

Über die Ursachen der geologischen Epochen.

Von

L. ZEHNDER (Zürich).

(Als Manuskript eingegangen am 5. September 1918.)

Aus den übereinanderliegenden geologischen Schichten ist der Schluss gezogen worden, dass unsere Erde im Laufe unermesslicher Zeiten sehr verschiedenen Daseinsbedingungen unterworfen war. Eiszeiten sind auf ihr entstanden, und zwischen den Eiszeiten hat es heisse Perioden mit Sintfluten gegeben. Durch derartige mächtige Umwälzungen auf der Erdoberfläche sind vermöge der damit verbundenen Klimaänderungen viele Lebewesen gezwungen worden, auszuwandern, wenn es ihnen nicht gelang, sich den neuen Daseinsbedingungen anzupassen.

Es ist nicht wahrscheinlich, dass die genannten geologischen Umwälzungen in inneren Vorgängen unserer Erdkugel — etwa in mächtigen Einbrüchen der Erdkruste, durch einen von aussen einstürzenden, verhältnismässig grossen Weltkörper, oder in gewaltigen chemischen oder radioaktiven Wirkungen — ihre Ursachen haben und entsprechend grossartige Vorgänge, die nur in unserem Sonnensystem abgelaufen sind, — etwa Einstürze früher noch dagewesener Planeten in die Sonne — möchte ich dafür im wesentlichen auch nicht verantwortlich machen. Vielmehr glaube ich, aus den neueren astronomischen Forschungen müsse namentlich auf Einwirkungen geschlossen werden, die ausserhalb unseres Sonnensystems liegen.

Unsere Sonne bewegt sich mit einer Eigengeschwindigkeit von etwa 20 km in der Sekunde durch das Weltall hindurch. Nun ist der unserer Sonne am nächsten befindliche Stern α Centauri etwa 4,3 Lichtjahre von ihr entfernt. Ferner hat unser ganzes Sternsystem nach v. Seeligers Forschungen ¹⁾ endliche Dimensionen, die von ihm im Mittel auf etwa 9000 Lichtjahre abgeschätzt worden sind. Würde sich also unsere Sonne mit der genannten Eigengeschwindigkeit gegen den Stern α Centauri bewegen, so hätte sie ihn in $4,3 \cdot 300\,000 / 20 = 64\,500$ Jahren erreicht und unser ganzes Stern-

¹⁾ Newcomb, Astronomie, 4. Aufl., Leipzig 1911, S. 642.

system würde sie bei gleichbleibender Richtung und Eigengeschwindigkeit in 135 Millionen Jahren durchmessen. Nämlich dagegen ihre Eigengeschwindigkeit bei ihrer Bewegung von der Mitte unseres Sternsystems, wo sie sich jetzt ungefähr befinden soll, nach aussen gleichmässig bis auf Null ab, so würde sie sich im gleichen Zeitraum (135 Mill. Jahre) von der genannten Mitte bis zu den äussersten wahrnehmbaren Sternen bewegen. In der Tat muss durch Gravitationswirkungen, die alle anderen Sonnen und alle übrigen kosmischen Massen des Sternsystems auf unsere Sonne ausüben, ihre Eigengeschwindigkeit verzögert werden, wenn sie sich vom Sternsystemzentrum nach aussen bewegt, sie muss beschleunigt werden, wenn sie gegen dieses Zentrum gezogen wird.

Nun kann sich aber unsere Sonne nicht dauernd geradlinig fortbewegen. Wenn nämlich Gravitationswirkungen die Ursache ihrer Bewegung sind, so müssen ja die ihr am nächsten befindlichen Sterne die grösste Wirkung auf sie haben. Stände unsere Sonne lange Zeit nur unter dem Einfluss eines einzigen, ihr am nächsten benachbarten Sternes, so müsste sie um ihn bzw. um den, beiden Weltkörpern gemeinsamen Schwerpunkt einen Kegelschnitt (Ellipse, Parabel, Hyperbel) beschreiben. Sicher ist also die Sonnenbahn eine gekrümmte Kurve, wahrscheinlich wird sich die Sonne in Jahrtausenden weithin durch das Sternsystem hindurchschlängeln. Kommt sie dabei den ihr jeweils am nächsten benachbarten Sternen, die ja auch alle, ähnlich wie sie, ihre Eigenbewegungen haben, nur wenig nahe, so wird ihre Bewegungsrichtung durch diese Nachbarsterne nur wenig geändert; kommt sie ihnen aber sehr nahe, so kann sie in beträchtlich andere Richtungen abgelenkt werden, um so mehr, je näher sie an denselben vorbeifährt und je grösser deren Massen sind. So könnten vielleicht Milliarden oder gar Billionen von Jahren verstreichen, bis unsere Sonne einmal zufällig gerade den äussersten Rand des ganzen Sternsystems erreichte.

Wenn unser Sternsystem endlich begrenzt ist, wenn es durch die Gravitationskräfte seiner eigenen Bestandteile aufeinander zusammengehalten wird, so müssen wir folgern, dass sich die grössten Massenansammlungen, teils als Sterne, teils als kosmische Nebel, als fein verteilte kosmische Meteoritenmassen, in der Nähe seines Zentrums befinden, dass an der Grenze des Sternsystems relativ nur noch spärliche Massen vorhanden sind. In Zeiträumen also, in denen sich unsere Sonne dem Sternsystemzentrum nahe befindet, wird sie mächtige kosmische Massen, Meteorite in ungeheurer Zahl zu sich heran und in sich hereinziehen; sie wird dadurch Energie ge-

nug aufnehmen, um entsprechend intensive Strahlungen verausgaben zu können. Der besonders grossen Sonnenstrahlung entsprechend wird unsere Erde in dieser Weltlage eine besonders grosse Wärmezufuhr erhalten, sie wird eine besonders heisse Periode durchmachen. In andern Zeiträumen aber, in denen sich unsere Sonne der Sternsystemgrenze nahe befindet, in denen sie wenig, zuletzt wohl fast gar keine kosmischen Massen mehr in sich hereinzuziehen vermag, wird sie sich abkühlen; sie kann sogar erkalten, jede Strahlung verlieren, und entsprechend wird auch unsere Erde eine Kälteperiode durchzumachen haben.

Indessen ist, wie bemerkt, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens namentlich dieser letztgenannten Kälteperiode ausserordentlich gering. Viel wahrscheinlicher ist das Hindurchfahren unserer Sonne, wie überhaupt irgend eines anderen Sterns oder Weltkörpers, durch einen der zahlreich vorhandenen kosmischen Nebel hindurch. Denn solcher kosmischen Nebel gibt es, wie durch die photographischen Durchmusterungen des ganzen Himmels (l. c. S. 495 ff.) festgestellt worden ist, eine ungeheure Anzahl, fast an jeder Stelle des Himmels hat man mehr oder weniger umfangreiche kosmische Nebel gefunden. Wenn daher unsere Sonne bei ihrem Sichhindurchschlängeln zwischen den andern Sternen einen solchen kosmischen Nebel durchzieht, so müssen entsprechende Veränderungen auf ihr und auf den sie begleitenden Planeten eintreten. Allerdings wissen wir nicht, woraus die kosmischen Nebel bestehen. Vielfach werden sie als schwach (etwa elektrisch) leuchtende, sehr verdünnte Gasmassen aufgefasst. Welches aber auch ihre Beschaffenheit sein mag, sicher werden solche Nebel die Strahlung der Sonne irgendwie beeinflussen, sei es durch Verstärkung, sei es, etwa vermöge der Absorption, durch Schwächung derselben. Bedenken wir, welche Ausdehnung die meisten kosmischen Nebel haben, die zu unserer Wahrnehmung gelangen, Ausdehnungen, die der Grössenordnung nach Hunderttausende von Jahren für das Hindurchfahren unserer Sonne durch den ganzen Nebel erfordern, so begreifen wir leicht, dass z. B. solche Absorptionswirkungen, wenn sie auch nur schwach wirkten, doch im Verlaufe so ungeheurer Zeiträume die Strahlung unserer Sonne und damit das irdische Klima ausserordentlich stark beeinflussen könnten.

Nach meiner Auffassung sind aber die kosmischen Nebel nicht etwa leuchtende stark verdünnte Gasmassen, die ihr Leuchten nur zu bald verlieren müssten, vermöge ihrer Lichtstrahlung, sondern sie sind Wolken kosmischen Staubs, Meteoritenwolken¹⁾, welche sich

¹⁾ L. Zehnder, Ewiger Kreislauf des Weltalls, Braunschweig 1914, S. 310.

in grosser Zahl im ganzen Sternsystem befinden, welche dieses mit gewissen Eigengeschwindigkeiten als Meteoritentriften durchziehen, ohne uns aber im allgemeinen sichtbar zu sein. Sie verdecken auch nicht die hinter ihnen befindlichen Sterne, weil ihre Meteorite viel zu klein sind, viel zu grosse Abstände von einander haben und sich viel zu schnell bewegen. Nur dann können sie uns sichtbar werden, wenn sie von einem sehr nahen hellen Stern genügend beleuchtet werden, oder wenn sie sehr erhitzt werden, dass sie selbst leuchten. Aber derartig erhitzte Meteorite haben ihre Strahlung auch sehr bald verausgabt, dann kehren sie wieder in ihren nichtstrahlenden Zustand zurück, sie werden wieder unsichtbar.

Solcher unsichtbarer kosmischer Nebel, Meteoritentriften, gibt es nun in unserem Sternsystem eine ungeheure Anzahl. Jede Trift hat, wie jeder Stern, ihre bestimmte Eigengeschwindigkeit, mit der sie sich durch das Sternsystem hindurchbewegt, aber diese Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung sind im allgemeinen für jede Trift verschieden. Bewegen sich nun an einer Stelle des Welt-raums zwei solche Meteoritentriften durcheinander hindurch, indem sie diese Stelle in wesentlich verschiedenen, teilweise in entgegengesetzten Richtungen durchfliegen, so stürzen dort zahlreiche Meteorite der beiden Triften zusammen. Dadurch werden sie für uns erst sichtbar.

Kometen, die unserer Sonne sehr nahe kommen, können bis auf Eigengeschwindigkeiten von etwa 600 km gebracht werden. Meteorite, die in unsere Erde stürzen, haben stets viel kleinere Geschwindigkeiten, immerhin noch solche von über 50 km in der Sekunde. Daneben erscheint die Eigengeschwindigkeit der Sonne selber, etwa 20 km, schon ziemlich klein. Stürzen aber, beim Hindurchfahren von Meteoritentriften durcheinander, die Meteorite auch nur mit Geschwindigkeiten von einigen 20 bis 50 km aufeinander, so erhitzen sie sich dabei doch — der mechanischen Wärmetheorie zufolge — gegenseitig bis zur hellsten Glut. Gase, die in ihnen okkludiert waren, werden frei, bilden Gashüllen um sie, brennbare Gase werden entzündet. Jedes Paar ineinander gestürzter Meteorite der beiden Triften strahlt also während einer gewissen, wenn auch nicht grossen Zeitdauer teils ein kontinuierliches Spektrum, teils ein Gasspektrum (Linien- oder Bandenspektrum) aus, teils wirkt es auf Licht anderer Meteoritenpaare, von dem seine Gashülle durchsetzt wird, absorbierend ein. So haben wir von verschiedenen ineinandergestürzten Meteoritenpaaren verschiedene Strahlungen zu erwarten. Jede solche Strahlung ist an sich nur von ziemlich beschränkter Zeitdauer, aber

Millionen, vielleicht Billionen von Meteoritenpaaren stürzen bei ausgedehnten Nebeln jeden Augenblick zusammen und Hunderttausende von Jahren mögen verstreichen, bis die grössten in unserem Sternsystem vorhandenen Meteoritentriften vollständig durcheinander hindurchgefahren sind. Dabei werden natürlich nur solche Meteoritenpaare besonders helleuchtend, die aus beiden Meteoritentriften stammen, mit andern Worten: die kleinere Trift bildet sich, soweit sie die grössere Trift durchsetzt, gewissermassen in ihr ab; nur so weit wird sie leuchtend. Würde also z. B. ein spiralförmig gebautes Meteoritensystem durch eine viel grössere Meteoritentrift sehr gleichmässiger Meteoritenverteilung hindurchfahren, so würde nur das Spiralsystem zum Leuchten gebracht, wir würden einen Spiralnebel sehen.

Fährt nun unsere Sonne bei ihrer Wanderung im Sternsystem durch eine solche unsichtbare oder sichtbare Meteoritentrift, durch einen kosmischen Nebel hindurch, so zieht sie in entsprechend verstärkter Masse kosmische Massen an sich heran, sie erhitzt sich durch die unmittelbar in sie hineingestürzten Meteorite, sie verdampft mindestens einen Teil der Massen der Meteorite, die nahe genug um sie herumfahren, die sich nachher in abgelenkten Richtungen wieder von ihr entfernen. So ändert sich also die Strahlung der Sonne durch Zeiträume hindurch, die nach tausenden, ja nach hunderttausenden von Jahren zählen können, je nach der Grösse der durchsetzten Meteoritentriften. Zu gewissen Zeiten während dieses Hindurchfahrens wird die Sonnenstrahlung verstärkt sein, sofern ihre Oberfläche durch die hineingestürzten Meteorite stärker erhitzt worden ist und eine Absorption nicht wesentlich schwächend wirkt; zu andern Zeiten wird aber die Wirkung der Absorption überwiegen. Hierdurch sind also die wechselnden Bedingungen gegeben, die, eingeschoben in die langdauernden Perioden langsamer stetiger Veränderungen unseres ganzen Sonnensystems, zu den grossen geologischen Umwälzungen geführt haben, wie sie als Eiszeiten und Sintfluten ihre Wirkungen auf die Erdoberfläche und auf alle Lebewesen ausgeübt haben. Jedes Hindurchfahren unserer Sonne durch eine mächtige Meteoritentrift hindurch verändert ausserdem dauernd ihre Masse, die Umlaufzeiten ihrer Begleiter und erhöht ihren Energieinhalt, so dass sie wieder Jahrtausende oder Jahrmillionen eine fast gleichbleibende Strahlung auszusenden vermag.
