Schriften
des
Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein.

Bogen 14—16½. Band XII Heft 2. 1901.
Seite 197—252. (Erste Lieferung von Heft 2.)

Vorstand: Geh. M.-R. Prof. Dr. **V. Hensen,** Präsident; Prof. Dr. **L. Weber,** Erster Geschäftsführer; Privatdoc. Dr. **C. Apstein,** Zweiter Geschäftsführer; Oberlehrer Dr. **Gottschaldt,** Schriftführer; Stadtrat **F. Kähler,** Schatzmeister; Lehrer **A. P. Lorenzen,** Bibliothekar; Amtsgerichtsrat **Müller,** Prof. Dr. **Biltz,** Postrat **Mörsberger,** Oberlehrer Dr. **Langemann,** Beisitzer.

Abhandlungen. — Vereinsangelegenheiten.

Inhalt: H. Hanssen: Die Bildung des Feuersteins in der Schreibkreide. — W. Heering: Leben und Werke des Algologen J. N. v. Suhr. — Veränderungen im Mitgliederbestand.

Die Bildung des Feuersteins in der Schreibkreide.

Von **Hinrich Hanssen.**

I. Vorkommen und Beschreibung des Feuersteines.

Der bei weitem vorherrschende Bestandteil der festen Erdrinde besteht aus Kieselsäure in ihren verschiedenen chemischen Verbindungen. Frei findet sich letztere als Quarz und Tridymit in krystallisierter, als Chalcedon in kryptokrystalliner und als Opal in amorpher Form. Der Feuerstein ist fast reine Kieselsäure und zwar wahrscheinlich ein Gemisch aus Chalcedon und Opal. Dieser Feuerstein hat seit einem Jahrhundert die Aufmerksamkeit der Geologen in Anspruch genommen und die verschiedensten Theorien über seine Entstehung sind aufgestellt worden.

Der Flint oder Feuerstein hat seine Hauptlagerstätte in der Kreide und zwar in der obersten Etage derselben, der Senonbildung, für welche der Reichtum an Flinten geradezu charakteristisch ist. Er bildet hier vorzugsweise Knollen, die zu Bändern angeordnet sind, oder auch zusammenhängende Platten. Diese Bänder, welche die oft ausserordentlich gewundene und verdrückte Schichtung der

Kreide andeuten und wie schwarze Perlschnüre auf dem weissen Grunde hervortreten, sind parallel und 1/4 bis 2 Meter von einander entfernt. Ausserdem finden sich noch gangförmige Vorkommnisse von Flint, welche namentlich im südlichen England als plattenförmige Massen die parallelen Lager unter irgend einem, meist bedeutenden Winkel durchschneiden. Solche Flintgänge sind von Buckland (3) [1]) und Forchhammer (6) beschrieben worden. Auch zwischen den Flintbänken liegen einzelne Knollen zerstreut in der Kreide.

Der Feuerstein tritt ausserdem in Form von losen Geschieben überall im Diluvium der norddeutschen Ebene auf; dieser entstammt aber den zum Teil zerstörten Kreidelagern an der Ostsee. Von nur unbedeutender Ausdehnung und deshalb geringerer Wichtigkeit ist sein Auftreten in anderen Formationen z. B. im Malm.

Die Knollen, aus denen die Feuersteinlager in der Kreide bestehen, pflegen meist zackig, wulstig oder verästelt zu sein; bisweilen nehmen sie allerdings kugelrunde oder cylindrische Form an. In der Regel kompakt, umschliessen sie bisweilen Drusen mit Quarzkrystallen und sehr häufig irgend einen organischen Rest. Unverletzte Stücke zeigen ringsum eine weisse dünne Rinde von rauher Beschaffenheit. Auf Bruchflächen ist die Farbe grau bis grauschwarz. Sie wird bedingt durch beigemengte organische Substanz und verschwindet beim Glühen, wodurch die Feuersteine hellgrau, seltener infolge ihres Eisengehaltes rötlich bis geblich werden. Nach Zirkel (44, pag. 550) bestehen sie zu 98% aus Kieselsäure, 1,20% Wasser und 0,07% Kohle. Ausserdem finden sich häufig noch geringe Beimengungen von Al_2O_3, Fe_2O_3 und Na_2O. Die weisse Rinde ist frei von organischer Beimengung, etwas ärmer an Kieselsäure (97%), aber sonst von ähnlicher Beschaffenheit. Es scheint, dass im Innern Opal vorhanden ist, der aus der Rinde bereits fortgeführt wurde; auch der Wassergehalt deutet darauf hin. Nach Zirkel[2]) gelingt es allerdings nicht, optisch eine grössere Beteiligung amorpher Kieselsäure sicher wahrzunehmen. Die ganz überwiegende Hauptmasse ist nach ihm unter dem Mikroskop krystallinische, gewöhnlich chalcedonähnlich polarisierende Kieselsäure.

Die Feuersteine sind spröde mit muschligem Bruch und zerspringen, einmal ausgetrocknet, sehr leicht.

---

[1]) Die in Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf die laufenden Nummern des Litteraturverzeichnisses.

[2]) loc. cit. pag. 550—551.

II. Historische Übersicht über die Literatur.

Die erste Bemerkung über die Entstehung des Feuersteins finden wir bei Hutton, der den Feuerstein für ein vulkanisches Gebilde hielt[1]). Eingehender wird diese Frage zuerst von Hacquet behandelt. Nachdem dieser im Jahre 1788 schon eine physische und technische Beschreibung des Feuersteins gegeben hatte, sucht er in dieser Arbeit dessen Entstehung zu erklären. Er meint, dass der Flint unzweifelhaft aus der Kreide entstanden sei und schliesst das aus dem gleichen muschligen Bruch, sowie daraus, dass in beiden dieselben chemischen Bestandteile enthalten sind. Wie diese Umwandlung entstanden ist, weiss er nicht zu sagen, jedenfalls aber durch chemische Vorgänge, die vor allem an das Vorhandensein von viel Wasser gebunden sind. Er sagt darüber: „Wie nun eine solche Umwandlung vor sich geht, wird wohl nicht lange unentdeckt bleiben; nur das ist ausgemacht, dass die Entstehung der Feuersteine in eine sehr späte Epoche falle, indem sie nur einige Schuh tief, wie gesagt, unter der Erde liegen, und aller Wahrscheinlichkeit nach, sei es aus was immer für einer Ursache, auch nur in einer solchen Tiefe ihre Entstehung erhalten konnten; ferner ergiebt sich ihre späte Entstehung aus der eingeschlossenen organischen Substanz, als Wurzel von Bäumen, oder Holz und kleine Späne“.

Die letzteren hat er häufiger in Flint eingeschlossen gefunden und er ist überzeugt, dass sie nur durch Haselmäuse und Eichhörnchen so zerkleinert sein können. Auch dies ist für ihn ein Beweis, dass die Bildung eine jüngere ist.

Gerhard (2).

Gerhard giebt schon eine ziemlich genaue Analyse des Feuersteins; auch hat er entdeckt, dass die färbende Substanz Kohle ist, die beim Glühen sich verflüchtigt.

Aber auch er ist noch der Ansicht, dass sich der Feuerstein durch eine Umwandlung der Kreide gebildet habe. Dies scheinen ihm folgende Gründe zu beweisen: 1. Finde sich der Feuerstein ausschliesslich in der Kreide und im Kalkstein. 2. Könne man beobachten, dass die Kreide, wo sie sich dem Feuerstein nähere, härter werde; auch kämen bei den Kreidenestern in den Feuersteinen alle Grade der Erhärtung und damit der unmittelbare Übergang der

---

[1]) Zittel. Geschichte der Geologie und Palaeontol. bis Ende des 19. Jahrh. pag. 103.

Kreide in Feuerstein vor. Aus der Thatsache, dass sich letzterer bei der Verwitterung mit einer feinen weissen Rinde überzieht, schliesst er, dass sich die Kieselerde auch wieder in Kalkerde umwandeln könne. Aber auch Gerhard weiss keine Erklärung zu geben, wie diese Umwandlung geschehen ist. Ob der kohlensaure Kalk eines Zusatzes wie z. B. Kohle gebraucht habe, damit er sich in Kieselerde umwandle, oder ob ihm etwas entzogen werden müsse, lässt er dahingestellt.

Buckland (3).

Buckland vermutet, dass sich Kieselerde und Kreide in einem viscosen Zustande zusammenlagerten, und als die Teile erhärteten, sich diese zwei Substanzen durch kohäsive und attraktive Kräfte von einander trennten.

Leopold von Buch (4).

Dieser wendet sich entschieden gegen die Annahme, dass kohlensaurer Kalk sich in Feuerstein verwandele. Er weist nach, dass bei der Verkieselung einer Austernschale die Silicifikation nie die kalkartige Schale unmittelbar angreife, sondern „dass sie sich nur allein auf die organische Substanz des Tieres äussere und dass, wo eine solche nicht vorhanden sei, auch nie eine Silicifikation stattfinden könne“ [1]). So sei z. B. bei einer silicifierten Austernschale nur der tierische Schleim zwischen den Lamellen der Schale verkieselt. Denn bei einer Austernschale bleibe zwischen den einzelnen Lamellen, die das Tier von innen heraus, nach und nach immer weiter vorgreifend, absetze, dadurch ein Rest organischer Substanz, dass die innere Oberfläche mit dem Schleim des Mantels überzogen sei. Dieser Überzug von organischer Substanz bleibe zurück und werde von der inneren Lamelle überdeckt. Wenn nun eine kieselsaure Lösung mit dieser organischen Substanz in Berührung komme, so bewirke letztere die Ausfällung der Kieselsäure, die dann Wasser aufnehme und nun als Chalcedon, Opal oder Hyalit hervortreten könne. Da aber die Kieselsäure einen grösseren Raum einnehme als der organische Stoff, so dringe sie zwischen den Lamellen hervor. Hieraus erkläre sich das Auftreten der sog. Kieselringe. Pag. 45 heisst es darüber: „Wenn eine Muschel anfängt von der Silicifikation angegriffen zu werden, so erscheint auf der Oberfläche ein kleines, dunkelgefärbtes, halbdurchsichtiges Wärzchen, wahrscheinlich in halbflüssigem Zustande als eine Gallerte. Die weisse

[1]) loc. cit. pag. 45.

Schale hebt sich von allen Seiten an diesem Wärzchen herauf, woraus hervorgeht, dass es von innen hervorgedrungen, nicht von aussen sich abgesetzt hat. Es breitet sich aus, in seiner Mitte steigt ein neues Wärzchen hervor, und das ältere umgiebt nun den neuen Mittelpunkt wie einen kleinen Ring, welcher davon durch eine Vertiefung getrennt ist. Noch andere Wärzchen treten hervor und stossen die Ringe noch weiter zurück, und da dies stets unter der erhobenen kalkartigen Schale geschieht, so wird diese Schale durch die Ringe gänzlich zerbrochen und zersplittert. Sie fällt in kleinen Blättchen ab und verliert sich. Immer weiter werden die Ringe, allein auch immer weniger hoch, bis ein in der Nähe entstandenes anderes System von Ringen entgegen kommt und beide sich gegenseitig in ihrer Ausdehnung begrenzen. So treten Systeme zu Systeme, mehr oder weniger gross, je nachdem sie sich früher oder später begegnen, bis endlich die Silicifikation der ganzen Muschel vollendet ist".

Über die Bildung des Feuersteins sagt er dann weiter [1]): „Auch das Tier der Auster selbst möchte man der Silicifikation unterworfen glauben, so sehr es auch den eingeführten Ansichten widersprechen mag, dass eine so weiche organische Masse jemals versteinern könne. Zum wenigsten würde man in einer Masse von Feuerstein, welche das Innere einer Austernschale erfüllt, nichts anders, als das Tier der Auster selbst zu erkennen glauben. So würde es in der Auster gelegen haben, wäre es lebendig gewesen. Die grössere Masse liegt gegen die rechte Seite hin, wo der Muskel sie an der Schale befestigt; sogar könnte man glauben, noch den Muskel selbst zu erkennen, wie er von der untern zur obern Schale hinaufgeht. Die kleinere Masse dehnt sich aus bis dahin, wo der Mund würde gelegen haben. Selbst die Ausdehnung des Mantels möchte man glauben um diese Muskularmassen her unterscheiden zu können. Es ist sehr bemerkenswert, dass die Schale zu Kieselhydrat verändert ist, das Tier dagegen zu Feuerstein. Dieser aber enthält die organische Substanz selbst noch in seinem Innern, welche daraus als tierisches Öl destilliert, sogar ausgepresst werden kann.

Eben dieses tierische Öl bildet den Feuerstein, der ohne diese Beimengung nur reiner Quarz sein würde, und so seltsam es auch manchem geschienen hat und noch scheinen mag, so ist es doch gewiss, dass auch die regelmässigsten Schichten des Feuersteins zwischen der Kreide, auch wenn man sie viele Stunden weit ver-

[1]) loc. cit. pag. 50.

folgen kann, doch nichts anders sind, als verkieselte organische Reste, grösstenteils Korallen. Mit einiger Aufmerksamkeit entdeckt man das leicht, und auch hier bemerkt man, dass es nicht die kalkartige Umgebung, sondern dass es die tierischen Korallen selbst sind, welche sich zu Feuerstein verändert haben, und das gar häufig mit solcher Bestimmtheit und Genauigkeit, dass die innere Struktur des Tieres der Koralle sich nicht selten weit besser im silicifierten als im lebendigen Zustande untersuchen und beobachten lässt.

Ich habe nie bemerkt, das Feuerstein Warzen und konzentrische Wellen bilde, wie die Kieselhydrate, vielleicht eben deswegen, weil es kein Hydrat ist und nie eine gallertartige Konsistenz annimmt.

Turner (5).

Turner sucht zum erstenmale den Ursprung der Kieselsäure in den Feuersteinen zu erklären. Er meint, dass bei der Zersetzung der Feldspathgesteine die Kieselerde der vereinten Wirkung des Wassers und Alkalis ausgesetzt gewesen sei, und zwar gerade zu der Zeit, wo sie aus ihrer Kombination in Feldspath ausgeschieden worden sei und daher leicht löslich sei. Eine solche Auflösung der Kieselerde sei dann langsam in die Aushöhlungen eines porösen oder zellenreichen Gesteins gesickert. Diese flüssige Lösung sei fest geworden durch Ausdünstung, oder durch eine unbedeutende Affinität zwischen Kiesel und einer anderen Substanz, mit der sie zufällig in Verbindung gekommen sei, oder drittens, indem das Alkali, das bisher zu seiner Löslichkeit beigetragen, dazu minder tauglich geworden sei, da es mehr Kohlensäure aufgenommen hätte.

z. B. hätte notwendigerweise ein Absatz von Kieselsäure erfolgen müssen, wenn eine Kieselerdeauflösung in Verwesung begriffene organische Substanzen durchdrungen hätte. Die Kieselsäure sei dann ausgefällt worden durch die Affinität, welche sie oder die mit ihr verbundenen Teile mit den Gasen und anderen Produkten hätten, die sich während der langsamen Fäulnis bildeten.

Sei auf eine dieser Weisen an einer Stelle die Kieselmaterie fest geworden, so habe sie auch die noch in Auflösung befindliche durch die Anziehungskraft an sich gezogen. So hätten sich Höhlungen allmählig mit Chalcedon oder Feuerstein füllen können.

Forchhammer (6).

Forchhammer kommt bei der Erklärung des Ursprungs der Kieselsäure zu dem wichtigen Resultat, dass die Kieselsäure zum weitaus grössten Teil von Spongien herrührt. Er sagt darüber:

„Alle Kalkformationen enthalten Kieselsäure, aber nicht in solcher Menge wie die Kreide. Aber der Flint ist nicht, wie früher angenommen wurde, verwandelte Kreide, sondern die Kieselsäure stammt von Spongien, Alcionien etc., die sich zuerst in Lagen in der Kreide gesammelt haben und später aufgelöst sind". Erst nach der Bildung der Kreide habe sich dann die aufgelöste Kieselsäure wieder zu Flint verfestigt. Er schliesst dies aus dem Verhalten der Flintsteinlagen der Schreibkreide auf Möen gegenüber jüngeren Störungen.

Ausserdem hat er die Beobachtung gemacht, dass die einzelnen parallelen Flintsteinlagen häufig durch senkrechte verbunden sind und zwar besonders in der „blegen Kridt" (Danien), seltener in der weissen Kreide.

Ausser diesen senkrechten Lagen, die zwei Flintgänge mit einander verbinden, hat er noch andere Flintadern bemerkt, die die parallelen Flintadern unter irgend einem Winkel durchschneiden; diese aber waren nie von grosser Länge.

Ehrenberg (7).

Ehrenberg ist anderer Meinung über den Ursprung der Kieselsäure in den Feuersteinen. Er vertritt die Ansicht, dass jene von Kieselinfusorien geliefert sei.

So habe sich in den südeuropäischen Kreidelagern, die wenig oder gar keine Feuersteine enthalten, die Kieselsäure in den sog. Infusorienmergeln, welche in mit der Kreide abwechselnden Lagen überaus mächtig in Sizilien und Griechenland erscheinen, konzentriert. In den nordeuropäischen Kreidelagern seien diese Mergelschichten auch ursprünglich vorhanden gewesen. Später sei dann aber durch diese Infusorienmergel eine auflösende, elastische oder tropfbare Flüssigkeit gedrungen, die dann die Bildung des Feuersteins veranlasst habe. In den schwarzen Feuersteinen habe er allerdings keine deutlichen Infusorienreste gefunden, aber in den weissen durchsichtigen habe er sphärische nadelartige Körper, zuweilen mit Öffnungen, bemerkt.

Bowerbank (8) (9) (13).

Während in den vorigen Arbeiten mehrere Theorien über den Ursprung der Feuersteine aufgestellt worden sind, sucht Bowerbank deren Form zu erklären. Er ist der Ansicht, dass sowohl Tafel- als Knollenfeuersteine verkieselte Schwammgebilde seien.

„Der einzige Unterschied zwischen Tafel- und Knollenfeuerstein scheint der zu sein, dass zur Zeit der Bildung des ersteren der ursprüngliche Schwamm auf einer aussergewöhnlich festen Oberfläche aufsass, die weniger geneigt war sich zu verrücken, und dass er wie der heutige frische Wasserschwamm die Masse, auf welcher er sass, überzog“.

Dass in den Feuersteinknollen häufig Fossilien eingeschlossen sind, sucht er dadurch zu erklären, dass die Schwämme sich auf einzelne ein- und besonders zweischalige Konchylien ansetzen und auch oft auf ihrer ganzen Oberfläche mit vielen anhängenden und mehr oder weniger darin eingesenkten, anfangs lebenden und dann absterbenden Einschalern bedeckt seien, ganz den Erscheinungen der Feuersteinnieren entsprechend. Ebenso wüchsen vielerlei Schwammarten auf gewissen Krabben. Schwämme, die mit breiter Basis auf dem Meeresboden wüchsen, haben ihre untere Fläche oft dicht besetzt mit Konchylien, Echiniden etc.

Bowerbank führt dann Fälle an, wo frische Schwämme das ganze Innere einer nicht klaffenden Muschel ausfüllen zum Beweise dafür, dass es auch bei fossilen Seeigeln so gewesen sein könne, ohne dass die Schwämme in der Schale durch Mund- und Afteröffnung mit äusseren Spongien Zusammenhang gehabt hätten. In den meisten Moosachaten und Feuersteinnieren hat der Verfasser immer gefunden, dass es hornartige Fasern von Schwämmen seien, auf welchen sich Kieselkrystallisationen angesetzt hätten und dann fortgewachsen wären, bis sie von verschiedenen Seiten her zusammenschliessend den ganzen Raum gleichmässig mit Kieselmasse erfüllt hätten.

Anstedt (10).

Diese Theorie führt Anstedt noch weiter aus. Vor allem sucht er auch die schichtenartige Lagerung der Feuersteine zu erklären. Er denkt sie sich auf folgende Weise entstanden:

Während einer längeren Zeit der Ruhe hätten sich die Schichten der Kreide niedergeschlagen, wozu ältere Kalkfelsen und Seetierschalen den Stoff geliefert hätten. Als endlich der Niederschlag aufgehört habe, sei die Oberfläche des Kreidebodens im Meere hinreichend erhärtet, um Schwämmen und anderen Seetieren ihre Ansiedelung zu gestatten. Nun hätten plutonische Bewegungen begonnen, in deren Folge der Seeboden sich hier eingesenkt, sich dort emporgehoben habe, die Schwämme mechanisch mit Kreide überschüttend, und Quellen warmen Wassers hervorgebrochen seien,

das Kieselerde aufgelöst enthalten habe, welche in das Innere der Schwämme eingedrungen sei und sich chemisch darin abgesetzt habe. Dieselbe Erscheinung habe sich später wiederholt und so sei das zweite Feuersteinlager entstanden.

Deutliche Spuren, dass solche plutonische Bewegungen wirklich stattgefunden haben, finde man in mehreren Gegenden Englands.

J. Toulmin Smith (12) und Bensbach (14).

Die „Schwammtheorie“ Bowerbanks hatte zur Folge, dass von jetzt ab die meisten Geologen, die sich mit fossilen Spongien befassten, auch Ansichten über die wahrscheinliche Entstehung des Feuersteins aussprachen. Auch J. T. Smith schickte der Serie von Abhandlungen über fossile Spongien zwei Mitteilungen über die Bildung des Feuersteins vorauf, die die Theorie Bowerbanks bekämpften. Er zeigt, dass, während Bowerbank Schwammnadeln in der Kreide der Feuersteine entdeckt habe, man im Innern der Feuersteine meist vergeblich nach Schwammresten suche; dass man oft nur Bruchstücke von Schwämmen darin finde, deren Umrisse mit scharfen Kanten absetzen und sich nicht etwa infolge eines Verwitterungsprozesses allmählich verlören; dass in die Oberfläche der Feuersteine oft oben und unten grosse Conchylien eingebettet lägen, die nicht alle zufällig von oben auf den sich petrifizierenden Schwamm gefallen und so damit verbunden sein könnten; dass Schwämme oft halb im Feuerstein lägen und halb daraus hervorständen.

Diese Thatsachen scheinen ihm mit der Bowerbank'schen Theorie unverträglich. Seine Ansicht ist vielmehr die, dass Kieselsäureauflösungen, die ihren Ursprung aus der Zersetzung des Feldspaths naheliegender Gebirge hätten, während der Bildung der Kreide in Zwischenräumen durch den Ozean verbreitet gewesen seien; diese Kieselerde habe durch ihr spezifisches Gewicht die Neigung gehabt auf denjenigen Boden des Ozeans zu sinken, der sich der Reihe nach bildete. Hier angekommen habe die Anwesenheit irgend eines organischen Körpers, sei dieser ein Schwamm, Ventriculit etc., die Erstarrung der Flüssigkeit hervorgerufen, sobald diese den Körper berührt habe. Häufig habe sogar schon eine bloss mechanische Einwirkung genügt, um die Erstarrung hervorzurufen. Die erstarrte Masse habe dann gleichsam einen Kern gebildet, um welchen sich durch Attraktion der einzelnen Teile der Kieselsäure eine Masse von grösserem oder kleinerem Umfange gesammelt habe, je nachdem

eine grössere oder kleinere Menge flüssiger Kieselsäure zufällig zugegen gewesen sei.

Diese Erstarrung der Feuersteine ist seiner Meinung nach ausserordentlich schnell geschehen. Sie habe in dem Augenblick stattgefunden, wo irgend ein organischer Körper sich als Mittelpunkt der Anziehung geboten habe. Die Kieselsäure habe sich daher nie in einem gallertartigen Zustande befunden, wie Buckland angenommen habe. Smith schliesst dies aus der scharfen Begrenzung der Ränder einiger Feuersteine, sowie aus der vollkommenen Erhaltung der äusseren Form von solchen im Feuerstein eingeschlossenen Tieren, die gewöhnlich schnell verwesen. Seien von diesen eingeschlossenen Tieren Teile gallertartig und andere faserig gewesen, so seien die letzteren zurückgeblieben, während die ersteren zersetzt worden seien. In den so entstandenen Aushöhlungen habe sich ein Teil der Kieselsäure, die noch als Lösung vorhanden gewesen sei, um die Fasergewebe gesammelt und dort den Chalcedon gebildet.

Die Form der Feuersteine sei abhängig von der Beschaffenheit der organischen Körper, die die Erstarrung herbeigeführt hätte. Die Feuersteinknollen seien gebildet, indem ein oder mehrere organische Körper zum Kern gedient hätten. Der Tafelfeuerstein entstände, indem eine ganze Schicht sehr kleiner Körper als Kerne zur Anziehung der Kieselsäure gedient hätte. Auf diese Weise habe sich eine ausgebreitete Feuersteinlage gebildet, die aber aus zwei Tafeln bestehe, welche nur an einigen wenigen Stellen verbunden seien. Zwischen diesen beiden Tafeln befinde sich, ganz getrennt von der Kreide darüber und darunter, eine pulverartige Substanz, die aus kleinen Organismen bestehe. Hauptsächlich kämen darin zahlreiche Gallionellen vor, dann eine Navicula und einige andere mehr. Merkwürdig sei, dass diese Organismen ganz verschieden von denen seien, die sich in der die beiden Tafeln umgebenden Kreide fänden. Dies seien die Überreste der organischen Körper, die als Kerne zur Anziehung der Kieselsäure gewirkt hätten.

Auch die schichtenartige Lagerung ist ihm mit der Schwammtheorie unvereinbar. Er denkt sie sich dadurch entstanden, dass die Flintknollen, die bereits erhärtet waren, als die Kreide noch eine weiche schlammige Masse gewesen sei, durch ihr grösseres spezifisches Gewicht hinuntergesunken wären bis zu einer Stelle, die fest genug war den Druck der Knollen auszuhalten.

Puggaard (16).

Puggaard ist wieder der Ansicht, dass die Kieselsäure von Spongien herrühre und gelatinös gewesen sei. Diese habe Schwämme und Seepflanzen umhüllt und sei dann zu Flintknollen erstarrt. „Freilich, meint er, könnte der Umstand, dass die Schalen gewisser Arten (Echiniden, Terebrateln) vorzugsweise mit Flint ausgefüllt vorkommen, auch für die Meinung sprechen, dass die Kieselsäure zum Teil von Infusorien herrühre, welche sich in diesen Schalen, sowie in den Seeschwämmen vorzüglich vermehrt hätten. Jedenfalls müssen aber die Schwämme oder die Infusorien die Kieselsäure vom Meerwasser ausgezogen haben, ebenso wie die übrigen Bewohner des Meeres den Kalk ihrer Schalen nur ansammeln; man muss daher annehmen, dass mineralische Quellen dem Kreidemeere fortwährend Kieselsäure und kohlensauren Kalk zugeführt haben“ [1]).

Unter andern hält er auch die grossen Flintringe (Hagenows Puddingsteine) für verkieselte Schwämme, die er mit dem Namen Spongia annulus belegt hat. Es sind cylindrische hohle Körper von 1 bis 2 Fuss Durchmesser mit unregelmässig knolliger Oberfläche und scheinbar ohne organische Textur. Im Innern derselben, sowie um ihre Öffnung herum bemerke man zuweilen eine bläulich graue Färbung der Kreide, welche ohne Zweifel von fein zerteilter organischer Materie (Kohle) herrühre; eine solche Färbung komme auch zuweilen an andern Orten flammenweise vor.

Gaudry (15).

Gaudry gibt die Anregung zu einer ganz neuen Theorie, die erst durch de Cossigny weiter entwickelt wird. Er will nämlich die Entstehung des Feuersteins zum Teil auf Ausfüllung von Hohlräumen, wo solche durch Verwesung organischer Substanzen entstanden sind, zurückführen, wie man denn auch Seeigelschalen findet, in deren inneren Raum die kieselige Materie flüssig eingedrungen ist, um dieselbe mehr oder weniger auszufüllen.

Um die Kieselnieren in Fällen zu erklären, wo sie nicht vorgefundene Höhlungen ausgefüllt haben, nimmt er wie Buckland die Anziehungskraft zu Hülfe, welche kieselige Moleküle inmitten kalkiger Massen, worin sie verteilt sind, wechselseitig auf einander ausüben, ebenso wie sich in dem in den Laboratorien vorbereiteten Porzellanteig Kieselklümpchen bilden.

---

[1]) (16) pag. 199, Anmerkung.

Hinde (26).

Von den in unserem Litteraturverzeichnis zwischen Gaudry und Hinde aufgeführten Arbeiten ist nur die Ansicht Lyells noch zu erwähnen, der annimmt, dass Änderungen in der Richtung der Meeresströmungen stattgefunden haben, die einmal mehr kalkige Substanz mit sich führten, und infolgedessen einen Überfluss an Globigerinen entstehen liessen, ein ander Mal mehr kieselsaure Substanzen mit sich führten und so das Gedeihen von Diatomeen begünstigten, die dann später den Feuerstein entstehen liessen.

Wirklich neue Resultate brachte erst die Arbeit von Hinde. Er fand in dem Innern eines einzigen Feuersteins 160 verschiedene Formen von Spongiennadeln und zwar

4	Spezies	von	3	Genera	der	Monactinelliden,
20	„	„	7	„	„	Tetractinelliden,
6	„	„	5	„	„	Lithistiden,
8	„	„	7	„	„	Hexactinelliden.

Hieraus schliesst er, dass in Kreidemeeren eine grosse Menge verschiedener Arten von Spongien gelebt hätten, ähnlich dem Vorkommen von Spongien in unsern jetzigen Meeren, wie durch Tiefseelotungen festgestellt sei. So berichte Thomson, dass in einem Zug 40 Arten von Kieselspongien emporgebracht worden seien [1]) und Carter [2]) habe in einem Material aus dem Golf von Maraar in dem Indischen Ozean nicht weniger denn 62 Spongienarten beschrieben.

Diese Schwämme der Kreidemeere seien dann nach dem Tode des Tieres in ihre Nadeln zerfallen, die dann, obgleich sie aus Kieselsäure bestanden, so vollständig aufgelöst und aus der Kreide fortgeführt seien, dass eine Analyse der letzteren kaum noch eine Spur Kieselsäure liefere. Diese sei an einigen Stellen zusammengehäuft und zu Flintknollen verfestigt worden.

Ein kleiner Teil der Kieselsäure kann nach Meinung des Verfassers auch von anderen Organismen, wie z. B. Radiolarien herstammen.

Die Bildung des Flintes sei der Verfestigung der Kreide vorhergegangen; denn die zarten fossilen Organismen seien häufig wunderschön in den hohlen Flintsteinen erhalten, während sie in den umgebenden Teilen vollständig durch die Verfestigung der Kreide zerstört seien.

---

[1]) Ann. Mag. Nat. Hist. 1869 pag. 119.

[2]) „ „ „ „ Serie 5 vol. 6 pag. 457.

Wallich (28, 29, 30).

Wallich behandelt die Flintsteinfrage in drei grösseren Aufsätzen. Auch er ist der Ansicht, dass die Tiefseespongien bei weitem die wichtigsten Faktoren bei der Bildung des Feuersteins seien. Vor allem habe auch die protoplasmatische Substanz der Spongien hierbei eine wichtige Rolle gespielt. Denn diese habe unmittelbar auf der Oberfläche des kalkigen Sediments gelegen und so geradezu zwischen dem Meeresboden und dem Meereswasser eine Schicht gebildet, die sich bei jeder Vermehrung des kalkigen Sediments infolge ihres kleineren spezifischen Gewichtes gehoben habe. Diese organische Substanz habe dann sowohl sämtliche Spongiennadeln, als auch die Radiolarien und Diatomeen, die von der Oberfläche des Wassers zu Boden gesunken seien, zurückgehalten und aufgelöst, bis dann schliesslich eine Übersättigung der protoplasmatischen Substanz mit Kieselsäure eingetreten und letztere als Eiweissverbindung ausgeschieden sei. Diese Verbindung der Kieselsäure habe sich dann zu Flint verfestigt, sei mit kreidigem Sedimente überdeckt worden und habe so eine Flintlage in der Kreide gebildet.

Auch in unserm heutigen Ozean sei diese organische Substanz auf der Oberfläche des Meeresbodens vielfach beobachtet und im Jahre 1868 von Professor Huxley als Bathybius beschrieben. Wallich aber ist der Ansicht, dass diese Substanz, die den Namen Bathybius empfangen habe und für selbständig lebende Moneren erklärt sei, in Wirklichkeit Spongienprotoplasma sei. Der Verfasser wird in seiner Ansicht noch dadurch bestärkt, dass Thomson und Carpenter im nördlichen Teil des Atlantischen Ozeans Bathybius zugleich mit einer ungeheuren Menge Kieselspongien gefunden haben. Die Nadeln und Wurzelfasern der letzteren waren mit dem Bathybius innig verbunden, ähnlich wie wenn Haare mit Mörtel vermischt sind.

Ein weiterer Beweis für den organischen Ursprung der Feuersteine sind ihm die phantastischen Amöben ähnlichen Umrisse, (amoebiform outlines) derselben, die man sich nicht erklären könne, wenn man wie Sollas annehme, dass die Flintsteine Pseudomorphosen nach Kreide seien. Die Kieselsäure wäre jedenfalls ganz anders abgesetzt worden, wenn sie die poröse Kreide in Lösung durchzogen hätte. Nicht Flint sondern Hornstein wäre dann wohl das Resultat gewesen.

Der Verfasser stellt dann noch eine vergleichende Betrachtung zwischen den kalkigen Sedimenten der jetzigen Meere und der Kreideformation an. Er kommt hierbei zu dem Resultat, dass kein wesentlicher lithologischer Unterschied zwischen den beiden bestehe, sondern dass jene nur eine Fortsetzung der letzteren seien. Dass die Tiefseelotungen einen so beträchtlichen Gehalt des Sedimentes an Kieselsäure ergäben, komme daher, dass die ganze Kieselsäure dadurch an der Oberfläche angehäuft sei, dass sie in der protoplasmatischen Substanz zurückgehalten werde. Wäre es dagegen möglich, eine Probe aus einer Tiefe von wenigen Fuss zu erlangen, so würde diese höchst wahrscheinlich nicht mehr Kieselsäure enthalten, als die obere Kreide.

Sollas (27, 35).

Sollas bestreitet dagegen in seinem Aufsatz über die Trimmingham Feuersteine jegliche Mitwirkung von organischer Substanz zur Bildung von Flintsteinen. Er kommt vielmehr zu der schon im Jahre 1876 von Prof. Robert Jones (24) ausgesprochenen Ansicht, dass der Flintstein eine Pseudomorphose nach Kreide sei.

Er behandelt die Flintsteinfrage von vier Gesichtspunkten aus:

1. Der Ursprung der Kieselsäure.
2. Die Anhäufung derselben, besonders als Spongiennadeln.
3. Die Auflösung der angehäuften Kieselsäure und
4. die Wiederausfällung als Flint.

Hinsichtlich des Ursprungs der Kieselsäure ist er derselben Ansicht wie Wallich. Auch er glaubt, dass Spongien zum weitaus grössten Teil die Kieselsäure geliefert haben. Diese Spongien hätten im Kreidemeere ein mattenartiges Bett gebildet. Mit dem Tode und der Auflösung des Organismus seien die Nadeln frei von der organischen Substanz geworden und auf dem Boden des Meeres zusammengemischt. Auf diese Weise sei ein Lager kalkigen Schlammes, der mit Spongiennadeln aller Arten und Grössen vollgestopft sei, gebildet worden. Diejenigen Spongien, deren Skelett zusammenhängend genug wäre, um nicht in seine Nadeln zu zerfallen, würden von diesem Gemisch von kalkigem Schlamm und Kieselnadeln bedeckt und angefüllt werden. Darauf würden sie eine Verkieselung erleiden und auf diese Weise zu einem Feuersteinknollen werden.

Die zusammengehäuften Spongiennadeln seien dann aufgelöst und zwar lediglich durch den gewaltigen Druck des Wassers, der

ja in einer Tiefe von 100 bis 400 Faden 20 bis 80 Atmosphären betrage. Irgend eine Mitwirkung von organischer Substanz lässt er nicht gelten, da ein viel zu langer Zeitraum dazu nötig sei, die Nadeln aufzulösen. Während dieser Zeit würde nach seiner Meinung die organische Substanz längst zersetzt und verschwunden sein.

Diese aufgelöste Kieselsäure sei dann später wieder abgesetzt worden, und zwar als eine Pseudomorphose nach kohlensaurem Kalk. So hat der Verfasser Knollen gefunden, die innen aus schwarzem Flint bestehen, aussen aber aus gewöhnlicher Kreide, in der nur vereinzelte Kieselreste vorhanden gewesen seien. Zwischen diesen beiden könne man jedes weitere Stadium der Verkieselung finden. Zuerst seien die Kokkolithen, Foraminiferen und andere kalkige Bestandteile in Kieselsäure verwandelt. Dabei hätten diese die feinsten Linien ihrer ursprünglichen Form beibehalten. Dadurch dass diese Pseudomorphosen dann durch einen einfachen Absatz von Kieselsäure cementiert seien, sei dann allmählich der Flint entstanden.

Die Flintadern sucht er folgendermassen zu erklären: Die Kreide sei schon fest genug gewesen, um von Spalten durchzogen werden zu können. Die gelöste Kieselsäure, von der die Kreide durchzogen worden, sei auf die freie Oberfläche, die der Spalt dargeboten habe, abgesetzt, und zwar als Pseudomorphose nach Kreide, indem die Oberfläche der Spalte verkieselt worden sei. Auf diese Weise sei allmählig die Flintader entstanden.

Die regelmässigen Flintknollen seien um Schwämme, deren Skelelte nach dem Tode des Tieres nicht auseinander gefallen seien, gebildet, indem der Kreideschlamm, der in die Maschen und Netze des Skeletts eingedrungen sei, durch Kieselsäure ersetzt sei. Die häufige Abwesenheit von Flint innerhalb einer Spongie komme daher, dass dieselbe nicht mit Kreideschlamm ausgefüllt sei und infolgedessen keine Pseudomorphose der Kieselsäure nach kohlensaurem Kalk habe stattfinden können.

Die unregelmässigen Knollen seien dagegen auf unregelmässige Verteilung von kieseligen Lösungen um ein unregelmässiges Bett von Spongiennadeln zurückzuführen, indem die zwischen diesen befindliche Kreide durch Kieselsäure ersetzt sei und so die Nadeln zu einer Flintknolle cementiert seien.

Auch die Ausfüllung von Echinidenschalen sei keineswegs an die Anwesenheit von Spongien gebunden, sondern dadurch ent-

standen, dass die kolloidale Kieselsäure, die durch die Schale durchfiltrierte, innerhalb derselben zurückgehalten worden sei und sich verfestigt habe.

De Cossigny (31).

De Cossigny nimmt die alte Theorie seines Landsmannes Gaudry wieder auf. Aber hatte dieser die Flintbildung nur in einigen Fällen durch Ausfüllung von Hohlräumen in der Kreide zu erklären versucht, so ist de Cossigny geneigt, sämtliche Feuersteine der Kreide auf diese Weise zu deuten. Vor allem sind ihm die grossen Gegensätze in der Gestaltung der Knollen ein Beweis für seine Theorie. Denn die bald kugelrunden, bald abgeplatteten, cylindrischen, unregelmässig ausgebuchteten, ausgezackten, verästelten und durchbohrten Gestalten sind nach ihm mit konkretionärer Natur nicht recht vereinbar, während dieselben sich gerade sehr gut auf die unregelmässigen Formen der Hohlräume zurückführen lassen. Auch die Erscheinung, dass im Innern der Feuersteine sich manchmal eine mit Quarz austapezierte Höhlung befindet, sowie das Netzwerk von vorspringenden Rippen auf der Oberfläche mancher Knollen sind nach ihm nur durch seine Theorie zu erklären.

Die Feuersteingänge sind seiner Ansicht nach auf Spalten gebildet, in die die Kieselsäure (nach Ablagerung und wahrscheinlich auch nach Trockenlegung des Sediments) eingedrungen ist. So habe er in der Umgegend von Troyes beobachtet, dass die Feuersteine sich nur selten in der Ebene der Schichtung befänden, sondern dass sie kleine kompakte Gänge und Trümmer von kurzer Erstreckung, aber sehr verschiedener Richtung bilden, welche sich gabeln, auskeilen, wieder anlegen etc. — Bei St. Benoît-sur-Vanne hat er ausser den gewöhnlichen Feuersteinadern noch linsenförmige Platten bemerkt, deren Masse aber unmittelbar mit der der Adern zusammenhing.

Fuchs (33).

Fuchs stellt in seiner Arbeit [(33) pag. 550] fest, dass die weisse Schreibkreide eine Tiefseebildung ist. Der jetzige Zustand der Kreide entspreche aber nicht mehr dem ursprünglichen; die Kieselsäure habe sich aus der Gesamtmasse ausgeschieden und in den Feuersteinknollen konzentriert.

Abbot und **Jukes-Browne** (42, 43).

Im Anfang der 90er Jahre wurde der Challenger-Report herausgegeben. Dieser sowie die Arbeit von Murray und Irvine (37) brachten wichtige Mitteilungen über den Ursprung, die Verteilung und die Auflösung der Kieselsäure in den jetzigen Meeren. Jedoch fällt die Besprechung dieses wichtigen Abschnittes nicht in den Rahmen unserer historischen Übersicht. Wir werden später darauf zurückkommen.

Das Thema der Flintsteinfrage wurde erst wieder durch Abbott (43) in Fluss gebracht. Auch dieser ist wie de Cossigny der Meinung, dass sich der Flint erst nach der Hebung und Verfestigung der Kreide gebildet habe. Und zwar sei der sogenannte Tafelflint auf Spalten entstanden; denn dieser bestehe fast immer aus zwei Lagen [1]), von denen jede für sich von der einen Seite der Spalte der anderen bis zur Vereinigung entgegengewachsen sei.

Die Flintsteinknollen dagegen seien durch Konkretion der Kieselsäure um Schwämme, Holz und Schalen gebildet. Die Abwesenheit von Flint in der unteren Kreide führt er darauf zurück, dass diese noch unter Wasser gewesen sei, als der Prozess der Konkretion vor sich gegangen sei.

Jukes-Browne beweist dagegen, dass die Auflösung der Kieselsäure nicht erst nach der Hebung und Verfestigung der Kreide geschehen sein könne, sondern schon unter Wasser vor sich gegangen sein müsse. Denn warum habe sich in der unteren und mittleren Kreide die lösliche Kieselsäure [2]) nicht zu Flint konzentriert?

Die untere Kreide von Collingbonn Kingston z. B. enthält 38 % kolloidaler Kieselsäure und keine Feuersteine. Die untere Kreide von Wiltshire enthält auch sehr viel kolloidale Kieselsäure, besonders in Form von Spongiennadeln. Daneben finden sich vielfach Hornsteinknollen, die aber durch einfiltrierte Kieselsäure verkittete Teile dieser kieseligen Kreide sind. In der unteren Kreide von Dorset dagegen kommen auch Flintsteine vor. Der Betrag an löslicher Kieselsäure ist sehr gering.

Ebenso ist das Vorkommen der Kieselsäure in der mittleren Kreide sehr mannigfaltig.

Die obere Kreide dagegen ist gewöhnlich sehr rein an löslicher Kieselsäure: sie enthält 98—99 % kohlensauren Kalk. Eine

---

[1]) Was auch Toulmin Smith schon beobachtet hat.

[2]) Löslich bedeutet, in einer Kalilauge von gewisser Stärke löslich.

merkwürdige Thatsache ist, dass die an Flint reiche Kreide meistens noch kolloidale Kieselsäure enthält, während die an Flint arme Kreide keine mehr enthält.

Diese Thatsachen beweisen ihm, dass keine Beziehungen zwischen dem Vorkommen von Feuersteinen und der An- oder Abwesenheit von kolloidaler Kieselsäure bestehen. Vor allem aber kann man nicht mehr annehmen, dass die Spongiennadeln nach der Hebung der Kreide über den Ozean in Lösung gegangen wären und sich zu Flint konzentriert hätten. Denn warum ist dies nicht in der unteren Kreide, die doch denselben Bedingungen ausgesetzt war, der Fall gewesen?

Nein, man muss annehmen, dass die Nadeln aufgelöst wurden, bevor der kalkige Schlamm Kreide wurde.

Nach seiner Ansicht wurden in der unteren Kreide die Nadeln nicht aufgelöst, weil die Hauptbedingung zur Lösung, nämlich sich zersetzende organische Substanz fehlte. Sie wurde weggetrieben, da die untere Kreide in seichtem Wasser gebildet wurde, während die obere ein Tiefseesediment ist. Ausserdem wurde erstere wahrscheinlich viel schneller abgesetzt als letztere, und infolgedessen konnten die Spongiennadeln nicht aufgelöst werden, bevor sie eingebettet wurden.

Die Bildung des Flints dagegen hat wohl nichts mit der Tiefe des Wassers zu thun, da dieser ja in allen Teilen der Kreide vorkommt. Er spricht in seinem ersten Aufsatz folgende Vermutung für die Wiederausfällung der Kieselsäure als Feuerstein aus. „Wenn eine Kreidemasse zum ersten Male über die Oberfläche des Meeres gehoben wird, so wird das Wasser, mit dem sie gesättigt war und das ohne Zweifel eine Menge gelöster Kieselsäure enthielt, heruntersinken. Wenn nun Regenwasser, das die Kreidemasse durchsickerte und viel kohlensauren Kalk gelöst enthält, in Berührung mit jenem Wasser, das die Kieselsäure enthält, kommt, würde dann die Kieselsäure nicht niedergeschlagen werden?“

Die senkrechten Flintlagen sind seiner Meinung nach bei der Erhebung der Masse aus dem Wasser entstanden, als jene noch vollständig mit Seewasser gesättigt war. Dabei haben sich kleine Spalten gebildet, in die sich die Kieselsäure, die infolge des veränderten Druckes nicht mehr in Lösung bleiben konnte, abgesetzt hat. Wenn dagegen das die Kreide durchsetzende Wasser erst nach der Verfestigung durch die Spalten gekommen sei, so sei es doch viel wahrscheinlicher, dass dann Kalkspathkrystalle abgesetzt seien.

In seinem zweiten Aufsatz ist er indessen der Meinung, dass auch die Wiederausfällung der Kieselsäure durch sich zersetzende organische Substanz bewirkt sei. Den chemischen Prozess, der dabei stattfindet, erklärt er nicht näher.

Rauff (39, 44).

Ausser den beiden in unserm Litteraturverzeichnis aufgeführten Arbeiten (39, 44) besitzen wir von Rauff noch eine Reihe von Referaten im Neuen Jahrbuch, worin der Referent auch eigenen Ideen über die Entstehung des Feuersteins Ausdruck giebt. In seiner Paläospongiologie macht er wichtige Mitteilungen über den Verkieselungsprozess der Spongien und deutet dabei vielfach auf den wahrscheinlichen analogen Vorgang bei der Feuersteinbildung hin.

Er denkt sich die Entstehung der Flintsteine ebenso wie Sollas durch eine Pseudomorphose von Kieselsäure nach kohlensaurem Kalk. Er sagt hierüber: „Ich habe noch keinen Feuerstein gefunden, der sich nicht bei der Untersuchung als eine Pseudomorphose nach kreidigem Sedimente erwiesen hätte; ich sage nicht geradezu nach Kreide, weil manchmal der Kieselsäuregehalt des Sedimentes, z. B. der der jetzigen Feuersteinlager, schon ursprünglich recht beträchtlich gewesen sein mag“.[1])

Den dabei stattfindenden chemischen Prozess denkt er sich nach folgenden Formeln:

$$2\,CaCO_3 + 2\,SiO_2 = CaSiO_3 + CaSiO_3 + 2\,CO_2$$

$$H_2O + CaSiO_3 + 2\,CO_2 = Ca(CO_3H)_2 + SiO_2$$

„Es wird also, sofern die umsetzenden kieseligen Lösungen nicht freie Kohlensäure mitbringen, nur die Hälfte der bei dem Prozess beteiligten Kieselsäure abgeschieden werden. Die andere Hälfte wird als Kalksilikat zugleich mit dem gebildeten Calciumbicarbonat in Lösung gehen, da ja beide Substanzen, erstere besonders bei Gegenwart von Alkalisilikaten, die gewöhnlich in kieselsäurehaltigen Quellen vorhanden sind, Kieselsäure gegenüber relativ leicht löslich sind. Sobald aber das weggeführte Kalksilikat irgendwo freie Kohlensäure antrifft, findet eine neue Zersetzung in der angegebenen Weise unter neuer Ausscheidung von Kieselsäure statt.“ [2])

Dabei sei vielfach auch ein Spongienskelett in dem Feuerstein eingebettet worden, indem das kalkige Sediment mit dem die

[1]) N. J. 1895. I pag. 211.

[2]) Paläontographica Bd. 40 pag. 225.

Maschen und Netze des Skeletts ausgefüllt seien, durch Kieselsäure ersetzt sei. Würde hierbei das Skelett seine primäre amorphe Beschaffenheit bewahrt haben, so bliebe es trotz der neuen umhüllenden (krystallinischen) Kieselansätze scharf in allen Einzelheiten sichtbar. Da aber die Spikule fast immer in den kryptokrystallinischen Zustand übergeführt worden seien und das gleiche optische Verhalten zeigen, wie das Versteinerungsmittel, so verschwinde das Skelett vollständig, ohne dass es eigentlich zerstört worden sei. Ebenso verschwinde es natürlich, wenn es, amorph oder wenigstens optisch isotrop geblieben, von kolloidaler Kieselsäure eingebettet werde.

„Diese Umstände", sagt er[1]) „sind zum Verständnis vieler Hornsteine und namentlich vieler Feuersteine von Bedeutung. Bei vielen steckt jedenfalls das ursprüngliche Skelett noch vollständig darin; aber es kann sich nicht abzeichnen und ist durch kein weder chemisches noch optisches Mittel wieder hervorzurufen."

„Aber" sagt er[2]) „keineswegs will ich der öfter gemachten Annahme das Wort reden, dass Feuersteinbildung mit Ablagerung von Spongien, oder überhaupt von kieseligen Organismenresten immer unmittelbar mit einander verknüpft wären und beide sich gegenseitig bedingen. Das ist nicht der Fall."

Deecke (46, 48).

Deecke giebt nach einer physikalischen und chemischen Beschreibung der Rügenschen Feuersteine folgende kurze Erklärung für die Entstehung derselben.

„Es ist wohl keine Frage, dass die Kieselsäure von Kieselschwämmen herrührt. Diese Tiere müssen ausgedehnte Rasen auf dem Boden des Kreidemeeres gebildet haben, und ihre Nadeln, die beim Verwesungsprozess durch Ammoniak und organische Basen zum grössten Teil aufgelöst wurden, lieferten das Material für die Konkretionen. Zahlreiche Feuersteine zeigen noch deutlich die Form oder selbst das Gewebe und das Kanalsystem der Schwammkörper. Aus der vom Flint umschlossenen Kreide lassen sich mit Salzsäure leicht trefflich erhaltene Spongiennadeln der verschiedensten Arten isolieren, und ebenso trifft man solche in der dunklen Substanz eingebettet.

Freilich ist die Kieselsäure nach dem Absterben der Schwammrasen gewandert und hat sich mit Vorliebe in und um die Gehäuse

[1]) Paläontographica Bd. 40 pag. 212.

[2]) Verh. d. naturhist. Ver. d. Rheinl. 1892 pag. 57.

von Muscheln, Terebrateln und Seeigeln angesetzt und den von den Tieren eingenommenen Hohlraum erfüllt, sodass bei den Austern dieser Feuersteinkern die Gestalt und Grösse des Tieres oft recht gut wiedergiebt. Bei den Seeigeln sieht man, wie die Kieselsäure zum Mund- und Afterloch hineingedrungen ist, und sich an die abgelagerten Massen aussen ein ganzer Knollen anschliesst. Auch Bryozoenkolonien oder Trümmer solcher Tiere haben, durch ihre Porosität den Absatz begünstigt und sind oft völlig umhüllt".

Sodann bespricht der Verfasser einige eigentümliche Formen der Feuersteine. Die grossen ringförmigen Konkretionen (die auch Puggaard schon beschrieben hat) sind nach seiner Meinung zusammengesunkene Becherschwämme. Auch die im Innern hohlen Feuersteine, welche lose Körper enthalten, so dass sie beim Schütteln klappern, sind nach ihm auf Schwämme zurückzuführen. Die losen Körper seien kugelförmige Schwämme, die ursprünglich von Kreide und Flint umgeben gewesen seien. Die miteingeschlossene Kreide sei dann später durch Löcher der Flinthülle herausgefallen, wodurch der Kern nun locker in der Schale sitze und das Geräusch erzeugen könne.

Rördam's Theorie ist im wesentlichen dieselbe wie die von Sollas aufgestellte, nämlich dass der Flint eine Pseudomorphose nach Kreide sei. Dabei ist aber zu beachten, dass sich Rördam's Untersuchungen auf die Horn- und Feuersteine des Saltholmskalks beziehen, während Sollas seine Theorie für die Feuersteine der Kreide überhaupt aufgestellt hat. Für die Flinte des Saltholmskalks scheint mir diese Theorie zutreffend zu sein, wie ich denn auch noch später darauf zu sprechen kommen werde.

III. Zur Kritik der Litteratur.

Es sind also im Laufe der Zeit folgende Theorien über die Bildung des Feuersteins aufgestellt worden:

1) Der Flint sei durch eine chemische Umwandlung der Kreide entstanden.
   (Hacquet und Gerhard.)
2) Organische Substanz habe die Bildung veranlasst.
   (L. v. Buch, Wallich und Jukes Browne.)
3) Der Feuerstein sei konkretionärer Natur.
   (Turner, Forchhammer, Ehrenberg, Jones, Fuchs, Abbot.)

4) Der Flint sei eine Pseudomorphose von Kieselsäure nach Kreide.
(Sollas, Rauff, Rördam.)

5) Lediglich Spongien seien entscheidend gewesen für die Bildung desselben.
(Bowerbank, Anstedt, Puggaard.)

6) Der Flint sei das Resultat einer momentanen Verfestigung von in Lösung befindlicher Kieselsäure.
(Toulmin Smith.)

7) Der Flint sei durch Ausfüllung von in der Kreide befindlichen Hohlräumen mit Kieselsäure entstanden.
(Gaudry, de Cossigny.)

Eine kritische Besprechung dieser sieben Theorien soll in diesem Abschnitt der Arbeit meine Aufgabe sein.

Die erste von Hacquet und Gerhard vertretene Ansicht können wir bei dem heutigen Stande der Wissenschaft wohl ganz ausser Acht lassen.

Bedeutend mehr Beachtung verdient schon die Theorie Leopold von Buchs, da dieser schon erkannte, dass die organische Substanz zur Bildung des Feuersteins mitgewirkt hat. Er geht allerdings zu weit, wenn er behauptet, dass der Feuerstein geradezu ein inniges Gemisch von Kieselsäure und organischer Substanz sei, so dass letztere sogar ausgepresst oder destilliert werden könne.

Bei Wallich ist ebenfalls die organische Substanz der Hauptfaktor zur Bildung des Feuersteins. Er nimmt an, dass sie zwischen dem Meeresboden und -Wasser eine Schicht gebildet habe, die dann die von Spongien und Radiolarien herstammende Kieselsäure zurückgehalten und aufgelöst habe. Dadurch, dass sie dann allmählich mit Kieselsäure übersättigt sei, habe sie dann zur Bildung des Flints geführt. Er stellt dann weiter die Behauptung auf, dass diese Schicht von organischer Substanz auch noch in recenten Meeren gefunden werde, und dass der in fast allen Teilen des Ozeans gefundene Bathybius diese Schicht sei. Nun ist aber die Entdeckung gemacht worden, dass Bathybius überhaupt keine organische Substanz ist, sondern dass dieser aus gelatinösem schwefelsauren Calcium besteht, welches aus dem noch in den Schlammproben befindlichen Meerwasser durch Alkohol, der zur Konservierung der Proben verwendet wurde, ausgefällt worden ist[1]).

---

[1]) Challenger-Report on Deap-Sea Deposits pag. XXVII Anmerkung.

Also hat seine Theorie schon sehr an Stichhaltigkeit verloren. Aber wenn auch die organische Substanz wirklich in dem Kreidemeere diese Schicht gebildet und die Kieselsäure aufgelöst hätte, so müssten in dem Flint doch bedeutend mehr bituminöse Bestandteile enthalten sein, da man in diesem Fall den Feuerstein doch geradezu als eine kieselsaure Eiweissverbindung betrachten muss, zumal die ganze organische Substanz ja mit der Kieselsäure in dem Sediment eingebettet wurde.

Bei Jukes Browne vermisst man sehr eine nähere Erklärung der durch die organische Substanz bewirkten chemischen Vorgänge, da jene ja sowohl die Auflösung als auch den Absatz der aufgelösten Kieselsäure bewirkt haben soll.

Im Gegensatz zu diesen Theorien, die die organische Substanz zur Bildung des Flints zur Hilfe nehmen, ist dann von den Geologen immer wieder versucht worden, nachzuweisen, der Feuerstein sei erst nach der Hebung und Verfestigung der Kreide entstanden. Zuerst ist von Turner, Ehrenberg, Forchhammer und Fuchs konkretionäre Bildung angenommen, bis dann später von Sollas und Rauff die Theorie aufgestellt worden ist, dass der Flint durch eine Pseudomorphose der Kieselsäure nach Kreide entstanden ist. Beide Annahmen setzen aber voraus, dass eine Lösung von Kieselsäure in Wasser die Kreide durchdrang. Hierbei hätte aber die Kieselsäure höchst wahrscheinlich die Kreide cementiert und es wären, wenn die Verkieselung weiter fortgeschritten wäre, Hornsteine gebildet worden, die höchstens an ganz vereinzelten Stellen ein Feuerstein ähnliches Aussehen haben würden. z. B. führt der Saltholmskalk viele Hornsteine. Bei diesen kann man alle Stadien der Verkieselung beobachten. Im Anfang der Verkieselung von hellgrauer Farbe, nehmen die Hornsteinknollen je nach dem Grade der Verkieselung eine immer dunklere Farbe an. Ja an vereinzelten Stellen ist jene soweit fortgeschritten, dass man diese Partien nicht von dem Feuerstein der weissen Schreibkreide unterscheiden kann. Zuweilen ist eine Knolle vollständig mit dunklen Flecken durchsetzt. Ein diesen ganz ähnliches Aussehen besitzen die gefleckten Feuersteine von Kristianstadt in Schweden, die von Hennig (47) beschrieben sind. Bei diesen sind aber die helleren Partien erst nachträglich entstanden und zwar dadurch, dass die Opalsubstanz des Feuersteins an diesen Stellen ausgelaugt ist, und in die dadurch entstandenen Höhlungen wieder kohlensaurer Kalk einfiltriert ist. Das ist also ein Beweis dafür, dass die helleren kalkhaltigen

Partien eines Feuersteins und der vermeintliche Übergang von Horn- zum Feuerstein auch sekundär geschehen sein kann.

Wenn die Feuersteine der Schreibkreide auf dieselbe Weise wie die Hornsteine des Saltholmskalks entstanden wären, so müsste man doch in den meisten Fällen einen allmählichen Übergang von der Kreide über die immer mehr Kieselsäure enthaltenden Teile zum Flint beobachten können. Dies ist aber nicht der Fall. Denn die dünne weisse Rinde, die übrigens kaum einen Millimeter dick ist, ist wohl kaum für einen solchen Übergang zu halten, sondern sie ist wahrscheinlich durch nachherige Auslaugung der Opalsubstanz entstanden [1]). Den Grund dafür, dass die Kreide häufig in der Nähe der Feuersteine etwas verkieselt ist, werde ich später angeben.

Weder die Form noch die Struktur der Knollen lässt auf Konkretionen schliessen. Auch die Beimengung von organischer Substanz in dem Feuerstein und die schichtenartige Anordnung derselben wäre ganz unverständlich.

Vor allem sprechen gegen diese Theorien auch die Untersuchungen von Jukes-Browne, der nachgewiesen hat, dass auch in der unteren Kreide lösliche Kieselsäure vorhanden ist, die sich entweder in Hornsteinknollen konzentriert hat, oder überhaupt nicht gelöst worden ist. (s. pag. 223).

Hier ist noch die Theorie Ehrenbergs zu erwähnen, nach der sich die Kieselsäure in Thonlagern, wie sie in der mediterranen Kreide parallel der Schichtung überaus häufig vorkommen, konzentriert habe. Durch diese Thonlager sei eine auflösende Flüssigkeit gedrungen, die den Thon fortgeführt habe und die Bildung des Feuersteines veranlasst habe. Doch sind in der nordeuropäischen Kreide sicher keine Thonschichten an Stelle der jetzigen Feuersteinlager vorhanden gewesen. Auch die Annahme, dass Infusorien [2]) die Kieselsäure zu den Feuersteinen geliefert hätten, ist nicht richtig. Denn bisher ist noch kein Feuerstein gefunden, der lediglich aus Radiolarien oder Diatomeen bestand. Auch ist wohl anzunehmen, dass die Infusorien die Schieferung beibehalten hätten, wie bei dem Polierschiefer.

Eine Theorie, die wohl die meisten Anhänger gefunden hat, ist die Schwammtheorie Bowerbanks, nach der jeder Feuerstein

---

[1]) s. pag. 199.

[2]) Ehrenberg versteht unter Infusorien auch Diatomeen und Radiolarien.

ein zum Fossil gewordener Schwamm sei. Doch Bowerbank schliesst aus vereinzelten Erscheinungen viel zu weit, wenn er behauptet, sämtliche Feuersteine seien um Schwämme gebildet. Gewiss tritt bei vielen Feuersteinen noch deutlich die Schwammstruktur zu Tage und zum Teil haben sie auch die Form der Spongien behalten; darum aber behaupten zu wollen, jeder Feuerstein, selbst wenn er als Ausfüllung von Echinodermen- und Austernschalen auftrete oder in ausgedehnten Tafeln, sei durch Schwämme verursacht, ist vollständig unberechtigt. Denn wenn eine Spongie in einen Feuerstein eingeschlossen ist, so heben sich auch noch die Teile des Skeletts, die erhalten sind, deutlich aus dem kompakten Flint ab. Man findet z. B. häufig Schwämme, die noch wieder von einer Flinthülle umgeben sind. Es sind grösstenteils kugelrunde Knollen, die solche Schwämme enthalten. Zerschlägt man die Knolle, so sieht man eine ganz scharfe Grenze zwischen dem inneren Spongienskelett und dem äusseren Flintringe, ohne dass ein Übergang von dem einen ins andere zu entdecken ist. Die meisten Feuersteinknollen, die Spongien umschliessen, haben nicht im Entferntesten die Form der letzteren beibehalten. Auch hat die Kieselsäure durchaus nicht immer den ganzen Schwamm umhüllt, sondern, wenn nicht genug Kieselsäure vorhanden war, so schliesst der Feuerstein mitten in der Spongie ab. Diese Fälle, wo ein Schwammskelett in einem Flintstein zu finden ist, sind aber, wie gesagt, verhältnismässig selten. Wenigstens ist dies der Fall bei Feuersteinen, die in der Schichtung liegen. Bei den Knollen allerdings die in der Kreide Rügens ausserhalb der Lagen liegen, ist fast stets ein Spongienskelett zu entdecken.

Anstedt machte dann einen ziemlich missglückten Versuch, mit Hilfe dieser Theorie auch die bankförmige Anordnung der Feuersteine zu erklären. Er meint, dass der Niederschlag von Kreide in dem Ozean nur während bestimmter Perioden stattgefunden habe, und dass zwischen diesen Perioden die Schwämme auf dem fest gewordenen Sedimente gedeihen könnten, bis sie durch plutonische Bewegungen mechanisch mit Kreide bedeckt worden seien. Er bedenkt aber nicht, dass die Kreide ein Tiefseesediment ist, und dass infolgedessen die Sedimentation kontinuierlich vor sich gegangen ist. Der Meeresboden ist wohl stets so fest gewesen, dass Schwämme dort gedeihen konnten. Die plutonischen Bewegungen und die kieselsäurehaltigen Quellen scheinen mir eine Nachwirkung der alten Hutten'schen Anschauung zu sein, nach

der die Flintmassen für ein lavenähnliches vulkanisches Gebilde gehalten wurden.

Auch Toulmin Smith hat diese Schwammtheorie sehr energisch bekämpft und eine ganz spontane Bildung des Feuersteins angenommen. Er meint, dass die in dem Meereswasser gelöste Kieselsäure durch irgend welche mechanischen Einflüsse zum Auskrystallisieren gebracht ist. Nun kommen bekanntlich solche Eigenschaften wohl einerseits übersättigten Lösungen zu, bei welchen häufig erst ein Krystallisationskern geschaffen werden muss, um die gelöste Substanz zum Auskrystallisieren zu bringen, oder andererseits überkalteten Flüssigkeiten, welche durch einen mechanischen Einfluss ganz spontan erstarren. Aber dass diese Vorgänge auch in einer so schwachen Lösung, mit der wir es zu thun haben, stattgefunden haben sollen, ist nicht wahrscheinlich, wenn wir auch nicht wissen, was für Verhältnisse auf dem Grund des Meeres unter so hohem Druck mitgespielt haben können.

Über den Ursprung der Kieselsäure ist er mit Turner der Meinung, dass bei der Zersetzung der Feldspathgesteine die Kieselsäure in Lösung fortgeführt wurde. Doch bei dieser Zersetzung wäre die Kieselsäure wohl in Form von Silikaten fortgeführt.

Am unwahrscheinlichsten erscheint mir die Theorie Gaudry's und Cossigny's, dass die Flintsteine Ausfüllungen von Hohlräumen seien. Denn die Hauptschwierigkeit bei dieser Annahme ist die Antwort auf die Frage nach dem Ursprung der Hohlräume. Dass sich in einem so lockeren Gestein, wie die Kreide es ist, eine solche Menge von z. T. grossen Hohlräumen gebildet haben soll. ist nicht gut anzunehmen. Ganz ausgeschlossen aber ist es, dass parallel der Schichtung in dieser Ausdehnung, wie die Flintlagen die Kreide durchsetzen, Hohlräume vorhanden gewesen sind. Und worauf sollten diese zurückzuführen sein? Man hat angenommen, dass sie durch Verwesung von Organismen entstanden sind. Aber diese sind doch wohl schon während der Sedimentation verwest und sie hätten auch wohl kaum derartige Hohlräume hinterlassen.

Wenn Spalten entstehen konnten, so mussten es auf jeden Fall solche sein, die die Schichtungsebene in irgend einem Winkel schneiden. Es ist wohl möglich, dass diese durch sekundäre Infiltration mit Flintmasse ausgefüllt sind. Denn solche Gänge sind, wie oben erwähnt, schon von Forchhammer auf der Insel Möen und von mehreren englischen Geologen in der englischen Kreide

beobachtet worden. In der Kreide Rügens und Schleswig-Holsteins habe ich solche Adern nicht entdecken können.

Die Gänge sind wohl dadurch entstanden, dass die Kieselsäure der Schwammnadeln nicht vollständig aufgelöst wurde, bevor letztere eingebettet wurde. Nach der Hebung der Kreide wurde sie dann durch das die Kreide durchziehende Wasser aufgelöst und die Kieselsäure wurde als Flint in den Spalten abgesetzt.

IV. Eigene Ansicht über die Bildung des Feuersteins.

Nach dieser historischen und kritischen Übersicht der Litteratur komme ich zu meiner eigenen Ansicht über die Bildung des Feuersteins und zwar werde ich dieselbe von drei Gesichtspunkten aus betrachten, nämlich

I. den Ursprung der Kieselsäure in den Feuersteinen;
II. die Auflösung der ersteren;
III. ihre Wiederausfällung und Verfestigung zu Flint.

Der Ursprung der Kieselsäure.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel mehr, dass in erster Linie die Spongien die Kieselsäure zu den Feuersteinen geliefert haben. In geringerem Masse haben Radiolarien und Diatomeen dazu beigetragen. Denn in der in hohlen Feuersteinen eingeschlossenen Kreide und auch in der Flintmasse selbst sind noch viele Spongienspikule vorhanden. So fand Hinde z. B. in einem einzigen hohlen Feuerstein 160 verschiedene Formen von Schwammnadeln [1]). Auch Radiolarien und Diatomeen sind mehrfach in Feuersteinen und in der Kreide gefunden. Die Spongienskelette zerfielen dann nach dem Tode des Tieres in ihre Nadeln, die Radiolarien und Diatomeen sanken zu Boden. Auf diese Weise wurden Kieselsäureanhäufungen auf dem Grunde des Meeres gebildet.

In recenten Meeren finden sich ähnliche Anhäufungen. Im Challenger-Report heisst es darüber: Die Spikule von kieseligen Spongien sind in den verschiedenen Arten von Tiefseeabsätzen allgemein verbreitet. Die Spikule der Hexactinelliden kommen im tiefen Wasser und die der Tetractinelliden und Monaxoniden in geringeren Tiefen vor. In einigen Regionen wurden kieselige

[1]) s. oben pag. 207.

Spongien in grosser Anzahl gelotet, z. B. bei Kerguelen wurden in 120 Faden Tiefe über 100 Arten von Rossella antarctica in einem Netzzuge emporgeholt; bei Zebu (Philippinen) wurden zahlreiche Arten von Euplectella und anderen Spongien in 100 Faden Tiefe gefangen; bei den Kï Inseln wurden in 129 Faden Tiefe 18 Arten Hexactinelliden gefangen; in dem Atlantischen Ocean in der Nähe von Cap Verde wurden aus einer Tiefe von 1525 Faden eine grosse Art von Poliopogon amadou (2 × 2 Fuss gross), die an die Arme einer Alcyonaria Koralle geheftet war, heraufgebracht".

Auch auf der Expedition der Porcupine wurden solche Schwammfelder entdeckt.

Im allgemeinen übersteigen allerdings die kieselsauren Bestandteile nicht 2 bis 3 %.

Ebenso weit verbreitet sind die Radiolarien und Diatomeen. Besonders hat man in kälteren Teilen der Meere und in solchen mit weniger Salzgehalt grosse Mengen angetroffen. Bemerkenswert ist die Thatsache, dass die Überreste derselben sehr häufig in dem Schlamm am Boden nicht entdeckt werden können, während sie an der Oberfläche in gewaltigen Mengen vorhanden sind. Es ist wahrscheinlich, dass sie einst in dem Sediment vorkamen und dann in Lösung übergeführt wurden[1]). Die typische Diatomeenerde kommt nur in einer Zone im grossen südlichen Ocean und um den antarktischen Kontinent vor; einige Ablagerungen im Nordpacifischen Ozean können ebenfalls noch zur Diatomeenerde gezählt werden[2]).

Es fragt sich nun, woher die Kieselsäure ausscheidenden Organismen diese bezogen haben. Dies ist durch die interessanten Untersuchungen von Murray und Irvine festgestellt worden. Im Meerwasser ist im allgemeinen nur ein solch geringer Prozentgehalt von gelöster Kieselsäure nachweisbar, dass man nicht annehmen kann, die kieseligen Organismen könnten nur diese Kieselsäure zum Aufbau ihrer Skelette resp. Schalen benutzen. Man muss vielmehr vermuten, dass sie auch durch Zerlegen von Silikaten die Kieselsäure aufnehmen können. Und in der That ist dies experimentell festgestellt worden; Murray und Irvine haben in künstliches Meerwasser, das sie aus 2000 g destilliertem Wasser mit 2 gr $NaCl$, 1 g KNO_3, 1 g $CaSO_4$, 1 g $MgSO_4$, 1 g $Ca_3(PO_4)_2$, 1 g $FeCl_3$ hergestellt haben, Diatomeen gesetzt. Bei Gegenwart

---

[1]) Challenger-Report pag. 288.

[2]) N. Jahrb. 1893. 2. pag. 285.

von Kieselgallerte gediehen diese gut und vermehrten sich stark; ebenso gut gediehen sie aber auch bei Gegenwart von fein verteiltem Schlamm. Sie starben dagegen sehr bald, wenn beides nicht zugegen war. Man muss hieraus also schliessen, dass sie die Kieselsäure aus dem Schlamm gezogen haben. Die chemischen Vorgänge denken sie sich folgendermassen: Durch die sich zersetzende organische Substanz werden Sulfide der Alkalien gebildet (durch Reduktion der Sulfalte). Die Sulfide mögen das Aluminiumsilikat zersetzen und lösliche Kieselsäure in Freiheit setzen, die dann von Spongien etc. aufgespeichert wird. Das Aluminium geht in Lösung, wie denn auch nachgewiesen wurde, dass in fast jedem Seewasser aufgelöstes Aluminium enthalten ist.

Auflösung der Kieselsäure.

Die so in Form von Spongiennadeln etc. auf dem Boden des Meeres angehäufte Kieselsäure wurde dann durch Meerwasser wieder aufgelöst und zwar mit Hülfe von sich zersetzender organischer Substanz. Wahrscheinlich gingen die dabei gebildeten organischen Basen und das Ammoniak mit der Kieselsäure lösliche Verbindungen ein. Beweise für die Auflösung der Kieselsäure sind:

1. Das vollständige Verschwinden der sogenannten Fleischnadeln, d. h. kleiner Kieselnadeln, die immer unverbunden in der Mesoglöa der Spongien liegen und sich besonders an der Oberfläche derselben anzuhäufen pflegen.
2. Die Axenkanäle der fossilen Spongiennadeln und, wie im Challenger-Report mitgeteilt wird, auch die der recenten Arten sind meistens erweitert. Ausserdem sehen die Nadeln in den meisten Fällen aussen mehr oder weniger angefressen aus, was nur für Zeichen der beginnenden Auflösung gehalten werden kann.
3. Die Löslichkeit der Kieselsäure zoogenen Ursprungs ist durch folgendes ebenfalls von Murray und Irvine ausgeführtes Experiment nachgewiesen:

Ein Liter Meerwasser wurde mit einer Portion Globigerinen- und Diatomeenschlamm versetzt und etwas Fleisch einer Muschel hinzugefügt. Nach einer Woche wurde die Kieselsäure in dem Filtrat bestimmt. Der Gehalt betrug 0,125 g per l oder ein Teil Kieselsäure wurde in 41000 Teilen Wasser gelöst.

Die Kieselnadeln sind nur zum kleinen Teil in der Kreide eingebettet worden. Der weitaus grösste Teil derselben ist dagegen

aufgelöst und hat die Kieselgallerte geliefert. Die Zeiträume, die zur Auflösung erforderlich waren, müssen allerdings nach unsern Erfahrungen und Anschauungen über die Lösungsfähigkeit der Kieselsäure und über die thatsächliche Langsamkeit, womit ihre Lösung in der Natur gewöhnlich erfolgt, sehr gross gewesen sein. Aber der Absatz der Kreide ist höchst wahrscheinlich analog dem Absatz der jetzigen ozeanischen Sedimente sehr langsam erfolgt. Ausserdem muss man bedenken, dass die Lösungsfähigkeit des Meerwassers ganz ausserordentlich erhöht wird durch den gewaltigen Druck, unter dem das Meerwasser in solch grosser Tiefe steht. So ist es wohl verständlich, dass auch grössere Spikulanhäufungen zum Teil aufgelöst werden konnten. Ich sage zum Teil, denn es müssen vielfach noch hohle leere Umhüllungen eines Skeletts übrig geblieben sein, während das ganze Innere aufgelöst ist. Diese Reste müssen aber noch soviel Festigkeit besessen haben, dass sie ihre Form beibehalten konnten. Denn viele Feuersteinknollen haben noch völlig die Form der Spongien bewahrt. Aussen ist das Skelett auch noch ganz gut sichtbar, während im Innern keine Spur mehr von Skelettstruktur zu entdecken ist.

Viele Kieselnadeln sind auch wohl in dem kreidigen Sedimente mit eingebettet worden und nachher durch in der Kreide zirkulierende Wasser gelöst worden. Denn dass nach Verfestigung der Kreide noch Kieselsäure in Lösung dieselbe durchzogen hat, beweist z. B. der Absatz von Chalcedon und Quarzkrystallen in Seeigelschalen, resp. um die dieselben auskleidenden Kalkspathkrystalle. Ja wir müssen sogar annehmen, dass der Flint selbst in ganz geringem Masse löslich ist, denn die Auskleidungen von hohlen Feuersteinen mit Quarzkryställchen sind kaum anders zu erklären, als dass die Kieselsäure des Feuersteins nachträglich durch das miteingeschlossene Wasser aufgelöst ist und dass sie sich dann in Quarzkrystallen wieder abgeschieden hat.

Wiederausfällung der Kieselsäure.

Die in Lösung befindliche Kieselsäure, die zum Teil auch wohl Verbindungen mit Calcium und Alkalien eingegangen war, wurde dann durch eine andere Säure, wahrscheinlich Kohlensäure oder Schwefelwasserstoffsäure wieder ausgefällt und zwar in gelatinösem Zustand. Dass Kohlensäureansammlungen auf dem Grund des Meeres vorhanden sind, hat auch die Challenger-Expedition nachgewiesen [1]).

[1]) Challenger-Report pag. 376.

Für den gelatinösen Zustand sprechen folgende Thatsachen: Bei vielen nur zum Teil ausgefüllten Seeigelschalen ist der obere Teil der Schale zertrümmert und auf die Flintmasse heruntergedrückt und fest damit verbunden. Bei andern ist der Druck so stark gewesen, dass die Kieselsäure durch die Risse herausgedrungen ist, was nur bei einem gallertartigen Zustand der Kieselsäure geschehen konnte. Denn die seltsamen Formen und die merkwürdigen Fortsätze, die die Flintknollen bilden, die amoebiform outlines Wallichs, sind meines Erachtens auch nur durch diese Annahme zu erklären. Ebenso sind die Kontraktionsrisse in der Flintsteinmasse von nur zum Teil ausgefüllten Seeigelschalen ganz erklärlich.

Die gelatinösen Kieselsäureflocken wurden durch Unebenheiten des Bodens oder durch geringe Strömungen fortbewegt, bis sie einen Kern fanden, um den sie sich konzentrierten. Dieses Centrum konnte das Skelett einer Spongie sein und zwar in vielen Fällen die nur die äussere Gestalt bewahrende Umhüllung desselben, in die dann die Kieselsäure hineinfloss. Auf diese Weise wurde dann eine Flintknolle gebildet, die im allgemeinen die Form einer Spongie bewahrt hat und an welcher aussen Skelettstruktur zu sehen ist, während im Innern nichts davon zu entdecken ist. Oder es wurden auch Spongienfragmente umhüllt, die sich auch häufig auf der Oberfläche einer Knolle abgesetzt haben. In vielen Fällen wurden aber auch solche Skelette umschlossen, die überhaupt noch keine Auflösung oder Zerstörung erlitten hatten, so dass in der Flintsteinknolle noch das vollständige Spongiengewebe erhalten ist, das sich gewöhnlich in hellen Linien von der dunklen Feuersteinmasse abhebt.

Zuweilen sind diese in dem Feuerstein eingeschlossenen Spongienskelette durch Eisenkies vererzt, und zwar ist es nicht etwa nur eine Imprägnation von Eisenkies oder eine Umhüllungspseudomorphose des Pyrits nach dem Skelett, sondern die Kieselsäure des letzteren ist direkt ersetzt worden durch Pyrit, denn, da selten ein ganzes Skelett vererzt ist, so kann man an der Grenze zwischen dem ursprünglichen und dem vererzten Skelett deutlich die Übergänge von Kieselsäure nach Pyrit beobachten. An der Oberfläche der Knollen ist der Eisenkies umgewandelt in Brauneisenstein, der beste Beweis, dass es auch wirklich Eisenkies ist, und nicht etwa Markasit, der in Eisenvitriol umgewandelt wäre. Aussen tritt also das braune Skelett zu Tage. Innerhalb der Knolle ist der gelbe Pyrit erhalten geblieben.

Diese Pseudomorphose von Pyrit, resp. die spätere Umwandlung in Brauneisenstein, nach einem Spongienskelett ist übrigens ganz unabhängig vom Feuerstein, denn sie ist in der weissen Schreibkreide von Arkona auf Rügen auch bei Schwämmen zu finden, die nicht im Feuerstein, sondern in der Kreide eingebettet sind.

Die Vererzung des Skeletts, die übrigens sowohl bei Lithistiden als bei Hexaetinelliden vorkommt, ist höchst wahrscheinlich schon während der Sedimentation geschehen, da die Bildung von Pyrit an die Gegenwart von sich zersetzender organischer Substanz gebunden ist. Aus diesem Grunde ist die Einschliessung des Skeletts in Feuerstein auch aller Wahrscheinlichkeit nach erst nach der Vererzung geschehen.

Bei anderen Spongien sind die Maschen und Netze des Skeletts mit Flintmasse ausgefüllt, ausserdem ist aber das Ganze noch mit einer Flinthülle umgeben. Zwischen dem äusseren Mantel und dem eingeschlossenen Skelett ist eine ganz scharfe Grenze. Wurde bei der Umhüllung Kreide mit eingeschlossen, die dann später durch Löcher in dem Flintmantel herausfiel, so entstanden die sogenannten Klappersteine, die vielfach auf Rügen gefunden werden.

In manchen Fällen ist nicht genug Kieselsäure vorhanden gewesen, um den ganzen Schwamm zu umhüllen, sondern der Feuerstein schliesst mitten in der Spongie ab.

Andere Konzentrationspunkte für die Kieselsäure sind Muscheln und Echinodermenschalen, in deren Inneres die Kieselsäure durch Mund- und Afteröffnung hineingedrungen ist, dieselben ganz oder teilweise erfüllend oder sogar noch umhüllend, je nach der Menge der vorhandenen Kieselsäure.

Diese Konzentration der Kieselsäure gilt nur für Knollen, die ausserhalb der Feuersteinbänke liegen. Bei der Bildung der letzteren, also bei einer massenhaften Ausfällung der Kieselsäure, wurde umschlossen, was gerade mit der Kieselsäuregallerte in Berührung kam, so Bryozoenkolonien, Fragmente von Muschel-, Echinodermen- und Brachiopodenschalen etc.

Da die Kieselsäure nicht sofort fest gewesen ist, so ist es leicht zu verstehen, dass die Kreide vielfach in der Nähe der Flintlagen durch Diffusion mit Kieselsäure gefrittet ist. Wann die Verfestigung, die wahrscheinlich durch molekulare Kontraktionen entstanden ist, aber vor sich gegangen ist, ist fraglich. Jedenfalls muss aber die Gallerte vor ihrer Einbettung schon so viel Zähigkeit besessen haben, dass sie den Druck des herauffallenden Sedimentes aushalten konnte.

Die Hauptschwierigkeit bei der Flintsteinbildung ist für die Geologen immer die bankförmige Lagerung der Feuersteine in der Kreide gewesen. Toulmin Smith hat, abgesehen von Anstedt, zuerst eine Erklärung derselben gegeben. Er meint, dass die Feuersteine in den weichen Kreideschlamm soweit einsanken, bis sie genügende Festigkeit fanden, um liegen zu bleiben. Doch wäre auf diese Weise wohl nie eine Bank gebildet worden, die auf weite Strecken hin die Kreide durchsetzt.

Auch auf die Ausfüllung von Spalten ist die Lagerung nach den auf pag. 222 angeführten Gründen nicht zurückführbar.

Sie ist vielleicht dadurch zu erklären, dass die Ausfällung der Kieselsäure immer periodisch dadurch erfolgte, dass die Lösung erst konzentriert genug sein musste, bevor eine Ausfällung durch die andere Säure stattfinden konnte, oder aber die Kohlensäureansammlungen wurden so gross, dass die Kieselsäure sich nicht mehr in Lösung halten konnte.

Ganz eigenartig liegen die Verhältnisse in der Lüneburger mittleren Mukronatenkreide (Heteroceras Zone). Diese Kreide ist vollständig frei von Feuersteinen, während die Zonen darunter solche wieder führen. Dieses gänzliche Fehlen der Feuersteine ist aber nicht etwa auf den Mangel an Schwämmen zurückzuführen. Diese sind ebenso häufig, wie in den anderen Zonen. Die SiO_2 des Skeletts ist auch aufgelöst und durch eine schwarzgrünliche Substanz ersetzt. Auf diese merkwürdige Pseudomorphose werde ich noch am Schluss der Arbeit zurückkommen.

V. Merkwürdige Erhaltungszustände im Feuerstein und in der Kreide.

In dem ersten Fall haben wir es mit einem merkwürdigen Erhaltungszustand von Ananchytes ovata Leske (Echinocorys vulgaris Breyn.) und Ananchytes sulcata Goldf. aus dem Obersenon resp. Danien zu thun. Die Schale dieser Echiniden war nicht vollständig mit Flintsteinmasse ausgefüllt, sondern nur der eine Teil besteht aus einem Feuersteinkern, der den Abdruck der inneren Schale zeigt. Der andere dagegen besteht aus einem zelligen Quarz- oder Chalcedongewebe, das merkwürdiger Weise die Struktur der Asseln abspiegelt. Meines Wissens ist diese Art von Versteinerung von Echiniden noch nicht beschrieben, ausser von

Adam Olearius in seiner Beschreibung der Gottorfer Kunstkammer vom Jahre 1624. Er giebt hier eine solch naturgetreue Abbildung dieser Erscheinung, dass man garnicht im Zweifel darüber sein kann, was er gemeint hat, ja man könnte sogar vermuten, ihm habe das eine Exemplar der Kieler Sammlung als Original zu seiner Zeichnung gedient. Auf pag. 33 Nr. I giebt er folgende Beschreibung hierzu:

„Tabula XXII, Nr. 2 ist auch eine Art von Brontia oder Donnersteinen, gar seltzam anzusehen, hat von klarem weissen Steine solche Zellen, als wenns der Bienen Werk wäre, in welcher sie das Honig tragen, nur dass diese viereckt und oblenglicht als parallogrammata seynd, welche sich nach der Höhe des Steins verjungen, dergleichen auch Olaus Worm in seinem Musaeo verzeichnet und beschrieben hat“.

Über die Entstehung dieses merkwürdigen Zellengebildes geben Erscheinungen an andern fossilen Seeigelschalen Aufschluss. Bei diesen kann man häufig beobachten, dass sie mit Krystallen ausgekleidet sind, die in Reihen angeordnet sind. Fig. 5 z. B. ist ein Stück einer solchen Schale. Auch bei zum Teil mit Flintsteinmasse ausgefüllten Echinidenschalen tritt diese Erscheinung häufiger auf. Bei näherer Untersuchung bemerkt man, dass diese Krystalle optisch genau so orientiert sind, wie die Asseln der Schale. Diese merkwürdige Erscheinung rührt wohl von der bekannten Struktur der Asseln her. Bekanntlich bestehen diese aus einem ziemlich regulären Netzwerk, das aus parallelen Schichten siebförmig durchlöcherter Platten gebildet wird, welche durch senkrechte Stäbchen verbunden werden. Da aber die Maschen und Zwischenräume einen grösseren Raum einnehmen, als die Kalkbälkchen, so konnte der einfiltrierte Kalk ungehindert die Asseln umkrystallisieren. Diese wuchsen dann nach innen in den Hohlraum hinein weiter zu Kalkspathkrystallen, die optisch genau so orientiert sind wie die Asseln, sodass an verletzten Stellen ein ganz glatter Bruch den Krystall und die Asseln durchsetzt. Analog können übrigens die Asseln auch nach aussen weitergewachsen sein, so dass die Kalkspathkrystalle auf der Aussenseite der Schale sitzen, wie es bei einigen Exemplaren der Kieler Sammlung aus dem bekannten Korallenkalk von Faxe auf Seeland der Fall ist (vergl. Fig. 7 der Tafel).

Die Krystalle sind entsprechend den Asseln der Seeigelschalen in Reihen angeordnet, wie das in Fig. 5 und 6 unserer Tafel zu sehen ist. Da sich die Krystalle vollständig den Feldern der Asseln

anpassen, so sind sie oben an der Schale klein, während sie nach dem unteren Teil der Schale hin sich bedeutend vergrössern.

Die Flächen der Krystalle sind fast durchweg matt, nur einige zeigen lebhaften Glasglanz.

Die am meisten bei den Krystallen in Fig. 5 unserer Tafel auftretende Form ist R 3. Die Kanten sind häufig durch schmale Flächen abgestumpft, die wohl — 2 R und — $^4/_5$ R 3 entsprechen dürften. Bei vielen Individuen ist noch R aufgesetzt, dessen Kanten z. T. wieder durch — $^1/_2$ R abgestumpft sind. Die neben dem Skalenoeder aufgeführten Flächen sind wegen Verrundung der Krystalle nicht scharf abgegrenzt.

Bei zwei anderen Stücken der Kieler Sammlung und bei den Krystallen in Fig. 6 unserer Tafel dominiert die Form — 2 R. Bei diesen stossen die Flächen in scharfen Kanten zusammen. Nur selten werden diese durch R abgestumpft. Es tritt aber noch bei den unteren grösseren Krystallen eine vierte Fläche hinzu, so dass die Krystallindividuen von vier Flächen begrenzt sind. Diese vierte Fläche ist unregelmässig ausgebildet und ist die Absonderungs- bezw. Verwachsungsfläche je zweier Krystalle. Sie ist uneben und entspricht ungefähr einer Vertikalfläche.

Während die oberen kleineren Krystalle in eine Spitze auslaufen, so stossen bei den unteren grösseren Krystallen, welche entsprechend den unteren Feldern der Seeigelschale bedeutend in die Breite gezogen sind, die Flächen nach oben hin in einer Kante zusammen. Diese verläuft teils in gerader Linie, teils ist sie unregelmässig ausgezackt, so dass ein Krystallstock entsteht.

Bei den unten sitzenden Krystallen zeigen auch die Hauptflächen eine schwache Krümmung.

Um diese nach innen gewachsenen Kalkspathkrystalle setzte sich dann aus Kieselsäure haltigem zirkulierenden Sickerwasser SiO_2 in Form von Quarz oder Chalcedon ab, überzog dieselben vollständig und füllte die Zwischenräume aus.

Den Anfang dieser Ausscheidung von Kieselsäure kann man an einem Exemplar bemerken, bei dem sich auf den Kalkspathkrystallen kleine Quarzkryställchen ausgeschieden haben.

Bei einem nur zum Teil mit Feuerstein ausgefüllten Seeigel hat der Quarz den ganzen Hohlraum mit Krystallen ausgekleidet, ohne dass vorher Kalkspathkrystalle in demselben vorhanden waren.

Ein vollständiger Versteinerungskern eines Seeigels bestand zur Hälfte aus schwarzem Flint, zur anderen Hälfte aus klarem

Quarz. Beim Lossprengen dieses oberen Teiles zeigte sich, dass in der Mitte noch ein Hohlraum vorhanden war, der mit Quarzkrystallen ausgekleidet war. Dieser obere Quarzteil ist also auch wahrscheinlich dadurch entstanden, dass hier ursprünglich ein Hohlraum vorhanden gewesen ist, der sekundär mit Quarzkrystallen ausgekleidet ist.

Die vorhin besprochenen Seeigelschalen, bei denen die Kalkspathkrystalle mit Kieselsäure überzogen wurden, wurden dann später aus der Kreide herausgelöst. Durch irgend welche äusseren Einflüsse wurden dann die Kalkschale und mit ihr die Kalkspathkrystalle zerbrochen oder sie wurden durch Säuren aufgelöst. Übrig blieb dann der Flintsteinkern und auf ihm ein zelliges Gewebe von Quarz oder Chalcedon. So ist es bei Fig. 1, 2 und 4 unserer Tafel der Fall. Bei Fig. 3 wird dagegen die eine seitliche Hälfte durch dieses Gewebe gebildet. Dies rührt daher, dass die Schale bei der teilweisen Ausfüllung mit Flint auf der Seite lag, so dass die Kieselgallerte den unteren seitlichen Teil ausfüllen musste. In beiden Fällen behält aber das Gewebe die gewölbte Form des Seeigels bei. Bei Fig. 1, 2 und 4 bilden sie allerdings eine kleinere Wölbung, als die Seeigelschale sie ursprünglich besass, da die Flächen der Kalkspathkrystalle anfangs noch verwachsen waren, und infolgedessen die Kieselsäure nicht ganz bis an die Schale gelangen konnte. Bei Fig. 3 dagegen war dies nicht der Fall und infolgedessen bilden die äusseren Ränder des Quarzgewebes die direkte Fortsetzung des Steinkerns. Innen sind diese Quarz- resp. Chalcedongewebe bei allen Exemplaren hohl. Bei Fig. 3 und 4 sind sie mit Quarzkrystallen ausgekleidet, bei Fig. 1 und 2 dagegen haben sie eine traubige innere Oberfläche, da diese beiden aus Chalcedon bestehen. Nach aussen hin bilden beide Gewebe Zellen, deren Form leicht die Ähnlichkeit mit der der Asseln erkennen lässt. Bei Fig. 4 sind die Zellen weniger tief als bei Fig. 3 und besitzen einen unebenen Boden, während die Zellen des Exemplars in Fig. 3 in eine Spitze auslaufen. Die Krystalle, die in diesen Zellen abgedruckt sind, haben die Form — 2 R. Auch die 4. Fläche, von der ich auf pag. 231 gesprochen habe, ist bei den grössten Zellen zu bemerken. Sie entsprechen eben vollständig den Krystallen, da sie Abdruckpseudomorphosen nach den letzteren sind.

Die Scheidewände zwischen den Zellen bestehen aus glatten oben sich verjüngenden Wänden. Die Ambulacren und Interambulacren sind sehr gut zu unterscheiden, da die ersteren bedeutend grösser und minder zahlreich sind.

In diesem Abschnitt verdient auch die merkwürdige Pseudomorphose von Pyrit nach dem Spongienskelett erwähnt zu werden, die ich schon auf pag. 227 beschrieben habe.

Zum Schluss komme ich hier noch auf eine andere merkwürdige Verdrängungspseudomorphose zu sprechen, die die Spongienskelette in der mittleren Mukronatenkreide (Heteroceras-Zone) Lüneburgs und der Quadratenkreide Lägerdorfs erlitten haben und die ich auch schon auf pag. 229 erwähnt habe. Wie dort schon gesagt, ist die Kieselsäure des Skeletts durch eine dunkelgrüne Substanz ersetzt, die aus einem Aggregat von winzigen, in polarisiertem Licht inaktiven Schüppchen besteht. Die von Herrn Amme, Assistent am hiesigen chemischen Institut, ausgeführte qualitative Analyse hat Fe_2O_3 und SiO_2 ergeben. Die quantitative Analyse bereitete insofern Schwierigkeiten, als die Substanz stets mit einer beträchtlichen Menge Kreide gemengt war infolge der Ausfüllung der Maschen des Skeletts mit Kreide. Sie hat in einer Gewichtsmenge von 0,66 gr aus der Kreide Lägerdorfs an

SiO_2	0,029 gr	=	4.39 %
Fe_2O_3	0,185 „	=	28.30 %
Al_2O_3	0,008 „	=	1.22 %
CaO	0,244 „	=	37.06 %
CO_2	0,186 „	=	28.32 %
			99.29 %

ergeben. Da die reine Kreide an 2 % Thonerde enthält, so ist diese wohl ganz auf die Kreide zurückzuführen. Da andererseits aber die Kreide sehr rein an Kieselsäure ist, so kann man wohl mit Recht annehmen, dass die Kieselsäure fast vollständig an das Eisen gebunden ist. Danach wäre diese Substanz ein Gemenge von Eisenoxyd und kieselsaurem Eisen, entsprechend 13,5 % SiO_2 und 86,5 % Fe_2O_3.

Der Gehalt an Eisen und Kieselsäure, dazu die grüne Farbe, lässt auf eine der Bildung des Glaukonits ähnliche Entstehung schliessen, zumal auch in Glaukonit umgewandelte Spongienspikule vorkommen, wie Cayeux[1]) mitgeteilt hat. Dass es aber nicht Glaukonit selbst ist, ergeben die von Hintze[2]) angegebenen 25 Analysen des letzteren. Diese ergeben als Mittel:

SiO_2	50,89 %
Al_2O_3	7,22 %

[1]) Annales de la société geologique du Nord 1892. Bd. 20, pag. 380. Ref. hier. N. J. 1894. I, pag. 36.

[2]) Hintze, Mineralogie. Bd. II, pag. 850.

Fe_2O_3	22,54 % [1])
FeO	3,60 %
MgO	1,73 %
K_2O	6,46 %
H_2O	7,4 %

Ausserdem kommen noch Spuren von CaO und Na_2O vor.

Hieraus geht hervor, dass abgesehen von den anderen Beimengungen vor allem der Kieselsäuregehalt des Glaukonits bedeutend höher ist als der unserer Pseudomorphose, während Eisen in viel geringerer Menge vorhanden ist.

Was die Bildung des Glaukonits anbetrifft, so ist es wohl ausser allem Zweifel, dass die organische Substanz hierbei eine wichtige Rolle gespielt hat. Gümbel[2]) giebt folgende Erklärung für die Entstehung der Glaukonitkörner: Er vergleicht sie mit Entoolithen und nimmt an, dass die Gase, die sich bei der Zersetzung der in dem Sedimente befindlichen organischen Substanz entwickelt haben, entscheidend für die Entstehung dieser Körner gewesen seien. „Diese Gase“ heisst es pag. 435, „namentlich Kohlenwasserstoffe, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff sind es, welche kleinere und grössere Bläschen bilden und, indem sie in dem schlammigen Sande längere Zeit verweilen, vereinzelt an den Sandkörnchen und Schlammklümpchen haften bleiben oder zu mannigfach gestalteten Gruppen sich vereinigen. An der Oberfläche solcher Gasbläschen vollzieht sich nun zunächst infolge der Reaktion des Gases auf die in Meerwasser gelöst vorfindliche Mineralsubstanz rings um die Bläschen eine Ausscheidung der Mineralstoffe, mit welchen das umgebende Meer geschwängert ist, gewöhnlich von Kalkerde oder Kieselerde und in unserm Falle von Glaukonitsubstanz. Hat sich nun einmal eine solche Schale, gleichsam eine Rinde, um das Gasbläschen gebildet, so vollzieht sich nun weiter

---

[1]) Da die älteren Analysen (von den Jahren 1821—1863) den Eisenbestandteil lediglich als Oxydul angeben, so habe ich diese bei dem Eisengehalt nicht in Betracht gezogen. Denn wahrscheinlich hat man bei der Analyse das Oxydul und Oxyd nicht zu trennen versucht und in der Meinung, die grüne Färbung deute auf einen Gehalt von Oxydul, die gefundene Gesamtmenge auf Oxydul berechnet. Daher scheinen sie mir die chemische Zusammensetzung des Glaukonits nicht richtig anzugeben. Erst seit den maassgebenden Analysen C. Haushofers ist das Vorhandensein des Oxyds meist neben einigen Prozenten von Oxydul ausser Zweifel gestellt.

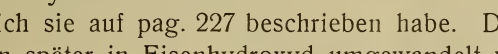
[2]) v. Gümbel: Über die Natur und Bildungsweise des Glaukonits (Sitzgsber. d. Bayr. Akad. München 1886 Bd. XVI. Math. Phys. Classe pag. 435—36).

nach und nach durch Intususception die Ausfüllung mit der ursprünglich in Lösung befindlichen Glaukonitmasse auf die gleiche Art, wie sich die Innenausfüllung der kieseligen oder kalkigen Entoolithe vollzogen hat. Waren es Schwefelwasserstoffgasbläschen, so entstand nebenher eine Ausscheidung von Schwefelkies oder auch bei einer Kohlenwasserstoffentwicklung durch Reduktion gewisser Eisenbestandteile zu Eisenoxydoxydul pulveriges Magneteisen, wie es als feinstes Pulver in dem Glaukonit eingestreut gefunden wird."

Man könnte diesen letzten chemischen Prozess auch auf unsere Pseudomorphose anwenden. Durch die Gegenwart der organischen Basen wäre dann zugleich die Auflösung der Kieselsäure des Skeletts erklärt.

Murray und Renard[1]) sind dagegen der Meinung, dass zunächst mit Hülfe von organischer Substanz Eisensulfid gebildet sei, das später oxydiert wurde zu Eisenhydroxyd. Dabei wurde Schwefelsäure frei, die dann Aluminiumsilikat zersetzte und kolloidale Kieselsäure in Freiheit setzte, welche sich mit Eisenhydroxyd zu Eisensilikat verband.

Dieser Vorgang scheint mir auch für unsern Fall eher anwendbar zu sein. Wahrscheinlich ist ursprünglich eine Pseudomorphose von Pyrit oder Markasit nach dem Skelette gebildet worden, wie ich sie auf pag. 227 beschrieben habe. Dieses Eisensulfid ist dann später in Eisenhydroxyd umgewandelt worden, entsprechend der Formel:



$$2\,FeS_2 + 15\,O + 5\,H_2O = Fe_2O_3 \,.\, H_2O + 4\,H_2SO_4$$

Die freie Schwefelsäure hat dann Aluminium- resp. Calciumsilikat zersetzt, wodurch kolloidale Kieselsäure in Freiheit gesetzt wurde, die sich mit dem Eisenhydroxyd verband. Da aber nur verhältnismässig wenig Silikate in der Kreide vorkommen, so wurde nur ein kleiner Teil des Eisens gebunden. Der andere Teil blieb zunächst Eisenhydroxyd.

Dieses letztere verlor dann später seinen Wassergehalt und wurde so zu Eisenoxyd. Dass dieser Prozess in der Natur vorkommt, wird durch Spring[2]) bestätigt. Bei ihm heisst es auf

---

[1]) Repts. Challenger-Expedition „Deep-sea Deposits, 1892, pag. 387, siehe auch Clark, W. B.: The Cretaceous and Tertiary Formations of New Jersey (Annual Report of the State Geologist. 1892 pag. 234).

[2]) Spring, W.: Über die eisenhaltigen Farbstoffe sedimentärer Erdboden und über den wahrscheinlichen Ursprung sedimentärer Felsen (N. J. 1899 I.) pag. 50—51.

pag. 50: „Wittstein[1]) bemerkt, dass Eisenoxydhydrat, unter Wasser während mehrerer Jahre aufbewahrt, von seinem Wasser verliert und krystallinisch wird. Also um Eisenoxydhydrat zu entwässern ist keine Temperaturerhöhung nötig. Das Wasser tritt langsam von selbst aus der Verbindung heraus. Wittstein's Beobachtung findet noch eine Bestätigung bei den Mineralogen, u. A. bei Haidinger, der auf einen Übergang von dem braunen Pyrrhosiderit in Roteisenerz hinweist."

Eisenoxydhydrat ist also ein nicht beständiger Körper, der allmählich Wasser abgiebt.

Bestätigt wird diese meine Annahme noch durch die Beobachtung, dass neben dieser grünen Pseudomorphose in der Quadrantenkreide Lägerdorfs auch zuweilen braune vorkommen was wohl darauf zurückzuführen ist, dass die Substanz noch nicht ihr Wasser verloren hat.

Als höchst merkwürdig und sonderbar bleibt aber immer die Thatsache bestehen, dass in Lüneburg die Zone, in der diese Pseudomorphose vorkommt, völlig frei ist von Feuersteinen, obgleich sie ebenso reich ist an Schwämmen, wie die Quadratenkreide Lägerdorfs, die dieselbe Pseudomorphose führt. Es fragt sich, wo ist die Kieselsäure der Skelette geblieben? Auch in kolloidalem Zustande ist sie nicht in der Kreide verteilt, denn, wie Herr Chemiker Stümke in Lüneburg mir mitteilte, enthält sie nur 0,83 % kolloidale Kieselsäure.

---

[1]) Wittstein: Vierteljahrsschrift für Pharmazie 1, pag. 275.

Litteratur-Verzeichnis.

1) 1806. Hacquet: Bemerkungen über die Entstehung der Feuer- oder Flintsteine (Gehlen's Journ. f. Chemie u. Physik Bd. I, S. 89).

2) 1816. Gerhard: Über die Kreide- und Feuersteinlager auf der Insel Rügen, nebst allgemeinen Bemerkungen über die Bildung der Kreide und der Feuersteine (Abh. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin Phys. Kl. 1816—17).

3) 1817. Buckland, W.: Description of the Paramoudra, a singular fossil body, that is found in the Chalk of the North of Ireland; with some general observations upon Flints in Chalk, tending to illustrate the History of their formation. (Transact. Geol. Soc. London Bd. 4, pag. 413—423).

4) 1828. L. v. Buch: Über die Silicifikation organischer Körper, nebst einigen anderen Bemerkungen über wenig bekannte Versteinerungen. (Abhandl. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin v. 1828. Berlin 1831. Physik. Kl. pag. 43—59). Ref. hier. N. J. 1832 pag. 249—50).

5) 1833. Turner: Lecture of the Chemistry of Geology (London Edinburgh philos. Magaz. Bd. III).

6) 1835. Forchhammer: Danmarks Geognostiske Forhold, Kjøbenhavn pag. 60—61 u. 80.

7) 1839. Ehrenberg, C. G.: Über dem blossen Auge unsichtbare Kalk- und Kieseltierchen als Hauptbestandteile der Kreidegebirge (Poggend. Annal. d. Physik. Bd. 47, pag. 502—508).

8) 1840. Bowerbank, J. S.: On the Siliceous Bodies of the Chalk, Greensands and Oolites (Transact. Geol. Soc. London, 2. ser. Bd. 6, pag. 181—194. Taf. 18 u. 19).

9) 1842. Bowerbank, J. S.: On the spongeous origin of Moss Agates and other siliceous bodies (Ann. & Mag. of Nat. History Bd. 10, pag. 9—18, 84—91, Taf. 1—13).

10) 1844. Anstedt, D. T.: Über das zoolog. Verhältnis der Kreide-Feuerstein-Lager in den oberen Kreideschichten (Ann. & Mag. of Nat. Hist. Bd. 13, pag. 241—49 Ref. hier. N. J. 1844, pag. 617).

11) 1846. Gumprecht: Feine Flintkörner in der Kreide (Karstens Archiv Bd. 20, pag. 400).

12) 1847. Smith, J. Toulmin: On the Formation of the Flints of the Upper Chalk (Ann. & Mag. of Nat. Hist. 1. ser. Bd. 19, pag. 1 ff. 306 ff. Ref. hier. N. J. 1847, pag. 602—3).

13) 1847. Bowerban J. S.: On the Siliceous Bodies of the Chalk and other Formations in reply to Mr. J. Toulmin Smith. (Ann. & Mag. of Nat. Hist. Bd. 19, pag. 249—62). Ref. hier. N. J. 1847, pag. 603—604.
14) 1847. Bensbach, Aug.: Über die Feuersteine im Kreide-Gebirge. (N. J. 1847 pag. 769 ff.).
15) 1852. Gaudry: Sur la formation des silex de la craie. (Thèse, Paris 1852. Ref. hier. N. J. 1854, pag. 207.)
16) 1852. Puggard, Ch.: Geologie der Insel Moen. Eine Untersuchung über die Umwälzungen der Kreide und der Glacialbildung, sowie über die quaternären Ablagerungen und die erratischen Blöcke dieser Insel. Leipzig, pag. 10—11.
17) 1853. von der Marck, W.: (Verhandlungen des naturhist. Ver. der preuss. Rheinl. u. Westph. Jahrg. 10, pag. 385 ff.).
18) 1856. Bowerbank, J. S.: Über die Entstehung der Feuerstein-Gebilde in der Kreide-Formation durch Schwämme. (Edinb. Journ. 1856, pag. 339—40).
19) 1864. Graham: On the Properties of Silicid Acid. (Proc. Roy. Soc. 1864, pag. 335—37).
20) 1864. Bischoff, G. Lehrbuch der chem. und physik. Geologie. 2. Aufl., Bd. II, pag. 845—46 u. pag. 886—94.
21) 1864. Woodward, S. P.: On the Nature and Origin of banded Flints (Geol. Mag. 1864, pag. 145—149).
22) 1871. Lyell: The Student's Elements of Geology, pag. 264—265.
23) 1874. Bedwell, F. A.: The Isle of Thanot and its Continuity of the Flint Floorings (Geol. Mag. 1874, pag. 17—24).
24) 1874. Jones, Th. R.: Flint, seine Natur, sein Charakter und seine Anwendbarkeit für Geräte. (Reliqu. Aquitan. London 1874, pag. 204—5).
25) 1879—1893. Roth, Justus: Allgemeine u. chem. Geologie. Bd. I 5, 95, 611. Bd. II 564. Bd. III 515.
25a) 1876. Jones Rupert: On Quartz, Flint and other forms of Silica. (Proc. Geol. Assoc. vol. IX no. 7. Apr. 1876, pag. 447).
26) 1880. Hinde, G. J.: Fossil Sponge-Spicules from the Upper Chalk, found in the Interior of a single Flint-Stone from Horstead in Norfolk. München 1880 (Dissertation). Refer. hier. N. J. 1881, pag. 125.
27) 1880. Sollas, W. J.: On the Flint-Nodules of the Trimingham Chalk. (Ann. & Mag. Nat. Hist. 5. ser. Bd. 6, pag. 384—95 u. 437—461, Taf. 19, 20).
28) 1880. Wallich, G.: A Contribution to the History of the Cretaceous Flints (Quart. Journ. Geol. Soc. Bd. 37, pag. 60).
29) 1881. Wallich, G.: On the Origin and Formation of the Flints of the Upper or White Chalk. (Ann. & Mag. Nat. Hist. 5. ser. Bd. 7, pag. 162 ff.).
30) 1881. Wallich, G.: Supplementary Notes of the Flints and the Lithological Identy of the Chalk and Recent Calcareous Deposits in the Ocean. (Ann. & Mag. Nat. Hist. 5. serie, Bd. 8, pag. 46 ff.).
31) 1882. de Cossigny, M.: Sur l'origine des silex de la craie. (Bullet. soc. géol. France. 5. ser. tome IXe, pag. 47—57).
32) 1882. Red Flints in the Chalk. Nature Bd. 25.
33) 1883. Fuchs, Th. Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? (N. J. 1883. Beilagebd. 2, pag. 550.)
34) 1887. Woodward, H. B.: Geology of England & Wales, pag. 397—401.

35) 1888. Sollas, W. J.: A Contribution to the History of Flints. (The Scientific Proceed. of the Roy. Dubl. Soc. New. ser. Vol. 6 Ref. hier. N. J. 1895, I. pag. 206.)
36) 1888. Gumbel: Grundzüge der Geologie. Kassel, pag. 843.
37) 1891. Murray and Irvine: On siliceous deposits of modern seas (Proc. Roy. Soc. Edinburgh. Bd. 13, pag. 229—250).
38) 1891. Murray and Renard: Report on Deap-Sea Deposits, based on the specimens, collected during the voyage of H. M. S. Challenger in the years 1872—76 London. Ref. hier. N. J. 1893, 2, pag. 281 ff.
39) 1892. Rauff, H.: Fossilisationsprozess bei verkieselten Spongien. (Verhandl. d. Naturh. Ver. für d. Preuss. Rheinl. u. Westph. 49. Jahrgg. Correspondenzblatt I., pag. 51—57).
40) 1893. Geikie, Archibald: Text-Book of Geology. London, pag. 141, 483, 493/94.
41) 1893. de Lapparent, A.: Traité de Geologie, Paris, pag. 348—49 u. 1141—42.
42) 1893. Jukes-Browne, A. J.: The Relative Age of Flints. (Geol. Mag. New. ser. Vol. 10, pag. 315—17 u. 541—546. Ref. hier. N. J. 1895. I. pag. 209.)
43) 1893. Abbott, G.: Was the Deposit of Flint and Chalk contemporous? (Geol. Mag. New. ser. Vol. 10, pag. 275—77).
44) 1893/94. Rauff, H.: Palaeospongiologie. (40. Bd. der Palaeontographica) Stuttgart, pag. 212, 216, 224, 226.
45) 1894. Zirkel: Lehrbuch der Petrographie. Bd. III, pag. 549—554.
46) 1894. Deecke, W.: Die mesozoischen Formationen der Provinz Pommern. Greifswald 1894.
47) 1895. Hennig, Anders: Spräcklig och enfärgad flinta i Sveriges mucronatakrita. (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd. 17, Häft 4, pag. 391—411.)
48) 1899. Deecke, W.: Die geolog. Zusammensetzung und Schichtenfolge der Insel Rügen. (Separatabdruck aus dem „Führer für die Rügen-Excursion des VII. Intern. Geogr. Congresses zu Berlin, 1899 pag. 14—17").
49) 1897. Rørdam, K.: Kridtformationen i Sjælland i Terrænet mellem Kjøbenhavn og Køge, og paa Saltholm. (Danmarks geologiske Undersøgelse. II. Række Nr. 6) Kjøbenhavn 1897.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1—4. 4 Exemplare von Echinocorys vulgaris Breyn., aus dem Diluvium, mit negativen Pseudomorphosen nach Kalkspathkrystallen.

Fig. 5. Fragment einer Schale von Echinocorys vulgaris Breyn., aus der Quadratenkreide Lägerdorfs, ausgekleidet mit Kalkspathkrystallen.

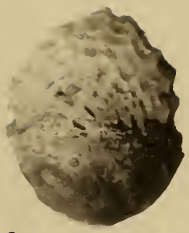
Fig. 6. Echinocorys vulgaris Breyn., aus der Mukronatenkreide Hemmoors, zum Teil mit Flint ausgefüllt; der übrigbleibende Hohlraum mit Kalkspathkrystallen ausgekleidet.

Fig. 7. Echinocorys vulgaris Breyn., aus dem Korallenkalk von Faxe auf Seeland. Die Aussenseite der Schale ist mit Kalkspathkrystallen bewachsen.

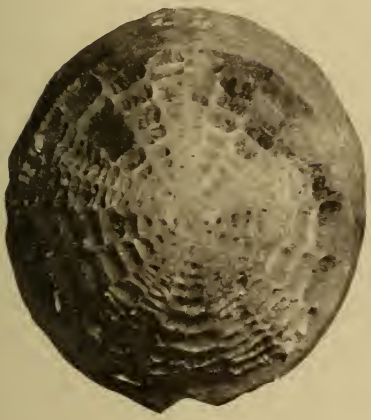
1.

2.

3.



4.



5.

6.

7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Hanssen Hinrich

Artikel/Article: Die Bildung des Feuersteins in der Schreibkreide. 197-239