Leben : eine Laune des Universums?

Autor(en): **Obreschkow, Ewgeni**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **37 (1979)**

Heft 174

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-899619

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

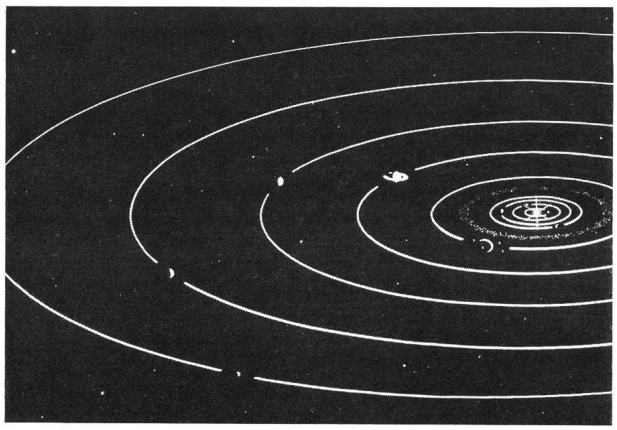
http://www.e-periodica.ch

Leben — eine Laune des Universums?

von EWGENI OBRESCHKOW, Kreuzlingen

Beim nachfolgenden Beitrag handelt es sich um den interessanten Hauptvortrag von EWGENI OBRESCHKOW anlässlich der 35. Generalversammlung der SAG in Kreuzlingen. Das Leben — eine Laune des Universums? Nach einer Einleitung, in der zu den Klängen von Gustav Mahler's 5. Symphonie Dias auf drei Leinwände projiziert wurden, skizzierte er die vielen Zusammenhänge im Universum. Er versuchte die Frage einer Antwort näher zu bringen, ob das Leben im Universum nur eine einmalige Laune sei oder aber eine Konsequenz aus der Beschaffenheit der Materie. *Red.*

Die Entdeckung der vier Jupitermonde — meine Damen und Herren — im Jahre 1610 durch Galileo Galilei war mehr als nur ein astronomisches Novum; es war geradezu eine *furore*machende Sensation, denn die Wissenschaftler sahen in der Entdeckung der Monde, in der Entdeckung ihrer Bewegung um das Zentralgestirn Jupiter, einen Beweis für die schon lange vorher aufgestellte Theorie eines «Sonnenzentrischen» — eines «Helio-zentrischen» — Weltbildes. Das während Jahrhunderten gültige ptolemäische Weltsystem wurde damit aus den Angeln gehoben, umgestürzt und durch das kopernikanische Weltbild abgelöst. Doch war diese Ablösung keine besonders erfreuliche Episode in der menschlichen Geschichte, es entbrannte vielmehr ein unglaublicher Streit zwischen der konservativen Kirche und den progressiven Wissenschaftlern, ein Streit, der für einen Mann wie Giordano Bruno auf dem Scheiterhaufen endete. Wie konnte es zu einem solchen Zwist kommen?



Das Sonnensystem

War es denn so wesentlich, ob die Sonne um die Erde kreist oder ob die Erde die Sonne umkreist? Nein, diese Relativbewegung allein konnte nicht die Ursache eines derartigen Streites gewesen sein. Der Grund liegt woanders: das neue, kopernikanische Weltbild entthronte die Erde von ihrer Vorrangstellung als Mittelpunkt der Welt und degradierte sie zu einem bescheidenen Himmelskörper, der wie viele andere um die Sonne kreist. Das kopernikanische Weltbild machte den Glauben, dass der gesamte Himmel auf die Erde blicke, mit einem Schlag gegenstandslos. Oder anders ausgedrückt: der Mensch sah sich zum ersten Mal seit seiner Entstehung der Möglichkeit gegenübergestellt, dass er in einem Universum existiert, das sich nicht um ihn kümmert. So gesehen scheint es uns heute klar, dass die damalige Kirche begann, um ihre Existenz zu zittern. Und die Fortschritte der Wissenschaften in den anschliessenden Jahrzehnten und Jahrhunderten schienen unseren Planeten immer noch weiter zu degradieren, bis man schliesslich die Erde als einen im Raum schwebenden Himmelskörper betrachtete, der alle Vorräte und Lebensbausteine besitzt und nur noch etwas Energie durch die Sonne bezieht. Heute nun wissen wir, dass dem nicht so ist. Die Erde ist nicht jener isolierte Körper, jene auf sich selbst gestellte Oase mitten in einem lebensfeindlichen Weltall. Das Universum ist vielmehr der Boden, mit dem unsere Erde mit tausend Wurzeln verwachsen ist wie eine Pflanze.

Der Ort der Handlung, über die wir als erstes sprechen wollen, nimmt sich sehr bescheiden aus: Ein Himmelskörper mit einer Oberfläche von etwas mehr als 500 Millionen km^2, hauptsächlich bedeckt von gewaltigen Wassermassen und eingehüllt in eine zarte Atmosphäre. Sehen wir von Extremfällen ab, so spielt sich unser Leben in einer verschwindend dünnen Schicht von nur 5 km Dicke ab. Gemessen am Erddurchmesser ist dies nur ein Zweitausendstel. In diesem kleinen Raumgebiet hat sich das Leben entwickelt; hier wird die Geschichte gespielt, die wir Evolution nennen.

Das Gesicht der Erde war nicht immer so. Es gab eine Zeit — sie liegt bereits 4,5 Milliarden Jahre zurück — in der eine glühende Erdoberfläche von zahllosen Vulkanen übersät war und fortwährend ihre eigene Atmosphäre aus Methan, Ammoniak und Wasserdampf ausschwitzte. Danach schloss das Zeitalter der Abkühlung an: Wasserdampf kondensierte, fiel als Regen zu Boden, verdampfte augenblicklich wieder wie auf einer Kochplatte und kondensierte erneut. In dieser Regenzeit, die doch etwa 10 000 Jahre gedauert haben dürfte, entstanden die Urozeane. Und in diesen Urozeanen, in diesem als Ursuppe bekannten Milieu, entstanden die ersten Ansätze für unser irdisches Leben: die Aminosäuren. Vor 26 Jahren brachte es dem jungen amerikanischen Studenten den Doktortitel ein — heute ist es ein Versuch, der in jedem besseren Biologie-Labor nachvollzogen werden kann: das Stanley-Miller-Experiment. Miller hatte 1953 die Ursuppe im Labor simuliert und innerhalb weniger Stunden bereits ganze Mengen von komplizierteren Molekülen aufbauen können. Es handelte sich dabei um Glycin, Alanin und Asparagin, also um drei der insgesamt 20 existierenden Aminosäuren — den Grundbausteinen des irdischen Lebens. Inzwischen wurde die spontane Entstehung organischer Moleküle auch in interstellaren Wolken (Pferdekopfnebel) und in den heissen Gewässern von tätigen Vulkanen nachgewiesen. Und der Mensch begann nun zu realisieren, dass die gerne als «tot» bezeichnete Materie offensichtlich die Tendenz in sich birgt, sich unter gewissen Bedingungen zu immer höheren und komplizierteren Verbindungen zu-

sammenzuschliessen. Und irgendwann vor 3,5 oder 4 Milliarden Jahren war es dann soweit, dass sich ein Riesenmolekül zu spalten begann und sich durch einfache chemische Vorgänge reproduzierte. Damit war die Fortpflanzung erfunden und eine biologische Evolution begann.

Die Erde war nicht allein geboren worden. Das ganze Sonnensystem feierte *zusammen* den Geburtstag, denn es sprechen sehr viele Indizien dafür, dass alle Mitglieder unseres Planetensystems, inklusive Sonne, das gleiche Alter besitzen, ein Alter von vielleicht 5 Milliarden Jahren. Nicht nur die Erde, auch alle anderen Planeten mochten damals ganz anders ausgesehen haben. Aber die Frage, ob wohl die andern Planeten eine ähnliche Entwicklung durchgemacht hätten wie die Erde, wird dadurch beantwortet, dass wir *heute* ihre Oberflächen untersuchen, denn ein so markantes Ereignis wie die Entwicklung von Leben kann auf einem Planeten nicht ohne Folgen geblieben sein, kann sich nicht der heutigen Untersuchung entziehen.

Merkur ist ein kraterübersäter mondähnlicher Planet ohne schützende Atmosphäre. Die Sonnenstrahlung hat die Oberfläche längst schon sterilisiert.

Venus ist eine wahre Hölle. 500 Grad Oberflächentemperatur und 100 at Druck. Leben könnte sich höchstens in der oberen Atmosphäre aufhalten, aber entstehen kann es nicht.

Mars mit seiner dünnen Atmosphäre rückte kürzlich zwar ins Blickfeld aller Lebensforscher, nachdem die Mariner-Sonden ausgetrocknete Flussläufe ausmachten. Die automatischen Sonden Viking I und II untersuchten diesen möglichen Lebensträger an Ort und Stelle und meldeten: kein Leben auf Mars.

Jupiter ist ein sonnenähnlicher Planet ohne feste Oberfläche. Er besteht vorwiegend aus Wasserstoff und Helium und kommt als Lebensträger nicht in Frage, ebensowenig wie Saturn.

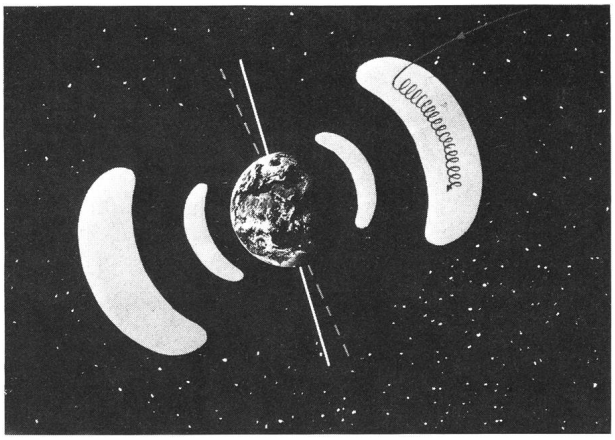
Die noch weiter aussen liegenden Grossplaneten Uranus Neptun und Pluto befinden sich so weit von der Sonne weg, dass die Oberflächentemperaturen weit unterhalb jener Grenze liegen, die für den Ablauf chemischer Vorgänge gefordert werden sollte.

Fazit: Leben in unserem Sonnensystem gibt es nur einmal: Auf dem dritten Planeten, genannt Erde. Warum gerade die Erde? Auf welche Weise ist die Erde mit dem Universum verbunden? Welchen Zusammenhang gibt es zwischen den Geschehnissen im Universum und den Ereignissen auf der Erde?

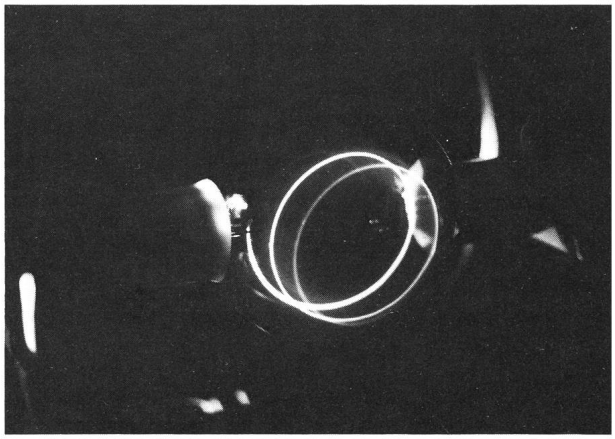
Vor demnächst 10 Jahren empfingen die nach dem Mond gerichteten Radioantennen einen inzwischen legendär gewordenen Satz: Ein kleiner Schritt für einen Mann, ein gewaltiger Sprung für die Menschheit.

Man war auf dem nächsten Himmelskörper mit Menschen gelandet, nach einer kurzen Raumfahrtgeschichte von nur 10 Jahren. Denn 1958 begann diese Geschichte mit dem Start von Explorer I. In diesem Zusammenhang sei lediglich erwähnt, dass die Explorer-Sonden feststellten, dass weit ausserhalb der Erdatmosphäre zwei Zonen existieren, in denen eine besonders hohe Dichte von elektrisch geladenen Teilchen herrscht. Man nannte sie nach ihrem Entdecker «Van-Allen-Gürtel». Sie bestehen aus sehr rasch bewegten Protonen und Elektronen, die auf Spiralbahnen von einem Pol zum andern rasen. Wie lässt sich diese Gefangenschaft erklären?

Wir alle kennen aus der persönlichen Erfahrung das irdische Magnetfeld (nicht zu verwechseln mit dem Schwerefeld, welches für die Anziehung aller Massen sorgt), welches beispielsweise alle Kompassnadeln nach Norden schwingen lässt. Dieses Magnetfeld lässt sich auch weit aussen im Raum noch sehr gut nachweisen. Nun weiss man aber, dass zwischen Magnetfeldern und bewegten Ladungen Wechselwirkungskräfte auftreten, die sich in jedem Labor heute veranschaulichen lassen: Man erzeugt mit zwei Spulen ein Magnetfeld und in diesem Magnetfeld in einer evakuierten Glaskugel frei bewegliche Elektronen. Die Elektronen, die mit hoher Geschwindigkeit von einigen 1000 km/s durch die hochverdünnte Luft rasen, werden durch das herrschende Magnetfeld abgelenkt und machen sich durch eine feine leuchtende Kreislinie in der Vakuumröhre bemerkbar. Genau dies geschieht nun in den beiden Van-Allen-Gürteln, die wie eine magnetische Flasche auf die Elementarteilchen wirken. Dadurch reichern sich die Teilchen in diesen Zonen an und bilden eine Art unüberwindliche Schranke, denn diese Strahlungsgürtel sind für lebende Organismen alles andere als bekömmlich. Und schon glaubte man, die Erde als eine Art Quarantänestation auffassen zu müssen, aus der ein Entweichen für alle Zeiten ausgeschlossen bleibt. Doch haben genauere Untersuchungen gezeigt, dass die Strahlungsgürtel bei



Die Van-Allen-Strahlungsgürtel wirken auf geladene Teilchen (z. B. Sonnenwind) wie magnetische Flaschen, denn die Teilchen werden zu Spiralbahnen gezwungen.



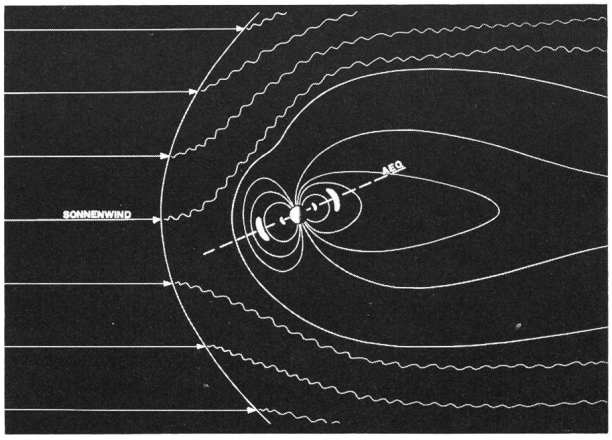
Spiralbahnen der Elektronen in einem Magnetfeld, aufgenommen im sogenannten «Fadenstrahl-Rohr».

genügender Geschwindigkeit gefahrlos durchquert werden können.

Gewiss: die Frage drängt sich auf, woher diese geladenen Teilchen eigentlich kommen mögen? Die Antwort auf diese Frage finden wir etwa 150 Millionen Kilometer von uns entfernt: Die Sonne ist der Grund für die grosse Teilchendichte innerhalb der Strahlungsgürtel. Daher wollen wir uns kurz diesem nächststehenden Stern zuwenden.

Die Sonne ist ein gewaltiger Gasball von 1,5 Millionen Kilometern Durchmesser. In ihrem Innern herrschen Drucke von 200 Milliarden at und Temperaturen von 15 Millionen Grad. Bei diesen Bedingungen laufen Kernreaktionen ab, die der Physiker «Fusion» nennt: 4 Wasserstoffteilchen verschmelzen zu einem Heliumkern. In der Sonne geschieht dies in der sogenannten Fusionszone, in der etwa 660 Millionen Tonnen Wasserstoff pro Sekunde in Helium umgewandelt werden. Bei dieser Fusion erleidet die Sonne einen Masseverlust von 4 Millionen Tonnen pro Sekunde. Dies ist aber noch nicht ganz alles! Bei dieser Kernverschmelzung, welche die effizienteste Energieproduktion überhaupt darstellt, wird Energie abgestrahlt, welche den gesamten Sonnenleib zu durchdringen hat. Sie braucht dafür etwa 20 000 Jahre, so dass wir heute gerade etwa «Eiszeitlicht» erhalten. Bei ihrem Weg durch den Gasball wird die gefährliche hochenergetische Strahlung in der sogenannten Strahlungszone in eine weniger gefährliche Strahlung heruntertransformiert und in der anschliessenden Konvektionszone so stark absorbiert, dass sich das Gas sofort aufheizt und in Form riesiger Blasen an die Oberfläche aufsteigt. An der Oberfläche zerplatzen diese Blasen mit einem enormen Donner, den niemand zu hören im Stande ist, und erzeugen dort die als Granulation bekannte Erscheinung einer gefleckten Oberfläche. Beim Platzen der Blasen wird soviel Energie frei, dass die anschliessende Korona auf 1,5 Millionen Grad aufgeheizt wird, dass andererseits aber auch die äussersten Sonnensubstanzen einfach von der Sonne weggeblasen werden. Diese als Sonnenwind bezeichnete Auswärtsströmung von Protonen und Elektronen (auch andere Teilchen wie He-Kerne sollten noch erwähnt werden) bauen unter anderem auch die Sonnenkorona auf. Die Korona selbst ist nicht etwa eine stationäre Atmosphäre der Sonne — sie erscheint nur so. In Wirklichkeit wird sie etwa alle 24 Stunden von innen her erneuert. Sie reicht viel weiter in den Raum hinaus, als man auf fotographischen Aufnahmen anzunehmen pflegt. Selbst die Marssonden haben den Sonnenwind — und damit die Korona — eindeutig nachgewiesen. Wo also hört die Korona auf? Die Frage ist nicht leicht zu beantworten und ein Beweis bleibt vorerst noch aus. Aber wir dürfen annehmen, dass dort draussen, wo die Dichte des Sonnenwindes in die Grössenordnung der Dichte der interstellaren Materie abgesunken ist, eine Wechselwirkung entsteht, eine Art Schockzone, die von der Innenseite her eindeutig durch den Sonnenwind beherrscht wird. Man schätzt die Distanz dieser kugelförmig um die Sonne gelegenen Schockzone auf mehr als Plutobahn. Dort draussen wird also eine dünne Schale von vielleicht 1000 km Dicke aufgebaut, welche durch magnetische Wirbel zustande kommt und uns von den brutalen Strahlungsverhältnissen des interstellaren Raumes verschont. Nur ein sehr kleiner Teil dieser «kosmischen Strahlung» kann bei uns auf der Erde noch wahrgenommen werden, als sogenannte Höhenstrahlung. Nun — es gibt einen indirekten Beweis für die Existenz einer solchen Sphäre um die Sonne: Einige Tage nach dem Ausbruch grosser Sonneneruptionen, nach einer Zeit also, welche der Laufzeit des Sonnenwindes entspricht, nimmt die Höhenstrahlung plötzlich ab, exakt korreliert mit der Sonnenaktivität. Diese als «Forbush-Effekt» bekannte Erscheinung wird eben durch das bessere Abhalten der kosmischen Strahlung durch diese Sphäre erklärt. Es ist ein eigenartiger Gedanke, dass wir den Strahlentod sterben müssten, wenn die Sonne erlöschen würde. . . Auch der Sonnenwind — nicht nur die Fusionsreaktion — bedeutet für die Sonne einen Masseverlust. Man berechnet die durch den Sonnenwind weggetragene Masse zu 1 Million Tonnen pro Sekunde. Damit beträgt der gesamte Masse-Schwund der Sonne 5 Millionen Tonnen pro Sekunde.

Die Existenz des Sonnenwindes ist schon relativ lange bekannt, denn man kennt einen wunderbaren direkten Beweis: die Existenz der Kometenschweife. Ein solcher Schweif ist ohne einen starken, von der Sonne weggerichteten Partikelstrom nicht erklärbar. Auch das Auftreten von Nordlichtern nach grösseren Sonneneruptionen ist ein Beweis für die Existenz des Sonnenwindes. Inzwischen wurde er natürlich längst durch die Raumfahrtexperimente direkt nachgewiesen. Ein Zweifel daran besteht also nicht. Nur: es besteht ebenso wenig ein Zweifel über die Wirkung dieser Partikelstrahlen: sie vermögen Leben zu zerstören, sie vermögen ganze Planeten — wie etwa Merkur — zu sterilisieren. Wie konnte auf der Erde dennoch Leben entstehen? Die naheliegende Erklärung wäre natürlich unsere Atmosphäre. Sie könnte uns tatsächlich schützen, aber nur für eine sehr kurze Zeit von wenigen Jahren, danach wäre sie selbst radioaktiv verseucht. Der Schutz muss also woanders herrühren. . .

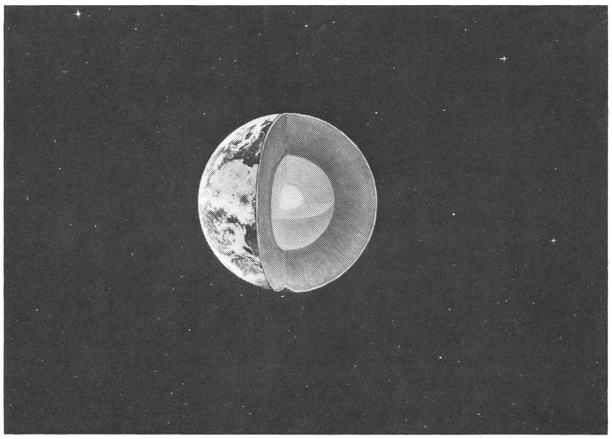


Die Magnetosphäre der Erde stellt für den tödlichen Sonnenwind eine fast unüberwindbare Barriere dar. Auf der Sonnenseite der Erde ist sie zusammengepresst, auf der Nachtseite weht sie wie eine Fackel in den Raum hinaus.

Dass die Erde ein Magnetfeld besitzt, wurde bereits besprochen, ebenso die Wechselwirkung zwischen geladenen Teilchen und Magnetfeldern. Nun ist aber der Sonnenwind nichts anderes als ein Strom von geladenen Partikeln — und wir beginnen zu ahnen, dass hier ein Zusammenhang bestehen muss. Zu den grundlegenden Ergebnissen der Raumfahrt gehört die Entdeckung der Magnetosphäre. Es ist dies jener Raum um die Erde herum, der ganz durch das irdische Magnetfeld beherrscht

wird. Geladene Teilchen, insbesondere der Sonnenwind, prallen auf der Sonnenseite der Erde mit hoher Geschwindigkeit auf das Magnetfeld auf und werden abgelenkt. Die Protonen und Elektronen vermögen nicht, das Magnetfeld senkrecht zu durchdringen. Die Messungen der Raumsonden haben ergeben, dass die Magnetosphäre auf der Sonnenseite stark zusammengepresst ist, während sie auf der Nachtseite wie eine gigantische Fackel von der Erde wegweht. Dieser Magnetschweif reicht bis weit über die Mondbahn hinaus. Das Innere der Magnetospähre ist praktisch frei von Sonnenwind-Teilchen, bis auf jene wenigen Ausnahmen, welche sich von hinten her in die nähere Umgebung der Erde heranschleichen und sich in den Van-Allen-Gürteln anreichern, und bis auf jene Teilchen, welche entlang den Feldlinien an den Polen auf die oberen Atmospährenschichten aufschlagen. Diese polaren Teilchen sind besonders häufig nach grösseren Sonneneruptionen und erzeugen dann jene bereits erwähnten Polarlichter. Die Magnetospähre ist also der eigentliche Grund dafür, dass die Erde nicht seit vier Milliarden Jahren bereits mit dem tödlichen Sonnenwind bombardiert wurde, dass die Erde überhaupt eine Heimat für Leben wurde.

Die Seismographen auf unserer Erde registrieren nicht nur die Erdbeben. Sie gestatten sogar, den Aufbau der Erde bis in die innersten Teile zu durchleuchten. Wir kennnen daher den Aufbau unseres Planeten sehr genau: Ein fester Kern von 1200 km Radius aus Eisen und Nickel, ein flüssiger Kern bis 3360 km aus Nickel und Eisen, ein Erdmantel bis 6340 km und eine 33 km dicke Erdkruste. Dies ist unsere wohnliche Umgebung! Bereits in 40 km Tiefe beträgt die Temperatur des Erdmantels 1000 Grad. Bei dieser Temperatur ist Eisen zwar immer noch ein Festkörper — es schmilzt erst bei etwa 1500 Grad — doch hat es eine ganz grundlegende und für das Eisen typische Eigenschaft verloren: es verhält sich nicht



Durch seismografische Untersuchungen kennt man heute den Aufbau der Erde sehr genau: Fester Kern — Flüssiger Kern — Erdmantel — 33 km dicke Erdkruste.

mehr magnetisch. Eisen oberhalb einer Temperatur von 770 Grad kann nicht mehr magnetisch sein. Damit scheint es auch schwierig zu sein, den Erdmagnetismus zu erklären. Doch auch dieses Problem haben die Wissenschaftler so gut wie gelöst. Man erklärt den Erdmagnetismus mit dem sogenannten Dynamoprinzip.

Die Menschheit verfügt heute über Atomuhren. Dies sind Uhren, welche in 3000 Jahren lediglich eine Tausendstel-Sekunde falsch gehen. Mit solchen Uhren kann man in kleinste Zeiträume eindringen und grösste Zeiträume fast ideal exakt ausmessen. Man konnte beispielsweise ganz eindeutig nachweisen, dass die Erddrehung ständig an Geschwindigkeit abnimmt, sodass die Tageslänge jährlich um 16 Mikrosekunden zunimmt. Und dies schon seit Millionen von Jahren — auch dies liess sich nachweisen. Als vor etwa 200 Millionen Jahren die Saurier die Erde beherrschten, zählte ein Jahr 385 Tage à 23 Stunden. Woher diese Bremskraft kommt, scheint eindeutig, sie führt uns aber wieder hinaus ins Universum. . .

Wir alle wissen — mindestens vom Hören-Sagen —, dass die Küstengebiete an den grossen Ozeanen täglich zwei Fluten erleben. Diese kommen dadurch zustande, dass die unterschiedlichen Gravitationskräfte, mit denen der Mond auf der zugewandten beziehungsweise abgewandten Seite auf die Erde einwirkt, im Zusammenspiel mit den unterschiedlichen Fliehkräften, welche auf die Erde wegen ihrer Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt wirken, eine Deformation der Weltmeere bedeuten, in dem Sinne, dass die Meere zwei recht hohe Wasserbäuche bilden, unter denen die Erde sich durchzudrehen hat. Diese Wasserbäuche wirken auf die Erdkugel wie zwei Bremsbacken und führen zu einer täglichen Verlängerung der Tageslänge um $4{,}5 \cdot 10^{-8}$ Sekunden. Die Leistung dieser Reibungskräfte ist gewaltig gross: Sie beträgt etwa $3 \cdot 10^{12}$ Watt.In einem Jahr ergibt sich daraus eine Reibungsenergie, die dem 350fachen Weltenergieverbrauch entspricht! Dass sich der Mond dadurch jährlich um 12 cm von der Erde wegbewegt, sei nur am Rande erwähnt.

Die genannten Wasserbäuche, die Bremsklötze der Erde, wirken also mit ganz erheblicher Effizienz auf die Erdoberfläche ein. Der Erd*kern,* der ja aus sehr heissem und aussen flüssigem Material besteht, führt aber eine raschere Drehung durch, da er gegenüber der Oberfläche eine gewisse Trägheit aufweist. Und genau hier sieht man den Ursprung des irdischen Magnetfeldes: Dadurch, dass der Erdkern rascher rotiert als die Erdkruste, kann er wie ein Anker eines Dynamos wirken, so dass sich ein Magnetfeld selbst erhalten oder aufschaukeln kann, wenn es nur einmal ganz minim angeregt wurde.

Damit lässt sich eine erste Bilanz ziehen. Der Mond bremst die Erde durch seine Gezeitenwirkung ab. Dies führt zu einem Dynamo, der ein Magnetfeld aufbaut. Das Magnetfeld bildet eine fast unüberwindliche Schranke für den Sonnenwind. Der Sonnenwind aber sorgt für eine Säuberung des planetarischen Raumes vor der kosmischen Strahlung. Das eigentliche Universum beginnt erst hier draussen, ausserhalb jener dünnen Schockzone. Wir selbst sind eingebettet in ein wohliges Nest, ähnlich den kleinen Kücken unter den schützenden Flügeln einer Glucke. . .

Schon seit Urzeiten herrscht auf der Erdoberfläche ein heftiger Vulkanismus. Die eisenhaltige Lava erstarrt und nimmt während des Erstarrens das Magnetfeld, welches an jenem Ort herrscht auf. Es gefriert den Magnetismus ein! Noch Jahrmillionen später kann damit die Richtung des Magnetfeldes herausgefunden werden. Mit dieser Methode konnte man beispielsweise den Nachweis erbringen, dass die grossen Kontinente voneinander weglaufen. Die von Wegener begründete Theorie wird heute von keinem Wissenschaftler mehr ernsthaft angezweifelt. Aber es liess sich noch mehr nachweisen. Vor

700 000 Jahren musste das Erdmagnetfeld eine andere Richtung gehabt haben, der heutigen Richtung gerade entgegengesetzt. Solche Umpolungen gab es zu Dutzenden, ja zu Hunderten. Eine Umpolung sei noch speziell erwähnt: Die Umpolung vor 14,6 Millionen Jahren. Zwischen all diesen Umpolungen muss es eine Zeit von vielleicht zweitausend Jahren gegeben haben, in der die Erde ohne Magnetospähre auskommen musste. Der Schutzwall für den Sonnenwind war zusammengebrochen, der Sonnenwind konnte auf die Atmosphäre aufschlagen. Die Atmospähre schirmt diese Strahlung tatsächlich ab, sie verändert dabei aber ihre Zusammensetzung. Man weiss heute, dass durch das Auftreffen der Sonnenwind-Partikel an den Polen das radioaktive Isotop C14 des Kohlenstoffes erzeugt wird. Der radioaktive Kohlenstoff verteilt sich dabei sehr bald über die ganze Erdoberfläche und wird von allen Organismen aufgenommen. Diese Radioaktivität ist ein Bestandteil jener bekannten radioaktiven Untergrundsstrahlung, mit der wir ständig zusammenleben. Eine Zunahme der radioaktiven Strahlung führt aber, wie wir sehr wohl herausgefunden haben, zu einer Zunahme der Häufigkeit von Mutationen in unseren Erbmolekülen. Dadurch kann eine Art aber in ihrer Fortentwicklung stark gestört werden. 1967 haben die beiden amerikanischen Wissenschaftler Bruce Heezen und Billy Glass entdeckt, dass in gewissen Zeiten der Magentfeldumpolungen ganze Tierarten wie vom Erdboden verschwunden sind und dass gleichzeitig andere Arten auftauchten. Die beiden Wissenschaftler konnten diesen Beweis an Radiolarien-Skeletten in fossilen Funden erbringen. Wir erkennen daher, dass offenbar der Zusammenbruch des Erdmagnetfeldes in sehr engem Zusammenhang steht mit dem Fortschreiten der Evolution auf unserem Planeten. Wir sind heute tatsächlich auf unsere Magnetosphäre angewiesen, ohne einen Zusammenbruch der Magnetosphäre gäbe es uns aber wiederum nicht, denn die Radioaktivität, die in unserer Atmospähre während der feldlosen Zeit schlagartig zunahm, ist der Gashebel, der das Tempo des Ablaufes unserer Stammesgeschichte steuerte und heute noch reguliert.

Im Jahre 1962 führten die Heidelberger Physiker an den im Raume von Nördlingen gefundenen «Moldaviten» eine Altersbestimmung durch und fanden ein Alter von 14,6 Millionen Jahren. Die Moldavite schienen die Überreste einer gewaltigen Kollision mit einem Meteoriten zu sein, der eben dann, vor 14,6 Millionen Jahren die Erde traf. Auch heute noch finden wir Spuren von Meteoritentreffern, die älteren sind aber fast alle völlig abgetragen worden, durch Wind und Wasser. Dass genau vor 14,6 Millionen Jahren auch eine Magnetfeldumpolung stattfand, machte die Wissenschaftler natürlich stutzig und man begann, nach weiteren solchen Korrelationen zu suchen. Und man fand sie. Die Umpolung des Magnetfeldes vor 700 000 Jahren, die letzte nachgewiesene Umpolung, entspricht einem Einsturz eines gigantischen Meteoriten in einen Raum, der irgendwo zwischen Asien und Australien liegt.

Und dies gibt uns Anlass zu einer zweiten Bilanz: die Evolution wurde durch Magnetfeldumpolungen vorangetrieben, weil in dieser Zeit der auf die Erde auftreffende Sonnenwind eine radioaktivere Atmosphäre erzeugte. Die Umpolungen aber könnten auch durch Einstürze von Riesenmeteoriten erzeugt worden sein. Ist es denkbar, dass die Existenz des Lebens in unserer heutigen Form auf Kollisionen der Erde mit Gewaltsmeteoriten angewiesen ist?

Gewiss — es gibt auch kleinere Meteoriten. Die kleinsten verglühen sogar in der Atmosphäre, die grösseren schlagen auf der Oberfläche auf. Die Zahl der einfallenden Meteoriten ist aber derart überwältigend gross, dass die Erde pro Tag um etwa 1000 Tonnen zunimmt. Mit anderen Worten: Wir bewegen uns auf *ausser*irdischer Materie. Und wenn wir untersuchen, woher die Meteoriten kommen, so stossen wir auf die seltsamen Himmelsboten der Kometen, welche von weit ausserhalb unseres Planetensystems in den Anziehungsbereich und Wirkungsbereich der Sonne gelangen und dabei durch die anderen Temperaturverhältnisse zu zerbröckeln beginnen und längs ihren Bahnen eine ganze Schutzzone hinterlassen. Kreuzt die Erde dann diese ehemalige Kometenbahn, so regnet es buchstäblich Meteoriten vom Himmel. Die Erde erhält damit also auch Material, welches von weit ausserhalb des Planetensystems, vielleicht sogar von sehr weit entfernten Sonnensystemen hertransportiert wurde. Es ist tatsächlich ausserirdische Materie, auf der wir unser Leben fristen.

Der letzte Schritt unseres Gedankenganges führt uns noch weiter hinaus, zu den anderen Sternen und Nebeln. Wir wissen, dass man generell zu unterscheiden hat zwischen Riesensternen und Normalsternen. Beide entstehen durch ähnliche Prozesse aus Gasnebeln, wie wir sie sehr zahlreich im Sternsystem finden. Diese Nebel also sind die Gebärsäle der Sterne. Aus einer Gaswolke entstehen — in astronomischen Zeiten gesprochen — gleichzeitig mehrere Sterne, darunter viele Normalsterne, aber auch einige Riesensterne von vielleicht 10facher Sonnenmasse. Diese gewaltigen Brocken lassen in ihrem Innern unbeschreibliche Bedingungen entstehen, unter denen auch alle höheren Elemente, also schwerere Elemente als Helium, aufgebaut werden. Die dabei abgegebene Energie ist viele Zehntausend mal grösser als die eines Normalsterns und entsprechend grösser ist auch der Masseverlust eines solchen Sterns. Der Riese ist daher schon nach wenigen Millionen Jahren verbraucht, während die Normalsterne auf Lebenserwartungen von vielen Milliarden Jahren kommen. Mehr noch. Die Riesensterne sterben mit einer ganz aussergewöhnlichen Explosion, welche man Supernova nennt, und schleudert dabei einen grossen Teil seiner Materie in den Raum hinaus. Solche Supernova-Explosionen hat man schon sehr oft, vor allem in anderen Galaxien, beobachten können. Das eigentlich Interessante an diesen kosmischen Granaten ist die Tatsache, dass durch die Explosion schwerere Moleküle ausgespuckt werden, welche dann im freien Raum draussen für spätere Sterngenerationen wieder als Anfangssubstanz zur Verfügung stehen.

Unsere Sonne hat ein Alter von 5 Milliarden Jahren. Unsere Galaxie hat ein Alter von 15 Milliarden Jahren. 10 Milliarden Jahre standen vor der Geburt der Sonne zur Verfügung, um schwerere Elemente zusammenzukitten. Dies entspricht etwa 10 000 Generationen von Großsternen. *Dann aber erst,* also vor 5 Milliarden Jahren, konnte sich während der Kontraktion der Urwolke die schwerere Materie zusammenballen und allmählich die Planeten bilden, denn vorher wäre das Material gar nicht zur Verfügung gestanden. Und damit kommen wir zur Schlussbilanz.

Nicht eine Erde ist notwendig, um «Leben» hervorzubringen — es ist ein ganzes Universum. Nicht 4 Milliar-

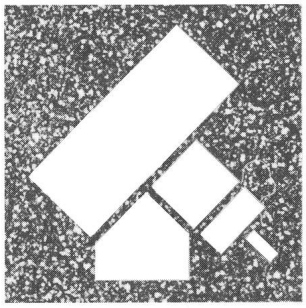
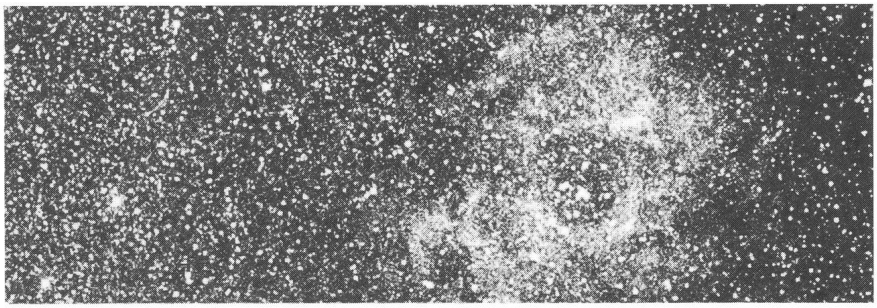
den Jahre Erdgeschichte sind es — es ist die ganze Zeit des Alters des Universums, eine Zeit von 15 Milliarden Jahren. Tausende von Generationen, Milliarden von Sternen mussten sich mit einem jämmerlichen Tod opfern, um die schwereren Elemente für uns aufzubauen. Und noch ist ein Stern drauf und dran, sich für uns hinzugeben: die Sonne. Eine ganze Sonne ist notwendig, um den sonst lebensfeindlichen Raum überhaupt bewohnbar zu machen. Und ein ganzes Planetensystem ist notwendig, um der Erde ihren dritten Platz im System zuzuweisen — mitten in der Biosphäre. Ein *Mond* ist notwendig, der uns ein Magnetfeld schenkt, das uns wiederum von der brutalen Sonnenstrahlung freihält, ein Mond, den wir verlieren werden: durch seine Gezeitenreibung driftet der Mond jährlich um 12 cm von der Erde weg. Auch er muss geopfert werden. Und ein ganzes Zusammenspiel aller kosmischen Körper ist notwendig, um die Evolution voranzutreiben und zu steuern.

Die Erde ist *nicht* jener isolierte, auf sich allein gestellte und zufällig entstandene Himmelskörper. Die Erde ist ein Stück Universum, sie ist mit *das* Universum. Der Mensch ist nicht die Krone einer zufälligen und einmaligen Evolution, er ist ein Bestandteil des Universums, er ist mit *das* Universum.

Die Materie, aus der das Universum besteht, — und dies ist die Quintessenz — hat eine Beschaffenheit, die zu immer komplizierteren Strukturen führt. Die Materie, aus der unser Universum besteht hat die *Tendenz,* exakt jenes Universum hervorzubringen, das wir heute beobachten. Das Leben — meine Damen und Herren — ist nicht eine blosse Laune des Universums. Das Leben ist eine fast unabdingbare, logische Konsequenz aus jener faszinierenden Tendenz der Materie, sich zu verbinden.

Und ich glaube nicht, dass ein Atheist diese Erkenntnis zu verarbeiten vermag. . .

Adresse des Autors:
EWGENI OBRESCHKOW, Multstr. 19, CH-9202 Gossau.
Bilder: Trickzeichnungen aus dem Privatatelier von E. OBRESCHKOW.

Burgdorfer Astro-Tagung

8. Schweizerische Astro-Tagung 26. — 28. Oktober 1979

Freitag **26. Oktober** 20.15 Uhr	Öffentlicher Vortrag von **Dr. Peter Gerber** **«Die Entdeckung des Planetensystems»**
Samstag **27. Oktober** 20.15 Uhr	Öffentlicher Vortrag von **Claude Nicollier,** Schweizerkandidat für den Space Shuttle-Flug **«Mission Spacelab 1»** (in französischer Sprache, mit deutschen Zusammenfassungen)
Ort:	Aula Sekundarschule Gsteighof, Burgdorf
Eintritte:	Ohne Tagungskarte pro Abend Fr. 5. —, mit Tagungskarte gratis