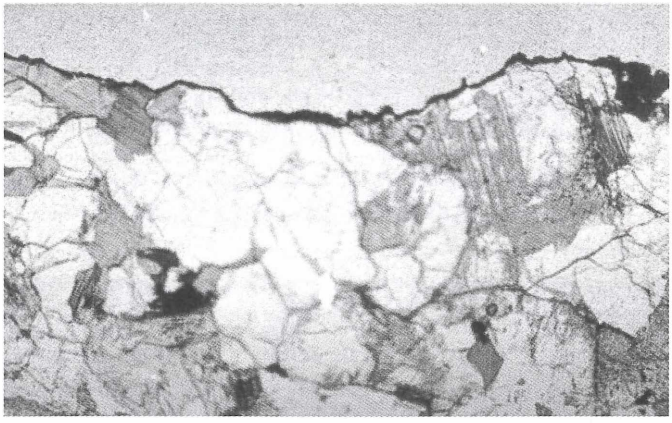

Abb. 25: Fulguritbelag auf Gneis-Bruchfläche; Schlossberg, bei der C. A. Hoffmann-Gedenktafel (TK 8013 Freiburg Südost). Die Zusammensetzung des Glases ist von der seiner unmittelbaren Unterlage (Quarz, Feldspäte, Biotit) unabhängig. Breite des Bildausschnitts 4,2 mm.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 93

Autor(en)/Author(s): Wimmenauer Wolfhard

Artikel/Article: Wirkungen des Blitzes (Sprengung und Fulguritbildung) an Felsen im Schwarzwald 1-32