

die chemische Zuordnung des oben genannten 2 Minuten-körpers bisher noch nicht eindeutig durchgeführt werden. Seine Abtrennung von bestrahltem Uran und seine Reinigung von den zahlreichen anderen Spaltprodukten ließ sich in den knapp 10 Minuten, die der Verarbeitung zur Verfügung stehen, noch nicht sicher erreichen.

In anderen Fällen gelang es, nach entsprechenden gründlichen Vorversuchen, Spaltprodukte kurzer Halbwertszeit, selbst solche von unter einer Minute, eindeutig in ihrer chemischen Natur zu erkennen. So wurde in der Gruppe der Alkalimetalle ein Cäsium von 40 Sekunden H. Z. sicher neben anderen Cäsium-Isotopen von 7 Minuten und 32 Minuten H. Z. festgestellt und von Rubidium-Isotopen mit 80 Sek., 15 und 18 Minuten H. Z. abgetrennt. Ermöglicht wurde dies durch die Verwendung charakteristischer Fällungen, die schlagartig abgeschieden werden können und deren Auftreten in guten Kriställchen ein Mitreißen anderer Spaltprodukte verhindert. Auch die Isotope des Jods wie die des Broms lassen sich in weniger als zwei Minuten von allen anderen aktiven Atomarten abscheiden und zur Messung bringen. Auf diese Weise gelang die Auffindung von je zwei kurzlebigen Jod-Isotopen (30 Sekunden und 1,8 Minuten) und zwei Brom-Isotopen (50 Sekunden und 3 Minuten). Exponiert wurde das Uran für die Abscheidung dieser Stoffe nur wenige Minuten. Wird länger exponiert, dann bilden sich längerlebige Isotope dieser Halogene, die die Untersuchung der kurzlebigen Stoffe erschweren. Allein vom Jod sind jetzt nicht weniger als 7 verschiedene Isotope mit Halbwertszeiten von 30 Sekunden bis zu 8 Tagen nachgewiesen worden!

Eine sehr wichtige Gruppe von Spaltprodukten stellen die Erdalkali-Isotope Barium und Strontium vor. Von beiden gibt es eine große Anzahl. Die meisten von ihnen, wenn nicht alle, entstehen aus den meist recht kurzlebigen Edelgasen Xenon und Krypton mit Cäsium- und Rubidium-Isotopen als Zwischenprodukten. Man kann deshalb die Erdalkali-Isotope entweder direkt aus dem bestrahlten Uran nach den bekannten Abscheidungsverfahren für Barium oder Strontium gewinnen. Man kann sie aber auch indirekt als Umwandlungsprodukte der Edelgase abscheiden. Letzterer Weg hat auch zur Auffindung der obengenannten kurzlebigen Isotope des Cäsiums und Rubidiums geführt. Er hat gegenüber der Abscheidung aus dem Uran selbst den Vorteil der Einfachheit und größeren Schnelligkeit. Das Uran, das bestrahlt werden soll, wird durch eine geeignete Vorbehandlung in einen sehr lockeren, oberflächenreichen Zustand gebracht. Die während der Bestrahlung entstehenden aktiven Edelgase diffundieren zu einem erheblichen Prozentsatz aus dem „hochmanierenden“ Uran heraus. Ihre Umwandlungsprodukte, die Alkali- und Erdalkali-Isotope, sammeln sich an einer dem Uranpräparat gegenüber angebrachten elektrisch aufgeladenen Metallplatte an und lassen sich von dieser viel leichter und schneller abscheiden als aus dem Uran selbst. Nicht weniger als 9 verschiedene Strontium- und Barium-Isotope wurden nach dieser und anderen Methoden als Umwandlungsprodukte aktiver Edelgase festgestellt.

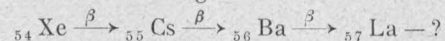
Wesentlich verwickelter werden die Erscheinungen dadurch, daß aus vielen der aktiven Erdalkali-Isotope noch aktive Umwandlungsprodukte, Lanthan und Yttrium-Isotope entstehen, und aus dem Lanthan in einzelnen Fällen sogar noch aktives Cerium. Der Raum gestattet nicht, auf die große Anzahl von Versuchen einzugehen, die allmählich, Schritt für Schritt, zur Entwirrung der mannigfachen Vorgänge geführt haben.

Alle die hier als Beispiele genannten Substanzen, und noch eine große Zahl anderer, entstehen bei der Bestrahlung des Urans mit verlangsamten Neutronen, das sind solche, deren Geschwindigkeit durch Zusammenstöße mit wasserstoffhaltigen Substanzen (Wasser, Paraffin usw.) herabgesetzt wurde. Es gibt aber auch noch andere Pro-

zesse beim Uran. Verwendet man zur Bestrahlung die sehr energiereichen Neutronen, die beim Auftreffen von „schwerem“ Wasserstoff, Deuterium, auf Lithium gewonnen werden, dann tritt eine Gruppe weiterer Spaltprodukte auf, die durch die Einwirkung langsamer Neutronen auf Uran nicht entsteht. Schließlich ist noch ein sogenannter „Resonanzprozess“ bekannt, der über ein künstlich aktives Isotop des Urans selbst zu einem aktiven Vertreter des Elements mit der Ordnungszahl 93 führt, also zu einem sogen. Trans-Uran.

Bei der chemischen Aufklärung und Identifizierung der Spaltprodukte aus Uran gibt also auch die Kenntnis der Bestrahlungsart einen Hinweis auf die zu erwartenden Substanzen.

Soweit bisher festgestellt wurde, emittieren alle diese aktiven Umwandlungsprodukte β -Strahlen, wandeln sich also in das nächsthöhere Element um; ein Beispiel ist die folgende Umwandlungsreihe:



Die Energie der β -Strahlen und damit ihre Durchdringungsfähigkeit durch Metallfolien ist aber sehr verschieden. Manche Substanzen senden derartig absorbierbare β -Strahlen aus, daß diese in den üblichen Geiger-Müller-Zählrohren mit 100 μ Wandstärke gar nicht mehr nachweisbar sind. Andere emittieren Strahlen, die noch leicht durch mehrere Millimeter Aluminium gemessen werden können. Man kann von dieser verschiedenen Absorbierbarkeit der Strahlen nützlichen Gebrauch machen zur Unterdrückung gewisser Atomarten bei der Messung und zur Hervorhebung anderer. Auch vorher unbekannte Isotope wurden durch diese Variationen der Meßbedingungen aufgefunden.

Als bisheriges Ergebnis der verschiedenen Abscheidungs- und Meßmethoden ist folgendes festzustellen: Bei der Spaltung des Urans unter der Wirkung langsamer wie schneller Neutronen wurden über achtzig verschiedene Atomarten, die dreißig bis vierzig verschiedenen chemischen Elementen zugehören, als direkte oder indirekte Trümmer der Spaltungsvorgänge nachgewiesen. Sicher sind damit noch nicht alle Vorgänge geklärt. Eine wesentliche Erleichterung der Untersuchung bieten naturgemäß möglichst starke Anlagen zur Gewinnung der als Geschosse verwendeten Neutronen.

Es wäre zu wünschen, daß der große Vorsprung, den vor allem Amerika in bezug auf starke Strahlenquellen für die verschiedensten Zwecke der Kernphysik hat, auch in Deutschland durch Bau der hierfür erforderlichen Anlagen allmählich verringert würde.

Geologische Deutung der Tiefherd-Beben

Von Prof. Dr. Robert Schwinner, Universität Graz

Die Herde, von welchen die Erdbeben ausgehen, liegen meist ziemlich seicht, selten berechnet sich ihre Tiefe zu mehr als 30 km. Es war eine Überraschung, als in letzter Zeit bei einer gewissen Zahl von Beben viel größere Herdtiefen gefunden wurden, Tiefen über 100 bis 500, ja in einzelnen Fällen bis 700 km! Manche Geophysiker wollten diesen Tiefherdbeben (*deep focus earthquakes*) eine ganz besondere Entstehungsweise zuschreiben; heute aber steht bereits fest, daß auch die Tiefherdbeben, ebenso wie die seichten, von Scherungsbruch in festem Gestein sich herleiten lassen. Diese Deformation (Scherung-Schiebung) verläuft ohne Volumänderung und wird daher durch den hohen Belastungsdruck jener Tiefen nicht behindert. Damit wäre das Geophysikalische ziemlich geklärt; eine geologische Deutung ist bisher noch nicht versucht worden.

Wir gehen aus von der geographischen Verbreitung. Tiefherdbeben gibt es fast nur an der Umrandung des Stillen Ozeans, nach ihren Herdtiefen eigenartig verteilt. Gewöhnliche Beben gehen in großer Häufigkeit von seichten Herden aus, welche meerrwärts

von den Pazifischen Randgebirgen, meist sogar unter den der Küste vorgelagerten Sauntiefen (Tiefsee-Gräben) liegen. Je tiefer der Herd, desto mehr erscheint das Epizentrum (das ist die Projektion des Herdes, des Hypozentrums, auf die Erdoberfläche) kontinenteinwärts gerückt, so daß z. B. in Süd-Amerika die Epizentra der seichteren Beben (etwa bis 100 km Herdtiefe) noch ungefähr an der Westküste liegen, die der Beben mit den tiefsten Herden (500 km und mehr) aber bereits östlich der Andenkette. Die Gesamtheit der Scherungen, welche diese Tiefherdbeben verursachen, stellt somit, wenn auch vielleicht nicht eine einheitliche Schubbahn, so doch einen „Bewegungshorizont“ vor, welcher von den Sauntiefen ausgehend und kontinenteinwärts (etwa mit 45°) absteigend den Rand der Kontinentalplatten weit unterfährt; derart erscheinen deren riesige Platten den der Küste vorliegenden Schollen des pazifischen Ozeanbodens aufgeschoben.

Jedoch nicht die ganze Umrandung des Stillen Ozeans hat Tiefherdbeben. Sie treten auf an der Westküste von Südamerika südwärts bis 40° Breite, und werden in Mittelamerika (einschließlich Antillen) bereits wieder seltener. Nordamerika hat keine „tiefen“ Herde. Sie setzen — abgesehen von spärlichen Vorkommen auf den Aleuten — im Ochotskischen Meer wieder ein und begleiten nun die ostasiatischen Inselkränze: ein Ast führt über Japan bis zu den Marianen, ein anderer über die Riu-Kiu-Inseln und Formosa zu den Philippinen. Weiterhin folgen sie von Ost-Neuguinea über Salomonen-, Tonga- und Kermadec-Inseln bis Nord-Neuseeland der „Andesit-Linie“, dem eigentlichen Rand der australischen Kontinentalscholle, andererseits dem Sundabogen bis zur Nordspitze von Sumatra, und kommen noch in einiger Häufigkeit in Burma und im Hindukusch vor, den beiden Aufhängepunkten des Himalaya-Bogens. Weiter westlich, bis Europa ist ihr Vorkommen unsicher, jedenfalls ganz selten und vereinzelt.

Eine ähnliche Verbreitung zeigen die tätigen Vulkane des „Pazifischen Feuerringes“. Sie gehen allerdings noch über die mit Tiefherden besetzten Küstenstrecken hinaus: in Südamerika ganz bis zur Südspitze und über ganz Mittelamerika, sie beginnen auch schon wieder in Alaska — aber der Hauptteil der Westküste von Nordamerika, der keine Tiefherdbeben hat, zeigt auch keine tätigen Vulkane; die wenigen im Kaskadengebirge sind typische aussterbende Relikte aus früheren Zeiten vulkanischer Tätigkeit. Ebenso finden an der Nordspitze von Sumatra Vulkane und Tiefherdbeben gleichzeitig ihr Ende, abgesehen von vereinzelt Vorkommen beider in Birma. Diese Vulkane sind alle „blutsverwandt“, sogenanntes „Pazifisches“ Magma („Anden-Gesteine“ nach F. Becke).

Tiefherdbeben und tätige Vulkane kennen wir ziemlich vollständig in ihrer Verbreitung; von den Schwere-Verhältnissen kann man das heute noch nicht sagen. Immerhin erscheinen jene merkwürdigen Streifen negativer Schwere-Anomalien, die Vening Meinesz entdeckt hat (nach isostatischer Reduktion — 100, — 150, ja bis — 200 Milligal), eng an die Tiefherd-Zonen geknüpft: (Westindien), Ost von Japan (vielleicht bis gegen die Marianen), Tonga-Tief, außen am Sunda-Bogen; vielleicht ist hier auch das Schwere-Defizit der Ganges-Niederung anzuschließen und das von Ferghana. Kontinenteinwärts von diesen Streifen herrscht beträchtliche Überschwere (isostatisch): Japan, Philippinen, auf Inseln und Binnenmeeren innerhalb des Sunda-Bogens, vielleicht auch Tibet. Auch außerhalb, meerrwärts, am Sundabogen etwa durch die Christmas-Insel, streicht ein Streifen positiver Anomalie, ähnlich

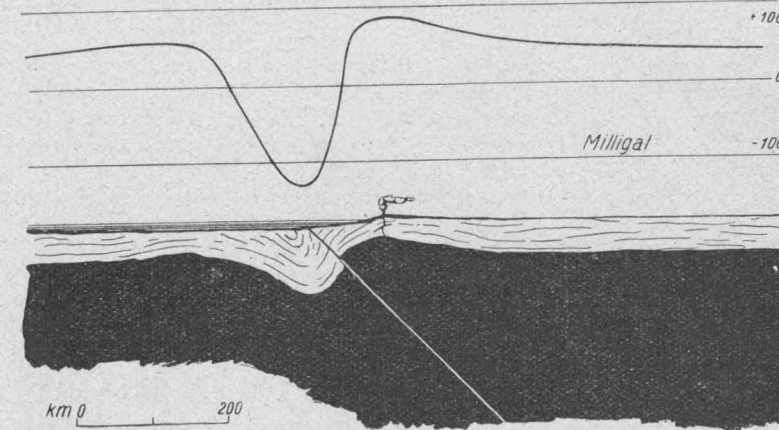


Abb. 1. Typisches Profil einer Pazifischen Küste. Nicht überhöht. Weiß = Sial, schwarz = Sima. Durch beides zieht (als einfache Diagonallinie) der Bewegungshorizont, an dem die Tiefherdbeben ausgelöst werden. Darübergezeichnet als Schaulinie die Schwerestörung

wie südlich außerhalb des Ganges-Troges von der Indus zur Ganges-Mündung die „Hidden-Range“ der indischen Geodäten; womit dieser rätselhafte Gegenstand, wenn auch noch nicht erklärt, doch wenigstens aus seiner Vereinsamung erlöst wäre.

Den mechanischen Zusammenhang dieser Schwerestörungs-Zonen, wie sie die pazifischen Küsten begleiten, kann man — die Knickungs-Theorie von Vening Meinesz etwas abändernd — sich etwa folgendermaßen vorstellen: Die Kontinentalplatte ist meerrwärts nicht bloß auf die vorliegende Ozeanscholle, sondern auch auf ihren eigenen gefalteten Ranft aufgeschoben (und wird heute noch weitergeschoben: Tiefherd-Beben!); dadurch wird Sial, leichteres Gestein, ins schwerere Substratum (Sima) hinabgedrückt: das gibt die negative Schwere-Anomalie des äußeren Streifens. Der dahinter, innen liegende Kontinent ist breit gelüftet, hat daher positive Schwere-Anomalie (ähnliche Aufstauchung gibt außen die positive Anomalie des Christmas-Insel-Streifens); denn mit der Hebung der Kontinentalplatte kommen auch ihr Substratum und damit die Isothermenflächen höher; durch die gleichzeitige Abtragung der Aufragung aber wird im Substratum der Druck geringer: Aufschmelzung, Bildung von Pazifischem Mischmagma, Gasentbindung, explosiver Vulkanismus. Dadurch sind Ort und Art der Pazifischen Reihenvulkane bestimmt.

Diese randliche Beanspruchung hat, weil ungleichmäßig, die Flur des Stillen Ozeans zerschert. Aus den Scherspalten drang wenig verändertes Sima (atlantisches Magma) und bildete so, selbst übers Wasser ragend oder mit Korallenkappe, die Inselreihen Polynesiens. Die längste (2500 km) und Haupt-Scherspalte schuf die Reihe der Hawaii-Inseln, sie zielt WNW gegen Japan, wo Kurilen-, Fuji-Bonin-Marianen- und Riu-Kiu-Bogen sich bündeln; und gegen OSO, gegen Ecuador—Peru, beiderseits Zentren höchster Aktivität in Vulkanen und Tiefherd-Beben. Die Scholle nördlich dieser Spalte bewegte sich also ungefähr nordostwärts parallel der Kalifornischen Küste, die — weil nicht gepreßt — weder Tiefherdbeben, noch Vulkane, noch (große) Schweranomalien zeigt. (In Alaska hören die Vulkane gegen West auf, wo die Schubrichtung den Inselbogen tangiert; ähnlich in Birma.) Der Schollenstreifen, der im Süden an die Hawaii-Spalte anschließt, ist vielfach zerschert (Inselreihen) und wohl im ganzen gedehnt: er stößt gegen beide Seiten vor, sowohl gegen Ostasien als gegen Südamerika. Er wird im Süden von einer wieder WNW-OSO streichenden Linie begrenzt, die von der Ecke des Australischen Blockes bei Tonga gegen Chiloé zieht, wo von 40° südlich die Küste Südamerikas

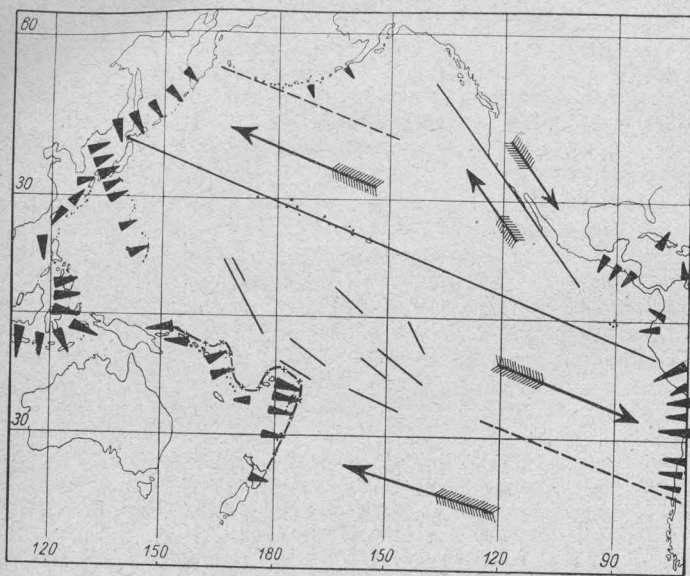


Abb. 2. Die Tiefherdbeben der Pazifischen Erdhälfte. Jeder der schwarzen Keile bedeutet eine Gruppe, seine Spitze liegt bei den Epizentren der seichtereren Beben, das breite Ende bei den tiefsten, wodurch das Gefäll der den Kontinent unterlaufenden Schubzone angedeutet ist. Gerade = Scherspalten, mit Pfeilen die Bewegung der Schollen gezeichnet.

aus dem Hebungstyp in den der Senkung übergeht (Auflösung in Inseln, Fjorde usw). Hier setzen auch die Tiefherdbeben aus; die Ozean-Scholle südlich von dieser Linie drückt nicht gegen Südamerika, sie ist als Ganzes westwärts bewegt und drückt gegen den Australischen Block: Tiefherdbeben längs der Front Tonga—Kermadec—Neuseeland.

Der Australische Block muß wohl im ganzen eine Bewegung gegen Norden haben, welche die nicht sehr regelmäßig verteilten Tiefherdbeben seines Nordrandes verursacht. Andrängen gleichen Sinnes vom Indischen Ozean her trifft noch den Sundabogen. Weiter im Westen scheint diese Bewegung bereits zum Stehen gekommen zu sein; das Gebirge ist (im Himalaya) so hoch wie möglich aufgetürmt; aber noch nicht lange: es fehlen wohl die Tiefherdbeben, aber die Schwereanomalien sind noch voll erhalten, negativ im Gangestrog, positiv in der „Hidden range“, und wohl auch in Tibet; auch ist der westliche Aufhängepunkt noch nicht zur Ruhe gekommen: Tiefherdbeben im Hindukusch. Hauptdruckrichtung lag in der Symmetrieachse der beiden Scherungen, welche die Halbinsel Vorderindien zum Dreieck zugeschnitten haben.

Diesem Bewegungsbild der einen Erdhälfte müssen wohl auch gewisse Bewegungen in der andern entsprechen; vielleicht gehören hierher die ostafrikanischen Gräben samt ihren Fortsetzungen ins Mittelmeer, mit (atlantischem) Vulkanismus u. a. Das muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, ebenso der wahrscheinliche Zusammenhang mit den säkularen Änderungen des Erdmagnetismus. Blockbewegungen dieser Art, heute Ausklang der letzten Orogenese, scheinen aber auch manche ältere Orogenesen abgeschlossen zu haben: alpinodinarische Grenz-Überschiebung, Moravische Überschiebung, Moine-Thrust usw.¹⁾

¹⁾ Gutenberg, B., u. C. F. Richter, Depth and Geographical distribution of Deep-Focus Earthquakes. Bull. Geol. Soc. of America, I. vol. 49, pp. 249-288, 1937, II, vol. 50, pp. 1511-1528, 1939, New York u. and. Arbeiten. — Schwinner, R., Seismik und tektonische Geologie der Jetztzeit. Z. f. Geophysik 17 (1941) 103-113; Der Begriff der Konvektions-Strömung in der Mechanik der Erde. Gerlands Beitr. z. Geophysik Bd. 58 (1941) 119-158.

Beobachtungen und ihre Ergebnisse an Gesteinen des mittleren Zechsteins (Hauptdolomit und grauer Salzton) in Thüringen

Von Prof. Dr. Gottlob Linck, Universität Jena

Der Dolomit (benannt nach dem Alpenforscher Dolomieu) ist das kristallisierte Doppelsalz von Magnesium- und Kalziumkarbonat und tritt als Gestein in verschiedenen Formationen mit erheblicher Mächtigkeit auf. Er findet Verwendung in der Eisenhüttenindustrie, zur Gewinnung von Kohlensäure und Magnesiumsalzen.

Daß Dolomit sich aus Lösungen der beiden Karbonate, vermutlich beim Überwiegen des Magnesiumkarbonats, abscheiden kann, dann Spalten und andere Hohlräume erfüllt oder auskleidet, ist bekannt; daß er in einzelnen Kristallen im Schlamm des normalen Meerwassers sich bilden kann und vorkommt, ist unbestritten. Man kennt auch durch zahlreiche experimentelle und theoretische Untersuchungen die Bedingungen seiner Bildung in diesen Fällen, so daß man sagen kann: Er bildet sich aus den gemischten Lösungen der beiden Karbonate, vielleicht bei Überwiegen des Magnesiumkarbonats, unter Einwirkung eines, möglicherweise je nach Lösungsgehalt schwankenden, Partialüberdrucks von Kohlensäure.

Wie ist aber der Vorgang bei der Dolomitierung von Korallen- und Bryozoenriffen oder bei den oft mächtigen Schichtenpaketen bildenden Dolomiten in Südtirol, der Eifel, des Zechsteins usw.? Da ist es eben anders, und jedes Vorkommen ist ein Fall für sich. Weil man dies nicht einsah, und immer von einem Fall auf die anderen schließen wollte, haben sich die Meinungen über die Dolomitbildung so verwirrt. Meine Untersuchungen und Schlüsse beschränken sich darum auch auf die Gesteine des Thüringer Zechsteins, und wenn ich den Dolomiten des Hauptdolomits Gesteine des grauen Salztones angliedere, so sind es gemeinsame oder sehr ähnliche Bildungsbedingungen, welche in beiden Fällen gelten.

Das Zechsteinmeer lag im kontinentalen Klima, seine Verdunstung war größer als die Wasserzufuhr. Es wurde also immer salzreicher, und seine Salze schieden sich im wesentlichen in der umgekehrten Reihenfolge der Löslichkeit ab, zu unterst das Kalziumsulfat, dann Steinsalz und zu oberst die Chloride und Sulfate des Magnesiums. Van't Hoff hat die Bildung und Umbildung der Salzlager weitgehend aufgeklärt. In dem Meere war auch eine reiche Flora und auf dieser fetten Weide eine ebenso reiche Fauna. Die organischen Reste unterlagen der Inkohlung und lieferten das in reichlicher Menge vorhandene Erdöl. Sie lieferten dabei aber noch für uns wichtige Nebenprodukte, als da sind: Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Schwefelsäure und damit im Zusammenhang Ammoniumkarbonat und -sulfat. Durch Wechselwirkung dieser Inkohlungsprodukte mit den Salzen des Meerwassers und mit dem kohlensauren Kalk bildeten sich einerseits Kalziumsulfat, das als Anhydrit in weit über das normale Maß hinausgehender Menge niedergeschlagen wird, andererseits übersättigte Lösungen oder Sole von Kalzium- und Magnesiumkarbonat. Diese Sole koagulieren, adsorbieren sich gegenseitig, werden niedergeschlagen und mit zunehmender Tiefe durch Drucksteigerung in Dolomit umgewandelt. Bei der Koagulation nehmen die Kolloide vielfach die für sie so charakteristische Form der Oolithe an.

So bildet sich in einem noch relativ tiefen, aber schon recht salzreichen Meere ein dolomitischer Faulschlamm mit großem Gehalt an Steinsalz — die Oolithe schwimmen z. T. sozusagen darin —, in welchem die im wesentlichen noch undolomitierten Kalkschalen von

Fossilien verstreut sind. Ihre Umwandlung in Dolomit und Anhydrit vollzieht sich im Schlamm selbst, wie die gitterförmige Kristallisation des Anhydrit beweist, die auch sonst im Dolomit vorkommt, und wie es auch zu beobachten ist, daß der fertig gebildete Dolomit oder seine Oolithe nachträglich unter Anhydritbildung wieder aufgefressen werden.

Später erfolgt der Absatz der eigentlichen Salzlager wohl bis zur fast völligen Trockenlegung, bis ein Einbruch von süßem oder schwach salzigem Wasser erfolgt. Dieser führt zur Auflösung und Umbildung der den Hut des Salzlagers bildenden Salze, die neben Chlornatrium und Chlorkalium vorwiegend Chloride und Sulfate des Magnesiums enthalten. In diese konzentrierte Lauge wurde nun vom Lande her erst Tonstaub, dann Quarzsand eingeweht und infolge des hohen Elektrolytgehaltes der Lauge schnell sedimentiert. Das Tonmineral ging unter dem Einfluß der Lauge in einen Biotit (Magnesiaglimmer) von silberglänzendem Aussehen über, der Sand in einen Sandstein mit großem Bitumengehalt. Die Einwehung läßt nach, und wir kommen wieder zu einem an Steinsalz reichen dolomitartigen Gestein, das aber neben Anhydrit bis zu 50% Magnesit (kristallisiertes Magnesiumkarbonat) als neues Mineral enthält, daneben etwas Kalzit. Der Dolomit ist hier vermutlich (wie im Hauptdolomit vielleicht auch), nach der Begleitung durch Kalzit zu schließen, aus diesem im Faulschlamm entstanden. Anhydrit und Magnesit sind sicher in loco gebildet. Das dokumentiert die Art ihres Auftretens: der Anhydrit in Steinsalz und Erdöl einschließenden Einzelkristallen oder in blumenkohlartig ins Nebengestein eindringenden Nestern, der Magnesit in dünnen hexagonalen Tafeln, deren Hauptachsen zwar verschieden gegeneinander orientiert sind, aber in einer Ebene (Schichtebene) liegen, so daß sie in den meisten Schnitten als Nadeln erscheinen, die alle übrigen Mineralien, besonders den Anhydrit, kreuz und quer durchspicken. Der Kalk ist offenbar im wesentlichen an Schwefelsäure gebunden, und dadurch entstand der große (theoretisch verlangte) Überschuß von Magnesiumkarbonat, der sich als Magnesit manifestiert.

Alles in allem: Das Kalziumkarbonat der Thüringer Zechsteindolomite ist z. T. auf die Abscheidungen von Organismen, z. T. auf die Umsetzung des Kalziumsulfates des Meerwassers mit den Inkohlungsprodukten Alkali- und Ammoniumkarbonat der Leichen von Tieren und Pflanzen zurückzuführen. Die gleichen Inkohlungsprodukte fallen aus dem Magnesiumsulfat und -chlorid des Meerwassers das Magnesiumkarbonat.

Beide Karbonate, des Kalziums und Magnesiums, fallen wohl meist als Gele aus dem Wasser aus, werden mit zunehmender Tiefe unter zunehmendem Druck in Dolomit umgewandelt, und bilden am Grunde des Meeres mit den organischen Resten einen Faulschlamm. In diesem Faulschlamm erfolgte unter Einwirkung von Magnesiumsulfat oder freier Schwefelsäure noch die Dolomitierung der Kalkschalen größerer Organismen mit gleichzeitiger Bildung von Kalziumsulfat (Anhydrit).

Der Magnesit ist ausschließlich neben Anhydrit bei einem großen Überschuß des Magnesiumkarbonats gegenüber dem Kalziumkarbonat im Faulschlamm selbst entstanden*).

Über die Begeißelung der Bakterien¹⁾

Von Dr. Käthe Pietschmann, Universität Göttingen

Während der Bewegungsapparat von Einzellern, insbesondere von Wimpertierchen und Geißeltierchen, sowie auch von pflanzlichen und tierischen Schwärmern

* NÄHERES siehe in Z. Chemie der Erde B. 14 (1942), eine Arbeit, die die vielumstrittenen Bildungsbedingungen des Dolomits aufzuklären versucht.

¹⁾ Nach einem auf der Arbeitstagung „Allgemeine Biologie“ des Reichsforschungsrats am 24. Okt. 41 gehaltenen Vortrag.

verhältnismäßig gut nach Bau und Funktion bekannt ist, besitzen wir über den Bewegungsapparat von Bakterien wenig eingehende Kenntnisse, zumal wenn wir von den großen Spirillen und Schwefelbakterien absehen und die überwiegende Mehrzahl der kleinen Bakterien betrachten. Seit Ehrenberg²⁾ an großen Spirillen und einem von ihm als Bacterium trilobulare bezeichneten Organismus die Geißeln lebend beobachtete, sind über 100 Jahre vergangen, ohne daß wir bei den kleineren Formen wesentlich über den bloßen Nachweis von Geißeln hinausgekommen sind. Das hat seinen Grund in der geringen Größe der Objekte und der außerordentlichen Feinheit der Geißeln, deren Dicke von verschiedenen Bearbeitern übereinstimmend mit etwa 0,02 bis 0,05 μ angegeben wird. Mit Hilfe von Beiz- und Färbefarben, mit Versilberungsmethoden, mit Lebendbeobachtungen im Dunkelfeldpräparat und neuerdings auch mit elektronenoptischen Photogrammen hat man begeißelte Bakterien untersucht. Neuere eigene Untersuchungen haben bestätigt, daß die Lebendbeobachtung im Dunkelfeld bislang diejenige Methode ist, mit welcher man reproduzierbare Ergebnisse erhält, eindeutiger als mit den anderen genannten Verfahren, die auf ein Antrocknenlassen des Materials angewiesen sind. Dieser letztere Umstand birgt erhebliche Fehlerquellen, während die Beobachtung in einem kolloidalen Medium — es wurde im vorliegenden Falle Nährlösung mit 1 bis 1,5% Tragant als Kultur- und Beobachtungsflüssigkeit verwendet — von den 23 untersuchten Bakterienarten offenbar ohne Schädigung oder wesentliche Abänderung des natürlichen Verhaltens im beweglichen Stadium vertragen wurde. Auf Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden.

Ein Blick auf die geschichtliche Entwicklung unserer Kenntnis von der Begeißelung der Bakterien zeigt, daß nach Ehrenberg zuerst Dallinger u. Drysdale (1875, zit. nach R. Koch³⁾) an kleineren lebenden Bakterien bei schiefer Beleuchtung die Geißel gesehen haben. R. Koch³⁾ ist es erstmals gelungen, Geißeln in leicht antrocknendem Material ungefärbt zu photographieren. In allen diesen genannten Fällen wird eine Geißel an einem oder an beiden Körperenden gefunden. Da sich nach Koch's Verfahren nicht bei allen Bakterien die Geißeln zeigen ließen, wurde von ihm, Loeffler⁴⁾ und anderen das Beiz- und Färbefarbenverfahren ausgearbeitet, mit dem es schließlich gelang, bei allen beweglichen Bakterien die Geißeln im gefärbten Präparat darzustellen. Auch das erste Versilberungsverfahren wurde fast gleichzeitig angegeben.

An lebenden Einzelzellen ist niemals eine peritriche Begeißelung beobachtet worden. Die Lehre von der peritrichen Begeißelung geht vielmehr auf einen Befund zurück, den Fraenkel u. Pfeiffer⁵⁾ 1889 an einem Loeffler-Präparat von Bazillen des malignen Oedems erhoben. Sie beschrieben eine „eigentümliche Gestalt und Anordnung“ der Geißeln. Während sonst die Bewegungsorgane stets an den Enden der Zellen gefunden seien, gingen sie bei diesen Bakterien von den Seiten aus. Ähnliche Bilder und solche mit viel zahlreicheren Geißeln wurden in den folgenden Jahren immer mehr veröffentlicht, und so bildete sich die Lehre von der „peritrichen“ Begeißelung heraus. Der Ausdruck peritrich stammt von Messea, der 1890 sein Bakteriensystem auf der Begeißelung aufbaut.

Seit A. Fischer⁶⁾ unterscheidet man zwischen „polar“ und „diffus“ (bzw. seitenständig oder peritrich) begeißelten Bakterien. Es ist wichtig, daß bereits Fischer erwähnt, bei den polar begeißelten Formen

²⁾ Ch. G. Ehrenberg, Die Infusionstierchen, Leipzig, 1838.

³⁾ R. Koch, Coehn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, 2, 399 (1877).

⁴⁾ F. Loeffler, Ztbl. Bakter. VI, 209 (1889), VII, 625 (1890).

⁵⁾ E. Fraenkel u. R. Pfeiffer, Mikrophotograph. Atlas d. Bakterienkunde, Berlin, 1889-1892.

⁶⁾ A. Fischer, Pringsh. Jb. f. wiss. Botan. 27, 1 (1895).