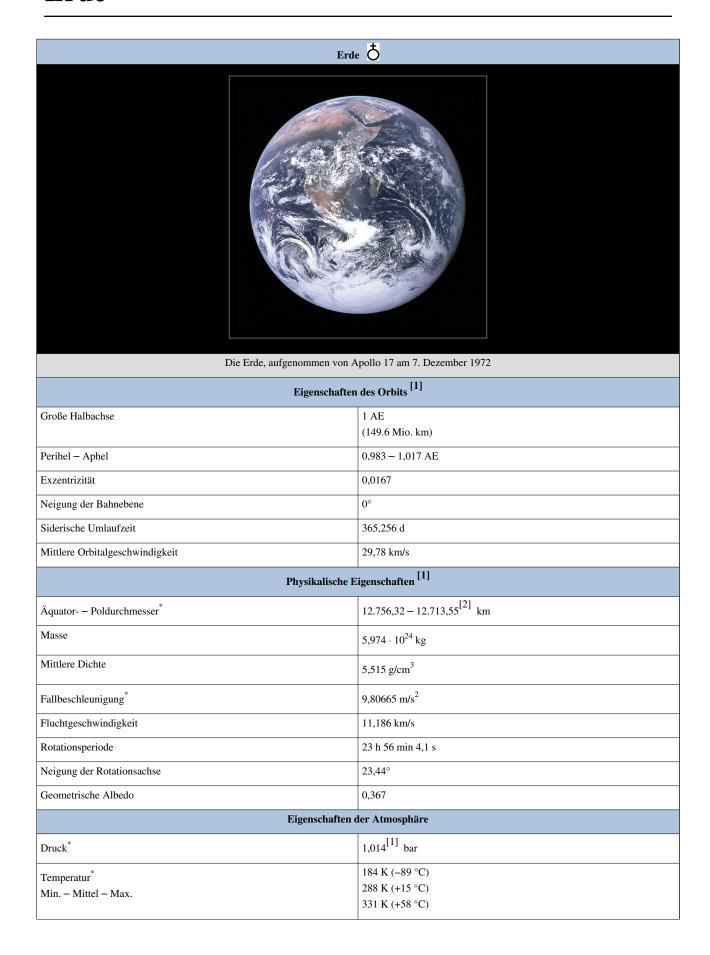
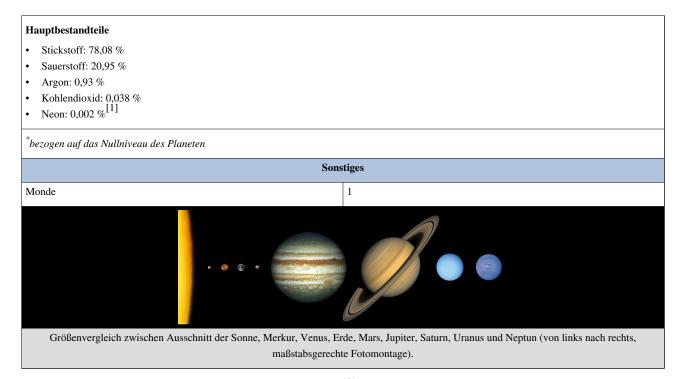
Erde





Die **Erde** (von urgermanisch * $erp\bar{o}$; griechisch $equal_0$ / $equal_0$) ist der Heimatplanet der Menschheit und Millionen anderer Arten. Mit einer durchschnittlichen Entfernung von 149,6 Millionen km zur Sonne ist sie der der Sonne am drittdichtesten gelegene Planet im Sonnensystem. Ihr Durchmesser beträgt über 12.700 km und sie ist etwa 4,6 Milliarden Jahre alt. Nach der vorherrschenden chemischen Beschaffenheit der Erde wird der Begriff der erdartigen (terrestrischen) oder auch erdähnlichen Planeten definiert. Das astronomische Symbol der Erde ist d.

Umlaufbahn

Gemäß dem ersten keplerschen Gesetz umkreist die Erde die Sonne auf einer elliptischen Bahn, die Sonne befindet sich in einem der Brennpunkte der Ellipse. Der sonnenfernste Punkt der Umlaufbahn, das Aphel, und der sonnennächste Punkt, das Perihel, sind die beiden Endpunkte der Hauptachse der Ellipse. Der Mittelwert des Aphelund Perihelabstandes ist die große Halbachse der Ellipse und beträgt etwa 149,6 Mio. km. Ursprünglich wurde dieser Abstand der Definition der Astronomischen Einheit (AE) zugrunde gelegt, die als astronomische Längeneinheit hauptsächlich für Entfernungsangaben innerhalb des Sonnensystems verwendet wird.

Das Perihel liegt bei 0,983 AE (147,1 Mio. km) und das Aphel bei 1,017 AE (152,1 Mio. km). Die Exzentrizität der Ellipse beträgt also 0,0167. Der Perihel-Durchgang erfolgt um den 3. Januar und der Aphel-Durchgang um den 5. Juli. Für einen Sonnenumlauf benötigt die Erde 365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten und 9,54 Sekunden; diese Zeitspanne wird auch als siderisches Jahr bezeichnet. Das siderische Jahr ist 20 Minuten und 24 Sekunden länger als das tropische Jahr, das die Basis für das bürgerliche Jahr der Kalenderrechnung bildet. Die Bahngeschwindigkeit beträgt im Mittel 29,78 km/s, im Perihel 30,29 km/s und im Aphel 29,29 km/s; somit legt der Planet eine Strecke von der Größe seines Durchmessers in gut sieben Minuten zurück.

Zur inneren Nachbarbahn der Venus hat die Erdbahn einen mittleren Abstand von 0,28 AE (41,44 Mio. km) und bis zur äußeren Nachbarbahn des Mars sind es im Mittel 0,52 AE (78,32 Mio. km).

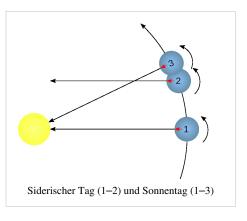
Der Umlaufsinn der Erde ist rechtläufig, das heißt, dass sie sich entsprechend der Regel der Drehrichtung im Sonnensystem vom Nordpol der Erdbahnebene aus gesehen dem Uhrzeigersinn entgegengesetzt um die Sonne bewegt.

Die Bahnebene der Erde wird Ekliptik genannt. Die Ekliptik ist um gut 7° gegen die Äquatorebene der Sonne geneigt. Der Nordpol der Sonne ist der Erde am stärksten gegen Anfang September zugewandt, der solare Südpol wiederum gegen Anfang März. Nur um den 6. Juni und den 8. Dezember befindet sich die Erde kurz in der Ebene

des Sonnenäquators.

Rotation

Die Erde rotiert rechtläufig – in Richtung Osten – in 23 Stunden, 56 Minuten und 4,09 Sekunden relativ zu den Fixsternen ein Mal um ihre eigene Achse. Analog zum siderischen Jahr wird diese Zeitspanne als ein siderischer Tag bezeichnet. Aufgrund der Bahnbewegung der Erde entlang ihrer Umlaufbahn im gleichen Drehsinn und der daraus resultierenden leicht unterschiedlichen Position der Sonne an nacheinander folgenden Tagen ist ein Sonnentag, der als die Zeitspanne zwischen zwei Sonnenhöchstständen (Mittag) definiert ist, etwas größer als ein siderischer Tag und wird nach Definition in 24 Stunden eingeteilt. Die Geschwindigkeit der Kreisbewegung des Erdäquators beträgt 464 m/s bzw. 1670 km/h.

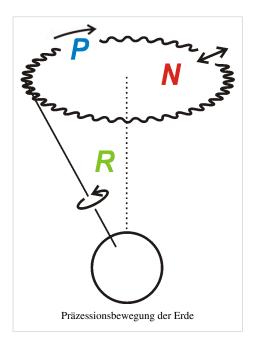


Durch die Geschwindigkeit der Erdrotation und die dadurch bedingte Fliehkraft ist die Figur der Erde an den Polen geringfügig abgeplattet und dafür gegen ihren Äquator zu einem sogenannten Äquatorwulst verformt. Gegenüber einer volumengleichen Kugel ist der Erdradius am Äquator 7 Kilometer größer und der Polradius 14 Kilometer kleiner. Der Durchmesser am Äquator ist etwa 43 km größer als der von Pol zu Pol. Der Gipfel des Chimborazo ist wegen seiner Nähe zum Äquator der Punkt der Erdoberfläche, der am weitesten vom Erdmittelpunkt entfernt ist.

Die Rotationsachse der Erde ist 23°26' gegen die senkrechte Achse der Ekliptik geneigt, dadurch werden die Nordund die Südhalbkugel der Erde an verschiedenen Punkten ihrer Umlaufbahn um die Sonne unterschiedlich beschienen, was zu den das Klima der Erde prägenden Jahreszeiten führt. Die Richtung der Achsneigung fällt für die Nordhalbkugel derzeit in die ekliptikale Länge des Sternbilds Stier. In dieser Richtung steht, von der Erde aus gesehen, am 21. Juni auch die Sonne zur Sommersonnenwende. Da die Erde zwei Wochen später ihr Aphel durchläuft, fällt der Sommer auf der Nordhalbkugel in die Zeit ihres sonnenfernen Bahnbereichs.

Präzession und Nutation

Die Gezeitenkräfte des Mondes und der Sonne bewirken am Äquatorwulst der Erde ein Drehmoment, das die Erdachse aufzurichten versucht und zu einer Kreiselbewegung der Rotationsachse führt. Ein vollständiger Kegelumlauf dieser lunisolaren Präzession dauert etwa 25.700 bis 25.800 Jahre. Mit diesem Zyklus der Präzession verschieben sich die Jahreszeiten. Der Mond verursacht durch die Präzessionsbewegung seiner eigenen Umlaufbahn mit einer Periode von 18,6 Jahren eine zusätzliche "nickende" Bewegung der Erdachse, die als Nutation bezeichnet wird. Der Einfluss des Mondes bewirkt zugleich eine Stabilisierung der Erdachsenneigung, die ohne ihn durch die Anziehungskraft der Planeten bis zu einer Schräglage von 85° taumeln würde. [4]



Rotationsdauer und Gezeitenkräfte

Die Gravitation von Mond und Sonne verursacht auf der Erde die Gezeiten. Der Anteil von der Sonne ist dabei etwa halb so groß wie der des Mondes. Damit verbunden ist die Gezeitenreibung von Ebbe und Flut der Meere. Diese bremst die Erdrotation und verlängert dadurch gegenwärtig die Tage um etwa 20 Mikrosekunden pro Jahr. Die Gezeiten wirken sich auch auf die Landmassen aus, die sich um etwa einen halben Meter heben und senken. Die Rotationsenergie der Erde wird dabei in Wärme umgewandelt. Der Drehimpuls wird auf den Mond übertragen, der sich dadurch um etwa vier Zentimeter pro Jahr von der Erde entfernt. Dieser schon lange vermutete Effekt ist seit etwa 1995 durch Laserdistanzmessungen abgesichert. Extrapoliert man diese Abbremsung in die Zukunft, wird auch die Erde einmal dem Mond immer dieselbe Seite zuwenden, wobei ein Tag auf der Erde dann etwa siebenundvierzig Mal so lang wäre wie heute. Damit unterliegt die Erde demselben Effekt, der in der Vergangenheit schon zur gebundenen Rotation (Korotation) des Mondes geführt hat.

Für Details siehe: Langfristige Änderungen der Erdrotation und Moderne Gezeitentheorie

Abstandsverhältnis der Erde zur Sonne und zu den unteren Planeten:



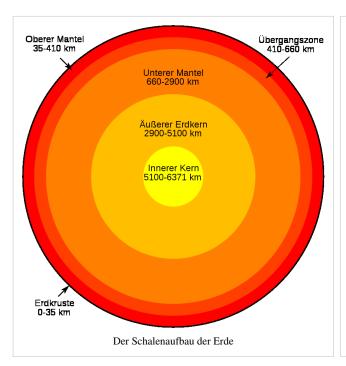
Aufbau

Innerer Aufbau

Zusammengesetzt ist die Erde hauptsächlich aus Eisen (32,1 %), Sauerstoff (30,1 %), Silizium (15,1 %), Magnesium (13,9 %), Schwefel (2,9 %), Nickel (1,8 %), Calcium (1,5 %) und Aluminium (1,4 %). Die restlichen 1,2 % teilen sich Spuren von anderen Elementen.

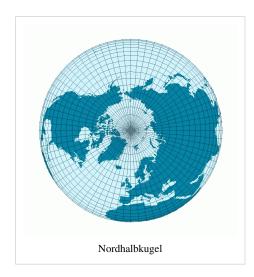
Nach seismischen Messungen ist die Erde hauptsächlich aus drei Schalen aufgebaut: aus dem Erdkern, dem Erdmantel und der Erdkruste. Diese Schalen sind durch seismische Diskontinuitätsflächen (Unstetigkeitsflächen) voneinander abgegrenzt. Die Erdkruste und der oberste Teil des oberen Mantels bilden zusammen die sogenannte Lithosphäre. Sie ist zwischen 50 und 100 km dick und zergliedert sich in große und kleinere tektonische Einheiten, die Platten.

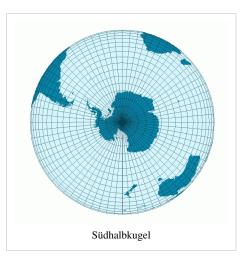
Ein dreidimensionales Modell der Erde wird, wie alle verkleinerten Nachbildungen von Weltkörpern, Globus genannt.





Oberfläche





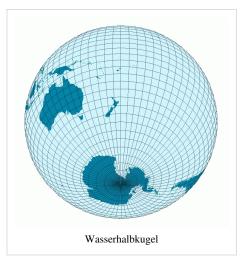
Der Äquatorumfang ist durch die Zentrifugalkraft der Rotation mit 40.075,017 km um 67,154 km bzw. um 0,17 % größer als der Polumfang mit 40.007,863 km (bezogen auf das geodätische Referenzellipsoid von 1980). Der Poldurchmesser ist mit 12.713,504 km dementsprechend um 42,816 km bzw. um 0,34 % kleiner als der Äquatordurchmesser mit 12.756,320 km (bezogen auf das Referenzellipsoid; die tatsächlichen Zahlen weichen davon ab). Die Unterschiede im Umfang tragen mit dazu bei, dass es keinen eindeutig höchsten Berg auf der Erde gibt. Nach der Höhe über dem Meeresspiegel ist es der Mount Everest im Himalaya und nach dem Abstand des Gipfels vom Erdmittelpunkt der auf dem Äquatorwulst stehende Vulkanberg Chimborazo in den Anden. Von der jeweils eigenen Basis an gemessen ist der Mauna Kea auf der vom pazifischen Meeresboden aufragenden großen vulkanischen Hawaii-Insel am höchsten.

Wie die meisten festen Planeten und fast alle größeren Monde, zum Beispiel der Erdmond, weist auch die Erde eine deutliche Zweiteilung ihrer Oberfläche in unterschiedlich ausgeprägte Halbkugeln auf. Die Oberfläche von ca. 510 Mio. km² unterteilt sich in eine Landhemisphäre und eine Wasserhemisphäre. Die Landhalbkugel ist die Hemisphäre mit dem maximalen Anteil an Land. Er beträgt mit 47 % knapp die Hälfte der sichtbaren Fläche. Die Fläche der gegenüberliegenden Wasserhalbkugel enthält nur 11 % Land und wird durch Ozeane dominiert.

Damit ist die Erde der einzige Planet im Sonnensystem, auf dem flüssiges Wasser auf der Oberfläche existiert. In den Meeren sind 96,5 % des gesamten Wassers des Planeten enthalten. Das Meerwasser enthält im Durchschnitt 3,5 % Salz.

Die Wasserfläche hat in der gegenwärtigen geologischen Epoche einen Gesamtanteil von 70,7 %. Die von der Landfläche umfassten 29,3 % entfallen hauptsächlich auf sieben Kontinente; der Größe nach: Asien, Afrika, Nordamerika, Südamerika, Antarktika, Europa und Australien (Europa ist als große westliche Halbinsel Asiens im Rahmen der Plattentektonik allerdings wahrscheinlich nie eine selbstständige Einheit gewesen). Die kategorische Grenzziehung zwischen Australien als kleinstem Erdteil und Grönland als größter Insel wurde nur rein konventionell festgelegt. Die Fläche des Weltmeeres wird im Allgemeinen in drei Ozeane einschließlich der Nebenmeere unterteilt: den Pazifik, den Atlantik und den Indik. Die tiefste Stelle, das Witjastief 1 im Marianengraben, liegt 11.034 m unter dem Meeresspiegel. Die durchschnittliche Meerestiefe beträgt 3.800 m. Das





ist etwa das Fünffache der bei 800 m liegenden mittleren Höhe der Kontinente (s. hypsografische Kurve).

Plattentektonik

Die größten Platten entsprechen in ihrer Anzahl und Ordnung in etwa jener der von ihnen getragenen Kontinente, mit Ausnahme der pazifischen Platte. All diese Schollen bewegen sich gemäß der Plattentektonik relativ zueinander auf den teils aufgeschmolzenen, zähflüssigen Gesteinen des oberen Mantels, der 100 bis 150 km mächtigen Asthenosphäre.

Magnetisches Feld

Das die Erde umgebende magnetische Feld wird von einem *Geodynamo* erzeugt. Das Feld ähnelt nahe der Erdoberfläche einem magnetischen Dipol. Die magnetischen Feldlinien treten auf der Südhalbkugel der Erde aus und durch die Nordhalbkugel wieder in die Erde ein. Im Erdmantel verändert sich die Form des Magnetfeldes. Oberhalb der Erdatmosphäre wird das Dipolfeld durch den Sonnenwind verformt.

Die geomagnetischen Pole der Erde fallen nicht genau mit den geografischen Polen der Erde zusammen. Im Jahr 2007 war die Achse des geomagnetischen Dipolfeldes um etwa 11,5° gegenüber der Erdachse geneigt.

Atmosphäre

Die Erde besitzt eine etwa 640 km hohe Atmosphäre. Deren Masse beträgt 5,13 x 10¹⁸ kg und macht somit knapp ein Millionstel der Erdmasse aus. Der mittlere Luftdruck auf dem Niveau des Meeresspiegels beträgt 1.013 hPa. In den bodennahen Schichten besteht die Lufthülle im Wesentlichen aus 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff und 1 % Edelgasen, überwiegend Argon. Dazu kommt ein wechselnder Anteil an Wasserdampf von 0 bis 5 %, der das Wettergeschehen bestimmt. Der für den Treibhauseffekt wichtige Anteil an Kohlendioxid steigt zurzeit durch menschlichen Einfluss und liegt jetzt bei etwa 0,038 % (Stand 2005).



Die auf der Erde gemessenen Temperaturextreme betragen -89,6 °C

(gemessen am 21. Juli 1983 in der Wostok-Station in der Antarktis auf 3.420 Metern Höhe, was einer Temperatur von –60 °C auf Meereshöhe entspräche) und +58 °C (gemessen am 13. September 1922 in Al-'Azīziyah in Libyen auf 111 Metern Höhe). Die mittlere Temperatur in Bodennähe beträgt 15 °C; die Schallgeschwindigkeit bei dieser Temperatur beträgt in der Luft auf Meeresniveau etwa 340 m/s.

Die Erdatmosphäre streut den kurzwelligen, blauen Spektralanteil des Sonnenlichts etwa fünfmal stärker als den langwelligen, roten und bedingt dadurch bei hohem Sonnenstand die Blaufärbung des Himmels. Dass die Oberfläche der Meere und Ozeane vom Weltall aus gesehen blau erscheinen, weswegen die Erde seit dem Beginn der Raumfahrt auch der "Blaue Planet" genannt wird, ist jedoch auf die stärkere Absorption roten Lichtes im Wasser selbst zurückzuführen. Die Spiegelung des blauen Himmels an der Wasseroberfläche ist dabei nur von nebensächlicher Bedeutung.

Klima

Klimazonen

Die Erde wird anhand unterschiedlich intensiver Sonneneinstrahlung in Klimazonen eingeteilt, die sich vom Nordpol zum Äquator erstrecken – und auf der Südhalbkugel spiegelbildlich verlaufen.

Klimazone	ungefähre Breitengrade Nord/Süd	ungefähre Durchschnittstemperatur
Polarzone/Kalte Zone	Nord-/Südpol bis Polarkreise	0 °C
Gemäßigte Zone	Polarkreise bis 40°	8 °C
Subtropen	40° bis 23,5° (Wendekreise)	16 °C
Tropen	23,5° bis Äquator	24 °C

Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind umso stärker, je weiter die Klimazone vom Äquator und vom nächsten Ozean entfernt liegt.

Polarzone

Unter den Polargebieten versteht man zum einen die Region innerhalb des nördlichen Polarkreises, die Arktis, sowie die Region innerhalb des südlichen Polarkreises, die Antarktis, die den größten Teil des Kontinents Antarktika enthält.

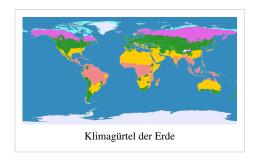
Besonderes Kennzeichen der Polarregionen ist neben dem kalten Klima mit viel Schnee und Eis der bis zu einem halben Jahr dauernde Polartag mit der Mitternachtssonne bzw. die Polarnacht, aber auch die Polarlichter.

Gemäßigte Zone

Die gemäßigte Klimazone erstreckt sich vom Polarkreis bis zum vierzigsten Breitengrad und wird in eine kalt-, kühl- und warmgemäßigte Zone eingeteilt.

Diese Zone weist einen großen Unterschied zwischen den Jahreszeiten auf, der in Richtung des Äquators jedoch etwas abnimmt.

Ein weiteres Merkmal sind die Unterschiede zwischen Tag und Nacht, die je nach Jahreszeit stark variieren. Diese Unterschiede nehmen, je näher man dem Pol kommt, immer mehr zu.



Die Vegetation wird durch Nadel-, Misch- und Laubwälder geprägt, wobei die Nadelwälder in Richtung Äquator immer weniger werden.

Subtropen

Die Subtropen liegen in der geografischen Breite zwischen den Tropen in Äquatorrichtung und den gemäßigten Zonen in Richtung der Pole, ungefähr zwischen 25° und 40° nördlicher beziehungsweise südlicher Breite. Diese Gebiete haben typischerweise tropische Sommer und nicht-tropische Winter. Man kann sie unterteilen in trockene, winterfeuchte, sommerfeuchte und immerfeuchte Subtropen.

Eine weitverbreitete Definition definiert das Klima dort als subtropisch, wo die Mitteltemperatur im Jahr über 20 Grad Celsius liegt, die Mitteltemperatur des kältesten Monats jedoch unter der Marke von 20 Grad bleibt.

Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht fallen relativ gering aus.

Die Vegetation reicht von der Artenvielfalt, wie sie zum Beispiel im Mittelmeer auftritt, über die Vegetation der trockenen Savanne bis hin zur kargen oder auch völlig fehlenden Vegetation in Wüsten wie der Sahara.

Tropen

Die Tropen befinden sich zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis. Die Tropen können in die wechselfeuchten und immerfeuchten Tropen unterschieden werden.

In den Tropen sind Tag und Nacht immer ungefähr gleichlang (zwischen 10,5 und 13,5 Stunden). Klimatische Jahreszeiten gibt es nur in den wechselfeuchten Tropen und lassen sich lediglich in Trocken- und Regenzeit unterscheiden.

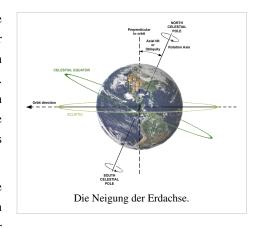
Typisch für die wechselfeuchten Tropen sind die Feuchtsavannen, die sich nördlich und südlich der großen Regenwälder befinden. Sie zeichnen sich durch ihre weiten Grasländer aus. Beispiele sind die afrikanische Savanne und der Pantanal in Südbrasilien und Paraguay.

Für die immerfeuchten Tropen, die sich rund um den Äquator befinden, sind die großen, sehr artenreichen Regenwälder, wie zum Beispiel diejenigen der Amazonasregion, typisch.

Jahreszeiten

Die Jahreszeiten werden in erster Linie von der Einstrahlung der Sonne verursacht und können infolgedessen durch Temperatur- und/oder Niederschlagsmengenschwankungen geprägt sein. In der gemäßigten Zone wird darunter gewöhnlich der Wechsel der Tageshöchst- bzw. Tagestiefsttemperaturen verstanden. In subtropischen (und noch ausgeprägter in tropischen) Regionen wird dieses Temperaturregime stärker durch Schwankungen der Monatsmittel des Niederschlags überlagert und in seiner Wahrnehmbarkeit beeinflusst.

Die Unterschiede entstehen durch die Neigung des Äquators gegen die Ekliptik. Dies hat zur Folge, dass der Zenitstand der Sonne zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis hin- und herwandert (daher



auch der Name Wendekreis). Dadurch entstehen neben den unterschiedlichen Einstrahlungen auch die unterschiedlichen Tag- und Nachtlängen, die mit zunehmender Polnähe immer ausgeprägter werden.

Die Wanderung erfolgt im Jahresrhythmus wie folgt:

- 21. Dezember (Wintersonnenwende): Die Sonne steht über dem südlichen Wendekreis (Wendekreis des Steinbocks). Auf der Nordhalbkugel ist nun der kürzeste und auf der Südhalbkugel der längste Tag des Jahres. Der astronomische Winter beginnt. Durch die nun geringe Einstrahlung der Sonne auf die Nordhalbkugel erreicht die mittlere (Tages- bzw. Monats-)Temperatur dort mit einiger Verzögerung ihren Tiefpunkt. Am Nordpol ist die Mitte der Polarnacht und am Südpol die Mitte des Polartags.
- 19. bis 21. März: Tagundnachtgleiche: astronomischer Frühlingsbeginn im Norden und astronomischer Herbstbeginn im Süden. Die Sonne ist auf Höhe des Äquators.
- 21. Juni (Sommersonnenwende): Die Sonne steht über dem nördlichen Wendekreis (Wendekreis des Krebses). Längster Tag im Norden und kürzester Tag im Süden. Auf der Nordhalbkugel beginnt nun der astronomische Sommer und auf der Südhalbkugel der astronomische Winter. Durch die höhere Einstrahlung der Sonne auf die Nordhalbkugel erreicht die mittlere Tages- bzw. Monatstemperatur dort mit einiger Verzögerung ihren Höchstpunkt. Am Nordpol ist die Mitte des Polartags und am Südpol die Mitte der Polarnacht.
- 22. oder 23. September: Tagundnachtgleiche: Im Norden beginnt astronomisch der Herbst, im Süden der Frühling. Die Sonne ist erneut auf Höhe des Äquators.

Abweichend davon wird in der Meteorologie der Beginn der Jahreszeiten jeweils auf den Monatsanfang vorverlegt (1. Dezember, 1. März usw.).

Globaler Energiehaushalt

Der Energiehaushalt der Erde wird im Wesentlichen durch die Einstrahlung der Sonne und die Ausstrahlung der Erdoberfläche bzw. Atmosphäre bestimmt, also durch den Strahlungshaushalt der Erde. Die restlichen Beiträge von zusammen etwa 0,02 % liegen deutlich unterhalb der Messungsgenauigkeit der Solarkonstanten sowie ihrer Schwankung im Lauf eines Sonnenfleckenzyklus.

Etwa 0,013 % macht der durch radioaktive Zerfälle erzeugte geothermische Energiebeitrag aus, etwa 0,007 % stammen aus der menschlichen Nutzung fossiler und nuklearer Energieträger und etwa 0,002 % verursacht die Gezeitenreibung.

Die geometrische Albedo der Erde beträgt im Mittel 0,367, wobei ein wesentlicher Anteil auf die Wolken der Erdatmosphäre zurückzuführen ist. Dies führt zu einer globalen effektiven Temperatur von 246 K (–27 °C). Die Durchschnittstemperatur am Boden liegt jedoch durch einen starken atmosphärischen Treibhauseffekt bzw. Gegenstrahlung bei etwa 288 K (15 °C), wobei die Treibhausgase Wasser und Kohlendioxid den Hauptbeitrag liefern (*siehe auch:* Gleichgewichtstemperatur).

Einfluss des Menschen

Zunächst lebten Menschen als Jäger und Sammler. Mit der Neolithischen Revolution begannen im Vorderen Orient (11.), in China (8.) und im mexikanischen Tiefland (6. Jahrtausend v. Chr.) Ackerbau und Viehzucht. Die Kulturpflanzen verdrängten die natürliche Pflanzen- und Tierwelt. Im Zuge der Industrialisierung wurden weiträumige Landflächen in Industrie- und Verkehrsflächen umgewandelt.

Die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Klima haben heute durch den zunehmenden Einfluss des Menschen eine neue Quantität erreicht. Während im Jahr 1920 circa 1,8 Milliarden Menschen die Erde bevölkerten, wuchs die Weltbevölkerung bis zum Jahr 2008 auf knapp 6,7 Milliarden an. In den Entwicklungsländern ist für die absehbare Zukunft weiterhin ein starkes Bevölkerungswachstum zu erwarten, während in vielen hoch entwickelten Ländern die Bevölkerung stagniert oder nur sehr langsam zunimmt, deren industrieller Einfluss auf die Natur aber weiterhin wächst. Im Februar 2005 prognostizierten Experten der Vereinten Nationen bis zum Jahr 2013 einen Anstieg auf 7 Milliarden und auf 9,1 Milliarden bis 2050.

Seit 1990 ist der 22. April als Tag der Erde der internationale Aktionstag zum Schutz der Umwelt. Das Jahr 2008 wurde von den Vereinten Nationen unter Federführung der UNESCO zum Internationalen Jahr des Planeten Erde (IYPE) erklärt. Diese bislang größte weltweite Initiative in den Geowissenschaften soll die Bedeutung und den Nutzen der modernen Geowissenschaften für die Gesellschaft und für eine nachhaltige Entwicklung verdeutlichen. Zahlreiche Veranstaltungen und interdisziplinäre Projekte auf internationaler und nationaler Ebene erstrecken sich von 2007 bis 2009 über einen Zeitraum von insgesamt drei Jahren. [5]







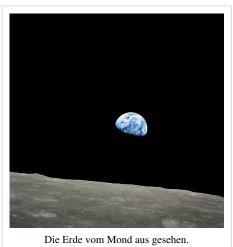


Mond

Die Erde wird von einem natürlichen Satelliten umkreist – dem Mond. Das Verhältnis des Durchmessers des Mondes zu seinem Planeten (mittlerer Monddurchmesser (3476 km) zu mittlerem Erddurchmesser (12.742 km) ist 0,273) ist beim Erdmond deutlich größer, als es bei den "Monden" der anderen Planeten der Fall ist.

Der große Satellit stabilisiert mit seiner relativ großen Masse und seinem gravitativen Einfluss auf den Äquatorwulst der Erde die Neigung der Erdachse gegen die Ekliptik und schafft durch die so von ihm bewirkte Zügelung der Jahreszeiten günstige Bedingungen für die Entwicklung des Lebens auf seinem Planeten. Ein mechanisches Gerät zur Demonstration der Umlaufbewegungen von Erde und Mond wird Tellurium genannt, nach *Tellus*, lateinisch für *Erde*.

Des Weiteren lenkt die Erde koorbitale Objekte wie den erdnahen



Asteroiden Cruithne auf eine Hufeisenumlaufbahn entlang der Erdbahn. Von diesen koorbitalen Erdbahnkreuzern war der Asteroid 2003 YN₁₀₇ in den Jahren von 1996 bis 2006 ein Quasisatellit der Erde und wird bei der übernächsten Begegnung im Jahr 2120 möglicherweise als wirklicher zweiter Mond von der Erde eingefangen werden. Der koorbitale Asteroid 2002 AA₂₉ wechselt annähernd zyklisch zwischen einer Hufeisenumlaufbahn und einer Quasisatellitenbahn und wird das nächste Mal um das Jahr 2600 wieder für 45 Jahre ein Quasisatellit der Erde sein.

Größenverhältnis zwischen Erde und Mond und ihr Abstand zueinander:

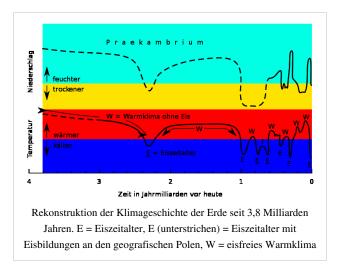


Leben

Die Erde ist bisher der einzige Planet, auf dem Lebensformen bzw. eine Biosphäre von Menschen nachgewiesen wurden. Nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung begann das Leben auf der Erde möglicherweise innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums, gleich nach dem Ausklingen des letzten schweren Bombardements großer Asteroiden, dem die Erde nach ihrer Entstehung vor etwa 4,6 Milliarden Jahren bis etwa vor 3,9 Milliarden Jahren als letzte Phase der Bildung ihres Planetensystems ausgesetzt war. Nach dieser Zeit hat sich eine stabile Erdkruste ausgebildet und so weit abgekühlt, dass sich Wasser auf ihr sammeln konnte. Es gibt Hinweise, die allerdings nicht von allen damit befassten Wissenschaftlern anerkannt werden, dass sich Leben schon (geologisch) kurze Zeit später entwickelte.



Modell der Erdrotation. Etwa zur Zeit der Tag-und-Nacht-Gleiche ohne Darstellung der Achsenneigung



In 3,85 Milliarden Jahre altem Sedimentgestein aus der Isua-Region im Südwesten Grönlands wurden in den Verhältnissen von Kohlenstoffisotopen Anomalien entdeckt, die auf biologischen Stoffwechsel hindeuten könnten; bei dem Gestein kann es sich aber auch statt um Sedimente lediglich um ein stark verändertes Ergussgestein ohne derartige Bedeutung handeln. Die ältesten direkten, allerdings umstrittenen Hinweise auf Leben, die als versteinerte Cyanobakterien gedeutet werden, sind 3,5 Milliarden Jahre alt und wurden in Gesteinen der Warrawoona-Gruppe im Nordwesten Australiens und im Barberton-Grünsteingürtel in Südafrika gefunden. Die ältesten eindeutigen

Lebensspuren auf der Erde sind 1,9 Milliarden Jahre alte Fossilien aus der Gunflint-Formation in Ontario, die Bakterien oder Archaeen gewesen sein könnten.

Die chemische wie die biologische Evolution sind untrennbar mit der Klimageschichte verknüpft. Obwohl die Strahlungsleistung der Sonne anfangs deutlich geringer als heute war (vgl. Paradoxon der schwachen jungen Sonne), gibt es Hinweise auf Leben auf der Erde, grundsätzlich vergleichbar dem heutigen, "seit es Steine gibt". ^[6]

Das Leben auf der Erde wird in seiner Entwicklung von den herrschenden Bedingungen geprägt und hat seinerseits Einfluss auf die Entwicklung und das Erscheinungsbild der Erde. Durch den Stoffwechsel des pflanzlichen Lebens, also durch die Photosynthese, wurde die Erdatmosphäre mit molekularem Sauerstoff angereichert und bekam ihren oxidierenden Charakter. Zudem wurde die Albedo und damit die Energiebilanz durch die Pflanzendecke merklich verändert.

Entstehung der Erde

Wie die Sonne und ihre anderen Planeten entstand die Erde vor etwa 4,6 Milliarden Jahren aus der Verdichtung des Sonnennebels. Man nimmt heute allgemein an, dass sie während der ersten 100 Millionen Jahre einem intensiven Bombardement von Asteroiden ausgesetzt war. Heute ist der Beschuss nur noch gering. Die meisten der Meteore werden von Objekten hervorgerufen, die kleiner als 1 cm sind. Im Gegensatz zum Mond sind auf der Erde fast alle Einschlagkrater durch geologische Prozesse wieder ausgelöscht worden. Durch die kinetische



Wasser bedeckt etwa 70 % der Erdoberfläche.

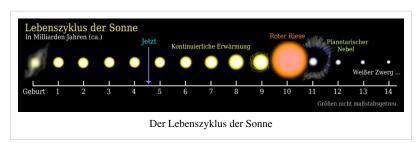
Energie der Impakte während des schweren Bombardements und durch die Wärmeproduktion des radioaktiven Zerfalls erhitzte sich die junge Erde, bis sie größtenteils aufgeschmolzen war. In der Folge kam es zu einer gravitativen Differenzierung des Erdkörpers in einen Erdkern und einen Erdmantel. Die schwersten Elemente, vor allem Eisen, sanken in die Richtung des Schwerpunkts des Planeten, wobei auch Wärme gebildet wurde. Leichte Elemente, vor allem Sauerstoff, Silizium und Aluminium, stiegen nach oben und aus ihnen bildeten sich hauptsächlich silikatische Minerale, aus denen auch die Gesteine der Erdkruste bestehen. Aufgrund ihres vorwiegenden Aufbaus aus Eisen und Silikaten hat die Erde wie alle terrestrischen Planeten eine recht hohe mittlere Dichte von 5,515 g/cm³.

Herkunft des Wassers

Die Herkunft des Wassers auf der Erde, insbesondere die Frage, warum auf der Erde deutlich mehr Wasser vorkommt als auf den anderen erdähnlichen Planeten, ist bis heute nicht befriedigend geklärt. Ein Teil des Wassers dürfte durch das Ausgasen des Magmas entstanden sein, also letztlich aus dem Erdinneren stammen. Ob dadurch aber die heutige Menge an Wasser erklärt werden kann, ist fraglich. Weitere große Anteile könnten aber auch durch Einschläge von Kometen, transneptunischen Objekten oder wasserreichen Asteroiden (Protoplaneten) aus den äußeren Bereichen des Asteroidengürtels auf die Erde gekommen sein. Messungen des Isotopenverhältnisses von Deuterium zu Protium (D/H-Verhältnis) deuten dabei eher auf Asteroiden hin, da in Wassereinschlüssen in kohligen Chondriten ähnliche Verhältnisse gefunden wurden wie in ozeanischem Wasser, wohingegen nach bisherigen Messungen dieses Isotopen-Verhältnis von Kometen und transneptunischen Objekten nicht mit dem von irdischem Wasser übereinstimmt.

Zukunft

Die Zukunft der Erde ist eng an die der Sonne gebunden. Als Ergebnis der ständigen Anreicherung der Heliumasche im Zentrum der Sonne wird die Gesamthelligkeit der Sonne langsam steigen. Die Leuchtkraft der Sonne wird über die nächsten 1,1



Milliarden Jahre um 10 % steigen und um 40 % nach 3,5 Mrd. Jahren.^[7] Klimamodelle zeigen, dass der Anstieg dieser Strahlung, die die Erde dann erreicht, vermutlich verheerende Folgen haben wird, die den möglichen Verlust der irdischen Ozeane einschließen.^[8]

Die steigenden Temperaturen auf der Erdoberfläche werden den anorganischen Kohlenstoffzyklus beschleunigen. Dabei wird die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre in etwa 900 Millionen Jahren so stark abnehmen (10 ppm verglichen mit 380 ppm heute), dass alle Pflanzen absterben, auch die C4-Pflanzen, die wesentlich geringere CO₂-Konzentrationen zur Fotosynthese benötigen. Das Fehlen der Vegetation wird sich in einem Rückgang an Sauerstoff in der Atmosphäre bemerkbar machen. Folglich wird danach tierisches Leben innerhalb weniger Millionen Jahre ausgestorben sein. ^[9] Selbst wenn die Sonne ewig stabil scheinen würde, würde durch die innere Auskühlung aufgrund nachlassender Vulkanaktivität die Erde viel von ihrer Atmosphäre und Ozeane verlieren. ^[10] Nach einer weiteren Milliarde Jahren wird das gesamte Oberflächenwasser verschwunden sein ^[11] und die globale Durchschnittstemperatur der Erde wird +70 °C erreichen. ^[9]



Erde und Mond vom Mars aus gesehen, aufgenommen vom Mars Reconnaissance Orbiter. Vom Weltall aus können die Phasen der Erde beobachtet werden; sie ähneln den Mondphasen.

Es wird vermutet, dass die Erde noch etwa 500 Mio. Jahre etwa so wie heute bewohnbar sein wird. [12]

Dagegen wird die Sonne im Laufe ihrer stellaren Entwicklung erst in etwa 5 Milliarden Jahren zum roten Riesen werden – das normale "Schicksal" aller derartigen Sterne, sobald der Wasserstoff des Sterns "ausgebrannt" ist. Modelle sagen voraus, dass sich die Sonne dann bis zum 250-fachen ihrer derzeitigen Größe ausdehnen wird. Dies entspricht etwa dem Radius der heutigen Erdumlaufbahn. [7] [13] Das Schicksal der Erde ist weniger klar. Die Sonne wird in diesem Riesenstadium etwa 30 % ihrer Masse verlieren. Dabei wird, wenn die Sonne ihre maximale Größe

erreicht hat, die Erde ohne Gezeitenkräfte auf eine Umlaufbahn mit einem Abstand von 1,7 AE verschoben werden. Daher wird erwartet, dass die Erde von der dünnen äußeren Atmosphäre der Sonne nicht eingehüllt wird. Es wird jedoch aufgrund der gesteigerten Strahlung der Sonne das meiste, wenn nicht alles verbleibende Leben zerstört. [7] Jedoch hat eine neuere Simulation angedeutet, dass die Erdbahn aufgrund von Gezeitenkräften und Zug nicht mehr bestehen bleibt, sondern schließlich in die Atmosphäre des roten Riesen gelangt und dabei zerstört wird. [13]

Siehe auch

- Die Erde in Daten und Zahlen
- · Liste aller Länder und Staaten der Erde
- Geowissenschaften
- Envisat (ESA-Umweltsatellit)
- NASA World Wind und Google Earth (Computerprogramme)
- Flache Erde (Historie zur Vorstellung von der Erde als Scheibe oder Kugel)

Literatur

- Cesare Emilliani: Planet Earth. Cosmology, Geology, and the Evolution of Live and Environment. Cambridge University Press 1992, ISBN 0-521-40949-7
- Kevin W. Kelley (Herausgeber, im Auftrag der Association of Space Explorers): *Der Heimatplanet*. Zweitausendeins, Frankfurt am Main, 1989. ISBN 3-86150-029-9.
- J. D. Macdougall: Eine kurze Geschichte der Erde. Econ Taschenbuchverlag 2000, ISBN 3-612-26673-X
- David Oldroyd: Die Biographie der Erde. Zweitausendeins 1998, ISBN 3-86150-285-2

Weblinks

- Raumfahrer.net Sonderseite: Planet Erde [14]
- Onegeology.org ^[15]: Geologische Weltkarte
- Ellipsoide, Geoide und topografische Oberflächen [16]
- NASA Earth Observatory [17]
- Die Zukunft der Erde und des Weltalls [18]
- The Gateway to Astronaut Photography of Earth [19]

Medien

- Wie schnell entstand die Erde? [20] aus der Fernseh-Sendereihe alpha-Centauri
- Warum ist die Erde warm? [21] aus der Fernseh-Sendereihe alpha-Centauri
- Wie alt ist die Erde? [22] aus der Fernseh-Sendereihe alpha-Centauri

Einzelnachweise

- [1] NASA Earth Fact Sheet (http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html).
- [2] Der Brockhaus in einem Band. 10. Auflage. Brockhaus GmbH, Leipzig 2003. Seite 242 'Erde'.
- [3] Kluge: Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache; Berlin, New York: de Gruyter, 2002²⁴; S. 253. Vgl. auch Eintrag im Perseus (http://www.perseus.tufts.edu/hopper/morph?l=era&la=greek#lexicon target=)
- [4] Herbert Cerutti: Was wäre, wenn es den Mond nicht gäbe. (http://www.nzzfolio.ch/www/d80bd71b-b264-4db4-afd0-277884b93470/showarticle/44fcf917-97c6-482a-87fd-1bb54b886382.aspx) In: NZZ Folio 08/08
- [5] Deutsche UNESCO-Kommission e.V.: Das Internationale Jahr des Planeten Erde 2008 (http://www.unesco.de/iype2008.html?&L=0)
- [6] Veizer, Ján (2005): Celestial Climate Driver: A Perspective from Four Billion Years of the Carbon Cycle (http://journals.hil.unb.ca/index.php/GC/article/viewArticle/2691/3113), Geoscience Canada, Band 32, Nr. 1, 2005

[7] I.-J. Sackmann, A. I. Boothroyd, K. E. Kraemer: Our Sun. III. Present and Future. (http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?1993ApJ...418..457S&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf) (PDF) In: Astrophysical Journal. 418, 1993, S. 457–468. doi: 10.1086/173407 (http://dx.doi.org/10.1086/173407). Abgerufen am 23. Dezember 2008.

- [8] J. F. Kasting: Runaway and Moist Greenhouse Atmospheres and the Evolution of Earth and Venus. (http://adsabs.harvard.edu/abs/1988Icar...74..472K) In: Icarus. 74, 1988, S. 472–494. doi: 10.1016/0019-1035(88)90116-9 (http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035(88)90116-9). Abgerufen am 23. Dezember 2008.
- [9] Peter D. Ward und Donald Brownlee: The Life and Death of Planet Earth: How the New Science of Astrobiology Charts the Ultimate Fate of Our World. Times Books, New York 2003, ISBN 0-8050-6781-7
- [10] H. Guillemot, V. Greffoz: Ce que sera la fin du monde. In: Science et Vie. Band 1014, März 2002.
- [11] Damian Carrington. *Date set for desert Earth* (http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/specials/washington_2000/649913.stm), BBC News, 21. Februar 2000. Abgerufen am 23. Dezember 2008.
- [12] Robert Britt (25. Februar 2000). Freeze, Fry or Dry: How Long Has the Earth Got? (http://www.space.com/scienceastronomy/solarsystem/death_of_earth_000224.html). Abgerufen am 25. Dezember 2010.
- [13] K.-P. Schröder, Robert Connon Smith: Distant future of the Sun and Earth revisited. In: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 386, 2008, S. 155. arXiv:0801.4031. doi: 10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x (http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x). Siehe auch Jason Palmer. Hope dims that Earth will survive Sun's death (http://space.newscientist.com/article/dn13369-hope-dims-that-earth-will-survive-suns-death.html?feedId=online-news_rss20), NewScientist.com news service, 22. Februar 2008. Abgerufen am 23. Dezember 2008.
- [14] http://www.raumfahrer.net/planeterde
- [15] http://portal.onegeology.org/
- [16] http://www.kowoma.de/gps/geo/mapdatum.htm
- [17] http://earthobservatory.nasa.gov
- [18] http://www.bernd-leitenberger.de/zukunft.shtml
- [19] http://eol.jsc.nasa.gov/Coll/weekly.htm
- [20] http://www.br-online.de/br-alpha/alpha-centauri/alpha-centauri-erde-2005-ID1207917813825.xml
- [21] http://www.br-online.de/br-alpha/alpha-centauri/alpha-centauri-erde-2002-ID1208358653360.xml
- [22] http://www.br-online.de/br-alpha/alpha-centauri/alpha-centauri-erde-2001-ID1208433934547.xml

pfl:Erd

Quelle(n) und Bearbeiter des/der Artikel(s)

Erde Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=83059219 Bearbeiter: .x, 1971markus, 24-online, A.Savin, AF666, AHZ, APPER, Aconcagua, Affenwc, Agadez, Ahoerstemeier, Aineias, Aka, AlarichGOA, AlephNull, Alfnuss, Alfred Grudszus, Allen McC., Allescaspar, Aloiswuest, AlterVista, Amphibium, AnKrol, Andreas O6, Andreas Praefcke, Andybopp, Antrophysical Control of the C Antiphon, Anton, Antonsusi, Arbeo, Arcy, Armin P., Arnomane, ArtMechanic, As0607, Augiasstallputzer, BDLeuchte, BKSlink, BLueFiSH.as, Bapho, Batrox, Baumi, Baumst, Bdk, Ben-Zin, Bent, Bernd vdB, Bertonymus, Bhuck, Binningench1, BishkekRocks, BitterMan, Bjb, Bleibmoritztreu, Breeze, Bricktop1, Brudersohn, Brummfuss, Bsmuc64, Bt-bt, CWitte, Carol.Christian CdaMVvWgS, Cgoe, Chabacano, Chef, Chris828, Christian Günther, ChristianBier, Church of emacs, Conversion script, Crasgard, Crux, Cryptar, Curtis Newton, CuttyP, Cäsium137, D, DHMO-Gegener, DaB., Daaavid, Daniel FR, Dansker, Density, Der. Traeumer, DerGraph, DerHandelsreisende, DerHexer, Diba, Diebu, Dietrich, DirtyH, Dodel 85, Dogbert66, Don Magnifico, Dreiundvierzig, Edward Theodore Gein, Eikeschnuppertal, Ekuah, Elefantenmann, Elya, Emdee, Emes, Engelbaet, Engie, Entlinkt, Epo, FEXX, Faustauge, Feldkurat Katz, Felix Stember, Fgb, Filosel, Flammingo, Forrester, FrancescoA, Frank Klemm, Franz Halac, FritzG, Funkruf, GDK, Galilea, Gamma, Gaussianer, Gbn, Geist, der stets verneint, Geof, Geoz, Gerbil, Gerhard Kemme, Gerhardvalentin, Gidolf, Giftmischer, Gilliamif, Gravitophoton, Guandalug, Gudrun63, HAH, HaeB, Hafenbar, Hamzeh kraus, Hans G, Oberlack, Hans J, Castoro, Hans G, Happygimp0, Harryh01, Hashar, HaukeZuehl, Head, Heck, Henningz, Henristosch, Herbye, Highdelbeere, Hokanomono, Howwi, Hubi, Hukukçu, Hytrion, Idler, Ironix, JB2002, JCS, JKS, Jahn Henne, JakobVoss, Janneman, Jed, Jergen, Jivee Blau, Jo Weber, Jpp, Juesch, KKoenigSWR, KaiMartin, Kaisersoft, Kapege.de, Kapitän Nemo, Karl-Henner, KaterBegemot, Kku, Koenraac Komischn, Konrad F., Kookaburra, Kopoltra, Kosebamse, Kozuch, Krokodil, Kuebi, Kulac, Kwerdenker, Kölscher Pitter, LKD, Lampart, Laufe42, Leipnizkeks, Leithian, Lemidi, Lennert B, Leo Barton, Lotse, Lupussy, MAK, MIBUKS, Malteser.de, Markus Mueller, MarkusHagenlocher, MarkusZi, Martin-vogel, Martinwilke1980, Marvel, Masegand, Mathias Schindler, Matt1971, Matthäus Wander, Matzematik, Max4288, Meier99, MichaelDiederich, Michail, MichiK, Migstein, Mikullovci11, MilesTeg, Mkill, Mnh, Mordwinzew, Morten Haan, Mr. B.B.C., Mr.Handyman, MuDavid, Myself488, N8eule78, NUFUN, Nafnaf, Nephelin, NiTenIchiRyu, Nico Düsing, Ninjamask, Nocturne, Nolispanmo, Nordmensch, Nowic, Numbo3, Ocrho, Okapi, Omnidom 999, Onee, Ottsch, PDD, Paris 16, Pasinger, Pessottino, Peter 200, PhJ, Phil41, Philipendula, Phrood, Pietz, Pikarl, Pischdi, Pittimann, Pjacobi, Polarlys, Polentario, Purodha, Queryzo, Quirin, Ra'ike, Rainer Bielefeld, Rainer Wolf, Rainyx, Rax, Rdb, Regi51, Reinhard Kraasch, Rivi, Rmw, Roger Zenner, Rosario Van Tulpe, Roterraecher, Rudgen, Rufus 46, S, San Jose, Saperaud, Sargoth, Sarn Mitsun, Schmei, Schnargel, Schusch, Sd5, Seewolf, Sevela.p, Sicherlich, SimpleUpload.de, Sintonak.X, Sir, Skriptor, Solarwerner, Southpark, Sovereign, Spawn Avatar, Spazion, Speedfighter 2, Sprachpfleger, Sproink, Spuk968, Srbauer, StYxXx, Stechlin, Stefan Knauf, Stefan Kühn, Stefan h, Stefan64, StefanPohl, Steffen, Stern, Stl, Stw, Suirenn, Suisui, Sulfolobus, Sumpf Suppengrün, Sven-steffen arndt, Sypholux, Systems2005, Szs, TCrib, TJakobs, Taadma, Terabyte, TheK, TheTruth90, Thomas Fernstein, Thorbjoern, Till.niermann, Tilla, Timk70, Timothy da Thy, Tobias1983, TomCatX, ULTRA VANDALISMUS ACCOUNT, Ulfklose, Umaluagr, Umweltschützen, Unscheinbar, Vesta, Vorwald, Voyager, W:B:, W-j-s, W.J.Pilsak, WHell, Werwolf999, WiESi, Wiegels, WikiNick, Wilfried Elmenreich, Wipape, Wohlramsch, Wolfgang 1018, Wst, Xario, Xocolatl, YourEyesOnly, Zahnstein, Zaibatsu, Zeno Gantner, Zinnmann, Zipferlak, Århus, ツンヅくん, 364 anonyme Bearbeitungen

Quelle(n), Lizenz(en) und Autor(en) des Bildes

Datei:Earth symbol alternate.svg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Earth_symbol_alternate.svg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: Achillu, Euku, Foroa, Galphi, Juiced lemon, Lexicon, Rursus, Samuel Grant, Sarang, StuartBrady, WlB:, 5 anonyme Bearbeitungen

Datei: The Earth seen from Apollo 17.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei: The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: NASA. Photo taken by either Harrison Schmitt or Ron Evans (of the Apollo 17 crew).

Datei:Solar system scale-2.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Solar_system_scale-2.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: This image updated by ComputerHotline Datei:Sidereal day (prograde).svg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sidereal_day_(prograde).svg Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: User:Chris828, User:Gdr

Datei:Praezession2.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Praezession2.png Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: 32X, Aka, Oxam Hartog, Sigi I Datei:de-earth_venus_mercury_sun.svg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:De-earth_venus_mercury_sun.svg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: User:Mr. B.B.C.

Datei: Aufbau der Erde schematisch.svg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei: Aufbau_der_Erde_schematisch.svg Lizenz: unbekannt Bearbeiter: Chris828 23:01, 8. Feb. 2009 (CET). Original uploader was Chris828 at de.wikipedia. Later version(s) were uploaded by Sa-se, Cansaglam1, FrancescoA at de.wikipedia.

 $\textbf{Datei:Jordens inre.svg} \ \textit{Quelle:} \ \texttt{http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Jordens_inre.svg} \ \textit{Lizenz:} \ \texttt{GNU} \ \texttt{Free} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \textit{Bearbeiter:} \ \texttt{Original Vectorization:} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Documentation} \ \texttt{License} \ \texttt{Licen$

Datei:Nordhalbkugel gr.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nordhalbkugel_gr.png Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: Original uploader was Stefan Kühn at de.wikipedia

Datei:MapS.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MapS.png Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: Stefan Kühn

Datei:MapL.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MapL.png Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: ChongDae, David Kernow, Sting, W!B:

Datei:MapW.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MapW.png Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: ChongDae, David Kernow, W!B:

Datei:Full moon partially obscured by atmosphere.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Full_moon_partially_obscured_by_atmosphere.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: NASA

Datei:Klimagürtel-der-erde.svg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Klimagürtel-der-erde.svg Lizenz: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Bearbeiter: LordToran

Datei: Axial Tilt Obliquity.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei: Axial Tilt Obliquity.png Lizenz: Creative Commons Attribution 3.0 Bearbeiter: User: Dna-webmaster

Datei: Whole world - land and oceans.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei: Whole_world_-land_and_oceans.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: NASA/Goddard

Space Flight Center

Datei:Earthlights dmsp.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Earthlights_dmsp.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: Data courtesy Marc Imhoff of NASA GSFC and Christopher Elvidge of NOAA NGDC. Image by Craig Mayhew and Robert Simmon, NASA GSFC.

Datei:Nasa land ocean ice 8192 jpg90.JPG Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Nasa_land_ocean_ice_8192_jpg90.JPG Lizenz: unbekannt Bearbeiter: AlterVista, Matt314, 2 anonyme Bearbeitungen

Datei:Land ocean ice cloud 1024.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Land_ocean_ice_cloud_1024.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: Hymyly, Nowic, Saperaud, WikipediaMaster, Wst, 1 anonyme Bearbeitungen

Datei:NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: Apollo 8 crewmember w: William AndersBill Anders

Datei:Earth-Moon.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Earth-Moon.jpg Lizenz: GNU Free Documentation License Bearbeiter: User:Cantus

 $\textbf{Datei:Rotating earth (large).gif} \ \ \textit{Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rotating_earth_(large).gif} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User:Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Bearbeiter: User: Marvel License} \ \ \textit{Lizenz: GNU Free Documentation License} \ \ \textit{Lizenz:$

Datei: Erdgeschichte.svg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei: Erdgeschichte.svg Lizenz: unbekannt Bearbeiter: Slartidan

 $\textbf{Datei:BlueMarble-2001-2002.jpg} \ \ \textit{Lizenz: Public Domain} \ \ \textit{Bearbeiter: User:Apoc2400}$

Datei:Sun life de.png Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sun_life_de.png Lizenz: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Bearbeiter: Original version (english): Tablizer German translation: KaterBegemot

Datei: The Earth and the Moon photographed from Mars orbit.jpg Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei: The_Earth_and_the_Moon_photographed_from_Mars_orbit.jpg Lizenz: Public Domain Bearbeiter: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

Lizenz

Lizenz 17

Das PDF ist daher nur für den privaten Gebrauch besti nmt. Eine Weiterverbreitung kann eine Urheberrechtsverletzung bed

Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported - Deed

hen Lizenzvertrages (http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen_Commons_Attribution-ShareAlike_3.0_Unported) Diese "Commons Deed" ist lediglich eine vereint in allgemeinverständlicher Sprache. Sie dürfen:

- das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen
 Abvandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen
 Zu den folgenden Bedingungen

Namensnennung — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
Weitergabe unter gleichen Bedingungen — Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Liteznzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch, vergleichbar oder kompatibel sind. Wobei gilt:

- Verzichtserklärung Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die ausdrückliche Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten. Sonstige Rechte Die Lizenz hat keinerlei Einfluss auf die folgenden Rechte:
- - Die gesetzlichen Schranken des Urheberrechts und sonstigen Befügnisse zur privaten Nutzung;
 Das Urheberpersönlichkeitsrecht des Rechteinhabers;
 Rechte anderer Personen, entweder am Lizenzegeenstand selber oder bezüglich seiner Verwendung, zum Beispiel Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen.
- Hinweis In Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten. Am einfachsten ist es, an entsprechender Stelle einen Link auf http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de einzubinden.

Haftungsbeschränkung
Die "Commons Deed" ist kein Lizenzvertrag. Sie ist lediglich ein Referenztext, der den zugrundeliegenden Lizenzvertrag übersichtlich und in allgemeinverständlicher Sprache, aber auch stark vereinfacht wiedergibt. Die Deed selbst entfallet keine juristische Wirkung und erscheint im eigentlichen Lizenzvertrag nicht.

GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.

51 Franklin St. Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies

of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others. This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document are not a way requiring permission under copyright law.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (for to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part at extbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics). The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. Pront-Cover Text are none.

The "Cover Texts" are certain secondary Sections whose titles are designat

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3. You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluntimous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

79. INDIFICATIONS
79. To may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version: Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever province or may not release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role becoment, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

A. Use in the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.

C. State on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.

C. State on the Title Page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.

D. Preserve all the copyright notices or your modifications adjacent to the other copyright notices.

F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.

G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.

H. Include an unaltered copy of this License.

I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document, create one stating t

K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the 1ttle of the section, and preserve in the section and the section a

5. COMBINING DOCUMENTS

5. COMBINING DOCUMENTS
You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.
The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.
In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.
You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

Lizenz 18

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves defirevative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Texts may be placed on covers that bracket the Document is not because the product of covers of the Document is not because they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Section may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail. If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE.

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See http://www.gnu.org/copyleft/.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document

under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2

or any later version published by the Free Software Foundation;

with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled

"GNU Free Documentation License". If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the

Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.