

# **Neue Funde von Blitzsprengung und Fulguritbildung im Schwarzwald**

Wolfhard Wimmenauer & Otti Wilmanns

## **Stichwörter**

Fulgurite, Blitzwirkungen, Schwarzwald, Deutschland

## **Zusammenfassung**

Seit dem ersten Bericht über Blitzwirkungen an Felsen im Schwarzwald wurden dort mehr als 60 neue Vorkommen gefunden. In felsreichen Gebieten liegen zehn oder mehr Fundpunkte auf einem km<sup>2</sup>. In einigen Fällen erstrecken sich Spreng- und Hitzewirkungen über bis zu 50 m. Im Einzelnen entsprechen die meso- und mikroskopischen Erscheinungen der Fulguritbildungen den schon gegebenen Beschreibungen. Als neue Befunde sind die Dekorationen auf Kanten und Spitzen von Quarzkristallen und Netzwerke von Glasfäden auf Quarzgeröllen im Buntsandstein und in Beton hervorzuheben.

## ***Effects of lightning on rocks of the Schwarzwald (Germany) -New findings***

### ***Key words***

*Fulgurite, lightning effects, Schwarzwald, Germany*

### ***Abstract***

*More than sixty new findings of mechanical and heat effects of lightning strokes on rocks of the Schwarzwald have been discovered since the first pertinent publication.*

---

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Wolfhard Wimmenauer, Rehhagweg 21, D 79100 Freiburg i.Br.

Prof. Dr. Otti Wilmanns, Mattenweg 9, D 79856 Hinterzarten.

*In areas rich in rock exposures, there may be ten or even more occurrences per km<sup>2</sup>. In some cases, features of blasting and melting may extend for up to 50 m. The meso- and microscopic phenomena of the fulgurites correspond largely to the descriptions already given. Melt decorations on the edges and points of quartz crystals and filigrane networks of melt threads on quartz pebbles in sandstone and concrete are prominent new observations.*

## **Résumé**

*Depuis du premier rapport sur les effets mécaniques et thermiques de la foudre aux rochers de la Forêt-Noire, plus de 60 nouveaux gisements ont été découverts. Sur quelques secteurs riches en affleurements, parfois plus de dix points d'observation sont comptés sur 1 km<sup>2</sup>. Dans quelques cas, les phénomènes de fracturation et de fusion s'étendent jusqu'à 50 m. Les détails méso- et microscopiques des fulgurites correspondent bien aux descriptions déjà données. Comme trouvailles nouvelles, les décorations fines aux arêtes et pointes de cristaux de quartz et les réseaux filigranes de verre aux galets quartzeux en grès et béton sont mentionnés.*

## **1. Auftreten und Erscheinungen im Gelände**

Seit der Einreichung des ersten Aufsatzes zum Thema „Blitzwirkungen an Schwarzwald-felsen“ (WIMMENAUER, Januar 2003) wurden von den Autoren 60 neue Vorkommen im Schwarzwald und mehrere weitere in den Vogesen, im Kaiserstuhl und im Hegau gefunden. Sie lassen sich, wie schon die damals beschriebenen, hinsichtlich ihres Auftretens mehreren Typen zuordnen: a) Flanken von Felstürmen und -bastionen; b) anders gestaltete, größere und kleinere Felspartien, unter denen manche nur wenige Meter Höhe und Breite aufweisen; c) einzelne, aus dem Gesteinszusammenhang gelöste Blöcke; d) Straßen- und Weganschnitte; e) Mauersteine; Zuschlag von Mörtel und Beton; f) Gesteinsblöcke als Träger eiserner Bauteile (Sonderfall Seebrugg). Die Karte Abb. 1 zeigt Fundorte der Typen a) und b) in einem Gebiet, das reich an Felsaufschlüssen ist.

Ein großer Teil der Vorkommen der Typen a bis c liegt im Wald und ist oft von weit höheren Bäumen umgeben. Nur selten zeigen auch diese Blitzschäden, die möglicherweise denen an den benachbarten Felsen zugeordnet werden können. Günstige Vorbedingungen für den Blitzeinschlag scheinen auch in nächster Nachbarschaft von Wasserläufen gegeben zu sein.

Die gezielte Suche richtete sich vor Allem und oft erfolgreich auf Felspartien, die neuere Ab- und Ausbrüche des Gesteins zeigen. Zum Teil sind es Flächen, die nicht unmittelbar von den Niederschlägen getroffen werden; sie fallen oft durch ihren Bewuchs mit regenmeidenden, gelben, leprösen Krustenflechten auf. In vielen Fällen wurden dort außer den Absprengungen auch Fulguritbildungen entdeckt, die zusammen auf die mechanischen und Hitzewirkungen des Blitzes deutlich hinweisen (Abb. 2, 3). Indessen erstrecken sich viele solcher Fulguritvorkommen nur über einige cm bis wenige dm, während die mechani-

## Neue Funde von Blitzsprennung und Fulguritbildung im Schwarzwald

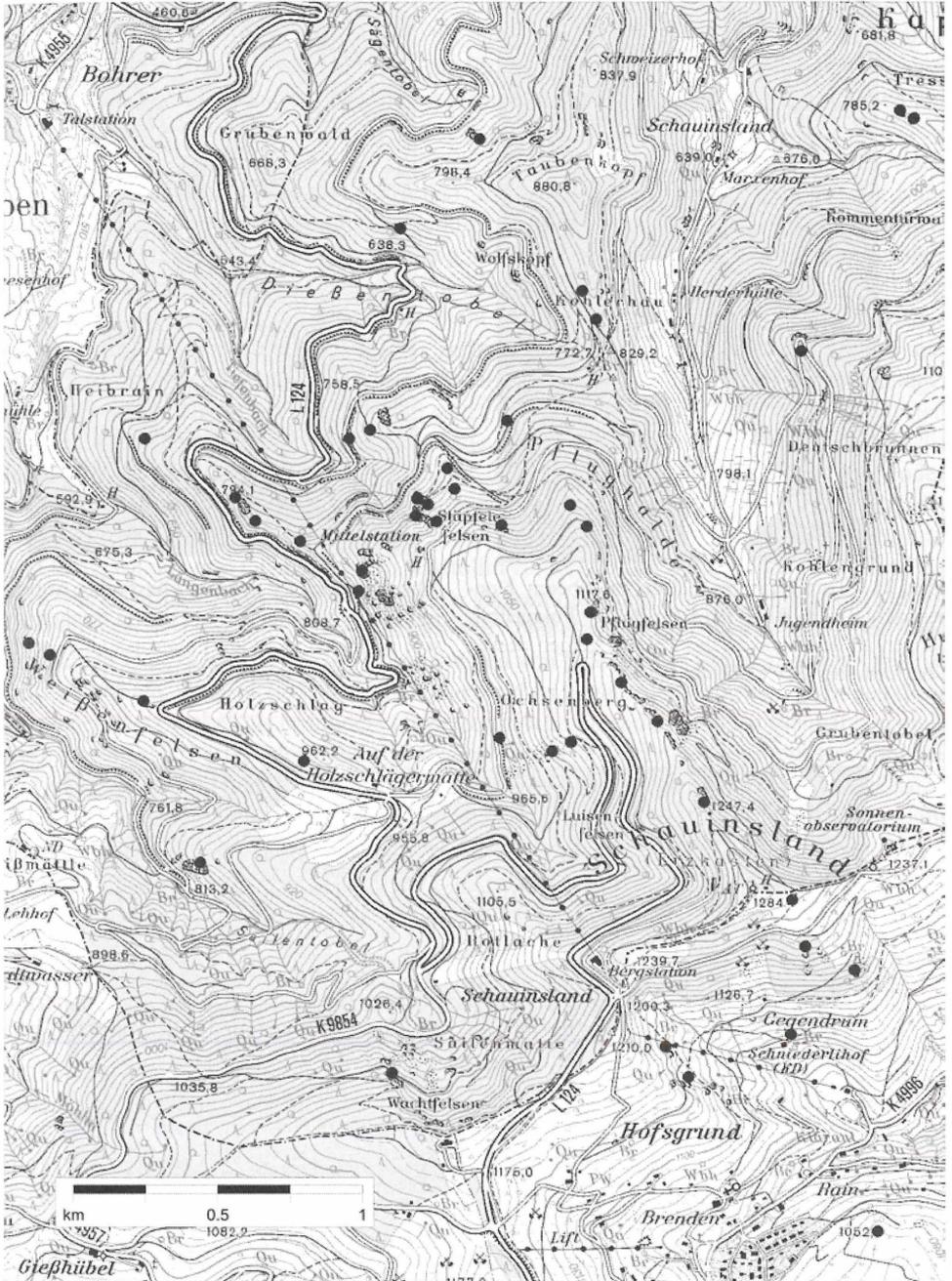
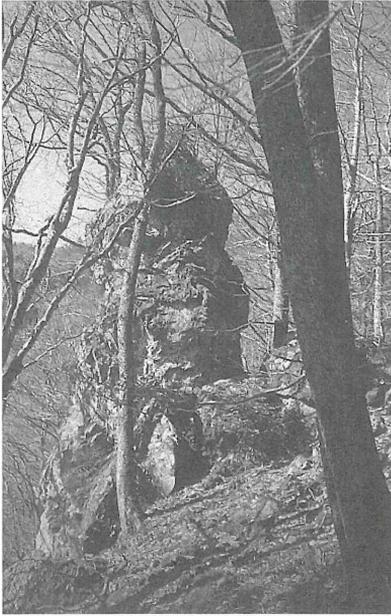


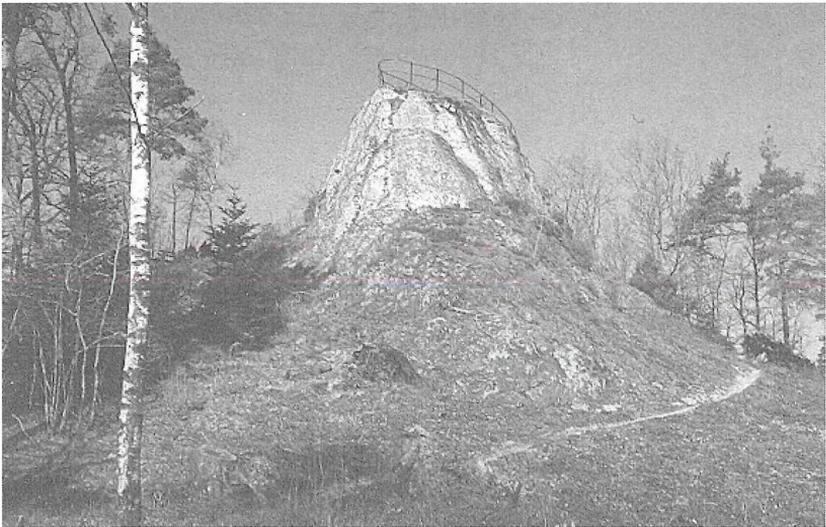
Abb. 1: Fundorte von Fulguriten an Felsen des engeren Schauenlandgebietes bei Freiburg i. Br., Kenntnisstand Juni 2004.



**Abb. 2:** Turmförmiger Felsen im oberen Nonnenbachtal, TK Blatt 7914 St. Peter. Fulguritbildungen an den Flanken des Felsens zeigen dessen Überformung durch Blitzschlag an.



**Abb. 3:** Etwa 1,2 m hoher künstlicher Anbruch in Granit. Verschieden orientierte Spalten sind von schmalen, dunklen Fulguritsäumen begleitet. Pulverturm der Burg Hornberg (TK 7715).



**Abb. 4:** Der Huberfelsen bei Oberprechtal, TK Blatt 7715 Hornberg. Ausgedehnte, größtenteils von Flechten überdeckte Anflüge von Fulgurit finden sich auf mehreren Seiten des Felsens, im Bild z. B. rechts oben unter dem Geländer.

schen Wirkungen recht ansehnlich sein können. In anderen Fällen scheint aber der Blitz nur über schon bestehende Kanten und Oberflächen hingefahren zu sein und hat dort, mehr oder weniger flächenhaft, Fulgurite erzeugt (Abb. 4). Sehr oft sind auch diese eher unscheinbar. In einigen Fällen aber, wie etwa auf den Rhyolithklippen des „Karlsruher Grates“ im Nord-schwarzwald und mehr noch auf den Phonolithwänden des Hohentwiel, sind sie auch aus der Entfernung gut zu sehen.

Im Allgemeinen aber werden die Fulgurite erst aus der Nähe, also aus etwa einem Meter oder noch geringerer Entfernung, erkennbar; oft bringt erst die Betrachtung mit der Lupe die Gewissheit über die Natur der Erscheinungen. Sehr oft wird beobachtet, dass Kanten, die beim Zerschneiden des Gesteins entlang schon vorhandener Klüfte gebildet wurden, bevorzugt dunkelgraue bis fast schwarze, im frischen Zustand auch glänzende Dekorationen tragen. Ähnlich aussehende, aber meist nicht glänzende Überzüge breiten sich auf den angrenzenden Flächen des Gesteins über geringe Distanzen (typisch nur wenige cm) aus. Diese Erscheinungen können, im Einzelnen vielfach unterbrochen, über Dezimeter, seltener auch über einige Meter weit ausgebreitet sein (Abb. 3, 5 und 6). Bei grobkörnigen Gesteinen, besonders den Graniten, übernehmen die Kanten und Ecken der Einzelminerale die Hauptrolle als Träger der Fulguritbildungen. Die hauptsächlich aus Quarz bestehenden Sandkörner von Buntsandstein sind von äußerst dünnen Fulguritbelägen umhüllt; das Gefüge des Sandsteins bleibt dabei meist deutlich erhalten.

Quarzgesteine und Quarzadern im Kristallin zeigen für das bloße Auge ganz unauffällige graue „Anflüge“, die sich erst unter einer starken Lupe und erst recht unter dem Stereomikroskop als Systeme sehr dünner, verzweigter Schmelzfäden erkennen lassen (Abb. 7 und 8). Auch an Quarzgeröllen, die als Komponenten von Mörtel oder Beton an deren Oberfläche hervortreten, sind solche Bildungen manchmal zu beobachten. Allgemein können diese „filigranen Netzwerke“ als besonders charakteristische, in anderen Zusammenhängen nicht vorkommende Kriterien der Blitzwirkungen angesehen werden. Eine ungewöhnliche Abwandlung solcher Anflüge findet sich in wenigen Vorkommen auf kleinen Bergkristallen, die auf ihren Spitzen und Kanten schwarze Dekorationen tragen (Abb. 9 und 10; siehe auch unter 3. Mikroskopische Beobachtungen).

## 2. Die Vorkommen

Abkürzungen von oft gebrauchten Begriffen:

K = *Kantendekoration* (mehr oder weniger kontinuierliche Schmelzsäume)

F = *Fulguritbeläge* verschiedener Art auf *Flächen*

Wo keine weiter gehenden Ausführungen über die Fulguritbildungen eines Vorkommens gemacht werden, handelt es um nur wenig ausgedehnte, unauffällige Erscheinungen.

### Blatt 7415 Seebach

**Eichhaldenfirst (Karlsruher Grat)** (H 3438980/H 5380400): Anstehender Porphyry mit sehr vielen Kantendekorationen und etwa cm-breite Schwärzungen auf angrenzenden Flächen (Abb. 6). Ausgedehnte *Psilolechia*-Überzüge.- Am Karlsruher Grat selbst wiederholt diskontinuierliche, aber ausgedehnte Fulguritbildungen, bevorzugt als flächenhafte Überzüge auf sehr festem Porphyry. Frische, hell erscheinende tellerförmige Anbrüche ungeklär-



**Abb. 5:** Fulguritüberzüge und Kantendekorationen auf Gneis, Freiburg-Kappel, TK 8013 Freiburg Südost. Die betroffenen Flächen erscheinen gleichmäßig mittelgrau und glatt. Höhe des Bildausschnittes 1,2 m.



**Abb. 6:** Natürlicher Anbruch am Eichhaldenfirst („Karlsruher Grat“), TK Blatt 7415 Seebach. Eng gescharte, verschieden gerichtete Klüfte bilden gemeinsame Kanten, an denen sich bevorzugt Fulguritdekorationen bilden. Die betroffenen Flächen erscheinen, so weit sie frei von Flechten und Moosen sind, im Bild mittelgrau und glatt. Breite des Bildausschnittes 25 cm.

ter Entstehung. Am „Mehrzahnfels“ (R 3439649/5380647, 635 m NN) ebenfalls ausgedehnte Fulguritbildungen, auch tellerförmige, geschwärzte Ausbrüche ähnlich wie am Hohentwiel. Dunkle Überzüge auch bei R 3439602/5380780, 692 m NN.

### **Blatt 7614 Gengenbach**

**Heidenstein** beim Löcherbergwasen (R 3438000/H 5364810): Bis 0,5 m lange K und F mit Girlanden auf Buntsandstein.

**Heidenkirche** beim Löcherbergwasen (R 3436660/H 5364080): Dunkle Überzüge und filigrane Netzwerke auf mm- bis cm-großen Quarzgeröllen in Buntsandstein.

### **Blatt 7713 Schuttertal**

**Hohstein E** Ettenheimmünster (R 3419130/H 5345870, Fund N. Kindler): Im Anschnitt des Forstweges und am Fuß des Buntsandsteinfelsens meterweit ausgedehnte Schwärzungen auf Kanten und angrenzenden Flächen. Meist sind die Formen der darunter liegenden Sandkörner noch zu sehen; stellenweise verschwinden sie zugunsten eines unebenen, egalierenden Überzuges mit Ansätzen zu Girlanden. Mikroskopisch besteht dieser aus einem in dünnen Splintern braun durchscheinenden, meist stark getrübt und dann praktisch undurchsichtigen Glas. Einzelne Quarzitgerölle tragen netzartig gegliederte bis unregelmäßig bucklige Überzüge von grauem Fulgurit. Sie bestehen aus farblosem Glas, das durch winzige Hohlräume und auch mikroskopisch nicht sicher identifizierbare Partikel stark getrübt ist. Einige der Partikel scheinen opak zu sein, wenige andere zeigen auch Doppelbrechung. Die Gesamtheit dieser Einschlüsse reflektiert im schräg auffallenden Licht hell gelblich bis weiß; im durchfallenden Licht bewirken sie schon bei Glasfragmenten, die nur einige Hundertstel Millimeter dick sind, eine mehr oder weniger starke Undurchsichtigkeit.

### **Blatt 7715 Hornberg**

**Burg Hornberg**, etwa R 3442770/H 5341770: Der Granitsockel der Burg zeigt an mehreren Stellen ausgedehnte Fulguritbildungen. a) Am Eingang zum Pulverturm ist das Kluftnetz durch mehrere cm breite Fulguritstreifen dunkel markiert (Abb. 3); dazwischen sind auch Teile der Flächen mit betroffen. b) An dem gegenüber liegenden Rondell eckige Ausbrüche des Gesteins mit K und Girlanden. c) An der nördlichen Mündung des Hundsgrabens (R 3442870/H 5341700) steht Granit mit natürlichen, gerundeten Felsoberflächen an; Ecken und Kanten der Einzelkörner des Gesteins tragen über m<sup>2</sup> hin dunkle Fulguritanflüge.

Am **Panoramaweg** auf der gegenüberliegenden Talseite (R 3443500/H 5340800) und am Parkplatz bei R 3443480/H 5341350 sind Fulguritflecken und Netzwerke auf Quarz- und Feldspatkörnern des bröckelig zerfallenden Granits noch zu erkennen.

Eine nochmalige Untersuchung am **Huberfelsen** (R 3438490/H 5341680, Abb. 4; vgl. WIMMENAUER 2003, S. 6) ergab, dass sich ein Fulguritüberzug auch in der Vertiefung befindet, die für die Anbringung der Gedenktafel 1902 herausgemeißelt wurde; er muss deshalb entsprechend jünger sein.

## Blatt 7815 Triberg

**Niederwasser**, Böschung des Bahnkörpers nahe der Abzweigung nach Obergieß (R 3442880/H 5339120): Vorspringende Gesteinsblöcke zeigen K und dunkle Beläge auf den angrenzenden Flächen.

**Feierabendfelsen** (R 3443480/5339090): Angewitterter Granit mit geringen K auf vorspringenden Mineralkörnern. An einem vom Blitz bewegten Block auf teils glatten, teils sehr unregelmäßig angewitterten Flächen grauer, d. h. nicht mehr frischer Fulguritüberzug mit Würzchen und bis 2 mm langen Zäpfchen, die gleichmäßig nach unten ausgerichtet sind. Mikroskopisch zeigen diese ein sehr stark getrübbtes Glas mit hell reflektierenden, nur wenige  $\mu\text{m}$  großen Poren oder Partikeln; eine braune Eigenfarbe des Glases ist nur gelegentlich zu sehen.

**Rappenfelsen** bei Althornberg (R 3443670/H 5337980 und Umgebung): Anstehender Fels und Blöcke aus grobkörnigem Triberger Granit zeigen auf Kanten, herausragenden Einzelkörnern des Gesteins und Kluftflächen dunkle Beläge in besonders großer Ausdehnung. Unterhalb des Gipfels bildet eine etwa Nord-Süd streichende und steil nach Osten einfallende Kluftzone eine auffallende, stellenweise unterbrochene Wandflucht von etwa 50 m Länge und bis zu 10 m Metern Höhe. Fulguritbildungen (dunkle Beläge und mesoskopisch sichtbare Netzwerke von Girlanden) treten hier, wenn auch diskontinuierlich, über die gesamte Länge auf. Unmittelbar vor der Wand liegt eine etwa 5 m breite, mit Blöcken bedeckte Hangstufe. In dem von Hangstufe und Wand gebildeten Raum fehlen mehrere Hundert  $\text{m}^3$  Gestein. Unterhalb dieser Stufe liegt eine weitere, ebenfalls NS streichende und steil nach E fallende Kluft; sie ist noch gleichmäßiger ausgebildet als die obere Wand und weist ebenfalls reichlich Fulguritbeläge auf. Auch die Kanten eines quer zur Wandfläche verlaufenden, etwas vorspringenden Aplitganges sind mit betroffen. Die Fulguritbeläge beider Wände sind z. T. durch Verwitterung mattgrau verfärbt – ein Hinweis auf ein nicht genauer anzugebendes höheres Alter dieser Bildungen.

Die Befunde an dieser Felsgruppe führen zu der Frage, ob die erheblichen, vor den frei gelegten Klüften fehlenden Gesteinsmassen tatsächlich durch den Blitz aus ihren früheren Positionen weggeschleudert wurden; die schon zuvor angelegte Klüftung bot dafür günstige Vorbedingungen. Teile des Materials sollten sich noch in den vielen, chaotisch vor den Hangstufen und weiter unterhalb angesammelten, Meter großen Blöcken wiederfinden. In der Tat tragen dort die herausragenden Einzelkörner des Granits verbreitet dunkle Überzüge. Einer der Blöcke, der, von einem kleineren gestützt, einen etwa Quadratmeter großen, niedrigen Hohlraum unter sich frei lässt, hat auch auf dessen Decke, also nach unten gewendet, Fulguritbildungen, sogar die besonders charakteristischen filigranen Netzwerke auf Quarz. Für diese und andere Blöcke stellt sich die Frage, ob ihre Fulguritbeläge im Zusammenhang mit den Blitzereignissen an ihren Herkunftsorten (den oben genannten Wänden) gebildet und dann, mit der Bewegung der Blöcke rotiert, in ihre jetzige Lage gebracht wurden oder ob sie erst hier bei separaten Ereignissen entstanden sind. Vor Allem im Hinblick auf das Auftreten von Fulgurit auf nach unten gewendeten Seiten wird der erstgenannten Deutung einstweilen der Vorzug gegeben.

**Lägerfelsen** in Nussbach-Hintertal (R 3445930/H 5331080): Ein mächtiger, NW-SE streichender Quarzgang bildet eine Felsgruppe; an mehreren, unregelmäßig-kantig ausgesprengten Stellen ist K und, mikroskopisch, auch F mit filigranen Netzwerken sichtbar.

### **Blatt 7913 Freiburg Nordost**

**Aigi** am Ausgang des Glottertals (Fund A. Kobel-Lamparski & F. Lamparski) (R 3419050/H 5325420): Schwache K und F auf Gneis unter starkem Efeubewuchs.

**Fuchsfelsen** bei Glottertal (R 3421510/H 5324870): Geringe K auf Gneis.

Felsen am **Urgaben**, 1 km N Gullerhof im Glottertal (Fund A. Kobel-Lamparski & F. Lamparski) (R 3423710/H 5324950): Migmatitfelsen mit natürlichen und künstlichen Anbrüchen. K und F an mehreren Stellen, entlang des mittelalterlichen Hangkanals und oberhalb; diskontinuierlich über wenigstens 20 m Erstreckung verbreitet. Zentimeter breite Quarzadern mit filigranem Netzwerk von Schmelzfäden, für das bloße Auge als graue Anflüge erkennbar. Zum Fundort „Urgaben“ vgl. HAASIS-BERNER 2001, S. 23 und Tafel 5.

### **Blatt 7914 St. Peter**

**Miesbergfelsen** im Nonnenbachtal (R 3435650/H 5327030): Mehrere Meter großer, kantiger Ausbruch eines Gneisfelsens mit diskontinuierlichen K und F.

**Nonnenbachtal**, 10 m hoher turmartiger Gneisfelsens 300 m ENE des Wolfhofes, etwa R 3435990/H 5327700 (Abb. 2): Abbruchflächen an der Basis mit bescheidenen K und F; ähnlich 300 m NW des Wälderhofes (R 3435960/H 5328120).

Nordwestlicher **Winkelfelsen** im „Mörderloch“ (R 3435210/H5320980), kleiner Felsen auf der Talseite der Forststraße: K und geringe F auf Gneis

Südöstlich des **Balzer Herrgott** (R 3435550/H 5320550): Geringe K auf heller Einlagerung in Paragneis.

**Immenbühl** bei Glashütte (Fund A. Kobel-Lamparski & F. Lamparski)(R 3435620/H 5318920): Geringe K und F auf Gneis; mikroskopisch filigrane Girlanden auf cm-breiten Quarzadern (Abb. 7).

### **Blatt 8013 Freiburg Südost**

**Schlossberg**, Augustinerweg nahe dem Gebäude des Südwestrundfunks (R 3414960/H 5317790). In dem von WIMMENAUER 2003, S. 8 beschriebenen Mauerwerk sind örtlich Reste eines alten Mörtels erhalten, die, wie die Mauersteine selbst, auch vom Blitz getroffen wurden. Quarzgeröllchen im Mörtel zeigen mikroskopisch auf kleinen Flächen die charakteristischen, filigranen Fulgurit-Netzwerke.

Straßenbahnhaltestelle **Holbeinstraße** (R 3414070/H 5316330): Mauerwerk aus Phonolith vom Kirchberg bei Niederrotweil, Kaiserstuhl. Die unregelmäßigen Blöcke tragen an mehreren Stellen K und F. Auch viele, aus dem Mörtel herausragende Quarz- und Feldspatkörner zeigen dunkle Überzüge, an einer Probe mikroskopisch auch mit golden schimmernden Glimmerblättchen. Das Vorkommen liegt in nur 1 bis 1,5 m Entfernung von den Straßenbahnschienen und etwa 4 m unter der Oberleitung. Straßenruß und Algen tarnen streckenweise die Fulguritbildungen.

Fuß des **Lorettoberges** nördlich der Forstlichen Versuchsanstalt (R 3413620/H 5315910). In einem mehrere m großen Bereich knapp 2 m über dem Hölderlebach vereinzelte K auf Gneis.

**Deicheldobel** bei Günterstal (R 3414990/H 5315300): Angewitterte K und einige mm breite F auf Gneis im Straßenanschnitt. Die erste Flechte, die sich auf den betroffenen Flächen angesiedelt hat, ist *Porina chlorotica* mit ihren charakteristischen schwarzen, halbku-

geligen Fruchtkörpern. Nach ihrer Lage beurteilt sind die Fulguritbildungen schon vor der Anlage der Waldstraße (um 1907) in dem Kluftsystem des Gesteins vorhanden gewesen und wurden seither freigelegt.

**Kappel**, Abzweigung der Peterbergstraße (R 3418520/H 5314700): Anbruch in Gneis, in einem etwa 1,2 m langen und 0,5 m breiten Bereich gut sichtbare K und F (Abb. 5).

**Taubenkopf** (R 3416830/H 5311410): Geringe K an einem 1 m großen Ausbruch in Migmatit.

**Unterer Haibrainfelsen** (R 3415620/H 5310370, Migmatit): Ausbrüche mit K und F, diskontinuierlich in zwei etwa metergroßen Bereichen.

**Pflughalde** am Schauinsland: Ein Felsen bei R 3416890/H 5310450 zeigt K in stark zersplitterten Partien. Auch im Anschnitt der unmittelbar oberhalb verlaufenden Forststraße sind spärliche K in ähnlichen Situationen erkennbar.

**Kommenturwald** im Großen Kappeler Tal. Zwei Vorkommen an Migmatitfelsen, R 3418280/H 5311520 bzw. R 3417930/H 5310710: An den Flanken der Felsen mehrere Ausbrüche mit K, die sich diskontinuierlich bis 1 m weit verfolgen lassen.

**Gummenbühl**, Gmkg. Oberried (R 3420490/H 5310440): K und schmale F auf Migmatit.

**Oberried-Hintertal** (R 3420690/H 5310030): K in Ausbruch eines großen Migmatitblockes. Auch einige Steine des zum ehemaligen Kraftwerk gehörenden Turmes zeigen Spuren von K.

**Häusleberg**, Gmkg. Oberried, Ortsteil Weilersbach (R 3425140/H 5310580): Abbrüche des Migmatitfelsens zeigen deutliche K und Schwärzungen angrenzender Flächenteile.

Felsiger Hang des **Zastlertals** bei R 3423580/H 5310870): Geringe K und Ansätze zur Bildung filigraner Netzwerke.

**Scheibenfelsen** im Zastlertal (R 3425000/H 5309620): Geringe K auf anstehendem Gneis und an der Unterseite eines einzelnen Blockes.

**Obere Weißenfelsen** (R 3415350/H 5309560): Geringe K und F auf Migmatit und, bevorzugt, auf schmalen Quarzadern.

**Holzschlägermatte** (R 3416190/H 5309200): Geringe K an Ausbruchsnische in Diatexit.

**Sailendobel** (R 3415870/H 5308850): Geringe K und F auf Bruchkanten in Diatexit.

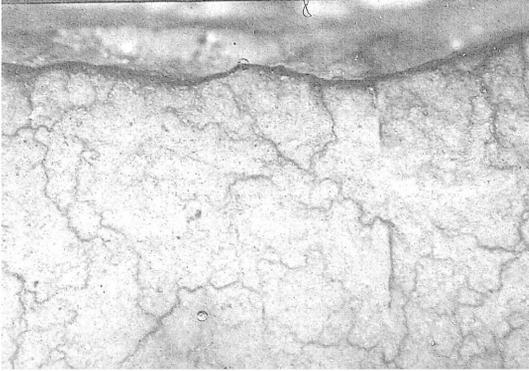
**Unterer Wachtfelsen** (R 3416460/H 5308120): Der hier sehr frische Gneis ist in einem mehrere Meter breiten und hohen Ausbruch mit starkem Relief freigelegt. Dichter Flechtenbewuchs bedeckt Kanten und Flächen; nur eine 1 – 2 cm dicke Quarzader liegt noch offen und zeigt unter dem Mikroskop verzweigte Schmelzgirlanden.

**Rotlache** am Schauinsland (R 3417470/H 5308220 und 3417570/H 5308150): Spärliche K auf Migmatit, u. A. in den Zwischenräumen aufgesprengter Felsteile.

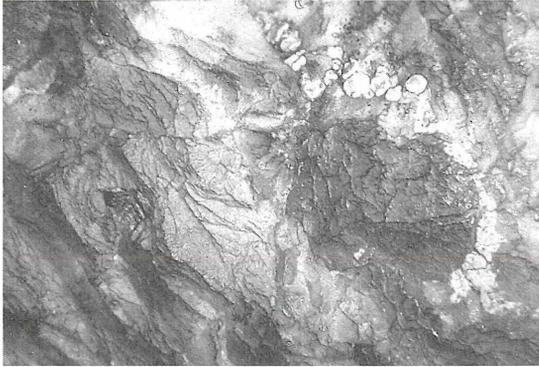
**Schniederlihof** bei Hofgrund (R 3417890/H 5308260): In einem Ausbruch am Fuß des Felsens sind verzweigte Klüfte mit Kantendekoration versehen.

Umgebung des **Engländerdenkmals** südlich des Schauinslandgipfels. Bemerkenswert ist besonders der doppeltürmige Felsen bei R 3417950/H 5308600. K und gelegentlich auch F belegen die Überformung durch Blitzschlag (WIMMENAUER 2003, Abb. 7 und 8). Interessant ist besonders der dort gezeigte, dezimetergroße und -tiefe Ausbruch; Fulguritanflüge auf seinen Innenflächen lassen darauf schließen, dass das jetzt fehlende Gesteinsmaterial durch den Blitz in Stücken herausgerissen wurde.

## Neue Funde von Blitzsprennung und Fulguritbildung im Schwarzwald



**Abb. 7:** Kantendekoration und fraktal verzweigtes Netzwerk fulguritischer Glasfäden auf Quarz. Immenbühl bei Glashütte, TK Blatt 7914 St. Peter. Breite des Bildausschnittes 7 mm.



**Abb. 8:** Fulguritische Kantendekoration auf Feldspat und Netzwerk auf Quarz, Schluchsee-Granit, Bahnhof Seerugg, TK Blatt 8115 Lenzkirch. Die hellen, runden Gebilde (oben und rechts) sind Flechten. Breite des Bildausschnittes 16,6 mm.

Oberer **Sessel** bei Hofgrund (R 3418760/H 5308640): An mehreren Ausbrüchen K und geringe F. Die beinahe allseitige Überformung der Felsgruppe durch Absprengung ist hier sehr deutlich.- Spuren von K finden sich auch an zwei stark zerspaltenen, wie zum Absturz bereiten Felsköpfen nahe P. 1007,1 (R 3419280/H 5308000).

**Rain bei Hofgrund** (R 3418200/H 5307560): Auf der Bruchfläche einer grobkörnigen pegmatoiden Ader in Amphibolit tragen die Kanten von Feldspat und Quarz dezente, aber eindeutig fulguritische, dunkle Dekorationen. Das Vorkommen liegt auf der nach unten gewendeten Seite eines großen, zersprungenen Blockes.

### **Blatt 8014 Hinterzarten**

Felskopf 10 m S **Ruine Wiesneck** (R 3425410/H 5314810): Etwa 1 m<sup>2</sup> großer Ausbruch in Migmatit mit anschließenden, etwa 1 bis 2 cm breiten F.

**Falkensteig**, Felsanbruch an der Bundesstraße 31 bei R 3425800/H 5312150): Kantendekoration und filigrane Netzwerke auf angrenzenden Flächen; letztere werden nur mikro-

skopisch und unter Wasserbedeckung deutlich sichtbar. In nächster Nachbarschaft (einige mm) haben sich, wie auch sonst häufig, dunkle Krustenflechten angesiedelt, die farblich zu den hier nicht besonders dunklen Fulguritbildungen kaum einen Kontrast bilden. Substrat ist Migmatit mit Orthogneiskomponenten.

**Burg Falkenstein** im Höllental, Fußpfad vom Engetal zur Ruine (R 3426570/H 5311920): Der Fels ist, anscheinend durch Blitzwirkung, entlang einer etwa 40° E streichenden und 20° SE fallenden, bis zu 2 m hohen, glatten Kluftfläche abgebrochen. An Durchkreuzungen dieser „Hauptkluft“ mit anderen, sie stumpfwinklig schneidenden „Querklüften“ sind geringe, aber deutliche K und nur cm-weit reichende F gut sichtbar ausgebildet. Dunkelgraue Lager der Flechte *Enterographa zonata*, die sich nahe den vom Blitz betroffenen Kanten ausgebreitet haben, sind durch ihre Farbe und geringe Dicke den Fulguritbildungen manchmal sehr ähnlich.

**Hirschsprungfelsen** im Höllental. Mehrere Vorkommen von K an Felsanbrüchen am „Jägerpfad“ oberhalb und unterhalb des Fußgängertunnels.

Böschung des Bahnkörpers der Höllentalbahn in **Falkensteig** und beim Hirschsprungfelsen: Schwärzungen an vielen der herausragenden Einzelblöcke; Bildungsweise noch fraglich. In einzelnen Fällen hat sich die Schwärzung auf schon vorhandenen Flechtenkrusten ausgebreitet; daneben entwickeln sich neue Flechten. Mehrere Vorkommen.

**Kreuzfelsen** über der Ravennaschlucht, an der Bundesstraße 31 (R 3431160/H 5309300): K, Girlanden und „Rüschen“ auf Gneis, ähnlich den vom Stäpfelefelsen am Schauinsland (Blatt 8013) beschriebenen Gebilden.

**Hohwart** bei Breitnau (R 3429740/H 5312190): Fels aus kataklastisch überprägtem Migmatit, größtenteils moos- und flechtenbedeckt. In einigen Lücken K erkennbar.

**Großer Posthaldefels** (R 3428990/R 5310280): Ähnlich, wie bei den Vorkommen Brudermattfelsen (Bl. Staufen) und Haibrain (Bl. Freiburg SO) schwache K an wenigen, in einer klaffenden Gesteinsspalte nahe unter dem Gipfel eingeklemmten, knapp dm-großen Gesteinssplittern.

### **Blatt 8015 Titisee-Neustadt**

**Salenfelsen** bei Schwärzenbach (R 3441920/H 5314380): Schwache K und filigrane Netzwerke von Schmelzfäden auf Hornblendegneis, besonders auch auf einem Kluftbelag aus Milchopal.

### **Blatt 8016 Donaueschingen**

**Tierstein** im Bregtal (R 3452370/H 5316980): etwa 40 m hoher, primär durch glaziale und fluviatile Erosion angelegter Felsen aus Eisenbacher Granit. Am Fuß der senkrechten, im Einzelnen unregelmäßig aufgesprengten Wand sind an mehreren Stellen dunkle Fulguritüberzüge auf herausragenden Partien des Gesteins und der Einzelminerale erhalten. Meist dominiert der Flechten- und Moosbewuchs.

### **Blatt 8112 Staufen**

**Hochkelch** am Belchen: R 3411810/H 5298420 (Fund N.Kindler) und R 3411780/H 5298490 (nahe dem Gipfel) sowie R 3411710/H 5298440 (am westlichen Felsenweg): Wenig auffallende K und F auf Metaaplit.

**Eichbuck** bei Schweighof, am Margarethenwegle (Fund Frau Barbara Geier, R 3403090/H 5297320): Konglomerat des Unterkarbon und Quarzgängchen. Felsausbrüche mit K und geringeren F. Auf Millimeter kleinen Quarzkriställchen dunkle Schmelzdekorationen auf Spitzen und Kanten; angrenzend auch filigrane Netzwerke aus Schmelzfäden.

#### **Blatt 8113 Todtnau**

**Muggenbrunn**, gegenüber dem Campingplatz (R 3419170/H 5303340): Schwärzung herausragender Teile von Quarz und Feldspäten grobkörniger Adern in Diatexit. Mikroskopisch sind unvollkommene filigrane Netzwerke erkennbar.

**Gschwand W Stohren** (R3415500/H5306620): K und Schwärzung angrenzender Flächenteile an mehreren Abbrüchen des Felsens (Gneis).

**Prägbachtal** (R 3424880/H 5297580): „Randgranit“; sehr geringe K an Bruchkante.

**Große Utzenfluh** bei Utzenfeld (R 3419090/H 5296880, Fund von N. Kindler): Das schon bei WIMMENAUER (2003, S. 14) genannte, schwer zugängliche Vorkommen ist eines der größten im Untersuchungsgebiet. K und F bedecken, wenn auch im Einzelnen diskontinuierlich, insgesamt mehrere Quadratmeter eines zerklüfteten Felsanbruchs in Metagrauwacke. Die am weitesten nach außen ragenden Vorsprünge des Gesteins sind dabei bevorzugt betroffen. Tiefer und im Regenschatten gelegene Bruchkanten und -flächen tragen dünne Überzüge von Gips.

Geringe Fulguritbildungen sind auch auf den Granitflächen des **Kriegerdenkmals** von 1939 zu erkennen (3419040/H 5296600). In nächster Nähe kommen eindeutige Kantendekorationen an Blöcken des Hangschutts, auch in nach unten exponierten Positionen, sowie an kleineren, lose darunter liegenden Gesteinsstücken vor (Fund von N. Kindler).

#### **Blatt 8114 Feldberg**

**Menzenschwand**, Rundhöcker im Albtal bei R 3430810/H 5297840): Beim Entwurzeln eines Baumes durch Wind sind raue, aber sonst frische Granitoberflächen freigelegt worden. Herausragende Quarzkörner zeigen dort feine, filigrane Fulgurit-Netzwerke. Ob diese vor oder nach der Überdeckung durch das Wurzelwerk des Baumes angelegt wurden und wie sie in diesem humosen Milieu überdauern konnten, ist eine noch offene Frage.

#### **Blatt 8115 Lenzkirch**

**Bahnhof Seebrugg** (R 3439460/H 5296400 und Umgebung): Das etwa 300 m lange Gelände, das den Bahnhofsvorplatz gegen den Schluchsee abgrenzt, besteht aus einzelnen, in 2 m Abstand stehenden, etwa 0,5 m hohen Granitquadern, die eine durchgehende Eisenschiene tragen. An den Seitenwänden vieler Blöcke sind dünne, aber eindeutige Anflüge von Fulgurit entwickelt, die sich von unterhalb der Schiene abwärts bis zum Boden erstrecken. Die filigranen Dekorationen auf Bruchkanten und -ecken der Granitminerale sind mit der Lupe gut erkennbar und erweisen sich unter dem Mikroskop als sehr gut erhalten (Abb. 8). Die Strukturen sind ganz die selben, wie solche, die auf Granit ohne Vermittlung durch eine metallische Zuleitung entstehen. Auf den Oberseiten der Blöcke, denen die Schiene mit Befestigungsbolzen unmittelbar aufliegt, sind die Erscheinungen durch Roststrähnen, mineralischen Detritus und Pflanzenbewuchs weniger gut erkennbar. Das Höchstalter der Fulgurite ist durch den Bau des Bahnhofs (1926 eröffnet) begrenzt.

**Bahnhof Schluchsee** (R 3438520/H 5297940): Ein niedriger Felskopf in der Böschung gegenüber dem Bahnhofsgebäude zeigt geringe Schwärzungen auf den Mineralkanten und -ecken.

**Aussichtspavillon** im Ort Schluchsee (R 3438390/H 5298270): Trotz starken Moos- und Flechtenbewuchses sind auf verschiedenen Flächen der Felsgruppe Schwärzungen der Mineralkanten und -ecken sichtbar, besonders ausgedehnt (etwa 2 m<sup>2</sup>) auf einer fast senkrechten, nach Osten gewendeten Fläche.

**Räuberschlösse** in der Wutachschlucht (R 3447350/H 5301210): Geringe K auf splitterig brechendem Quarzporphyr; Felsoberfläche größtenteils von Flechten überwachsen.

### **Blatt 8212 Malsburg-Marzell**

**Altemannfels** bei Badenweiler, Teil des Quarzriffs entlang der „Hauptverwerfung“ des Oberrheingrabens (zwei nahe beieinander liegende Fundorte bei R 3400880/H 5295330). K auf Bruchkanten des sehr kavernösen Gesteins; zum Teil auch als feine Dekoration auf Kristallspitzen und -kanten von Quarz und Baryt.

**Luisenburg** bei Badenweiler (R 3400890/H 5295260): Ähnliche Situation wie an dem nahe gelegenen Altemannfels; K und F auf Gangquarz sowie Dekorationen auf Kristallspitzen und -kanten (Abb. 9 und 10).

**Altvogelbachfels** am Hochblauen SE Badenweiler (R 3402500/H 5295040): Nordwestfuß des Felsens. Neuerer, aber zum Teil schon flechtenbewachsener Abbruch in granitartigem Gestein. Unauffällige K und geringe F.

### **Blatt 8213 Zell im Wiesetal**

Felsen am Waldrand oberhalb **Wembach** (R 3416560/5293620): K und Schwärzung schmaler, angrenzender Flächenteile auf feinkörnigem Granit.

Bannwaldgebiet **Flüh** bei Schönau (R 3417500/H 294220): K auf granitartigem Gestein der Wiese-Wehra-Formation im Sinne der Geologischen Karte der Badenweiler-Lenzkirch-Zone 1:50 000.

**Haldenfels** bei Tunau (R 3419390/H 5295370): Die Felskuppe besteht aus einem hellen, feinkörnigem Subvulkanit (laut Geol. Karte Bl. Zell i. W.), der kreuz und quer von engständigen Klüften durchzogen ist. Die Felsoberfläche zeigt ein entsprechend gegliedertes Relief aus eckigen, zentimetergroßen und auch kleineren Gesteinsteilen. An neueren Ausbrüchen und deren Kanten sind über mehrere Dezimeter reichende fulguritische Schwärzungen herausragender Partien entwickelt. Jüngerer Flechtenbewuchs lässt diese nur undeutlich erkennen.

## **3. Vergleichbare Fulguritvorkommen in der weiteren Umgebung des Schwarzwaldes**

Bei gelegentlichen Begehungen in den *Vogesen* wurden weitere Vorkommen, besonders auf Granit, gefunden. Als besonders reich erwies sich die Umgebung von Ribeauvillé. A. Kobel-Lamparski und F. Lamparski haben auch Fundorte am Westhang der Vogesen mitgeteilt.

## Neue Funde von Blitzsprennung und Fulguritbildung im Schwarzwald

---



**Abb. 9:** Quarzkristalle mit fulguritischer Kantendekoration, nach unten anschließend filigranes Netzwerk. Luisenburg bei Badenweiler, TK Blatt 8212 Malsburg-Marzell. Breite des Bildausschnittes 18 mm.



**Abb. 10:** Quarzkristalle mit fulguritischer Kantendekoration und geringer Bestäubung auf den Flächen. Fundort wie Abb. 10, Breite des Bildausschnittes 5,5 mm.

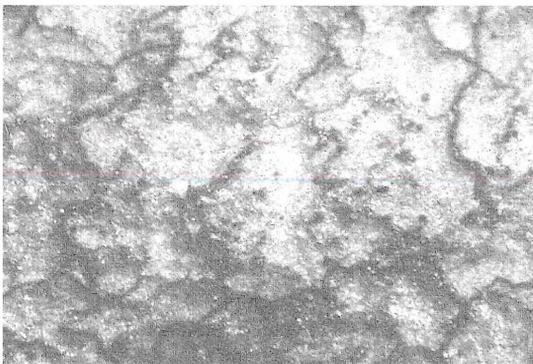
Sehr geringfügige und unauffällige Fulguritbildungen konnten auch an Gesteinen, Mauerwerk und selbst an einem Grenzstein im *Kaiserstuhl* beobachtet werden. Natürliche Aufschlüsse in Tephrit am Gierstein (TK 7911 Breisach) und am Bisamberg (TK 7812 Kenzingen) zeigen unter dem Stereomikroskop schwache Kantenschmelzungen. Quarzitgerölle in Beton auf dem Neunlindenturm (TK 7912 Freiburg NW), an der Westfront des Breisacher Münsters, an der nahe gelegenen Bajakeltreppe (TK 7911 Breisach) sowie an der Michaelskapelle in Riegel (TK 7812 Kenzingen) tragen mikroskopisch gut sichtbare Netzwerke aus Glasfäden oder mehr diffuse Schwärzungen.

Am **Hohentwiel** im Hegau zeigt der aus Phonolith bestehende Gipfelaufbau des Berges an seiner Süd- und Westwand ausgedehnte Schwärzungen entlang von Klüften und deren Verschneidungen. Vielfach sind fulguritische, dunkelgraue und glänzende Kantendekorationen mit der Lupe erkennbar. An einer Stelle der Südwand treten bis 10 cm große, tellerför-

mige Ausbrüche des Gesteins auf, deren Flächen ebenfalls geschwärzt sind. Auch auf dem Mauerwerk der Ruine kommen unscheinbare Fulguritanflüge vor. Sehr instruktiv ist eine Probe des für das bloße Auge mattgrauen Überzuges, der auf viele Meter hin die Felsflächen der Nordwestwand bedeckt. Ein Netzwerk aus dunklen Fulguritgirlanden enthält in seinen nur Millimeter weiten Maschen ein farbloses, glasiges Häutchen, dessen Oberfläche im  $\mu\text{m}$ -Bereich gleichmäßig buckelig gestaltet ist (Abb. 11 und 12). Bei intensiver Beleuchtung schräg von oben erscheinen schwache Perlmutterfarben. Unter Wasser wird das Häutchen transparent, ist also wohl auch fein porös. Es wird als Rest der in-situ-Schmelzung und -Verdampfung gedeutet, die das Material für die als Girlanden wieder abgelagerte dunkle Fulguritsubstanz mobilisiert hat (s. Abschnitt „Ergebnisse. Herkunft und Ablagerung der Fulguritsubstanz“).



**Abb. 11:** Fulguritisches Girlanden-Netzwerk auf Phonolith, Hohentwiel NW-Wand (Hegau). Breite des Bildausschnittes 18,5 mm.



**Abb. 12:** Objekt und Fundort wie Abb. 10. Fulgurit-Netzwerk mit Einzeltröpfchen. In den Maschen ein glasiger, fein buckelig gestalteter Überzug mit Lichtreflexen in Perlmutterfarben. Breite des Bildausschnittes 2,7 mm.

Mit dem Kompass sind an zwei Stellen im Kaiserstuhl (Schneckenberg und Achkarrener Schlossberg, beide TK 7911 Breisach) vom Blitz erzeugte **magnetische Anomalien** nachzuweisen. Die betroffenen Gesteine sind magnetithaltiger Tephrit bzw. Essexitporphyr. Das erstgenannte Vorkommen wurde schon 1902 von MEYER erkannt. Am Basalt des Blauen Steines bei Kommingen (TK 8117 Blumberg) sind sowohl Blitzmagnetisierung als auch fulguritische Kantenschmelzung zu beobachten.

#### 4. Mikroskopische Beobachtungen

Die in dem früheren Aufsatz (WIMMENAUER 2003) dargestellten mikroskopischen Befunde haben sich auch bei den neuen Vorkommen wiederholt und bestätigt. Eine Neuigkeit sind die schwarzen Fulguritbildungen auf Spitzen und Kanten kleiner Bergkristalle, die mit ihrer regelmäßig geometrischen Anordnung die elektrostatischen Verhältnisse, die sich beim Einschlag des Blitzes eingestellt haben, sichtbar machen (Abb. 9 und 10). Die Flächen der Kriställchen haben, besonders gegenüber denen ihrer nicht betroffenen Nachbarn, ihren Glanz verloren.

Sehr häufig wurden auf Bruchflächen von „derben“ Quarzgesteinen auch die loc. cit., Abb. 21 und 22 gezeigten filigranen Netzwerke aus feinen Glasfäden gefunden (Abb. 7). An ihnen fällt auf, dass auch und manchmal sogar gerade die dünnsten Fäden am tiefsten schwarz gefärbt sind – ein Phänomen, das, wie anschließend noch besprochen, noch einer Erklärung bedarf. Ganz ähnliche filigrane Netzwerke kommen auch auf den Oberflächen von quarzitischen Geröllchen des Buntsandsteins und auf kieseligen Geröllchen im Zuschlag von Mörtel und Beton vor.

Ganz allgemein ist die vorherrschende, dunkle bis schwarze Farbe vieler, auch sehr dünner Fulguritüberzüge ein besonderes Problem. Sie erscheint außer in den eben schon angesprochenen Situationen auch in anderen Vorkommen unter dem Stereomikroskop sehr deutlich. Dunkel sind die meisten der glänzenden Dekorationen auf Bruchkanten von Silikatgesteinen und die mehr „rauen“ Überzüge auf benachbarten Flächen. Wo immer es gelang, kleine Bruchstücke dieser dunklen Fulguritsubstanz isoliert zu betrachten, zeigen sie sich im durchfallenden Licht sehr stark, oft bis zur Undurchsichtigkeit getrübt. Dies gilt ebenso für die im Dünnschliff geschnittenen Fulguritüberzüge auf verschiedensten Substraten.

Im Lichtmikroskop sind außer der eigentlichen Glassubstanz weitere, noch nicht befriedigend identifizierte Komponenten erkennbar:

Sehr viele, farblose, meist unregelmäßige Körperchen von wenigen  $\mu\text{m}$  Größe, deren Lichtbrechung von der des Glases stark verschieden ist. Im schräg von oben auffallenden Licht reflektieren sie hell. Sie sind die Hauptverursacher der Trübung.

- Opake, meist scheibchenförmige Körperchen; ihre Menge ist nicht groß genug, um die dunkle Farbe der Fulgurite allein zu erklären.

- Etwas dickere ( $> 10$  bis  $20 \mu\text{m}$ ) Fulguritsplitter lassen, wenn sie nicht zu stark getrübt sind, eine hell- bis dunkel kaffeebraune Eigenfarbe des Glases erkennen.

Eine sichere Identifizierung der trübenden und opaken Körperchen ist nur mit Mikrosonden- und elektronenmikroskopischen Untersuchungen möglich, über die zu gegebener Zeit zu berichten sein wird.

Bei beginnender Verwitterung werden die Fulguritüberzüge äußerlich hellgrau und verlieren ihren Glanz; auch im Dünnschliff und im Körnerpräparat verschwindet die Eigenfarbe des Glases, während die trübenden Körperchen bestehen bleiben.

## 5. Ergebnisse

### Herkunft und Ablagerung der Fulguritsubstanz

Für die Frage nach der *Bildungsweise* der oben beschriebenen Fulgurite bedeutsame Erscheinungen finden sich bevorzugt dort, wo auf dem mineralischen Substrat nur relativ geringe Kantendekorationen, filigrane Netzwerke oder Tröpfchen entwickelt sind. Hier sind charakteristische Phänomene in ihren Anfängen zu beobachten. Es ist zu erkennen, dass die Fulguritsubstanz nicht durch einfache in-situ-Schmelzung ihrer unmittelbaren Unterlage entstanden ist, wie es bei der Mehrzahl der alpinen Vorkommen und, entsprechend abgewandelt, auch bei den Blitzröhren in Sanden geschehen ist. Vielmehr scheint sie aus einem dispersen Zustand gleichsam *aufgesprüht* zu sein; das so aufgebrauchte Material gestaltet sich auf Kanten des Substrates zu linearen Dekorationen oder verzweigten, manchmal ange deutet fraktal gegliederten Netzwerken (Abb. 7, 8, 11 und 12). Für solche Konfigurationen scheinen die Geometrie der Unterlage und dadurch bedingte elektrostatische Verhältnisse maßgebend zu sein. In nächster Nähe kommen auf Mineraloberflächen auch Einzeltröpfchen vor, die besonders klar den Vorgang des Aufsprühens belegen.

Die so charakterisierten Feinstrukturen (Kantendekorationen, Girlanden, filigrane Netzwerke, Tröpfchen) finden sich, mehr oder weniger vollkommen, an sonst unveränderten, *offen liegenden Oberflächen* von Felsen und Blöcken, besonders aus Granit. Viele Vorkommen, in der vorliegenden Arbeit z. B. Hornberg-Hundsgraben (TK 7715), Aussichtspavillon Schluchsee, Bahnhof Seebrugg (TK 8115) und andere sind leicht erreichbare Beispiele (Abb. 8). Die oben postulierten Vorgänge (Schmelzen, Verdampfen, Rekondensation) haben also hier, so zu sagen, an freier Luft stattgefunden; die Entladung breitete sich unter Umständen über Quadratmeter Fläche aus, ohne deren Gestalt sonst wesentlich zu verändern. Erscheinungen der Sprengung durch den Blitz sind hier nicht zu sehen.

In vielen anderen Fällen sind aber die Fulguritbildungen an Felspartien gebunden, die alle Anzeichen einer gewaltsamen *Aufsprengung* zeigen. Dabei wurden tektonisch bereits angelegte Klüfte oder Spalten benutzt, über deren Zustand *vor* dem Blitzeinschlag (Breite, Wasserführung, Füllmaterial) allerdings keine direkten Beobachtungen möglich sind. Dass die Blitzwirkungen tiefer in den Gesteinskörper hineinreichen können, beweisen künstliche Aufschlüsse, in denen von Fulgurit gesäumte Systeme von Spalten sichtbar geworden sind. Neue Funde solcher Art sind die Burg Hornberg (Pulverturm, TK 7715) und Schniederlishof (TK 8013), ältere s. WIMMENAUER 2003, Abb. 14 und 15. Der Zusammenhalt der Felskörper ist dort noch gewahrt. Wo aber die Felsmasse in größerem Ausmaß aufgesprengt wurde, finden sich Fulguritbildungen bevorzugt da, wo Kanten und Flächen des aufgerissenen Gesteins stehen geblieben sind und, da sie nicht ausweichen konnten, der Hitzewirkung des Blitzes voll ausgesetzt wurden. Auch enge, nur Zentimeter breite Spalten, die tief in den Felskörper hineinreichen, sind manchmal davon betroffen.

Die oben angeführten, auf offen liegenden Gesteinsoberflächen gebildeten charakteristischen Feinstrukturen der Fulgurite treten auch auf geeigneten, durch Sprengung gebilde-

ten Bruchflächen auf (Quarzaggregate, Feldspat-Spaltflächen). In solchen Fällen fanden Schmelzen, Verdampfen und Wiederablagerung des Gesteinsmaterials in dem sich öffnenden Spaltenraum statt; in kürzester Zeit wurden die dabei entstandenen Strukturen durch Abkühlung an dessen Wänden fixiert. Nur in seltenen Fällen blieb der Schmelzestand so lange erhalten, dass die Bildung von durchhängenden Rüschen oder Zäpfchen eintreten konnte (Stäpfelelfen TK 8013, Feierabendelfen TK 7815).

Wo *größere Mengen* von Fulguritsubstanz in der angenommenen Weise abgelagert wurden, entwickelten sich weniger deutlich gegliederte, aber dickere Überzüge, die dann der Analyse mit der Mikrosonde zugänglich sind. Ihre Zusammensetzung ist von dem unmittelbaren Substrat unabhängig; sie schließt sich vielmehr der mittleren Zusammensetzung des betroffenen Gesteins an (MÜLLER-SIGMUND & WIMMENAUER 2002). Das bedeutet, dass das Aufsprühen aus einem mehr oder weniger homogenisierten Medium und aus einer gewissen Distanz stattgefunden hat; dabei ist an den Raum gedacht, in dem die Durchmischung und Umverteilung des verdampften Materials stattfand.

Im Anschluss an diese Befunde zur *Ablagerung* der Fulguritsubstanz erhebt sich die Frage nach Beobachtungen zu deren *Herkunft*. Vor Allem die nur partiell von Kantendekorationen, Netzwerken und Tröpfchen bedeckten Bereiche lassen zwischen diesen auch Partien frei, die ohne Eigenfarbe und Glanz, aber häufig durch ihre im Feinsten unebene Oberfläche auffallen (Abb. 11 und 12). Sie werden unter Wasserbedeckung transparent und erweisen sich damit als fein porös. Diese äußerst dünnen Überzüge werden als liegen gebliebene Reste der in-situ-Schmelzung und -Verdampfung, die das Material für die anschließenden Fulguritbildungen mobilisierten, gedeutet. Besonders auf gröber körnigem Gestein erscheinen „Maschen“ in den Girlanden-Netzwerken gegenüber ihrer Umrandung mehr oder weniger deutlich konkav eingetieft, was auf den hier eingetretenen Materialverlust durch Schmelzung und Verdampfung hinweist („Ablationsgruben“, s. WIMMENAUER 2003, S. 18). Ablation und Rekondensation finden demnach in nächster Nachbarschaft statt. Wo dabei größere Substanzmengen bewegt und dickere Fulguritüberzüge gebildet wurden, kann die Abfolge der Prozesse allerdings nicht mehr so deutlich erkannt werden.

### **Zahl und Bildungszeitraum der Fulguritvorkommen**

Als ein weiteres Hauptergebnis kann auch in der vorliegenden Mitteilung die unerwartet *große Zahl* der Blitzeinschläge in Felsen und Mauerwerk hervorgehoben werden. In geeigneten, das heißt an Felsaufschlüssen reichen Teilen des Untersuchungsgebietes wurden bis zu mehreren Zehnern Funde pro Quadratkilometer registriert (Abb. 1 in dieser Arbeit und Abb. 13 in WIMMENAUER 2003). Diese Feststellung führt unmittelbar zu der Frage, aus welchem Zeitraum die Spuren der Ereignisse stammen und in welcher Beziehung sie zu der tatsächlichen Häufigkeit von Blitzeinschlägen, z. B. pro Jahr und km<sup>2</sup>, stehen. Neuere Statistiken geben für die Blitzhäufigkeit in Deutschland eine Variationsbreite von 0,5 bis 10 pro km<sup>2</sup> und Jahr an; der Schwarzwald ist eines der blitzreichsten Teilgebiete. Die Angaben über die Häufigkeit umfassen allerdings alle über einer Fläche vorkommenden Blitze; indessen erreicht nur ein Teil von ihnen die Erdoberfläche. Auch ist zu berücksichtigen, dass Blitze außer den wasserführenden Klüften in Felsen doch auch andere Gewässer oder Quellbereiche aufsuchen, ohne dauerhafte Anzeichen zu hinterlassen. Gelegentlich wurde aber beobachtet, dass der Blitz auch an scheinbar durch nichts prädestinierten Stellen

im Wald und mehr noch im offenen Gelände den Boden aufreißt und Steine herauswirft (vgl. HEIM 1885, ANDRÉE 1934 und frdl. mdl. Mitteilung von Herrn Emil Faller, Falkensteig).

Für die vielen Fälle, wo Fulguritbildungen mit *Aufsprengung* des Gesteins entlang von präexistierenden Klüften verbunden sind, wird hier als plausible, aber nicht direkt nachgewiesene Voraussetzung angenommen, dass der Blitz den wassergefüllten und damit auch leitenden Klüften gefolgt ist. Die Wasserführung kann sich, wie die Klüfte selbst, in beträchtliche Tiefen fortsetzen; nach authentischen Berichten aus dem 18. und 19. Jahrhundert wurden in Bergwerken elektrische Schläge in mehreren hundert Metern Tiefe und ähnlich großer seitlicher Entfernung von dem oberirdischen Einschlag deutlich wahrgenommen (KUGLER 2000).

Für die ganz andersartige, *flächenhafte* Ausbreitung von Fulguritanflügen ohne Sprengung, wie sie besonders auf Granitfelsen und -blöcken zu beobachten ist, kann möglicherweise der Bewuchs aus Flechten und Moosen sowie dessen Zustand beim Einschlag des Blitzes (trocken oder feucht) von Bedeutung sein (NORIN 1986). Indessen fehlen aber auch hierfür zuverlässige Beobachtungen.

Die Mehrzahl der Funde liegt heute in bewaldetem Gelände, in dem die Bäume oft höher sind als die vom Blitz getroffenen Felsen. Ein regelmäßiger Zusammenhang von Blitzschäden an Bäumen mit denen an Felsen wurde bislang nicht beobachtet. Daraus kann aber nicht ohne Weiteres geschlossen werden, dass zur Zeit der Fulguritbildungen kein Wald vorhanden war. Viele Vorkommen sind, nach dem Fortschritt der Wiederbesiedelung mit Flechten und Moosen beurteilt, nur einige Jahrzehnte alt und stammen nicht aus weit zurückliegenden, waldlosen Epochen.

Bei der Abschätzung der *Blitzhäufigkeit* in der Zeit und der möglichen Länge des von unseren Funden repräsentierten *Zeitraumes* spielen solche Überlegungen, auch wenn sie nur qualitativ bleiben müssen, eine wesentliche Rolle. Sie führen zu dem Schluss, dass die vielen wirklich nachgewiesenen Fulguritvorkommen jedenfalls in einem langen Zeitraum gebildet wurden, der wenigstens auf Jahrzehnte zu veranschlagen ist.

Allgemein gilt, dass sowohl frische, als auch angewitterte Gesteine von der Fulguritbildung betroffen worden sind. Für die Datierung der Fulguritbildung ist deshalb der Erhaltungszustand ihrer Substrate nicht kennzeichnend. Frische Gesteinskanten und -flächen sind unter Umständen sehr verwitterungsbeständig. Frisch zubereitete Bausteine (Migmatit) der Ruine Wiesneck (Blatt 8014 Hinterzarten) zeigen auf ihren Außenflächen selbst nach 700 Jahren keine nennenswerte Verwitterung. Auch die beim Bau des Urgrabens im 13. Jahrhundert entstandenen Bruchflächen am Gullerfelsen (Bl. 7913 Freiburg Nordost) sind noch ganz frisch erhalten. Die Fulguritbildungen auf ihnen können demnach ebenfalls mehrere Jahrhunderte alt, aber auch wesentlich jünger sein. Eine zuverlässige Datierung ist vorerst nur für das Vorkommen auf dem Baldenweger Buck am Feldberg möglich (3.8.1963, siehe auch WIMMENAUER 2003, S. 14).

Abschließend sei auch noch einmal darauf hingewiesen, dass Blitze in einigen Fällen sehr große *mechanische Leistungen* vollbracht haben. Ein prominentes Beispiel ist der Rappenfelsen N Triberg. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist das Aufreißen des Felsens entlang der oberen, 50 m langen Kluft und die Loslösung von mehreren Hundert m<sup>3</sup> Gestein aus seinem bis dahin bestehenden Zusammenhang die Wirkung eines einzigen Einschlages. Die gute Erhaltung der Fulgurite auf der Bruchfläche spricht dafür, dass das Ereignis nicht allzu lange zurückliegt. Dass die Kraft des Blitzes damit nicht überschätzt wird, belegt der

Absturz von mehreren tausend m<sup>3</sup> Gestein bei einem Einschlag im Buntsandstein in der Pfalz im Jahr 1873 (ANDRÉE 1934, S. 129). Fälle mit geringeren, aber immer noch ansehnlichen Sprengwirkungen, bei denen, wie im Schwarzwald häufig, Gesteinsmassen von einigen hundert oder wenigen tausend kg bewegt wurden, sind in der Literatur mehrfach, neuerdings z. B. von NORIN (1986) beschrieben worden. Der selbe Autor diskutiert auch die Frage, ob vielleicht die Blitze, die besonders große mechanische Leistungen vollbringen, „positive“ sind; gemeint sind damit Entladungen, bei denen der Elektronentransport von der Erde aufwärts in die Gewitterwolke gerichtet ist.

Über die schon vorliegenden und noch erwartete Ergebnisse von **chemischen und Mikrosonden-Analysen** wird an anderer Stelle berichtet werden (erste Resultate siehe MÜLLER-SIGMUND & WIMMENAUER 2002). Besondere Probleme sind Anreicherungen von Schwefel und Phosphor in Fulguriten einiger Vorkommen, deren Zustandekommen noch zu ergründen ist. Eine andere, noch unbeantwortete Frage betrifft die Ursache der sehr dunklen Farbe der Fulguritgläser feiner Netzwerke und Tröpfchen, z. B. auf Quarzkristallen und reinen Quarzaggagaten.

Eingang des Manuskripts: 08.06.2004

## **Angeführte Schriften**

- ANDRÉE, K. (1934): Der Blitz als allgemein-geologischer Faktor und erdgeschichtliche Erscheinung.- Schr. physikal.-ökonom. Ges. Königsberg, **LXVII**, 111-158, Königsberg.
- HAASIS-BERNER, A. (2001): Wasserkünste, Hangkanäle und Staudämme im Mittelalter.- Freiburger Beiträge zur Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends, **5**, 211 S.; Rahden.
- HEIM, A.: (1885/86): Notizen über die Wirkung des Blitzschlages auf Gesteine.- Jahrbuch des Schweizer Alpen-Clubs, **XXI**, 342-367; Bern.
- KUGLER, J. (2000): Das Donnerwetter kann auch in Gruben schlagen – Ein Beitrag zu Blitzeinschlägen und Blitzschutzeinrichtungen in bergbaulichen Einrichtungen in Sachsen.- Akten und Berichte vom sächsischen Bergbau, **30**, 52 S., Kleinvoigtsberg.
- MEYER, G. (1902): Erdmagnetische Untersuchungen im Kaiserstuhl.- Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **12**, 134-174; Freiburg i. Br.
- MÜLLER-SIGMUND, H. & WIMMENAUER, W. (2002): Fulgurite im Schwarzwald (BRD) und im Massif Central (F).- Ber. Dtsch. Mineral. Ges., **1/2002**, 115; Stuttgart
- NORIN, J. (1986): Geomorphological effects of lightning.- Z. Geomorph., N. F. **30**, 141-150; Berlin – Stuttgart.

WIMMENAUER, W. (2003): Wirkungen des Blitzes (Sprengung und Fulguritbildung) an Felsen im Schwarzwald.- Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **93**, 1-32, Freiburg i. Br.

## **Danksagungen**

Die Verfasser danken Frau Dr. A. Kobel-Lamparski, Herrn Prof. Dr. F. Lamparski, Frau B. Geier und Herrn N. Kindler für die Mitteilung neuer Funde im Gelände. Die computergestützte Bearbeitung der Karte des Schauinslandgebietes besorgten dankenswerterweise Herr Prof. Dr. A. Bogenrieder und Frau Dr. H. Culmsee.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 2004

Band/Volume: [94](#)

Autor(en)/Author(s): Wimmenauer Wolfhard, Wilmanns Ottilie [Otti]

Artikel/Article: [Neue Funde von Blitzsprengung und Fulguritbildung im Schwarzwald 1-22](#)