

III Geologie - Geology

Über die Zeit der Bildung der Feuersteine in der Oberen Kreide.

Ehrhard Voigt

Abstract

Cretaceous reworked flints in the Upper Maastrichtian Chalk tuff near Maastricht which are colonized by contemporaneous Foraminifera, Bryozoa, Serpulids and other epibionts prove that they were completed as consolidated flint nodules at that time and that their origin was confined at the zone of *Belemnitella junior*. These findings let to the critical review of arguments in favour of both early or late diagenesis flint origin hypothesis. It is shown that certain examples cited currently in the literature have lost much of their cogency. Because the space is too limited to discuss all these questions based upon the authors newer researchs in detail, it must be referred to the extensive paper on this topic (VOIGT 1979,).

Einführung

Neben den Fragen nach der geochemisch-mineralogischen Seite der Feuersteinentstehung und der Herkunft der Kieselsäure steht die Frage nach der Zeit, wann sich die Feuersteine der oberen Kreide gebildet haben, im Vordergrund des Interesses. Bekanntlich gehen die Meinungen hierüber weit auseinander, da bisher eindeutige Kriterien für eine frühzeitige d.h. kreidezeitliche Entstehung der Feuersteine schwer beizubringen waren. War doch lange Zeit nur soviel bekannt, daß sie zu Beginn des Tertiär als gründerindete, mit Pigmentglaukonit überzogene Feuersteine auf sekundärer Lagerstätte im Basalkonglomerat des Paläozäns bereits fertig gebildet vorhanden waren.

Die Auffassung einer spätdiagenetischen Entstehung, oft verbunden mit der Vorstellung einer postkretazischen Heraushebung des kreidezeitlichen Meeresbodens und erst danach erfolgten Feuersteinbildung unter festländischen Bedingungen (Sickerwassertheorie WROOST 1936, GRIPP 1954) vor der paläozänen Transgression schien dadurch ihre Bestätigung zu finden, daß überall da, wo feuersteinführende Kreideschichten von jüngeren kretazischen "intraformationalen" Konglomeraten überlagert werden, keine umgelagerten Feuersteine vorkommen (CORNET 1910, W.M. FELDER 1975a). Die sich daraus ergebende Schlußfolgerung, daß die Feuersteine damals noch nicht vorhanden waren, erschien zwingend (vergl. S.13) Demgegenüber verweisen die Anhänger einer frühdia-genetischen Feuersteinbildung auf Argumente, die sowohl auf Fossilhaltung im Feuerstein als auch auf sedimentologischen Befunden beruhen.

Da die Auffassungen über eine Früh- und Spätdiagenese in der Literatur im Detail häufig voneinander abweichen und auch die Vorstellung einer syngenetischen Feuersteinbildung unmittelbar unter oder sogar auf dem Meeresboden existiert, sei im folgenden die Fragestellung dahingehend vereinfacht, daß die Vertreter einer frühdia-genetischen Feuersteinbildung im wesentlichen mit einer noch intrakretazischen Entstehung des Feuersteins rechnen, während die Anhänger der Spätdiagenese die Feuersteinbildung vorwiegend für postkretazisch halten.

Von Epibionten besiedelte Feuersteine aus der Maastrichter Tuffkreide als Beweis für eine intrakretazische Feuersteinbildung

Die seit fast 150 Jahren diskutierte Frage, ob die Feuersteine intrakretazisch oder postkretazisch entstanden sind, konnte nunmehr wenigstens für die südlimburgische Kreide eindeutig zugunsten einer bereits kretazischen Feuersteinbildung entschieden werden, nachdem es dem Verf. gelungen war, in der jüngsten Maastrichter Tuffkreide in der Grube Blom bei Terblijt, Gem. Berg en Terblijt, einen Feuerstein aufzufinden, (VOIGT 1977), der von verschiedenen Arten von Bryozoen, Foraminiferen, Kalkalgen und Serpuliden besiedelt ist (Taf. 1 fig. 1-6), und

zweifelloos aus der die Tuffkreide unterlagernden feuerstein-führenden Gulpenkreide (Cr 4) (Lanaye-Chalk IIIg und Lixhe-Chalk IIIe - IIIf nach FELDER 1975) stammt.

Der ca. 11 x 5 cm große Feuerstein stammt aus der keine autochthonen Feuersteine führenden jüngsten Tuffkreide der Abt. Md nach UHLENBROEK = Mitte der Zone IVf (über dem Horizont von Caster) nach W.M. FELDER (1975). Er zeigt im Innern eine sehr dichte dunkle bis graue Grundmasse, in der auch einige, wenn auch nicht näher zu bestimmende Foraminiferen von kretazischen Habitus zu erkennen sind. Die petrographische Beschaffenheit läßt nur einen Vergleich mit den Feuersteinen der Gulpenkreide, keineswegs aber mit unterkarbonischen oder jurassischen Hornsteinen zu. Ein weiterer ähnlicher Fund gelang danach Herrn SJIR RENKENS (Brunssum) an derselben Fundstelle. Dieses zweite etwas kleinere Stück ist auf allen Seiten von noch besser erhaltenen Bryozoen bewachsen als sie das erstgenannte Stück aufweist. Es zeigt auch eine Bruchfläche, auf der eine cheilostome Bryozoe aufgewachsen ist (Taf. 1 Fig. 7). Daraus geht hervor, daß der Flint damals bereits eine ebenso feste und spröde Beschaffenheit besaß wie sie die Feuersteine heute aufweisen. Da sowohl die feuersteinführende Gulpenkreide als auch die Fundschicht der gleichen Faunenzone des Obermaastrichtiums (Zone der *Belemnitella junior*) angehören, kann sich die Feuersteingeneese kaum über einen längeren Zeitraum als 1-2 Mill. Jahre erstreckt haben, wenn man nach van Hinte (1976) für das Obermaastrichtium einen Zeitraum von 2,5 Mill. Jahren annimmt.

Die Anwendung der Maturationstheorie von Heath und Moberly auf die Feuersteingeneese

Wenn man für die Feuersteingeneese die heute weitgehend anerkannte Maturationstheorie von HEATH und MOBERLY (1971) zugrunde legt, wonach in karbonatischen Tiefseesedimenten die Bildung von hier meist chert genannten Kieselkonkretionen sich in mehreren zeitlich weit getrennten Phasen vollzieht, so würde sich ein solcher Vorgang - etwas vereinfacht - folgendermaßen abspielen:

Von dem amorphen Ausgangsmaterial, dem biogenen Opal A (Spongiennadeln, Diatomeen, Radiolarien, Silicoflagellaten) beginnt mit der Ausscheidung winziger 5-20µ großer, kristallographisch eindimensional fehlgeordneter, idiomorpher, niedrig temperierter, metastabiler Opal - CT (CT = Cristobalit-Tridymit) Blättchen oder Kügelchen, sogenannter Lepisphären (= Zwillingsgruppen von oktaedrischem Cristobalit und hexagonalem Tridymit), auch Porcellanit genannt. Dieser Prozeß führt schließlich unter Verdrängung des Wirtsgesteins, d.h. des Kreidesediments, zur Bildung der uns als Feuerstein oder Chert bekannten Quarzknollen. Die ebenfalls noch instabile Zwischenphase Porcellanit enthält noch über 50% Cristobalit-Tridymit, der schließlich durch krypto- bis mikrokristallinen Chaledon und Quarz ersetzt wird. Dieser allein ist nach den aus den Tiefseesedimenten gewonnenen Erfahrungen thermodynamisch stabil. Diese hauptsächlich auf geochemischen und mineralogischen Untersuchungen basierende moderne Silica-Forschung haben die Feuersteinforschung außerordentlich befruchtet (vergl. v. RAD, RIECH & RÖSCH 1978, FLÖRKE et alii 1976, HANCOCK 1976, HÅKANSSON, BROMLEY & PERCH-NIELSEN 1974).

Die Bildung gallertartiger Kieselmassen auf dem Meeresboden oder im bodennahen Sediment, wie sie noch vor einiger Zeit von verschiedenen Autoren angenommen wurde, ist nach den jüngst aus den ozeanischen Tiefseebohrungen des Bohrschiffes Glomar Challenger des amerikanischen Deep Sea Drilling Project (DSDP) gewonnenen Erfahrungen abzulehnen. Unter der Voraussetzung, daß sich die Kreidefeuersteine nicht unter grundsätzlich anderen diagenetischen Bedingungen als die hier meist chert genannten Kieselknollen jurassischer, kretazischer oder tertiärer Tiefseesedimente gebildet haben, die niemals über den Meerespiegel herausgehoben worden sind, ist anzunehmen, daß auch unsere Feuersteine ein metastabiles CT-Lepisphären ('Protoflint')



Fig. 1

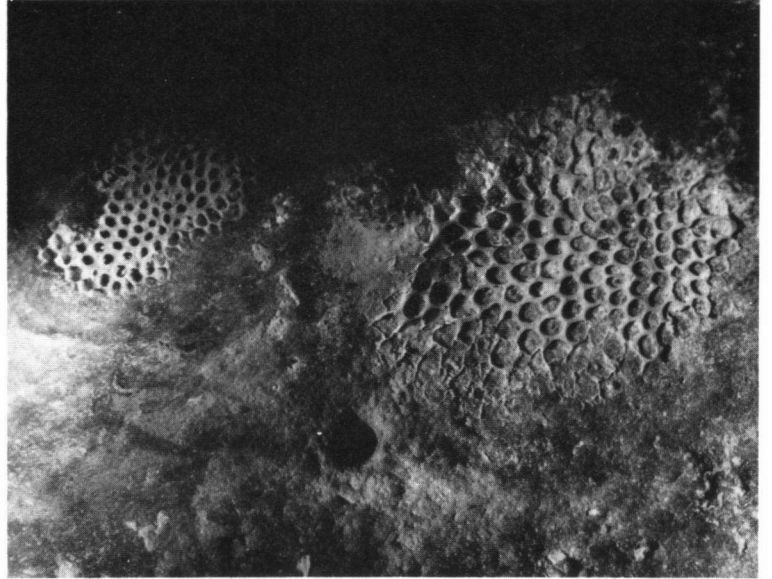


Fig. 2

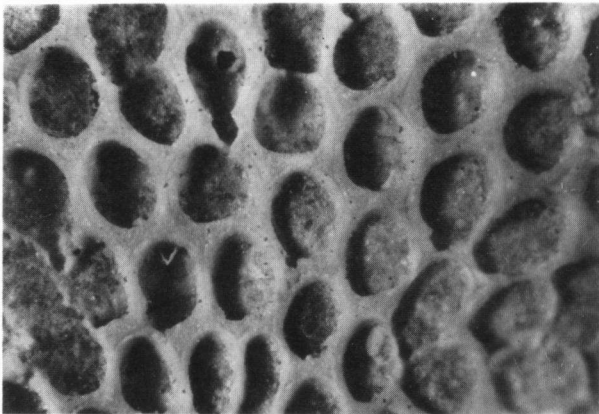


Fig. 3



Fig. 6



Fig. 5

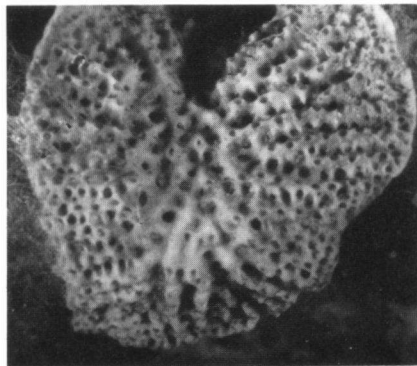


Fig. 4

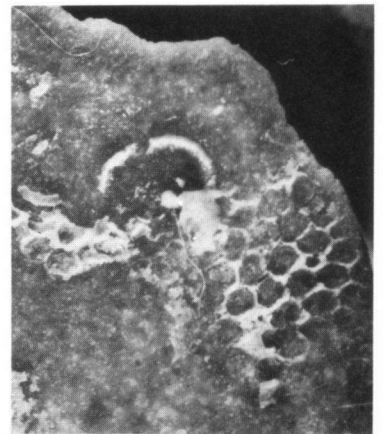


Fig. 7

Tafel 1

Fig. 1-6 Von epibiontischen Organismen bewachsener Feuerstein auf Sekundärer Lagerstätte in der oberen Maastrichter Tuffkreide, Grube Blom (Gem. Berg-Terblijt) b. Maastricht Sammlung Geol. - Paläont. Inst. Univ. Hamburg. T.K. Nr. 1978

- Fig. 1 Ansicht des Feuersteins mit in den Vertiefungen noch befindlicher Tuffkreide. x 1.
- Fig. 2 Auf der Rückseite des Feuersteins inkrustierende cheilostome Bryozoen - links *Callopora sp.*, rechts '*Membranipora*' aff. *cypris* (d'ORB.). x 5.5.

- Fig. 3 '*Membranipora*' aff. *cypris* (d'ORB) vergrößert. x 20.
- Fig. 4 *Lichenopora reticulata* (v HAG.). x 12.
- Fig. 5 2 Exemplare von *Spirorbis*. x 25.
- Fig. 6 Beschädigte Serpuliden. X 25.
- Fig. 7 Bruchfläche eines anderen Feuersteins mit aufgewachsenen Bryozoen- und Muschelresten. Ebendaher. Coll. Sjr Renkens. x 10.

(Fig. 3, 4, 5 und 7 nach Voigt 1979)

- Stadium durchlaufen haben. Das würde auch erklären, weshalb jene intraformationalen konglomeratischen Aufarbeitungshorizonte in feuersteinführenden Kreideschichten wie im Hennegau (CORNET 1910) oder bei Maastricht (W.M. FELDER 1975a: 34) unter dem diskordant auflagernden Horizont von Lichtenberg noch keine Feuersteingerölle enthalten. Was die umgelagerten von benthischen Organismen bewachsenen Feuersteine betrifft, so ist aus ihrem heutigen Quarz-Zustand nicht zu ersehen, ob sie sich zur Zeit des Obermaastrichtiums bereits in der stabilen Quarzphase oder noch in einem instabilen 'Protoflint'-Stadium befunden haben. Wichtig ist jedoch, daß sie damals schon fest, spröde und umlagerungsfähig waren. Feuersteinführende Gulpenkreide muß also damals bereits vermutlich im Osten oder Nordosten der Erosion oder Meeresabration zugänglich gewesen sein, sodaß die in ihr enthaltenen Feuersteine ausgewaschen und umgelagert werden konnten. Mit auf ihnen festgewachsenen Algen oder in Baumwurzeln verankert konnten sie an den späteren Ort ihrer Einbettung gelangen. In nicht allzu weiter Entfernung aus der bereits in Ufernähe herausgehobenen feuersteinführenden Gulpenkreide ausgewaschen und wohl durch driftende auf ihnen siedelnde Algen oder in Baumwurzeln verankert können sie dann an den Ort ihrer späteren Einbettung gelangt sein.

Überprüfung der Argumente für eine früh- oder spätdiagenetische Feuersteinentstehung

Die oben beschriebenen Feuersteine, deren kreidezeitliches Alter einwandfrei bewiesen ist, gaben Veranlassung, die wichtigsten, in einer sehr umfangreichen Literatur behandelten Argumente für eine früh- oder spätdiagenetische Entstehung der Feuersteine anhand neuer Funde und Geländebeobachtungen erneut zu überprüfen. Dabei hat sich herausgestellt, daß viele früher für die eine oder andere Auffassung vorgebrachten Argumente heute nicht mehr zutreffen oder auch andere Deutungen zulassen. Aus Raumangel kann auf diese neueren Untersuchungen nur summarisch ohne nähere Beweisführung eingegangen werden, zumal diese auch nur anhand zahlreicher Illustrationen überzeugend dargestellt werden können. Es wird daher auf eine größere kürzlich erschienene Abhandlung des Verfassers (VOIGT 1979) verwiesen, in der diese Fragen eingehend behandelt werden und wo auch die diesbezügliche Literatur, von der hier nur ausgewählte Titel angeführt werden können, aufgeführt ist.

Argumente für eine frühdiagenetische Feuersteinentstehung

Feuersteine auf sekundärer Lagerstätte

Untrügliche Beweise für eine kreidezeitliche Feuersteinentstehung sind allein nachweislich umgelagerte Feuersteine in oberkretazischen Sedimenten, wie sie vom Verf. in der Grube Blom, sowie von P.J. FELDER in der von HOFKER Me genannt

ten Grenzschicht der Maastrichter Tuffkreide gegen das hangende Dano-Montium in der Grube Curfs (Gem. Berg) entdeckt worden sind. Da aber früher zu wenig berücksichtigt wurde, daß scheinbar umgelagerte Feuersteine auch erst nachträglich durch Metasomatose an dafür prädestinierten Stellen im Sediment entstehen können, wie dies von KENNEDY & JUIGNET (1974) für die von Cayeux (1929) als aufgearbeitet angesehenen Feuersteine an der französischen Kanalküste behauptet wird, bedürfen alle solche Angaben der Nachprüfung. Wenn sich freilich scharfkantige Flintsplitter, die nur aus der synsedimentären Zersplitterung fertig gebildeter Feuersteine hervorgegangen sein können (Abbildung 1), schichtweise in tektonisch völlig ungestörten Kreidesedimenten finden (VOIGT 1979, S. 95), so fällt es schwer, hier an eine nachträgliche tertiäre Feuersteindiagenese zu glauben. KENNEDY & JUIGNET (1974) nehmen für in der Kreide eingebettete Flintsplitter eine postkretazische tektonische Zerrüttung feuersteinführender Kreide an, wofür in unserem Falle keine Anzeichen vorliegen. Die Annahme von Cayeux, der in diesem Gebiet ähnliches beobachtet und daraus auf die Existenz frühdiagenetisch gebildeter Feuersteine geschlossen hatte, erscheint daher in diesem Punkt nicht widerlegt. Trotzdem wären alle derartigen Befunde erst dann über jeden Zweifel erhaben, wenn auch hier der Nachweis benthischer Organismen auf solchen Feuersteinfragmenten gelingt.

Dasselbe gilt für die umgelagerten, aber keinen Bewuchs zeigenden Feuersteine in der konglomeratischen glaukonitischen Basalschicht der Gulpenkreide (Orsbacher Schichten) am Aachener Westbahnhof, die im Gegensatz zu der Meinung des Verfassers (VOIGT 1929), nach SCHOO (1922), UMBGROVE und zuletzt nach WROOST (1936) in einem durch Auflösung bzw. Subrosion feuersteinführender Kreide entstandenen Pseudokonglomerat angereichert worden sein sollen. Bei den zweifellos auf sekundärer Lagerstätte befindlichen Feuerstein-Magensteinen des Danium-zeitlichen Gavials von Limhamn b. Malmö kann dann nicht mehr von einem kreidezeitlichen Fund gesprochen werden, wenn das Danium als Unter-Paläozän in das Tertiär gestellt wird.

Angebliche Schrumpfungsrissen in Feuerstein

Wenig überzeugend für eine frühdiagenetische Feuersteinent-

Abb. 1

Umgelagerte Feuersteinsplitter in tektonisch ungestörter Coniacium-Schreibkreide von Vattetot (Seine maritime).

Sammlung Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg.

a. *In situ befindliche scharfkantige Feuersteinsplitter. x 1. T.K. Nr. 1972.*

b. *Einzelner Splitter vergrößert. x 2,5. T.K. Nr. 1971.*

c. *Zwei ausgeschlammte Splitter, stellenweise den ursprünglichen weißen Außenrand der ehemals unversehrten Feuersteinknolle zeigend. x 7. T.K. Nr. 1974.*

(nach Voigt 1979).



Fig. a



Fig. b



Fig. c

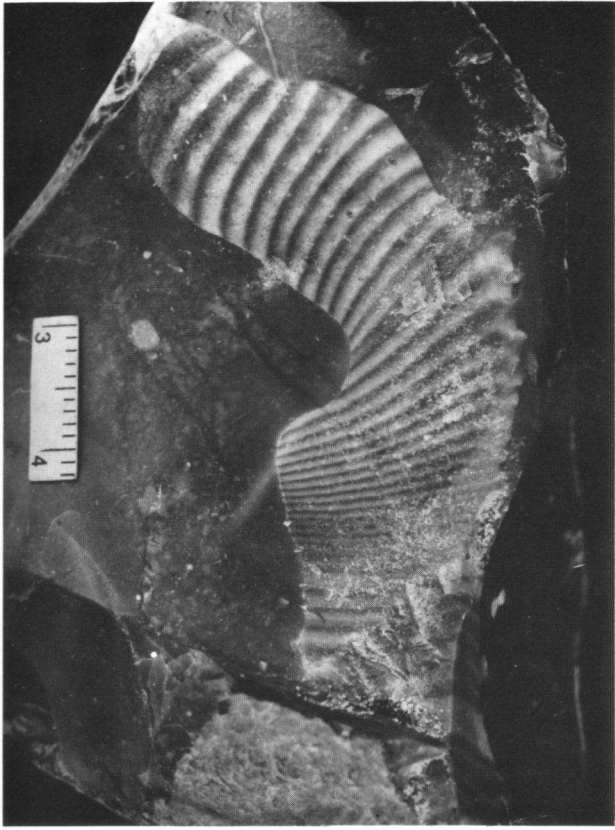


Fig. 1

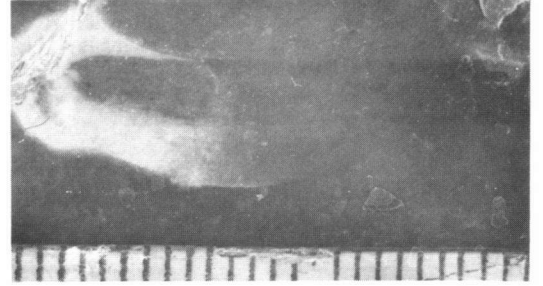


Fig. 4

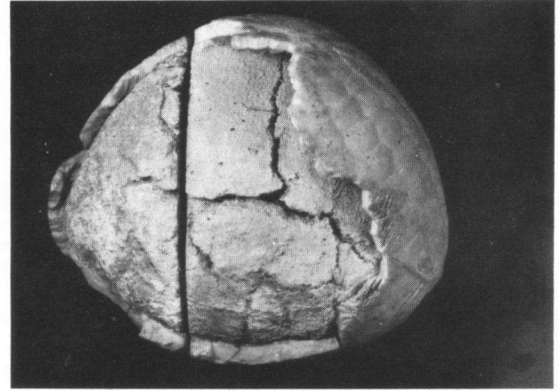


Fig. 5



Fig. 2



Fig. 6

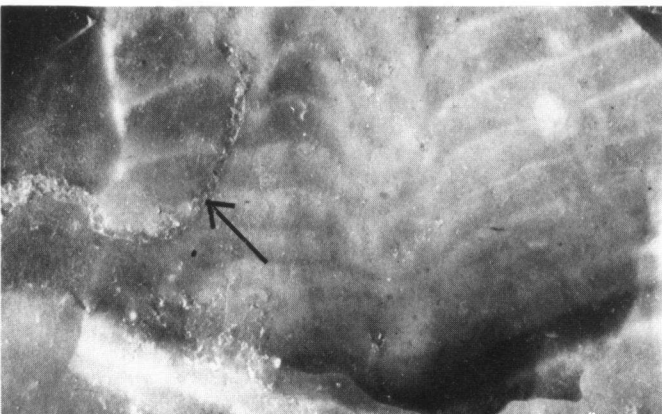


Fig. 3

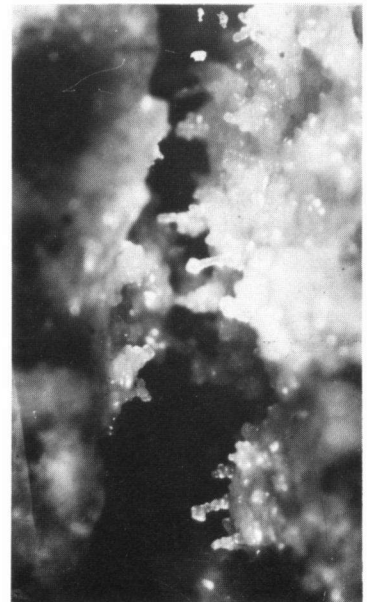


Fig. 7

Tafel 2

- Fig. 1 Bänderstreifenfeuerstein Geschiebe Grömitz (Holstein) Sammlung Geol. - Paläont. Inst. Univ. Hamburg T.K. Nr. 1968.
- Fig. 2 In Bänderstreifenfeuerstein eingeschlossener *Zoophycus*-Bau als dunkles horizontales Band, von der rhythmischen Bänderung vertikal überprägt.
Geschiebe Umgebung Cuxhaven. leg. J. Spindler. Sammlung Geol. -Paläont. Inst. Univ. Hamburg. T.K. Nr. 1968. x 3.
- Fig. 3 Derselbe Feuerstein, das dunkle *Zoophycus*-Band außerhalb der rhythmisch gebänderten Partie zeigend, links in der hellen Partie deutlich, in der dunkeln Feuersteinmatrix kaum noch erkennbar. x 3.
- Fig. 4 Bänderstreifenfeuerstein, in den von links eine S-förmig gebogene bilamelläre Bryozoenkolonie (Pfeil) hineinragt.
Geschiebe Schulauer Elbufer b. Hamburg. Sammlung Geol. -Paläont. Inst. Univ. Hamburg. T.K. Nr. 1967. x 3.
- Fig. 5 Durch Setzungsdruck zerbrochene *Echinocorys*-Corona (vertikal durchgesägt), radiale Risse im ehemaligen, jetzt als Feuersteinfüllung vorliegenden Sediment-Spiegel zeigend.
Danium. Rigstrup (Dänemark). Sammlung Geol. -Paläont. Inst. Univ. Hamburg. T.K. Nr. 1965. x 1.
- Fig. 6 Dasselbe Stück seitlich gesehen, die Fortsetzung der Risse in den Unterrand der Corona zeigend.
- Fig. 7 Vergrößerte Ansicht einer offenen radialen Spalte in demselben Stück, die unregelmäßigen Bruchflächen mit den daraus hervorgehenden von einer Kieselhaut überzogenen Spongiennadeln zeigend. (Beweis, daß die ehemalige Kreidefüllung des Seeigels und nicht der später dort gebildete Feuerstein zerbrochen ist). x 20.
- (Fig. 4, 5, und 7 nach Voigt 1979)

stehung sind die angeblichen Gelstrukturen und Schrumpfrisse, wie sie W. WETZEL (1937) aus den Flintfüllungen von Echiniden beschreibt. An neueren Funden ließ sich nachweisen, daß es sich hier nicht um Schrumpfrisse in einem später zu Feuerstein gewordenen Kieselgel, sondern um Risse im Sedimentspiegel nur zum Teil mit Kreide gefüllter Seeigel handelt, die bei der Setzung des Sediments entstanden sind und zu einer Deformation der Seeigel-Coronen geführt haben (Taf. 2 Fig. 5-6). Die Risse in der Feuersteinfüllung der Seeigel setzen sich nämlich in deren Schalen hinein fort, was bei Schrumpfrissen in einem Gel nicht der Fall sein dürfte. Taf. 2 Fig. 7 zeigt einen der genannten Risse stark vergrößert als offene unregelmäßig begrenzte Spalte, in die von einer Kieselhaut überzogene Spongiennadeln hineinragen. Eine solche Bruchfläche konnte nur entstehen, als die noch nicht zu Flint gewordene weiche Kreide zerbrach. Im Feuerstein entstehen stets glatte Bruchflächen. Auch fehlen unseres Wissens echte Schrumpfrisse, wie sie häufig in karbonatischen Septarien vorkommen, im Feuerstein. Die Feuersteinbildung in der Schreibkreide begann bereits zu einer Zeit, als das Kreidesediment durch Setzung nur wenig verfestigt war, wie die besonders gut erhaltenen und leicht ausschlämbaren Mikro- und Mesofossilien aus Feuerstein-Hohlräumen beweisen (Argument für Frühdiagenese), ging aber nach der Feuersteinbildung noch weiter, wie viele Setzungsharnische an Feuersteinen und die in Feuerstein eingebetteten durch Kompaktion verdrückten Kreidefossilien beweisen (Argument für Spätdiagenese)

Fossilhaltung in Feuerstein

Die so häufige Erhaltung von Fossilien in Feuerstein, besonders die Feuersteinkerne von Echiniden und Brachiopoden und die Feuersteinerhaltung von Grabbauten (GRIPP 1933, FELDER 1971, 1971a, VOIGT & HÄNTZSCHEL 1956) sprechen dafür, daß die Anwesenheit organischer Verwesungsprodukte die Feuersteinbildung begünstigt hat. (Argument für Frühdiagenese), obwohl andererseits ausgedehnte Grabganghorizonte (z.B. in der Kreide von Lägerdorf) ganz feuersteinfrei sind und zahllose Feuersteine völlig fossilfrei sind. Die besonders gern als Kronzeugen für die Frühdiagenese des Feuersteins herangezogenen mit organischer Substanz und langen 'Geißelfäden' versehenen Dinoflagellaten wie *Ophiobolus lapidaris* Wetzel (O. WETZEL 1932, 1933), die z.T. sogar noch mit biologischen Färbemitteln (z.B. Eosin, Fuchsin, Methylenblau (DEFLANDRE 1935) angefärbt werden können, sind heute kein Beweis mehr für eine frühzeitige Einbettung in gallertiger Kieselsäure, da eine ähnliche Erhaltung derartiger Anhänge, die jedoch nach DEFLANDRE nicht als Geißelfäden zu deuten sind, auch in karbonatischer und feinklastischer Matrix vorkommen (ALBERTI 1961), ebenso wie der freilich einzig dastehende Fund von Bryozooentakelkronen in

ordovizischen Kalken (BOARDMAN & MCKINNEY 1976).

Im übrigen ist bisher auch der Nachweis von Weichteilgewebe mit erhaltenen histologischen Strukturen im Feuerstein noch niemals gelungen, obwohl diffuse dunkle Streifen z.B. bei Brachiopoden (STEINICH 1965) die Existenz organischer Substanz an Stelle verwester Muskelstränge anzeigend können.

Pflanzliche Gewebe mit gut erhaltenen Zellstrukturen, wie sie die Wurzeln und Achsenbruchstücke des Seegrases *Thalassocharis bosqueti* Debey ex Miquel in der Obermaastrichtium-Kreide von Kunrade (Südlimburg) aufweisen (VOIGT & DOMKE 1955), sind offenbar auf eine sehr frühzeitige selektive Verkieselung (WETZEL 1957) zurückzuführen, die allerdings wohl nichts mit der eigentlichen Feuersteinbildung zu tun hat, da derartig erhaltene Seegräser bisher nicht in Feuerstein gefunden wurden. Das gilt auch für die verkieselten aragonitischen Molluskenschalen des Aachener Grünsandes.

In den Feuersteinen der Schreibkreide sind bei den aragonitischen Ammoniten, Gastropoden und Homomyariern unter den Lamellibranchiaten die Schalen nicht erhalten, da sie vor der Feuersteinbildung der Auflösung anheim gefallen waren (GRIPP 1933, 1954), was als Beweis für eine spätdiagenetische Feuersteinbildung gilt. Dieses Argument ist jedoch nicht in jedem Falle stichhaltig, da z.B. im Campanium von Lägerdorf die innere Aragonitschicht der kalzitschaligen Inoceramen bereits am Meeresboden aufgelöst wurde (VOIGT 1979: 110), wie aus den auf der Innenseite der Inoceramenschale minierenden stenotomen Bryozoen (*Foraripora pesavis* Voigt & Soule) und den dort ebenfalls nachweisbaren Weidespuren von Gastropoden (*Radulichnus*) ersichtlich ist, die erst nach der Entfernung der aragonitischen Innenschicht der Schale dort angelegt worden sein können. (Abb. 2).

W. WETZEL (1934) sah in den besonders als eiszeitliche Geschiebe häufigen, in ihrer Entstehung noch problematischen Bänderstreifenfeuersteinen einen Beweis für eine sehr frühzeitige oder fast syngenetische Entstehung der Feuersteine, da er diese Bänderstreifen (Taf. 2 Fig. 1-3) für Grabbauten hielt, die angeblich von Krebsen in dem noch gallertigen Feuerstein dicht unter dem Meeresboden angelegt worden seien. Diese bereits von GRIPP (1954) bestrittene Deutung ist jedoch unhaltbar, da derartige Bänderstreifen ältere Grabbauten, wie die bekannten, im Profil als dunkle Bänder in der Kreide erscheinenden *Zoophycus*-Bauten überqueren, ohne sie zu zerstören (VOIGT 1979): 105 Taf. 2 Fig. 2) Unsere Taf. 2 Fig. 3 zeigt einen solchen Bänderstreifenflint, in den von außen her ein sehr dünnblättriger

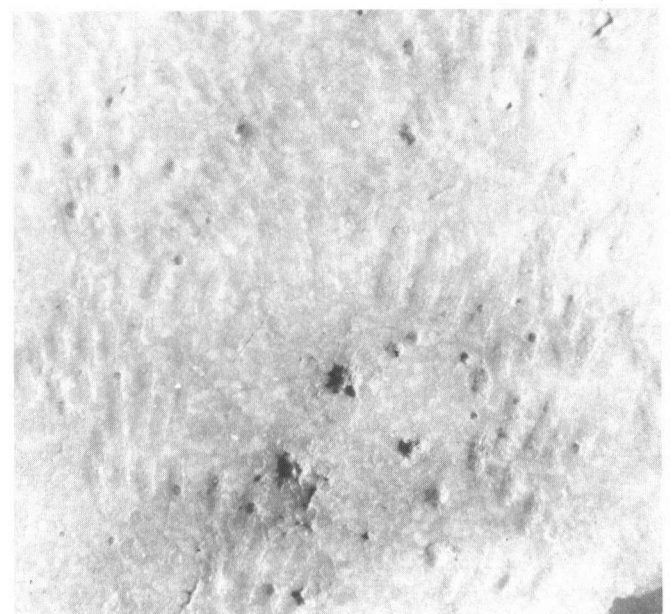


Abb. 2

Weidespuren wohl eines Gastropoden auf der Innenseite einer kalzitschaligen Inoceramenschale (Beweis für die vorherige Auflösung der ursprünglich dieser Fläche auflagernden Aragonitschale am Meeresboden).

Unt. Campanium, Lägerdorf (Holstein).

Sammlung Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg. T.K. Nr. 2505 x 20.

gebogener Bryozoenstock weit hineinragt. Würde es sich um einen Grabgang handeln, so wäre er von dem hier wühlenden Tier abgebrochen worden.

Wichtige Indizien für die Zeit der Feuersteinbildung liefern die kürzlich von BROMLEY, SCHULZ & PEAKE (1975) bearbeiteten, früher als Saßnitzer Blumentöpfe bekannten und auch in der Schreibkreide Südlimburgs (W.M. FELDER 1971a) verbreiteten vertikalen röhrenförmigen Paramoudra-Feuersteine, die nunmehr aufgrund des in ihrer Achse nachgewiesenen dünnen Grabganges *Bathichnus paramoudrae* als Ichnofossil-bedingt entstanden erkannt worden sind. Sie bilden oft weithin sichtbare senkrechte, oft mehrere m (maximal bis 9 m lange!) Flintsäulen, welche die horizontalen oft bankartig dichten Flintlagen durchsetzen (W.M. FELDER 1971a) oder beeinflussen (SCHMID 1975). Daraus folgt, daß die Gänge nicht nur, wie ohnehin selbstverständlich, vor der Feuersteinbildung angelegt wurden, sondern daß bis zu der von ihnen erreichten Tiefe offensichtlich noch keine 'fertigen' Feuersteinlagen existierten. Das schließt nicht aus, daß die Feuersteinlagen zwar damals bereits frühgenetisch in prädestinierten Horizonten im 'Lepispährenstadium' angelegt, aber noch nicht als solide Kieselknollen ausgebildet waren. Ohne auf die biologische Problematik dieser dünnen Gänge und ihren im Gegensatz dazu erstaunlichen Einfluß auf die Ausbildung und Morphologie der sie umgebenden Feuersteine einzugehen, liefern sie den Beweis dafür, daß die Feuersteinbildung erst in einer erheblichen Tiefe (in einem Falle bis zu 9 m nach einem Befund in England) unter dem Meeresboden im Sediment stattfand und somit auch mit einem beachtlichen zeitlichen Abstand hinter der Sedimentation hinterherhinkte.

Es ist daher verständlich, daß BROMLEY, SCHULZ & PEAKE die Feuersteinbildung als spätdiagenetisch, wenn auch nicht als postkretazisch einstufen. Das Paramoudra-Beispiel zeigt ebenso wie die aus den DSDP-Bohrungen gewonnenen Erfahrungen, daß die Feuersteingeneese ein lang andauernder komplizierter Prozeß ist, der zu einer mehr vermittelnden Anschauung zwischen den Vorstellungen einer extrem früh- oder spätdiagenetischen Feuersteinentstehung führt.

SCHRIFTENVERZEICHNIS

- ALBERTI G., 1961 - Zur Kenntnis mesozoischer und alttertiärer Dinoflagellaten und Hystrichosphaerideen von Nord- und Mitteldeutschland sowie einigen anderen europäischen Gebieten. - *Palaeontographica* 116, Abtlg. A.: 1-58, Taf. 1-12, 4 Tab. Stuttgart.
- BOARDMAN R.S. & McKINNEY F.K., 1976 - Skeletal Architecture and preserved organs of four-sided Zooids in convergent genera of paleozoic Trepostomata (Bryozoa) - *J. Paleont.* 50/1:25-78, 16 Taf., 18 Abb., Tulsa.
- BROMLEY R.G., SCHULZ, M.G. & PEAKE N.B., 1975 - Paramoudras: Giant Flints, long burrows and the early Diagenesis of Chalks - Kong. Dansk Videnskabskabernes Selskab. Biol. Skrifter 20/10: 1-37, Taf. 1-5 København.
- CAYEUX L., 1929 - Les roches sédimentaires de France. Mém. pour servir à l'explication de la carte géol. dét. de la France. - Roches siliceuses, 1-744, Paris.
- CORNET J., 1910 - Sur l'époque de la formation des silex du Crétacique et du Montien du Hainaut. - *Ann. Soc. géol. de Belgique*, 37: 257-265, Liège.
- DEFLANDRE G., 1935 - Technique micropaléontologique appliquée à l'étude des silex. - *Bull. Soc. Franç. de Microscopie*, 4/3:104-111, Paris.
- FELDER P.J., 1971 - Een vuursteen-rolsteen uit de Maastrichtse Kalken. - *Grondboor en Hamer. Tijdschrift Nederl. Geol. Vereniging*, 1971, 4:88-90, Haarlem.
- FELDER P.J., 1975 - Zusammenhänge zwischen Feuerstein und dem Sediment in den Limburger Kalken aus dem Campan-Maastricht. *Tweede Internat. Sympos. over Vuursteen 8-11 mei 1975. Nederlandse Geol. Vereniging*, Staringia 3:21-22, 1 Abb. Oldenzaal.
- FELDER W.M., 1971 - Bijdrage tot de Kennis der Genese van de vuursteen horizonten. - *Eerste Intern. Sympos. over Vuursteen 26-29 April 1969, Maastricht: 78-89, 8 Abb.*
- FELDER W.M., 1971a - Een bijzondere vuursteenknol. - *Grondboor en Hamer 1971:30-38, 17 Abb., Heerlen.*
- FELDER W.M., 1975a - Lithostratigraphische Gliederung der oberen Kreide in Süd-Limburg (Niederlande) und den Nachbargebieten. I. Der Raum westlich der Maas, Typusgebiet des 'Maastricht'. - *Publ. Natuurhist. Genootschap in Limburg Reeks XXIV (1974): 7-43, 37 Fig., 2 Karten, 3 Tab., 6 Prof., Maastricht.*
- FELDER W.M., 1975 - Een nieuwe lithostratigrafische indeling van het Boven-Krijt en de Dano-Montien Kalksteen in Zuid-Limburg en het aangrenzende Gebied. - *Tweede Internat. Sympos. over Vuursteen 8-11 Mei 1975. Nederlandse Geol. Vereniging*, Staringia 3:11-15. 5 Fig. Oldenzaal.

- FELDER W.M., 1977 - Rolstenen uit de Bryozoenlagen in de Maastrichtse Kalksteen. Sprekende Bodem. - *Mededelingen van de afd. Limburg der Nederl. Geol. Vereniging* 2,3:26-30, 4 Abb., Heerlen.
- FLÖRKE O.W., HOLLMANN R., VON RAD U. & RÖSCH H., 1976 - Intergrowth and Twinning in Opal-CT-Lepidospheres. - *Contr. Min. Petrol.*, 58:235-242, 4 Fig.
- GRIPP K., 1933 - Tunnelfahrten aus Feuerstein und die Entstehung des Feuersteines. - *Mitt. Min.-Geol. Staatsinst. Hamburg*, 14:23-40, 1 Taf., 1 Abb., Hamburg.
- GRIPP K., 1954 - Kritik und Beitrag zur Frage der Entstehung der Kreide-Feuersteine. - *Geol. Rundschau* 42:248-262, Stuttgart.
- HAKANSSON E., BROMLEY R.G. & PERCH-NIELSEN K., 1974 - Maastrichtian Chalk of north-west Europe - a pelagic shelf sediment. - In: *Pelagic Sediments on Land and under the Sea. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment* 1:211-233, Oxford.
- HANCOCK J.M. 1976 - The petrology of the chalk. - *Proc. Geol. Ass.*, 86/4. 1975:499-535, 4 Taf., 4 Tab., Colchester (1976).
- Van HINTE J.E., 1976 - A Cretaceous Time Scale. - *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.* 60/4:498-516, 9 Abb., 1 Taf., Tulsa.
- ILLIES H., 1954 - Zur Entstehung der Kreidefeuersteine. - *Geol. Rundschau* 42d/2: 262-264, Stuttgart.
- KENNEDY W.J. & JUIGNET P., 1974 - Carbonate banks and slump beds in the Upper Cretaceous (Upper Turonian-Santonian of Haute Normandie, France). - *Sedimentology* 21, 1-42, Amsterdam.
- MÜLLER A.H., 1951 - Diagenetische Untersuchungen in der oberen Schreibkreide von Rügen. - *Abh. Geol. Dienst Berlin N.F.* 228: 1-29, Taf. 1-4, Berlin.
- MÜLLER A.H., 1956 - Die Knollenfeuersteine der Schreibkreide, eine frühdiagenetische Bildung. - *Ber. Geol. Ges. DDR* 1, 2:136-145, Berlin.
- RAD U. von, RIECH V. & RÖSCH H., 1978 - Silica Diagenesis in Continental Margin Sediments of Northwest Africa. - In: *Lancelot Y., Seibold E. et al. Init. Reports Deep Sea Drilling Project 42:879-906. Government Printing office Washington.*
- SCHMID F., 1975 - Feuersteinausbildung in der Schreibkreide der Maastricht-Stufe Nordwest-Deutschlands. - *Tweede Internat. Sympos. over Vuursteen 8-11 Mei 1975. Nederlandse Geol. Vereniging*, Staringia 3:19-20, Oldenzaal.
- SCHOO J.H., 1922 - Oplossings verschijnenselen in het Krijtgebied van Zuid-Limburg. - *Verh. van het Geol.-Mijnbouw. Genootschap voor Nederland en Kol., Dec. V.: 69-92, 1 Kte., 14 Abb., Delft.*
- STEINICH G., 1965 - Die articulaten Brachiopoden der Rügener Schreibkreide (Unter-Maastricht). - *Pal. Abh., Abt. A II*, 1:1-226. Taf. 1-21, 297 Abb., Berlin.
- VOIGT E., 1929 - Die Lithogenese der Flach- und Tiefwasserablagerungen des jüngeren Kreidemeeres. - *Jb. d. Halleschen Verbandes zur Erforsch. d. mitteldeutschen Bodenschätze und ihrer Verwertung, N.F.*, 8:1-138, Taf. 1-13. Halle/S.
- VOIGT E., 1977 - Wann haben sich die Feuersteine der Oberen Kreide gebildet? - *Nachr. dt. geol. Ges.* 17:63 (Vortragsbericht) Hannover.
- VOIGT E., 1979 - Wann haben sich die Feuersteine der Oberen Kreide gebildet? - *Nachr. der Akad. d. Wiss. in Göttingen II. Mathematisch-physikalische Klasse Jahrgang 1979: 75-125, 8 Taf., Göttingen.*
- VOIGT E. & DOMKE W., 1955 - *Thalassocharis bosqueti* Debey ex Miquel, ein strukturell erhaltenes Seegras aus der holländischen Kreide. - *Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg*, 24:87-102, 6 Taf., 3 Abb., Hamburg.
- VOIGT E. & HÄNTZSCHEL W., 1956 - Die grauen Bänder in der Schreibkreide Nordwestdeutschlands und ihre Deutung als Lebensspuren. - *Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg* 25: 104-122, Taf. 15-16, 2 Abb., Hamburg.
- WETZEL O., 1932/33 - Die in organischer Substanz erhaltenen Mikrofossilien des baltischen Kreide-Feuersteins (mit einem sedimentpetrographischen und stratigraphischen Anhang). - *Palaeontographica* 77 (1932): 141-186, 78 (1933): 1-110, Stuttgart.
- WETZEL W., 1934 - Die paläobiologische Lösung eines Feuerstein-Rätsels. - *Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläont. B.*: 65-73, 2 Abb., Stuttgart.
- WETZEL W., 1937 - Die Entstehungsgeschichte verschiedener Arten von Kreidefeuersteinen. - *Z. deutsch. geol. Ges.*, 89/7: 365-384, Taf. 18-19, Berlin.
- WETZEL W., 1957 - Selektive Verkieselung. - *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 105, Stuttgart.
- WROOST V., 1936 - Vorgänge der Kieselung am Beispiel des Feuersteins der Kreide. - *Abh. Senckenberg. Naturf. Ges.* 432:1-68, Frankfurt/M.

Prof. Dr. E. Voigt

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Hamburg
Buedsstr. 55, D 2000 Hamburg 13