



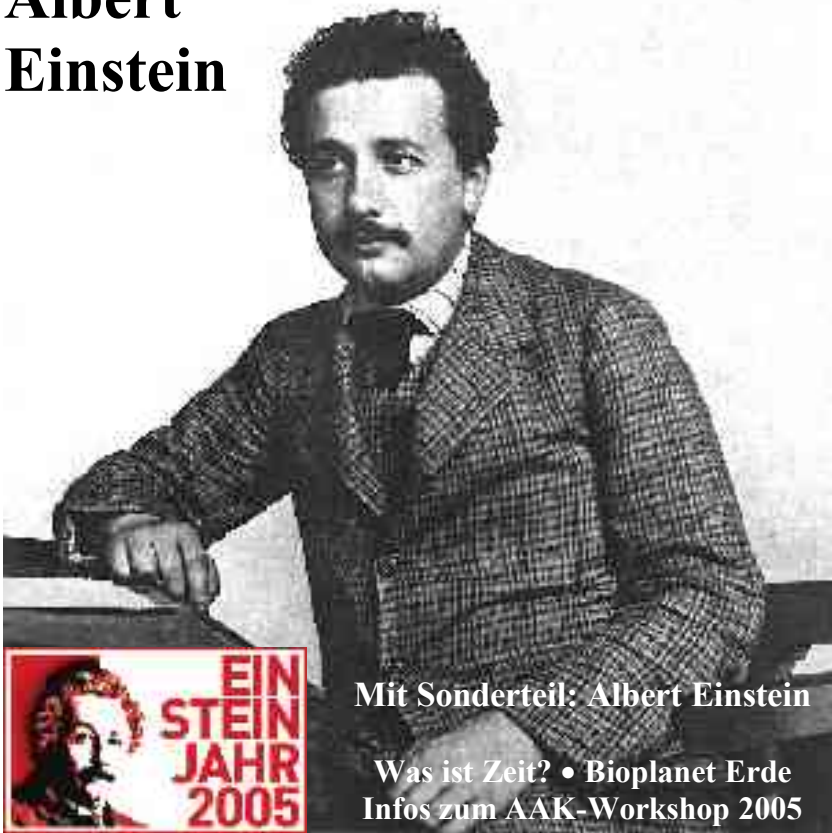
ASTRONOMISCHER ARBEITSKREIS KASSEL E.V.

33. Jahrgang

Nummer 98

April 2005

Albert Einstein



Mit Sonderteil: Albert Einstein

**Was ist Zeit? • Bioplanet Erde
Infos zum AAK-Workshop 2005**

Inhaltsverzeichnis

Klaus-Peter Haupt Liebe Mitglieder.....	3
---	----------

Berichte

Christian Hendrich Albert Einstein: Lebenslauf.....	4
Christian Hendrich Einstein schreibt.....	7
Klaus-Peter Haupt Was ist Zeit?.....	9
Christian Hendrich Relativ schnell durch Tübingen.....	19
Roland Hedewig Bioplanet Erde.....	21

Verschiedenes

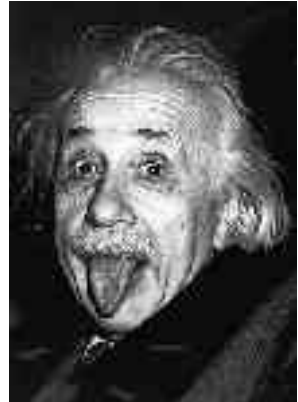
Klaus-Peter Haupt Workshop 2005: Was ist Zeit?.....	47
Christian Hendrich Beobachtungshinweise.....	52
Eva-Maria Kieselbach Neues aus der Bücherei.....	53
Friedrich Baum Pressespiegel.....	24
Unser Programm von April bis Juli 2005.....	54

Titelbild: Albert Einstein im Jahr 1905. Quelle: http://dbeveridge.web.wesleyan.edu/wescourses/2001f/chem160/01/Photo_Gallery_Science/Einstein/FrameSet.htm

Liebe Mitglieder.....

Unsere Vorträge und Veranstaltungen zum Einsteinjahr sind ein großer Erfolg, bis zu 200 Personen kommen zu den Vorträgen und die Veranstaltungen im Planetarium sind über Wochen ausgebucht.

Erfolg hatten auch unsere Mitglieder Heiko Engelke, Florian Grundmann und Mathias Sogorski, die zusammen mit ihren Teams beim Landeswettbewerb Jugend forscht 2005 erfolgreich waren. Mit insgesamt drei Teams in drei Fachbereichen war der PhysikClub vertreten, neben zwei dritten und einem zweiten Platz gab es auch noch den Schulpreis des hess. Kultusministeriums für den PhysikClub. Die Arbeiten der Jungforscher, zusammen mit den anderen Projekten, können sie am 30.6. und 1.7. in der Präsentation besichtigen.



Einstein am 14.3.1951, seinem
72. Geburtstag

Im Mai ist es wieder soweit: Ein neuer Workshop, mit der „alten“ Mannschaft, neuen Teilnehmer/innen und einem spannenden Thema verspricht genau so interessant und abwechslungsreich wie der letzte Workshop 2004 zu werden. Noch kann man sich anmelden...

Viel Spaß und vergessen Sie nicht: Fast alles ist relativ....

Ihr K.P. Haupt

Albert Einstein

Lebenslauf

zusammengestellt von Christian Hendrich

Albert wurde 1879 in Ulm als erster Sohn von Pauline und Hermann Einstein geboren. Er wuchs in einer jüdischen Mittelsstandsfamilie heran, die mit den zeitgenössischen Vorurteilen vertraut war.

Einstein sagte später: „Die Stadt der Geburt hängt dem Leben als etwas ebenso Einzigartiges an wie die Herkunft von der leiblichen Mutter. Auch der Geburtsstadt verdanken wir einen Teil unseres Wesens. So gedenke ich Ulm in Dankbarkeit, da es edle künstlerische Tradition mit schlichter und gesunder Wesensart verbindet.“

Die Familie zog bereits 1880 nach München, wo sein Vater und sein Onkel eine eigene Fabrik eröffneten. Hier kam auch Einsteins Schwester Maria 1881 zur Welt.

Seine zukünftige Karriere war in seiner Jugend nicht abzusehen.

So begann Albert erst mit drei Jahren zu sprechen, war jedoch in

der Schule - anders als von vielen Quellen gerne und oft falsch wiedergegeben - ein aufgeweckter und guter Schüler, auch wenn seine Noten in Sprachfächern nicht sonderlich überragend waren. 1884 begann er mit dem Violinespiel und erhielt Privatunterricht, bevor er im Jahr darauf in die Volksschule kam. 1888 besuchte er das Luitpold-Gymnasium. Um dem Armeedienst zu entgehen brach Einstein den Unterricht kurz vor dem Abitur 1894 ab und folgte der Familie, die inzwischen in Mailand lebte. Um studieren zu können, besuchte er 1895/96 die Kantonsschule in Aarau und holte dort das Abitur nach. Während dieser Zeit lebte er bei der Familie Winteler, deren Sohn Paul 1910, nach dessen Heirat mit Einsteins Schwester Maria, sein Schwager wurde.

Es lag ihm nicht, nur formales Wissen zu lernen, viel mehr regten ihn theoretisch-physikalische Denkprojekte an. 1896 bis 1900 studierte er an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich unter anderen mit Marcel Grossmann und Mileva Maric. Er verließ die Hochschule mit einem Diplom als Fachlehrer für Mathematik und Physik. Bereits 1896 hatte er die Staatsbürgerschaft des Deutschen Reiches aufgegeben und war danach zunächst staatenlos. 1901 wurde seinem Antrag auf die Schweizer Staatsangehörigkeit stattgegeben. Von 1902 bis 1909 war er im Schweizer Patentamt in Bern als Vorprüfer tätig. Am 6. Januar 1903 heiratete er seine langjährige Lebensgefährtin, die serbische Mathematikerin Mileva Maric, mit der er eine uneheliche Tochter Lieserl (* Januar 1902 mit Down-Syndrom) und die zwei Söhne Hans Albert (1904-1973) und Eduard (1910-1965) hatte.

Im Jahr 1905 veröffentlichte er im Alter von 26 Jahren einige seiner wichtigsten Werke:

- am 17. März 1905 seine Arbeit „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichts betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“ zum photoelektrischen Effekt;
- am 30. April 1905 reichte er seine Dissertation mit dem Titel „Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen“ (Buchdruckerei K.J. Wyss, Bern, 1905, Umfang 21 Seiten) an der Universität Zürich ein und erhielt daraufhin am 15. Januar 1906 einen Dokortitel in Physik;



Albert Einstein mit Schwester
Maria

- am 11. Mai 1905 seine Arbeit „Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen“ zur Brownschen Molekularbewegung;
- am 30. Juni 1905 die Abhandlung „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ mit dem Nachtrag vom 27. September 1905 „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?“. Dieser Nachtrag enthält zum ersten Mal die wohl berühmteste Formel der Welt, $E = mc^2$ (Energie = Masse \times Lichtgeschwindigkeit²). Diese beiden Arbeiten werden heute als spezielle Relativitätstheorie bezeichnet.



Diskussion an der Tafel

Das Jahr 1905 war also für Albert Einstein ein äußerst fruchtbares Jahr, man spricht auch vom Annus mirabilis. (Carl Friedrich von Weizsäcker schrieb darüber: 1905 eine Explosion von Genie. Vier Publikationen über verschiedene Themen, deren jede, wie man heute sagt, nobelpreiswürdig ist: die spezielle Relativitätstheorie, die Lichtquantenhypothese, die Bestätigung des molekularen Aufbaus der Materie durch die „brownsche Bewegung“, die quantentheoretische Erklärung der spezifischen Wärme fester Körper.)

Nachdem seine Habilitation an der Berner Universität 1907 zunächst abgelehnt wurde, erhielt er diese im Jahr darauf. 1909 folgte die erste außerordentliche Professur für theoretische Physik an der Universität Zürich. 1911 wurde er zum Professor an der deutschsprachigen Prager Universität berufen. Doch schon 1912 kehrte er nach Zürich zurück, wo er an der Eidgenössischen Technischen Hochschule forschte und lehrte.

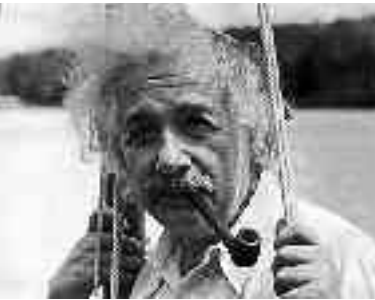
Anfang 1914 gelang es Max Planck, ihn nach Berlin an die Preußische Akademie der Wissenschaften zu holen, wo er 1917 Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts wurde (die Vorgängereinrichtung der Max-Planck-Institute). Seine Frau und Kinder, die ihn zuerst begleitet hatten, zogen bald wieder nach Zürich zurück. 1915 präsentiert Einstein seine Allgemeine Relativitätstheorie und betätigt sich als Pazifist während dem Ersten Weltkrieg. Mit der Zeit entfremdeten sich Albert und Mileva. Zwischen 1917 und 1920 pflegte seine Cousine Elsa Löwenthal (geb. Einstein; 1876-1936) den oft erkrankten Einstein und es entwickelte sich eine tiefere Beziehung, so dass Einstein sich Anfang 1919 von Mileva scheiden ließ, um kurze Zeit darauf Elsa zu heiraten. Diese brachte zwei Töchter mit in die Ehe.

Während dieser Zeit kam es auch zur Begegnung mit Max Wertheimer, dem Begründer der Gestalttheorie, was zu einem fruchtbaren Austausch zwischen den beiden Wissenschaftlern bis zum Tode Wertheimers führte. So verfasste Albert Einstein auch eine Einleitung zu Max Wertheimers Aufsätzen über Wahrheit, Freiheit, Demokratie und Ethik. Zunehmend begann er, sich auch zu politischen Fragen zu äußern.

Während einer Sonnenfinsternis am 29. Mai 1919 bestätigten Beobachtungen Arthur Eddingtons, dass das Schwerefeld der Sonne Licht so ablenkt, wie es die Allgemeine Relativitätstheorie vorhersagt. Diese Bestätigung seiner Theorie machte Einstein zu einer weltweiten Berühmtheit (Royal Academy: „Dieses Resultat ist eine der größten Errungenschaften des menschlichen Denkens“). 1921 wurde Albert Einstein mit dem Nobelpreis für Physik nachträglich für die Entdeckung des Fotoeffekts ausgezeichnet. Das Preisgeld ließ er seiner geschiedenen Frau und seinen Söhnen zukommen.

Am 2. April 1922 wurde ein Film uraufgeführt, in dem Einsteins spezielle Relativitätstheorie mit vielen Animationen dem Publikum verständlich gemacht werden sollte. Leider ist die deutsche Version dieses Filmes verloren gegangen. Nur noch eine englische Version, die anlässlich des Einsteinjahres 2005 restauriert wird, ist erhalten und soll ab Mai 2005 auf der Einsteinausstellung in Berlin dem Publikum vorgestellt werden. In der englischen Version sind Texttafeln eingefügt, während in der deutschen Version ein Wissenschaftler einen begleitenden Vortrag hielt und dabei den Film immer wieder anhielt. Mit ungefähr 50 Minuten Länge, die hauptsächlich aus Animationen bestehen, ist der Film wahrscheinlich der erste größere Animationsfilm der Welt. Produziert wurde der Film von der Abteilung Wissenschaftsfilm der Deutschen Lichtbild-Gesellschaft, unter der Leitung von Hanns Walter Kornblum.

Fortan war Einstein oft auf Reisen und hielt Vorlesungen auf der ganzen Welt. Zahlreiche Ehrendoktorwürden wurden ihm zuteil, darunter von der Princeton University, wo er später lehren sollte. 1932 ging er erneut auf eine Reise in die USA, kehrte aber, als Adolf Hitler an die Macht kam, nicht mehr zurück.



Einstein war leidenschaftlicher Segler

Einstein, der Jude war, siedelte 1933 ganz in die Vereinigten Staaten über und ließ sich in Princeton, New Jersey, nieder. Er brach sämtliche Kontakte nach Deutschland ab und sollte sein Heimatland nie wieder betreten (auch nach 1945 sagte er mehrfach: „Deutschland ist das Land der Massenmörder“). Das nationalsozialistische Regime in Deutschland bürgerte ihn 1934 aus.

1936 starb seine Frau Elsa. 1939 kam seine Schwester Maria (ihr Mann Paul hatte keine Einreisegenehmigung erhalten) zu ihm und wohnte bis zu ihrem Tod (1951) bei ihrem Bruder. 1940 erhielt Einstein zusätzlich die amerikanische Staatsbürgerschaft. Kurz vor Beginn des Zweiten Weltkriegs

hatte Einstein den Präsidenten Franklin D. Roosevelt in einem Brief vor der Möglichkeit einer Bombe neuen Typs gewarnt, von der der Verdacht bestand, dass Deutschland sie entwickle oder besäße. Daher regte er eine verstärkte US-amerikanische Forschung auf diesem Gebiet an (woraufhin die Entwicklung der Atombombe im Manhattan-Projekt begann, allerdings ohne Einsteins Mitwirkung, weil er als Sicherheitsrisiko angesehen wurde). Nach dem Krieg setzte er sich dann allerdings für internationale Rüstungskontrolle ein.

Die letzten eineinhalb Jahre seines Lebens verbrachte Einstein mit der Bibliothekarin Johanna Fantova, deren Tagebuch, das im Jahre 2004 entdeckt wurde, Aufschluss über Einsteins letzte Jahre gab. Er verglich sich demnach „mit einem alten Auto, das voller mechanischer Probleme ist“. Auch so kurz vor seinem Tod beschäftigte ihn noch der Weltfrieden und er unterzeichnete zusammen mit Bertrand Russell das Russell-Einstein-Manifest. Kurz vor seinem Tod gab er dem Wissenschaftshistoriker I. Bernard Cohen ein letztes Interview. Einstein starb am 18. April 1955 mit 76 Jahren in Princeton an inneren Blutungen im Bereich der Aorta.

Interessant ist, dass Einsteins Augen bei der Autopsie 1955 von dem Augenarzt Dr. Henry Abrams entnommen und in einem Bankschließfach aufbewahrt wurden. 1994 wurden sie auf einer Auktion versteigert. Der Biografie von Jürgen Neffe zufolge wurde auch das Gehirn entnommen, und zwar von dem Pathologen Thomas Harvey, der es in 200 Würfel zerteilte und privat aufbewahrte. 40 Jahre später händigte er es der Universität Princeton aus, seinem ehemaligen Arbeitgeber.

Einstein schreibt...

zusammengestellt von Christian Hendrich

...an die Violinistin Julia Niggli (1899):
Meine Geige muß ich jetzt natürlich liegen lassen. Die wird sich schön wundern, daß sie nie aus dem schwarzen Kasten genommen wird, sie glaubt vielleicht, sie hat einen Stiefpapa bekommen. Ich vermisse sie sehr die alte Freundin.



...an die Geliebte Mileva Maric (1901):
Mein liebes Miezchen! Besten Dank für deine Briefchen und alle treue Liebe, die drinsteckt. Sei herzlich dafür geküßt und gedrückt, grad so wie du's möchtest und wie's dir gehört, Liebe. (..) Ich werde hauptsächlich einen Versuch machen, in Italien eine Assistentenstelle zu bekommen. Erstens fällt nämlich hier eine Hauptschwierigkeit weg, nämlich der Antisemitismus, der mir in den deutschen Ländern ebenso unangenehm als hinderlich wäre, zweitens habe ich hier ziemlich Protektion (...) Du bist und bleibst mir ein Heiligtum.

...an den Kollegen Conrad Habicht (1905): Lieber Habicht! Was machen Sie denn, Sie eingefrorener Walfisch, Sie getrocknetes, eingebüchstes Stück Seele (...) Ich verspreche Ihnen vier Arbeiten dafür, von denen ich die erste in Bälde schicken könnte, da ich die Freixemplare baldigst erhalten werden. (...) Es grüßt Sie Ihr A. E. Freundlichen Gruß von meiner Frau und dem nun ein Jahr alten Piepsvogel.

...an den Freund Alfred Schnauder (1906/07): Mir geht es gut; ich bin ehrwürdiger eidgenössischer Tintenscheißer mit einem ordentlichen Gehalt. Deneben reite ich auf meinem alten mathematisch-physikalischen Steckenpferd und fege auf der Geige – beides in den engen Grenzen, welche mir meine 2-jähriger Bubi gesteckt hat.

...an die Ehefrau Mileva Maric (1914):

A. Du sorgst dafür

1. daß meine Kleider und Wäsche ordentlich im Stand gehalten werden.
2. daß ich drei Mahlzeiten im Zimmer ordnungsgemäß vorgesetzt bekomme (...)

B. Du verzichtest auf alle persönlichen Beziehungen zu mir, soweit deren Aufrechterhaltung aus gesellschaftlichen Gründen nicht unbedingt gegeben ist. Insbesondere verzichtest du darauf

1. daß ich zu Hause bei dir sitze
2. daß ich zusammen mit dir ausgehe oder verreise (...)



Mit Ehefrau Mileva Maric

...an den Kollegen Paul Ehrenfest (1914): Die internationale Katastrophe lastet schwer auf mir internationalem Menschen. Man begreift schwer beim Erleben dieser „großen“ Zeit, daß man dieser verrückten, verkommenen Spezies angehört, die sich Willensfreiheit zuschreibt. Wenn es doch irgendwo eine Insel für die Wohlwollenden und Besonnenen gäbe! Da wollte ich auch glühender Patriot sein.



...an die Preussische Akademie (1933): Die in Deutschland herrschenden Zustände veranlassen mich, meine Stellung bei der Preussischen Akademie der Wissenschaften hiermit niederzulegen. Die Akademie hat mir 19 Jahr lang die Möglichkeit gegeben, mich frei von jeder beruflichen Verpflichtung wissenschaftlicher Arbeit zu widmen. Ich weiß, in wie hohem Maße ich ihr zu Dank verpflichtet bin. Ungern scheidet mich aus ihrem Kreise, auch der Anregungen und der schönen menschlichen Beziehungen wegen, die ich während dieser langen Zeit als ihr Mitglied genoss.

...an den Gemeindevorsteher Isaac Hirsch (1946): Vielen Dank für Ihre freundliche Einladung. Obgleich ich so etwas wie ein jüdischer Heiliger bin, habe ich seit so langer Zeit keine Synagoge mehr besucht, daß ich fürchten muß, Gott würde mich nicht mehr erkennen.

...an den Physiker Max von Laue zur Feier „50 Jahre Relativitätstheorie“ (1955): Vor allem freut es mich, daß ich in diesem außergewöhnlichen Falle zu brüderlichem Zusammenwirken Veranlassung gewesen bin. - Alter und Krankheit machen es mir unmöglich, mich bei solchen Gelegenheiten zu beteiligen, und ich muß auch gestehen, daß diese göttliche Fügung für mich etwas Befreiendes hat. Alles, was irgendwie mit Personenkultus zu tun hat, ist mir immer peinlich gewesen. (...) So habe ich mich entschlossen, mich an diesen Veranstaltungen in keiner Weise zu beteiligen.



Fünf Nobelpreisträger: Nernst, Einstein, Planck, Millikan und v. Laue treffen sich anlässlich Millikans Besuch in Berlin

Was ist Zeit?

Klaus-Peter Haupt

Was ist Zeit? - Was ist Gravitation? - Was ist Kraft?

Physiker behaupten, dass sie solche Fragen eigentlich nicht beantworten können (wollen?), denn ihre Modelle können nur erfassen, was Gravitation bewirkt, wie die Wirkung einer Kraft aussieht und was unter dem Ablauf der Zeit geschieht. „Was ist...“ – Fragen zählen eher zur Metaphysik, sind aber der eigentliche Antrieb für die Arbeit der Physiker.

Also seien wir dem Selbstbild der Physiker gnädig, und fragen erst einmal, was alles unter dem Ablauf der Zeit geschieht:

- Die Evolution von Lebewesen, aber auch des Kosmos
- Die Zunahme der Entropie (Unordnung) im Kosmos
- Der Zugewinn an Information in Teilsystemen des Kosmos
- Die Zunahme von Komplexität in Teilsystemen des Kosmos

Ist die Zeit die Ursache dafür, so wie die Gravitation die Ursache für eine Fallbewegung ist? Oder offenbart sich in dem, was in der Zeit geschieht nur das Wesen der Zeit?

Steuert die Zeit die Entropiezunahme oder ist die Zeit nur eine Form unserer subjektiven Wahrnehmung der evolutionären Entwicklung des Kosmos, die durch die Expansion angetrieben wird? Ist die Zeit also eine Illusion?

Sind Raum und Zeit eigene Substanzen, also unabhängig von irgendwelchen anderen Objekten oder sind sie nur Hilfsmittel, mit denen wir Beziehungen zwischen Objekten beschreiben?

Ich glaube nicht, dass diese Fragen alle wirklich beantwortbar sind, aber einige Aspekte möglicher Antworten möchte ich im Folgenden beschreiben.

1. Natürliche Zeiten

Der Tag:

Wir teilen einen Tag in 24 Sonnenstunden ein, weil nach dieser Zeit die Sonne wieder im Süden steht. Die Erde dreht sich aber in $23^{\text{h}} 56^{\text{m}}$ um ihre Achse (dies ist ein Sternstag bzw. dies sind 24 Sternstunden). Der Unterschied zwischen Sternzeit und Sonnenzeit entsteht durch die Bewegung der Erde um die Sonne, weshalb wir nach einer Erdrotation zwar wieder einen bestimmten Stern in der gleichen Richtung sehen, uns aber noch knapp 4 Minuten weiterdrehen müssen, um wieder die Sonne in der Südrichtung zu sehen.

Das Jahr:

Wir zählen ein Jahr zu 365,25 Tagen und haben deshalb alle vier Jahre einen Schalttag (29.2.). Diesen Zeitraum nennt man das julianische Jahr.

Die Jahreszeiten werden durch das tropische Jahr bestimmt: Jeweils im Laufe des 21.3. steht die Sonne genau auf dem Himmelsäquator (Frühlingspunkt). Nach einem tropischen Jahr steht die Sonne wieder im Frühlingspunkt, da dieser aber wegen der Präzession der Erdachse der Jahresbewegung der Sonne am Himmel entgegenkommt, ist das tropische Jahr um 11 Minuten kürzer als das julianische Jahr. Zum Ausgleich werden alle 100 Jahre die Schalttage fortgelassen (Ausnahme z.B. 2000!). Dadurch weichen das julianische und das

tropische Jahr erst in 3300 Jahren um einen Tag voneinander ab, was für die Angleichung von Frühlingsgefühlen an den Kalender verschmerzbar ist.

Um zur wahren Umlaufzeit der Erde um die Sonne zu kommen (das siderische Jahr) muss man zum tropischen Jahr 20 Minuten und zum julianischen Jahr 9 Minuten hinzuzählen.

Der Monat:

Der Mond läuft in ca. 27,3 Tagen um die Erde (siderisches Monat). Da aber die Erde in dieser Zeit auch um die Sonne läuft, treten gleiche Mondphasen (z.B. zwei Vollmonde) erst im Abstand von 29,5 Tagen ein (synodischer Monat).

Die Sekunde:

Früher hat man die Sekunde als einen bestimmten Bruchteil des tropischen Jahres 1900 definiert. Inzwischen wird sie als Vielfaches der Schwingung eines Cäsiumatoms in einem bestimmten Zustand definiert. Dadurch sind hochpräzise Zeitmessungen möglich, da man alle Uhren mit solchen Atomuhren vergleichen kann. Nur dadurch funktionieren Positionsmessungen mit dem GPS – Navigationssystem oder der Nachweis relativistischer Effekte.

Eigentlich ist es verwunderlich, dass verschiedene periodische Vorgänge in der Natur zwar unterschiedliche Frequenzen haben, aber sich ihr Frequenzverhältnis nicht prinzipiell ändert. Alle Zeitmesser des Kosmos arbeiten zwar mit unterschiedlichen Takfrequenzen, sie laufen aber völlig gleichmäßig zueinander. Nur dadurch können wir bestimmte Taktfrequenzen aussuchen und damit Zeiten definieren und nur deshalb macht es überhaupt einen Sinn von der Zeit als einheitlicher Größe auszugehen.

Es gibt sie also, die Zeit!

Aber was ist Zeit?

2. Einsteins Antwort

Einsteins Antwort klingt banal: *Zeit ist das, was eine Uhr misst.*

Das klingt eigentlich wie ein Zirkelschluss (man nennt es auch eine zirkuläre Definition), denn um Zeit zu erklären, braucht man einen Zeitmesser.... Da aber alle Zeitmesser gleichmäßig, wenn auch mit verschiedenen Takten, zueinander laufen, scheint es die Zeit in der Realität zu geben und sie ist durch eine Uhr objektiv messbar.

Einsteins Beschäftigung mit der Zeit hat auch kulturelle Hintergründe: Mit dem Aufkommen des Eisenbahnverkehrs in Europa wurde es immer wichtiger, Uhren in verschiedenen Städten synchron laufen zu lassen. Noch in Einsteins Jugend hatten Kirchtürme mehrere Uhren, die die verschiedenen Zeiten der eigenen und der Nachbarstädte anzeigten. Schließlich gab es eigene Zeiten für größere Regionen und es gelang mit Hilfe komplizierter Dampfdrucksysteme die Uhren einer Stadt zu synchronisieren.

Und so konnte Einstein auf seinem täglichen Weg ins Patentamt von Bern auf allen Uhren die gleiche Zeit ablesen.

Das Messen von Zeit und das Synchronisieren von Uhren war also in Einsteins Jugend ein allgegenwärtiges Thema, das ihn sicher beim Aufbau der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) beeinflusst hat.

Und so liegt es nahe, dass auch Einstein sich damit auseinander gesetzt hat, und einen solchen Messvorgang mit Hilfe seiner berühmten Lichtuhr präzisiert hat. Dabei interessierte



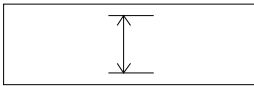
ihn, wie das Messen von Zeit aus verschiedenen, relativ zueinander bewegten, Bezugssystemen durchgeführt werden kann, insbesondere unter der (von ihm erstmals als Grundprinzip erkannten) Annahme, dass die Lichtgeschwindigkeit für alle Bezugssysteme, unabhängig von deren Bewegung, gleich groß ist.

In einem Eisenbahnwagen (unserem Bezugssystem K') befindet sich eine „Lichtuhr“: Ein Lichtstrahl läuft mit der Geschwindigkeit c zwischen zwei senkrecht zur Fahrtrichtung angebrachten Spiegeln hin- und her. Dafür benötigt er die Zeit $\Delta t'$.

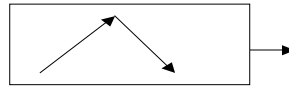
Nun fährt dieser Eisenbahnwagen mit der Geschwindigkeit v an einem auf dem Bahndamm (Bezugssystem K) stehenden Beobachter vorbei. Dieser sieht eine Zick-Zack förmige Ausbreitung des Lichtstrahls im Zug. Und da die Lichtgeschwindigkeit auch für den am Bahndamm stehenden Beobachter den Wert c hat, muss wegen des längeren Lichtweges die Zeit Δt für ein hin und her Reflektieren des Strahles vergehen.

Durch einfache Rechnungen erhält man:

$$\Delta t = \Delta t' / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$



Lichtuhr im Zug



Lichtuhr im bewegten Zug

Was bedeutet diese Formel?

$\Delta t'$ ist die Eigenzeit im Zug, sagen wir $\Delta t' = 1$ sec. Für eine Zuggeschwindigkeit $v = 0,9 c$ (also verdammt schnell!) misst dann der Beobachter am Bahndamm die Zeit $\Delta t = 2,3$ sec.

Der Beobachter am Bahndamm sieht also die Uhr im bewegten Zug langsamer laufen.

Einstein hat diesen Wahrnehmungseffekt als eine reale Verzögerung der Zeit im Zug interpretiert. Die Zeit in bewegten Systemen läuft wirklich langsamer ab (Zeitdilatation)

Aus der, durch Beobachtungen bestätigten, Annahme, dass die Lichtgeschwindigkeit in allen bewegten Systemen gleich groß ist, folgert Einstein also die Zeitdilatation bei Bewegung.

Bewegte Uhren gehen langsamer, nicht etwa weil der Mechanismus der Uhr durch die Bewegung beeinflusst wird, sondern weil die Zeit langsamer läuft.

Eine Konsequenz dieser Zeitdilatation ist die Relativität der Gleichzeitigkeit: Zwei im bewegten Zug gleichzeitig stattfindende Ereignisse können vom Bahndamm aus beobachtet nacheinander stattfinden. Die Gegenwart, das Jetzt, also die Menge aller zu einem Zeitpunkt stattfindenden Ereignisse, ist also vom Beobachter und seiner Bewegung abhängig. Es gibt kein allgemeines kosmisches „Jetzt“. Einstein hat deshalb das Jetzt als eine Illusion bezeichnet.

Je schneller sich also ein Objekt bewegt, desto langsamer verläuft die Zeit dieses Objektes. Die Zeitdilatation steigt bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit ins Unendliche, für Photonen, die ja Lichtgeschwindigkeit besitzen, gibt es keinen Zeitablauf.

In der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) hat Einstein auch erkannt, dass die Zeit nicht nur durch die gleichförmige Bewegung, sondern auch von Beschleunigungen, d.h. von der Schwerkraft, also der Raumstruktur bestimmt ist: Je stärker die Gravitation ist, also die Krümmung des Raumes, desto langsamer verläuft die Zeit. Am Horizont eines Schwarzen Loches steht die Zeit still und auf der Sonnenoberfläche dauert wegen der gravitativen Zeitdilatation ein Jahr 64 Sekunden länger als auf der Erde.

Die durch SRT und ART bestimmten Zeitdilatationen sind inzwischen experimentell äußerst präzise gesichert: Die Verlangsamung der Zeit bei bewegten Atomuhren oder das Schnelleregehen der Zeit bei Atomuhren auf hohen Bergen (wegen des schwächeren Gravitationsfeldes) lässt sich sehr gut in Übereinstimmung mit SRT und ART messen und ohne Berücksichtigung dieser Effekte würde kein Satellitennavigationssystem richtig funktionieren!

3. Das Raum-Zeit-Kontinuum

In der klassischen Newtonschen Vorstellung sind Raum und Zeit entkoppelt: Eine Bewegung durch den Raum hat nichts mit einer Bewegung durch die Zeit zu tun und umgekehrt. Einstein dagegen spricht von der Raum-Zeit, also einem gekoppeltem Gebilde, in dem Raum und Zeit gleichberechtigt sind und nicht unabhängig voneinander sind. Mathematisch kann man dies beschreiben, in dem man die Raum-Zeit durch einen vierdimensionalen Vektor (ein Zahlenschema) charakterisiert: $(x, y, z, i \cdot c \cdot t)$. Hierbei sind x , y und z die gewöhnlichen Raumkoordinaten. $c \cdot t$ ist die Strecke, die ein Lichtstrahl in der Zeit t zurücklegt und i ist die (komplexe) Zahl, für die $i^2 = -1$ ist. Die Größe $i \cdot c \cdot t$ verhält sich nun beim Wechsel der Bezugssysteme genau so wie jede der drei Raumkoordinaten.

Die Größe $\sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - c^2 \cdot \Delta t^2)}$ bezeichnet den raum-zeitlichen Abstand zweier Ereignisse, der bei einem Wechsel der Bezugssysteme unverändert bleibt, also nicht von der Wahl des Beobachters abhängt (man bedenke aber, dass in der SRT Beobachter nur gleichberechtigt sind, wenn sie sich relativ zueinander mit konstanter Geschwindigkeit bewegen.)

Was bedeutet das anschaulich?

Die gesamte Bewegung eines Objektes durch die Raum-Zeit ist immer konstant und kann beliebig auf Raum und Zeit aufgeteilt werden. Also: Wenn ich an einem Ort still stehe, erfolgt meine gesamte Bewegung durch die Raum-Zeit nur durch die Zeit. Ich empfinde dieses als das normale mir wohl vertraute Verstreichen der Zeit.

Nun mache ich einen Spaziergang, bewege mich also durch den Raum. Dann muss ich einen Teil meiner Raum-Zeit-Bewegung (die ja immer gleich bleibt) auf die Raumbewegung umlenken, so dass sich mein Vorankommen in der Zeit verlangsamt. Je schneller ich mich durch den Raum bewege, desto langsamer verläuft für mich die Zeit. Das ist die berühmte Zeitdilatation.

Die schnellste Bewegung durch den Raum ist die mit Lichtgeschwindigkeit. Das „verbraucht“ meine gesamte Raum-Zeit-Bewegung und die Zeit bleibt für mich stehen.

An den Beispielen wird deutlich, dass die Bewegung durch die Raum-Zeit eine absolute Bewegung ist. Zeit allein ist relativ (sie hängt von der Bewegung des Beobachters durch den Raum ab), Raum allein ist auch relativ. Aber die Raum-Zeit ist ein absolutes Gebilde, das für alle zueinander gleichförmig bewegte Beobachter gleich und unveränderlich ist. Die Raum-Zeit ist die grundlegende Ursubstanz unseres Kosmos.

Eine absolute Bewegung in der Raum-Zeit wird relativ, wenn ich sie in eine raumartige und eine zeitartige Bewegung aufteile: Je größere die raumartige Veränderung ist, desto geringer ist die zeitartige Veränderung. Ruhende Körper haben die stärkste zeitartige Veränderung, mit Lichtgeschwindigkeit bewegte Körper die stärkste raumartige Veränderung.

Wie kann ich nun am besten diese absolute Raum-Zeit erfahren?

Die vom Urknall stammende Reststrahlung (die berühmte 3K-Strahlung, also die kosmische Hintergrundstrahlung) ist so gleichmäßig (Abweichungen liegen weit unterhalb von 10^{-5} K,

obwohl diese die Keime der Galaxienbildung darstellen) über den Himmel verteilt, dass man relativ zu ihr näherungsweise die Raum-Zeit definieren kann. Nur deshalb ist es sinnvoll von dem Alter des Universums zu sprechen.

Wenn man sich aber (in Gedanken) zeitlich dem Urknall annähert, wird die Raum-Zeit verändert: Durch die immens ansteigende Gravitation wird der Raum „verbogen“ und die Zeit verlangsamt sich, und zwar um so mehr, je näher man sich dem Urknall zeitlich annähert.

Ist der Kosmos gemessen an seiner eigenen Zeit unendlich alt? Hat er also schon immer existiert und ist deshalb die Frage nach dem Anfang sinnlos?

Oder zerfällt die Raum-Zeit unter der starken Gravitation in Raum-Zeit-Quanten, die keine Zeitrichtung mehr beinhalten? Und wenn die Richtung der Zeit in der Nähe des Urknalls unbestimmt wird, kann man dann noch von einem Anfang sprechen?

4. Was Kant nicht kannte

Für Kant war die Zeit ein absoluter Hintergrund, vor dem sich die Ereignisse der Welt abspielen. Die Zeit liegt a priori allen Erfahrungen zu Grunde, ohne Zeit kann es keine Erfahrungen geben. So muss nach Kant die Entstehung des Kosmos ein Vorgang in der Zeit sein. Und da die Zeit dann keinen Anfang und kein Ende hat, ist die Frage nach dem Zustand der Welt vor ihrer Entstehung durchaus erlaubt.

Und das bietet natürlich tolle Schlupflöcher für religiöse Weltdeutungen und in so fern ist die klassische newtonsche Physik, die den kantschen Zeitbegriff benutzt, eine religiöse Physik.

Bewegungen und Veränderungen finden in der Zeit statt, die als transzendenter (d.h. die Erfahrung übersteigender) Teil der physikalischen Realität angesehen wird.

Dem stehen modernere Auffassungen gegenüber:

Danach ist die Zeit ein nachgeordneter Begriff, der sich vollständig aus physikalischen Vorgängen herleiten lässt. Die Zeit ist deshalb zusammen mit dem Kosmos entstanden, ein „Vorher“ kann es somit nicht geben.

Zeit ist durch Bewegungen und Veränderungen der Dinge definierbar, somit nicht transzendent, sondern an die Dinge, die Natur des Kosmos geknüpft. Dies entspricht den Ideen von Einstein und Leibniz, die beide aber eine universelle, kosmische Zeit ablehnen.

Dem steht die Ansicht von Newton gegenüber, die auch dem Umgang der modernen Quantenmechanik mit der Zeit entspricht: Es gibt eine absolute und universelle Zeit, die mit einer außerhalb eines Systems befindlichen Uhr gemessen werden muss.

Eine solche Uhr kann es für den Kosmos nicht geben, da der Kosmos alles ist, was existiert und somit auch nichts außerhalb sein kann. Trotzdem bezieht man Zeiten auf das Bezugssystem der kosmischen Hintergrundstrahlung, aber wohl wissend, dass man dadurch eine Vergleichszeit für Systeme im Kosmos aber keine exakte kosmische Zeit definieren kann.

Die Temperatur der Hintergrundstrahlung ändert sich durch die Expansion. Kann man daran den Lauf der Zeit erkennen?

Welche anderen Aspekte der Natur legen den Zeitablauf, insbesondere die Richtung der Zeit fest?

Aber könnte es nicht auch sein, dass die Zeit nur konstruiert ist, also ein Produkt unseres Geistes?



5. Die subjektive Zeit

Unsere Sinneswahrnehmungen sind nicht kontinuierlich, aber unser Gehirn verbindet die einzelnen Wahrnehmungen zu (scheinbar) kontinuierlichen Abläufen. Dabei werden alle innerhalb von 33 msec liegenden Inputs zu einer Gegenwart zusammengefasst. Durch diese Konstruktion einer Gegenwart gleicht das Gehirn unterschiedlich schnell ausbreitende Sinnessignale aus.

Nur durch unser Gedächtnis können wir Gewesenes erkennen und mit dem Gewordenen vergleichen, also die konstruierte Gegenwart mit der erinnerten Vergangenheit verbinden. Deswegen kann das subjektive Zeiterleben eines Menschen erst beginnen, wenn sich das episodische Gedächtnis ausgebildet hat, also im Alter von 1...2 Jahren. In diesem Alter beginnt auch erst die Entwicklung des Ich – Bewusstseins des Menschen, das uns die Illusion einer den Organismus bestimmenden autonomen Substanz gibt.. Und erst dann können wir von einer Zeitempfindung sprechen.

Unabhängig davon besitzen alle Organismen natürlich biologische Zeittakte, die schon innerhalb einer Zelle durch ein Nacheinander bestimmter chemischer Prozesse ausgebildet werden. Nur durch diese Taktung können die komplexen Vorgänge im Inneren eines Organismus und dessen Wechselwirkung mit der Außenwelt gesteuert werden.

Damit wir überhaupt einen Zeitablauf, d.h. Veränderungen erkennen können, benötigen wir ein nicht chaotisches und nicht im Gleichgewichtszustand befindliches System. Ein chaotisches System, das im thermischen Gleichgewicht ist, besitzt keine Formen und Strukturen, die einzigen Veränderungen, die es gibt, sind die der ungeordneten Atombewegungen. Da diese aber zufällig ablaufen und im thermischen Gleichgewicht im Mittel unveränderlich sind, gäbe es in einem solchen System keine Uhr, mit der man eine Zeit messen könnte.

Aber jedes ausreichend komplexe und vom Gleichgewichtszustand entfernte System kann als Uhr dienen und Relationen zwischen sich und verschiedenen Zuständen der Umgebung beschreiben. Genau so werden physikalische Systeme als Uhren eingesetzt und genau so entsteht unser subjektives Zeitempfinden: Organismen sind nämlich genügend komplex und auf keinem Fall in einem thermischen Gleichgewicht.

Die von uns wahrgenommene Entwicklung von Systemen und vom Kosmos scheint letztlich einer bestimmten Richtung zu unterliegen. Ist dies die Richtung der Zeit(illusion)?

6. Der Zeitpfeil

Viele Ereignisse und Abläufe in der Natur scheinen der Zeit eine bestimmte Richtung zu geben:

- Ein Glas, das von einem Tisch auf den Boden fällt, zerbricht. Der umgekehrte Vorgang, Scherben verbinden sich zu einem Glas und das steigt auf einen Tisch, ist physikalisch nicht verboten, er tritt nur nicht auf (leider...).
- Der Kosmos expandiert. Die Abstände zwischen den Galaxien werden größer.
- Aus der nahezu homogenen Urknallenergie werden immer komplexere Strukturen.
- Die Information, die in Teilstrukturen des Kosmos gespeichert ist, nimmt immer mehr zu.
- Die Ordnung in Teilsystemen des Kosmos nimmt zu, die Ordnung im gesamten Kosmos nimmt ständig ab.

Physiker vermuten, dass sich die Richtung der Zeit durch die Entropie beschreiben lässt.

Was ist Entropie?

Sie ist das, was wir in der Umgangssprache mit „Wärme“ bezeichnen. Entropie ist ein Träger von Energie und in diesem Fall ist es die Wärmeenergie.

Wärmeenergie ist entwertete Energie, also Energie, die sich nicht mehr ohne weiteres in Arbeit umwandeln lässt. Je mehr Wärmeenergie ein System enthält, desto größer ist die Unordnung in diesem System, die eben ein Maß für die Entropie ist. Die Unordnung eines Systems ist hoch, wenn es viele Möglichkeiten gibt, das System aus seinen Teilen her zusammen zu setzen und zu beschreiben. Ein Papierhaufen aus vielen einzelnen Papierschnitzeln besitzt eine hohe Entropie, weil ich ihn auf viele unterschiedliche Weisen aus den Papierschnitzeln zusammenlegen kann.

Nehmen wir weitere konkrete Beispiele:

Im Inneren der Sterne entsteht Energie in Form von ganzen Energiepaketen, den Photonen, der Größe z.B. 1 MeV. Ein solches Photon kann man nicht sehr in Unordnung bringen, die Entropie ist sehr niedrig. Wenn die Energie schließlich an die Sternoberfläche kommt, ist sie in viele kleine Energiepakete zerlegt, z.B. in eine Millionen Photonen von je 1 eV. Und dieses System aus vielen Photonen an Stelle von einem kann ich nun kräftig durcheinander bringen, es hat eine hohe Entropie.

Sterne sind also Entropieerzeuger, Menschen übrigens auch, denn Organismen zerlegen die eV – Energiepakete weiter in meV – Pakete.

Entropie wird in Carnot gemessen: 1 Ct = 1 J/K. 1 cm³ Wasser bei 25⁰C hat eine Entropie von 3,88 Ct.

Das sagt uns erst dann etwas, wenn wir Entropie in bit messen, d.h. die Entropie als Information über das System auffassen. Hat ein System eine hohe Entropie, so benötige ich viele Informationen, um das System vollständig zu erfassen. 1 Ct entspricht 1,045*10²³ bit, d.h. der erwähnte Wassertropfen besitzt eine Entropie von 4,0533*10²³ bit. Diese riesige Informationsmenge wird verständlich, wenn man bedenkt aus wie viel Molekülen der Wassertropfen zusammengesetzt ist.

Nun kommen wir zurück zur Richtung der Zeit:

Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre besagt: In einem abgeschlossenen System kann die Entropie von allein nur zunehmen. Die Entropie eines Systems ist maximal, wenn es in einem Gleichgewichtszustand ist.

Entropie kann also nicht einfach vernichtet werden, d.h. Vorgänge, bei denen Entropie erzeugt wird, sind nicht einfach umkehrbar. Wenn ein Glas zerbricht, dann hat die Entropie durch die vielen Scherben zugenommen. Von allein setzen sich die Scherben nicht zu einem Glas zusammen, da ja die Entropie abnehmen würde.

Wenn ich jedoch die Scherben auflese, zusammenfüge und zusammenklebe, so nimmt insgesamt trotzdem die Entropie zu (denn ich hab mich anstrengen müssen, also Wärmeenergie abgegeben und auch beim Aushärten des Klebers ist Wärmeenergie entstanden). Die Zunahme der Entropie bei natürlichen Prozessen scheint die Richtung der Zeit festzulegen.

Der Anfang der Zeit war ein Zustand mit extrem kleiner Entropie, hochgeordnete Energie: der Urknall. Die größte Entropiezunahme gab es unmittelbar nach dem Urknall bei der Entstehung von Materie und Strahlung. Noch heute steckt die meiste Entropie des Kosmos in den Photonen der 3 K Hintergrundstrahlung (400 Photonen /cm³) und in den Neutrinos aus der Urknallphase (300 Neutrinos pro cm³), da die von Sternen erzeugten Photonen im Mittel nur mit der Häufigkeit von 0,04 /cm³ vorhanden sind.

Wir leben in einem Universum, das aus einem extrem niederentropischen Zustand, dem Urknall, sehr schnell in einen hochentropischen Zustand gewechselt ist und nun schon fast seine maximale Entropie erreicht hat.

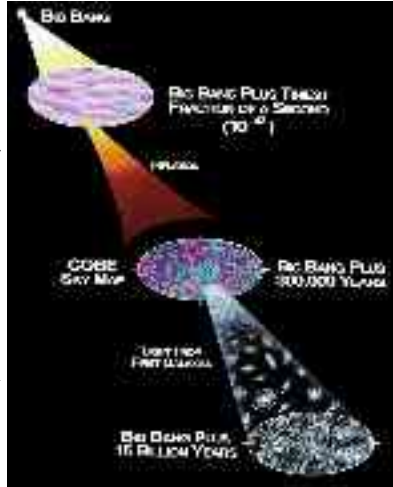
Natürlich wird die Entropie des Kosmos weiter zunehmen, aber verglichen mit der Entropiezunahme unmittelbar nach dem Urknall ist das jetzt bedeutungslos.

Wenn die Entropiezunahme die Richtung der Zeit bestimmt, kann man über die Rate der Entropiezunahme den Zeitablauf festlegen? Niemand weiß es, nur wenn dies möglich ist, dann wäre die Zeit nicht etwas gleichmäßig Ansteigendes, sondern durch die Evolution des Kosmos bestimmt und der Zeittakt abhängig vom Evolutionszustand des Universums.

Dies entspricht qualitativ auch den Aussagen der Relativitätstheorie: Durch die hohe Gravitation am Anfang des Kosmos, ist dort die Zeit gedehnt und zwar um so stärker, je näher man am Urknall ist.

Ein seltsamer Gedanke: Je näher wir dem Urknall in der Raum-Zeit kommen, desto weiter rückt er in der

Zeit von uns fort und bleibt letztlich für unsere zeitlichen Betrachtungen unerreichbar. Würden wir in einer gigantischen Zeitmaschine uns in der Raum-Zeit immer mehr dem Urknall nähern, so würden unsere Uhren immer langsamer gehen. Und wenn die Überlegungen einiger Physiker richtig sind, dann würde unmittelbar vor dem Zeitpunkt 0 der Urknall nicht nur in unerreichbare Vergangenheit rücken, mehr noch, die Zeiger der Uhren würden ziellos und zufällig hin- und her springen. Die Zeit hätte keine Richtung mehr und würde ihre Bedeutung aufgeben. Statt der geordneten Zunahme der Entropie wie in späteren Zeiten würde sich die Raum-Zeit in gequantelte zufällige chaotische Elemente auflösen.



7. Die zeitlose Quantenwelt

Unser Gehirn konstruiert aus den Sinneswahrnehmungen eine Wirklichkeit, deren Übereinstimmung mit der Realität nicht überprüfbar ist. Dies merken wir vor allem in der Welt der Quanten. Hier gibt es Erscheinungen ohne Ursachen, Zusammenhänge von räumlich getrennten Teilchen, zeitloses Durchtunneln von Hindernissen und vieles mehr. Durch Wechselwirkungen der Quantenobjekte untereinander (Dekohärenz) bildet sich unsere makroskopische Welt als emergente Eigenschaft der Mikrowelt.

Und so könnte auch die Kontinuität von Raum und Zeit entweder ein Konstrukt unseres Gehirnes oder zumindest eine sich erst bildende Eigenschaft der Makrowelt sein.

Für Zeiten unter 10^{-40} Sekunden und Distanzen unter 10^{-30} Metern könnten untereinander getrennte Raum-Zeit-Quanten existieren, in denen dann die Richtung der Zeit aufgehoben wäre. Die Bedeutung von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in diesem Quantenkosmos existiert dann nicht mehr. Interessant in diesem Zusammenhang ist, dass der mathematische Formalismus der Quantenmechanik für alle klassischen physikalischen Größen außer gerade der Zeit sog. Operatoren kennt, das sind Rechenvorschriften, die Quantenzustände ineinander überführen. Es gibt seltsamerweise keinen Zeitoperator in der Quantenmechanik.

8. Die Zeit als Dimension: Zeitreisen

In Abschnitt 3 haben wir die Zeit als Dimension kennen gelernt. Während wir uns in den drei räumlichen Dimensionen beliebig und ohne Einschränkung bewegen dürfen, ist uns

dies für die Zeit versagt. Unsere Bewegung durch die Zeit scheint eingeschränkt zu sein. Reduzieren wir die Anzahl der Raumdimensionen in einem Gedankenexperiment auf zwei, denken wir uns also Flächenwesen, die sich beliebig auf einer Fläche bewegen können. Wenn diese Fläche in eine höhere Dimension gekrümmt ist, dann findet jede Bewegung in der Fläche auch innerhalb der höheren Dimension (hier der Tiefe) statt. Die Form der Fläche, die Krümmung innerhalb des dreidimensionalen Raumes, bestimmt aber die Bewegung durch die dritte Dimension. Wenn die Flächenwesen an die Erdoberfläche gebunden sind, dann können sie nur auf dieser Fläche die Tiefe des Raumes erfahren. Ist unsere Bewegung durch die Zeit dadurch bestimmt, dass wir nur eine Projektion, einen Aspekt der vierten Dimension Zeit in unserer dreidimensionalen Welt erleben? Sind also die Richtung der Zeit und die Unmöglichkeit sich frei durch die Zeit zu bewegen die Folge eines Projektionseffektes?

Existieren in der Raum-Zeit alle Ereignisse und Zustände immer? Wir erleben sie nur in einer bestimmten Folge, die wir als Zeitablauf interpretieren? So wie alle Höhen und Tiefen der Erdoberfläche für unser Flächenwesen wegen der eingeschränkten Bewegung in der dritten Dimension nur nacheinander erfahren werden können, aber nie gleichzeitig erlebt und gesehen werden können, da sie sich nicht in die dritte Dimension erheben, sich von der Oberfläche entfernen können.

Was würde ein solcher Gedanke für mögliche Zeitreisen bedeuten?

Es soll hier nicht näher auf die physikalischen Möglichkeiten und Unmöglichkeiten von Zeitreisen eingegangen werden. Wie auch immer physikalisch realisiert, benötigt eine Zeitmaschine einen Einstieg und einen Ausstieg. Den Ausstieg muss ich in meiner Gegenwart aufbauen, und dann kann ich irgend wann in meiner Zukunft, nachdem ich dort auch den Einstieg aufgebaut habe, zurück in die Zeit und den Ort des vorhandenen Ausstiegs.

Eine sehr eingeschränkte Form einer Zeitreise.

Aber trotzdem lässt sich auch daran ein Paradoxon entwickeln, das allgemein als Begründung für die Unmöglichkeit von Zeitreisen angenommen wird:

Nehmen wir an, nicht ich, sondern mein Großvater hätte das Ausstiegszeittor gebaut und mir verraten, wie ich das Einstiegstor konstruieren soll (das ist leider nur ein Gedankenexperiment). Dann könnte ich in die Zeit meines Großvaters zurückreisen und meinen Vater zeugungsunfähig machen (man muss ja nicht gleich töten...). Dadurch hat mein Vater mich nie zeugen können, mich gibt's also nicht, also bin ich auch nicht in die Vergangenheit zurückgereist, also gab es doch die entscheidenden Sekunden meiner Erzeugung, na ja und dann könnte ich ja....

Dieses Paradoxon setzt voraus, dass die Raum-Zeit nachträglich geändert werden kann. Und das ist sicherlich zu voreilig:

Die Raum-Zeit ist absolut und unveränderlich für alle Beobachter. Wir durchleben sie nur in einem Prozess, den wir als Nacheinander, als Zeitablauf beschreiben. Schon als mein Vater durch das Ereignis der Raum-Zeit ging, in dem ich, bereit zu allen Untaten (?) auftauchen sollte, war ich schon da. Es gibt keine Variante der Raum-Zeit, in der erst mein Vater ohne mein Auftauchen existierte, weil ich erst später zu meiner Zeitreise aufgebrochen bin. Sondern mein Vorhandensein zu meines Vaters Jugend war schon immer ein Bestandteil der Raum-Zeit. Und natürlich kann ich nicht in die Entwicklung der Raum-Zeit eingreifen, denn diese ist absolut und unveränderlich. Und damit kann auch nicht nachträglich vor meiner Geburt eine Sterilisation meines Vaters durch mich erfolgen.

Und jetzt kommt ein Einwand derjenigen, die gerne dieses Paradoxon so hätten, wie es immer erzählt wird: Ich könnte mich doch bei meiner Ankunft in der Vergangenheit kraft

meines freien Willens entschließen, die Sterilisation (meines Vaters) durchzuführen. Und hier möchte ich mich einem Argument von Brian Greene anschließen: Dazu müsste es den freien Willen geben, der über die physikalische Struktur und die physikalischen Prozesse des Kosmos hinaus physikalische Handlungen verursachen kann. Der freie Wille, als Folge meines Geistes, wäre eine den physikalischen Prozessen der Raum-Zeit übergeordnete Instanz.

Und das, so bin ich mir sicher, ist nicht der Fall. Der freie Wille ist eine Wahrnehmung von physikalisch determinierten Entscheidungen des Organismus Mensch, der konform mit der Illusion des Selbstbewusstseins, des Ichs, Autonomie dieses Ichs vorspiegelt. Die Entscheidungen meines Organismus unterliegen aber den Gesetzen der Raum-Zeit und nicht den Vorgaben eines illusionären Ichs. Die Kausalität bei Zeitreisen ist durch die Gesetze der Physik gesichert, denn:

Der freie Wille ist eine Illusion, genau so wie die Zeit.

Literaturhinweise:

- Henning Genz: Wie die Zeit in die Welt kam (Die Entstehung einer Illusion aus Ordnung und Chaos), rororo science 1996
- Hans Jörg Fahr: Zeit und kosmische Ordnung, dtv 1995
- Klaus Mainzer: Zeit, Becks Wissen 1999
- Peter Spork: Das Uhrwerk der Natur, rororo science 2004
- Phänomen Zeit, Spektrum der Wissenschaft Spezial, 2003
- Brian Greene: Der Stoff aus dem der Kosmos ist, Siedler, 2004

Impressum

Die KORONA wird herausgegeben vom Astronomischen Arbeitskreis Kassel e.V. (AAK) und kostenlos an die Mitglieder und befreundete Vereine im Austausch mit deren Mitteilungen verteilt.

Redaktion: alle Autoren

Zusammenstellung: Christian Hendrich

Druck: Druckerei Bräuning & Rudert OHG, Espenau

Auflage: 400

Redaktionsschluß dieser Ausgabe: 25.03.2005

Redaktionsschluß der kommenden Ausgabe: 01.08.2005

Die Artikel können an den Vereinsabenden in der Albert-Schweitzer-Schule abgegeben oder an Christian Hendrich, Kölnische Straße 52, 34117 Kassel, Tel. 0178-7772666 bzw. 0561-7015680 gesendet werden. Es werden nur Dokumente in elektronischer Form unterstützt, die entweder per e-Mail an: christian@hendrich.org oder CD-Rom an obige Anschrift gesandt werden. Als Dateiformate werden Richtext (.rtf), MS Word (.doc), Staroffice (.sdw) sowie Openoffice unterstützt. Als Seitenformat muß DIN A5 und als Schriftgröße 9 Punkt gewählt werden. Abbildungen sollten idealerweise mit 300 dpi eingescannt werden, alle gängigen Bild-Dateiformate (mit ausreichender Qualität) werden akzeptiert.

Relativ schnell durch Tübingen

Christian Hendrich

Auf der diesjährigen Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin nahm ich an einem Abendvortrag von Prof. Dr. Hanns Ruder von der Uni Tübingen teil. Der Titel „Einsteins Holodeck: Visualisierung relativistischer Effekte“ ließ schon erahnen, daß es amüsant würde. Prof. Ruder, der auch Gastredner beim diesjährigen AAK-Workshop ist (siehe Seite) ist privat bekennender Star-Trek-Fan und Astronom. Beruflich befaßt er sich u.a. mit der Visualisierung der allgemeinen und der speziellen Relativitätstheorie (SRT) sowie der Simulation von schwarzen Löchern und Pulsaren.

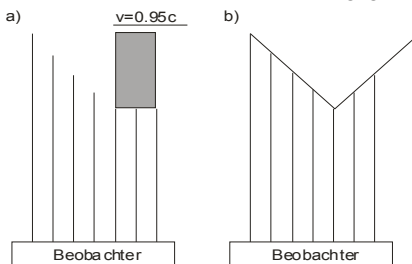
Wie sieht nun ein ruhender Betrachter einen mit Lichtgeschwindigkeit bewegtes Objekt? Dazu werden die recht einfachen Gleichungen der speziellen Relativitätstheorie (SRT) konsequent angewandt und mit Hilfe von Computern unter Verwendung aktueller Grafiksoftware, wie man sie aus 3D-Spielen kennt, visualisiert. Das physikalische Ergebnis dieser Simulationen ist überhaupt nicht intuitiv.

1. Drehung: Ein Ergebnis der SRT ist z.B., daß alle Gegenstände parallel zu ihrer Bewegungsrichtung verkürzt werden. Dies ist zwar richtig, allerdings wird man es nicht so wahrnehmen können. Betrachten wir einen Würfel, der mit $0,95c$ an uns vorbeifliegt und uns Seite 2 zuwendet. Um sich ein Bild eines solchen Würfels zu machen, kann man die sog. Raytracing-Methode verwenden. Dabei kann man entweder die Lichtstrahlen vom Beobachter ausgehen lassen oder vom beobachteten Körper. Berücksichtigt man, wie weit sich das Licht während eines Zeitschritts ausgebreitet hat und wo sich danach der Würfel befindet so kann man sich ein scheinbares Bild des schnell bewegten Objekt machen. So kann man sich leicht



Würfel mit $0,95c$ (oben) fliegt entlang einer Reihe ruhender Würfel (unten)

klar machen, daß die Komponente des Lichtes parallel zu Bewegungsrichtung des Würfels kleiner als $0,95c$ ist uns somit vom Würfel eingeholt wird. Daher bekommen wir Seite 3 nie zu sehen. Licht von Seite vier hingegen kann uns erreichen, da der Würfel rechtzeitig aus der Sichtlinie gefolgt ist. Wichtig ist, nur die Lichtstrahlen zu betrachten, die gleichzeitig beim Beobachter ankommen. So entsteht letztendlich der Effekt einer scheinbaren Drehung, welcher u.a. dazu führt, daß die Längenkontraktion nicht visuell wahrgenommen werden kann.

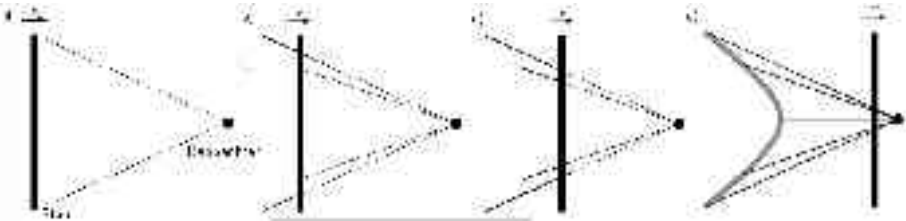


a) gleichzeitig beim Beobachter ankommende Lichtstrahlen, b) scheinbare Würfeloberfläche

der Sichtlinie gefolgt ist. Wichtig ist, nur die Lichtstrahlen zu betrachten, die gleichzeitig beim Beobachter ankommen. So entsteht letztendlich der Effekt einer scheinbaren Drehung, welcher u.a. dazu führt, daß die Längenkontraktion nicht visuell wahrgenommen werden kann.

2. Verzerrung: Der obengenannte Effekt der Drehung gilt genau genommen nur für weit vom Beobachter entfernte Objekte. Sind die Objekte nah am Beobachter so kommt es zusätzlich zur Verzerrung. Diesen Effekt kann man sich anhand

eines senkrecht zur Bewegungsrichtung ausgerichteten Stabes, der sich auf einen zubewegt, klar machen. Auch in diesem Fall werden nur die gleichzeitig beim Beobachter ankommenden Lichtstrahlen betrachtet. Die von den äußeren Stabenden ausgesandten Strahlen haben die kleinste Geschwindigkeitskomponente parallel zur Bewegungsrichtung, folglich



a)-c) Lichtaussendung des Stabes zu verschiedenen Zeitpunkten. Durchgezogene Linie: bereits vom Licht zurückgelegte Strecke, gestrichelte Linie: noch zurückzulegende Strecke. d) Das scheinbare Bild des Stabes hat die Form einer Hyperbel.

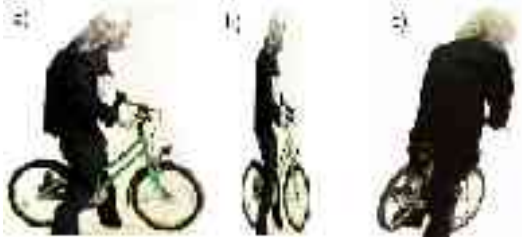
muß das Licht zu führen Zeiten ausgesandt worden sein, um zum gewählten Zeitpunkt den Beobachter zu erreichen. Je näher an der Stabmitte der Ort liegt, von dem das Licht entstammt, desto kürzer ist die benötigte Laufzeit und desto näher war der Stab bei der Aussendung des Lichtes. Daher erscheint der Stab zu einer Hyperbel gekrümmt.



Scheinbares Aussehen des Brandenburger Tors (schematisch) bei Annäherung mit $0,95c$.

3. Farbe und Helligkeit: Neben den geometrischen Effekten kommt es noch zur weiteren Veränderung des Aussehens. Durch den klassischen Doppler-Effekt werden die Farben bei Annäherung an ein Objekt blau- und beim Wegflug rotverschoben. Zusätzlich kommt es noch durch die Bewegung des betrachteten Objekts zum sog. transversalen Dopplereffekt, der durch die Zeitdilatation zu einer Rotverschiebung führt. Die Intensitätsänderung geht mit dem Dopplereffekt einher: Da die Intensität einer Welle mit zunehmender Frequenz ansteigt, ändert sich auch die Helligkeit drastisch.

Auch wenn wir vermutlich nie mit Lichtgeschwindigkeit reisen können, so macht erst die genaue Analyse der zusätzlich auftretenden Effekte sowie deren Simulation klar, daß die Längenkontraktion und die Zeitdilatation nicht die einzigen Effekte sind, die bei Reisen mit annähernder Lichtgeschwindigkeit auftreten können. Noch im Jahr 1940, also ein Vierteljahrhundert nach Veröffentlichung der SRT scheint man sich noch keine Gedanken über die tatsächlichen Effekte gemacht zu haben. So werden in einem sehr schön geschriebenen Buch von G. Gamov (Mr. Tompkins' seltsame Reisen durch Kosmos und Mikrokosmos, Vieweg Verlag, 1984) lediglich die direkten aus der SRT resultierenden Effekte beschrieben, jedoch nicht die oben aufgeführten Überlegungen berücksichtigt.



Gamov'scher Fahrradfahrer: a) in Ruhe, b) nur längenkontrahiert ($0,93c$), c) bei $0,93c$ gesehen

Prof. Ruder zeigte einen lehrreichen und gleichzeitig unterhaltsamen Vortrag: In einer Computersimulation setzte er die Lichtgeschwindigkeit auf 30km/h herab und erkundete, begleitet von vielen erheiternden Kommentaren, die Stadt Tübingen auf diese Weise mit dem Fahrrad. Weitere Information, Lehrmaterial und Videos findet man auf der Internetseite: <http://www.tempolimit-lichtgeschwindigkeit.de>

Bioplanet Erde

Überarbeitete Fassung des Vortrages im Astronomischen Arbeitskreis Kassel
vom 11. Februar 2005

Roland Hedewig

Stellen wir uns einmal vor, dass ein Raumschiff mit intelligenten Wesen von einem anderen Planetensystem, vielleicht vom Alpha Centauri, nach jahrelangem Flug unser Sonnensystem erreicht und hier nach einem belebten Planeten sucht. Diese Astronauten würden erkennen, dass die Erde in einer Zone liegt, die Leben ermöglicht, weil hier Oberflächentemperaturen, bei denen Wasser flüssig ist, zu erwarten sind. Sie würden die Erde ansteuern, sehen dass sie mit Kontinenten und Wasserflächen bedeckt ist und darüber stellenweise Wolken liegen. Die Astronauten streben zunächst keine Landung auf der Erde an, weil eine solche Landung mit einem zu großen Risiko behaftet ist – in der unteren Atmosphäre kann es Sturm geben, man ist nicht sicher, ob der ausgesuchte Landeplatz fest ist, ob man vielleicht in undurchdringlicher Vegetation landet und wie man von den dort lebenden Wesen empfangen wird. Also entschließen sich die Astronauten dazu, erst einmal die Eroberfläche aus sicherer Distanz zu erkunden und einen risikoarmen Landplatz zu suchen, an dem man vielleicht später mit einer kleinen, mitgeführten Sonde zu landen kann. Das Raumschiff schwenkt deshalb in eine Kreisbahn um den Mond ein. Von dort aus landen einige Astronauten mit einer Erkundungs-sonde in Äquatornähe auf dem Erdtrabant, dessen feste Oberfläche und das Fehlen einer Atmosphäre eine sichere, sturmfreie Landung ermöglicht. Mit einem optischen Teleskop, einem Spektrometer und einem Radioteleskop erkunden sie hier aus einer Entfernung von 384 000 km Entfernung die Erde.

Sie erkennen auf den Kontinenten neben gelben und braunen Flächen auch grüne Gebiete und weisen hier spektroskopisch Chlorophyll nach – ein Hinweis auf Leben. In der Atmosphäre entdecken sie einen Anteil von fast 21 % Sauerstoff, dessen Ursprung vermutlich auf eine über Jahrmillionen gelaufene Fotosynthese zurückgeht. In der Atmosphäre finden sie auch Methan (CH_4). Da beide Gase miteinander reagieren, ist ihr gleichzeitiges Vorhandensein nur so erklärbar, dass beide Gase ständig neu freigesetzt werden. Die Atmosphäre befindet sich also im Ungleichgewicht, das nur bestehen kann, wenn es durch Prozesse erhalten wird, die einer ständigen Energiezufuhr bedürfen. Ein solcher Prozess ist die von Sonnenenergie in Gang gehaltene Fotosynthese.

Außerdem enthält die Erdatmosphäre große Mengen an molekularem Stickstoff und geringe Mengen an Stickoxiden, Wasserdampf, Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, verschieden organischen Verbindungen, aber auch sogenannte „mobile Phosphate“. Sie befinden sich in Organismen, z.B. in Pollen, schwebenden Samen und fliegenden Tieren und sind dort Bestandteile von ATP, DNA, RNA, Membranen und Knochen der Wirbeltiere. In Organismen sind Phosphate gegenüber dem Anteil im Wasser um das 20 000fache angereichert. Große Schwärme fliegender Vögel und Wanderfalter transportieren solche Phosphate über weite Strecken. So zieht z.B. der Große Monarch, eine Wanderfalter, jährlich in riesigen Schwärmen aus mehreren Millionen Tieren von Kanada nach Mexiko. Eine Million Wanderfalter ergeben 1 t Biomasse (Stugren 1986, S. 63).

Vergleichen wir in Abb. 1 die gegenwärtige Bio-Atmosphäre mit der Atmosphäre der Erde ohne Leben bzw. der Atmosphäre des Mars, so fällt auf, dass die unbelebte Erde viel CO_2 und wenig N_2 , O_2 , H_2O und CO enthält, so wie heute der Mars.

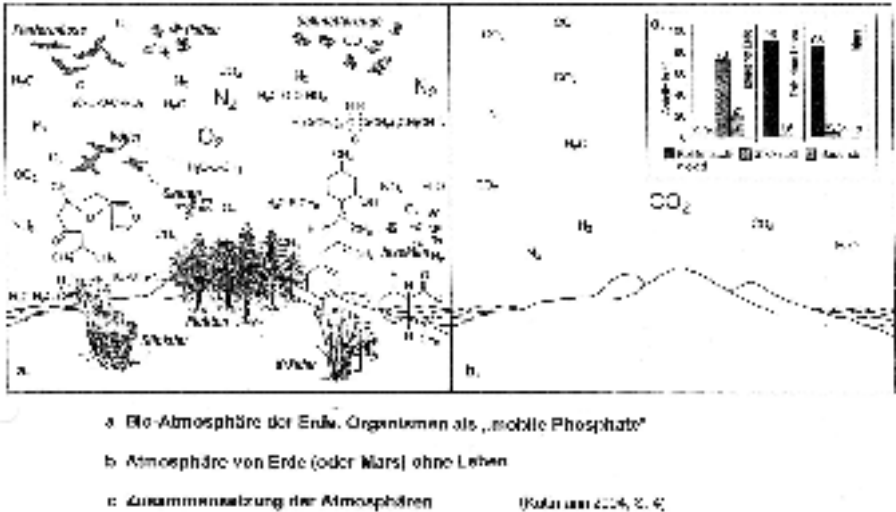


Abb. 1: Atmosphären von Erde und Mars (aus Kattmann 2004, S. 4)

Inzwischen haben unsere Astronauten auf dem Mond die zahlreichen Radiosignale vieler Radiostationen der Erde empfangen, die sie nicht entschlüsseln können, aber ein sicheres Zeichen dafür sind, dass die Erde von intelligenten Wesen bewohnt ist. Wo diese Wesen, die Menschen, besonders konzentriert sind, erkennen Sie bei Nacht an den gelben Lichtern der Großstädte. Über der Nordsee und an mehreren Stellen Nordafrikas und Vorderasiens leuchten nachts auch die roten Lichter abgepackelten Erdgases von Ölquellen.. Für die erste Landung mit einer kleinen Sonde suchen die Astronauten eine möglichst wolkenfreie, unbesiedelte, vegetationsfreie, ebene Stelle, in deren Nähe ein Fluss fließt, der beim Anflug als Orientierungslinie dient und die Aufnahme von Wasser ermöglicht, wobei dort auch Organismen zu erwarten sind. Ein solches Gebiet ist z.B. die ägyptische Wüste westlich vom Nil. Hier also könnten die ersten Astronauten landen und in einer Exkursion das Land am Nil und damit auch Lebensformen auf der Erde erkunden.

Die Atmosphäre der Erde unterscheidet sich in ihrer Dichte, ihrer Zusammensetzung und der daraus folgenden Lufttemperatur in Bodennähe stark von den Atmosphären von Venus und Mars, obwohl alle drei Planeten im Hinblick auf ihre Masse und die Zusammensetzung ihrer Gesteine keine wesentlichen Unterschiede aufweisen.

	Venus	Erde	Mars
Atmosphärischer Druck	90 Atm.	1 Atm.	0,006 Atm.
Kohlenstoffdioxid	96 %	0,036 %	95 %
Sauerstoff	0,006 %	20,9 %	0,2 %
Stickstoff	3,5 %	78 %	2,7 %
Wasserdampf	0,1 – 0,4 %	0,1 – 1 %	0,01 – 0,1 %
Oberflächen-Temperatur	470 °	- 70°...15°...50°	-140°...15° C

Tabelle 1: Die Atmosphären von Venus, Erde und Mars

Berücksichtigt man die enorme Dichte der Venusatmosphäre, dann wird deutlich, dass die Venus trotz fast gleicher Prozentwerte sehr viel mehr CO₂ als der Mars und viel mehr Wasserdampf als die Erde besitzt:

- Venus hat am Boden pro Liter Luft 240 000 mal so viel CO₂ wie die Erde oder 15 160 mal so viel CO₂ wie der Mars.
- Venus hat am Boden pro Liter Luft 41 mal so viel Wasserdampf wie die Erde oder 68 180 mal so viel Wasserdampf wie der Mars.

Die große Dichte und der hohe CO₂- und Wasserdampfgehalt der Atmosphäre bewirken zusammen einen starken Treibhauseffekt der Venusatmosphäre. Dieser und die größere Nähe zu Sonne verursachen zusammen die hohe Temperatur der Venusoberfläche, die völlig trocken ist dunkelrot glüht. Alles Wasser befindet sich gasförmig in der Atmosphäre. Der Wasserbestand der Erde ist allerdings wesentlich größer. Er befindet sich überwiegend in stehenden und fließenden Gewässern, vor allem in den Ozeanen.

Leben ist heute in unserem Planetensystem nur auf der Erde möglich, vor allem aus drei Gründen:

1. Die Ionosphäre schützt vor kosmischer Strahlung und die Ozonschicht vor UV-Strahlung.
2. Die Erde besitzt viel flüssiges Wasser.
3. Die in den Gewässern überwiegend vorherrschenden Temperaturen im Bereich von 0° bis 40° C ermöglichen die Bildung und Erhaltung komplexer organischer Stoffe wie Proteine (darunter alle Enzyme), DNA, RNA, ATP, Chlorophyll, Hämoglobin u.a.

Infolgedessen entwickelte sich im Laufe der Erdgeschichte auf der Erde eine Biosphäre. Astronomen nehmen an, dass der Mars in seiner Frühzeit eine dichtere Atmosphäre, viel flüssiges Wasser und wahrscheinlich auch einfache Organismen wie Bakterien hatte. Ein Nachweis entsprechender Fossilien ist allerdings noch nicht gelungen. Auf Grund der geringeren Schwerkraft verlor Mars im Laufe der Zeit den größten Teil seiner Atmosphäre und seines Wassers. Infolgedessen erniedrigte sich die Oberflächentemperatur so weit, dass heute Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes am Boden nur in Äquatornähe in den Mittagstunden auftreten.

Da die Zusammensetzung der heutigen Erdatmosphäre und großer Teile der Gesteinsschichten unter Mitwirkung von Organismen zustande gekommen ist und sich Organismen damit einen Teil ihrer Lebensbedingungen selbst geschaffen haben, prägte der Biologe Ulrich Kattmann (Universität Oldenburg) 1987 für die Erde den Begriff „Bioplanet“. Im November 2004 erschien das von ihm herausgegebene Heft „Bioplanet Erde“ der Zeitschrift „Unter-richt Biologie“, auf das große Teile dieses Vortrages zurück gehen.

Der Schalenbau der Erde

Durch Ballon- und Raketenanstiege, Tief- und Tauch-Unternehmungen in Ozeanen, Echolot, Tiefbohrungen und seismische Untersuchungen der tiefen Erdschichten kennen wir heute recht gut die Schichten der Erde von der obersten Atmosphäre bis zum Erdkern:

Atmosphäre: 1000 km dick, davon 12 km Troposphäre mit Wolken

Hydrosphäre: 0 – 11 km dick

Lithosphäre: 8 – 70 km dick. Sie ist unter tiefen Ozeanen am dünnsten, unter hohen Gebirgen am dicksten und besteht aus großen Gesteinsplatten (kontinentale und ozeanische Platten), die auf der darunter liegenden Schicht schwimmen und von dieser langsam be-

wegt werden. So kommt es auch zur Kontinentalverschiebung.

Asthenosphäre: 100 – 150 km dick. Sie enthält Magmanester von Vulkanen.

Erdmantel: 2800 km dick. Er besteht überwiegend aus Silikaten, ist fließfähig und enthält Konvektionsströme, bei denen heißes Material aufsteigt und abgekühltes Material an anderer Stelle absinkt. Diese Ströme sind der Antrieb für die Bewegung der Platten der Asthenosphäre und Lithosphäre.

Äußerer Erdkern: 2200 km dick. Er ist flüssig, besteht überwiegend aus Eisen und Nickel und enthält Wirbel elektrisch leitender Kernflüssigkeit.

Innerer Erdkern: 1200 km dick. Er besteht aus Eisen und Nickel, ist 7000° heiß und trotz dieser hohen Temperatur wegen des hohen Druckes fest. Die Wärme entsteht durch radioaktiven Zerfall von Uran und Plutonium (natürlicher Atomreaktor?).

Ohne diese ständige Energiefreisetzung wäre die ursprünglich glutflüssige Erde in den 4,6 Milliarden Jahren seit ihrer Entstehung infolge ihrer geringen Größe und der Weltraumkälte der Umgebung längst völlig abgekühlt.

Durch elektrische Ströme unterhalb der Kern-Mantelgrenze entsteht der Hauptteil (95 %) des irdischen Magnetfeldes, das sich zeitlich verändert und auch schon mehrfach umgepolt wurde. Die restlichen 5 % des Magnetfeldes entstehen durch magnetische Komponenten der Gesteine und in der Ionosphäre (vgl. Lexikon der Geographie 2001, Bd. 1, S. 326).

Wie leben Organismen in extremen Lebensräumen?

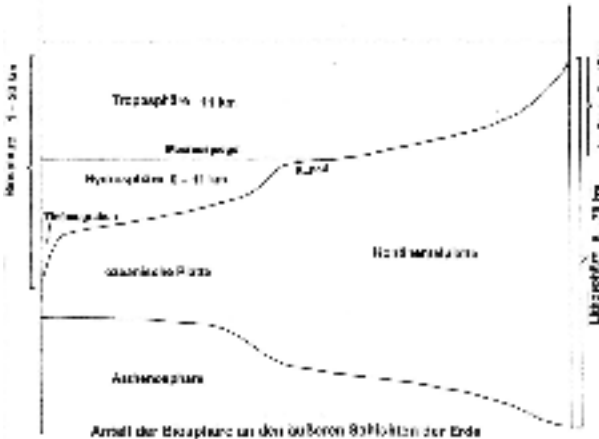


Abb. 2: Anteil der Biosphäre an den äußeren Schichten der Erde

Die Biosphäre ist der belebte Teil der Erde. Sie reicht vom tiefsten Meeresboden bis in den oberen Teil der Troposphäre (Abb. 2). An der Stelle eines Tiefseegrabens kann die Biosphäre insgesamt 20 km weit in die Höhe reichen, während sie vom höchsten Himalaya-Gipfel vielleicht noch 1 km in die Höhe geht, soweit der Sauerstoff dort gerade noch zum Atmen ausreicht.

Extreme Lebensräume werden jeweils von nur wenigen Spezialisten unter den Organismen besiedelt. So fand man einen Schwarm der Streifengans *Anser tibeticus*, die in 5500 m Höhe an zentralasiatischen Seen brütet, den Himalaya am Mt. Everest überquert und im indischen

Tiefeland überwintert, noch in 9500 m Höhe (vgl. Hedewig 2002, S. 12). Auf Gletschern, auch in den Alpen, leben die Rotalge *Chlamydomonas nivalis*, die Mineralstoffe aus aufgewehtem Staub bezieht, und der Gletscherfloh *Isotoma saltans*, der sich von Windplankton (z.B. Pollen) ernährt. In Wüsten ohne Gewässer leben nachtaktive Tiere, die den Tag in Höhlen verbringen und ihr Wasser durch Aufnahme von Tau und Veratmung von Nährstoffen der Wüstenpflanzen beziehen. In Salzseen bilden halophile Bakterien den Beginn einer Nahrungskette, die über kleine Salzkrebse bis zu Flamingos reichen kann. Im sauerstofflosen Bodenschlamm stehender Gewässer leben anaerobe Bakterien, die organische Stoffe abgestorbener Organismen abbauen und dabei Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Methan bilden. Diese Gase kann man riechen, wenn man mit einem Stock in diesem Schlamm rührt und dann Gasblasen aufsteigen. In lichtlosen Höhlen bilden lithotrophe Bakterien den Beginn einer Nahrungskette. Sie gewinnen ihre Energie durch Abbau energiereicher anorganischer Verbindungen. In stark saurem Wasser leben acidophile Bakterien. Im Meeresboden fand man Bakterien mehr als 800 m tief unter der Oberfläche. Wegen der geringen Nachlieferung verwertbarer Stoffe führen sie ein „Leben in Zeitlupe“ mit einer Generationsdauer von Jahrhunderten oder Jahrtausenden, d.h. ein Bakterium teilt sich vielleicht in 1000 Jahren nur einmal. Thermophile Bakterien isolierte man sogar lebend in Schweden aus Granit in 5300 m Tiefe. In heißen Quellen und neben Vulkanschloten am Meeresboden („schwarzen Rauchern“) fand man thermophile Bakterien, die Hitze bis zu 130° vertragen (alle Angaben nach Cypionka 2004).

Die ohne Sauerstoff in extremen Lebensräumen vorkommenden Bakterien sind meist Archebakterien (Archaen), die man als eigenständige Organismengruppe ansieht und den echten Bakterien (Eubakterien) gegenüberstellt. Sie waren in der Frühzeit der Erde weit verbreitet, als die Lebensbedingungen so waren, wie heute nur noch an Extremstandorten ohne Sauerstoff.

Seit wann gibt es Leben auf der Erde?

Wesentliche Ereignisse in der Evolution der Organismen auf der Erde zeigt Abbildung 3.

Vor 4,6 Milliarden Jahren entstand die Erde durch Zusammenballung von Gesteinsbrocken, die die junge Sonne umkreisten. Der Druck der Gesteinsmassen und Radioaktivität heizten den Erdball auf bis zur Glutflüssigkeit. Später kühlte diese Glutmasse durch die Weltraumkälte der Umgebung an der Oberfläche allmählich ab. Durch starken Asteroideneinschlag wurde immer wieder Materie empor geschleudert. Gase entwichen in den Welt- raum.

Vor 4 Milliarden Jahren war die Erde so weit erkaltet, dass sich eine feste Oberfläche gebildet hatte. Aber der Vulkanismus war noch stark. Über der Gesteinsoberfläche sammelten sich Gase in einer Atmosphäre, aus der nur noch das leichteste Gas, der Wasserstoff, in den Weltraum entwich. Bei der Entgasung der Gesteine hatten sich auch riesige Mengen Wasserdampf gebildet, der sich in dichten Wolken sammelte. Das Wasser kondensierte, regnet ab, verdampfte wieder bis sich schließlich die größte Menge Wasser in Ozeanen und Seen sammelte und sich der Wasserkreislauf einspielte, der heute noch abläuft. Die Atmosphäre bestand überwiegend aus Kohlenstoffdioxid und war frei von Sauerstoff.

Vor 3,9 Milliarden Jahren endete der häufige Einschlag großer Asteroiden. Später stürzten fast noch kleinere Asteroiden (Meteoriten) zur Erde, viele verglühten in der Atmosphäre. Mit den Meteoriten gelangten einfache organische Verbindungen zur Erde, darunter auch Aminosäuren, die Monomeren (Bausteine) der Eiweiße. Spektralanalytisch fand man bisher im interstellaren Raum ca. 100 verschiedene organische Verbindungen, darunter auch Alkohole. Solche Verbindungen können ohne Beteiligung von Organismen aus anorganischen

Verbindungen bei Energiezufuhr entstehen. Wahrscheinlich geschah das auch in der Uratmosphäre und in Gewässern der frühen Erde.

Vor 3,9 bis 3,8 Mrd. Jahren entstand wahrscheinlich das Leben auf der Erde. Zuerst bildeten sich aus monomeren RNA-Nukleotiden durch Polymerisation kurze **RNA-Ketten**, die zur Selbstvermehrung (Autokatalyse) fähig waren. Da sie gleichzeitig als Enzyme (organische Katalysatoren) für andere chemische Reaktionen, z.B. die Polymerisation von Aminosäuren zu Polypeptiden, wirken, bezeichnet man sie auch als Ribozyme. Ein Teil der RNA-Moleküle zerfiel wieder, andere bildeten lange Ketten. Einige bildeten zusätzlich halbdurchlässige (semipermeable) Hüllen aus organischen Stoffen. Im Inneren solcher Bläschen konnten sie die Bildung anderer Stoffe katalysieren. Auf diese Weise entstanden Protobionten.

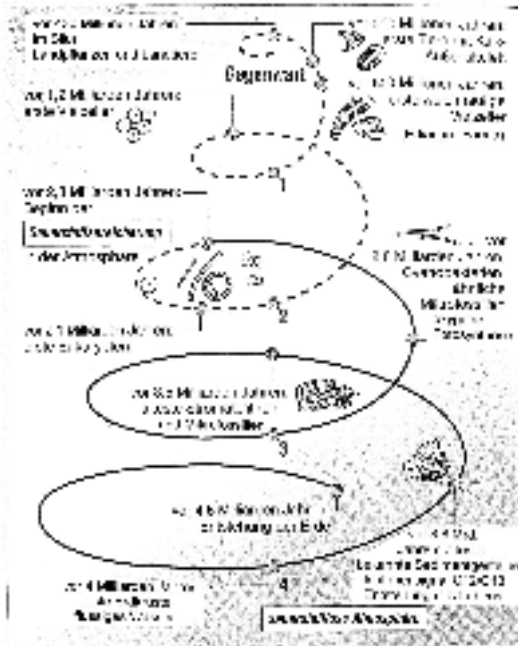


Abb. 3: Erdgeschichtliche Lebensspirale (nach Cloud 1983, verändert)
 ----- Sauerstoff in der Atmosphäre

Da lange RNA-Ketten nur bei tiefen Temperaturen stabil sind, nehmen neuerdings einige Physikochemiker an, dass die RNA-Bildung in Meer-Eis-Kapillaren erfolgte (vgl. Jaeger 2005). Da von 3,8 bis 3,6 Mrd. Jahren vor heute nur RNA als sich selbst vermehrende Substanz vorlag, bezeichnet man diese Zeit als „RNA-Welt“.

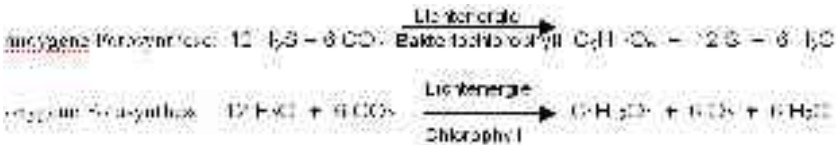
3,8 Mrd. Jahre alt sind die ältesten bekannten Sedimentgesteine. Sie bilden die Isua-Formation in Südwest-Grönland und enthalten den ersten Hinweis auf die Existenz von Organismen in Form von Kohlenstoff mit dem **Isotopensignal** $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$: Bei diesem Kohlenstoff ist das Verhältnis der C-Isotope 12 und 13 zugunsten des leichteren Isotops 12 verschoben. Das ist typisch für biologische Prozesse, auch für die CO_2 -Assimilation durch

Fotosynthese. Das die Fotosynthese katalysierende Enzym Ribulose-bisphosphat-carboxylase (Rubisco) hat eine höhere Affinität zu leichtem $^{12}\text{CO}_2$ als zu den häufigeren, schwereren Molekülen $^{13}\text{CO}_2$, die zudem langsamer diffundieren. CO_2 -Moleküle, die das leichtere ^{12}C enthalten, werden daher bei der Carboxylierung bevorzugt gebunden. Deshalb gibt es bei photoautotrophen Organismen ein zum ^{12}C hin verschobenes Isotopenverhältnis, das man als Isotopensignal $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ bezeichnet. Das Isotopensignal in fossilen Sedimenten gilt daher als Lebenszeichen. Einige Biochemiker schließen aus dem Isotopensignal in ältesten Sedimenten auf eine frühe Entstehung der Fotosynthese (vgl. Schidlowski 1988, Schlesinger 1991).

Vor 3,6 Mrd. Jahren bildete sich aus einem Teil der RNA die stabilere, doppelsträngige **DNA**. Diese bildete die ersten Zellen. Es handelte sich wahrscheinlich um **Bakterien**, die anaerob (ohne Sauerstoff) autotroph lebten, d.h. ihre Energie durch Umwandlung anorganischer Stoffe erhielten. Einigen Bakterien gelang es, Sonnenlicht als Energiequelle zu nutzen, ohne dabei Sauerstoff freizusetzen. Sie betrieben also **anoxygene Fotosynthese**.

3,5 Mrd. Jahre alt sind Stromatolithen, geschichtete fossile Bakterienmatten, aus Westaustralien. In ihnen fand man die bisher ältesten fossilen Organismen, nämlich Bakterien, die bestimmten heutigen Bakterien ähnlich sind (Fotos in Campbell/Reece 2003, S. 610 / 611)

Vor 2,8 Mrd. Jahren folgte die **oxygenen Fotosynthese**, die zuerst in Cyanobakterien („Blaualgen“, Abb. 4) ablief. Dabei wird Sauerstoff frei.



Welche Organismen lebten in den ersten Jahrmilliarden der Erdgeschichte?

Von 3,6 bis 2,2 Milliarden Jahren vor heute lebten auf der Erde nur Bakterien (Eubakterien und Archaen). Man bezeichnet sie als **Prokaryoten**, weil sie keinen Zellkern besitzen. Ihre genetische Substanz, einlanges DNA-Molekül, liegt frei im Plasma. Abb. 5 zeigt am Beispiel eines Cyanobakteriums und einer einzelligen Grünalge die Unterschiede zwischen Prokaryoten (ohne Zellkern) und den größeren Eukaryoten (mit Zellkern). Die Cyanobakterien besitzen in ihrer Hülle Fotosyntheseepigmente. Bakterienarten, die bereits in der Frühzeit der Erde existierten, findet man heute noch in extremen Lebensräumen wie z.B. im Farbstreifenwatt (Abb. 6). Sie liegen dort in Schichten übereinander. Von unten nach oben sind das sulfatreduzierende, autotroph anoxygene und oxygenen Fotosynthese treibende Bakterien.

Vor 2,2 Mrd. Jahren traten die ersten **Eukaryoten**, also Zellen mit Zellkern auf. Sie waren Einzeller und entstanden wahrscheinlich aus der Verschmelzung von zwei Prokaryoten, nämlich je einem Archebakterium und einem Eubakterium (vgl. Korona 90, 2002, S. 14/15) Nach der Endosymbiontentheorie wurden von einigen frühen eukaryotischen Zellen kleine Cyanobakterien als Endosymbionten aufgenommen. Sie entwickelten sich dort zu Chloroplasten der Algen. Von den Grünalgen stammen alle Pflanzen ab, während von nichtgrünen, eukaryotischen Einzellern die Pilze und die Tiere abstammen. Die Entstehung von Eukaryoten war die Voraussetzung für die spätere Entstehung vielzelliger Organismen.

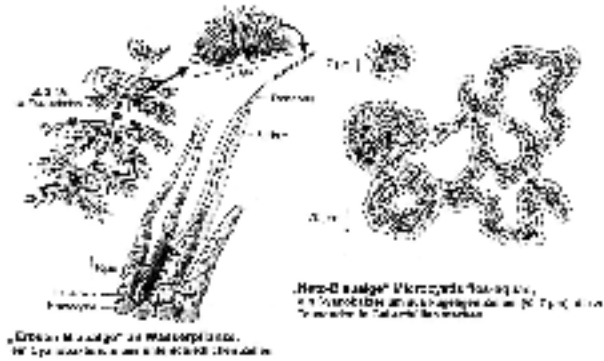


Abb. 4: Cyanobakterien („Blaualgae“)

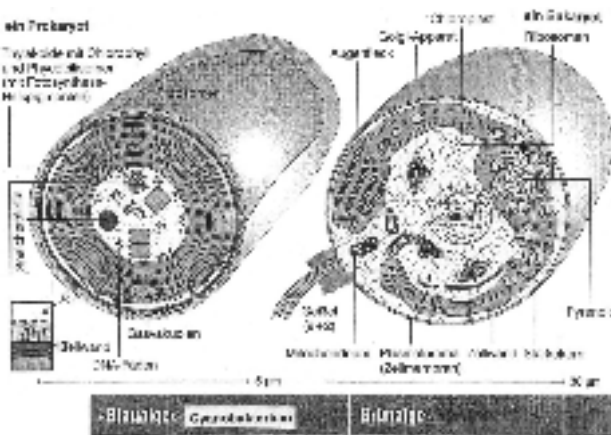


Abb. 5: Prokaryot und Eukaryot (aus Probst 2004, S. 43)

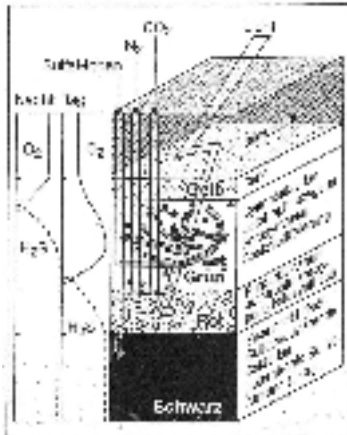


Abb. 6: Entstehung von Farbstreifenwatt (aus Probst 2004, S. 41)

Vor 1,2 Mrd. Jahren entstanden die ersten pflanzlichen **Vielzeller** aus Kolonien einzelliger Algen.

Vor 1 Mrd. Jahren entstanden die ersten **Tiere**. Das schließt man aus Daten der molekularen Systematik. Fossilien dieser ersten Tiere fand man bisher nicht. Sie dürften von koloniebildenden Kragengeißelzellen abstammen, wie sie heute noch in Schwämmen vorkommen (Campbell/Reece 2003, S. 760, 763).

Vor 650 – 544 Millionen Jahren lebten bereits mehrere Gruppen weichhäutiger Tiere, die nach dem m ersten Fundort, den Ediacara-Hills in Süd-Australien, als **Ediacara-Fauna** bezeichnet werden. Es waren zunächst überwiegend flache Hohltiere, später auch schalenlose Weichtiere und Würmer, die sich auf dem Meeresboden kriechend umher bewegten und Bakterien- und Algenrasen abweideten.

Vor 543 – 525 Millionen Jahren bildeten sich alle heute noch existierenden Tierstämme heraus. Wegen der Kürze der Zeit, in der das während des Kambriums geschah, nennt man diesen Vorgang auch **Formenexplosion im Kambrium** oder „kambrische Explosion“. Aus dieser Zeit stammen auch die ersten Tiere mit Kalk-Außenskelett.

Vor 443 Millionen Jahren, am Anfang des Silurs, traten die ersten **Landpflanzen** auf, wahrscheinlich Flechten, Lebermoose, und moosähnliche Pflanzen.

428 Millionen Jahre alt ist das bislang älteste gefundene Fossil eines **Landtieres**, des erst 2003 im Silur Schottlands gefundenen Tausendfüßers *Pneumodesmus newmani*.

Wie veränderten Organismen die Atmosphäre ?

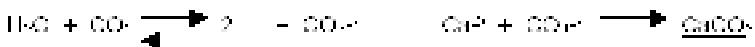
Als die Erde zur Zeit ihrer Entstehung vor 4,6 Milliarden Jahren rotglühend war, hatte sie keine Atmosphäre. Die freigesetzten Gase verflüchtigten sich in den Weltraum. Erst bei der Bildung der festen Erdkruste vor 4 Mrd. Jahren entstand eine Atmosphäre aus Gasen, die aus der erstarrenden Erdkruste frei wurden. Diese Uratmosphäre bestand zu 95-98 % aus CO₂, daneben kamen Stickstoff, Wasserdampf und einige Spurengase vor. Methan und Ammoniak, die man früher ebenfalls in der Uratmosphäre vermutete, konnten nicht nebeneinander existieren, denn sie setzten sich in Kontakt mit Eisen(II)-Ionen der Erdkruste zu N₂, CO₂ und H₂O um.

Die Sonne hatte damals erst 60 – 70 % der heutigen Leuchtkraft. Aber der hohe CO₂-Gehalt der Atmosphäre bewirkte einen so starken Treibhauseffekt, dass dadurch die geringere Sonneneinstrahlung kompensiert wurde und die Temperatur an der Erdoberfläche sogar etwas höher war als heute.

Eine geringe Menge an Sauerstoff konnte anorganisch gebildet werden durch thermische Zersetzung von Wasser, z.B. wenn heiße Lava auf Wasser trifft und fotochemische Zersetzung von Wasser durch UV-Licht in oberen Schichten der Atmosphäre.

Aber dieser Sauerstoff blieb nicht in der Atmosphäre, sondern verband sich schnell mit Eisen zu Oxiden.

Durch die starke Vulkantätigkeit wurde ständig CO₂ in die Atmosphäre abgegeben. Einen großen Teil davon absorbierten die Urozeane. Dort bildete das CO₂ durch Reaktion mit Wasser Carbonat-Ionen, die sich mit Calcium-Ionen zu Calciumcarbonat verbanden, das als Kalkstein am Meeresboden sedimentierte:



Da in der Uratmosphäre kein Sauerstoff vorkam, die heutige Atmosphäre aber 20,95 % Sau-

erstoff enthält, stellt sich die Frage, wann und woher der Sauerstoff in die Atmosphäre gelangte. Dies war eine Leistung der Organismen, die oxygene Fotosynthese betreiben.

Vor 2,8 Mrd. Jahren begann die oxygene Fotosynthese durch Cyanobakterien („Blaugalen“). Sie spalteten Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff. Während der Wasserstoff zusammen mit CO_2 für die Bildung von Zucker verwendet wird, wird der molekulare Sauerstoff frei.

Dieser ist aggressiv, d.h. er verbindet sich schnell mit anderen Stoffen. Er würde auch die Enzyme der Stickstoff-Fixierung, die für die Synthese stickstoffhaltiger organischer Verbindungen (RNA, DNA, ATP, Proteine) gebraucht werden oxidieren. Aber davor sind Cyanobakterien geschützt durch die Ausbildung sogenannter Heterocysten innerhalb einer Kette von Zellen. In diesen Zellen wird Luftstickstoff assimiliert, aber kein Sauerstoff gebildet (vgl. Probst 2004).

Gleichzeitig mit der oxygenen Fotosynthese begann die Atmung der Cyanobakterien, durch die ein Teil des Sauerstoffs durch Oxidation der von Zucker zu CO_2 und Wasser wieder gebunden wird. Der überschüssige Sauerstoff reicherte sich zunächst nur wenig im Wasser und in der Atmosphäre an. Der größte Teil des Sauerstoffs oxidierte Eisen zu Oxiden und Schwefel-Verbindungen (z.B. H_2S) zu Sulfaten. So entstanden z.B. die 2 Mrd. Jahre alten gebänderten Eisenformationen, in denen Oxide des zweiwertigen Eisens grün und Oxide des dreiwertigen Eisens rot erscheinen (vgl. Abb. in Campbell/Reece 2004, S. 611). Nach der Entstehung von Algen vor 2,2 Mrd. Jahren beteiligten sich auch diese an der Freisetzung von Sauerstoff.

Bis vor 600 Millionen Jahren stieg der O_2 -Gehalt der Atmosphäre nur auf 2 % an. Da bis zu dieser Zeit alle mit Sauerstoff oxidierbaren Stoffe der Erdoberfläche weitgehend oxidiert waren, erfolgte anschließend bis vor 450 Millionen Jahren ein steiler Anstieg des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre auf 20,9 %. Dann blieb dieser Wert bis heute nahezu konstant (Abb. 7). Heute befinden sich 4% des von Organismen freigesetzten Sauerstoffs in der Atmosphäre. 96 % reagierten mit reduzierten Stoffen wie Schwefelwasserstoff und zweiwertigem Eisen und sind seitdem in Sulfaten und Eisenoxiden gebunden.

Der durch Cyanobakterien und Algen verursachte hohe O_2 -Gehalt der Atmosphäre beeinflusste die Evolution der Organismen auf dreierlei Weise:

1. Der Sauerstoff verdrängte die obligat anaerob lebenden Bakterien. Sie überlebten nur an den Stellen, die sauerstofffrei blieben, z.B. im Bodenschlamm von Gewässern.
2. Er führte zur Bildung einer Ozonschicht, die Organismen im Flachwasser und außerhalb des Wassers vor UV-Licht schützt. Dies war eine Voraussetzung für die Entwicklung vielzelliger Organismen in diesen Lebensräumen.
3. Er ermöglichte die Atmung von Tieren, die sich in der Zeit nach 565 Millionen Jahren vor heute stark entwickelten.

Doch zunächst wurde die Evolution der Organismen gegen Ende des Präkambriums wahrscheinlich durch ein Klimaereignis stark behindert. Geologen fanden vor wenigen Jahren . Belege dafür, dass **vor 750-570 Millionen Jahren** auf der Erde eine **große Eiszeit** herrschte, in der alle Festländer und Meere mit Eis bedeckt waren. Das Leben war wahrscheinlich auf die wenigen Stellen beschränkt, wo das Sonnenlicht durch dünnes oder geschmolzenes Eis das Meerwasser erreichen konnte sowie auf die Umgebung heißer Quellen und hydrothermaler Schloten der Tiefsee. Diese Eiszeit ist wahrscheinlich der Grund dafür, weshalb sich die starke Sauerstoffanreicherung in der Atmosphäre und die darauf folgende explosionsartige Entfaltung des Tierreiches („kambrische Explosion“) erst in der Zeit nach 565 Millionen Jahren vor heute ereignete (Abb. 7 und Campbell/Reece 2003, S. 612).

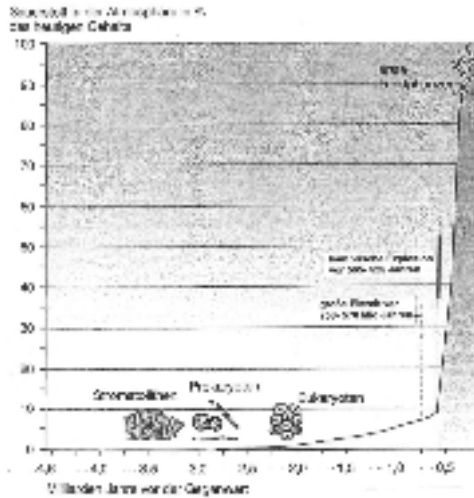


Abb. 7: Entwicklung des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre (nach Sander/Jelemenska/Kattmann 2004, S. 21, verändert)

Während der Eiszeit hatten sich im Meerwasser viele Mineralstoffe gelöst, die aber wegen fehlenden Sonnenlichtes und niedriger Temperatur kaum von Organismen genutzt werden konnten. Nach der Eiszeit standen also viele gelöste Mineralstoffe zur Verfügung, als Temperatur und Lichtangebot stark zunahm. Folglich vermehrten sich Cyanobakterien und Algen stark, entwickelten viel Sauerstoff und begünstigten so auch die schnelle Vermehrung und Evolution der Tiere, deren Nahrungsketten bei Bakterien und Algen begannen.

Die ersten Tiere mussten noch mit wenig Sauerstoff auskommen. Den Tieren der Ediacara-Fauna gelang dies durch die große atmungsaktive Oberfläche, die sich aus ihrem flachen Bau und der dünnen Körperwand ergab. Je mehr Sauerstoff sich im Wasser und in der Atmosphäre befand, desto größer konnten die Tiere und je dicker konnte ihr Gewebe werden. Viel Sauerstoff wird auch zur Synthese von Kollagen benötigt, einem Bestandteil weicher, biegsamer Gewebe der Tiere.

Bestimmte Bakterien setzten aus Verbindungen auch molekularen Stickstoff (N_2) frei, dessen Anteil an der Atmosphäre bis auf den heutigen Wert von 78 % anstieg. Dieser Stickstoff hat eine wichtige Schutzfunktion: Er verdünnt den aggressiven Sauerstoff. Bereits bei einem O_2 -Gehalt von 35 % würde z.B. auch nasses Holz brennen, so dass Waldbrände nicht verlöschen würden, solange noch brennbares Material vorhanden ist (Lovelock 1988, S. 132). Alle Organismen benötigen Stickstoff für die Synthese zahlreicher organischer Verbindungen. Aber die meisten Organismen, mit Ausnahme nitrifizierender Bakterien, können N_2 nicht verwenden. Sie beziehen ihren Stickstoff von im Boden und im Wasser (Regen, Gewässer) gelösten Stickstoffverbindungen, vor allem Ammonium-Ionen NH_4^+ und Nitrat-Ionen NO_3^- . Dieser Vorrat wird von nitrifizierenden Bakterien, zu denen auch Cyanobakterien gehören, immer wieder ergänzt, indem sie Luftstickstoff binden und in Form von Stickstoffverbindungen dem Boden und einigen Pflanzen auch direkt (Knöllchenbakterien in Pflanzenwurzeln) zur Verfügung stellen.

Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre sank von ursprünglich 95-98% auf jetzt 0,03 %. Dem entsprechend nahm auch der Treibhauseffekt stark ab. Da gleichzeitig die Sonnenstrahlung von 60-70 % auf 100 % zunahm, blieb der Mittelwert der Lufttemperaturen am Boden, den man aus den Temperaturen der Kalt- und Warmzeiten bilden kann, weitgehend gleich.

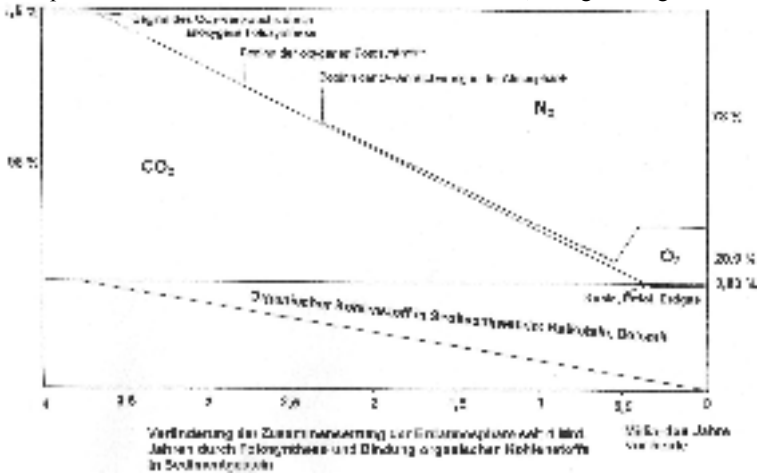


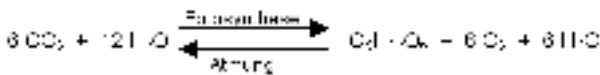
Abb. 8: Veränderung der Erdatmosphäre seit 3,7 Millionen Jahren durch Photosynthese und Bindung organischen Kohlenstoffs in Sedimentgesteinen

Erhöhen unsere Wälder den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre ?

Der durch seine Gaia-Hypothese berühmte Biologe James Lovelock sagte einmal: „Die tropischen Regenwälder sind als Sauerstoffproduzenten nicht viel wert.“ (Lovelock 1992)

Wie ist das möglich, da doch jeder Baum tagsüber eine große Menge Sauerstoff abgibt? Trotzdem stimmt der Satz Lovelocks, denn die gleiche Menge O₂, die ein Wald freisetzt, verbraucht er wieder durch Atmung. Zunächst einmal atmen alle Pflanzen selbst, und zwar tagsüber stärker als nachts, weil die Atmungsintensität mit zunehmender Temperatur ansteigt.

Trotzdem bleibt Sauerstoff übrig, denn die Fotosynthese setzt im Laufe eines Jahres mehr Sauerstoff frei, als die Pflanzen veratmen. Aber die bei uns im Herbst und im Regenwald ständig fallenden Blätter und das abgestorbene Holz werden durch Destruenten (Zersetzer, also Bakterien und Pilze) und Konsumenten (Tiere) abgebaut. Die organischen Stoffe werden dabei unter Sauerstoffverbrauch veratmet. Insgesamt bleibt kein Gramm des von einem Wald freigesetzten Sauerstoffs übrig, denn die Atmung ist die Umkehr der Fotosynthese:



Gründe für die Erhaltung der Wälder sind nicht die Sauerstoffabgabe, sondern der Schutz vor Bodenerosion, die Speicherung von Wasser, die Anreicherung der Luft mit Wasserdampf, die Bedeutung als Lebensraum für viele Pflanzen und Tiere, als Holzlieferant, als

Jagdgebiet, als Weidegebiet, als Erholungsraum und als belebendes Landschaftselement. Wie aber kam es zur Anreicherung von Sauerstoff in der Atmosphäre? Große Mengen organischen Materials wurden im Laufe der Erdgeschichte nicht abgebaut, sondern unter Luftabschluss in Sedimenten begraben und fossilisiert. Die entsprechende, nicht „verbrauchte“ Sauerstoffmenge blieb in der Atmosphäre. Hätten Destruenten die gesamte Biomasse sofort vollständig abgebaut, gäbe es keinen Sauerstoff in der Atmosphäre und damit auch keine Tiere und Menschen. Vor allem Cyanobakterien und Algen sorgten mit ihrer Freisetzung von Sauerstoff dafür dass wir heute leben können.

Der in Sedimenten begrabene Kohlenstoff befindet in Kohle, Erdöl und Erdgas und in Karbonaten der Gesteine. Was würde mit dem O₂-Gehalt der Atmosphäre geschehen, wenn man alle lebenden und abgestorbenen Pflanzen der Erde und alle fossilen Brennstoffe verbrennt? Er würde nur von 20,95 % auf 20,62 % sinken (Sander et al. 2004, S. 21), und wir würden das beim Atmen nicht merken.

Wo ist die Hauptmenge organischen Kohlenstoffs gespeichert ?

Wenn also die gesamte lebende und abgestorbene Biomasse und alle fossilen Energieträger nur einen sehr kleinen Teil des von Organismen gebundenen Kohlenstoffs enthalten, stellt sich die Frage, wo sich die Hauptmenge befindet, deren vollständige Verbrennung den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre stark senken würde.

Ein kleiner Teil befindet sich in Methaneis, das sich unter hohem Druck bei niedriger Temperatur an den Kontinenträndern befindet. 1 Liter Methaneis ergibt 160 L gasförmiges Methan. Methaneis enthält wahrscheinlich global doppelt so viel reduzierten Kohlenstoff wie alle bekannten Vorkommen von Kohle, Erdöl und Erdgas. Die Hauptmenge des gebundenen Kohlenstoffs aber befindet sich in Gesteinen in Form von Karbonaten (Abb. 9 und 10).

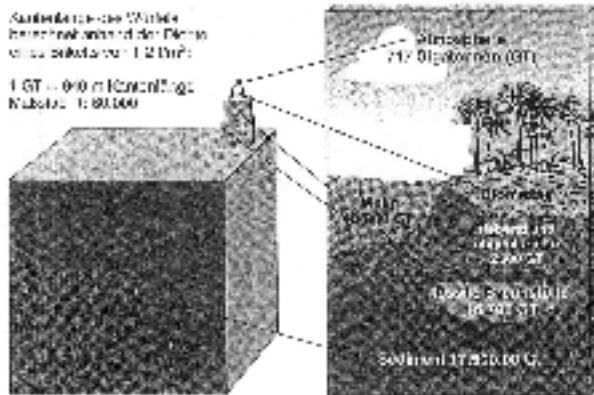


Abb. 9: Kohlenstoffspeicher der Erde (nach Huhn 1993)

Im Präkambrium befand sich viel CO₂ in der Atmosphäre. Deshalb bildete sich im Meer überwiegend Dolomit CaMg(CO₃)₂, der z.B. in den Dolomiten vorkommt. Später, als der CO₂-Gehalt viel geringer war, bildete sich überwiegend Kalkstein CaCO₃, der sich z.B. in den nördlichen Kalkalpen befindet. Erst dann, wenn man den gesamten Kohlenstoff der Gesteine vom Meeresboden bis zu den Hochgebirgen verbrennen würde, dann würde der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre auf einen Wert unter 1 % sinken.

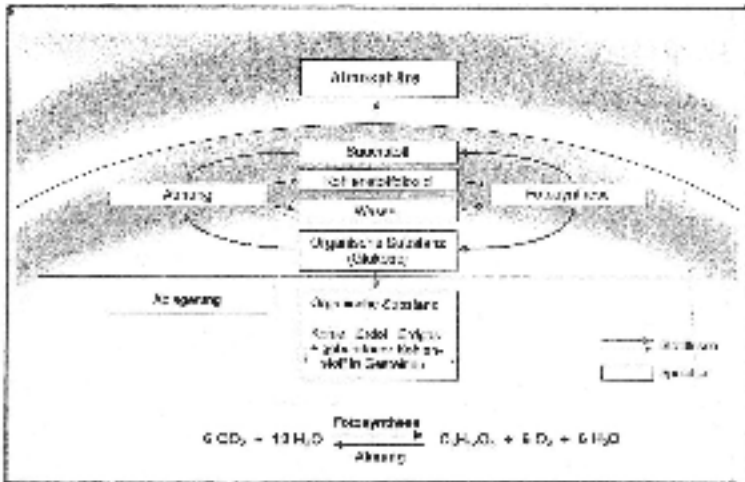


Abb. 10: Stoffkreisläufe und Stoffflüsse (Sander/Jelemenska/Kattmann 2004, S. 23)

Wie veränderten Organismen die Lithosphäre ?

1. Die Bildung von Mikrobenmatten und Stromatolithen

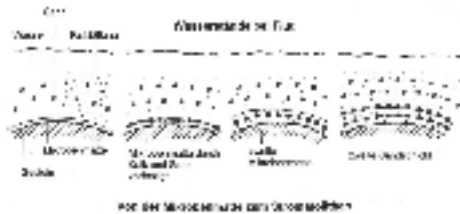


Abb. 11: links: Präkambrische Stromatolithen-Landschaft bei Ebbe (Probst 2004, S. 45), rechts: Schemazeichnung Stromatolithen

Die Veränderung der Lithosphäre begann vor 3,8 Milliarden Jahren durch Bakterien, die Gesteine bildeten. Wie ist das möglich, da doch Bakterien keine Hartschubstoffe besitzen? In Flachmeeren bildeten sich auf Gesteinsuntergrund zunächst aus verschiedenen Bakterienarten, die durch fadenförmige Cyanobakterien und Schleim zusammengehalten wurden, **Mikrobenmatten**. In solchen Matten, die es heute noch gibt, werden Stoffwechselprodukte einiger Bakterienarten von anderen Bakterienarten genutzt, so dass in der Mikrobenmatte ein Nahrungsnetz entsteht. In diese Matten werden Kalkpartikel eingelagert, die sich ständig aus Calcium-Ionen und CO₂ bilden und durch Fotosynthese vermehrt auftreten. Durch den Wechsel von Ebbe und Flut gelangen dann Sandkörner auf die Oberfläche der Mikrobenmatte, werden dort z.T. festgehalten und verfestigen die Matte. Auf deren Oberfläche bildet sich eine neue Mikrobenmatte, die anschließend ebenfalls durch Kalk und Sand verfestigt wird. Auf diese Weise entsteht ein Sediment aus groben und feinen

Schichten, ein sogenannter Stromatolith (Abb. 11). Solche Stromatolithen bildeten sich seit 3,5 Milliarden Jahren, hatten ihren Höhepunkt vor 800 Millionen Jahren und gingen dann stark zurück, wohl durch das Auftreten von Tieren, die die Mikrobenmatten abweideten.

2. Die Bildung von Kohle, Erdöl und Erdgas

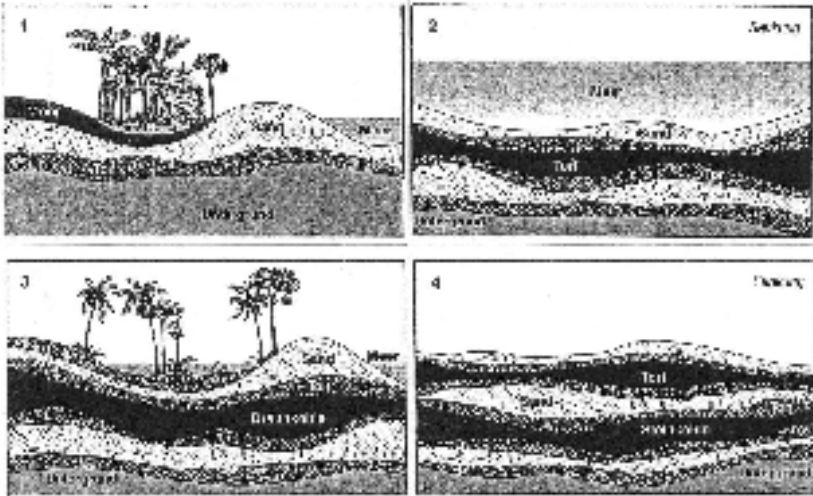


Abb. 12: Phasen der Entstehung von Torf, Braun- und Steinkohle
(Sander/Jelemenska/Kattmann 2004, S. 24)

Wenn Pflanzen eines Moores absterben und sich eine Schicht junger Pflanzen über den abgestorbenen bildet, gelangen die abgestorbenen Pflanzen in das fast sauerstofflose Wasser des Untergrundes. Wegen des Sauerstoffmangels können sie nicht verwesen, d.h. von aeroben Bakterien und Pilzen zu CO_2 , H_2O , Nitraten und Sulfaten abgebaut werden. Ein Teil der Biomasse wird dagegen von anaeroben Bakterien zu den Faulgasen Methan, Ammoniak und Schwefelwasserstoff abgebaut, die z.T. in die Atmosphäre entweichen, z.T. aber in der faulenden Biomasse verbleiben ein großer Teil aber wird zu **Torf**. (55-64 % Kohlenstoff). Wird das Torfmoor später abgesenkt und vom Meer überflutet, legen sich Sedimente darüber. Durch den Druck der darüber liegenden Schichten und die daraus folgende Temperaturerhöhung findet eine Inkohlung statt, d.h. durch Verlust von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff steigt der Kohlenstoffgehalt der ehemaligen Biomasse an und es entsteht **Braunkohle** (60-75 % C). Gelangt diese durch tektonische Prozesse in größere Tiefe, führen höhere größerer Druck und höhere Temperatur zu weiterer Inkohlung, so dass **Steinkohle** (78-90 % C) und schließlich **Anthrazit** (94-98 % C) entstehen (vgl. Abb. 12). Die Steinkohle der Karbonzeit entstand aus baumartigen Bärlappen, Schachtelhalmen und Farnen, die Braunkohle der Tertiärzeit aus Nadel- und Laubbäumen, der Torf des Holozäns (von der Nacheiszeit bis zur Gegenwart) aus Torfmoosen, Zwergsträuchern und Laubbäumen.

Erdöl besteht aus flüssigen Kohlenwasserstoffen, die aus fossilen Mikroorganismen, Algen und Planktontieren im Faulschlamm von Flachmeeren und Binnenseen beim Abbau durch anaerobe Bakterien unter Luftabschluss entstanden und unter Druck in poröses Speicherstein gelangten.

Erdgas besteht aus gasförmigen Kohlenwasserstoffen, vor allem Methan, und etwas Stickstoff. Es entsteht bei der Erdölbildung und sammelt sich im Speichergestein oberhalb des Erdöls an.

3. Beteiligung von Organismen an der Bildung von Kalkgebirgen

Die mächtigen Kreidefelsen an der Küste der Insel Rügen sind 120 m hoch. Schwemmt man einige Krümel der Kreide in Wasser auf und betrachtet sie unter dem Mikroskop, findet man unzählige Schalen einzelliger Organismen, überwiegend Foraminiferen, auch Lochschalen-träger oder Kammerlinge genannt (s. Abb. 13).



Abb. 13: Mikrofossilien aus der Schreibkreide, überwiegend Kalkgehäuse einzelliger Foraminiferen (v. Bülow 1974, S. 100)

Sie bildeten im Meer der Kreidezeit ihre Schalen durch Fällung von Calciumcarbonat aus Calcium- und Carbonat-Ionen. Diese Kalkbildung erfolgt bei hoher Konzentration der genannten Ionen auch ohne Organismen. Sie wird aber durch die Kalkschalenbildung von Einzellern bereits bei niedriger Ionenkonzentration durchgeführt, so dass diese Organismen wesentlich zur Bildung von Kalksedimenten am Meeresboden beitragen. Andere Einzeller, vor allem Radiolarien („Strahlentierchen“), bilden Skelette aus Kieselsäure., die sich nach Absterben dieser Organismen gleichfalls am Meeresboden absetzen, Zahlreiche andere Sedimente vom Kambrium bis zur Tertiärzeit enthalten in großer Menge Schalen von Muscheln oder Gehäuse von Schnecken und Kopffüßern (z.B. Ammoniten) und anderer, z.T. ausgestobener Tiergruppen z.B. Armfüßer (Brachiopoden) und Dreilappkrebse (Trilobiten), die überwiegend aus Kalken und Silikaten bestehen. Solche Meeres-Sedimente wurden durch die Kontinentalverschiebung gefaltet und zu Gebirgen aufgetürmt. Auf diese Weise haben Organismen auf der ganzen Erde zur Gebirgsbildung beigetragen.

Interessant ist die Bildung von Korallenriffen in tropischen Meeren. Kleine Korallenpolypen sitzen auf Gesteinsuntergrund dicht beieinander und bilden Kolonien. Am Fuß scheidet jeder Polyp eine Kalkscheibe ab. Stirbt er, wird das weiche Gewebe von anderen Tieren gefressen oder von Bakterien abgebaut. Auf die Kalkscheibe setzt sich ein junger Polyp, der seinerseits eine Fußscheibe abscheidet. Auf diese Weise wächst ein Korallenstock in die Höhe und Breite.

Im Südpazifik gibt es zahlreiche kreisförmige oder ovale Korallenbänke, die Atolle, in deren Mitte sich ein Zentralberg oder Flachwasser, die Lagune befindet (s. Abb. 14).

Bereits Charles Darwin erkannte, wie diese Atolle entstehen: Bildet sich im Ozean ein neuer Vulkan und taucht dieser über der Meeresoberfläche auf, siedeln sich am Hang des Vulkans dicht unter der Wasseroberfläche Korallen an. Steigt die Insel durch tektonische Hebung weiter auf, wachsen die Korallen nach unten, da sie nur unter Wasser leben können, sinkt sie später wieder ein, wachsen die Korallen nach oben und bilden ein Atoll (s. Abb. 15).

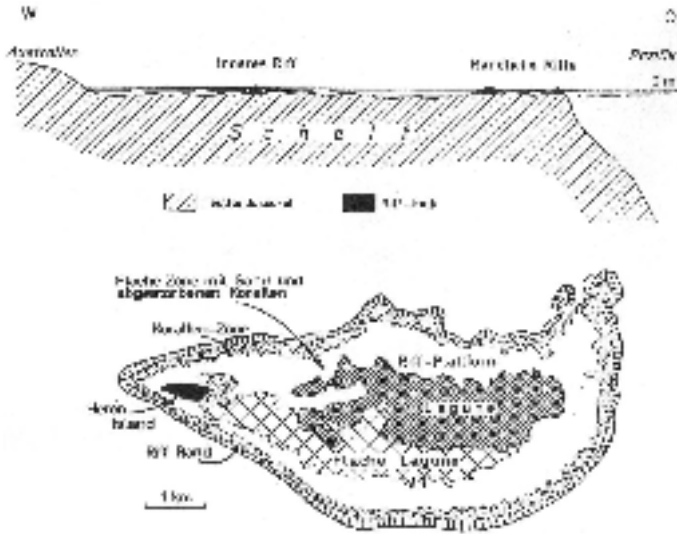
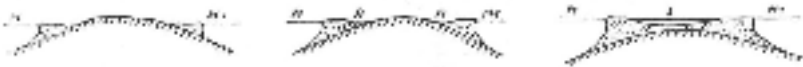


Abb. 14: Gliederung des Heron-Korallenriffs in Ost-Australien (Schwarzbach 1970, S. 115)



Blockbild eines Wallriffs (Schwarzbach 1952, S. 102)



Entwicklung vom Saumriff zum Atoll (nach Darwin) (Schwarzbach 1952, S. 102)



Werdung einer Koralleninsel

1: Saumriff 2: Das Riff wächst nach oben, während die Insel sinkt, und wird zum inneren Saumriff. 3: Wenn die Insel wieder aufsteigt, wird das Riff ein Kalbberg über den Wasserspiegel gehoben. Die Korallenpolypen leben in der ihnen zugehörigen Wasserzelle weiter. (v. Thaler 1974)

Abb. 15: Entwicklung von Koralleninseln

4. Anreicherung bestimmter Mineralien

Organismen benötigen für ihren Aufbau außer den Elementen C, H, O und N in geringerer Menge eine große Anzahl weiterer Elemente, die sie aus der Nahrung, der Luft, dem Wasser und dem Boden beziehen. Sie reichern diese Elemente in ihrem Körper an. Dort wo angestorbene Organismen in großer Menge vorkommen, z.B. am Meeresboden, können sie Sedimente mit Anreicherungen solcher Elemente bilden. So tragen z.B. Organismen zur Anreicherung von Silizium, Eisen, Mangan, Schwefel und Phosphor und deren Verbindungen bei. Einzellige Kieselalgen (Diatomeen) besitzen eine poröse, aus zwei Teilen bestehende Schale aus Kieselsäure. Da diese Schalen nach dem Absterben nicht von Bakterien abgebaut werden, häufen sie sich am Gewässerboden an. So entstanden die Lager von Diatomeenschlamm am Meeresboden und von Kieselgur (Diatomeenerde) in Sedimenten von Binnenseen der Tertiärzeit, z.B. auch im Habichtswald bei Kassel. Kieselgur wird wegen der großen Porosität und Saugfähigkeit als Filter- und Saugmaterial verwendet, z.B. auch für die Dynamitherstellung. Dynamit ist eine Mischung aus dem Sprengstoff Nitroglycerin und Kieselgur.

5. Verstärkung der Gesteinsverwitterung und Bodenbildung

Organismen bilden Säuren, die das Lösen und chemische Umsetzen von Mineralstoffen fördern. Damit wird die Bodenbildung beschleunigt. Auf diese Weise tragen Organismen dazu bei, dass andere Organismen die benötigten Mineralstoffe schneller und in stärkerem Maße zur Verfügung haben.

6. Veränderung der Erdoberfläche durch Tierbauten

Tiere, die im Boden Gänge und Höhlen anlegen, wie z.B. Regenwürmer, Maulwürfe und viele Nagetiere, lockern und durchlüften auf diese Weise den Boden und fördern damit das Leben anderer im Boden lebender Organismen.

Termiten tropischer Länder bauen aus Erde und zerkleinertem Holz, die mit Sekreten verfestigt werden, Bauten mit bis zu 6 m Höhe, die Jahrhunderte alt werden können.

Der Einfluss von Kontinentaldrift und Vulkanismus auf die Evolution der Organismen

Die Zirkulation heißer, plastischer Gesteinsmassen im Erdmantel führt zu einer Verschiebung der 12 großen Platten der Lithosphäre. Während in mittelozeanischen Rücken ständig Masse aufsteigt, vergrößern sich dadurch die ozeanischen Platten beiderseits des Rückens, werden zu Seite geschoben, stoßen an die Kontinentalränder und tauchen dort unter die Kontinentalplatten (Subduktion, Abb. 16). Solche Plattenbewegungen führen auch zur Verschiebung ganzer Kontinente oder von Kontinentteilen, die vom Kontinent abgetrennt werden wie z.B. Indien und Madagaskar, die ursprünglich Teile von Afrika waren.

Es wird angenommen, dass im Laufe der Erdgeschichte, die Kontinente mehrfach auseinander drifteten und sich wieder zu einem einzigen Super-Kontinent zusammenschlossen. Der letzte Superkontinent war Pangäa., Er begann vor 200 Millionen Jahren, sich in den Nordkontinent Laurasia, den Südkontinent Gondwana und den Kontinent Antarktis/ Australien zu teilen. Vor 120 Millionen begann die Trennung Südamerikas von Afrika und vor 60 Millionen Jahren die Teilung Laurasias in Nordamerika und Eurasien sowie die Trennung Australiens von der Antarktis (Abb. 17).

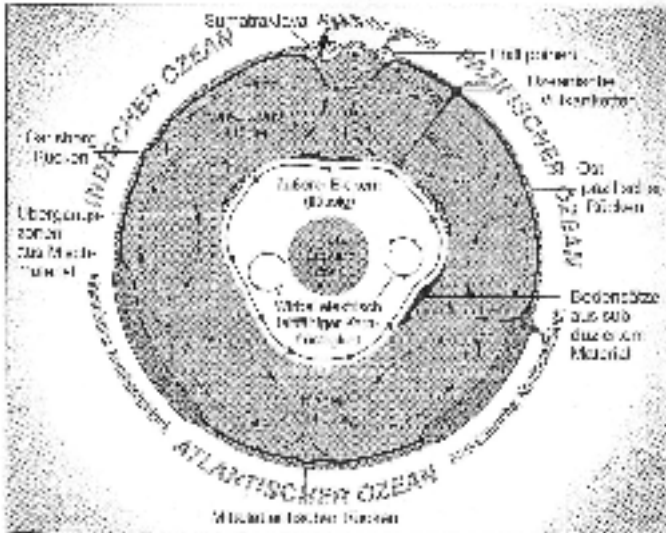


Abb. 16: Querschnitt durch die Erde am Äquator mit Konvektionsströmen im Erdmantel (nicht maßstabgetreu, nach Vogel 1994)

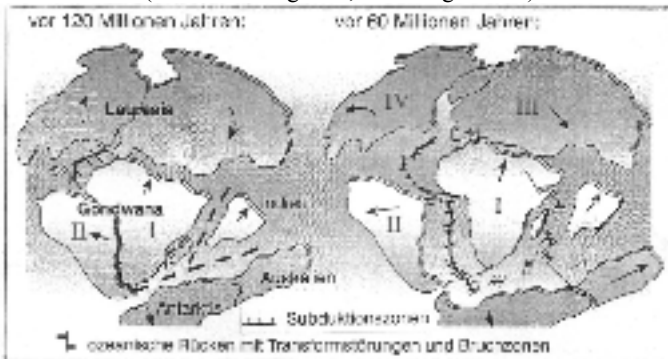


Abb. 17: Kontinentaldrift seit 120 Mill. Jahren (Kattmann 2004, S. 10)

Die Trennung der Kontinente führte zur Isolation von Säugetiergruppen, die sich ohne den Einfluss der von ihnen abgetrennten Gruppen weiterentwickelten. So blieben die urtümlichen Beuteltiere (z.B. Känguruhs) in dem früh von Pangäa abgetrennten Australien erhalten, während sich im übrigen Pangäa ein Teil der Beuteltiere zu anderen Säugetieren weiter entwickelte, deren Konkurrenzdruck dort zum Aussterben der Beuteltiere führte.

Sehr stark wirkte auch die Entstehung von Vulkaninseln auf die Evolution, wenn sich diese Inseln im Ozean weit entfernt vom nächsten Kontinent bildeten. Von tief im Erdmantel gelegenen Magmanestern führen Magmakanaläle (Hot Spots) nach oben, durchbrechen die Lithosphäre und bilden einen Vulkan. Wenn sich die Gesteinsscholle aber über den Hot Spot schiebt, wird der Schlot verschlossen und der Vulkan erlischt. Nach vielen Jahren ist der Magmadruck des Hot Spots wieder so stark, dass er die Scholle durchbricht und einen neuen

Vulkan bildet. Da sich die Gesteinsscholle weiterschiebt, erlischt auch dieser Vulkan wieder. Auf diese Weise entsteht eine Inselkette aus mehreren erloschenen und einem aktiven Vulkan (Abb. 18).

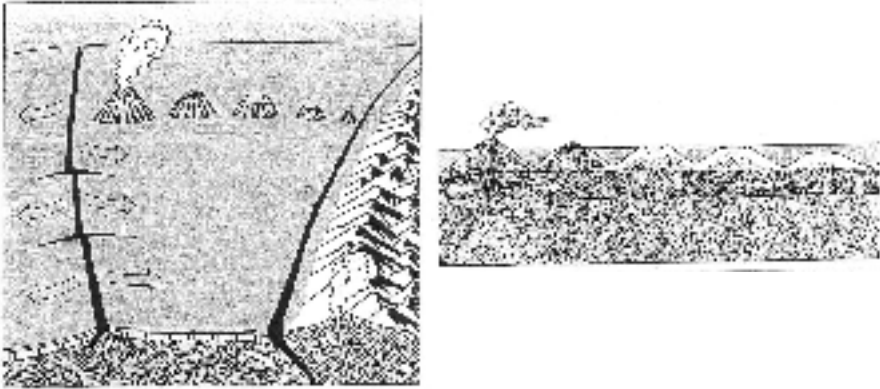


Abb. 18: Entstehung einer Vulkaninselkette durch Verschiebung einer Kontinentalplatte über einem Hot-Spot (Zizka/Klemmer 1994, S. 26)

Die erloschenen Vulkane werden allmählich abgetragen oder tauchen unter durch absinken der Gesteinsscholle. Beispiele sind die 5,6 Millionen bis 700 000 Jahre alten Hawaii-Inseln und die 4 Millionen bis 500 000 Jahre alten Galapagos-Inseln im Pazifik.

Die neuen Inseln werden zuerst von Cyanobakterien besiedelt. Diese bilden mit anderen Bakterien Mikrobenmatten, binden Luftstickstoff und bilden einen mineralstoffreichen Boden, der zunächst von Farnen und Gräsern und später von Wald besiedelt wird. Die Besiedlung durch Tiere beschränkt sich, solange der Mensch nicht eingreift, auf Tiere, die mit dem Wasser oder durch die Luft zu den Inseln kommen. Die wenigen Tiere, die so auf die Inseln kommen, können sich dort stark vermehren und in verschiedene Rassen, Unterarten und Arten weiterentwickeln, weil sie auf den Inseln keine Konkurrenten vom Kontinent haben.

So konnten sich auf den Hawaii-Inseln über 1000 Arten von Landschnecken entwickeln.

Auf den Galapagos-Inseln spalteten sich die wenigen eingewanderten Vogelarten in viele neue Arten auf. Aus wahrscheinlich eine Finkenart entstanden die 13 verschiedenen "Darwinfinken" mit ganz unterschiedlichen Schnabelformen, vom großen Kernbeißer-Schnabel bis zum schmalen Insektenfresser-Schnabel. Während auf dem Kontinent die ökologischen Nischen dieser Vögel von ganz unterschiedlichen Vogelarten besetzt werden, entwickelten auf Galapagos allein die Finken die ganze Schnabelvielfalt.

Da auf Galapagos auch Raubtiere und Jäger fehlen, haben die am Boden brütenden Vögel (z.B. Tölpel) keine Fluchtdistanzen.

Ist die Erde ein sich selbst regulierendes System ?

James Lovelock veröffentlichte 1988 seine Gaia-Theorie. Ausgangspunkt seiner Überlegungen ist die Tatsache, dass die physikalischen Bedingungen auf der Erde über Jahrtausende nur in bestimmten Grenzen schwanken, nachdem sie ein bestimmtes Niveau erreicht hatten. Die Konzentrationen an Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre der Salzgehalt der Ozeane blieben seit 450 Millionen Jahren weitgehend gleich. Die

Temperaturen der Atmosphäre waren zwar in den zahlreichen Kaltzeiten viel niedriger als in Warmzeiten. Die aus diesen Extremen gebildeten Mittelwerte blieben aber ungefähr gleich.

Der O_2 -Gehalt von 20-21 % ist für Organismen günstig. Unterhalb von 15 % O_2 gäbe es kein Feuer und die gleichwarmen Tiere (Vögel, Säuger) hätten bei starker Bewegung nicht genug Sauerstoff zum Atmen. Oberhalb von 35 % O_2 würde aber selbst nasse Biomasse brennen. Globale Flächenbrände wären die Folge (Lovelock 1988, S. 132). Es wird vermutet, dass hier eine Regulation vorliegt, die auf einer negativen Rückkopplung zwischen der Fossilisierung organischen Kohlenstoffs und dem Sauerstoff-Gehalt besteht, so dass es zu einem Fließgleichgewicht kommt (Schlesinger 1991, S. 29).

Der Biologe Kenneth Hsü veröffentlichte 2001 eine Hypothese der Temperaturregulation der Erdatmosphäre im Laufe der Erdgeschichte, nach der diese Regulation nur allein durch die Tätigkeit von Organismen erfolge. Den Wechsel von Warm- und Kaltzeiten erklärt er durch die Aufeinanderfolge von Organismen, die jeweils durch ihren Stoffwechsel als „Wärmer“ oder „Kühler“ fungieren:

- Die Uratmosphäre enthielt durch Vulkanausbrüche viel CO_2 . Der starke Treibhauseffekt führte zur Erwärmung.
- Die ersten Organismen, anaerobe Bakterien, banden CO_2 , sie wurden überwiegend fossilisiert, deshalb wurde mehr Kohlenstoff abgelagert, als durch Vulkane in Form von CO_2 in die Atmosphäre abgegeben wurde. So verminderte sich der Treibhauseffekt, es folgte eine globale Abkühlung, die vor 3 Mrd. Jahren zu einer Eiszeit führte.
- Methanbakterien traten auf und setzten Methan frei, dessen Treibhauseffekt die Atmosphäre erwärmte.
- Nach 0,5 Mrd. Jahren erschienen Cyanobakterien. Deren Fotosynthese förderte die Kalkfällung. Damit wurde viel Kohlenstoff gebunden, das führte zu einer Eiszeit vor 2 Mrd. Jahren.
- Vor 1 Mrd. Jahren war genügend viel Sauerstoff für Tiere vorhanden, die CO_2 freisetzen und Mikrobenmatten fraßen. Folglich sank die Fotosynthese und damit die Kalkfällung. Damit stieg der Treibhauseffekt, der zur Erwärmung führte.
- Frei gewordenes CO_2 löste aus verwitternden Silikaten Calcium-Ionen und verstärkte so deren Eintrag in die Ozeane. Das führte zur starken Kalkbindung durch Kalkschalentiere vor 550 Millionen Jahren und damit zur Verminderung des CO_2 -Gehaltes und zur Abkühlung.
- In der Karbonzeit entstanden Wälder aus Farnen und Schachtelhalmen, die weiteren Kohlenstoff durch Bildung von Kohle banden. Der CO_2 -Gehalt nahm deshalb weiter ab, das führte vor 300 Millionen Jahren im Perm zu einer Eiszeit.
- Daraufhin verschwanden die Wälder, CO_2 reicherte sich an, deshalb wurde es wärmer u.s.w.

Einige Vertreter der Gaia-Hypothese sehen bei der Regulation von O_2 -Gehalt, Salzgehalt der Ozeane und Temperatur der Erdoberfläche ein teleologisches Prinzip der Selbsterhaltung des Lebens am Werke. Der Biologe Hsü lässt Gaia als Akteurin in die Erdgeschichte eingreifen.

Dagegen will Lovelock (2003) „Gaia“ nur noch metaphorisch und seine Theorie als empi-

risch naturwissenschaftlich verstanden wissen. Zudem berücksichtigt Hsiü nicht astronomische und geologische Einflüsse auf die Temperatur der Atmosphäre.

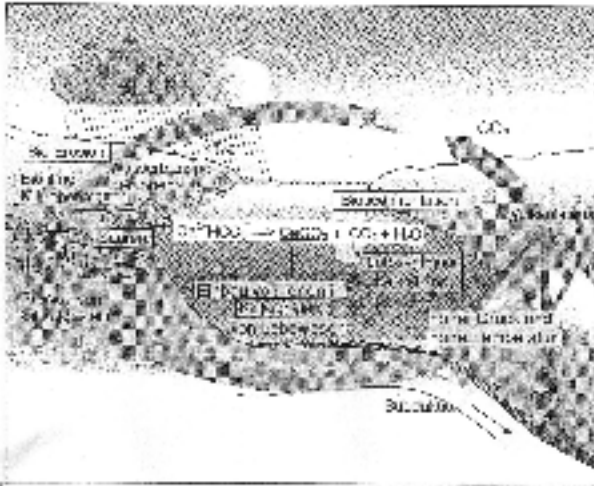
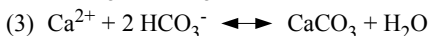
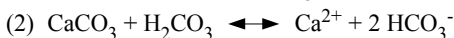
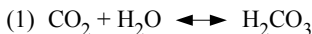


Abb. 19: Bio-geogen gesteuerter Karbonat-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf
(nach Kasting/Toon/Pollack 1988, verändert)

Biologisch-geologische Hypothese der Temperatur-Regulierung: Der Carbonat-Silikat-Zyklus (Kasting/Toon/Polack 1988)

Diese Hypothese geht davon aus, dass die CO_2 -Bindung nur zu 20 % biologisch, zu 80 % aber geologisch erklärbar ist. Bei Regen bildet sich aus CO_2 und H_2O Kohlensäure (1), die durch Reaktion mit dem Calciumcarbonat des Gesteins zur Freisetzung von Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen führt (2). Diese gelangen über das Grundwasser in Quellen und Flüsse sowie in der Ozean. Dort verbinden sich diese Ionen unter dem Einfluss schalenbildender Organismen zu Calciumcarbonat und Wasser (3) (biogene Kalkbildung).



Wie die Doppelpfeile zeigen, sind alle drei Reaktionen Gleichgewichtsreaktionen aus Hin- und Rückreaktionen. Die Hinreaktionen (nach rechts) überwiegen nur dann, wenn ein Reaktionsprodukt laufend aus dem Gleichgewicht entfernt wird. Das ist bei diesen Reaktionen der Fall: Das in Reaktion (1) gebildete H_2CO_3 wird laufend bei der Lösung von CaCO_3 in Reaktion (2) verbraucht. Die Reaktionsprodukte von (2) werden flussabwärts transportiert. Im Meer wird ständig CaCO_3 bei der Kalkschalenbildung von Tieren verbraucht und damit aus der Gleichgewichtsreaktion (3) entfernt. Deshalb läuft erst dort, aber noch nicht in den Zuflüssen, Reaktion (2) überwiegend nach rechts.

Auch ohne Meeresorganismen kommt es Kalkfällung und damit zur Bindung von CO_2 , aber

erst bei einer höheren, kritischen Konzentration an Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen. Die Karbonatsedimente (Kalkstein und Dolomit) werden mit der bewegten Meeres-Gesteinsscholle zum Kontinentalrand transportiert, sinken dort in den heißen Erdmantel ab. Durch Druck und Hitze verbinden sich dort Kalk und Silikat zu Silikatgestein und CO₂. Dieses gelangt durch Vulkane und aufsteigende mittelozeanische Rücken in die Atmosphäre (Abb. 19).

Bei sinkender Temperatur, z.B. aus astronomischen Gründen, vermindert sich die Verdunstung und es regnet weniger. Dadurch verringert sich die Erosion von Gestein und CO₂ wird langsamer aus der Atmosphäre entfernt. Da aber die Geschwindigkeit der CO₂-Freisetzung durch Vulkane gleich bleibt, reichert sich CO₂ in der Atmosphäre an. Folglich erhöht sich der Treibhauseffekt, die Temperatur steigt wieder, damit steigt die Verdunstung und die Intensität des Regens usw.

Welche Gase sind am Treibhauseffekt der Atmosphäre beteiligt ?

Ohne den Treibhauseffekt der gegenwärtigen Atmosphäre läge die Mitteltemperatur der Atmosphäre in Meeresspiegelhöhe nicht bei + 15 ° sondern bei – 18 ° C, also 33 ° niedriger, und der größte Teil der Kontinente und Meere wäre vereist. Die folgenden Gase der Atmosphäre sind an dem Treibhauseffekt von 33 ° C beteiligt:

	Gesamterwärmung ¹⁾		davon vom Menschen verursachter Anteil ²⁾	
Wasserdampf	20,6 °	oder 62,4 %	0,13 °	0,25 %
Kohlenstoffdioxid, CO ₂	7,2 °	21,8 %	1,4 °	4,2 %
Ozon, O ₃	2,4 °	7,3 %	0,2 °	0,6 %
Distickstoffoxid, N ₂ O	1,4 °	4,2 %	0,13 °	0,4 %
Methan, CH ₄	0,8 °	2,4 %	0,36 °	1,1 %
<u>Andere Gase</u>	<u>0,6 °</u>	<u>1,8 %</u>	<u>0,6 °</u>	<u>1,8 %</u>
Summe:	33,0 °	100 %	2,75 °	8,4 %

Tabelle 2: Anteile von Treibhausgasen an der Erwärmung der Erdatmosphäre

¹⁾ Maxeiner/Miersch 2000, S. 150, ²⁾ errechnet aus Angaben der HNA vom 16.2.05

Der CO₂ –Gehalt der Atmosphäre erhöhte sich in der Zeit von 1900 bis 2000 durch die vom Menschen freigesetzten Abgase von 0,030 % auf 0,036 %.

Die mit 0,6 ° an der Treibhauswirkung beteiligten „anderen Gase“ sind die vom Menschen freigesetzten Fluorkohlenwasserstoffe , FCKW.

Astronomische und terrestrische Einflüsse auf die Temperatur der Erdatmosphäre

Die Temperatur der Erdatmosphäre schwankte nicht nur im Wechsel von Eiszeiten und Warmzeiten, sondern auch nach der letzten Eiszeit bis zur Gegenwart. So gab es in den letzten 500 Jahren mehrere Kalt- und Warmzeiten, die sich auch in einem Wechsel der Gletscherstände zeigten. So stießen z.B. die Gletscher der Alpen bis 1850 vor, seitdem ziehen sie sich zurück. Auch im 20. Jahrhundert wechselten sich Zeiten jeweils mehrerer kalter und warmer Jahre ab. Diese langfristigen und kurzfristigen Schwankungen laufen nicht parallel mit Schwankungen der Anteile von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Sie sind

wahrscheinlich überwiegend das Ergebnis mehrerer astronomischer und terrestrischer Einflüsse.

Astronomische Einflüsse:

- Die Form der Erdbahn schwankt im Rhythmus von 100 000 Jahren um 0,5-6 %. Die starke Exzentrizität der Erdbahn verstärkt die Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter.
- Die Neigung der Erdachse schwankt in einem Rhythmus von 40 000 Jahren zwischen 40 000 Jahren um 22,1 ° und 24,5 °.
- Die Erdachse rotiert in einem Rhythmus von 20 000 Jahren (Präzession). Dies verstärkt die Temperaturgegensätze auf der einen Halbkugel und verringert sie auf der anderen.
- Diese drei Faktoren werden als „Schrittmacher des Eiszeitalters“ bezeichnet (Lexikon der Geographie 2001, Bd. 1, S. 298)
- Die Strahlungsintensität der Sonne schwankt kurz- und langfristig.

Terrestrische Einflüsse:

- Wenn durch die Kontinentalverschiebung große Landmassen in Polargebiete gelangen, bildet sich auf diesen Landmassen viel mehr Eis als auf Polarmeeren, weil auf dem Land nicht das Abschmelzen durch darunter liegendes wärmeres Wasser, das durch Meereströmungen erwärmt wird, stattfindet. Beispiele sind die Antarktis und Grönland. Solche Eismassen wirken kühlend.
- Die Entstehung von Hochgebirgen verändert die atmosphärische Zirkulation und verstärkt die Abtragung und Verwitterung von Gestein, die zu einer Reduzierung des atmosphärischen CO₂ führt und damit kühlend wirkt.
- Starke Asteroiden-Einschläge und Vulkanausbrüche befördern Staubmassen in die Atmosphäre, die die Sonneneinstrahlung vermindern. Das dürfte z. B. vor 65 Millionen Jahren beim Einschlag des 10 km großen Meteoriten auf der Halbinsel Yucatan in Mexiko der Falle gewesen sein. Er verursachte große Waldbrände und eine starke Minderung der Fotosynthese durch Staub in der Atmosphäre und damit einen starken Rückgang des Pflanzenwachstums, der zum Aussterben der großen Dinosaurier führte.

Es gibt also kein der Erde innewohnendes „Erhaltungsprinzip“ zur Erhaltung der Biosphäre und ihrer Organismen. Diese leben dort, wo die Umweltbedingungen ihren Lebensansprüche genügen. Weil diese Ansprüche sehr unterschiedlich sind, können auch extreme Lebensräume besiedelt werden. Am widerstandsfähigsten sind dabei einige Bakterien, die als Dauerstadien (Sporen) auch Austrocknung und Weltraumkälte überstehen. Nur oberhalb von 130 ° C ist kein Leben möglich.

Die Veränderung der Biosphäre durch den Menschen

Wenn von der Veränderung der Erde durch Organismen die Rede ist, muss auch der Mensch in diese Betrachtung einbezogen werden.

Dass der Mensch seit der Altsteinzeit durch die Jagd und seit der Jungsteinzeit auch durch Waldrodungen, Ackerbau und Viehzucht, später auch durch Waldbaumaßnahmen und den Einsatz von Bioziden die Anzahl und Häufigkeit von Pflanzen- und Tierarten stark veränderte und dabei zahlreiche Arten ausrottete, ist seit langem bekannt.

Menschliche Tätigkeit veränderte aber auch die Großformen der Erdoberfläche, die Gewässer und die Atmosphäre. Einige Beispiele seien hier genannt:

- Die Abholzung großer Wälder seit der Antike führte zu Bodenerosion an den Hängen, so dass die Aufforstung wegen fehlenden Bodens vielfach kaum noch möglich ist.
- Bereits der Philosoph Plato (427-347 v. Chr.) beklagt in seiner Schrift „Kritias“ die Abholzung von Wäldern für den Schiffbau in seiner Heimat Attika. Ähnliches gilt für die Wälder des Apennin in Italien zur Römerzeit.
- Die Abholzung von Gebirgswäldern führt auch zu verstärktem Lawinenabgang und Überschwemmungen, weil das Regenwasser nicht mehr durch den Waldboden festgehalten wird.
- Die fortschreitende Zerstörung tropischer Regenwälder zur Gewinnung von Tropenholz und landwirtschaftlichen Nutzflächen führt nicht nur zu einem enormen Verlust an Pflanzen- und Tierarten, sondern auch zu Bodenverarmung und Klimaänderung, weil ein großer Teil des Tropenregens nicht mehr an Ort und Stelle von den Bäumen verdunstet wird, sondern abfließt.
- Der Bau großer Staudämme führt nicht nur zu einer starken Veränderung des Landschaftsbildes, sondern auch zu einem Zurückhalten fruchtbaren Bodens, der im Flusswasser mitgeführt wird und sich dann im Stausee absetzt, während er vorher bei Überschwemmungen auf die Wiesen und Äcker des Flusstales gelangte. Ein Beispiel ist der Assuan-Stausee des Nils.

Er füllt sich mit fruchtbarem Nilschlamm, der vor dem Bau des Dammes mit dem jährlich einmal erfolgenden Nilhochwasser auf die Felder der Fellachen gelangte. Jetzt fehlt dort der fruchtbare Oberboden, so dass normale Ernten nur noch mit Kunstdünger zu erzielen sind.

- Die seit 200 Jahren vorgenommene Kanalisierung von Flüssen zum Zweck der Beschleunigung der Schifffahrt verkürzt den Flusslauf und engt das Flussbett ein. Das kleinere gewordene Flussbett kann dann Hochwasser nicht mehr fassen, das dann die Dämme durchbricht und große Landteile beiderseits des Flusses überflutet.
- Die als Treibmittel verwendeten Fluorkohlenwasserstoffe (FKKW) haben in den vergangenen Jahren die Ozonschicht der oberen Atmosphäre besonders in den Polarregionen so stark reduziert, dass jeweils im Nord- und Südpolarbereich ein „Ozonloch“ entstand. Das führt zu einer stärkeren UV-Einstrahlung, wodurch Organismen geschädigt werden können.
- Schwefeldioxidabgase aus Kohlekraftwerken und Stickoxide aus Autoabgasen führten seit etwa 1970 im Zusammenhang mit zu trockenen Sommern zu einer starken Schädigung unserer Wälder. Auch wenn es entgegen ursprünglichen Prognosen nicht zu einem flächenhaften Absterben von Wäldern („Waldsterben“) gekommen ist, zeigt der Wald doch an zahlreichen Stellen große Lücken, deren Schließung Jahrzehnte dauern wird.
- Wie weit der vom Menschen verursachte Anstieg des CO_2 in der Atmosphäre von 0,030% auf 0,036% von 1900 bis 2000 an der globalen Erwärmung der letzten Jahre beteiligt ist, lässt sich bis jetzt noch nicht nachweisen. Es ist auf jeden Fall sinnvoll, vorsorglich die Abgase weltweit zu reduzieren, zumal diese Gase an Orten hoher Konzentration Schäden an Organismen verursachen.

Wenn der Mensch die Lebensbedingungen für sich selbst und seine belebte Mitwelt in der Biosphäre erhalten will, muss er stärker als bisher Eingriffe in die Natur nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit vornehmen. Dazu gehört auch die zunehmende Nutzung regenerativer Energiequellen. Da die fossilen Energieträger bei dem gegenwärtigen Verbrauch nur noch wenige Jahrzehnte reichen, ist auch aus diesem Grund die verstärkte Nutzung der Sonnenenergie erforderlich. Die noch vorhandenen Vorräte an fossilen Kohlenwasserstoffen werden

langfristig als Rohstoffe für Kunststoffe und zahlreiche weitere chemische Produkte gebraucht. Es ist gegenüber kommenden Generationen nicht zu verantworten, diese Rohstoffe jetzt zu verheizen. Dies ist ein weiterer Grund, unseren Energiebedarf stärker als bisher durch regenerative Energiequellen zu decken.

Literatur

- Bülow, K.v./ Bülow, W.v.: Geologie für Jedermann. Franckh, Stuttgart 1974¹⁰
- Campbell, N.A./ Reece, J.B.: Biologie. Spektrum, Heidelberg/Berlin 2003⁶
- Cloud, P.: Die Biosphäre. Spektrum 1983, 11, 126-136
- Cypionka, R./ Cypionka, H.: Leben in der Erdkruste – eine Forschungsreise in die „tiefe Biosphäre“. Unterricht Biologie, H. 299, 2004, 26-32
- Hedewig, R.: Atmung bei Menschen und Tieren. Unterricht Biologie, H. 277, 2002, 4-13
- Hedewig, R.: Licht und Leben. Korona 90, August 2002, 10-37
- Hsü, K.J.: Gaia and the mediterranean sea. In: Scientia Marina, 2001, Suppl. 2, 133-140
- Jaeger, U.: Leben aus dem Eis. Der Spiegel 10/2005, 172-174
- Kasting, J.F./ Toon, O.B./ Pollack, J.B.: Die Entwicklung des Klimas auf erdähnlichen Planeten. Spektrum 1988, 4, 46-53
- Kasting, J.F.: Als Mikroben das Klima steuerten. Spektrum 2004, 9, 62-68
- Kattmann, U.: Bioplanet Erde. Unterricht Biologie, H. 162, 1991, 51-53
- Kattmann, U.: Bioplanet Erde: Erdgeschichte ist Lebensgeschichte. Unterricht Biologie, H. 299, 2004, 4-13
- Lexikon der Geographie. 4 Bände, Spektrum, Heidelberg/Berlin 2001-2002
- Lovelock, J.: The ages of Gaia. University Press, Oxford 1988
- Lovelock, J.: The living earth. Nature 426, 2003, 769-770
- Machatschek, F.: Das Relief der Erde. Teubner, Leipzig 1952
- Maxeiner, D./ Miersch, M.: Lexikon der Öko-Irrtümer. Piper, München 2000
- Probst, W.: Was Cyanos alles können – Entdeckungen an einer vergessenen Bakteriengruppe. Unterricht Biologie, H. 299, 2004, 40-46
- Sander, E./ Jelemenska, P./Kattmann, U.: Woher kommt der Sauerstoff? Unterricht Biologie, H. 299, 2004, 20-23
- Schidlowski, M.: A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks. Nature 333, 1988, 313-318
- Schidlowski, M./ Wiggering, H.: Die Erdatmosphäre im Präkambrium. Entwicklung des atmosphärischen Sauerstoffs. In: Die Geowissenschaften 6, 1988, 121-217
- Schlesinger, W.H.: Biogeochemistry. An analysis of global change. Academic Press, San Diego, Cal. 1991
- Schwarzbach, M.: Berühmte Stätten geologischer Forschung. Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart 1970
- Simpson, S.: Wie alt sind die ersten Lebensspuren? Spektrum 2004, 4, 40-77
- Stugren, B.: Grundlagen der Allgemeinen Ökologie. G. Fischer, Jena 1986
- Vink, G.E./ Morgan, W.J./ Vogt, P.R.: Hot Spots: heiße Flecken auf der Erde. Spektrum 1985, 6, 62
- Zizka, G./ Klemmer, K. (Hrsg.): Pflanzen- und Tierwelt der Galapagos-Inseln. Kleine Senckenbergreihe Nr. 20, Palmengarten Sonderheft 22, Frankfurt 1994

Workshop

Was ist Zeit?

Lichtenstein, schwäbische Alb

**Mi, 11.Mai 2005 bis Mo, 16. Mai
2005**

Veranstalter:

PhysikClub der Kinder- und Jugendakademie
Kassel

Astronomischer Arbeitskreis Kassel (AAK)
e.V.

Albert-Schweitzer-Schule Kassel



Abfahrt: Mittwoch, 11.Mai, 12.00 Uhr ASS, Neubau, Parkstr.

Rückkehr: Montag, 16.Mai, gegen 21.00 Uhr

Unterkunft: Haus Sonnenfels in Lichtenstein, Schwäbische Alb, südlich von Reutlingen

Das am Waldrand stehende Haus besitzt 42 Betten in 2-, 3-, 4-, 5- und 6- Bett-Zimmern, Liegewiese, Grillplatz, Fußballplatz, Volleyballfeld, Abenteuerbach, Seminarräume mit videobeamer und internet, Tischtennisraum, Billard, es ist in der Nachbarschaft zahlreicher Schauhöhlen, mitten in einer beeindruckenden Karstlandschaft, Frühstück- und Abendbuffet, Mittagessen.

Kosten für Fahrt im modernen Reisebus, Unterkunft, Verpflegung, Freizeitprogramm, Arbeitsgruppen und wissenschaftliches Programm, Vortrag Prof. Ruder, Höhlenexkursion, lokale Transporte, Event „Timeless Cave“, astronomische Beobachtungen u.v.m: 235.- €

Anmeldungen ab 15.1. 2005 bei KP Haupt bei den Freitagsvorträgen, im PhysikClub oder im ASS, Anmeldeformular dort oder unter kphaupt@aol.com anfordern.

Pflichtlektüre: Alan Lightman: „Und immer wieder die Zeit“, Knauer TB 2004, saukomische Gedankenspiele eines träumenden Einsteins, erdacht von einem MIT Astrophysiker

Zum Ablauf:

In einer lockeren Folge aus Arbeitssitzungen, Plenumsveranstaltungen, Freizeitaktivitäten, Events, Vorträgen, Filmen sowie Höhlenexkursionen werden wir uns in gewohnt eigenständiger Weise dem Begriff der Zeit nähern.

Der Vortrag von Prof. Ruder vom Institut für theoretische Astrophysik, Tübingen, die Exkursion in eine nicht ausgebaute naturbelassene Höhle und der vorgesehene Event „Timeless Cave“ dürften unbestritten zu den Höhepunkten des Workshops gehören, obwohl die Arbeit in den Projektgruppen der zentrale Teil des Workshops ist.

Die Arbeitsgruppen bekommen Arbeitsaufträge, von einem Moderator begleitet vernetzen sie sich in Raum und Zeit mit anderen Gruppen, entstehen neue Arbeitsaufträge oder werden mehrere Gruppen angeboten...und immer wieder fokussieren wir im Plenum unser Denken auf eine der spannendsten Fragen der Physik und Philosophie: Was ist eigentlich Zeit?

Und beim abendlichen Blick in den Sternenhimmel erhält man eine besondere Beziehung zu Entfernungen und Zeiten.

Zeitplan:

Wie im letzten Jahr koordiniert der KP-Moderator die Arbeit der Teams. Deswegen kann nur ein grober Ablaufplan angegeben werden:

Mi, 11.5.: Abfahrt Kassel 12.00 Uhr, Ankunft gegen 17.00 Uhr, Abendessen 18.00 Uhr, Eröffnungsvortrag Prof Ruder mit anschließender Diskussion ab 19.00 Uhr

Do, 12.5.: Einführung in den Workshop 9.00 Uhr, Bearbeiten von task 1 in den Teams, Präsentation der Lösungen von task 1

Fr, 13.5.: Höhlenexkursion, Bearbeiten von task 2 in den Teams, Filmabend

Sa, 14.5.: Präsentation der Lösungen zu task 2, Bearbeiten von task 3 in den Teams, Event timeless cave (?)

So, 15.5.: Wanderung zur Burg, Experimente zur subjektiven Zeitwahrnehmung, Präsentation der Lösungen von task 3, Abschlussabend: Das Trödelprinzip

Mo, 16.5.: Abschluss Plenum: Was ist Zeit?, Abfahrt gegen 15.00 Uhr, Ankunft Kassel gegen 20.00 Uhr

Mögliche Arbeitsgruppenthemen:

- Die Richtung der Zeit:
Zeit in der Thermodynamik, der Zeitpfeil, Zeit und Entropie, Zeit und Information
- Zeit ist relativ:
Zeit als Dimension, Gleichzeitigkeit, Uhren- und Zwillingsparadoxon, Zeitmaschinen
- Die gekrümmte Zeit:
Zeit im Gravitationsfeld, Schwarze Löcher
- Der Anfang der Zeit:
Die Zeit vor dem Urknall, Zeit als Dimension, Zeitmaschinen, Reise zum Urknall
- Zeitquanten:
Die unbestimmte Zeit, Zeit in der Quantenmechanik, Zeitliche Symmetrien, Wie lang dauert das Tunneln und Beamten?
- Atomzeit:
Ultragenaue Zeitmessungen, Atomuhren, GPS und Zeitsignale
- Kosmische Zeitskalen:
Lebenszyklen, Sternzyklen, Galaxienzyklen, kosmische Zeit, zyklisches Universum
- Astronomische Zeit:
Definition von Tag, Monat, Jahr, Sternzeit, Ephemeridenzeit, siderische und synodische Zeiten
- Zeit in der Physik:
Brauchen Physiker den Parameter Zeit? Zeit als Illusion, die konstruierte Zeit
- Zeit zum Philosophieren:
Gibt es die Kantsche Zeit a priori? Zeit und Bewusstsein, kulturelle Wahrnehmung von Zeit, Takte, Rhythmen und das Zeitempfinden in der Musik, die konstruierte Zeit, Zeitempfinden, Zeitlosigkeit
- Biologische Uhren
Chronobiologie, Innere Uhren, biologische Uhren, Zeitenstehen und Zeitempfinden, Zeit als Illusion, konstruierte Zeit
- Die Geschichte der Zeitmessung:
Zeit im antiken und mittelalterlichen Weltbild, Zeitmesser, Poincare und die Synchronisation von Zeit

Arbeitsaufträge für die AGs:

Jede der Arbeitsgruppen erhält drei Aufgaben (tasks), die während des Workshops gelöst werden sollen. Zu den Aufgaben gibt es Literatur und Hilfsmittel. Die Aufgaben selbst sind weitestgehend auf die Mitglieder der AGs ausgerichtet.

In regelmäßigen Abständen werden die Lösungen dem ganzen Plenum präsentiert (maximal mit Fragen in 15 Minuten). Dadurch erhält jeder weitgehende Übersichten über die Zeitproblematik und alle Teilnehmer/innen können an dem Abschlussplenum unterschiedliche Aspekte nach der Bedeutung von Zeit darstellen.

Die Aufgaben sind so gestellt, dass auch genügend Zeit für freie Gespräche bleibt. Auch wenn die Tasks recht eng formuliert sind, erfordert die Bearbeitung eine weitreichende eigenständige Auseinandersetzung.

Bisher sind die folgenden AGs gewählt worden:

AG 1: Die Richtung der Zeit

Task 1: Veranschaulichen von Entropie und Information mit Hilfe eines Papierstapels

Task 2: Das zerplatzte Ei: Warum kann die Ordnung in unserem Kosmos überhaupt abnehmen?

Task 3: Die Verletzung der Zeitumkehrsymmetrie durch die CPT – Verletzung bei Kaonen

AG 2: Zeit ist relativ

Task 1: Zeitdilatation und die Relativität der Gleichzeitigkeit mit Minkowski – Diagrammen darstellen

Task 2: Das Prinzip der maximalen Eigenzeit soll erläutert werden (Genz, Plössel).

Task 3: Die Illusion des Jetzt (Greene)

AG 3: Die gekrümmte Zeit

Task 1: Zeige, dass an gekrümmten Flächen der Winkelüberschuß mit der Fläche des Dreiecks wächst.

Task 2: Bau einer Wurmloch – Zeitmaschine (Modell....)

Task 3: Zeitmessung im Gravitationsfeld: Das Modell der rotierenden Scheibe

AG 4: Der Anfang der Zeit

Task 1: Eine räumliche Darstellung einer Zeitreise zum Urknall

Task 2: Wieso kann der Planck – Satellit eine Zeit vor dem Urknall nachweisen?

Task 3: Ein Universum ohne Rand darstellen (no – boundary –Bedingung von Hawking, Hartl)

AG 5: Zeitquanten

Task 1: Was bedeutet eine Quantelung von Raum und Zeit?

Task 2: Wie entsteht die Zeit im Modell der Quanten – Loop –Gravitation? (Genz, Spektr, Fahr)

Task 3: Die Vergangenheit ausradieren (Greene)

AG 6: Zeit zum Philosophieren

Task 1: Aufführung eines Streitgesprächs zwischen Kant und Leibniz über die Zeit

Task 2: Zerstört ein freier Wille die Möglichkeit von Zeitreisen?

Task 3: Ist das Jetzt eine Illusion?

Zeitwand:

„Was ist Zeit?“ ist unsere zentrale Frage. Jede Idee zu einer Beantwortung, jede wissenschaftliche Erkenntnis und jede fantasievolle Äußerung soll fortwährend an einer immer umfangreicher und komplexer werdenden Wand dargestellt werden.

Literaturhinweise:

- Henning Genz: Wie die Zeit in die Welt kam (Die Entstehung einer Illusion aus Ordnung und Chaos), rororo science 1996
- Hans Jörg Fahr: Zeit und kosmische Ordnung, dtv 1995
- Klaus Mainzer: Zeit, Becks Wissen 1999
- Peter Spork: Das Uhrwerk der Natur, rororo science 2004
- Phänomen Zeit, Spektrum der Wissenschaft Spezial, 2003

Beobachtungshinweise

Christian Hendrich

5.5.2005		eta-Aquariden Maximum (sichtbar vom 1.-8.Mai, 20<ZHR<60, V=65km/s)
8.5.2005	19 Uhr MEZ	Ceres in Opposition (7m0 in der Waage)
11.5.2005		Vesta in Konjunktion mit der Sonne
13.5.2005	21 Uhr MEZ	Mond 4,9 Grad nördlich von Saturn
15.5.2005	3 Uhr MEZ	Mars 1,1 Grad südlich von Uranus
19.5.2005	22 Uhr MEZ	Mond 1,1 Grad südlich von Jupiter
20.5.2005		Scorpius-Sagittariden Maximum (schwach, V=30km/s (mittel))
20.5.2005	4 Uhr MEZ	Neptun im Stillstand, danach rückläufig
31.5.2005	3 Uhr MEZ	Mond 4,3 Grad südlich von Mars
3.6.2005		Tau-Herkuliden Maximum (sichtbar 19.5.-14.6.)
3.6.2005	10 Uhr MEZ	Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne
4.6.2005	3 Uhr MEZ	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand Merkur-Sonne 0,31 AE)
8.-9.6.2005		Libriden Maximum
8.6.2005	21 Uhr MEZ	Mond 4,2 Grad nördlich von Venus
10.-20.6.2005		Juni-Lyriden Maximum
14.6.2005		Pluto in Opposition (13m8 in Serpens Cauda, siehe unten)
14.6.2005		Sagittariden 2. Maximum
14.6.2005	3 Uhr MEZ	Venus im Perihel (Sonnennähe, Abstand Venus-Sonne 0,715 AE)
15.6.2005	3 Uhr MEZ	Uranus im Stillstand, danach rückläufig
16.6.2005	1 Uhr MEZ	Mond 3,8 Grad südlich von Jupiter (siehe auch Vormonat)
21.6.2005	7:46 MEZ	Sonne im Sommerpunkt, Sommersonnenwende, längster Tag des Jahres
25.6.2005	21 Uhr MEZ	Venus bei Saturn, Venus 1,3 Grad nördlich
26.6.2005	21 Uhr MEZ	Merkur bei Saturn, Merkur 1,4 Grad nördlich
27.6.2005	21 Uhr MEZ	Merkur bei Venus, Merkur 0,1 Grad südlich
27.6.2005		Corviden Maximum (sichtbar 25.6.-2.7.)
27.6.2005		Juni-Draconiden Maximum
29.6.2005	3 Uhr MEZ	Mond 0,9 Grad nördlich von Mars (siehe unten)
5.7.2005	8 Uhr MEZ	Erde im Aphel (Sonnenferne, Abstand Erde-Sonne 152,1 Mio. km)
8.7.2005	21 Uhr MEZ	Mond 2,3 Grad nördlich von Venus und 4,1 Grad nördlich von Merkur
9.7.2005	4 Uhr MEZ	Merkur in größter östlicher Elongation (26 Grad)
13.7.2005	21 Uhr MEZ	Mond 1,9 Grad südlich von Jupiter
17.7.2005	17 Uhr MEZ	Mars im Perihel (Sonnennähe, Abstand Mars-Sonne 207 Mio. km)
18.7.2005	17 Uhr MEZ	Merkur im Aphel (Sonnenferne, Abstand Merkur-Sonne 70 Mio. km)
22.7.2005	6 Uhr MEZ	Merkur im Stillstand, danach rückläufig
23.7.2005	18 Uhr MEZ	Saturn in Konjunktion mit der Sonne
27.7.2005	24 Uhr MEZ	Mond 4,6 Grad nördlich von Mars
28.7.2005		Delta-Aquariden Maximum (sichtbar 11.7.-18.8., ZHR ~ 30 und V=40km/s)
29.7.2005		Alpha-Capricorniden Maximum (sichtbar 2.7.-14.8., ZHR ~ 12 und V=25km/s)
6.8.2005	1 Uhr MEZ	Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne
8.8.2005	17 Uhr MEZ	Neptun in Opposition in Capricornus
12.8.2005	22-4 h MEZ	Perseiden Maximum (ZHR<110 (stark) bei 60 km/s (schnell), max. 10.-14.8.)
15.8.2005	14 Uhr MEZ	Merkur im Stillstand, danach rechtläufig
18.8.2005		Cepheiden Maximum (ZHR<10 (schwach))
18.8.2005		Kappa-Cygniden Maximum (3.-25.8., 5<ZHR<10 (schwach), 25 km/s (langs.))
24.8.2005	0 Uhr MEZ	Merkur in größter westlicher Elongation (18,4 Grad)
25.8.2005	2 Uhr MEZ	Mond 4,8 Grad nördlich von Mars
31.8.2005	2 Uhr MEZ	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand Merkur-Sonne 46 Mio. km)

Quellen: <http://me.in-berlin.de/~jd/himmel> • H.-U. Keller (Hrsg.): Das Kosmos Himmelsjahr, Franck-Kosmos-Verlag • Ron Baalke (Hrsg.): Space Calendar, NASA/JPL, <http://www.jpl.nasa.gov/calendar/> • Fred Espenak (Hrsg.), "Twelve Year Planetary Ephemeris (TYPE)", NASA/GSFC, <http://lep694.gsfc.nasa.gov/code693/TYPE/TYPE.html>

Neues aus der Bücherei

Eva-Maria Kieselbach

Raumfahrt-Journal

Das „Raumfahrt-Journal“ erscheint sechsmal jährlich und ist nach eigenen Angaben Deutschlands größte Raumfahrt-Zeitschrift. Es wird direkt aus Cape Canaveral berichtet. So findet man auf den 32 Seiten der Ausgabe 87/2004 einen Bericht über den Hurrikan, der am 5. September einige Zerstörungen anrichtete. Alphabetisch sortierte Neuigkeiten aus aller Welt werden in kleinen Artikeln vorgestellt. Ein Tagebuch der Ereignisse auf der ISS mit Fotos, die Geschichte der Marserkundung in Fortsetzungen, chronologische Berichte über die Mars-Rover Opportunity und Spirit, über Saturns neuern Begleiter Cassini sind interessant, aber nicht gerade lesefreundlich. Die Seiten sind vollgepackt, der Satz ist teilweise sehr kompakt, man wünscht sich mehr Leerzeilen und Absätze. Dafür ist aber auch eine Menge Information im Heft untergebracht, Papier und Druckqualität sind gut. Das Jahresabo kostet 40,50 €.

Space-Shuttle Special

Zu jeder Space-Shuttle-Mission oder Expeditionsmission zur ISS erscheint ein DIN-A-5-Heft mit Schwarzweißfotos. Es enthält alle Daten, Tätigkeitsberichte und Biographien der Teilnehmer. Der Preis von 13,75 € erscheint für die 24 Seiten in mäßiger Qualität allerdings sehr hoch, auch wenn ein Original-Stoffemblem, wie es die Mannschaft trägt, beigelegt ist.

Space-Shuttle Columbia

Der Gedenkbildband des ersten Raumschiffs unserer Erde wird ebenfalls mit einem Original-Stoffemblem und mit einer CD-ROM geliefert. Alle 28 Missionen der Columbia bis zum tragischen Unglück der STS-107 werden mit Fotos dokumentiert. Als Anhang gibt es eine Übersicht über alle Space-Shuttle-Missionen von Columbia, Challenger und Discovery. Man sieht die Besatzung bei Forschungsarbeiten und alltäglichen Verrichtungen in der Enge, technische Einzelheiten, Start- und Landebilder und Blicke aus der Höhe auf unseren blauen Planeten. Der unglückliche 28. Flug nimmt breiten Raum ein. Wer hierüber noch mehr wissen will, kann sich die 552 Fotos auf der beigelegten CD-ROM ansehen. Dieser Bildband ist empfehlenswert. Direkt vom Verlag bezogen, kostet er 19,95 €, über den Buchhandel 39,95 €

Alle drei Publikationen wurden dem AAK vom Verlag Torsten Block (Postfach 8007, 38621 Goslar) kostenlos zur Verfügung gestellt. Sie können – wie viele andere Bücher - vor den Freitagsvorträgen in der Albert-Schweitzer-Schule ausgeliehen werden.

Einstein-Rätsel

gefunden von Christian Hendrich

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A																				
B																				
C																				
D																				
E																				
F																				
G																				
H																				
I																				
J																				
K																				
L																				
M																				

Waagrecht:

A3: Dort arbeitete Einstein in seinem Wunderjahr **A8:** Drang nach Erkenntnis - und Gott der Liebe **A13:** Einsteins erste Frau **B1:** Sie beschäftigten Einstein 1905 am meisten **B9:** Gespenstisches Wesen **B13:** Genie **B16:** Internationales System der Maßeinheiten (Abk.) **B19:** Kreiszahl **C1:** Einsteins größter Coup **D2:** Kommt nach dem Wellenberg **D6:** Deutsches Maschinenbauunternehmen seit Einsteins Zeiten **D15:** Einsteins Theorie umfasst es ganz **D19:** Gewaltige Stremexplosion (Abk.) **E1:** Hier wird die Relativitätstheorie leider nur selten in Kursen angeboten (Abk.) **E6:** Erst nur Einsteins Cousine, dann seine Frau **E11:** Auch dieser Zug erreicht keine Lichtgeschwindigkeit **E15:** In Grundsatzfragen gab Einstein nie klein ... **F1:** Astronomische Einheit (Abk.) **F6:** Finanziell stand Einstein mehrmals kurz davor **F11:** Dieses Staaten-bündnis hätte Einstein sehr begrüßt **F15:** E geteilt durch $mc^2 = \dots$ **G1:** So läuft ein Lichtstrahl in der Nähe der Sonne **G7:** Muster der Vollkommenheit **G17:** Heldengedichte **H3:** Chemisches Zeichen für Radium **H6:** Dem „Horror vacui“ zufolge wäre nichts wirklich so **H11:** Er bekam den Nobelpreis früher als Einstein **H18:** Als Einstein dort arbeitete, sagte er, er sei nun auch „von der Gilde der Huren“ **I1:** Einsteins Geburtsstadt **I5:** Auch Wissenschaftler können dies in Zeiten des Krieges **I15:** Springt über beim Geistesblitz **J1:** Er trat mit einer Gravitationstheorie auf den Plan, die Einstein aber mies fand **J5:** Mal ohne Stein (engl.) **J16:** Ihm verdanken wir das Atommodell **K2:** Paktierte mit Hitler **K9:** Auf zum nächsten Stern! Wäre sie nicht zu groß **K17:** Ungewiss **L1:** Aus Einsteins Seglerwort-schatz - und der Name eines berühmten Kernphysikers **L16:** Einsteins Familie machte ihre Geschäfte in Italien - sie leider auch, bis heute **M3:** In $E=mc^2$ steckt bereits die ganze Power dieser Anlage **M12:** Dieses war Planck und Born gemeinsam **M16:** Begegnet uns im Alltag oft als Zenti oder Kilo

Senkrecht:

A1: Von Einstein formuliertes Paradoxon (Abk.) **A3:** Auch er trug eine ganze Welt auf seinen Schultern **A4:** Wiener Schnitzel blieb in den USA Einsteins liebstes ... (engl.) **A5:** Sprengstoff (Abk.) **A9:** Guter ... war bei Einstein nie teuer **A10:** Damit feiern die Massen heute so manche Stars: La... **A11:** Sie kam vor der Allgemeinen **A13:** Einstein entdeckte 1905 ihre Äquivalenz zur Energie **A14:** = **A16:** Die kosmologische Konstante bezeichnete Einstein als seine „größte ...“ **A17:** Das trug Einstein stets im kleinen Koffer bei sich **A20:** Dieser Wilhelm half Einsteins Quanten auf die Sprünge **B2:** Die meisten Physiker glaubten 1905 noch daran, doch er war aus der Luft gegriffen **B6:** Den brauchte Einstein von 1919 an für seine Reiseplanung **B7:** Auch Forschungsinstitute muss man regelmäßig ... **B19:** Ob Einstein bei diesem Schülertest gut abgeschnitten hätte? **C8:** Eingeweihter **C15:** Einer von Einsteins berühmtesten Berliner Kollegen **E1:** Leere **E9:** Luftdruckmessgerät **E12:** Chem. Element, nach dem alten Fundort Cypern benannt (Abk.) **F4:** Jette Koch hieß Albertchens ... **F18:** So war die Quantentheorie in Einsteins Augen **F20:** Hier be-warb sich Einstein oft vergebens um eine Stelle **G3:** Das Maß aller Dinge **G13:** Stoff, der die Bombe ausmacht (Abk.) **G19:** Einstein hatte viel davon - aber sie hat auch ihre dunkle Seite **H6:** Freundin von Hitler und Filmemacherin (Vorname) **H12:** Ein solcher bemächtigte sich Einsteins Hirn **H16:** Sprechen lernte er langsam, der... **I2:** Sie ging leer aus, als Otto Hahn den Nobelpreis bekam (Vorname) **I5:** Italienischer Graf, sorgt stets für Spannung im Labor **I7:** Vermeindlich neue Sterne **K10:** Bei Einstein besonders hoch **K14:** Bittere Frucht von Einsteins letzten Forschungsjahren **K20:** Für's liebste Hobby brauchte Einstein keinen gutes ... (engl.) **L8:** Dementsprechend **L16:** Millimeter.

Vorträge und Veranstaltungen

April bis Juli 2005

Alle Veranstaltungen finden, wenn nicht anders angegeben, in der Albert-Schweitzer-Schule, Kassel im Neubau (Eingang Parkstr.) statt. Aktuelle Termine und Programmänderungen finden Sie auf unserer Internetseite: www.astronomie-kassel.de

Fr, 15.4.05, 18.00 Uhr Film zum Einsteinjahr 2005

Das Geheimnis von Raum und Zeit

Dieser Film veranschaulicht die Spezielle sowie die Allgemeine Relativitätstheorie und erläutert die Formel $E = mc^2$.

19.00 Uhr Mitgliederversammlung

Fr, 22.4.05, 18.00 Uhr Vortrag zum Einsteinjahr 2005

Einstein und die Illusion des JETZT

Referent: K.-P.Haupt

Einstein hat es klar gesagt: Zeit ist relativ. Auch die Gegenwart ist durch das Bezugssystem eines Beobachters bestimmt und nicht absolut, ist sie sogar eine Illusion? Es werden viele offene Fragen bleiben...und dafür gibt's ja unseren Workshop im Mai.

Fr, 29.4.05, 18.00 Uhr Vortrag zum Einsteinjahr 2005

Einsteins größte Eselei

Referent: K.-P.Haupt

Einstein war auch ein Gefangener seiner Kultur, in der die Vorstellung eines ewigen unveränderlichen Kosmos dominierte. Um diese Vorstellungen mit den Gleichungen der Relativitätstheorie in Übereinstimmung zu bringen, korrigierte er sie, ohne zu merken, dass dadurch eigentlich sein Problem gar nicht gelöst wurde. 13 Jahre später entdeckte Hubble die Expansion des Kosmos und seit 6 Jahren haben wir Beobachtungen dafür, dass Einsteins Eselei doch nicht so dumm war...

So, 1.5.05, 15.00 Uhr bis 22.00 Sternwarte Calden

Tag der offenen Tür

...wie immer bei hoffentlich schönem Wetter, mit Beobachtungen, Kaffee und Kuchen...

Fr, 6.5.05, 18.00 Uhr Vortrag zum Einsteinjahr 2005

Einstein und die Schwarzen Löcher

Referent: K.-P.Haupt

Die Berechnung von Schwarzen Löchern war eine der ersten Anwendungen der Allgemeinen Relativitätstheorie, trotzdem glaubte niemand so richtig an die

Existenz dieser seltsamen Objekte. Inzwischen aber sind die Indizien für Schwarze Löcher in Doppelsternsystemen und Zentren von Galaxien überwältigend.

Mi, 11.5. – Mo, 16.5. Workshop: Was ist Zeit?

Fr, 20.5.05, 18.00 Uhr Vortrag zum Einsteinjahr 2005

Was Einstein wirklich sagte...

Referent: K.-P.Haupt

In diesem Überblicksvortrag werden die Grundaussagen von Einsteins Vorstellungen zusammengefasst und bewertet, vor allem wird auch deutlich, was Einstein nie gesagt hat...

Fr, 27.5.05, 18.00 Uhr Vortrag

Die Realität ist nicht erfahrbar: Philosophische Konsequenzen der Superstring-Theorie

Referent: K.-P.Haupt

Unser Gehirn konstruiert aus real vorhandenen Sinneseindrücken ein Bild von der Welt, das mit der Realität sehr wenig zu tun zu haben scheint. Und trotzdem unterliegen wir der Illusion, wir würden ein gutes Abbild der Realität erkennen.

Fr, 3.6.05, 18.00 Uhr Vortrag zum Einsteinjahr 2005

Einsteins Traum

Referent: K.-P.Haupt

Ein Leben lang hat Einstein die „Weltformel“ gesucht, eine einheitliche Beschreibung aller (physikalischen) Eigenschaften der Welt. Früher belächelt, nimmt man heute seine Vorstellungen sehr ernst und scheint ein gutes Stück von Einsteins Traum zu realisieren.

Fr, 10.6.05, 18.00 Uhr Vortrag

Einführung in die Wissenschaftstheorie I

Referent: K.-P.Haupt

Wie arbeitet Wissenschaft und was unterscheidet wissenschaftlichem von religiösem und esoterischem Denken? An den beiden Abenden sollen die Wissenschaftsmodelle von Kuhn, Chalmers, Popper und Lakatos vorgestellt werden.

Fr, 17.6.05, 18.00 Uhr Vortrag

Einführung in die Wissenschaftstheorie II

Referent: K.-P.Haupt

Inhalt: siehe Vortrag Wissenschaftstheorie I

Fr, 24.6.05, 18.00 Uhr Filmabend

Workshop: Was ist Zeit

Zu diesem Zeitpunkt haben wir unseren Workshop bestimmt überstanden und sind den Geheimnissen der Zeit deutlich näher gekommen. Nehmen wir uns nun Zeit für einen humorvollen und interessanten Rückblick auf die gemeinsame Zeit in Lichtenstein

Mi, 29.6.05, 19.00 Uhr Vortrag, Aula der ASS

Eröffnungsvortrag zur Ausstellung des PhysikClubs

Referent: Prof. Dr. Claus Jönsson, Tübingen

Doppelspaltexperiment mit Elektronen. Prof. Jönsson berichtet, wie er diesen Versuch machte, was ihn motivierte und welche Bedeutung das Experiment für die Physik besitzt. Der Versuch galt in der Vergangenheit als undurchführbar und selbst der berühmte Physiker Richard Feynmann hielt ihn für unmöglich bzw. lediglich als Gedankenexperiment machbar. Prof. Jönsson kümmerte sich nicht darum, er versuchte es trotzdem...

Do, 30.6., 8.00 Uhr bis 18.00 Uhr und Fr, 1.7., 8.00 Uhr bis 20.00 Uhr Präsentation

Präsentation des PhysikClubs

Fr, 1.7.05, 18.00 Uhr Präsentation

Atome sehen, Töne abbilden und Luft zum Knallen bringen

An diesem Abend ist die letzte Möglichkeit die Projekte des PhysikClubs mit spannenden Experimenten in einer umfangreichen Ausstellung zu sehen. Schon tagsüber und am Do, 30.6. können die Präsentationen besichtigt werden. Und zur Eröffnung am Mi, 29.6. ist um 19.00 Uhr ein öffentlicher Vortrag vorgesehen.

Fr, 8.7.05, 18.00 Uhr Vortrag

Zinseszinsen und die Erdatmosphäre

Referent: K.-P.Haupt

Exponentielle Prozesse gibt es in vielen Bereichen der Natur und Technik. Der Vortrag gibt einen Überblick und zeigt interessante Parallelitäten.

Fr, 22.7.05, 18.00 Uhr Sternwarte Calden

Sommerfest

Bitte Grillsachen und gute Laune mitbringen...

Fr, 9.9.05, 18.30 Uhr Mitgliederversammlung

Planetariumsprogramme des AAK

Planetarium im Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Orangerie, An der Karlsaue 20c, 34121 Kassel, Tel.: 0561 – 701320

Eine Reise unter dem Sternenhimmel

Dieses Programm ist als Familienprogramm besonders für Kinder unter 13 Jahren geeignet. Es werden der jeweils aktuelle Sternenhimmel und einfache Vorstellungen von den Himmelsobjekten dargestellt.

(Jeweils sonntags um 15.00 Uhr)

Einsteins Leben und Werk

Bei einer Reise durch den Kosmos werden Einsteins Beiträge zu unserem modernen Weltbild beschrieben. (Jeweils sonntags um 16.00 Uhr)

Vorführer: Heiko Engelke, Florian Grundmann, Klaus-Peter Haupt, Stefan Hohmann, Mike Vogt, Michael Schreiber

Vorträge unter dem Sternenhimmel:

Monatsthema April: **Warum kann nichts schneller sein als Licht?**

Monatsthema Mai: **Einsteins größte Eselei: Die dunkle Energie**

Monatsthema Juni: **Durch Gravitationslinsen in die Vergangenheit sehen**

Monatsthema Juli/August: **Einsteins Leben und Werk**

Monatsthema September: **Einsteins Vorstellung von Licht**

Jeden Donnerstags um 19.00 Uhr (Oktober – März) bzw. 20.00 Uhr (April – September)
Referent: K.-P.Haupt

Physikclub

Die Kinder- und Jugendakademie und die Albert-Schweitzer-Schule veranstalten unter Leitung von K.-P.Haupt für besonders begabte und interessierte Jugendliche ab Klasse 9 einen Physikclub. Treffen ist jeden Freitag von 16.00 Uhr bis 17.30 Uhr. Die Teilnehmergruppe plant Vorträge, Exkursionen, Experimente, Diskussionen zu physikalischen Themen. Neben der Durchführung von Jugend forscht Projekten laufen unter anderem die folgenden Projekte:

- Atome sichtbar machen: Bau eines Rastertunnel-Mikroskops
- Sternhaufen im Computer: Simulation von Massenansammlungen
- Für ewig schwebend: Herstellen eines Supraleiters
- Sonne oder Mensch? Ursachen des Treibhauseffektes
- Wellen, hart wie Stahl: Solitonen
- Das Quantenradiergummi beim Mach – Zehnder – Interferometer
- Betreuung von physikalisch orientierten Jahresarbeiten

Jeden Freitag ab 15.30 /16.00 Uhr ASS Neubau RN102

Die Präsentation der Projekte ist für den Fr, 1.Juli 2005 vorgesehen.

Für besonders interessierte und besonders begabte Schüler/innen ab Klasse 9.

Leitung: KP Haupt

Einführung in die Astronomie

Unser Mitglied Dr. Rüdiger Seemann veranstaltet für die Volkshochschule Kassel einen Astronomiekurs für Anfänger, der jeweils am Montagabend in der Albert-Schweitzer-Schule stattfindet. Anmeldung über die Volkshochschule.

Bibliothek

Jedes Mitglied kann sich kostenlos vor und nach den freitäglichen Veranstaltungen Bücher ausleihen.

Sternwarte Calden

Öffentliche Führungen: Jeden Freitag bei wolkenfreiem Himmel nach Einbruch der Dunkelheit, jedoch nicht vor 20:30 Uhr. Gruppen auch an anderen Tagen nach Voranmeldung unter Telefon: 0561-311116 oder 0177-2486810.
Bitte achten Sie auch auf aktuelle Pressehinweise.

Mitglieder: Alle Mitglieder, die einen Instrumentenführerschein besitzen, können vom Vorstand einen Schlüssel zur Sternwarte erhalten.

Instrumentenführerschein: Interessenten werden freitags ab 20.30 Uhr bei wolkenfreiem Himmel ausgebildet. Bitte vorher mit Marcus Schüler in Verbindung setzen.

Einstellen von Beobachtungsobjekten: Hilfestellung gibt's nach Voranmeldung bei Ralf Gerstheimer und Manfred Chudy ebenfalls freitags ab 20.30 Uhr.

Telefonnummer der Sternwarte Calden: 05674 – 7276

Manchmal ist die Sternwarte auch an anderen Terminen besetzt. Rufen Sie an und nehmen Sie an den Beobachtungen teil.

Instrumente:

- Kuppel 1: 30 cm Newton-Reflektor mit Leitrohr.
- Kuppel 2: 20 cm Schaer-Refraktor auf computergesteuerter Montierung, 20 cm Newton-Cassegrain mit Leitrohr
- Außensäule 1: Celestron C8 (20 cm Schmidt-Cassegrain)
- Außensäule 2: 10 cm Refraktor
- 15 cm Dobson-Spiegelteleskop
- 25 cm Dobson-Spiegelteleskop - hier können und dürfen Sie als Besucher unter unserer fachlichen Anleitung selbstständig Himmelsobjekte einstellen... trauen Sie sich!
- Zubehör: Feldstecher 20x80 mit Stativ, Gitterspektrograph, Halbleiter-Photometer, Interferenzfilter, T-Scanner für H-Alpha-Sonnenbeobachtung, Objektivsonnenfilter, CCD-Kamera mit Computer, Mintron-Himmelskamera mit Monitor, 6" Schmidtkamera.
- Übertragungsmöglichkeit der Fernrohrbilder in den Vortragsraum.

Eintritt: Erwachsene 1.-Euro, Jugendliche 0,50 Euro. Mitglieder des AAK und deren Gäste zahlen keinen Eintritt.

Der Vorstand des AAK:

Vorsitzender: Klaus-Peter Haupt, Wilhelmshöher Allee 300a, 34131 Kassel, Tel./Fax: 0561-311116, Mobiltel. 0177-2486810, e-mail: kphaupt@aol.com

Kassenwart: Marcus Schüler, Mittelfeldstr.1, 34127 Kassel, Tel.85556

1.Beisitzer: Wilhelm Steinmetz, Werraweg 23, 34314 Espenau, Tel.05673-7677

2.Beisitzer: Martin Hämmerling, Im Boden 10, 34355 Staufenberg, Tel.05543-999936

3.Beisitzer: Frank Kirchner, Wurmbergstr.49, 34130 Kassel, Tel.6029832

4.Beisitzer: Ralf Gerstheimer, Schöne Aussicht 26, 34317 Habichtswald, Tel.05606-53855

Aufgabenbereiche:

Instrumente der Sternwarte: F. Kirchner, W. Steinmetz, W. Schäfer

Führungen: R. Gerstheimer

Elektrik der Sternwarte: A. Werner, M. Hämmerling

Grundstückspflege: B. Kieselbach, W. Müller, W. Schäfer, W. Steinmetz, F. Haupt

Bibliothek: E. Kieselbach

Sternpatenschaften: Ralf Gerstheimer

Pressemitteilungen: K.-P. Haupt

Planetarium: K.-P. Haupt

Internet: J. Bicker

Koronaredaktion: C. Hendrich, W. Steinmetz

Der AAK ist auch im WorldWideWeb vertreten: <http://www.astronomie-kassel.de>

Errata:

Korrektur zur Bildunterschrift von Abb. 1 in Korona Nr. 97 auf S. 5: Durchgezogene Kurve: Hedewig, gestrichelte Kurve: SONNE-Netz.





Ein Blick in Ihre Zukunft. Mit der Sparkassen- Altersvorsorge.



Mit unseren Angeboten zur privaten und betrieblichen Altersversorgung können Sie sich unbeschwert auf mutigen Wegen. Dafür sorgt ein maßgeschneidertes Vorsorgeplan mit starker Rendite für die Zukunft. Mehr dazu in Ihrer Sparkassen-Finanzstelle und unter www.kasseler-sparkasse.de. **Wann's um Gold geht – Sparkasse.**