

# BARBARA-GESPRÄCHE

## Payerbach 1997

Materie aus dem All

G. KURAT



Payerbach,  
4. Dezember 1997

**Anmerkung der Redaktion:**

Da das Originalmanuskript der Langfassung zum Zeitpunkt der Drucklegung nicht vorgelegen ist, findet hier die beim Vortrag aufgelegte Kurzfassung Verwendung

*Anschrift des Verfassers:*

*Univ.Prof. Dr. Gero KURAT  
Naturhistorisches Museum Wien*

*Burgring 7  
A - 1010 Wien*

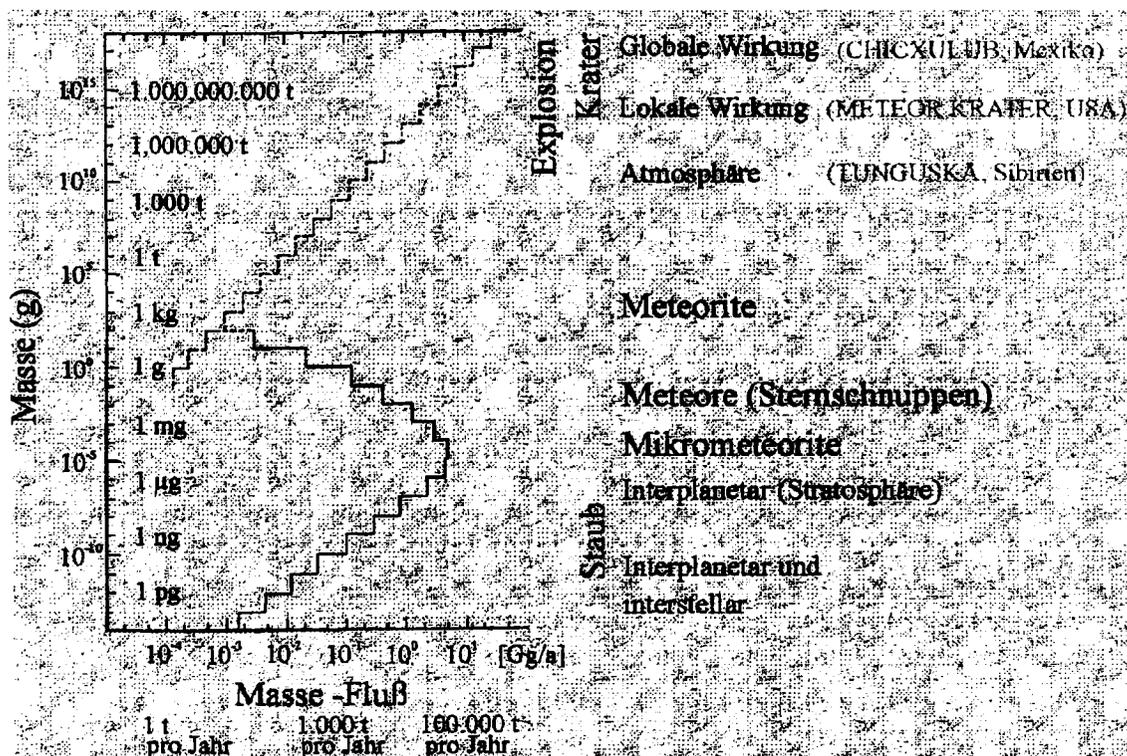
## Materie aus dem All

G. KURAT

# **BOTEN aus dem WELTALL**

## **MASSEFLUSS auf die ERDE**

Auf dem Weg um die Sonne sammelt die Erde ständig außerirdische Materie in Form von Atomkernen (Galaktische Kosmische Strahlen, Sonnenwind), Staub (interstellar und interplanetar) und größeren Körpern mit Massen bis zu über 10.000.000 t. Die Häufigkeit der Objekte nimmt naturgemäß mit zunehmender Masse ab. Abgesehen von Neutrinos und den Photonen (beider Fluß, von der Sonne kommend, ist sehr hoch) treffen etwa 10 Atomkerne der galaktischen kosmischen Strahlung pro cm<sup>2</sup> und Sekunde die Erde. Der Sonnenwind bringt ein Vielfaches dessen. Vom feinen interplanetaren Staub fallen etwa 1 Stück pro m<sup>2</sup> und Tag. Meteore (Millimeter bis Zentimeter) gibt es durchschnittlich alle 30 Sekunden und Meteorite einige wenige pro Jahr. Ereignisse vergleichbar mit jenen des Meteor-Krater-Einschlages (100 m Projektildurchmesser, 1.000 m Krater) sind alle 10.000 - 20.000 Jahre zu erwarten, globale Katastrophen (verursacht von Objekten über 5 km im Durchmesser) jedoch nur alle 20 - 30 Millionen Jahre.



Der Massefluß variiert stark mit der Masse der einfallenden Objekte (Abbildung). So wird die Hauptmasse des täglichen Einfalles (~ 100 t/Tag, ~ 40.000 t/Jahr) von Teilchen mit etwa 10<sup>-5</sup>g Masse (oder ~0,2 µm Durchmesser) getragen. Diese Partikel und die ganz großen Körper, welche nur alle 20-30 Millionen Jahre die Erde treffen, tragen den Hauptteil des Wachstums der Erde. Die Meteoriten in unseren Sammlungen repräsentieren Objekte welche nur sehr wenig zum Wachstum der Erde beitragen (nur ~10 t/Jahr).

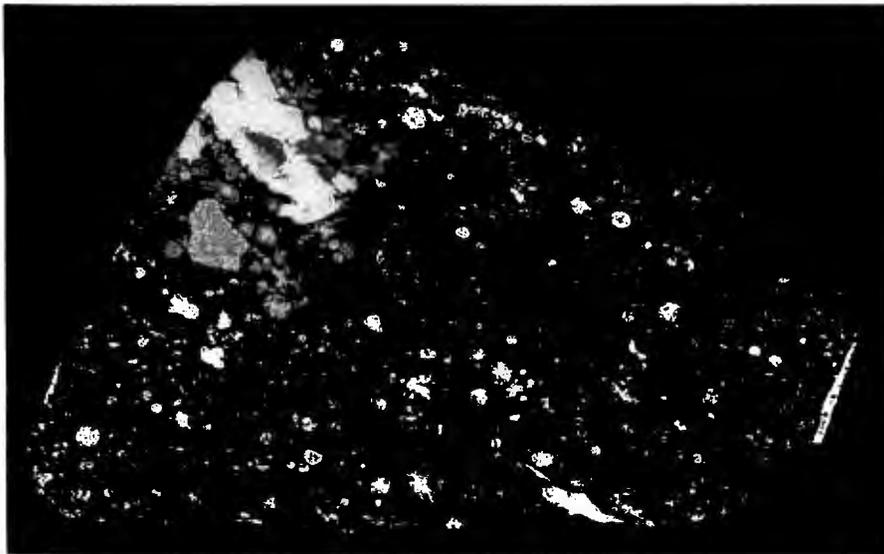
## **Gero Kuret, Naturhist. Museum, Wien**

### **CHEMISCHE und MINERALISCHE ZUSAMMENSETZUNG**

Die chemische Zusammensetzung der außerirdischen Materie offenbart ihre Verwandtschaft mit der Sonne: sie entspricht dem kondensierbaren Anteil der Sonnenmaterie. Das heißt, daß die relativen Häufigkeiten der kondensierbaren Elemente (die meisten Elemente außer H, He und die übrigen Edelgase) in der Sonne und in der auf die Erde fallenden außerirdischen Materie ident sind. Der Chemismus "erinnert" sich an die Herkunft aus derselben Quelle: dem solaren Urnebel (die Erde tut das übrigens auch). Dies ist die chemische Zusammensetzung der Chondrite (siehe unten).

Die mineralogische Zusammensetzung der außerirdischen Körper kann in einem weiten Rahmen variieren. Sie ist abhängig von den örtlichen physikalisch-chemischen Bedingungen im solaren Nebel. Unter reduzierenden (sauerstoffarmen) Bedingungen bildeten sich Olivin ( $Mg_2SiO_4$ ), Pyroxen ( $MgSiO_3$ ), Feldspat ( $NaAlSi_3O_8$ ), Troilit ( $FeS$ ) und Ni-Fe Metall (Mineralogie der gewöhnlichen Chondrite). Unter oxidierenden Bedingungen bildeten sich (OH)- und wasserhaltige Silikate (Serpentin und Tonminerale), verschiedene Monosulfide, Magnetit ( $Fe_3O_4$ ), Karbonate (z.B.  $MgCO_3$ ) und Sulfate. Dies ist die Mineralogie der kohligten Chondrite und des interplanetaren Staubes.

Die Chondrite dominieren die einfallende außerirdische Materie. Sie erhielten ihren Namen von einem ihrer charakteristischen Bestandteile, den Chondren (Abb.). Diese sind runde, etwa mm-große, kristallisierte Schmelztröpfchen.



*Bild 1. Chondrite sind chaotische Brekzien und enthalten Chondren (runde Objekte). Die weißen Einschlüsse sind refraktäre (nur bei sehr hoher Temperatur schmelzende) Objekte, welche anomale Isotopenhäufigkeiten haben. Die schwarze Matrix enthält organische Verbindungen und prä-solaren Staub (Diamanten, SiC,  $Al_2O_3$ ).  
Natürliche Länge : ~10 cm..*

Neben den Chondriten findet sich allerdings eine überraschend große Vielfalt an Objekten, welche eine von den Chondriten abweichende Zusammensetzung haben

*Compton*

## KLASSIFIKATION der METEORITE

Wir klassifizieren diese Materie üblicherweise nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung und insbesondere nach ihrem Anteil an Silikaten und Metall. Danach unterscheiden wir: Steinmeteorite, Stein-Eisen-Meteorite und Eisenmeteorite

Die Steinmeteorite werden hauptsächlich von Silikaten (+ Sulfid, Metall) aufgebaut. Dazu zählen wir die Chondrite und eine heterogene Gruppe von Achondriten (Steinmeteorite ohne Chondren). In dieser Gruppe finden sich auch Basalte und mit diesen verwandte Gesteine, ähnlich jenen, wie wir sie von der Erde kennen. Darunter befindet sich Gesteinssuiten, welche möglicherweise vom Asteroiden Vesta (Eukrite) oder vom Mars (SNC-Meteorite) stammen. Mit Sicherheit haben wir Meteorite vom Mond. Dreizehn, meist kleine, Stücke wurden bisher überwiegend im antarktischen Eis gefunden.

Die Eisenmeteorite bestehen überwiegend aus Fe-Ni Metall (Abb.3, Vitrine) mit etwas Fe-Sulfid und (selten) untergeordnet Silikaten.

Die Stein-Eisen-Meteorite bestehen zu etwa gleichen Teilen aus Metall und Silikaten.

Die Achondrite, Eisenmeteorite und Stein-Eisen-Meteorite haben eine von der primitiven (= solaren) Zusammensetzung der Chondrite abweichende chemischen Zusammensetzung (sie sind "chemisch fraktioniert").

Die chemische Zusammensetzung ändert sich mit der Objektmasse. Der Staub und die Mikrometeorite haben eine chemische und mineralogische Zusammensetzung, welche ähnlich jenen kohlig chondritischer Meteorite ist, Meteorite großer Seltenheit. Die Meteorite (Gramm bis einige Tonnen Masse) werden von einem Gesteinstyp dominiert (~85%), welchen wir "gewöhnliche Chondrite" nennen. Große Körper (> 1000 Tonnen), welche Einschlagkrater erzeugen, scheinen in der Mehrzahl eine Zusammensetzung ähnlich jener der Eisenmeteorite zu haben. Die ganz großen Körper (> 5 km Durchmesser) sind wahrscheinlich kometarer Natur (Eis-Staub-Gemenge).



Bild 2. Meteorite sind typischerweise von einer Schmelzkruste überzogen (Allende kohlig Chondrit, 7.5cm natürliche Größe).



Bild 3. Mount Edith, angeätzte Schnittfläche zeigt Widmanstätten'sche Figuren und runde Sulfideinschlüsse (ca. 40 cm natürliche Länge).

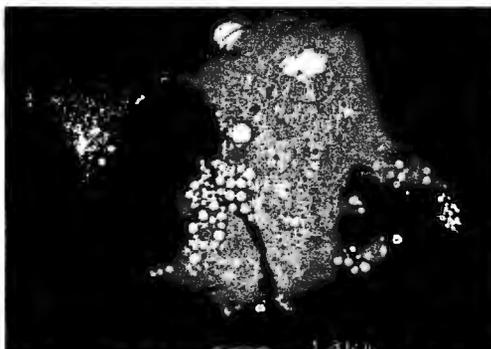


Bild 4. Mikrometeorit (~75 µm lang) im Anschließf. Vollständig erhaltene wasserhaltige Silikate (dunkelgrau) und Magnetit (weiß) in zwei verschiedenen Ausbildungen, beide typisch für kohlige Chondrite. REM-Aufnahme.

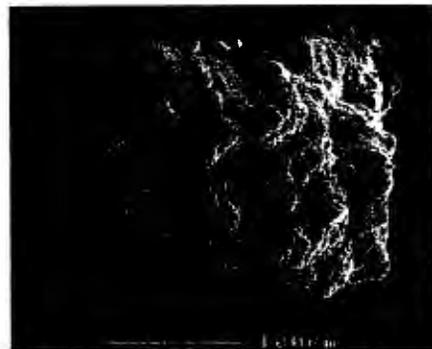


Bild 5. Mikrometeorit (~230µm lang) aus dem antarktischen Eis. Die Oberfläche ist angeschmolzen (Rundungen) und mit feinkörnigem Magnetit bedeckt. REM-Aufnahme.

## URSPRUNG und WECHSELWIRKUNG der KOSMISCHEN KÖRPER mit der ERDE

Der einfallende Staub stammt sehr wahrscheinlich größtenteils von Kometen und das heutige Wachstum der Erde wird hauptsächlich von kometarer Materie gespeist. Dies gilt wahrscheinlich auch für die vergangenen 4 Milliarden Jahre, der Zeit nach der abklingenden Akkretion der Erde. Dieser Materie verdanken wir das Wasser und den Kohlenstoff auf der Erde.

Die außerirdischen Körper erfahren ihr Treffen mit der Erde in höchst unterschiedlicher, von der Masse abhängigen Art und Weise.

Da alle Körper mindestens mit der irdischen Entweichgeschwindigkeit (11 km/sec) mit der Erde kollidieren, treten sie aufgrund der hohen Geschwindigkeit mit der Atmosphäre in mehr oder weniger heftige Wechselwirkung. Diese ist von der Masse (und der Geschwindigkeit) des einfallenden Objektes abhängig. So werden die kleinen Staubteilchen (< 10 µm Durchmesser) schon in der hohen Atmosphäre (> 100 km) durch die Kollision mit Molekülen der Luft gebremst, können den Eintritt in die Atmosphäre praktisch unverändert überleben und können in der Stratosphäre gesammelt werden (Flugzeug, Ballon).

Von den etwas größeren Partikeln des Hauptmassenflusses (~ 0.2 mm oder 200 µm) überleben nur noch wenige. Die meisten werden - wie auch alle Sternschnuppen-erzeugenden millimetergroßen Partikel - aufgeschmolzen. Die Endprodukte sind Dampf und Schmelztröpfchen, welche als "Kosmische Kügelchen" gesammelt werden können. Zentimeter- bis Meter-große Körper erzeugen einen Feuerball, werden zum Großteil aufgeschmolzen, ein Rest (5-20%) überlebt jedoch die feurige Reise durch die Atmosphäre vollständig unverändert. Wir sammeln diesen als Meteorite.

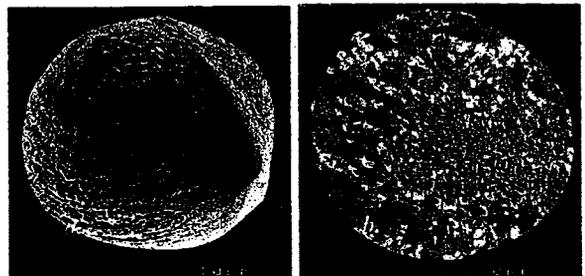


Bild 6. Die Produkte der Sternschnuppen: aufgeschmolzene chondritische Materie, rasch abgekühlt und unterkühlt kristallisiert. (a): Skelettkristalle von Olivin an der Oberfläche. (b): Skelettkristalle von Olivin (grau) und Magnetit (weiß) im polierten Schnitt. Beide Aufnahmen: REM

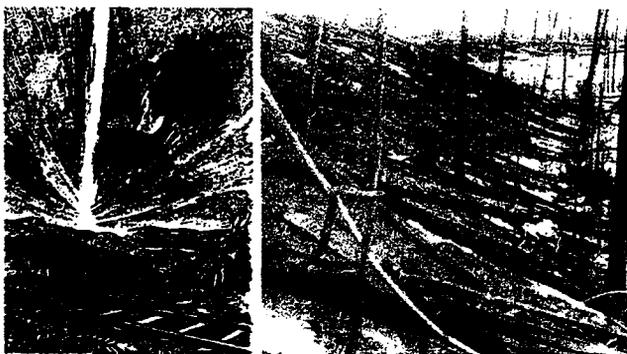


Bild 7. Das Tunguska-Ereignis vom 30. Juni 1908. Ein (vermutlich steiniges) Meteoroid (60 m Durchmesser) explodierte in etwa 10km Höhe.

Bild 8. Die Explosion legte Bäume auf vielen km<sup>2</sup> der Taiga um. Die freigesetzte Energie entsprach der Explosion von etwa 30 Millionen Tonnen TNT (~ 2.000-fache Hiroshima-Bombe).

Körper mit Durchmessern zwischen 20 und 200 m werden durch den enormen Streß zwischen atmosphärischem Frontstau und Heckvakuum zerlegt und explodieren in der tieferen, dichten Atmosphäre (5 - 20 km Höhe). Das bekannteste Ereignis dieser Art ist das Tunguska-Ereignis im Jahre 1908. Noch größere Körper (> 200 m Durchmesser) werden durch die Atmosphäre nicht aufgehalten und treffen mit unverminderter kosmischer Geschwindigkeit auf die Erdoberfläche. Ihre gesamte kinetische Energie wird in Sekunden umgesetzt, wobei Krater gebildet werden.

Sehr, sehr große Objekte (> 5km Durchmesser) verursachen weltweite Katastrophen - wie der Körper, welcher den Chicxulub-Krater in Mexiko bildete und dessen Einschlag zum Aussterben vieler Tierarten führte (siehe K/T-Impakt von CHICKULUB und Folgen für die Evolution).

Comp. G. P. P. P.

## DISKUSSION :

## Materie aus dem All

**UNBEKANNT:** Ich habe viele Fragen, möchte aber nur zwei stellen. Sie haben eine Art Tabelle chemischer Umweltverschmutzung im Weltraum gezeigt und ich beziehe mich auf diese kleinen Einschläge in den Metallplatten. Die Salze waren präsentiert mit 19% und aufgliedert in Abfälle der Astronauten und Seewasserspray. Da würde ich sie bitten, mir das zu erklären, wie Seewasserspray in diese Höhen kommt.

**KURAT:** Genauso wie der Saharastaub in die Stratosphäre kommt. Durch bestimmte Wetterbedingungen ist es möglich, diese Teilchen in die hohe Atmosphäre zu bekommen.

**UNBEKANNT:** Hat das nicht großen Einfluß auf die Salzbilanz der Meere? Was passiert mit dem Salz?

**KURAT:** Das kommt ja auch wieder runter. Es hat oben keine lange Lebenserwartung, und die Masse, gemessen an der Masse des Salzes im Meer, ist völlig vernachlässigbar.

**UNBEKANNT:** Und die zweite Frage, was ist von der Theorie dieser großen Eisbrocken zu halten, die ja mit relativ großer Häufigkeit in die Erdatmosphäre eintreten? Wenn das der Fall wäre, hätte das nicht relativ große Auswirkungen auf die Wasserbilanz?

**KURAT:** Die Erde verliert ständig Wasser und bekommt auch ständig welches nachgeliefert. Ich weiß gar nicht, wie die Bilanz ausschaut, aber gemessen an der Gesamtmasse des Wassers, das wir schon haben, ist das, was wir dazubekommen und das, was wir verlieren, auch wieder vernachlässigbar klein. Was diese großen Eisbrocken betrifft, ich bin da sehr sehr skeptisch, man müßte mehr davon sehen, man müßte die Explosionen ja sehen sowie etwa beim Tunguska - Ereignis. Das passiert zwar etwas höher oben, aber trotzdem können sich diese Dinge nicht völlig unbemerkt von uns abspielen. Wenn ich die

nur mit einem bestimmten Auge, dem Ultravioletteuge, sehen kann und mit keinem anderen, dann stimmt irgend etwas nicht, dann ist die Idee vielleicht noch nicht ausgereift. Ein hausgroßer Eisbrocken muß viel mehr bewegen, als nur einen schwarzen Fleck im ultravioletten Bereich, das ist zu wenig. Ich weiß nicht, was es ist, aber ich bin sicher, das kann kein hausgroßer Eisbrocken sein. Wie dem auch sei, es muß Eis herunterfallen, es gibt auch uralte Berichte, da wird berichtet von Eisfällen, das können auch nicht nur Eisklumpen wie Hagelschloßen gewesen sein, das waren sicher etwas größere Dinger, und damals hat es auch keine Flugzeuge gegeben, also da muß etwas dagewesen sein. Halten Sie bitte die Augen offen, und glauben Sie, so etwas gefunden zu haben, ab damit ins Tiefkühlfach und dann zu mir. Aber auch bitte jeden Stein, nicht nur das Eis.

**UNBEKANNT:** Voriges Jahr im Sommer haben wir die NASA-Meldung gehört, daß in einem Meteoriten, der angeblich vom Mars stammen sollte, Bakterienreste gefunden worden sind. Mich hat immer gewundert, wie man bestimmen kann, daß ein Meteorit vom Mars kommt. Sie haben das kurz angerissen, könnten Sie das bitte etwas ausführlicher aufzeigen, welche Argumente dafür sprechen? Sind das chemische Spektren, sind das bestimmte exotische Elemente, mineralogische Besonderheiten, was sind die Kriterien, auf Grund derer man glaubt, einen bestimmten Meteoriten dem Mars zuzuordnen zu können?

**KURAT:** Alle Meteoriten sind 4,5 Milliarden Jahre alt. Eine kleine Gruppe, die sogenannten SNC-Meteorite, sind nur 180 Millionen bis 1,3 Milliarden Jahre alt, extrem jung. Und extrem junge Steine können nicht von Asteroiden stammen, weil die Asteroiden seit 4,5 Milliarden Jahren kalt sind. Da kann es keine geologische und auch keine vulkanische Tätig-

keit geben. Das heißt, diese Steine mit so jungem Alter müssen von einem Planeten stammen.

Nun ,vom Mond stammen sie mit Sicherheit nicht, denn den Mond kennen wir, und da passen sie nicht dazu, was kommt also noch in Frage? Venus ist mit ihrer extrem dichten Atmosphäre behaftet und es ist äußerst schwer vorstellbar, daß ein Stein unverändert durch diese Atmosphäre hinausgelangt. Gläser wären vorstellbar, aber so völlig unveränderte basaltische Gesteine sind sehr wahrscheinlich nicht möglich. Merkur ist zu nahe an der Sonne, wenn ich dort etwas los klopfe, fällt alles gleich in die Sonne, die ist wie ein Magnet, ein großes schwarzes Loch, das alles ansaugt. Bleibt dann in der "Nähe" nur mehr Mars, sonst müßte man auf Monde von den großen Planeten zurückgreifen, die sind aber wieder sehr weit weg. Der beste Kandidat ist Mars, der hat nur eine dünne Atmosphäre, ist klein, und die Fluchtgeschwindigkeit beträgt nur etwas über 5 Kilometer pro Sekunde, das ist machbar mit Einschlägen.

Dann gibt es noch eine Beobachtung an diesen Meteoriten, die ausschlaggebend für den Glauben vieler meiner Kollegen ist, daß die Meteorite vom Mars sind: die Messung von Edelgasen. In Gläsern solcher Meteorite, die übrigens bei so einem Zusammenstoß ein Schockerlebnis erlebt haben, kommen Gase vor, die ähnliche Spezieshäufigkeiten haben wie in der Marsatmosphäre. Und das ist an sich schon ein relativ starkes Argument, allerdings nicht völlig überzeugend, denn Argon 40 hat man überall, das ist nicht nur auf dem Mars in großen Mengen vorhanden, es ist die Tochter vom radioaktivem Kalium 40, und CO<sub>2</sub> haben wir praktisch auch überall, ebenso ein bißchen Stickstoff, wir haben viel Stickstoff, die anderen haben etwas weniger Stickstoff. Es ist also nicht so einfach, ich bin da skeptisch, ich sehe in diesen Meteoriten viele Details, die ich auch im wesentlich älterem Material sehe, z.B. die Karbonate, die auch groß in der Zeitung gestanden sind.

UNBEKANNT: Woher glauben sie, daß sie dann kommen würden, was wäre, wenn die

Altersbestimmung falsch ist, was halten sie davon?

KURAT: Nein, nein, die ist nicht falsch, die Altersbestimmungen sind richtig, aber die Alter sind durch irgendeinen Prozeß gestört worden, den wir noch nicht kennen. Vor 190 Millionen Jahren und einer Milliarde Jahre hat es eine Störung gegeben und die Uhren sind neu gestellt worden. Aber die Steine sind an sich alte Gesteine und der letzte, der jetzt identifiziert wurde, hat überhaupt ein primitives Alter, gehört aber geochemisch und mineralogisch zu der SNC-Gruppe.

UNBEKANNT: Wenn man annimmt, daß die vom Mars kommen, wie wahrscheinlich oder möglich ist es, daß Bakterienabgüsse diese Reise überleben würden?

KURAT: Abgüsse sind ja schon tot-

UNBEKANNT: Nein ich meine jetzt vom Aufschmelzen oder sonstigen Umformungen.

KURAT: Es sind überraschend wenige dieser Steine umgeformt gelandet. Das ist ja auch eine Überraschung, wenn sie vom Mars kommen, müssen sie ja doch ein relativ großes Einschlagereignis erlebt haben, denn um sich von dort mit über 5 Kilometer pro Sekunde wegzubeschleunigen, muß ihnen einen ganz schöner Impaktstoß verabreicht werden, Um einen Stein von der Oberfläche wegzuschleßen, muß ich ihn komprimieren. Mit Schockwellen kann ich jeden Stein auf 50% seines Volumens komprimieren, dann läuft die Schockwelle durch und er geht wieder auf seine ursprüngliche Größe zurück und springt wie eine Feder, springt von alleine weg. Man muß sich vorstellen, was es heißt, einen festen Stein auf weniger als 50% seines Volumens zu verkleinern. Das sind Schockwellen, die können das, und können solche Steine von der Oberfläche des Mars wegschleudern.

ZANKL: Aber das könnten ja auch extra Marskomponenten sein, die reingehen und auf diese Weise zurückspringen wie ein Tennisball.

KURAT: Wie ein Tennisball geht das sicher nicht. Das Projektil bringt ja die Energie mit, das ist ja der Energieträger und im Projektil

wird diese Energie zunächst umgesetzt in kinetische und andere Energieformen. Das Projektil erleidet die allergrößten Veränderungen. Viel mehr als die Steine, die von ihm getroffen werden. Und überlicherweise bleibt vom Projektil überhaupt nichts übrig, die Restwärme nach dieser Naturkatastrophe ist so hoch, daß das Projektil praktisch verdampft und nichts mehr übrig bleibt. Zumindest wird es geschmolzen.

Aber diese Steine sind ja ganz normale Basalte, da ist keine Schmelze, nichts, nicht einmal Hochdruckminerale sind drin, die wir in irdischen Impaktgesteinen, die durch die Schockwellenkompression entstanden sind, immer finden. Keine Hochdruckminerale, keine Gläser, null. Es ist sehr sehr komisch.

Aber eines hat man gefunden, man hat isotropisierte Feldspäte gefunden. Sehen aus wie Feldspäte, schöne Leisten, sind aber nicht doppelbrechend, sondern isotropisiert, und die Theorie sagt, diese isotropisierten Feldspäte sind durch Schockwellen isotropisiert worden. Auch das bezweifle ich, ich arbeite gerade mit einem Kollegen in Heidelberg an der Widerlegung dieser Geschichte.

ZANKL: Ausschleuderungsprodukte eines großen Vulkans, wir kennen ja auf dem Mars den Olympus Mons, haben hier wohl keine Chance? Fünf Kilometer/Sekunde ist wahn-sinnig schnell.

KURAT: 5 Sekundenkilometer ist für einen Vulkan unmöglich.

WEISSENBACH: Auch nicht bei ganz heftigen Explosionen, wo bleiben da die Energien?

KURAT: Na ja, die haben genug Energie, aber das bringen sie sicher nicht zusammen.

PREISINGER: Du hast uns den Asteroidengürtel gezeigt, der natürlich zur selben Zeit entstanden ist wie unsere anderen Planeten und in Summe ungefähr die Masse der Erde hätte....

KURAT: Nein, viel kleiner.

PREISINGER: ....viel kleiner, o.k., aber immerhin, die Massenverteilung ist durch

Zusammenstöße innerhalb des Asteroidengürtels sicher nach einem Verteilungsmuster zu ordnen, wo man astronomisch verschiedene Großkörper messen kann, aber die Kleinen natürlich nicht. Aber deine Aussage war, daß die großen Impakte alles Kometen waren, die kommen von außen her, wie kann man heute das Massenverhältnis dieser Trümmer unseres Asteroidengürtels zu dem der Kometen abschätzen?

KURAT: Es gibt viele Rechenmodelle, ich bin kein Astronom, ich will da nicht auf Glatteis gehen. Ich verfolge das, jede Woche gibt es eine neue Rechnung, und je nach Input ist dann auch der Output; was jemand sehen will, das erhält er dann auch. Für das Eindringen großer Körper aus den Asteroidengürtel gibt es Rechnungen, die zeigen, daß alle 10 Millionen Jahre Zehnkilometerbrocken kommen, andere Rechnungen sagen, es geht nicht; ich weiß es nicht, Du mußt jemand anderen fragen. Wir Theoretiker haben früher gerechnet, es sei unmöglich einen Meteoriten vom Mond zu bekommen, absolut unmöglich, vergeßt es, und dann waren sie plötzlich da und dann haben wir sie gefunden und jetzt zeigen die Rechnungen, daß man sie von überall her bekommen kann.

PREISINGER: Ich habe noch eine Frage: Die Kometen verlieren ja Materie; durch den Schwanz, der hinten nachgezogen wird, geht ja vom Kometenkern immer mehr und mehr verloren, daß heißt, daß irgendwann das vergasbare Material des Kometen im Laufe seiner Reise weg sein müßte. Wie lange dauert das im Durchschnitt bis ein Komet keinen Schwanz mehr hat und nur mehr der Kern, das innere Teil da ist?

KURAT: Das ist eine sehr komplexe Geschichte, weil es davon abhängt, wie oft sie ins innere Sonnensystem eindringen. Je mehr ein Komet von der Sonne bestrahlt wird, desto mehr Masse wird er verlieren. Wenn er zu nahe an den Jupiter kommt, wird er zerbrechen, wenn er zu nahe an die Sonne kommt, wird er zerbrechen oder, wenn er noch näher herankommt, wird er gefressen. Aber die Materie, die freigesetzt wird, geht ja nicht vollständig verloren, denn sie kondensiert

wieder und wird zum Aufbau eines neuen Körpers verwendet. Der ganz feine Anteil wird vom Sonnenwind hinausgetragen an die Peripherie des Sonnensystems. Dort sammelt sich die Materie wieder und wahrscheinlich entstehen dort heute noch neue Kometen und werden aus den Resten der anderen gebaut.

SCHÖNLAUB: Die Idee, die zur Entstehung des Mondes geführt hat; ist ja brandneu, sie wurde erst im vorigen Monat in Amerika vorgestellt. Es hat schon ältere Theorien gegeben, vor allem was die Impaktorgröße betrifft. Diese Computersimulationen zeigen, es muß ein Impakt größeren Maßes gewesen sein. Das einzige Problem, das diese amerikanische Gruppe, den Namen habe ich vergessen, mit ihrer Erklärung hat, es müßte angenommen werden - und alle Computersimulationen weisen darauf hin -, daß die Erde aus ihrer Bahn geworfen hätte werden müssen bzw. die Rotationsgeschwindigkeit der Erde müßte eine ganz andere sein, wenn es tatsächlich zu diesem Impakt gekommen wäre. Da gibt es noch gewisse Schwierigkeiten einer Erklärung, daß es nicht zu diesem Phänomen einer Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit im Zuge dieses Impakts gekommen ist.

KURAT: Erstens kennen wir die Rotationsgeschwindigkeit vorher nicht und zweitens muß die Erde nach so einem großen Impakt sowohl ihre Rotationsrichtung als auch ihre Geschwindigkeit geändert haben. Wir wissen das von größeren Impakts auf dem Mond, die wesentlich später passiert sind, als der Mond schon ein Magnetfeld hatte. Diese größeren Impakts auf dem Mond haben dazu geführt, daß die Rotationsachse geändert wurde, mehrmals sogar, das hat Keith RUNCORN seinerzeit wunderbar nachgewiesen, und ähnlich muß es auch auf der Erde gewesen sein.

Nur, wir wissen nicht, wie die Erde vorher war, und danach wird sie sich auch nicht mehr großartig verändert haben, und ich nehme an, daß ein Teil des Drehmomentes durch die ausgeworfenen Materie mitgenommen worden und ein Teil des Drehmomentes natürlich jetzt vom Mond mitgetragen wird. Nachdem der Mond weit weg ist vom gemeinsamen Rotationszentrum trägt er natürlich eine schöne

Menge des Drehmomentes unseres Systems, daher ist die Rotation der Erde nicht so übermäßig schnell.

PREISINGER: Man konnte in letzter Zeit messen, daß der Erdkern, der feste Erdkern, eine andere Rotationsgeschwindigkeit hat wie die äußere Hülle. Die muß aber im Laufe der Zeit entstanden sein, oder ist eine Abbremsung der äußeren Hülle spontan erfolgt.

KURAT: Ja, es muß eine differentielle Rotation sein, sonst hätten wir ja kein Magnetfeld, ein Dynamo basiert ja auch darauf daß es eine differentielle Rotation innerer Kern -äußerer Kern gibt. Die Erde hat eine differentielle Rotation der Silikathülle zu der des Kernes, und daher gibt es dann auch magnetlose Zeiten, wie Du weißt, und die Umkehr der Magnetfelder.

HENRICH: Ich habe eine Frage zu dem Kometenstrahl, wird er jetzt hinter dem Kometen hergezogen, sie sagen er weist von der Sonne weg?

KURAT: Der Schweif zeigt immer von der Sonne weg. Jeder Komet hat mehrere Schweife, das eine ist ein Plasmaschweif, der immer ganz genau von der Sonne wegzeigt, und der Staubschweif, der ein bißchen nachhinkt, der ein bißchen langsamer ist. Er wird immer von der Sonne wegzeigen.

HENRICH: Kann man alle Schweife sehen?

KURAT: Plasma- und Staubschweif sind immer zu sehen und manchmal kann man noch andere sehen. Beim letzten Kometen Hale-Pope hat es auch einen Natriumschweif gegeben, wo man die Anreicherung von Natriumionen gesehen hat. Aber prinzipiell ist ein Staub und ein Plasmaschweif zu sehen.

RIEHL: Kann man von dieser differenzierten Drehgeschwindigkeit einen Motor für die Plattentektonik ableiten, das ist mehr eine Frage an die Kollegen, die sich damit befaßt haben, oder ist das nur diese magnetische Drehrichtung des Kerns?

KURAT: Ich glaube, daß das mit der Plattentektonik kaum mehr etwas zu tun hat, obwohl die Quelle der Anregung, die Antriebsquelle für die Plattentektonik, sitzt wahrscheinlich

auch an der Kern - Mantel - Grenze und wird wahrscheinlich von subduzierten Krustenteilen gebildet, die wieder viril werden. Sie werden ja kalt abgetaucht, tragen aber sehr hohe Gehalte an radioaktiven Elementen und werden nach 1-2 Milliarden Jahren wärmer als ihre Umgebung und bilden somit eine thermische Instabilität, was dazu führt, daß sie aufzusteigen beginnen und die aufsteigende Masse erzwingt natürlich auch auf der anderen Seite etwas zum Absteigend, wo die kalte Materie

wieder hinunter gezogen wird. Das führt zur Lateralbewegung an der Erdkurste und das führt zum Auseinanderreißen, zum Auseinanderwandern von Kontinenten. Das ist ein thermischer Motor, der durch Instabilitäten entweder in der Übergangszone, also um die 400-700 Kilometer Tiefe, wo es die großen Phasenänderungen gibt, oder an der Mantel/Kern - Grenze beginnt.

**Diskussionsbeiträge von:**

**Dr. W. HENRICH**

Vöslauer Heilquellenverwertung AG  
Paitzriegelgasse 2  
A - 2540 Bad Vöslau

**Univ.Prof. Dr. Gero KURAT**

Naturhistorisches Museum Wien  
Burgring 7  
A - 1010 Wien

**Univ.Prof. Dr. Anton PREISINGER**

Inst. f. Mineralogie  
TU Wien  
Karlsplatz 13  
A - 1040 Wien

**Dr. Georg RIEHL - H**

Hauptstraße 70  
A - 2801 Katzelsdorf

**Univ.Prof. Dir. Dr. H.P. SCHÖNLAUB**

Geologische Bundesanstalt  
Rasumofskygasse 23  
A - 1030 Wien

**Dr. Norbert WEISSENBACH**

Steelerstraße 167  
D - 45138 Essen

**Univ.Prof. Dr. H. ZANKL**

Philipps-Universität Marburg/Lahn  
Hans Meerwein Straße  
D - 35032 Marburg/Lahn

