

# Der gemeine Feuerstein als Fundquelle mannigfalter „kleinwunder“

door O. Wetzel

## SUMMARY

With the help of numerous diapositives Dr. Wetzel gave a review of many microfossiles, that can be seen in flint. Based on these microfossiles he developed a theory on the origin of flint.

Es ist mir eine grosse Freude und Ehre, heute vor Ihnen erscheinen zu dürfen, um Ihnen über mein Fachgebiet einiges zu berichten.

Ist doch der Feuerstein, das Haupt-Thema Ihrer gegenwärtigen Zusammenkunft, auch Gegenstand meiner eigenen langjährigen Sonderforschung, indem ich seine mikroskopischen Inhaltskörper untersuche.

Ich weisz freilich, dasz den meisten Zeitgenossen der Feuerstein vor allem durch die zahlreichen Funde von sogenannten „Artefakte“ aus Flint bekannt ist, und ich selbst habe kürzlich eine kleine Abhandlung in Heftform herausgegeben, in welcher der Feuerstein als „Stein der Steine“ von allen Seiten besprochen wird. Doch werden gewisz anderweitige Vorträge aus Ihrem Kreise die historische und technische Seite der Flintsteinforschung behandeln, und so werde ich hier vornehmlich die sog. Mikropaläontologie, mein Spezialgebiet, zu erörtern haben sowie die Frage der Entstehung des Feuersteines und seine Verbreitung. Zur Veranschaulichung dabei dient eine Reihe von Diapositiven; ausserdem halte ich eine Auswahl meiner zahlreichen Dauerpräparate zu Ihrer Verfügung für ein kurzes mikroskopisches Studium.

Vorausgeschickt seien einige Bemerkungen über die chemisch-physikalischen Eigenschaften und über die Untersuchungsmethode des Feuersteines.

Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist der Feuerstein ein Kieselsäureanhydrid, das heiszt Siliciumdioxid ( $\text{Si O}_2$ ) mit einem wechselnden, doch stets sehr kleinen Gehalt an mehr oder minder locker gebundenem Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Gelegentlich enthält er auch Einschlüsse von Kristallen, sogar grözere „Drusen“ von Quarz, Calcit und Schwefelkies. Er gehört petrographisch zur Mineralgruppe *Chalcedon*, einer Abart des Quarzes, und ist dem Opal nahe verwandt. Er ist von groszer Härte ( $H = 7$ ) und auch von hohem Artgewicht ( $2,6 \text{ g/cm}^3$ ). Das mikroskopisch nur schwer erkennbare Kristallgefüge des Siliciumdioxids im Feuerstein (*Silex*) ist äusserst fein („Fein-Chalcedon“); daher wird er auch als „kryptokristallin“ oder gar als „pseudomorph“ bezeichnet.

Infolge seiner glasähnlichen Homogenität zeigt der Feuerstein einen „*muscheligen*“ Bruch, der ihn für seinen praktischen Gebrauch in der Vorzeit so geeignet gemacht hat. Seine eigentümlichen Sprungflächen und -linien beim Anschlagen lassen sich meistens von einem System von Spannungsrissen unterscheiden, die durch rasch wechselnde Temperaturunterschiede in der freien Natur an ihm auftreten können.

Als namengebendes Merkmal sei die *Funkenbildung* erwähnt, die beim Zerschlagen von Handstücken beziehungsweise beim Anschlagen an Schwefelkies oder Stahl hervorgerufen werden kann (siehe „Feuerzeug“ und „Steinschlaggewehr“). Eine eigentliche Oxydation ist beim „Silex“ ( $\text{Si O}_2$ ) nicht möglich; höchstens beim Eisen und beim Schwefel. Zum Funkensprühen kommt noch ein gelegentliches, vorübergehendes Aufleuchten beim Aneinanderreiben von Flint-

stücken, die sog. „*Frakturolumineszenz*“. – Ein gelegentlich bemerkbarer „*brenzlicher Geruch*“ kann auf ein geringes Anbrennen von Hautschüppchen an der Hand des werktätigen Menschen zurückgeführt werden.

Der *Formen*-Reichtum des Feuersteins hängt weitgehend von den besonderen Verhältnissen seiner Umgebung ab. Am häufigsten ist das Konkretionsgestein mehr oder weniger rundlich geformt (als „*Knolle*“) oder (durch früheren Druck) abgeplattet; letzteres gilt besonders für die regelmäßig angeordneten Schichtbänke an hochragenden Kreidekliffen.

Es wurden aber schon seit den frühesten Zeiten auch seltsame Gebilde aus Flint gefunden, die der Mensch mit seiner Einbildungskraft als „*Entenkopf*“, „*Nacktschnecke*“ oder eine andere Lebensform seiner Umwelt deutete. Diesen „*Naturspielen*“ stehen die echten „*Versteinerungen*“ oder Fossilien gegenüber. Das sind Reste und Spuren früherer, oft schon ausgestorbener Organismen einstiger Meere, und zwar vor allem von Stachelhäutern (besonders Seeigeln), Tintenfischen, Ammonshörnern, Muscheln, Schnecken (Mollusken) und Schwämmen (Spongien). Diese Lebewesen bilden Schalen oder Innenskelette, die kiesel- oder kalkreich sind und daher leicht der Gestalt nach durch „*Steinkerne*“ oder Abdrücke erhalten blieben (s. Abb. im Text). Solche Fundstücke begegnen dem heutigen Naturliebhaber nicht selten und füllen seine Steinsammlungen.

Die meist dunkle *Farbe* der Flintsteine (wenigstens im Inneren) hängt von der Art und Verteilung mikroskopisch kleiner Einschlüsse ab; unter diesen spielen die organisch zusammengesetzten Stoffreste eine wichtige Rolle, oft nur als „*schlierige*“, nicht fest umrissene Bestandteile („*Bitumina*“). Spätere äuzere Einwirkungen, besonders das Wetter und die Bodenbeschaffenheit, können eine erhebliche Farbänderung verursachen.

Um die *mikroskopisch* erfassbaren Strukturen und Eigenschaften des Feuersteines zu erkennen, bedient man sich besonderer Aufbereitungs- und Untersuchungsmethoden. – Seit langem hat die Petrographie Gesteinsdünnschliffe hergestellt und tut es auch weiterhin mit Erfolg trotz der Zeit und Kosten, die dies beansprucht. Der harte und spröde Feuerstein macht dabei besondere Mühe; doch kann er auf eine andere Art bequemer und billiger für die Mikroskopie vorbereitet werden. Diese dient überwiegend der Paläontologie, in geringerem Maße auch einigen Nachbarwissenschaften, wie der Vorgeschichte. Für diese Zwecke hat WALTER WETZEL (1922) eine steinzeitlich-primitive Schlagtechnik in die Fachforschung eingeführt, die hier kurz geschildert wird.

Ein etwa handgroßes Flintbruchstück wird an einer seiner scharfen Kanten mit einem kleinen, leichten Hammer mehrmals kurz und mäszig stark angeschlagen. So werden Lamellen und Splitter, d.h. kleine Mantelstücke eines Schlagkegels, mehr abgerissen als abgedrückt. Statt der für die mineralogische Beurteilung erwünschte Planparallelität eines Dünnschliffes ermöglicht die verschiedene Dicke der Bruchstücke bei der „*Splitter-methode*“ ein besseres Urteil über die Verteilung der färbenden Pigmente und Kristallanhäufungen im Flintstück. Ausserdem läßt sich so die natürliche Oberfläche von Flintknollen mikroskopisch genauer beobachten, um etwa die Erscheinungen der Verwitterung („*Patinierung*“, „*Dendriten-Bildung*“) oder die mechanische Beanspruchung der Feuersteingeschiebe und -gerölle zu untersuchen (Taf. 1, Fig. 1-3). – In einem mit Spiritus oder einer im optischen Verhalten ähnlichen Flüssigkeit gefüllten Uhrglasschälchen läßt sich Splitter für Splitter (beiderseits!) genau betrachten; hierfür genügt meistens eine schwache oder mittlere Vergrößerung. Wird eine stär-

kere gewünscht, wird das Stück in eine helle Immersionsflüssigkeit gebracht. – Besser als eine vorläufige Trockenaufbewahrung in einzelnen Behältern ist wohl die alsbaldige Einbettung der ausgewählten Splitter für Dauerpräparate in einer Harzmasse wie „Cäsax“, gegebenenfalls sogar ohne Deckgläschen.

Auf diese Weise wurden im Laufe der Jahre viele Tausende Flintsplitter von Proben aus dem Anstehenden und aus umgelagertem Material mikroskopiert und ein gut Teil aufbewahrt; die für das bloße Auge dunkel erscheinenden Handstücke erwiesen sich dabei am fündigsten. – Neben den Splitterpräparaten sind noch viele kieselige wie kreidige und tonige Gesteinsproben mit chemischen Mitteln behandelt worden, um den ausgeschlammten Rückstand zu untersuchen; auch diese Funde gehören in's „Mikroarchiv“.

Was nun die eigentliche Mikropaläontologie des Feuersteines betrifft, so hat schon C. G. EHRENBURG (1795-1876) im Laufe des vorigen Jahrhunderts in Berlin die ersten bisher unbekanntem Mikrofossilien im Feuerstein entdeckt, doch hat erst die heutige Forschung den Reichtum an winzigen, z.T. wohl erhaltenen, Lebensresten gerade im Flint festgestellt. Unter den Einzellern spielen die Flagellaten und Foraminiferen die Hauptrolle; bei den Vielzellern sind es vor allem die Spongien, Bryozoen und Echinodermen, auch Anneliden (Würmer) mit ihren Kieferchen und Fische, von denen kleine knochige Körperteile als Flinteinschlüsse vorkommen.

Von den ursprünglich massenhaft im Meeresboden der Kreidezeit abgelagerten einzelligen Algen sind die kalkigen bzw. kieseligen Schalen der Coccolithophoriden („Kalkgeizler“) und die Diatomeen („Kieselalgen“) garnicht bzw. höchst selten im Splitter eines Flintsteines erkennbar geblieben (s. Taf. 1, Fig. 4).

Nicht ganz so selten finden sich in Flintpräparat die zierlichen Kieselgerüste der Radiolarien („Strahlentiere“), allerdings meistens nur in Form naturgetreuer Nachbildungen („Pseudomorphosen“) aus sekundär ausgeschiedenem, schwärzlichen Eisensulfid; dieses hat die abgewanderte oder für die Flintbildung benötigte opalähnliche Kieselsäure ersetzt (s. Taf. 1, Fig. 5-7).

Etwas anders steht es bei den meistens kalkschaligen und gröber gebauten Foraminiferen („Kreide- oder Öltierchen“), die mit den Radiolarien verwandt sind. So sind besonders in einigen Feuersteinen der dänischen Kreide massenhaft Einzelkammerschalen durch feinkörnige sekundäre Porenfüllungen sichtbar geblieben; bei einigen größeren Vertretern kommt auch eine bessere Erhaltungsweise vor (s. Taf. 1, Fig. 8-9). In der Lüneburger und Rügener Kreide gibt es oft Anhäufungen von dunklen Steinkernen oder hellen Resten zerbrochener oder halbaufgelöster Mehrkammer-Foraminiferen im Feuerstein; letztere ähneln unt. d. Mikr. ausgestanzten Blechstücken und bestehen aus Resten opalreichen Chalcidons. – Petrographisch wie biologisch eigenartig sind schliesslich die im süd-schwedischen „Hanaskog-Flint“ häufigeren organisch-chemischen Funde von Kleinforaminiferen, die auch im salzsauren Rückstand der Kreide gut erhalten vorkommen. Dabei handelt es sich um hellbraune, manchmal noch durch Eisensulfid geschwärzte häutige Abformungen der Kammerräume (wie „Tapetenauskleidungen“), während die entsprechhenden harten Schalenwände selbst gänzlich aufgelöst sind. So entstanden manchmal recht zierliche Gebilde (Taf. 1, Fig. 10-12). Solchen Foraminiferen ähneln schwarzbraune, blasentragende, etwas grössere Stiele und Fäden, die manchmal verzweigt sind und „Chitinodeudron“ bezeichnet werden; ihre genauere verwandtschaftliche Stellung ist jedoch noch nicht gesichert (s. Taf. 1, Fig. 13).

Noch eigenartiger sind winzige, hellbraune ovale Hüllen, die einen oder mehrere, geiszelartig gewundene, feine Fäden von oftmals beträchtlicher Länge tragen und die unter dem Namen „Ophiobolaceen“ zusammengefasst werden (s. Taf. 2, Fig. 1-4). Der Anblick solcher so „lebensfrisch“ anmutenden Gebilde in einem Flintstück legt den Gedanken nahe, dass die schützende Hülle der kieselsauren Gelmasse sich schon bald nach dem Absterben und Absinken der einstigen Lebewesen auf den Schlammgrund ausgebildet hat. Derartige zarte Zellorganellen wie die Geiseln – oder waren es in unserem Falle „Haftfäden“ nach der Art gewisser heutiger Grünalgen? – sind im abgestorbenen Zustand in der Regel sehr hinfällig und nur schwer zu präparieren. – Im Falle der vorliegenden Fadenträger aus der Kreidezeit ist bei ihrer guten Konservierung seit schätzungsweise achtzig Millionen Jahren auch eine sehr frühe Bildung des sie einschliessenden Flintsteines beziehungsweise seines weichen Vorstadiums anzunehmen; solche relativ frühen Produkte sind nach W. WETZEL (1922) als „primär“ zu bezeichnen im Gegensatz zu späteren Konkretionen, den „sekundären“ oder gar „tertiären“. Vielleicht stammen seltene kleine Kugelformen aus sekundären Eisensulfidkörnern von Einzellern von bes. zartem Bau; sie wurden als *Amöben* gedeutet (s. Taf. 3, Fig. 1).

Viel leichter als jene sehr kleinen Fadenträger sind die *Peridieen* oder Dinoflagellaten unt. d. Mikr. aufzufinden; sie sind z.T.(!) schon zeit den Tagen EHRENBERG'S als Flint-Einschlüsse bekannt (s. Taf. 3, Fig. 4-9, auch Fig. 10-13 und Fig. 2). Ihr Körperbau ist meistens durch eine Querrfur, den „Gürtel“, in der „Äquatorregion“ ihres aus organischen Stoffen bestehenden rundlichen Panzers und oft durch ein oder mehrere vorspringende „Hörner“ an demselben gekennzeichnet. Die beiden Geiseln der lebenden Zellen fehlen diesen Mikrofossilien, ebenso meistens die Ausprägung eines „Plattenmusters“, wie es auf der Auszenwand der rezenten Verwandten sogar zur Unterscheidung zahlreicher „Arten“ dient. Auch sehr lang gehörnte Formen und solche mit einem feinen Stachelkleid kommen sowohl fossil als auch rezent vor.

Eine mannigfaltige Bestachelung und oft eine durchweg weitmaschige „Felderung“ zeigen die sogenannten „Stachelhüllen“ von mehr oder minder runder Gestalt. Gelegentlich haben sie Formanklänge an Sporen und Pollen höherer Landpflanzen, doch sind sie vorläufig unter dem Namen „Acritarchen (d.h. „unsicheren Ursprungs“)“ zusammengefasst, soweit ihr verwandtschaftlicher Zusammenhang mit den Peridineen (s.o.) noch nicht hinreichend wahrscheinlich geworden ist; für diese engere, peridineenhafte Gruppe hat man den bisherigen Namen *Hystrichosphaerideen* („Igelkugeln“) beibehalten. Unter ihnen fallen einige Kleinformen durch ihren besonders zierlichen Körperbau auf, wie die mit einem radiolarienhaften Gitterwerk oder einer Auszenhaut versehenen und die dreigeteilten, dabei oft ganz stachellosen Formen (s. Taf. 4, Fig. 2-14, auch Taf. 3, Fig. 3 und 14).

Zu den Resten von Metazoen (höheren Tieren) aus der Kreidezeit gehören Teile von *Kieselschwämmen* (Silicispongien). Meistens sind die hierher gehörigen Flintsteinschlüsse Haufen von sogenannten Fleischnadeln in Form von gröberen oder feineren Spieszen und Stäbchen, hier und da auch verzweigt oder sternförmig. Seltener sind kleinste Bruchstücke von Gittergerüsten, nurmehr an dem Abbild ihrer „Achsenkanäle“ erkennbar, die frühzeitig mit Körnern von Eisensulfid gefüllt wurden und im durchscheinenden Splitter des „Silex“ als schwarze Striche oder Punktreihen erscheinen. – Auch Stücke von *Kalk-*

Schwämmen sind gelegentlich als winzige Gerüste von Gugelform noch im Flintsplitter zu sehen (s. Taf. 5, Fig. 1-7).

Als zweite wichtige Gruppe der vielzelligen Organismen haben die überwiegend kalkschaligen *Bryozoen* („Moostierchen“) zu gelten. Meistens sind es nur Bruchstücke ihrer riffartig zusammenlebenden Kolonien, die z.B. das Innere der baltischen Danienfeuersteine schier erfüllen und im Dünnschliff oder Flintsplitter verschiedene eigenartige Figuren innerhalb des mikroskopischen Gesichtsfeldes ergeben können. Schon an der Oberfläche eines ausgewaschenen Geschiebestücks des Bodens fallen oft die porigen Gehäuse im ausgewitterten „Rasen“ solcher Meeresbewohner dem beobachtenden Sammler auf. – Erst mit dem Mikroskop sind dagegen gelegentlich kleine Knollen an und in ihren Wohnkammern zu erkennen, die sog. „Braunen Körper“, die wohl der Fortpflanzung der Tiere dienen (s. Taf. 5, Fig. 8-9 und 10-12).

In weit geringerer Anzahl gibt es noch Teile einiger *anderer Kalkschaler* im Flint, wie z.B. kleine Anschnitte von Seeigelstacheln oder sog. Pedicellarien der Seeigelpanzer, Seeliliengliedstücke und winzige „Skleriten“, meist in Radform, wie sie noch heute in der Haut von „Seegurken“ zu finden sind (s. Taf. 5, Fig. 13-18). – Als stabförmige Gebilde fallen manchmal im Flintsplitter wie im Kreiderückstand die zusammengeschwemmten Trümmer von zerfallenen Molluskenschalen (aus ihrer „Prismenschicht“) dem Mikroskopiker auf, während grössere Schalenstücke höchst selten sind (s. Taf. 6, Fig. 12).

Kleine, sehr zierlich gebaute und nicht so seltene Gebilde von dornig-hakigem oder kammförmig gegliedertem Aussehen sind die „*Scolecodonten*“, die neuerdings als Teilstücke der Mundwerkzeuge (vornehmlich von „Anneliden“, d.h. Ringelwürmern) gedeutet werden (s. Taf. 6, Fig. 1-4). Ausserdem kommen gröbere Kieferchen und Einzelzähne im baltischen Flint vor; häufiger noch zeugen Knochensplitter sowie Wirbel und Schuppen von der einstigen *Fischfauna* des Meeres. An manchen dieser kleinen Stücke ist noch die zerstörende Wirkung eines bohrenden „*Schmarotzerwesens*“ zu erkennen; nur lässt sich kaum entscheiden, ob es sich dabei um eine Alge, einen Pilz oder ein Urtierchen handelte (s. Taf. 6, Fig. 5-7 und Taf. 4, Fig. 1).

Von den *Pflanzen* der Vorzeit zeugen einzelne oder gehäufte Gewebefetzen im Flint, hier und da ein deutbarer Pollen (von Nadelbäumen) oder nicht näher definierbare, bräunliche Fäden (von Algen?) (s. Taf. 6, Fig. 8-10).

Schliesslich seien als weitere „Lebensspuren“ *Kotstücke* von kleinen Tieren und schlierige oder jauchige dunklere Partien im Flintstein erwähnt (s. Taf. 6, Fig. 11 und Taf. 1, Fig. 3).

Rein anorganischen Ursprungs sind dagegen die eisblumenähnlichen sogenannten *Dendriten* auf den Bruchflächen stark verwitterter, rissig gewordener Feuersteine; sie verdanken der Ansammlung und Ausscheidung von Eisen- und Mangansalzlösungen in feinsten Spalten des Gesteins ihre Entstehung. Ebenso gehören Anhäufungen von Kristallen oder kleinen Drusen aus Calcit, Quarz oder Eisensulfid hierher (s. Taf. 1, Fig. 2).

Die „Einkieselung“ der kreidezeitlich sedimentierten Organismenreste hat also – je nach den Ausgangsstoffen für die Konservierung – bei den oben genannten Gruppen zu qualitativ und quantitativ verschiedenen Ergebnissen geführt. Im wesentlichen lassen sich dabei drei Richtungen feststellen:

1. Die Erhaltung kalkiger Bestandteile im Inneren der Flintmasse ist auch bei größeren Gehäusen oft mit weitgehender Umwandlung und Zerstörung der

Struktur verbunden. Im Falle der Kleinforaminiferen führte sie zur völligen Schalenauflösung bis auf die eigenartige Substanz der „organischen“ Steinkerne. Die winzigen Deckplatten der ebenfalls für die Kreide bezeichnenden „Kalkgeizler“ sind hingegen offenbar gänzlich verschwunden im Flint.

2. Die kieselgepanzerten Kleinformen erlagen ebenfalls am Meeresgrund chemischen Umwandlungen ihrer anorganischen Bestandteile. Selbst die meist größer gebauten Gerüste der Spongien (Schwämme) sind oft nur mehr an den schwärzlichen Ausfüllungen ihrer Achsenkanäle im Flint zu erkennen. Noch mehr auf fremde Stoffzufuhr für ihre Konservierung angewiesen waren die zierlichen Skelette der Radiolarien und Schalen der Diatomeen, die beide als Flinteinschlüsse eine große Seltenheit bilden, ganz zu schweigen von der kleinen Gruppe der winzigen Kieselgeizler.

3. Im Gegensatz hierzu bilden die durch organische Stoffe konservierbar gewordenen Hüllen der Einzeller ein auffallendes Kennzeichen der Lebensreste im Flintstein, seien es nun echte Flagellaten (Geizzlinge) oder die ihnen z.T. ähnlichen „Stachelhüllen“ (in weitestem Sinn). Auch die Wurmkieferchen und die knöchigen Stücke von Fischen sowie Reste von Pflanzen (z.B. Algenfäden, Gewebefetzen und Pollen oder Sporen) lassen sich hier anreihen, – mag auch die stoffliche ursprüngliche Beschaffenheit der genannten Objekte und dementsprechend ihre Diagenese („Alterung“ im Sediment) im einzelnen recht verschiedenen gewesen sein.

Aus der geschilderten Mikropaläontologie des Flintsteines ergab sich sein relativer Reichtum an organisch erhalten gebliebenen Kleinformen. Aus der Güte der Konservierung zarter Strukturen an manchen unter ihnen kann man auf eine schnelle Einbettung der abgestorbenen Organismen in der Kieselmasse der Konkretion schließen, die sich um sie ausschied und ihre Feinstrukturen vor dem völligen Zerfall bewahrte. Zum Verständnis solcher beschleunigten Konkretionsvorgänge ist von den kalkigen und mergeligen Meeresabsätzen der späteren Kreidezeit auszugehen. Diese bilden ganz überwiegend das „Muttergestein“ für die Entstehung des Feuersteines und die Grundlage für die Bedingungen der Erhaltungsweise der organischen Rückstände aus der damaligen Vorzeit; es handelt sich also um den „Kieselhaushalt“ des Kreidemeeres.

Einen wesentlichen Teil des Rohstoffes für den späteren Feuerstein d.h. eben das Siliciumdioxid, lieferte zunächst das Meerwasser selbst. In dieses transportierten, wie auch heute noch, die Flüsse, wenn sie darin einmündeten, die im Festlandboden durch Verwitterung entstandenen und daraus ausgewaschenen, löslichen Bestandteile in ihrem Wasser. – Es handelt sich hierbei allerdings nur um sehr verdünnte Lösungen. Um so eindrucksvoller ist es, dass die Lebewesen bei einer Konzentration von nur etwa 0,0005 bis 0,1103 g Si O<sub>2</sub> je Liter Wasser des Weltmeeres genügend Kieselsäure in ihrem eigenen Körper anzusammeln vermögen, um daraus ihre Schalen und Gerüste aufzubauen. „Spezialisten“ für Kieselsäurespeicherung sind, wie oben angeführt, die Kieselalgen, die Strahlentiere und die winzigen Kieselgeizler ausser den Kieselschwämmen. Besonders die beiden erstgenannten Gruppen bevölkern noch heute die weiten Meeresräume, meistens freischwebend und z.T. in jahreszeitlich wechselnder Häufigkeit, in so ungeheuren Mengen, dass ihre nach dem Tode abgesunkenen Hartgebilde einen wesentlichen Bestandteil des Bodenschlammes ausmachen und sich sogar Massen von Kieselgesteinen bilden konnten („Diatomit“ und „Radiolarit“).

Die mineralische Form für die Hartgebilde der „Kieseliebhaber“ ist bei den ge-

nannten marinen Organismen der Opal. Dieser ist relativ leicht löslich. Damit sind es auch die zarten Schalen der Diatomeen und die zierlichen Gerüste der Radiolarien, wenn sie in tiefere Wasserschichten mit höherem Gehalt an Kohlensäure oder anderen Verwesungsgasen absinken. So lässt es sich verstehen, dass aus einer im Meerwasser weit verteilten und stark verdünnten Silikatlösung über die Lebenstätigkeit der genannten Organismen (einschließlich eines Teils der Kieselschwämme) vielleicht auch unter Mitwirkung von Bakterien, ein opalreiches Sediment ansammelte. Dieses löste sich aber nach und nach wieder auf und verteilte sich im Wasser der Bodenablagerungen gelöst, das die Poren des jüngeren Kreidesediments noch erfüllte.

Bei der folgenden Neubildung von Siliciumdioxid in mehr oder minder festem Zustand mögen die Vorgänge bei der Fäulnis der Weichteile der Meeresorganismen im Bodenschlamm indirekt mitgewirkt haben. Die regen chemischen Umsetzungen und die Lebenstätigkeit bestimmter Bakterien in der Kalkmudde lieszen die Kieselsäure leichter herbeidiffundieren und sich hier, ebenso wie in Hohlräumen, die beim Faulen und Schrumpfen von Tierleichen entstanden waren, rascher konzentrieren. Dabei spielten Adsorptionsvorgänge sicherlich eine grosse Rolle. Nach der hinreichenden Konzentration flockte die Kieselsäure in halbfesten, oft unregelmässig geformten Klumpen aus („Koagulation“), und zwar zunächst als nicht kristallines Gel. Dieser „Gelit“ ist als Vorstufe des späteren, harten Feuersteines, der fertigen „Konkretion“ anzusehen. Zur Härtung aber führte früher oder später die „Diagenese“ (Alterung) des umhüllenden, kreidigen Muttergesteins der Knollen.

Auffalend bleiben dabei die Feuerstein-Bänke mit ihrer regelmässigen Wechselagerung in einem hohen Kreidekliff. In Parallele zur Erscheinung der sogenannten LIESEGANG'schen Ringe in der Kolloidchemie oder auch zu der seltsamen „Bänderung“ von einzelnen Feuersteinknollen ist zu vermuten, dass die Wanderung („Diffusion“) der Kieselsäurelösungen ungleichmässig und „stosweise“, je nach Nachschub und Veränderung der Stoffkonzentrationen, vor sich gehen konnte. Vertikale Bewegungen des Meeresbodens, Strömungen, Klimaschwankungen u.a. wirkten vielleicht mit.

Weitere Theorien über die Entstehung des Feuersteines mag man im Schrifttum nachlesen, von dem ich in meiner letzten, allgemeinen Veröffentlichung einen Ausschnitt gab.

In dieser Abhandlung von 1968 brachte ich auch einen Abschnitt über die erdgeschichtliche und die gegenwärtige Verbreitung des Feuersteines. Dabei stellte sich heraus, dass „Feuerstein“, wenn man den Begriff ganz weit auffasst, „als konkretionäres Kieselsäuregebilde sich durch fast alle erdgeschichtlichen Formationen hindurchziehen und in allen Erdteilen vorkommen.“ In solchem Falle werden die dem Flint verwandten Gesteine „Hornstein“ und „Kieselschiefer“ mit eingeschlossen; der erstgenannte unterscheidet sich normalerweise durch merklich höheren Kalkgehalt und hellere Farbe vom typischen Flint, während der Kieselschiefer durch seinen Reichtum an Kohlenstoff und eine schwärzliche Farbe aufzufallen pflegt. – Nebenbei seien hier die Kieselkonkretionen in gewissen Süswasser-Absätzen (als „Sinter“) erwähnt.

Zu berücksichtigen ist ferner die nicht seltene Umlagerung von Kieselkonkretionen („Feuerstein“). Insbesondere ist die örtliche und oft auch äusserliche Veränderung des betroffenen Stückes beim baltischen Flint bedeutend. So sind am Ende der Tertiär-Periode viele Oberkreide-Feuersteine während und nach

einer vorübergehenden Festlandszeit aufgearbeitet und mindestens in der Auszenschicht stark verändert worden, d.h. mit einer grünlich-braunen Rinde und z.T. mit vielen Grübchen versehen.

Noch bekannter sind die quartären Einwirkungen auf die kreidezeitlichen Absätze. Die Moränenbildung durch die nordischen Eismassen mit ihrem gewaltigen Transport an „Geschieben“ zeugt davon, im einzelnen auch die Abschleifung und Ritzung der harten Naturkörper. Dazu kommen die zahlreichen Gerölle der flutwuschung von Feuerstein im Brandungsgerölle am „Blockstrand“ unserer jetzigen auf die *alluvialen* Fluszsotter und noch mehr auf die Ansammlung und Ausviatilen Terrassenkiese im auszerglazialen Gebiet. Schliesslich ist hinzuweisen Meeresküsten.

Hiermit schlieszt sich der Kreis unserer Betrachtung vom „Stein der Steine“, wie man den gemeinen Feuerstein wohl nennen kann. Möge er weiter die verdiente Beachtung beim Naturfreund finden!

Eutin 21-12-1968

#### DISCUSSIE N.A.V. LEZING VAN DR. O. WETZEL

Vraag: T. Bruins: Zijn vuurstenen uit het Noorden die met de gletschers in ons land terecht gekomen zijn en de vuurstenen die door de Rijn zijn aangevoerd van elkaar te onderscheiden?

Antwoord: O. Wetzel: Voor zover te beoordelen kan men ze niet onderscheiden.

Vraag: W. Felder: Komen verkiezelde weke delen ook voor in de kalk welke de vuursteen omringt?

Antwoord: O. Wetzel: Verkiezelingen komen zowel in de vuursteen als in de omringende kalk voor.

## TAFEL 1

Fig. 1

Oberflächenstück einer Feuersteinscherbe; geregelte Sprunglinien zeugen von glazialer Schrammung (konvexe Seite der Bögen gegen die Druckrichtung gewandt). – Vergr. 30 x. – Präp. A 1800. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 2

„Dendrit“; eisblumenähnliche Ausscheidung von anorganischen Stoffen in engen Gesteinsspalten. – Vergr. 82 x. – Präp. A 100. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 3

Schlierige Streifen aus organischen Zerfallserzeugnissen in fossiler Jauche. – Vergr. 25 x. – Präp. A 317. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 4

Kette von gehörnten Zellen einer Diatomee (Pseudomorphose einer *Trinacria* sp.). – Vergr. 110 x. – Präp. A 1838. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 5

Pseudomorphosiertes Kieselgerüst einer Radiolarie (*Dictyomitra* sp.). – Vergr. 630 x. – Präp. A 2340. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 6

Desgleichen (*Theosyringium* sp.). – Vergr. 200 x. – Präp. 200. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 7

Desgl. (*Rhizoplectopsis baltica* O.WE.). – Vergr. 210 x. – Präp. Jt. 105a. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 8

Porenfüllungen runder Schalen (in polarisiertem Licht); wohl Reste von Foraminiferen (Orbinularien?). – Vergr. 120 x. – Präp. A 383. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 9

Einkammerige Foraminifere (*Lagena hispida* REUSS); Pyritfüllung der Schalenporen, Chalcedonfüllung des Inneren, Entkalkung. – Vergr. 45 x. – Präp. A 76. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 10

„Perlenkette“ von Kammerfüllungen einer Foraminifere; Schalenwände aufgelöst. – Vergr. 105 x. – Präp. 1741. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 11

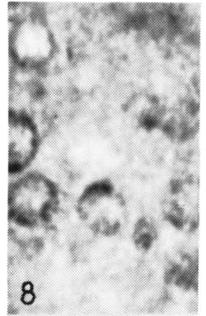
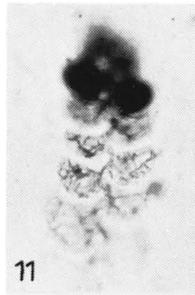
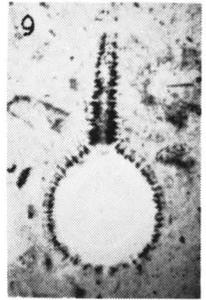
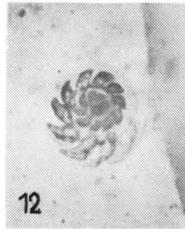
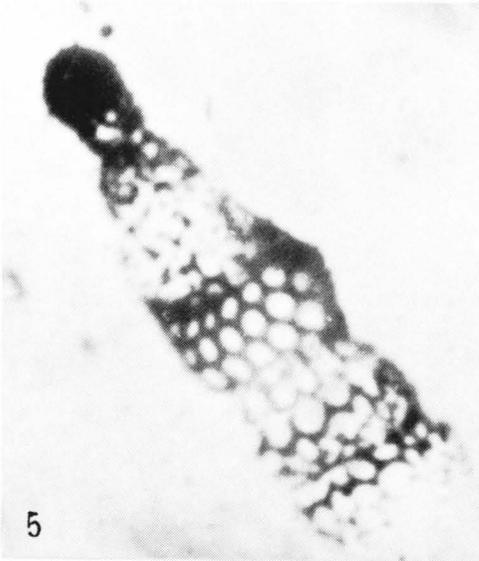
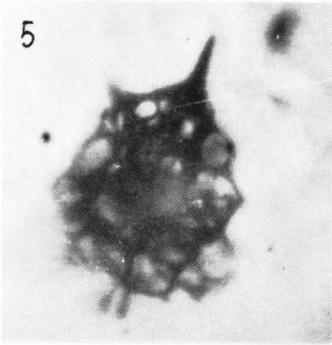
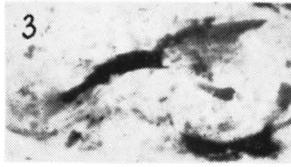
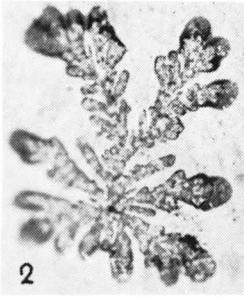
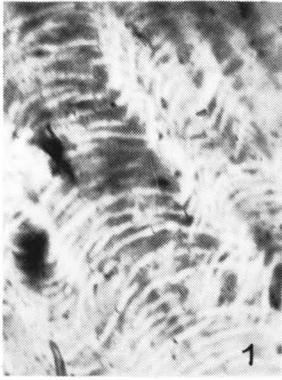
Girlandenförmige Foraminifere; organische, häutige Kammerauskleidungen; kalkige Schalenwände aufgelöst. – Vergr. 80 x. – Präp. A 2946. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 12

Desgleichen eine Foraminifere in Spiralform. – Vergr. 75 x. – Präp. A 1886. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 13

Ein dem *Chitinodendron* Eis. ähnliches Fossil in organischer Erhaltung; vielleicht den Foraminiferen oder den Bryozoen verwandt. – Vergr. 50 x. – Präp. A 350. – Senonfeuerstein (Stevens Klint/Dän.).



## TAFEL 2

Fig. 1

Ovaler Fadenträger (*Ophiobolus lapidaris* O. WE.); vermutlich ein Flagellat des Kreidemeeres. – Vergr. 1435 x. – Präp. A 626. – Geschiebefeuerestein.

Fig. 2

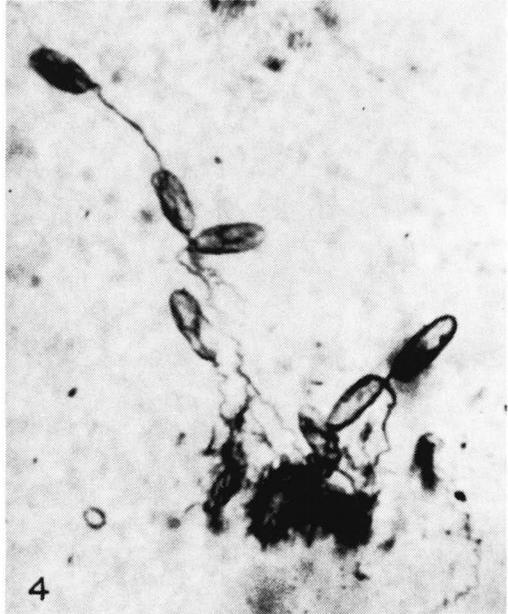
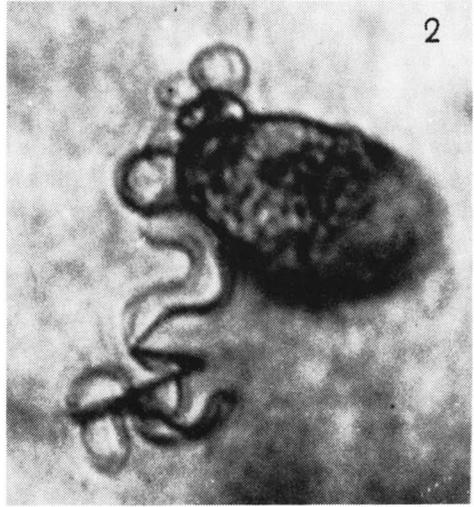
Dasselbe Stück in anderer Foto-Einstellung. – Vergr. 2145 x.

Fig. 3

Ein anderes Exemplar im gleichen Flint. – Vergr. 1290 x. – Präp. A 626.

Fig. 4

Gruppe von etwa acht „Geißelträgern (*Ophiobolus lapidaris* O. WE.). – Vergr. 400 x. – Präp. A 2697. – Geschiebefeuerestein.



### TAFEL 3

Fig. 1

Kugelige Häufchen von Eisensulfid; Pseudomorphose von Einzellern mit Teilungsvorgängen (Amoeben?). – Vergr. 130 x. – Präp. A 379. – Hanaskogflint (Südschweden).

Fig. 2

Zusammengesetzter Flagellat mit mehreren Gürtelfurchen („*Wetzelodinium*“ DEFL.). – Vergr. 125 x. – Präp. A 639. – Senonfeuerstein (Stevns Klint/Dän.).

Fig. 3

Kolonie von Bläschen in Maulbeerform (*Palambages morulosa* O. WE.). – Vergr. 350 x. – Präp. A 350. – Senonflint (Stevns Klint/Dän.).

Fig. 4

Dinoflagellat (*Palaeo-Peridinium* cf. *conicum* O. WE.). – Vergr. 160 x. – Präp. A 407. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 5

Desgl. andre Form (*Palaeo-Peridinium tricuspis* O. WE.). – Vergr. 170 x. – Präp. A 473. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 6

Desgl. andre Form (*Palaeo-Peridinium* cf. *claudicans* O. WE.). – Vergr. 160 x. – Präp. A 407. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 7

Desgl. besondere Form mit Felderhaut (*Palaeo-Peridinium illustrans* O. WE.). – Vergr. 470 x. – Präp. A 700. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 8

Langhörnige Kapsel (Peridinee? „*Ceratium operculatum* O. WE.); oberes Horn abgesprungen. – Vergr. 75 x. – Präp. A 340. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 9

Desgl. Form mit Borstenhaut. – Vergr. 75 x. – Präp. Kt. 7.

Fig. 10

Fünfstrahliger Stern; Innenkörper von Peridinee („*Gymnodinium* cf. *pentasterias* (EHRBG.) SCHÜTT“). – Vergr. 160 x. – Präp. D 34. – Senonfeuerstein von Sasznitz/Rügen.

Fig. 11

Desgl. andre Form mit feinerem Bau. – Vergr. 230 x. – Präp. A 27. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 12

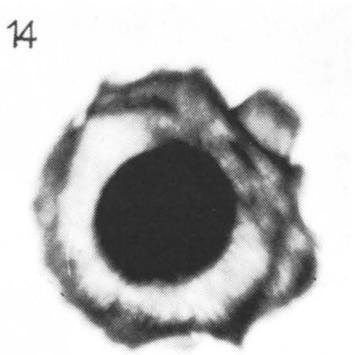
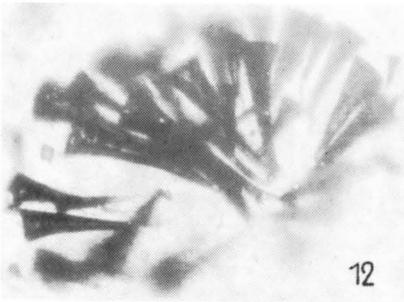
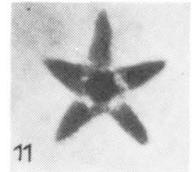
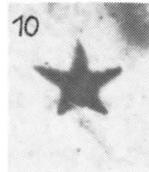
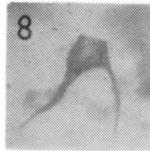
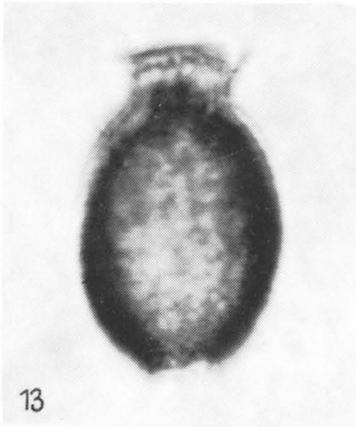
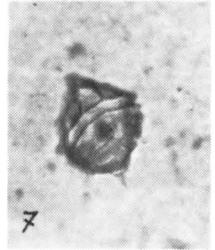
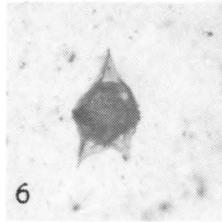
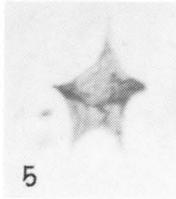
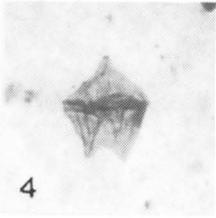
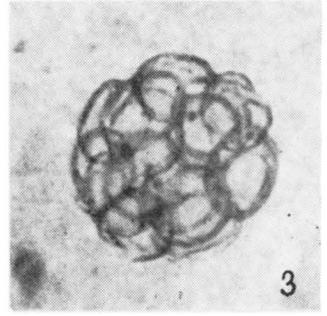
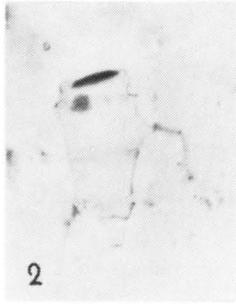
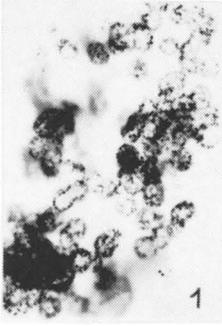
Gruppe tütenförmiger Wohnkammern von Einzellern (cf. *Dinobryon balticum* (SCHÜTT) LEMM.). – Vergr. 255 x. – Präp. D 46. – Geschiebefeuerstein.

Fig. 13

Tönnchenform von Einzeller (Flagellat?). – Vergr. 1875 x. – Präp. D 46. – Geschiebefeuerstein.

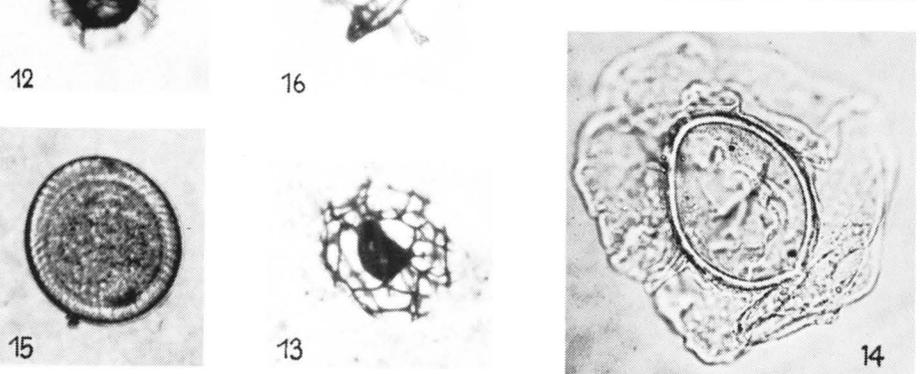
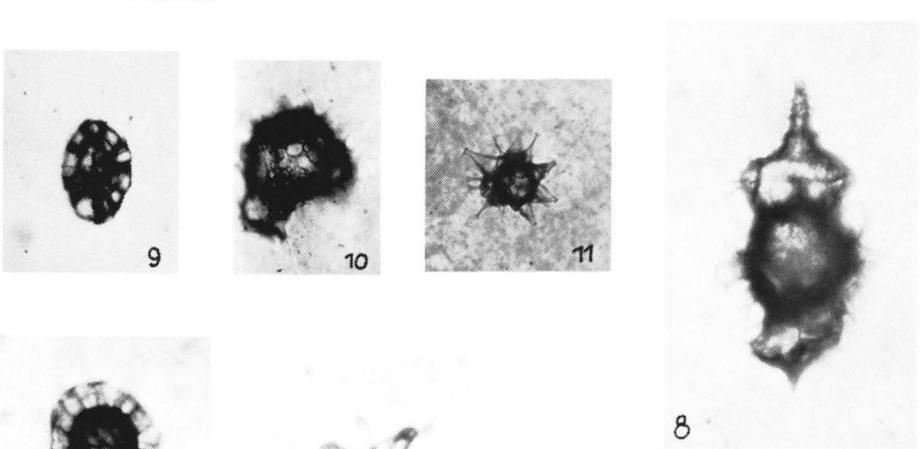
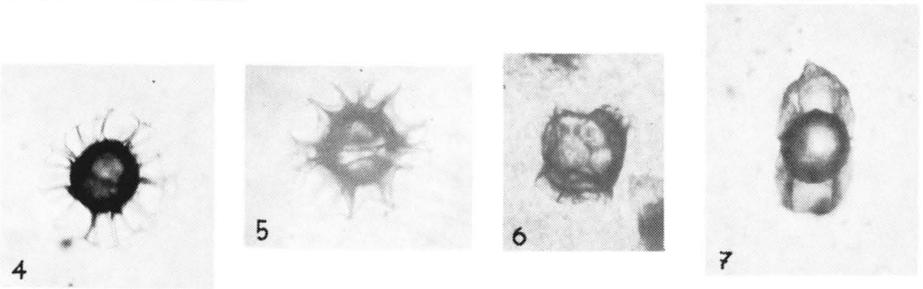
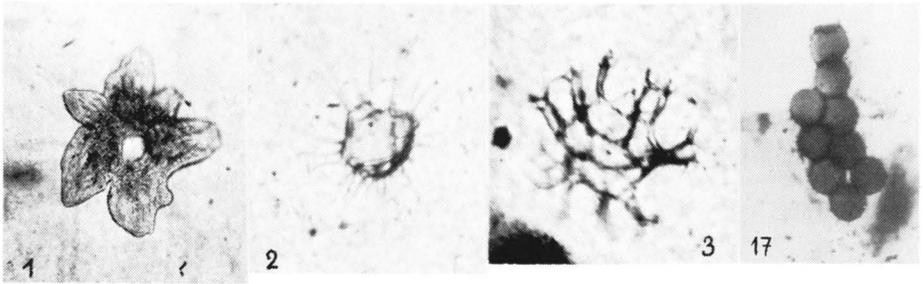
Fig. 14

Nicht ganz glatte Hülle mit Innenkugel (Zyste?). – Vergr. 320 x. – Präp. A 488. – Geschiebefeuerstein.



#### TAFEL 4

- Fig. 1  
Rosettenform mit zentralem Loch; Schuppe von Fisch. – Vergr. 66 x. – Präp. A 2812. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 2  
Hülle mit langen dünnen Stacheln (*Hystrichosphaeridee*). – Vergr. 230 x. – Präp. A 2228. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 3  
Leere Gitterhülle von *Hystrichosphaeridee*. – Vergr. 285 x. – Präp. A 163. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 4  
Kugelige *Hystrichosphaera furcata* (EHRBG.) O. WE. („Igelkugel“). – Vergr. 285 x. – Präp. A 163. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 5  
*Hystrichosphaera* mit „Spannhaut“ und „Gürtelfeld“. – Vergr. 225 x. – Präp. A 158. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 6  
Hülle mit Felderung und vorspringenden Hautleisten (*Hystrichosphaeridee*). – Vergr. 150 x. – Präp. A 284. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 7  
Dreiteilige Hülle (*Triblastula nuda* O. WE.). – Vergr. 190 x. – Präp. A 2360b. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 8  
Desgl. mit Stacheln und Zapfen (*Triblastula utinensis* O. WE.). – Vergr. 220 x. – Präp. A 2109b. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 9  
Gefelderte Hülle (*Cymatiosphaera dictyospyroides* O. WE.). – Vergr. 155 x. – Präp. A 482. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 10  
Hülle mit borstiger und blasiger Oberfläche (*Areoligera tenuicapillata* O. WE.). – Vergr. 340 x. – Präp. A 159. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 11  
Stachelhülle mit breitem Stachelgrund (*Hystrichosphaera bulbosa* EHRBG. sp.). – Vergr. 180 x. – Präp. A 149. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 12  
Stachelhülle in Auszenhaut („*Membranilarnax* O. WE.“). – Vergr. 250 x. – Präp. A 2025. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 13  
Zentrale Kapsel mit peripherem Gitterwerk an drei Radialstützen (*Cannosphaeropsis utinensis* O. WE.). – Vergr. 210 x. – Präp. A 432. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 14  
Stachellose Doppelhülle mit Gürtelsaum. – Vergr. 350 x. – Präp. A 504. – Danienkreide von Ostratorp/Südschweden.
- Fig. 15  
Dickwandige Kapsel mit Porenkanälen (*Tasmanites* bzw. *Pleurozonaria globulus* O. WE.); Zyste, Ei oder Spore? – Vergr. 445 x. – Präp. A 2350. – Geschiebefeuerestein aus Polen.
- Fig. 16  
Kantenansicht von dickem Ring, der einige fingerartige Fortsätze trägt (*Coronopsis digitata* O. WE.). – Vergr. 185 x. – Präp. A 2350. – Geschiebefeuerestein.
- Fig. 17  
Doppelkette von dickschaligen, schachbestachelten Kugeln. – „Eierschnüre“ eines Planktonten („*Palaeobion catenatum* O. WE.“). – Vergr. 55 x. – Präp. Jt. 75a. – Geschiebefeuerestein Moen/Dän.



## TAFEL 5

Fig. 1

Kreuzförmiger Spongienrest, durch rhythmische Mineralbildung im Achsenkanal der Nadel stücke sichtbar. – Vergr. 100 x. Präp. A 1026. – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 2

Sternförmige Schwammnadel. – Vergr. 50 x. – Präp. A 151. – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 3

Ankerförmige Kiesel nadel. – Vergr. 15 x. – Präp. A 446 (d47). – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 4

Stück von Schwammgerüst; noch sichtbar durch Schwefeleisenabscheidung in den  
 ehemaligen Achsenkanälen (Pseudomorphose). – Vergr. 80 x. – Präp. A 80. – Ge-  
 schiefefeu-  
 stein.

Fig. 5

Ähnlicher Gerüstfetzen; Maschen verzerrt. – Vergr. 20 x. – Präp. A 123. – Ge-  
 schiefefeu-  
 stein.

Fig. 6

Hohlraum einer größeren Schwammnadel mit Sphaerolithendrusen. – Vergr. 100 x.  
 Präp. A 166. – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 7

Kugeliges Kalkschwamm (*Porosphaera* sp.), an der helleren Stelle einst festge-  
 wachsen. – Vergr. 7 x. – Präp. D 32. – Feuerstein des Mukronaten-Senons von  
 Rügen.

Fig. 8

Stabförmige Bryozoenkolonie. – Vergr. 42 x. – Präp. A 1197. – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 9

Zwei besonders zierliche Querschnittsbilder von Bryozoen. – Vergr. 20 x. – Präp.  
 Ds. 2. – Danien-Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 10

Gruppe von sog. „Braunen Körpern“ aus Bryozoen. – Vergr. 70 x. – Präp. Jt.  
 105b. – Kreidefeuerstein von Moens Klint.

Fig. 11

Bryozoen-Kammern mit Inhalt: je eine Knolle mit strahligen Auswüchsen, ähnlich  
 der *Pseudastrophizula* EIS. – Vergr. 75 x. – Präp. A 2160. – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 12

Einzelner „Brauner Körper einer Bryozoe. – Vergr. 65 x. – Präp. A 1969. – Ge-  
 schiefefeu-  
 stein.

Fig. 13

Längsschnitt durch Seeigel-Stachel. – Vergr. 20 x. – Präp. A 1617. – Geschiebe-  
 feu-  
 stein.

Fig. 14

Schrägschnitt durch ein andres Stück. – Vergr. 30 x. – Präp. A 1781. – Geschiebe-  
 feu-  
 stein.

Fig. 15

Pfeilförmige „Pedicellarie“ von Seeigelpanzer. – Vergr. 72 x. – Präp. Mü. 3. –  
 Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 16

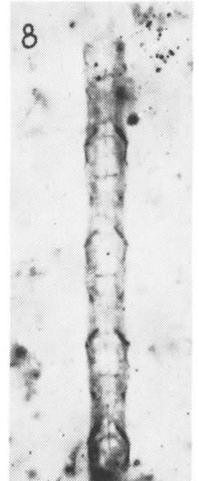
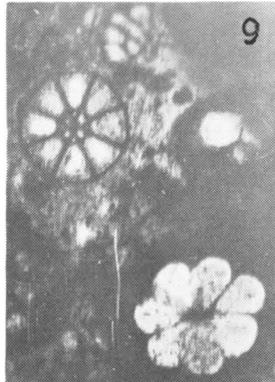
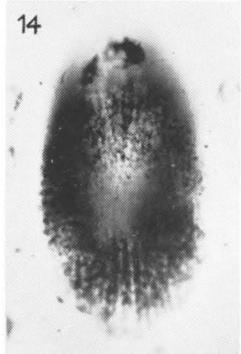
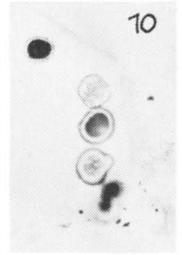
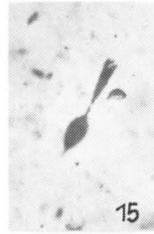
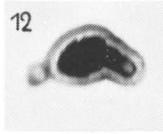
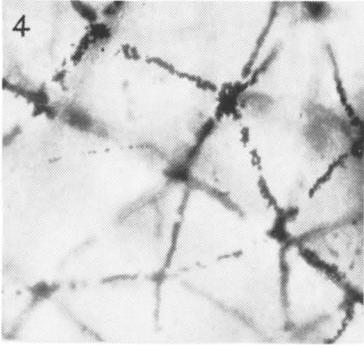
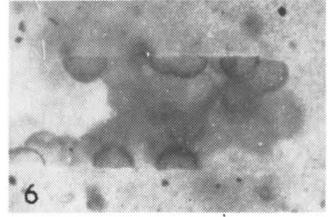
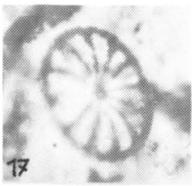
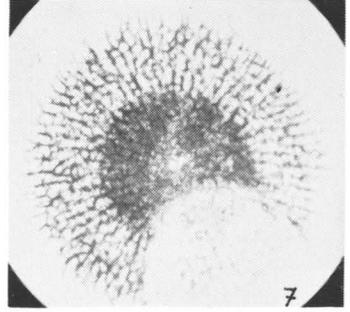
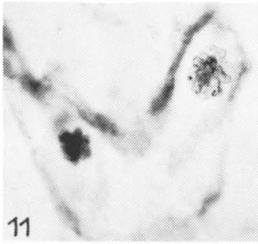
Scheibe mit strahliger Struktur; Sklerit von Seegurke. – Vergr. 60 x. – Präp. Ds. 2.  
 Danienfeuerstein (Geschiebe).

Fig. 17

Desgl. in Radform. – Vergr. 65 x. – Präp. A 2450. – Geschiebefeu-  
 stein.

Fig. 18

Desgl. in Sonnenform. – Vergr. 55 x. – Präp. A 1944. – Geschiebefeu-  
 stein von  
 Hanerskag (Südschweden).



## TAFEL 6

Fig. 1

Ein „Scolecodont“; kammförmiges Mundwerkzeug von Wurm (Annelide). – Vergr. 300 x. – Präp. A 392a. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 2

Desgl.; Einzelhaken. – Vergr. 160 x. – Präp. A 455. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 3

Gruppe kammförmiger Scolecodonten, vielleicht von einem Individuum. – Vergr. 225 x. – Präp. A 2165. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 4

Zangenartiges Scolecodontenpaar. – Vergr. 150 x. – Präp. A 379. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 5

Haifisch-Zahn; Spitze mit „Pulpa und Knochenmasse“. – Vergr. 50 x. – Präp. A 160. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 6

Wirbelknochen eines kleinen Fisches. – Vergr. 30 x. – Präp. A 143. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 7

Knochenplatte mit feinen Röhren eines Bohrorganismus (Einzeller?). – Vergr. 125 x. – Präp. A 147. – Geschiebefeuersstein.

Fig. 8

Pflanzliches Gewebe mit Längsstreifung (Stengelfestigung). – Vergr. 80 x. – Präp. (Kiel) Nr. 576. – Feuerstein aus Maastrichtien-Kreide von Visé/Belgien.

Fig. 9

Zelliger Gewebefetzen in tierischem Fraszrest (?). – Vergr. 170 x. – Präp. A 2035. Geschiebefeuersstein.

Fig. 10

Sternähnliche Verknüpfung dunkler Bänder; Algenfäden oder Füllungsreste von Bohrgängen (?). – Vergr. 160 x. – Präp. Jt. 18. – Feuerstein von Erslev auf Mors/Jütland (Dän.).

Fig. 11

Dunkler, spindelförmiger Kleinkörper; Echinodermen-Koprolith (?). – Vergr. 100 x. – Prép. A 314. – Senonfeuerstein von Moens Klint/Dän.

Fig. 12

Kalkschalenhälfte eines Brachiopoden mit Feinbau. – Vergr. 12 x. – Präp. A 441. Geschiebefeuersstein.

