

Kurschumlje, Gouvernementshaus .	335 v. Hahn.
Wasserscheide .	600
Murats Grab .	542
Priština, Stadt	577 v. Hahn

Die Abkühlungs-Geschichte der Erde in kurzen Umrissen.

Von Rudolf Falb.

Durch das Nachdenken über die Ursachen der sismischen und vulcanischen Thätigkeit der Erdoberfläche wurde ich, ohne es zu beabsichtigen, nothwendig auf die Entwicklungsgeschichte der Erde geleitet und gewarte im Studium derselben einen Umstand, der bisher noch von niemandem hervorgehoben worden war, mir aber dessen ungeachtet von großer Wichtigkeit schien und von bedeutendem Einfluss auf die ursprüngliche Gestaltung der Erdoberfläche. Ich habe die Resultate meiner Studien im Laufe der vergangenen Jahre veröffentlicht *). Hier möchte ich einen Auszug aus jenem Buche geben, der mir um so nothwendiger erscheint, als meine darin entwickelte Erdbebentheorie vielfach missverstanden wurde von solchen, denen das Werk selbst nicht zugänglich war. Eine gesunde Theorie der Erdbeben und vulcanischen Reactionen kann nicht abgerissen für sich allein dastehen; sie muss aus der Geschichte der Erde wie eine Folgerung aus den Prämissen hervorgehen. Folgende sind die Grundzüge dieser Geschichte, wie sie, — nach des Verfassers Ansicht, — von den gegenwärtig erkannten Thatsachen dictiert werden.

1. Die Bahnverhältnisse der Planeten und ihre Achsendrehung ließen schon früher den gemeinsamen Ursprung aller Planeten aus einem das ganze System erfüllenden gasförmigen Mutterkörper mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen. Die neuesten Resultate der Spectralanalyse bestätigen diese Annahme. Der Mutterkörper, als dessen innerster Kern die Sonne zu betrachten ist, musste durch Ballungsacte der Materie eine hohe Temperatur, durch Gravitationsdifferenzen eine Rotation erhalten, welche letztere sich in dem Maße beschleunigte, als sich der Gasball durch Abkühlung zusammenzog. Diese Geschwindigkeitszunahme bewirkte eine Verminderung der Gravitation und hiemit die allmälige Ablösung der einzelnen Planeten.

2. Daraus folgt, dass die Erde einst gleichfalls eine hohe Temperatur besaß und in flüssigem Zustande war. Letzteres wird ferner aus der Abplattung überhaupt und aus ihrem numerischen Werte insbesondere erwiesen.

*) „Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche.“ Graz 1869.

3. Die Abkühlung musste von außen nach Innen vor sich gehen und es ist anzunehmen, dass die Erde noch nicht gänzlich erstarrt sei, wofür die ausnahmslose Zunahme der Temperatur mit der Tiefe, die heißen Quellen und die vulcanischen Laven Zeugnisse liefern.

4. Es herrschen keine Sprünge im Aggregatzustande der Massen von außen nach innen. Alle einzelnen Schichten sind unter sich als solidarisch verbunden zu betrachten. Wäre dies nicht der Fall, so könnte in Folge der cosmischen auf den Aequatorialwulst ausgeübten Anziehungen die äußere Schale unmöglich stets die gleiche Lage in Bezug auf die innerste Masse und deren Rotationsebene beibehalten.

5. Diese feste Verbindung zwischen der abgekühlten Kruste und der inneren flüssigen Masse wird hergestellt und aufrecht erhalten durch den Druck der sich zusammenziehenden Kruste auf die innere Masse und durch den Gegendruck dieser letzteren in ihren Flutbestrebungen.

6. Je dünner die Erdrinde war, desto größer war die Beeinflussung derselben durch diese Flutung (Gezeiten) des flüssigen Innern. Dadurch wurde die Gleichmäßigkeit der Abkühlung gestört.

7. Die zuerst entstandene Kruste wurde theilweise wieder durchbrochen und eingeschmolzen. Die nicht eingeschmolzenen Theile derselben bildeten Abkühlungscentra und wurden zugleich dichter, daher fester als die später consolidierten Flächen. Sie konnten deshalb künftig weniger von der inneren flutenden Masse gehoben und durchbrochen werden und müssen so für alle kommenden Zeiten eine glatte Fläche bilden mit tieferem Niveau (Hartboden). Die Bestätigung finden wir in den Mareflächen des Mondes und im Meeresboden der Erde.

8. Dass diese Abkühlungsdifferenz eine so große Ausdehnung angenommen und in einem Contrastе beider Hemisphären sowol auf der Erde als auch auf dem Monde zur Erscheinung kommt, kann seinen Grund haben in einer vorwiegenden Ueberflutung der einen Hemisphäre. Diese wird in der That erzeugt durch die verschiedene Entfernung des Himmelskörpers von der Sonne innerhalb eines Umlaufes um dieselbe, sobald die flutende Masse durch ihre große Dichte auf dem ganzen Planeten in labilem Gleichgewichte ist. Daraus würde folgen, dass die Erstarrungsepoche der Mondoberfläche wenigstens um 10,000 Jahre von jener der Erdoberfläche entfernt sein müsse.

9. Durch die Abkühlung der äußeren Rinde entstehen — wegen der ungleichen Zusammenziehung der beiden Bodenarten — Spalten an den Grenzen der letzteren und zwar vornehmlich dort, wo diese Grenzen am schärfsten hervortreten, d. h. wo der Uebergang am schroffsten ist; und in minderm Grade dort, wo der Hartboden allmählich in das Weichland verläuft. Weil in der Periode der partiellen Erstarrung die Flut

eine theilweise Zurückdrängung der heißen Massen nach Westen und somit eine neue Ueberlagerung und Einschmelzung des zuerst erstarrten Hartbodens an seinem östlichen Rande bewirkte, so muss in diesen Regionen (Osten des Marebodens, Westen der Continente) der Uebergang am schroffsten hervortreten und daher die Spaltbildung besonders begünstigen. Bei dem bereits erstarrten Hartboden konnte die Flut keine Zurückdrängung seiner Massen nach Westen bewirken. Zu diesen Regionen (Westen des Marebodens, Osten der Continente) wird daher der ursprüngliche allmälige Uebergang des festen Bodens in den weichen ungestört aufrecht erhalten und vor größerer Spaltbildung bewahrt bleiben. Wol aber können durch den Seitendruck des Marebodens auf die Ostseite der Continente hier Faltungen der halberstarrten Kruste entstehen. Daraus erklärt sich der geographische und geologische Gegensatz in den West- und Ostküsten der Kontinente auf der Erde und (was den ersteren betrifft auch) auf dem Monde.

10. Die Abkühlungsthätigkeit selbst ist mit Gasentwickelungen verbunden, die sich in den späteren Perioden durch Eruptionen verrathen. Daher die Ringgebirge und Krater des Mondes und der Erde. Diese Gase waren ursprünglich höchst wahrscheinlich glühender Wasserstoff. Dafür sprechen die große Reflexionsfähigkeit aller jener Flächen auf dem Monde, welche der Einwirkung des Inneren vorzugsweise ausgesetzt waren, die Stralensysteme und die eruptiven Protuberanzen der Sonne.

11. Die fortgeschrittene Erstarrung hatte die Bildung von Spalten zur Folge, welche längs der Grenzen des Hartbodens und des Weichlandes entstanden, und woraus anfangs halberstarrte Massen durch den Druck des Hartbodens gehoben wurden. Dies bezeugen die mächtigen Gebirgsketten längs der Ränder der Mareflächen auf der Erde und auf dem Monde. In der letzten Erstarrungsperiode bei großer Trockenheit der Kruste werden solche Spalten offen bleiben; daher die Rillen des Mondes gleichfalls an den Rändern der Mareflächen und mit ihnen parallel.

12. Diese halberstarrte Ausfüllung der Spalten bot für eine lange Periode den Gaseruptionen den geringsten Widerstand und daraus erklären sich die Reihenvulcane am Rande der Mareflächen auf dem Monde und auf der Erde.

13. In späteren Perioden, als sich bereits die den Erdball einhüllenden Dämpfe auf die Oberfläche niederschlagen konnten, wurde die ganze Erde von einer mächtigen Wassermasse umgeben, deren hohe Temperatur kräftig zersetzend auf die älteste Rinde sowol als auch auf die noch immer zahlreich erumpierenden Massen einwirkte.

14. Die aus diesem, noch für kein organisches Wesen bewohnbarem Wasser sich niederschlagenden Sedimente mussten, da die Abküh-

lungszustände der einzelnen Krustenregionen schon sehr verschieden waren (7), innerhalb gewisser Grenzen verschiedene Perioden repräsentieren.

15. Diese Sedimente wurden jedoch, bei der geringen Dicke und Stabilität der Kruste, oft wieder von flutenden heißen Massen überlagert und durch den Druck und die Temperatur derselben umgewandelt. Diese bald wieder abkühlenden Ueberlagerungen hatten nun ihrerseits gleichfalls die zersetzende Wirkung des Wassers zu erfahren und es ward hiemit ein Cyklus von sich wiederholenden Processen eingeleitet, der erst mit dem Bewohnbarwerden des Wassers in ein neues Stadium trat.

16. Die ursprünglich beträchtliche und die ganze Oberfläche bedeckende Wassermasse war in steter Verminderung begriffen durch die Verbindungen, welche das Wasser mit der abgekühlten Masse eingieng. Dadurch sowol, als durch theilweise langsame Hebungen der Weichlande wurden diese letzteren allmählich bloßgelegt. Das Wasser sammelte sich auf ihnen in zahlreichen seichten Becken (Ebenen) von größerer oder geringerer Ausdehnung. Wegen der damaligen Unbeständigkeit des Bodens wurden jedoch die relativen Niveauverhältnisse der einzelnen Becken untereinander häufig verändert. Die Senkung der Kruste zufolge der Abkühlung gieng nicht in allen Theilen gleichmäßig, sondern nur partienweise von Statten und deshalb wurde jede Partial-Region in manigfaltigen Wiederholungen abwechselnd vom Wasser überflutet und bloßgelegt, je nachdem sie selbst oder ein Nachbargebiet sank. Daraus erklärt sich das locale Auftreten sedimentärer Schichten in verschiedenen Perioden. Diese Vorgänge ereigneten sich aber nur auf dem Boden der jetzigen Continente. Der Meeresboden (Hartboden) blieb wegen seines constant tiefsten Niveaus stets vollständig vom Wasser bedeckt. Die Wasserverminderung aber dauert ununterbrochen fort, bis auch der letzte Wasserrest, mitten im Senkungsgebiete des stillen Oceans, gänzlich verschwindet.

17. Mit der zunehmenden Dicke der Kruste nehmen die Veränderungen der Erdoberfläche durch Einwirkung des Inneren allmählich ab. Die Gas- und Dampfbildung geht aus größerer Tiefe und kleineren Oeffnungen in Eruption über und es wird diese Communication mit der Atmosphäre nur mehr dort möglich, wo eine mit dem Inneren in Verbindung stehende Spalte oder ein solches Becken nahe an der Oberfläche liegt. Daraus erklärt sich die Größenabnahme der Krater nach ihrem relativen Alter auf der Erde und auf dem Monde.

18. An die Stelle der inneren Masse tritt nun das Wasser als Agens der äußeren Veränderungen auf. Doch sind seine Wirkungen von sanftem Character und auch die Dauer derselben dürfte mit der Dauer des ursprünglichen Abkühlungsprocesses und der späteren Durchbrechungsperiode der äußeren Rinde schwerlich einen Vergleich aushalten können.

Von dem Wasser, das in die Tiefen dringt, kommt stets nur ein Theil wieder an die Oberfläche und bringt Bestandtheile der unteren löslichen Schichten in aufgelöstem Zustande herauf. Diese Thätigkeit läuft daher auf eine theilweise Untergrabung der obersten Schichten hinaus, woraus für die ganze Erdoberfläche eine langsame, allmälische Senkung der Kruste, für einzelne Regionen kleine, partielle Einstürze äußerer oder innerer Schichten entstehen. Doch können letztere immer nur sanfte, allmälisch abnehmende Schwingungen der überlagernden Schichten, aber niemals jene Erscheinungen erzeugen, welche dem Phänomene der sogenannten Erdbeben eigentümlich sind. Katastrophen sind auf diesem Wege nur dann möglich, wenn der Einsturz äußerlich ist. Mögen die Erbeben was immer für eine Ursache haben: die dadurch entstehende mechanische Erschütterung wird, wo Hohlräume sind, Senkungen immer mit sich bringen. Würden diese aber Folge und Ursache zugleich sein, so müssten sie wol viel häufiger zu Tage treten.

19. Gegenwärtig dürfte die Dicke der Erdkruste eine nicht unbedeutende Größe erreicht haben. Bei der Existenz vieler Hohlräume und Spaltensysteme und bei dem hohen Druck an der Oberfläche der flüssigen Masse, — welcher Druck ja desto stärker wird, je tiefer diese Oberfläche zu liegen kommt, — ist eine fortdauernde Communication der flüssigen Masse mit der Erdoberfläche leicht denkbar.

20. Die Hebung dieser Masse in die Spalten und ihre Ablagerung in höheren Becken wird eingeleitet theils durch den Druck der äußeren Kruste, theils durch die inneren, cosmischen Fluten. Die gehobene und in einem Becken noch unter der Oberfläche abgelagerte heiße Masse beginnt in Folge des nun bedeutend herabgesunkenen Druckes und der niedrigeren Temperatur der Umgebung einen raschen Abkühlungsprocess, welcher mit Gas- und Dampfbildung, daher mit Explosionen und Eruptionen verbunden sein muss. (Prof. v. Hochstetters Experiment.) Aus diesem Prozesse erklären sich die Vulcane der Gegenwart und (nach 11 und 12) auch ihre Vertheilung längs der Küste des Meeres. Hiebei wird vorausgesetzt, dass die obersten Schichten der flüssigen Masse Wasser chemisch gebunden enthalten, und das Vorhandensein von Wasser in den Spalten und Becken nicht als wesentlich nothwendig angenommen. Wo es sich findet, da werden diese Prozesse allerdings heftiger auftreten. Allein darin liegt nicht das Wesen des Vulcanismus. Bei der Erklärung der vulcanischen Thätigkeit hat man zu unterscheiden zwischen der Kraft, welche die Lava hebt und der Kraft, welche die darüber gelagerten Stoffe (Gesteine, erhärtete Lava, Asche, Wasser) auswirft. Das Wesentliche bleibt die Hebung der Lava, die, wenigstens aus dem Hauptkrater, nicht geschleudert wird, sondern einfach über den Rand desselben abfließt. Was durch das

Zusammentreffen der gehobenen Lava mit Wasser erzeugt wird, sind, wissenschaftlich gesprochen, secundäre Erseheinungen.

21. Diese Verbindung eines Beckens mit dem Inneren kann durch Massenverschiebung (Verstopfung) auf längere Perioden theilweise oder gänzlich unterbrochen werden. Dann wird der Vulcan über dem Becken oder der Spalte eine Periode der Ruhe zeigen. Gelingt es dem Drucke der inneren Massen, welcher zur Zeit gewisser Hochfluten bedeutend zunimmt, die Verstopfung zu beseitigen, so wird neuerdings heißflüssige Masse eindringen und den (in 19) genannten Process durchmachen. Dieser wird namentlich im Beginn desto heftiger auftreten, je größer die Massen waren, welche der innere Druck zu überwinden hatte. Beispiele davon liefert die alte Geschichte des Vesuv und die mit den Hochfluten zunehmende Thätigkeit der Vulcane überhaupt.

22. In solchen Spalten oder Becken, die nicht durch Vulcane mit der Atmosphäre communicieren, sondern von dieser bereits gänzlich abgeschlossen sind, oder niemals so hoch hinaufreichten, dass ein Durchbruch möglich war, wird der Abkühlungsprocess der eingedrungenen Masse nur mittelbar durch mehr oder minder heftige Erschütterungen der überlagernden Kruste, durch sogenannte Erdbeben, wargenommen werden.

23. Hiebei sind zwei Fälle möglich: entweder kann bei plötzlicher Oeffnung einer verstopften Spaltenmündung (durch den Stoß der rasch eindringenden Masse auf die Oberfläche) unmittelbar eine Erschütterung herbeigeführt werden (primäre Beben). Der Charakter dieser Erschütterung wird besonders heftig und mit mannigfaltigen Dislocationen verbunden sein. Solche Beben sind nur in den dünnsten Regionen der Kruste möglich und es erklären sich daraus die heftigsten und verderblichsten Erschütterungen in der heißen Zone. Oder es werden durch den Abkühlungsprocess der im Becken abgelagerten Masse Explosionen hervorgerufen, deren Wirkung gleichfalls auf eine Erschütterung des überlagernden Bodens hinausläuft (secundäre Beben).

24. Der letztere Fall dürfte bei weitem am häufigsten auftreten und er ist der einzig mögliche in den nördlichen Zonen, wo die inneren Flutungen viel geringer und demnach die Spalten und Becken, bis zu welchen die flüssige Masse noch einzudringen vermag, von der Erdoberfläche viel weiter entfernt sind.

25. Die beim unterirdischen Abkühlungsprocess entstehenden Dampf- wolken erregen, analog den Wolken über einem Vulcane, electriche Prozesse, welche sich während heftiger Erdbeben sogar durch Lichterscheinungen in der Atmosphäre bemerkbar machen können.

26. Nicht zu verwechseln mit diesen Erscheinungen ist das Auftreten großer, weithin sichtbarer Nordlichter. gleichfalls zu den Zeiten

großer Flutperioden *) und daher oft gleichzeitig mit heftigen Erdbeben. Hier kommen nicht locale electriche Processe ins Spiel, sondern der Erdmagnetismus, welcher durch den Druck der inneren Fluten eine Störung zu erleiden scheint. Darauf beziehe ich auch die telegraphischen Störungen während großer Erdbeben und die magnetischen Störungen zur Zeit totaler Sonnenfinsternisse.

27. So lässt sich der Einfluss von Sonne und Mond auf die Erdbeben und vulcanischen Ausbrüche noch bei großer Dicke der Erdkruste aufrecht erhalten und es wird durch die vorstehenden Entwicklungen eine vollständige Harmonie zwischen der Theorie und den Beobachtungen hergestellt. Die Theorie des Einflusses jener Gestirne ergibt als die Zeit, wo die innere Flut am stärksten ist, jene Tage, in welchen folgende Umstände zusammentreffen:

- a) Neu- oder Vollmond.
- b) Größte Nähe des Mondes an der Erde (Perigäum).
- c) Stellung des Mondes im Aequator.
- d) Gleiche Declination von Sonne und Mond.
- e) Größte Sonnennähe der Erde (Januar) oder Stellung der Sonne im Aequator. (März oder September.)

Beim Zusammentreffen von *a* und *d* entstehen Finsternisse.

28. Den verschiedenen Combinationen dieser fünf Factoren entsprechend, muss die innere Flut, d. h. der Druck, welchen die Masse auf die äußere Kruste ausübt, eine verschiedene Stärke erreichen. Im Laufe eines Jahres haben mehrere Maxima stattgefunden; aber diese Höhenpunkte sind in den verschiedenen Jahren sehr ungleich. Kleinere Schwankungen finden regelmäßig in monatlichen und vierzehntägigen Perioden statt. Die kleinsten Perioden endlich sind die von 24 und 12 Stunden.

29. Diesen theoretischen Flutperioden analog zeigen sich in der That auch die Reactionen des Erdinneren gegen die Oberfläche periodisch. Allerdings wird, wenn es sich nur um einen einzelnen Punkt der Oberfläche handelt, manche Epoche ausfallen, weil ja die communicierenden Canäle nicht immer offen stehen. Namentlich wird die tägliche Periode hier, wo es sich nicht um directe, sondern nur um mittelbare Wirkungen der

*) Ich möchte hier die Aufmerksamkeit der Meteorologen auf das Nordlicht vom 4. Februar d. J. lenken, wobei ich mich auf die Anschauungen berufe, welche ich gelegentlich des Nordlichtes vom 24. und 25. October 1870 in der „Neuen freien Presse“ (29. October 1870) geäußert. Ich hatte, als ich jene Gedanken niederschrieb, keine Ahnung, dass die Natur ihnen in demselben Augenblicke die Bestätigung gab: am 25. October während des zweiten Nordlichtes erfolgte die Zerstörung von Amphissa.

Flut handelt, kaum mehr in Betracht kommen können. Allein, sobald die Hauptperioden und die Gesamthätigkeit der Kruste — wenn auch nur soweit sie unseren Forschungen zugänglich ist —, in Untersuchung gezogen werden, danntritt die entsprechende Periodicität unverkennbar heraus.

30. Bei der Erforschung dieses periodischen Parallelismus dürfen jedoch anerkannte Naturgesetze nicht außer Acht gelassen werden. Durch die Trägheit der Materie und nach dem Principe der Verspätung der Maxima wird die höchste Wirkung nicht gleichzeitig mit dem theoretischen Maximum der Ursache erreicht, sondern es tritt eine Verspätung ein. So kann die Thätigkeit des Vulcanismus erst bei dem nächsten vierzehntägigen oder monatlichen Maximum eintreten. Dies wird auch dann der Fall sein, wenn die eigentliche Hochflut den Schlott noch nicht vollständig zu öffnen vermochte und erst die nachkommende schwächere die begonnene Arbeit vollendet. Der Tag der Reaction wird demnach im allgemeinen stets auf einen Neu- oder Vollmond fallen. Im besonderen jedoch tritt auch hier den genannten Gesetzen zu Folge eine Verspätung von einem oder mehreren Tagen ein. Je stärker die Flut ist, desto geringer ist diese Verspätung; ja sie muss sogar bei außerordentlich starken Fluten in eine Verfrühung übergehen. Denn in solchen Fällen wird der zum Einbruch der heißen Massen in die Canäle erforderliche Druck schon früher erreicht, und zur Zeit des theoretischen Maximums bedeutend überschritten. Die Erschütterungen beginnen mit dem Einbruch der heißen Massen, also vor dem theoretischen Maximum. Sie können nun mehrere Tage fortauern; häufig aber wird zur Zeit des theoretischen Hochdruckes oder etwas später eine kurze Pause eintreten, weil die den Schlott vollständig ausfüllende Masse durch zu starkem Druck im Abkühlungsprocesse gestört wird. In solchen Fällen werden sich die stärksten Beben einige Tage vor dem Neu- oder Vollmonde zeigen, worauf am Tage des Syzigiums oder an den darauf folgenden eine Verminderung eintritt. Die klare theoretische Erfassung dieses Umstandes veranlasste mich im Jahre 1869 nicht den 5. October (den Tag des theoretischen Maximums), sondern den 1. October als den Tag des Erdbebenausbruches zu bezeichnen, welcher Calcul durch das Wirken der Natur an eben diesem Tage vollständig bestätigt wurde.

Bücher und Karten

welche theils als Geschenk, theils im Wege des Schriftentausches an die k. k. geographische Gesellschaft gelangt sind.

Vom 16. December 1871 bis Ende Februar 1872.

Die mit *) bezeichneten sind Geschenke von Verfassern oder Verlegern.

Aarau. Argovia, Jahresschrift der historischen Gesellschaft des Kantons Aargau. VI. und VII. Band. 1871.