

Geologie, Kapitel 2 –Sonnensystem, Planeten und Erde

1) Wie entstand das Sonnensystem?

Bekannt ist die Nebular-Hypothese: Unsere Sonne, unsere Planeten und viele andere, wenn nicht alle Sonnensysteme sind aus sogenannten Nebulae, Wolken aus Gasen und Staub entstanden. Zu den Gasen zählen vor allem **H und He** (jene Gase, aus denen fast die gesamte Sonnenmasse besteht). Weitere „Ur-Gase“ waren Sauerstoff, Ammoniak und Methan. (**HHeONH₃CH₄**). Der Staub hatte die ungefähre Zusammensetzung unserer Erde, siehe Kap.1: **FeOSiMg NiSCaAl**. Durch Kontraktion von Masse, erhitze sich der Nebel und die Nebelwolke begann schneller zu rotieren. Durch weitere Kontraktion kam es zu Bildung der Planeten. Noch heute rätselt man, wie sich die Klumpen unter der Gravitation zusammenfügten, da in der Entstehungsphase der Planeten diese noch zu klein ist, um Materie zusammenzuhalten. Die äußeren Planeten bestehen aus Gasen, die inneren 4 konnten durch die Akkretion von Planetesimalen zu größeren Planeten zusammenwachsen. Durch die Konzentration der Materie begann sich die Nebelwolke abzufachen und begann schneller zu rotieren.

2) Beschreiben Sie kurz, wie die Sonne entstand!

Der Vorläufer der Sonne war ein sogenannter Protostern. Durch Massenanziehung stürzte immer mehr Materie ins Zentrum und der Protostern begann sich unter seinem eigenen Druck aufzuheizen. Als eine T von $1 \cdot 10^6$ erreicht war, begann die Kernfusion von H+H zu He, wobei die freiwerdende Energie in Form von Wärme spürbar und von Form von Licht sichtbar ist.

3) Wie entstanden die Planeten?

Durch die kälteren Temperaturen in weiter entfernten Regionen von der Sonne, kam es zur Kondensation der Gase, die vom Sonnenwind in diese entfernten Regionen geweht wurden. Die 4 inneren Planeten entstanden in den heißen Regionen des Sonnensystems, in dem Gase, falls vorhanden, nicht kondensieren konnten. Durch ca. 1 km große Gesteinsbruchstücke bildeten sich durch Kollision und Anziehung die inneren Planeten. Vor allem dichte Materie, wie Eisen und Nickel, verblieben in diesen heißen Regionen. Aus Eisen und Nickel besteht auch der Erdkern.

4) In welchem Zeitraum entwickelten sich die inneren Planeten?

Von der Phase der ersten Zusammenstöße von Gesteinsbruchstücken bis zu den Planeten, vergingen ca. **10 Millionen Jahre** – vergleichsweise ein schneller Vorgang!

5) Besitzen die Gasplaneten keine feste Materie?

Sie besitzen feste Kerne aus Gesteinen und Metallen, sonst bestehen sie jedoch überwiegend aus H, He, also ähnlich wie die Sonne, und anderen Gasen.

6) Nennen Sie alle Planeten, beginnend mit dem sonnennächsten!

Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, Pluto

7) Welche dieser Planeten sind Gasplaneten – und warum?

Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun. Während der Entstehung des Sonnensystems wehte der Sonnenwind leichte Materie, wie Gase, in die Randbereiche des Systems. Schwere Materie konnte nicht vom Sonnenwind verweht werden. Sie formte die inneren 4 erdähnlichen Planeten.

8) Was sind Planetesimale?

Kleine Brocken aus verfestigter Materie im Sonnensystem. Unter dem Einfluss der Gravitation formten Sie durch Kollision die inneren 4 erdähnlichen Planeten.

9) Was ist der Asteroidengürtel und wo liegt er? Wie viele Asteroiden gibt es?

Der A-Gürtel ist ein Bereich zwischen Mars und Jupiter, in dem sich ca. 400.000 kleine Planetesimale aufhalten, meistens nur wenige 100 Meter groß. Kollidieren diese, können sie in das Innere des Sonnensystems gelangen und der Erde als Asteroiden gefährlich werden. Die Gesamtmasse aller dort

schwebenden Asteroiden beträgt 1/5 der Erdmondmasse. Die meisten Bruchstücke haben eine Größe von einigen 100 Metern, Ceres, ein Kleinplanet im Gürtel, ist mit einem Durchmesser von 945 km das größte bis jetzt bekannte Objekt.

Es gibt ca. 300 Asteroiden mit Durchmessern von über 100 km, und weit über 10.000 mit Durchmessern von 10 km!

10) Was sind der Kuipergürtel und die Oortsche Wolke? Wie viele Kometen gibt es?

Der K-Gürtel ist eine Region jenseits der Neptunbahn, in dem sich ca. 70.000 Brocken, die je einen Durchmesser von 100 - mehreren 100 km haben, aufhalten. Unsere Kometen, wie Hale Bobb 1997, stammen häufig aus dem Kuipergürtel. Für die kurzperiodischen Kometen aus dem Kuipergürtel vermutet man Kollisionen, wodurch Bruchstücke ins Innere des Sonnensystems gelangen und in Sonnennähe den bekannten Kometenschweif bilden. Der Streuprozess langperiodischer Kometen ist noch nicht bekannt, es wird allerdings häufig der Einfluss vorbeiziehender Sterne oder noch nicht entdeckte Planeten (Planet X) beziehungsweise ein noch unbekannter Begleitstern der Sonne (Nemesis) als Ursache genannt.

Die Oortsche Wolke ist ein Bereich um das Sonnensystem, mit einer geschätzten Ausdehnung bis 1,6 Lichtjahre von der Sonne entfernt. (Nächster Nachbarstern: 4,2 Lichtjahre Entfernung). Aus ihr kommen durch Änderungen der interstellaren Gravitation, ausgelöst ua. durch andere Sternbewegungen, langperiodische Kometen in das Innere des Sonnensystems. Schätzungen der Anzahl der Objekte liegen zwischen 100 Milliarden und einer Billion. Es gibt viele Millionen Objekte von mehr als 10 km Größe. Vermutlich geht die Oortsche Wolke kontinuierlich in den Kuipergürtel über.

11) Warum sind Kometen für die Geologie von Interesse?

Sie enthalten größere Mengen der einst flüchtigen Komponenten wie Wasser oder kohlenstoffreiche Verbindungen des solaren Urnebels.

12) Wie entstand die Erde mit Ihrem Schalenbau?

Prinzip der Differentiation: Eine Umwandlung aus einem willkürlichen Gemisch aus Materiekümpfen zu einem Schalenkörper. Durch die große Hitze kam es zur Verflüssigung des Inneren. Schwere Elemente sanken dabei zum Mittelpunkt ab (Eisen, Nickel), leichtere bildeten den Erdmantel und die Kruste.

13) Wie lange dauerte die Differentiation? Gab es sie auch bei anderen Planeten?

Nur **200 Millionen** Jahre. Die Erde und das Sonnensystem begannen sich vor 4,6 Milliarden Jahren zu formen, und vor 4,4 Milliarden Jahren gab es die Erde mit ihrer Schalenform. Vor 4,4 Milliarden Jahren liefen wohl auch schon die uns heute bekannten Prozesse im Erdinneren ab, auch gab es schon Ozeane und die Erdkruste.

Alle erdähnlichen Planeten unterlagen der Differentiation.

14) Beschreiben Sie die chem. Zusammensetzung der Schalen!

Erdkruste: Sauerstoff, Silicium, Aluminium, Eisen, Magnesium, Calcium, andere

Erdmantel: Sauerstoff, Silicium, Aluminium, Eisen, Magnesium, Calcium

Äußerer Erdkern: Eisen, Nickel, Schwefel, Sauerstoff (flüssig, weniger Druck)

Innerer Erdkern: Eisen, Nickel (fest, extremer Druck)

15) Welche 4 häufigsten Elemente finden wir im Mantel / Kruste? Prozentangaben!

Kruste: O 46%, Si 28%, Al 8% Fe 6% (OSiAlFe)

Mantel: O 44%, Mg 22,8%, Si 21%, Fe 6,3% (OMgSiFe)

16) Wie und wann entstand der Mond?

Zusammenprall vor 4,527 Milliarden Jahren, 30-50 Millionen Jahre nach der Entstehung des Sonnensystems, mit einem Protoplaneten von der Größe des Marses. Dabei wurde so viel Energie

freigesetzt, dass der äußere Bereich der Erde völlig aufschmolz und sich ein weltweiter Magmaozean bildete. Zudem kippte die Erdachse auf 23,5 Grad und die Erdrotation beschleunigte sich. Ins All gesprengte Gesteine formten den Mond, der die Erdachse und somit unser Klima seit her stabilisiert. Bereits 100 Millionen Jahre nach dem Aufprall, hatte sich wieder eine Kruste gebildet. Das belegen Steine, die 4,4 Milliarden Jahre alt sind.

17) Welche Silicate finden wir vorzugsweise in der Erdkruste?

In der frühen Erdgeschichte bildete sich die kontinentale Kruste aus Silicaten mit vergleichsweise geringer Dichte, die einen niedrigen Schmelzpunkt aufweisen und im Wesentlichen zur Gruppe der **felsischen Minerale** (feldspat- und silicatreich) gehören (hoher Gehalt von Na & K). Durch ihren hohen Silicatgehalt, werden sie auch helle Minerale bezeichnet.

18) Aus welchen Silicaten besteht der Erdmantel?

Aus ultrabasischen Silicaten (SiO₂-Gehalt unter 45 Volumenprozent), die **höhere Fe & Mg**-Werte aufweisen als die Erdkruste.

19) Wie entstanden erste Ozeane und die Atmosphäre?

Nachdem sich vor 4,4 Milliarden Jahren wieder eine Kruste gebildet hatte, konnten effluente (ausströmende) Gase aus dem Erdinneren entweichen. Aus diesen Gasen stammte der größte Teil der Ozeane und der Atmosphäre. Selbst heute werden mit Vulkanen noch Gase des solaren Urnebels freigesetzt! Ebenso soll extraterrestrisches Wasser mit Kometen auf die Erde gekommen sein. Ebenso gibt es Theorien, dass selbst die Planetesimale Wasser und andere Gase enthielten. All diese Gase waren lange Zeit in den Mineralen gebunden und kamen durch Vulkanismus an die Oberfläche – Stichwort: Klima-Vulkan-Wechselwirkungen.

20) Welche Hauptgase geben Vulkane ab?

Wasserstoff (nahezu komplett ins All verflüchtigt), CO₂, Stickstoff, Wasserdampf und einige andere Gase .

21) Woher stammt der Sauerstoff in der Ur-Atmosphäre?

Dieser kam erst mit dem Leben und den sauerstoffproduzierenden Organismen in die Atmosphäre. Aber: Vom gesamten gebildeten Sauerstoff, gibt es heute nur noch 5 %. Der Rest fiel der Oxidation von Schwefel und Eisen zum Opfer.

22) Welche Planeten im Sonnensystem haben junge bzw. alte Oberflächen und woran erkennt man es?

Venus und Erde: Junge Oberflächen, kaum Krater

Merkur, Mars und Mond: Alte Oberflächen, viele Krater

23) Gibt es sonst wo im All Planeten, die die Grundlage für Leben bieten?

Ja. Ausgehend von unseren biologischen Kenntnissen, müsste auch exoplanetares Leben auf Kohlenstoff basieren und würde das Vorhandensein von Wasser erfordern. Milde Temperaturen, eine Atmosphäre, die die schädliche Strahlung des Zentralgestirns abschirmt, wäre ebenso zwingend erforderlich. Dazu muss die Masse des Planeten so groß sein, dass sie die Atmosphäre überhaupt halten kann. Bei Milliarden sonnenähnlicher Sterne allein in unsere Galaxie, dürften solche Bedingungen in unserer kosmischen Nachbarschaft gehäuft vorkommen.

Neuste Forschung auf dem Gebiet der Exobiologie zeigt, dass Kohlenstoff nicht zwingend für die Entstehung von Leben erforderlich ist. Somit eröffnen sich völlig neue Dimensionen, was die Häufigkeit und Vielfalt von Leben im Kosmos anbelangt.

24) Was sind Exoplaneten?

Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Es gibt sehr viele davon, die indirekt durch Taumelbewegungen ihrer Sonnen und im variierenden Lichtspektrum nachgewiesen werden konnten. Die Zahl der neuen Entdeckungen wächst täglich.

25) Was ist das Cassini-Projekt?

Raumsonde, die zum Saturn geschickt wurde und dort seine Ringe untersuchen soll. Diese bestehen aus unzähligen kleinen Brocken von Eis und Gesteinsklumpen, von wenigen Millimetern bis hin zu mehreren Metern. Die Ringe umkreisen den Saturn in unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

Der Saturn hat zudem 18 Monde: Ua: Mond Titan: Mond mit Atmosphäre, Entwässerungsnetzen und Vulkanen wie auf dem Mars. Auf dem Landeplatz des Robotest gab es Gesteine aus Methaneis und andere organische Verbindungen. Titan ist eingehüllt in einer dichten, smogartigen Hülle, die ähnlich der Erde vor der Entstehung des Lebens war. Weitere Untersuchungen des Mondes versprechen weitere Kenntnisse über die Entstehung der Planeten und über die ersten Tage der Erde.

26) Planeten im Fokus:

Merkur

- Tagesamplitude: -180 bis 470 Grad
- Keine Erosion, da es kein Wasser oder Wind gibt
- Nur eine sehr dünne Atmosphäre aus He
- Oberfläche übersät mit Kratern
- Kern aus Fe, Ni, macht 70 % seiner Masse aus
- Oberfläche ähnelt dem Mond
- ältester aller terrestrischen Planeten
- keine Tektonik
- zwischen den größten alten Kratern gibt es Tiefländer, man vermutet vulkanische Entstehung

Venus

- wird Planet der Hölle genannt
- umgeben von einer giftigen, 475°C heißen Atmosphäre
- Atmosphäre besteht aus CO_2 und giftigen Schwefelsäuretröpfchen
- 85% der Oberfläche ist Lava, der Rest gebirgig
- Menschen würden von der Hitze gegart, vom Druck zerquetscht und vom Gift zerfressen werden
- ca. erdähnliche Größe, erdähnlicher Kern
- erst 1990 konnte eine Raumsonde mit Radarwellen die Topographie der V. näher beleuchten
- V. weist wenig sichtbare Krater, obwohl sie viele haben müsste: Zeichen für geologische Aktivität in jüngerer Vergangenheit
- kaum Niederschläge, kaum Erosion
- kleine und große Vulkane: 100m Höhe und Durchmesser von 5km, 8km Höhe und Durchmesser von 500 km!
- viele Reliefformen nur durch verbreiteten Vulkanismus erklärbar
- Planet vieler Coronae: dohmähnliche Aufwölbungen durch aufsteigendes Magma, dann beim Absinken ringförmige Grabenstrukturen, gibt es nur auf der Venus.
- Schuppentektonik: V. hat nur dünne Kruste und überall Mantelkonvektionsströme, die schnell Gebirge, Vulkanismus, Faltung und Bruch erzeugen können

Mars

- vor 3,5 Milliarden Jahren gab es dort reichlich Wasser im flüssigen Zustand!
- erheblich kleiner als die Erde
- ähnliche geologische Prozesse durchlaufen wie die Erde
- CO_2 -Atmosphäre mit schweren Staubstürmen und Orkanen
- Kern außen flüssig, innen fest
- größte Teil der Oberfläche älter als 3 Milliarden Jahre: Vgl. Erde: Älteste sichtbare Gebirge: 500 Millionen Jahre alt, ältere wurden durch Tektonik und Klima erodiert
- Oberfläche aus Basalten und Andesiten
- basaltische Brekzien stammen von den mit Kratern übersäten Hochgebieten
- noch heute sichtbare Spuren flüssigen Wassers in Rinnen, Rillen, Seen und Meeren

- Bei der Verdunstung von Wasser entstanden mächtige Gipslager durch Sulfatminerale
- Sedimentation wie auf der Erde
- Eiszeiten wie auf der Erde: Gletschererosion und Formen
- Mikrobiologischen Leben vermutet man unter den Lockersedimenten im gefrorenen Wasser von den mittleren Breiten bis zu den Polen
- Größter Berg & Vulkan der Sonnensystems auf dem Mars: Mount Olympus: 25km hoch, 550 km im Durchmesser und begrenzt durch eine 7km hohe Steilwand
- Ebenso tiefste Grabenstruktur des SS: Canyon, 7km tief, 4000km lang
- seine jüngeren Tiefländer sind wie beim Mond, Merkur, und der Venus kaum von Kratern bedeckt und bestehen aus Staubsedimenten und Lavaergüssen
- Eisenoxidminerale wie Hämatit färben den Mars rot

Mond

- kein Wasser, da flüchtige Gase bei seiner Entstehung verloren gingen (zu heiß)
- keine Atmosphäre
- leichter als die Erde, da bei der Kollision mit einem Protoplaneten die schweren zersprengten Teile auf die Erde zurückfielen
- tektonisch inaktiv
- ggf. gefrorenes Wasser an der von der Sonne abgeneigten Kraterwänden
- Hochländer sind älter als die Meere (Maria)
- Maria: 4,0 bis 3,2 Milliarden Jahre alt (jüngere Meteoritenschauer ließen große Meteoriten einschlagen, Gestein schmelzen und als Lava über weite Gebiete über den Mond fließen. Bis heute nur noch wenige Einschläge, daher ist das Relief der Maria homogen

Jupiter, Saturn Uranus, Neptun

- weitestgehend unerforscht
- bestehen überwiegend aus Gasen
- z.T. feste Kerne aus silicatischen und eisenreichen Gesteinen
- Kerne umgeben von flüssigem H und He

Pluto

seltsam gefrorene Mischung aus Eis, Gas und Gesteinen

- liegt in dem aus Eisklumpen bestehenden Kuipergürtel, dem Herkunftsgebiet vieler Kometen
- möglicherweise noch mehr Planeten wie Pluto in dieser Region, die auch größer als er sein können

Erde

- belebter Planet
- Kraterspuren weitestgehend verwischt, außer auf Kontinenten oder im Untergrund
- Impactereignisse, wie vor 65 Millionen Jahren, haben die Evolution zugunsten der Säugetiere gekippt. Damit verbunden war ein Massensterben, das bis 75% aller Arten auslöschte.
- Derzeit prasseln 40.000 Tonnen Staub aus dem Weltall auf die Erde / Jahr
- Alle paar Millionen Jahre kollidiert ein Meteorit von 1 bis 2 km Durchmesser mit der Erde
- März 2880: Hohe Wahrscheinlichkeit für ein Impactereignis mit der Erde und einem 1km großen Meteoriten
- 13. April 2029: Asteroid Apophis rast an der Erde in nur 30.000 km Entfernung vorbei, das entspricht nur 1/10 der Distanz Erde – Mond. Im darauffolgenden Jahrzehnt besucht uns Apophis erneut, uu. noch näher als 2029! Genaue Prognosen sind jedoch erst nach dem ersten knappen Vorbeiflug 2029 möglich.