

**Christian Blöss**

# **Planeten, Götter, Katastrophen**

**Das neue Bild  
vom kosmischen Chaos**

Verlag Informationen für  
Technik und Wissenschaft **IT&W**

## Vorbemerkung

Dieses Buch ist keine Geschichte des Sonnensystems, auch keine Geschichte der Entstehung der Planetenreligionen. Es bewegt sich auf einem schmalen (aber keineswegs unsicheren) Grat, an dem verschiedene neue Ergebnisse der Astronomie und einige frappierende Erkenntnisse über die Frühgeschichte der Menschheit zusammenkommen. Die Schlüsse, die daraus gezogen werden, sind weniger spekulativ als konsequent: Die Menschheitsgeschichte ist auch eine Geschichte verheerender Naturkatastrophen, deren Vernichtungspotential die menschlichen »Möglichkeiten« weit in den Schatten stellt.

Die Indizien, deren Zusammenschau hier angestrebt wird, sind schnell benannt. Die amerikanischen und sowjetischen Sondenmissionen der vergangenen zwanzig Jahre haben eine Welt der Planeten entdeckt, die mit einem uhrwerkhaften Funktionieren des Sonnensystems unvereinbar sind. Zahlreiche Umwälzungen innerhalb des Sonnensystems müssen stattgefunden haben - anders sind die Befunde im einzelnen nicht zu erklären. jüngste computerunterstützte Untersuchungen zur Stabilität des Sonnensystems haben zudem den Prognosezeitraum für die Stabilität der Planetenbahnen auf ein Tausendstel der bisherigen Schätzungen reduziert. Dies ist nur ein weiteres, schlagendes Indiz gegen die Annahme, die Sicherheit der Umlaufbahnen sei über Milliarden von Jahren garantiert. Daß diese Erkenntnisse unweigerlich auf das Theoriegebäude von Biologie und Geologie »ausstrahlen« müssen, wird insoweit berücksichtigt, wie durch sie das Verständnis auch der Menschheitsgeschichte ungebührlich beeinflußt worden ist. Der historische Teil des Buches hat unter anderem früher verwendete Kalendersysteme zum Gegenstand, deren unerklärliche, jedoch weltweit einheitliche »Irrationalität« nun als »rationale« Reaktion auf eine andere Situation am Himmel, als sie sich uns heute darstellt, begreifbar wird. Dies berührt die auf astronomischer Grundlage beruhende gesamte frühgeschichtliche Chronologie des vorderasiatischen Kulturkreises mehr als nur peripher. Der naheliegende Schluß, die herkömmliche Chronologie sei unbrauchbar, trifft sich mit dem Befund von G.Heinsohn und H.Illig. Diese beiden Autoren haben in der Reihe »Scarabäus« eine ingeniose Neuschreibung der Chronologie geliefert.

In der Reihe »Scarabäus« sind bislang sechs Bände erschienen (und weitere sollen folgen), die den Anspruch begründen, das Bild von der Mensch-

heits- und Naturgeschichte, das unsere Epoche sich in jahrhundertelanger Arbeit zurechtgelegt hat, radikal zu revidieren. Die Autoren gehen davon aus, daß nicht nur der Kosmos Produkt gewaltiger und »gewalttätiger« Szenarien ist. Sie unterstellen, daß auch unser Sonnensystem Instabilitäten und in deren Folge Katastrophen durchgemacht hat, die von unseren Vorfahren erlebt und zu zentralen kulturellen Bestandteilen der verschiedenen Zeitalter verarbeitet wurden. Epochenschnitte - gleichgültig ob natur- oder menscheitsgeschichtlicher Art - stehen grundsätzlich unter dem Verdacht, katastrophisch verursacht zu sein. Das Neuartige einer Epoche stammt nicht aus einer äonenwährenden schrittweisen Entwicklung. Es bildet sich vielmehr als Reaktion auf neue Randbedingungen, oder, menscheitsgeschichtlich betrachtet, auf neue Lebensbedingungen. Für Evolution ist »Zeit« - im Sinn von »Dauer« - weder Maßstab noch unbedingte Voraussetzung.

Diese Formulierung verrät schon, daß es dabei nicht mehr nur um das Anfügen vergessener Fakten, um die Umwertung kultureller Einflüsse oder postmodernes Abwägen der Bedeutung von Geschichte an sich geht. Es gibt einen unübersehbaren Abgrund, der zwischen der herkömmlichen Rekonstruktion und den Zeugnissen der Geschichte klafft. All die Fakten, die einer friedlichen und ungefährdeten Entwicklung von Natur und Menschheit entgegenstehen oder entgegenzustehen scheinen, werden bisher methodisch verdrängt. Die kritische Rekonstruktion fährt dagegen zu einer neuen Chronologie der vor- und frühgeschichtlichen Epochen der Menschheitsgeschichte.

Das vorliegende Werk zollt von allen bislang zu diesem Thema erschienenen »Scarabäus«-Titeln am weitestgehenden dem amerikanischen Autor Immanuel Velikovsky Tribut. Obwohl von seiner »Revision« der vorderasiatischen/ägyptischen Geschichte am Ende vielleicht am wenigsten bleibt, soll hier »sein« Thema erneut aufgenommen werden: Die Menschheitsgeschichte ist nicht nur eine Geschichte inneren Friedens und Unfriedens, sie ist auch eine Geschichte äußerer Bedrohung. Velikovskys Hauptfrage stellt sich darum so aktuell wie vor vierzig Jahren: Was würden Strategien des Unfriedenstiftens noch für eine Rolle spielen, wenn die Menschen sich ihrer Lebenssphäre als Ort kosmischer Unsicherheit bewußt würden?

## Teil I: Einführung

### 1. PLANETEN EXPLODIEREN - THEORIEN ZERPLATZEN

Die Absicht dieses Buches ist es, die Stichhaltigkeit der Hypothese eines »katastrophischen Antriebs der Naturgeschichte« zu überprüfen. Sind katastrophische Szenarien bloße Hirngespinnste von Hasardeuren im Wissenschaftsbetrieb oder sind sie der permanent verdrängte, eigentliche Schlüssel zum Verständnis von Geschichte? Die versuchten Antworten machen es dem Leser nicht leicht, denn ein »Mißverständnis« soll in dieser Debatte nicht weiter kultiviert werden: Weder für noch gegen diese These sind »eindeutige Beweise« ins Feld zu führen. Vielmehr muß sich der Leser mit einer geordneten Ansammlung von Indizien auseinandersetzen und dann selbst entscheiden, ob er diese auf eine Kette ziehen kann, die neue Schlüsse über die Entwicklung der Menschheits- und Naturgeschichte erlaubt, oder ob er diese Kette für zu brüchig und für zu unvollkommen hält. Ein Zyniker würde behaupten, daß sich naturwissenschaftlich eigentlich alles beweisen läßt. Und ein Skeptiker würde argumentieren, daß die Verschränkung und gegenseitige Stützung von Geschichte, Kulturtheorie und Naturwissenschaft leicht zu einem Spiel gerät, bei dem die eine Disziplin die andere am Schopf aus dem Sumpf verstreuter Relikte der Menschheitsgeschichte herauszieht. Nirgendwo ist größere Vorsicht angeraten, als wenn eine aufregende Theorie mit naturwissenschaftlichen Argumenten »bewiesen« wird. Auf diese Vorsichtsmaßregel werde ich beizeiten zurückkommen.

Die Astrophysik ist ihrem Wesen nach eine historische Wissenschaft und scheint doch allen anderen historischen Wissenschaften etwas voraus zu haben: Sie kann Vergangenheit im wortwörtlichen Sinne sichtbar machen. Denn je weiter das gesehene Objekt am Himmel von der Erde entfernt ist, desto älter ist auch die empfangene Lichtinformation. Wären die Elemente des Universums gleichermaßen und zu gleicher Zeit entstanden, dann müßte das Licht der entfernteren Galaxien auch einen zusammenhängenden Überblick zurückliegender Stationen unserer eigenen Galaxis widerspiegeln. Doch in dieser Hinsicht ist die empfangene Lichtinformation chaotisch. Vor allem gibt es kaum mehr als schwache Indizien für die Existenz anderer Planetensysteme. (Burke 1986, 340)

## Planeten. Götter, Katastrophen

Solange die Planeten unseres Sonnensystems ebenso wie die Sterne nur von der Erde aus untersucht und beobachtet werden konnten, galten sie als mehr oder weniger zwangsläufiges Nebenprodukt bei der Entstehung unserer Sonne. Ihre Entwicklung schien sich naturgemäß aus ebenso einfachen Evolutionsmechanismen wie jenen für die gesamte Galaxis zu erklären. Die amerikanischen und sowjetischen Sondenmissionen der vergangenen beiden Jahrzehnte haben diese Vorstellung ad absurdum geführt.

Was bis dahin als vollständig und einheitlich innerhalb des ersten Viertels des Gesamtalters des Sonnensystems entwickelt schien, entpuppt sich nun als eine Ansammlung unzusammenhängender Entwicklungssprünge. Mittlerweile sind derart viele Besonderheiten der einzelnen Planeten und ihrer Satelliten bekannt geworden, daß ein einheitliches Szenario einer zumal »friedlichen« Entwicklung nicht mehr vorstellbar ist. Für alle vier inneren, die »terrestrischen« Planeten - Merkur, Venus, Erde/Mond und Mars - wurden Kollisionsszenarien entwickelt, die ihre je spezifischen Eigenschaften erklären sollen. Sie wären aus einer uniformen Entwicklung schlichtweg nicht zu gewinnen. Damit ist ein Schritt vollzogen, der nicht nur die »Sicherheit« der Erde grundsätzlich in Frage stellt, sondern auch den traditionellen »Fahrplan« der Entwicklung: Wenn grundlegende Eigenschaften der Planeten aus zufälligen Ereignissen und nicht aus langwährender stetiger Evolution entstehen, gerät die veranschlagte Milliarden-Zeitskala völlig durcheinander.

Merkurs leichte Silikathülle soll durch die Kollision mit einem mehrere hundert Kilometer großen Körper abgesprengt worden sein, ein Entwurf, der »noch vor zehn Jahren als absolut unwahrscheinlich bezeichnet worden wäre« (Stewart 1988, 496). Zwei bemerkenswerte Anomalien des Planeten Venus, seine langsame retrograde, also gegen die Bahndrehung gerichtete Eigenrotation, und die hohe Konzentration von Edelgasen, scheinen nur durch den Einsturz eines großen Körpers erklärbar zu sein. (Phillips et al. 1981, 885) Die Erde hat mit dem Heraussprengen eines erheblichen Anteils ihrer Kruste durch den Einschlag eines marsgroßen Körpers womöglich das katastrophalste Ereignis ihrer Geschichte durchgemacht. In dessen Folge soll sich der Mond gebildet haben. (Benz 1986/1987/1989) Auch das »hervorstechendste, ungelöste Problem der Evolution der Marsoberfläche«, (Frey/Schultz 1988, 229) ihre globusumspannende Zweiteilung in eine relativ alte zerklüftete Südhälfte und eine relativ junge von vulkanischer Aktivität gekennzeichnete Nordhälfte, scheint durch die An-

nahme einer Kollision mit einem Körper von bis zu tausend Kilometer Durchmesser aufklärbar zu sein. (Wilhelms/Squyres 1984, 138) Daß diese Modelle vorwiegend in der »Frühzeit« des Sonnensystems angesiedelt werden, ist eher Ausdruck allgemeiner chronologischer Hilflosigkeit als zwingende Notwendigkeit.

In einem Artikel für die Zeitschrift »Sky & Telescope« machen D.Morrison und C.R.Chapman auf einen beginnenden Wandel in der Bewertung von Kollisionsszenarien aufmerksam. Der Artikel heißt bezeichnenderweise »Target Earth: It will happen«. Was bislang als undenkbar galt, weil es, seit Menschen Naturgeschichte schrieben, nicht beobachtet worden sei, müsse als normaler Vorgang in der Erdgeschichte angenommen werden: Daß die Erde »Zielscheibe« von mehr oder weniger großen Himmelskörpern war, die periodisch das Massensterben der Arten bewirkten. »Ohne Massenausrottungen, die durch Einschläge (von Asteroiden etc., CB) erzeugt wurden, könnte es weitaus weniger Chancen für die evolutionäre Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten gegeben haben... Die Erde existiert in einer Art kosmischem Schießstand, so daß einschlagsverursachte Katastrophen seit Milliarden von Jahren einen Teil der Naturgeschichte ausmachen.« (1990, 264£) Damit ist ein Schritt getan von der Vorstellung notwendiger Entwicklung zu einer auch zufälligen. Wichtige Ereignisse können an den unterschiedlichsten Punkten der Naturgeschichte stattgefunden haben. Sie stehen nicht notwendig am Anfang aller Entwicklung. Die herkömmliche Chronologie des Sonnensystems gerät in wachsende Unordnung, nicht nur wegen der Zufälligkeit wesentlicher Vorgänge, sondern auch weil es für derart lange Entwicklungszeiträume keinen notwendigen Bedarf mehr gibt.

Auch die Betrachtung der Satelfitensysteme der großen Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun - macht diesen einschneidenden Wandel deutlich. Die Oberflächenstrukturen ihrer Satelliten weisen auf grundlegend verschiedene Einflüsse und Entwicklungen hin, die teilweise erst in allerjüngster Vergangenheit stattgefunden haben dürften. Das gilt für den Jupitermond Io ebenso wie für den Saturnmond Enceladus, dessen helle Oberfläche möglicherweise erst innerhalb der letzten 10.000 Jahre entstanden ist. Dieses Ereignis könnte vielleicht auch zur Bildung des benachbarten außerordentlich instabilen E-Ringes geführt haben. (McKinnon 1985)

Für sämtliche Ringe der großen Planeten gilt, daß sie nicht mit den Planeten entstanden sein können. Ihre veranschlagte Lebensdauer liegt um Größenordnungen unterhalb des üblicherweise angenommenen Alters des Sonnensystems von ca. 4.6 Milliarden Jahren. Die meisten Satelliten sind von schweren Einschlägen und großen Verwerfungen gekennzeichnet, die zu unterschiedlichen Zeiten verursacht worden sein müssen. Eine plausible Erklärung solcher Beobachtungen ist nur mit der These möglich, daß es sich bei den Satelliten um eingefangene Überreste von zu verschiedenen Zeitpunkten zerstörten größeren Körpern handelt, daß sie sich also nicht - wie üblicherweise angenommen - zusammen mit den Planeten aus der hypothetischen Urnebelwolke gebildet haben.

## 2. DIE STABILITÄT DES SONNENSYSTEMS: LÄNGST AUSSERHALB DER GARANTIEZEIT

Die Astronomie zollt durch immer neue Indizien einen wachsenden Tribut an eine katastrophische Naturgeschichte. Allein die Artikel, die den neuen Katastrophismus in der Geologie von astronomischer Seite her bestärken, nehmen ständig größeren Raum in den Fachzeitschriften ein. Und doch liegen die entworfenen Szenarien stets in einer dunklen, die Menschheit nicht berührenden Vergangenheit. Kometen verwüsten die Erde und rafften einen ganzen Artenzoo dahin. Supernovae greifen nachhaltig in das Erbgut ein. Gesteinsregen gehen von anderen Planeten auf die Erde nieder - dies aber stets in sicherer Entfernung von dem zeitlichen Rubikon, an dem der erste homo sapiens auf Erden auftaucht. Dabei sind die Indizien, die auf Katastrophen in historischer Zeit hinweisen, nicht zu übersehen: Einheitlich vorgenommene Kalenderreformen, verschobene Breitengrade in Sternkarten und Zeitmessern, Planetenreligionen bis hin zum Menschenopfer für Planetengötter deuten allesamt auf derartige Ereignisse hin. Die Konsequenzen reichen tief. Es stehen die Grundlagen der uns seit Darwin und Lyell geläufigen Naturgeschichte zur Disposition. Es rächt sich jetzt, daß die Wissenschaft mit der Ablehnung der theistischen Weltansicht nicht zugleich auch eine Relativierung der kosmischen Sicherheit der Menschen verband. Offenbar waren die Menschen nicht in der Lage, auf das Gefühl unbedingter Sicherheit im Kosmos zu verzichten. Innerhalb der noch theologisch geprägten Naturgeschichte waren Katastrophen wohlgehten, da sie

an der (überweltlichen) Bestimmung des Menschengeschlechtes letztlich nichts änderten. Im Gegenteil: Sie konnten als göttliche Eingriffe zu Strafzwecken interpretiert werden. Die Frontsteflung der damaligen Wissenschaft gegen diese Anschauung wirkt bis heute nach: Die Ursachen für denkbare, durch vielfache Indizien wahrscheinliche Katastrophen werden geradezu »instinktiv« außerweltlichen Mächten zugeordnet. »Katastrophisten« stehen sofort im Verdacht, statt der Naturgesetze nun »transzendente Mächte« für den Lauf der Welt verantwortlich machen zu wollen.

Nirgendwo zeigt sich das deutlicher als bei der Diskussion der Stabilität des Sonnensystems. »Die Berechnung der Planetenbewegung, die genaue Voraussage von Sonnen- und Mondfinsternissen,« schreibt B.-O.Küppers (1990, 28) in einem Aufsatz für das GEOHeft über »Chaos + Kreativität«, »sind wohl immer noch die eindrucksvollsten Belege für eine von Naturgesetzen beherrschte Welt.« Doch es ist deutlich geworden, daß eine strenge oder »starke« Kausalität für die Abläufe im Sonnensystem nicht zu haben ist. Die Planeten sind nicht an ehernen Naturgesetze in dem Sinne gebunden, daß wir ihren Lauf beliebig weit vor und zurück verfolgen könnten. Wissenschaftler wie Newton, Laplace oder Gauss sahen das Bewegungsspiel der Planeten noch als teleologisch bestimmt an. Seine harmonische Ausprägung war für sie eben den inbegriffenen günstigen Lebensbedingungen auf der Erde geschuldet. Man huldigte diesen »Herosen« der Wissenschaft, weil sie den Kontrakt aufzudecken vermochten, an den die Planeten sich für alle Zeiten unverbrüchlich zu halten haben. Auch die Kometen, noch von Lambert als Teilnehmer eines »Krieges am Firmament« beargwöhnt (1761, 4), »ließen sich den Zügel anlegen, ... und verfolgten ihren Weg in den von der Rechnung vorgezeichneten Bahnen, denselben ewigen Gesetzen wie die Planeten gläubig gehorchend.« (Gauss 1865, X)

Die moderne Mechanik sieht das allerdings anders. Das Sonnensystem ist ein dynamisches Gebilde, daß sich bereits unter kleinen Störungen - minimalen energetischen Wechselwirkungen mit anderen Körpern - auflösen bzw. neu strukturieren kann. Der gegenwärtige Zustand des Systems ist nicht beliebig retrokalkulierbar, und das Ergebnis hängt auch noch qualitativ von der zugrundegelegten Rechengenauigkeit ab. Einiges Aufsehen erregte der Science-Artikel von G.J.Sussman und J.Wisdom (1988, 433), in dem die Rücktechenbarkeit der Bahn des äußersten Planeten des Sonnensystems, des Planeten Pluto, auf nur 20 Millionen Jahre eingegrenzt wurde.



Kurze Zeit später »unterbot« J.Laskar diesen Zeitraum noch einmal für die vier inneren Planeten: Die Vorhersagbarkeit ihrer Bahnen scheint bereits nach 4 Millionen Jahren zu enden. Was immer noch wie ein erklecklicher Zeitraum erscheint, macht aber nur noch den tausendsten Teil des veranschlagten Alters des Sonnensystems aus. Ein unerhörter Widerspruch, der nicht zum Tragen kommt, weil sich bislang darwinistische Evolutionstheorie, uniformitaristische Geologie und Stabilitätstheorie in der Annahme beinahe unendlich langer Entwicklungszeiträume gegenseitig stützen. Wo Biologen auf einen himmelsmechanisch garantierten Zeitraum aeonenwährender ungestörter Entwicklung verweisen konnten, pochen die Himmelsmechaniker jetzt auf die Irrelevanz ihrer eigenen Ergebnisse: Es sei ja gesichertes Wissen, daß die Biosphäre sich über den Zeitraum von mehr als 4 Milliarden Jahren entwickelt habe.

Der gegenwärtige Zustand unseres Sonnensystems kann bereits 4 Milliarden oder auch nur 4 Millionen Jahre währen, vielleicht sogar erst einige tausend Jahre. Das ist systemimmanent - von der rein mechanischen Seite her - nicht zu entscheiden. Um so größere Bedeutung gewinnen auf diesem Hintergrund historische Zeugnisse, die von Unordnung im Sonnensystem sprechen oder mit genauen Positionsangaben über bestimmte Planeten aufwarten, die mit unseren heutigen Beobachtungsdaten unvereinbar sind. Es offenbart Unkenntnis der wissenschaftlichen Sachlage und vielleicht auch infantile Sicherheitsbedürfnisse, sie heute noch als lächerlich abzutun oder sie generell als Beobachtungsfehler einzustufen.

### 3. DIE DINOSAURIERLEICHEN IM KELLER DER EVOLUTIONSFORSCHUNG

Ein gutes Beispiel für diese unerquickliche Allianz beim Aufspannen einer sich langsam und träge dahin entwickelnden Naturgeschichte findet sich in R.Kippenhahns Buch über unser Sonnensystem, das »Unheimliche Welten« (1988) heißt. Im Nachwort schildert der Autor die Einwände, die seitens des Verlages gegen die Titelfäufel erhoben wurden: »Unheimliche Welten, das erweckt das Gefühl von Gefahr, von Bedrohung, und das ist doch nicht der Hauptakzent des Buches ... « Nein, das ist er wirklich nicht, aber der Autor setzt sich schließlich durch, er kontert mit der Auffassung, daß das Wort »unheimlich« auch auf die Erde mindestens so gut passe wie

auf die anderen, lebensfeindlichen Planeten. »Wir fühlen uns geborgen, und doch ist die Gefahr nahe.« Das Leben auf dem Planeten Erde sei ein schierer Glücksfall, ermöglicht durch einen »richtigen« Abstand zur Sonne - aber immer wieder auch durch Zeit: Vor etwa zwei Milliarden Jahren führte die stoffwechselbedingte Anreicherung der Atmosphäre mit Sauerstoff zu einer Katastrophe. »Die Atmosphäre kippte um. Aber dieser Umschwung lief so langsam ab, daß das Leben Zeit hatte sich anzupassen.«

Kippenhahn variiert dann gedanklich den Erdbahnradius. Wäre er ein wenig kleiner, würden die Ozeane verdampfen und die Erde zu einem Treibhaus geraten. Wäre er hingegen etwas größer, herrschte auf der Erde ewige Eiszeit. »Wir müssen froh sein, daß niemand den Radius der Erdbahn verändert und uns weder in die polare Kälte stürzt noch unsere Atmosphäre in ein Treibhaus verwandelt.« (1988, 304)

Kosmologie und Evolutionstheorie sind eng verzahnt und das Leben auf der Erde hängt offenbar an einem seidenen Faden, als würde jede winzige Störung der Randbedingungen den irdischen Zoo wegen seiner reaktiven Behäbigkeit unweigerlich in die Katastrophe stürzen. Da es nach wie vor Leben auf der Erde gibt, kann es auch keine Katastrophen gegeben haben - oder? Das hatte schon Darwin so gesehen, der die Sintflut - die Katastrophe par excellence - im Rahmen seiner Theorie einer langsamen und stetigen Variation der Arten als bloßes Märchen zurückweisen konnte. (1981, 677) Anderenfalls wäre die von ihm geknüpft filigrane Kette der Lebewesen auch rettungslos verloren gewesen. Darwin machte allerdings nie wirklich deutlich, daß seine Theorie die Nichtexistenz von Katastrophen weniger bewies als vielmehr unbedingt voraussetzte.

Mit Eldredge und Gould, Stanley und anderen gibt es seit etwa 1970 etliche Forscher, die bereit sind, die bislang als lückenhaft beschriebenen Fossilfunde »wörtlicher« zu nehmen, d.h. sie als Dokumente plötzlicher Artenstehung zu interpretieren. In ihren Augen kann Darwins Hypothese der endlosen Kette jeweils nur leicht voneinander geschiedener Arten nicht mehr länger aufrechterhalten werden, und das aus einem schlichten Grund: Die Kettenglieder zwischen den wohlbekannten und deutlich voneinander geschiedenen Arten sind unauffindbar. Viele Forscher akzeptieren mittlerweile, daß diese Zwischenvarietäten nicht auftufinden sind, neue Arten also sprunghaft entstehen und erst als solche sich jeweils dem »Kampf ums Überleben« zu stellen haben. Wie nun neue Arten entstanden und warum

sie keine »hopeless monsters«, sondern in der Regel überlebensfähig gewesen sind, das ist eine nach wie vor offene Frage.

Eine Antwort könnte sich abzeichnen, wenn man bereit ist, den irdischen Zoo nicht mehr als zufälliges Erscheinungsbild einer den Umweltbedingungen hinterherdriftenden mutagenen Masse von Lebewesen zu betrachten, sondern als Ausdruck einer genetischen Funktionseinheit, die statisch ist, solange die Randbedingungen der Erdoberfläche es ebenso sind. Sie erfährt aber eine qualitative Umordnung, sowie sich die Randbedingungen über eine kritische Schwelle hinaus verändern (vgl. Hoerl 1986, Blöss 1988). C.Langton formuliert es so: »Leben existiert am Rande des Chaos«. Dadurch sei eine große Fluktuations- oder Bewegungsbereitschaft der an der Reproduktion des Lebens beteiligten Systeme gegeben, auf Änderungen in der Umwelt zu reagieren. Es sei also nicht der vielgerühmte Selektionsdruck, sondern die Fähigkeit komplexer Systeme zur Selbstorganisation, die hinter den großen Änderungen der Evolution steht. (Waldrop 1990, 1543) Eine Evolutionstheorie, die globale Entwicklungsschübe in der Biosphäre mit nachfolgender Stabilität (Stasis) der Formen akzeptiert, müßte sich - geradezu händeringend - auf die Suche nach einer katastrophischen Kosmologie begeben. Denn nur diese kann Ereignisse liefern, die für eine Theorie der »Evolution in Quantensprüngen« unabdingbar sind: Katastrophen im weitesten Sinne, die zu einer nachhaltigen Neueinstellung der Randbedingungen für das irdische Leben führen, und einer vielleicht längst auf Abruf bereitstehenden - neuen genetischen Funktionseinheit zum Ausdruck verhelfen, sie gewissermaßen aus dem genetischen Tiefschlaf wecken.

Im Zuge der von L. und W.Alvarez, von D.M.Raup und J.J.Sepkoski und anderen entwickelten Theorie kosmisch ausgelöster, »getriggert« periodischer Aussterbeereignisse ist die Diskussion über die Mechanismen der Evolution denn auch endgültig neu entfacht worden: Wenn es tatsächlich zutreffen sollte, daß die großen Aussterbeereignisse strikt nach Fahrplan stattgefunden haben, und wenn die Triebkraft dahinter außerirdischen Ursprungs gewesen sei, dann, so meint D.M.Raup (1990, 186), stünde für die bisherigen Grundauffassungen von der Geschichte des Lebens eine drastische Revision an. Seit Darwin und Lyell habe man Cuviers Katastrophentheorie als bloßes Produkt gottesgläubiger Wissenschaft denunziert. Doch nun zeichne sich die Notwendigkeit ab, »daß Lyells 'Uniformitätslehre' zu-

gunsten der 'Katastrophentheorie' Cuviers (wird) abdanken müssen«.  
(ibid.)

An der »Nahtstelle« zwischen Biologie und Kosmologie geht es vornehmlich um die Interpretation der Fossilüberlieferung: Sind die als »gaps« bezeichneten Lücken in der Fossilüberlieferung tatsächlich »Lücken« oder zeigen sie nicht vielmehr Sprünge in der Entwicklung an, die auch »kosmisch« angestoßen wurden? Für Darwinisten ist das kein Thema, denn sie argumentieren etwa so: »Der geologisch-pala«ontologische Befund wird uns nicht den Beweis gestatten, daß plötzliche Artbildung statt gradueller Evolution mit wechselnden Evolutionsgeschwindigkeiten die Regel ist.« (Vogel 1983, 221) Und das habe auch einen simplen Grund: »Wir bekommen dort (i.e. selbst in Schichten mit großer Selmentationsgeschwindigkeit, CB) Blitzlichtaufnahmen, aber keinen Film über die Evolution.« ßfit anderen Worten: Da man auf die Fossilierung aller Glieder der »Great Chain of Being« nicht hoffen dürfe, könne auch gar nicht erst jene Lackenhaftigkeit unterstellt werden, die letztlich zur Idee der Entwicklungssprünge führt und damit die Frage nach deren Antrieb aufwirft. Nun hat, neben anderen, D.Ager jenen »Blitzlichtaufnahmen« eine Bedeutung gegeben, die eine solche Argumentation als bloßes Scheingefecht entlarvt: Fossilfunde sind keine den Naturgeschichtlern hin und wieder vom Zufall geschenkte »Denkmünzen der Schöpfung« (vgl. Blöss 1988, 39£), sondern stellen Ablagerungen dar, die im wesentlichen unter katastrophischen Umständen zustande gekommen sind. (1973/1984) Woraus auch immer der »Film« der Evolution bestehen mag - allein wegen des Verdachts, daß im wesentlichen katastrophische Bedingungen für die Fossilierung verantwortlich sind, sowie aufgrund der Tatsache, daß das Leben auf der Erde kontinuierlich angehalten hat, wird die Theorie gradueller Anpassung der überlebenden Arten hinfällig: Ein Ökosystem existiert und überlebt nur als Einheit. Diese muß sich jeweils »sofort«, sprunghaft also, und nicht erst im Laufe der Jahrmüionen einstellen. Die Heilkunst der »nur in kleinsten Schritten wirkenden natürlichen Zuchtwahl« ist abgerissenen Organen gegenüber machtlos.

## 4. KATASTROPHEN IN HISTORISCHER ZEIT: MYTHISCHE HIRNGESPINSTE ODER GE- SCHICHTLICHE REALITÄT?

Eine katastrophische Kosmologie hat sich mit erheblichen Widerständen auseinandersetzen. Der Widerstand, den die gradualistische Evolutionstheorie aufbringen muß (wenn sie nicht ihren eigenen Untergang tatenlos mitansehen will), ist dabei nur ein und zudem noch ein sehr oberflächlicher Teilaspekt. Fast könnte man meinen, die Darwinsche Evolutionstheorie sei »schuld« an der mangelnden Akzeptanz einer katastrophischen Kosmologie. Doch nicht die zufälligerweise gradualistische Theorie eines großen Denkers bedingt seitdem die Abneigung gegen eine katastrophische Kosmologie. Vielmehr hatte diese starke Abneigung die begeisterte Aufnahme eines zweifellos großartigen - wissenschaftlichen Werkes vorangetrieben.

Die vordarwinsche Evolutionstheorie konnte mit Katastrophen hemmungslos umgehen, da diese einem zentralen göttlichen Projekt zu dienen schienen: der schrittweisen und zugleich vollkommenen und glückverheißenden Ausgestaltung der Erde für die endliche Besiedelung durch den Menschen. Die kausale Einbindung von Katastrophen war eindeutig, nämlich heilsgeschichtlich. Ohne einen Gott hingegen waren Katastrophen nur noch schrecklich und störten außerdem das Projekt einer vollständigen Rekonstruktion der Naturgeschichte: Erstens gehorchen sie keiner nachvollziehbaren Regel und zweitens trennen sie die Geschichte in Epochen, die einander relativ zusammenhanglos und damit ohne Gewißheit auf eine bessere Zukunft folgen.

Dem Darwinschen Gradualismus wurde von Anfang an der Vorwurf gemacht, »Evolution« gar nicht zu erklären, sondern die Fossilindizien unter Zuhilfenahme der Hypothese, daß eigentlich fast alles noch fehle (resp. nie fossilisiert wurde), wegzudiskutieren. Der Katastrophismus hingegen nimmt die paläontologischen Zeugnisse ernst. Er berücksichtigt den in den Vers-teinerungen sichtbaren ökologischen Zusammenhang, der die Grundlage der in diesen Fossilurkunden immer wieder dokumentierten Stabilität der auftretenden Formen ausmacht. Die Aufmerksamkeit muß sich also sowohl auf die Gründe für diese »Stasis« des Artenzoos in einer Epoche als auch auf Umstände richten, die zur Instabilität des Systems geführt haben.

Durch schlagartig entstandenes neues Zusammenspiel scheint das markiert zu sein, was wir Epochenübergänge nennen.

Um eine Analogie zu gebrauchen: Der Gradualist würde eine »Dynastienfolge« aus dem natürlichen (oder göttlichen) Gesetz der Thronfolge erklären, der Katastrophist hingegen aus gewissen Umständen, die die Stabilität des Herrschaftssystems bedingen. Er würde sich nicht wundern, wenn statt des Zaren plötzlich die Diktatur des Proletariats in den Schriften dokumentiert wäre; er würde auch nach keinen proletarisierten Zaren suchen, die sich im Laufe unzähliger Generationen dann zu königlichen Proletariern zu wandeln hätten, um schließlich als waschechte Proletarier die Regierungsgeschäfte in den schwierigen Händen zu halten. Fragen wird er vielleicht, worin die Ursachen lagen, daß ausgerechnet diese Form der staatlichen Reproduktion so plötzlich die Oberhand gewinnen und sich dann am Leben erhalten konnte.

Der Hang zur »linearen«, gewissermaßen rein »inzestuösen« Rekonstruktion von Geschichte zeigt sich auch in dem immer noch nicht ausgestorbenen Ritual, »wissenschaftlichen Fortschritt« (insbesondere in der Kosmologie) äußerst selten, aber doch hin und wieder der Geisteswelt geschenkten »großen Denkern« anzulasten. Ein weiteres Mal können dazu R. Kippenhahns »Unheimliche Welten« als ein Beispiel verständnisloser Geschichtsschreibung herangezogen werden: »Es mußten jahrtausende vergehen, ehe der Mensch verstand, welche Bewegungen die Sterne in Wirklichkeit ausführen. ( ... ) Schon in der Vorzeit... muß man diese Sterne, die man später Planeten nannte, bemerkt haben. Bei den Babyloniern waren sie bereits ein wichtiges Objekt der astronomischen Forschung. Wegen ihrer geheimnisvollen Bahnen schrieben die Alten ihnen auch eine besondere Bedeutung zu. ( ... ) Nach den Babyloniern kamen die Griechen und versuchten die Erscheinungen in ein einheitliches Weltbild zu bringen. ( ... ) In der geistigen Atmosphäre der Pythagoräer erstand ein genialer Kopf. Aristarch. ( ... ) Andere Heroen des Geistes überschatteten Aristarch: Platon und Aristoteles. Ihre Gedanken hatten solch eine Gewalt, daß sie das Denken der Menschen für die nächsten tausend Jahre bestimmten. ( ... ) Die große Wende ... Warum hat Kopernikus so lange gezögert, die Wahrheit zu veröffentlichen? ( ... ) Zwei Männer haben die nächsten Schritte getan. Der Schwabe Kepler und der Italiener Galilei. ( ... ) Hier greift Isaac Newton ein. Es ist schwer nachvollziehbar, wie er auf seine weltumstürzenden Erkenntnisse gekommen ist.« Und damit ist das moderne Weltbild so ziem-

lich komplett. Die Frage nach den Gründen für die epochalen und denkwürdigen Ausgestaltungen der Kosmologie wird erst gar nicht gestellt.

Diese »Schöpfungsgeschichte« des modernen Weltbildes neigt sehr voreilig dazu, überkommene Wissenschaften und insbesondere überkommene Kosmologien als dumm (oder »vorsintflutlich«, was einen Kern der Wahrheit allerdings enthalten mag) hinzustellen, weswegen sie schließlich vom Fortschritt ad acta gelegt worden seien. Schon der Orientalist H.Gressmann wand sich in seinem Aufsatz über die »heUenistische Gestirnsreligion« (1925, 11) vor Widerwillen, weil die Griechen unleugbar babylonische Astralmythologien in ihre Religion aufgenommen haben, anstatt dem »allgemeinen Gesetz der Religionsgeschichte zu folgen« und sich in eindeutiger Weise von der Mythologie hin zur Abstraktion zu emanzipieren. Bis in die neuesten Veröffentlichungen hinein bleibt das Bedürfnis erhalten, die Abfolge der Kosmologien in der Menschheitsgeschichte als zwangsläufige und einseitige Entwicklung vom Mythos zur Naturwissenschaft zu verstehen.

Mit dieser Auffassung läßt sich nicht nachvollziehen, warum etwa die Planeten so gut wie durchgängig als »abartige« oder »Un-Sterne«, als »böse Himmelsdämonen«, als »zurückweichend wie der Teufel vor Gott«, als »Störer der kosmischen Ordnung«, als »Drachen«, als »Türken des Himmels«, als »vor- und rückwärts gehende Schlange«, als »Wanderer und Irrläufer«, als »Packer, Dämon und Greifer«, als »Schfimm, böse« und »gespenstische Unwesen« dargestellt wurden. So kommt etwa W.Eilers zu dem unbefriedigenden Schluß: »Seit es die in Mesopotarnien zuerst durchgebildete Himmelskunde gibt, schwankt eben die menschliche Anschauung von den Planeten im Widerstreit zwischen erzbösen widerkosmischen Dämonen und den allerhöchsten Göttern des Pantheons.« (1976, 12) Eilers erwägt nicht die Möglichkeit, daß die »erzbösen widerkosmischen Dämonen« ein verbrämtes Bild realer Ereignisse und die »allerhöchsten Götter« das Produkt menschlicher Verarbeitung dieser Ereignisse sein könnten. Auch W.Gundel erkannte nur auf »Naturnotwendigkeit« (was immer das auch sein mag), wenn »bei zeitlich und räumlich voneinander getrennten Menschen« die Gedanken über den Himmel »dieselben Bilder und Äußerungen, dieselbe Wertung und denselben Glauben hervorrufen«. (1922, 12)

»Gradualismus« ist auch außerhalb der Evolutionstheorie am Werke, wenn etwa die Geschichte der Kosmologie nur als langsames aber sicheres Verschwinden der Dummheit aus den einander folgenden Theorien begriffen wird. Daß die Entstehung eines neuen »Paradigmas« auch durch »äußere« Umstände verursacht sein kann, wird nicht in Betracht gezogen. Ähnlich, wie die Fossilüberlieferung in den Steinen nicht anhand einer vorgefaßten Meinung, sondern »wörtlicher« interpretiert werden sollte, müssen im Rahmen einer ernsthaften Kosmologie die uns überlieferten früheren Versionen - als Fossilien der Geistesgeschichte - gewissenhafter geprüft und ausgewertet werden. Sie sind, wie ihre versteinerten Pendanten, Zeugnisse vergangener Epochen, von denen uns nicht nur Zeit, sondern auch grundlegende Änderungen am Himmel und auf der Erde trennen.



## TEIL II: DIE KATASTROPHISCHE SEITE DER ASTRONOMIE

Was vor dem Raumfahrtzeitalter als »die« Geschichte des Sonnensystems beschrieben wurde - parallel und unabhängig voneinander verlaufende Szenarien einer friedlichen, allmählichen Entwicklung der Planeten über 4 Milliarden Jahre -, wird in den jüngsten wissenschaftlichen Veröffentlichungen mit zunehmender Heftigkeit attackiert. Der sachte, äonenwährende Prozeß ist einer Aneinanderreihung von Katastrophen und Wechselbeziehungen gewichen, die gleichsam in einem Handstreich jene Abnormitäten und Unregelmäßigkeiten erklären sollen, die sich mit den zahlreichen Sondenmissionen auf den Schreibtischen der verblüfften Wissenschaftsgemeinde angehäuft haben. Es geht dabei nicht um periphere Phänomene, sondern vielmehr um grundlegende Charakteristika, die sämtlichst als Folgen katastrophischer Ereignisse beschrieben werden müssen. Damit ist jedes Modell, das den Zustand des Sonnensystems aus einfachen Randbedingungen und der Zugabe einiger einfacher, viel Zeit verlangender Evolutionsmechanismen erklären will, zum Scheitern verurteilt; angesichts einer von katastrophischen Umbrüchen gekennzeichneten Geschichte des Sonnensystems wird überhaupt zweifelhaft, ob Prozesse, die sich zwischen den Katastrophen vollziehen, zukunftsbestimmend gewesen sind.

Weder der gegenwärtige Zustand der Planetenatmosphären, noch ein dynamisches Charakteristikum wie die gegenläufige Drehung der Venus, weder die hohe Dichte des Merkur, noch der Ursprung des Mondes oder die Oberflächenmerkmale des Mars lassen sich in die traditionelle Geschichte unüberschaubar langer, fast harmonischer Entwicklungen einbetten. Die Sondenerkundungen der Planetengiganten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun haben nicht weniger Dramatisches erbracht als von den vier inneren, terrestrischen Planeten zu berichten war. Die Komplexität ihrer Satellitensysteme macht es auch für sie unmöglich, ein einheitliches Entwicklungsszenario zu entwerfen. Einerseits werden Jupiter und Saturn zu den »Leitfossilien« des Sonnensystems gezählt, andererseits sind Phänomene zu interpretieren, die auf katastrophische Ereignisse in jüngster, nämlich menscheitsgeschichtlicher Vergangenheit schließen lassen. Die Ringsysteme sind teilweise so instabil, daß ihre Lebensdauer in der Größenordnung von tausend Jahren gezählt werden muß. Der Saturnmond Titan könnte innerhalb der letzten viertausend Jahre ex plodiert sein, Vergleichbares gilt für den inneren der Gafileischen Monde, den Satelliten Io. Die Monde ein und desselben Planeten gelten teilweise als uralt, teilweise wie-

derum als außerordentlich jung, wie etwa Enceladus, dessen markante Oberfläche noch keine zehntausend Jahre alt sein soll. Einer der härtesten, mit der Hypothese einer starken Stabilität des Sonnensystems zusammenhängenden Einwände gegen die Plazierung katastrophischer Ereignisse in die nahe Vergangenheit beginnt sich in Luft aufzulösen.

Solange die Planeten und Satelliten des Sonnensystems unter dem Stabilitätsdogma gleichsam auf ewig an ihre Bahnen gekettet zu sein schienen, konnten Kollisionen - wenn überhaupt - nur in der fernsten Vergangenheit stattgefunden und damit nichts Wesentliches zur Entwicklung des Sonnensystems beigetragen haben. Mittlerweile muß aber die Garantiezeit für die Stabilität auf wenige Prozent der bislang veranschlagten Spanne eingeschränkt werden: Die Satelliten und Planeten sind nicht »auf ewig in ihre Bahnen gebannt«. Damit werden sie zu wichtigen Protagonisten eines katastrophischen Szenarios der Entwicklung des Sonnensystems.

Das alles heißt nicht, daß sämtliche wesentlichen Ereignisse im Sonnensystem der nahen Vergangenheit angehören. Es bedeutet lediglich, daß der gegenwärtige Zustand nicht das Endstadium, sozusagen der Ausläufer eines vor 4 Milliarden Jahren gestarteten und mehr oder weniger ungestört ablaufenden Prozesses ist. Bestimmte Zustände im Sonnensystem können durchaus das Ergebnis erst kurz zurückliegender Ereignisse sein. Mit anderen Worten: Die Geschichte des Sonnensystems ist nicht zu Ende. Schon morgen könnte es geschehen, daß wir zu Augenzeugen erstaunlicher Ereignisse im Sonnensystem werden.

Die populärwissenschaftlichen Autoren im deutschsprachigen Raum tun sich im Gegensatz zu ihren englischsprachigen Kollegen mit diesem Thema schwer. Die Diskussion über eine katastrophische Erdgeschichte zum Beispiel läuft in den U.S.A. seit nunmehr zehn Jahren, ohne daß hierzulande - mit ganz wenigen Ausnahmen wesentliche Trends in die dem Publikum zugänglichen Bücher und Zeitschriften Eingang gefinden hätten. Dieses Defizit soll hier im folgenden ein wenig wett gemacht werden.

Die weitergehende Fragestellung, ob es Katastrophen in historischer Zeit gegeben hat, würde freilich auch im englischsprachigen Raum auf wenig Gegenliebe stoßen. Dabei laufen alle einzelnen Szenarien in der gegenwärtig sich rasant verändernden Astronomie gerade auf diese Konsequenz hinaus. Wenn Katastrophen offensichtlich auch vor der Erde nicht haltgemacht haben, warum sollten sie ausgerechnet für die Dauer der Existenz des homo sapiens auf dem viertinnersten, dem »blauen Planeten« in einer Art »heilsgeschichtlichem Moratorium« ausgeblieben sein.

## 1. DIE »FEHLZEITEN« DER KONTINENTALVERSCHIEBUNG

Eine wissenschaftliche Theorie gewinnt ihre Glaubwürdigkeit nicht durch eine mehr oder weniger stringente Beweisführung, sondern durch eine innere Stimmigkeit, die Ergebnis einer wägenden Zusammenschau ist. Diese Behauptung läßt sich dahingehend verschärfen, daß jenen »Naturgeschichten«, die auf einer »eindeutigen« Beweisführung beruhen, die Seriosität abgesprochen werden muß. Die Notwendigkeit dieser scharfen Formulierung ergibt sich aus dem regelmäßig anzutreffenden Verfahren »eleganter« Beweisführung: Unter Beschränkung auf ausgewählte Indizien läßt sich sowohl das Eine wie auch das Andere, das ihm Widersprechende, beweisen. Plausibilität hingegen erwächst aus einem Übergewicht sich gegenseitig stützender Indizien für eine der möglichen Aussagen. Darin liegt letztlich auch die Notwendigkeit interdisziplinären Vorgehens begründet. Plausibilität scheint zwar weniger als ein Beweis zu sein, doch ein Beweis unter widersprüchlicher Indizienlage ist nichts wert. Das Ziel des Buches besteht deshalb nicht im »Beweis« von irgendwas, sondern in der Sammlung und Zusammenschau derjenigen Indizien, die für eine katastrophische, bis in die nahe Vergangenheit reichende Naturgeschichte sprechen. Die Theorie der Kontinentalverschiebung bzw. die »Plattentektonik« ist sehr gut geeignet, die Tücken gradualistischer Naturgeschichte einerseits und die Tendenz, nicht in die Theorie passende Widersprüche zu übergehen, andererseits zu demonstrieren. Aus dem vorhandenen Material läßt sich überraschenderweise mit einiger Berechtigung auch eine Theorie katastrophischer Plattenbewegung entwickeln.

In einem Artikel für »Die Geowissenschaften« beschreibt M. Dorn eine wissenschaftliche Revolution: die Übernahme der Theorie der Kontinentalverschiebung von A. Wegener. Sie löste nach einer »Inkubationszeit« von mehr als dreißig Jahren die bis dahin herrschende sogenannte »fixistische« Theorie der Erdkruste ab, die zur Erklärung der Oberflächenstruktur der Erde nur örtlich begrenzte Ursachen voraussetzte. Dieser Umschwung konnte aber nur geschehen, weil sich für das Phänomen »Kontinentalverschiebung« eine vielversprechende Ursache anzukündigen schien: Sie soll sich aus dem ständigen Druck ergeben, der auf die Ränder der in mehrere Platten geteilten Erdkruste von dem Material ausgeübt wird, das aus dem globusumspannenden Grabensystem der sogenannten mittelozeanischen Rücken quillt. Daß hier seit hunderten von Millionen Jahren permanent

Material ausgetreten sein soll, schloß man indirekt aus dem Magnetisierungsprofil der Umgebung dieser mittelozeanischen Rücken.

Wegener, ein sprichwörtlicher Außenseiter innerhalb der Geowissenschaften, hatte sich für seine Hypothese der verschobenen Kontinente zahlreiche Befunde zunutze gemacht, die innerhalb der »fixistischen« Theorie nur durch Hilfsannahmen fragwürdiger Qualität erklärt werden konnten. Er demonstrierte zum Beispiel, daß die Grenzen der heute über die Meere verstreuten Kontinente sehr gut aneinanderpassen. Wenn also die Kontinente in früherer Zeit einen einzigen großen Kontinent bildeten, dann wird die ähnliche bis identische Flora und Fauna vergangener Epochen überhaupt erst verständlich, da es ja für Landbrücken - so wiesen es die Tiefseekarten aus - keinerlei Hinweise gab. Auch die merkwürdig separaten Vereisungsschichten ließen sich unter der Annahme eines früher zusammenhängenden Riesenkontinents zu einer einzigen Schicht vereinen, ähnlich wie sich auch die Indizien für einzelne Klimumschwünge zu einem globalen Klimabild zusammenfügen ließen. Wegener hatte zu Lebzeiten keinen Erfolg bei der Durchsetzung seiner Theorie, denn er konnte keine hinreichende Ursache für das Auseinanderdriften der Kontinente nachweisen. 30 Jahre nach seinem Tod brachte eine Entdeckung den Durchbruch: Die der erdumspannenden mittelozeanischen Rücken, ein locker zusammenhängender vernetzter Gebirgszug auf dem Boden der Ozeane, in dessen Maschen die Kontinente liegen.

Ausschlaggebend für die Akzeptanz der Kontinentalverschiebung war ein Indiz für das Austreten frischer Erdkruste aus diesen mittelozeanischen Rücken. Dieses Indiz bestand in Magnetisierungsstreifen am Meeresboden, die an der Meeresoberfläche gemessen werden konnten. Sie liegen beidseitig parallel zu den mittelozeanischen Rücken und wechseln sich mit wachsendem Abstand zu dem Grabensystem ständig in der Magnetisierungsrichtung ab. (vgl. Hallam 1989, 135ff)

Mit diesem »crustal-tape-record« (der »Aufzeichnung von Magnetisierungsrichtungen in der Erdkruste«) schien ein weiteres Dokument der bereits anderwärts festgestellten periodischen Umkehr des Magnetpols der Erde gewonnen zu sein: Das durch die mittelozeanischen Rücken austretende flüssige Erdinnere nimmt die momentane Magnetisierung an und behält sie auch nach der Abkühlung bei, wenn es von nachfolgendem frischem Material langsam abgedrängt wird. So wechseln sich die Magnetisierungsrichtungen in der Kruste entsprechend der stattgefundenen Umkehrungen des Erdmagnetfeldes ab. Das Magnetisierungsprofil soll demzu-

folge keine einmalige Zustandsänderung des ganzen betreffenden Gebietes widerspiegeln, sondern die zahlreichen, über hunderte von Millionen Jahren sich erstreckenden Wechsel des Erdmagnetfeldes.

Durch die mittelozeanischen Rücken ist die Erdkruste in etwa zwölf aneinandergrenzende Platten geteilt, die durch das hervorquellende Material in Bewegung gehalten werden sollen. Dieses scheint damit letztlich für den Drift der Kontinente verantwortlich zu sein. Die Krustenbildung an den mittelozeanischen Rücken verlangt andererseits, daß Kruste auch wieder verschwindet. Dies geschieht offenbar in den Bereichen, die als Erdbeben-gürtel bekannt sind und die Grenzen jeweils zweier Platten bilden. Ozeanische Kruste taucht hier wieder unter eine andere kontinentale Platte ab. Dabei entstehen Spannungszonen, die sich in Beben entladen: Das Material der aneinanderreibenden Schichten verflüssigt sich und tritt vulkanisch aus.

Doch nicht alle Erdbeben oder vulkanischen Aktivitäten spielen sich an den Plattenbegrenzungen ab. Inmitten der Indo-Australischen Platte wurden seismische Aktivitäten gemessen, dort, wo sie der herrschenden Meinung nach niemals hätten entstehen können. »Wie können so heftige Beben mit so starken Deformationen entstehen, wo doch nur eine zusammenhängende Platte vorliegt«, fragt RA.Kerr. (1 990a, 808) Im Grunde ist auch nicht einzusehen, warum als einziger Himmelskörper die Erde Vulkanismus »plattentektonisch« erzeugt. Auf allen anderen vulkanisch aktiven Himmelskörpern gibt es dafür keine Anzeichen. Mond und Mars etwa sind vulkanisch aktiv gewesen, ohne daß sich bei ihnen irgendwelche Anzeichen für ein Auseinanderbrechen der Oberfläche in Platten feststellen lassen. (vgl. Wadge 1981, 493) Der Jupitersatellit Io ist der vulkanisch aktivste Satellit des ganzen Sonnensystems, allein sein Krater Loki setzt mehr Energie frei, als die Erde an Wärme abstrahlt. Eine Plattenstruktur hingegen ist auf ihm nicht zu entdecken. Auch der Planet Venus scheint vulkanisch aktiv zu sein. Auf der Oberfläche erscheinen zwar globale Risse und Absenkungen, doch eine plattentektonische Theorie zur Erklärung ihrer Entstehung wird allgemein abgelehnt.

Obwohl sich das die Wegenersche Theorie der Kontinentverschiebung erweiternde Konzept der Plattentektonik im großen und ganzen durchgesetzt hat, gibt es Schwierigkeiten mit der Ursachenforschung. Was ist die treibende Kraft, die für das Auseinanderdrücken der Platten sorgt? Bewegen sich die Platten auch heute noch? Dorn bemerkt, daß bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine geodätischen Messungen vorliegen, »die als sicherer

Beweis der (gegenwärtigen) Kontinentaldrift gewertet werden könnten«. (1989a, 66) Daß Relativbewegungen der Platten existieren, wurde zwar nachgewiesen, aber die Geschwindigkeiten »passen« nicht, die ozeanischen Platten bewe \*gen sich zu schnell (bis 7 cm/Jahr) und die kontinentalen zu langsam (kleiner 2 cm/Jahr). Auch die Antriebskraft für die Plattenverschiebung liegt im Dunkeln, denn die spezifischen Anzeichen für eine als Antrieb favorisierte radiale Aufwärtsströmung des flüssigen Erdinneren, die sich in sogenannten Plumes äußern sollte, sind bis heute nicht gefunden worden. Daraus wäre nun zu schließen, schreibt Dorn, »daß das derzeitige Stadium mittelozeanischer Rücken das Anfangsstadium und die Plattenbewegung mithin sehr jung ist. Dies würde der geltenden Meinung widersprechen, daß die Bewegung der Platten vor ca. 200 Millionen Jahren begann.« (ibid., 67) Selbst 200 Millionen Jahre machen nur etwa 5% der veranschlagten Erdgeschichte aus. Was passierte in den restlichen 95%? Warum sollte die Plattentektonik plötzlich einsetzen und warum - wie man mittlerweile anzunehmen gezwungen ist - nur auf der Erde? Warum ist der einstige Riesenkontinent Pangaea überhaupt auseinandergebrochen? Man hat natürlich Szenarien für das Auseinanderbrechen entworfen, doch sie sind genauso mit dem Grundproblem konfrontiert, so daß der Antriebsmechanismus hypothetisch bleiben muß.

In diesen Widersprüchen und unbeantworteten Fragen scheint sich die Theorie der Plattentektonik eingerichtet zu haben. Im Antriebsmechanismus liegt nicht die einzige Schwierigkeit. Der durch die mittelozeanischen Rücken markierten Plattenaufteilung ist eine erdumspannende radiale Höhendifferenzierung überlagert. Ein zusammenhängender Teil der Erdkruste liegt systematisch unterhalb des mittleren Erdradius, während der Rest darüber liegt. Die beiden Teile sind aneinandergeschmiedet wie die beiden Ausschnitte eines Tennisbaues. (Smith 1977, 687) Und neben der langsamen Plattenbewegung scheint eine viel heftigere Dynamik zu wirken, die sich in schnellen Änderungen der Meereshöhe äußert. (Wil 1979, 7 1; auch Mömer 1978) Diese kann nur aus der Veränderung des dem Wasser zur Verfügung stehenden Volumens erklärt werden. Es verlangt drastische Änderungen der Krustenstruktur, um eine Höhendifferenz von bis zu 50 Metern in nur einer Million Jahre zu erreichen. Aber »die meisten Forscher können sich keinen Weg vorstellen, auf dem der Meeresspiegel so schnell fällt, wie Vail sich das vorstellt.« (Kerr 1980a,486)

Auch der Austausch von Wasser zwischen den Ozeanen und den Eisreservoirs der Pole scheint kein Weg zu sein, um die gefundenen Schwankun-

gen zu erklären. Es existiert eine Korrelation zwischen Massensterben und dem starken Absenken der Meeresspiegel, ohne daß eine Änderung der polaren Eismengen nachgewiesen werden konnte. Offenbar kommt hier nur eine Änderung der Form des Erdkörpers in Betracht, um die Änderung des Meeresspiegels zu erklären. Eine Arbeit von H.-S. Lu (1974) bringt diese Änderung und die Existenz der Platten in einen Zusammenhang, aber sie weist ganz erheblich von dem Konzept der Plattentektonik weg. Lu zeigte, daß eine plötzliche Verschiebung der Polachse zu einem Aufbrechen der zusammenhängenden Erdkruste führt. Da der drehende Erdkörper an den Polen abgeflacht ist und diese Abflachung mit der Verschiebung der Drehachse mitwandern müßte, tritt ein globales Spannungsfeld auf. Die Folge ist ein Aufbrechen der Erdkruste in ungefähr dem heute vorliegenden Muster. Die heute gemessenen Plattenbewegungen wären dann nur als abebbende Schwankungen zu interpretieren. Diese Bewegung müßte sich auch in Verwerfungen der überozeanischen Erdkruste nachweisen lassen. J. Norman und M. Chukwu-Ike (1977, 320; 1977, 689) fanden Verwerfungsstrukturen in Form eines streifenförmigen Reliefs sowohl in Nigeria als auch in Brasilien. Sie schlagen als Erklärung die Nahbegegnung der Erde mit einem anderen Himmelskörper vor, der die Eigenrotation der Erde gestört und damit Anlaß zur Entstehung eines globalen Spannungsfelds gegeben haben könnte. Das würde bedeuten, daß jene Sachverhalte, die im allgemeinen im Rahmen einer Milliarden von Jahren währenden gleichförmigen Entwicklung interpretiert werden, hier als Ergebnis »schlagartiger« Entwicklungen erscheinen.

Aber was ist mit dem »cmstal-tape-record«, der doch eine kontinuierliche Produktion und Expansion neuer Kruste anzeigen soll und damit vermeintlich die Voraussetzung eines langen Entwicklungszeitraums legitimiert? Während Magnetfeldaufzeichnungen, die vom Schiff aus gemacht wurden, eine saubere Streifenstruktur anzeigen, machten die Messungen am Meeresboden diese Harmonie zunichte: »Was an der Oberfläche des Ozeans als durchgängig magnetisierte Kruste erscheint, scheint vor Ort aber mit Material unterschiedlichster Magnetisierungsrichtung kontaminiert zu sein.« (Luyendyk et al 1968, 5951) R.A. Kerr berichtete 1979 über Tiefseebohrungen, die Klarheit über die Natur der magnetischen Streifen auf dem Erdboden liefern sollten: »Sehr zum Ärger der Paleomagnetiker konnten die Magnetisierungsstreifen, als die vom Deep-Sea-Drilling-Project (DSDP) geborgenen Steine daraufhin untersucht wurden, nirgendwo gefunden werden. Dieses Gestein war nicht nur viel zu schwach magnetisiert,

um als Ursache für die beobachteten Streifen in Frage zu kommen, auch war die Richtung der Magnetisierung manchmal falsch. Anstatt daß sie längs eines Bohrloches konstant blieb, wechselte sie ihre Richtung oder rotierte sogar stetig mit zunehmender Tiefe.« (Kerr 1979, 1115)

Auch zwei Jahrzehnte nach der ersten Beschreibung des »sea-floor-spreading« Modells durch F.J.Vine und D.H.Matthews gibt es keine Klarheit über die Mechanismen, die zur Freisetzung frischen Materials und zu dem teilweise chaotischen Magnetisierungsprofil des Ozeanbodens führen. »Die Tiefseebohrungen in der Kruste haben ein chaotisches Gemisch magnetischer Polaritäten aufgedeckt, das so gar nicht zu den linearen Sequenzen passen will, die von der Ozeanoberfläche aus gemessen wurden.« (Macdonald/Luyendyk 1981, 114) C.Williams resümierte: daß »unsere fortgesetzte Suche nach 'normalen~ Ozeanboden keine faßbaren Ergebnisse« gezeitigt habe. »Weit davon entfernt, uns ein besseres Verständnis der Magnetisierung des Ozeanbodens zu verschaffen, hat uns das Deep-Sea-Drilling-Project vielmehr gezeigt, wie kompliziert und chaotisch diese Magnetisierung eigentlich ist. « (1983, 111) Da in erdgeschichtlicher Vergangenheit möglicherweise weder eine periodische (Lutz 1983, 404) noch eine vollständige (Embleton/Schmidt 1979, 705; auch Jacobs 1984; Goldreich 1969) Umkehrung der Magnetisierungsrichtung stattgefunden hat, vermag dieses Ergebnis auch nicht so sehr zu überraschen.

Es gibt andererseits Indizien, daß Änderungen der Richtung und Intensität des irdischen Magnetfeldes schlagartig, binnen eines Jahres auftreten, ein Befund, der »einem Schlag ins Gesicht der konventionellen Theorie gleichkommt«. (Merrill/McFadden 1990, 350) Zu denken geben sollte auch die Möglichkeit, daß eine Magnetisierung nicht nur durch Einprägung eines äußeren Feldes zustande kommen kann, sondern auch durch chemische oder thermische Vorgänge. (Reynolds 1990, 579)

A.G.Fisher konnte bei einer Untersuchung der K/Ar-Isotope des Meeresbodens kein mit der Entfernung zum ozeanischen Rücken anwachsendes Alter feststellen. (1969, 185) Doch genau das muß erwartet werden, wenn ein gleichmäßiges Auseinanderdriften der Platten an den Nähten der mittelozeanischen Rücken angenommen wird.

Noch vor der einsetzenden Diskussion über die Plattentektonik hatte A.D.Raff (1961, 153) in einem Artikel über die »Magnetisierung des Ozeanbodens« die magnetischen Streifen und ihre Diskontinuitäten als »fossil record of ancient stress« (die »Aufzeichnung einer früher stattgefundenen Zusammenpressung«) gewertet, denn die magnetischen Muster zeigten ei-



ne auffallende Ähnlichkeit mit Spannungsmustern, die man in Laborversuchen an bestimmten Kunststoffen erhält. Diese Erklärung versucht man auch für die heute noch zu messende Magnetisierung des Mondes, der kein eigenes Magnetfeld besitzt und die in seinen Gesteinen nachgewiesenen magnetischen Spuren durch den Einschlag von Meteoriten erhalten haben soll. (Wasilewski 1973; Gold/Soter 1976; Fuller 1987/1988)

Ohne die Schützenhilfe des Paleomagnetismus wäre die Theorie der Plattentektonik bestimmt nicht entstanden. Wenn man argwöhnen muß, daß der magnetische Pol im Laufe der Zeit nicht hin- und herklappt, sondern mehr oder weniger erratisch wandert, so besteht überhaupt keine notwendige ursächliche Beziehung zwischen den von den Oberflächenmessungen noch angezeigten parallelen Mustern der Magnetisierungsstreifen und dem wie auch immer sich ändernden Erdmagnetfeld. (Wesson 1972) Die Indizienkette, die vom angeblich stetig andrängenden Material aus den mittelozeanischen Rücken bis hin zu den auseinanderstrebenden Platten geknüpft wird, ist dann mehr als brüchig geworden.

Die Voyager 2 Sonde hat Struktur und Lage der Magnetfelder von Uranus und Neptun bestimmt. Die Achsen ihrer Magnetfelder liegen weit vom Planeteninneren entfernt, womit sofort die Frage nach deren Ursprung im besonderen und der Ursprung der planetaren Magnetfelder im allgemeinen neu aufgeworfen wird. Auch das erratische Moment dieser neuen Entdeckungen macht die für eine schlüssige Interpretation des »crustal-tape-record« so entscheidende Annahme, daß das irdische Magnetfeld sich regelmäßig um 180 Grad dreht, fragwürdig.

Die Theorie der Plattentektonik versucht in Anerkennung der zuerst von Wegener aufgezeigten einstigen Zusammengehörigkeit der Kontinente einen Mechanismus für die Verschiebung der Kontinente anzugeben, der ohne größere Änderung über etwa 200 Millionen Jahre aktiv gewesen sein soll. Nur unter dieser Annahme können heutige Messungen von Driftbewegungen der Platten - die nur den 0.00000001-ten Teil der Zeit, über die Aussagen getroffen werden sollen, abdecken - in die Vergangenheit extrapoliert werden. Es ist völlig offen, warum Plattentektonik überhaupt und dann noch so relativ spät in der Erdgeschichte einsetzt, zumal eine Ursache stationärer Plattenbewegung nicht klar zu erkennen ist.

Die Hypothese, daß die Kontinente auseinandergebrochen und dann auseinandergedriftet sind, ist einleuchtend. Daß heute ein Anzahl deutlich getrennter Platten vorhanden ist, muß aber nichts mit einer Hunderte von Millionen Jahre währenden Entwicklung zu tun haben. Wenn eine Achs-

verlagerung zu dem Aufbrechen der Platten führen kann, globale Verwerfungsstrukturen zu erkennen sind und der teilweise chaotische »crustal-tape-record« der Magnetisierung vielleicht eher durch ein Spannungsfeld erklärbar ist, so ist offenbar eine katastrophische Ursache für den heutigen Zustand eine nicht weniger angemessene Interpretation der Befunde als jene, die sich aus der herrschenden Theorie ergibt.

Am 4. Juli 1980 wurde das Wissenschaftsmagazin »Science« hundert Jahre alt. Aus diesem Anlaß erschien eine Serie von Artikeln, die den Fortschritt der Wissenschaft in eben diesen hundert Jahren aufzeigen sollten.

G.W.Wetherill und C.L.Drake steuerten einen Artikel über »The Earth and Planetary Sciences« (1980, 96ff.) bei. Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit der »Plate Tectonic Revolution« und stellt die Dinge doch ganz erheblich anders dar, als es eben zu lesen war. Die Ergebnisse aus dem »Deep-Sea-Drifting-Project« etwa werden so dargestellt: »Während der letzten Dekade hat sich das Deep-Sea-Drifting-Project ... außerordentlich erfolgreich um die Geschichte und den Charakter der ozeanischen Kruste, um das Wesen und die Verteilung der Sedimente des Ozeanbodens und um die sedimentologischen, klimatologischen und ozeanographischen Konsequenzen des Modells der Plattentektonik bemüht. Eine der ersten Beiträge im Rahmen dieser Bemühungen betraf die Bestätigung der Erwartung betreffs der Magnetdaten, daß das Alter der ozeanischen Kruste mit dem Abstand zum ozeanischen Rücken wächst.« Mit der Altersbestimmung scheint also alles in Ordnung zu sein. Zu den teilweise verwirrenden Messungen der magnetischen Ausrichtungen wird kein Wort verloren. Die weiter oben angesprochenen Änderungen der Meeresspiegelhöhen sollen eine Erklärung im Rahmen der Plattentektonik finden: Das frische Krustenmaterial tritt mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aus den mittelozeanischen Rücken aus, d.h. in Zeiten schneller Bildung des Krustenmaterials kann auf der anderen Seite die Kruste nicht schnell genug weichen, es kommt zu einer Verdrängung des Wassers, der Wasserspiegel muß steigen. Was soll aber die Ursache unterschiedlicher Produktionsraten sein? Gibt es eine Korrelation mit erhöhter vulkanischer Aktivität, wenn auf der anderen Seite die Kruste irgendwann einmal gezwungenermaßen beschleunigt absinkt, um die schwankende Produktion neuen Krustenmaterials im Mittel auszugleichen?

Die Diskussion des Konzepts der Plattentektonik sollte vor allem eines verdeutlichen: wie problematisch der Umgang mit Indizien im Interesse »eleganter« Beweisführungen werden kann. So geschlossen die Befürwor-

ter der Plattentektonik ein Bild der stetigen und langsamen Änderung der Erdgestalt nachzeichnen können, so geschlossen ist auch eine umfassende Kritik zugunsten einer katastrophischen Interpretation möglich. Man sollte nicht vergessen, daß der Mechanismus der Plattentektonik »erfunden« wurde, um die Indizien für die Kontinentverschiebung einerseits und die Magnetisierungsprofile auf den Ozeanböden andererseits zu erklären. Während letzteres auch im Rahmen anderer Hypothesen, etwa der der Konservierung von Spannungszuständen, untersucht werden kann, ist die Kontinentverschiebung ein Prozeß, denen »schlagartiger« Ablauf schwer vorzustellen ist. Die Suche nach Ursachen für einen langsamen Ablauf ist hier durchaus legitim. Andererseits weisen die Oberflächen der überwiegenden Mehrzahl der anderen Planeten und Satelliten Merkmale auf, die nur als das Ergebnis gewaltiger Einschläge verstehbar werden. Die Kollisionen waren teilweise so heftig, daß die betroffenen Himmelskörper regelrecht vom Auseinanderbrechen bedroht waren. Dagegen wurden nirgendwo anders als auf der Erde Anzeichen gefunden, die von plattentektonischen oder ähnlichen Aktivitäten und damit für eine äonenwährende langsame Entwicklung zeugen. Im Gegenteil, der »cratering record« des Sonnensystems verweist auf eine außerordentlich gewalttätige Geschichte. Es ist daher wenig plausibel, daß ausgerechnet die Erde über Hunderte von Millionen Jahre hinweg einen derartigen Prozeß ungestört durchlaufen konnte.

Dieses Kapitel sollte unter anderem die Sinne dafür schärfen, wie fragwürdig »strenge« Beweise in der Naturgeschichte sein können. Die folgenden Kapitel werden allerdings zeigen, daß sich die Waagschale langsam aber sicher zugunsten einer katastrophischen Interpretation der Naturgeschichte neigt.

## 2. EINE REISE DURCH DIE ZEIT

»Als vor 4.5 Milliarden Jahren die ersten thermonuklearen Sonnenstrahlen durch die Galaxis flammten, begann die junge Erde sich in der rotierenden turbulenten Wolke aus Gas, Staub und Planetoiden, die den neuen Stern umgab, herauszubilden. In den folgenden 700 Millionen Jahre ging diese Wolke in den Zustand eines geordneteren Sonnensystems über und der dritte Planet der Sonne begann sich zu verfestigen.« (Badash 1989, 78; Arrhenius 1987) Damit sind Szenario und Zeiträume angegeben, auf denen bis heute Geologie, Evolutionstheorie und Astronomie basieren. Der Zeit-

rahmen verdankt sich der radiometrischen Altersbestimmung aus Gesteinsproben der Erde, des Mondes und zahlreicher Meteoriten einerseits, sowie der für eine uniformitaristische Naturgeschichte »notwendigen Voraussetzung immenser Zeiträume« (Eicher 1976, 8) andererseits.

Die »geologische Zeitskala« umfaßt Milliarden Jahre. Für diesen Zeitraum werden auch alle astronomischen Entwicklungen modelliert. Dabei gibt es kaum einen Vorgang, der mit weniger als 100 Millionen Jahren auszukommen scheint, eine beträchtliche Spanne, die aber doch nur zwei Prozent der gesamten veranschlagten Entwicklungszeit ausmacht. Zeit gibt es also genug, doch der gegenwärtige Zustand des Sonnensystems läßt sich selbst mit so viel Zeit aus einem uniformen Entwicklungsgang nicht erklären. Es sind zu zahlreiche Phänomene entdeckt worden, die kaum im Rahmen einer langsamen Evolution unterzubringen sind, sondern die unter katastrophischen Begleitumständen »irgendwann« zwischen dem Anfang und heute entstanden sein müssen. Für jeden Planeten des Sonnensystems lassen sich zahlreiche Tatbestände aufführen, die gegen eine imaginäre uniforme Entwicklungsreihe sprechen und nach einer außergewöhnlichen Ursache zur Erklärung verlangen. Diese können zufällig oder »katastrophisch« sein, keinesfalls aber sind sie in den Rahmen eines sich langsam und stetig entwickelnden Systems einzuordnen.

Der Begriff »Uniformitarismus« hat auch Rir die Theorie des Sonnensystems eine große Bedeutung gehabt. »The present is the key to the past«: Die Gestalt der Erde, der Planeten, die des ganzen Sonnensystems soll nur aus bekannten Ursachen heraus interpretiert werden. »Bei unserem Versuch, diese schwierigen Fragen zu entwirren, werden wir ... uns beschränken auf die bekannten oder möglichen Wirkungen existierender Ursachen.« Solange dieser Ansatz noch nicht völlig ausgeschöpft sei, schrieb Lyell 1830, sei man nicht berechtigt, »Zuflucht zu außergewöhnlichen Agenzien zu nehmen«. Spätestens seit der mittlerweile bereits legendären Veröffentlichung von Alvarez u.a. über die mögliche extraterrestrische Ursache des Sauriersterbens vor ca. 65 Millionen Jahren steht der Katastrophismus erneut zur Diskussion. Der »permanenten Gehirnwäsche« zum Trotz, so D.M.Raup 1985, sind auch vorher sporadisch immer wieder Querdenker mit eindeutig katastrophentheoretischen Hypothesen zur Auslöschungsproblematik hervorgetreten (Schindewolf, Urey, McLaren). Für die meisten Geologen und Astrophysiker kommt die Unterstellung »außerirdischer Kräfte« zur Lösung irdischer oder planetarischer Probleme immer noch einer Art »Deus ex machina« gleich, die doch längst mit gutem

Grund in die Rumpelkammer suspekter Geistesideen verbannt sei. Diese Haltung wird besonders deutlich in einer Polemik der »New York Times« (2.4.1985) gegen den neuen Katastrophismus, in der es heißt: »Astronomen sollten nicht versuchen, den Astrologen ins Handwerk zu pfuschen, und es diesen überlassen, die Ursache von irdischen Vorzänzen in den Sternen zu suchen.« Es scheint, als wäre die Doktrin der ersten Uniformitaristen - Lyell und Hutton - immer noch gültig, die besagt, daß Ursachen, »die offensichtlich mächtiger erscheinen als jene, die wir heute beobachten ... zweifellos übernatürlichen Ursprungs« (Eicher 1976, 6) und damit nicht-existent sind.

Der Uniformitarismus belastet die Naturgeschichte mit einer folgenreichen Hypothek: Die Beschränkung der geologischen Aktivität auf die uns heute erkennbaren Gesetzmäßigkeiten zieht einen schier unendlichen Zeitbedarf nach sich. Wo »starke« Ursachen nicht am Werke sein können, muß den bekannten »schwachen« Ursachen vor allem Zeit gegeben werden, um die beobachtete Entwicklung zu bewerkstelligen. Deutlich wird der grundsätzliche Unterschied im methodischen Ansatz von »Uniformitarismus« und »Katastrophismus« bei der Diskussion der »Schichten«, die den Übergang von der Kreide zum Tertiär bilden, ein Übergang, der durch Aussterbeereignisse nicht nur der Saurier markiert ist. Hier wurde nicht nur die erhöhte Iridiumkonzentration als Indiz für einen Kometeneinschlag mit globalen Auswirkungen gefunden, sondern auch Zusammenballungen hochporöser Graphitkohle, kurz: Ruß, festgestellt. Zwar ist dieser Kohlegehalt in der fraglichen Schicht relativ hoch, aber doch nicht so hoch, daß eine uniformitaristische Interpretation damit nicht fertig werden könnte. Eine gewisse Erhöhung der vulkanischen Aktivität mit einhergehender Verstärkung an sich normaler Brände zusammen mit der Drangabe einiger Millionen Jahre kann diese Schicht erklären. Wird hingegen ein Kometeneinschlag unterstellt, dessen Aufprall Hitzewellen und anschließend heftige Brände ausgelöst haben würde, dann entstünden diese rußhaltigen Ton-schichten innerhalb weniger Wochen. Aus einer gerade noch verstellbaren, geringfügigen und zugleich langwährenden Aktivitätserhöhung wird also ein starker und kurzfristig sich auswirkender Rußniederschlag, dessen Menge mehr als zehn Prozent der heute vorhandenen Biomasse repräsentierte. Es geht also entweder um »Millionen von Jahren«, oder um »wenige Wochen«. Der katastrophische Aspekt bedeutet aber nicht, daß sich nun sämtliche Erdschichten in wenigen Jahrtausenden gebildet haben könnten. Er legt allerdings die Frage nahe, ob Schichten, die bislang geronnene jahr-

millionen zu repräsentieren schienen, nicht teilweise »schlagartig« entstanden sind und damit eine Art Momentaufnahme außergewöhnlicher Einflüsse darstellen. Der ganze Komplex der Fossilierungsbedingungen ist mit dieser Frage verbunden. Das »Verbot« der Annahme außergewöhnlicher Agenzien zieht also einen riesigen Zeitbedarf nach sich. Indirekt wird es durch die Unterstellung abgesichert, außergewöhnliche Agenzien seien zugleich übernatürliche. Das gilt nicht nur für Geologie und Astronomie, sondern genauso für die Biologie.

Es folgen im weiteren drei Abschnitte, die sich mit den Theorien über die Entstehung und Entwicklung unseres Sonnensystems, mit den Planetenatmosphären im allgemeinen und mit den neun uns bislang bekannten Planeten im speziellen befassen. Es soll vor allem deutlich werden, daß das grundlegende Axiom des gegenwärtigen Paradigmas der Astrowissenschaft bereits beim heutigen Wissensstand keine Überlebenschance mehr besitzt - ohne daß nun eine allseits gesicherte Alternative bereitstünde. Die dann folgenden Überlegungen über entscheidende Ereignisse im Sonnensystem noch in historischer Zeit sind von sehr delikater Natur. Die Indizien, die für eine Änderung der Erdbahn vor weniger als 3000 Jahren sprechen, könnten im Rahmen konventioneller Theorien nur als hanebüchen abgetan werden. Aber die Indizien sind stark und ihre Interpretation zielt mit erheblichem Druck genau auf diese Aussage. Wo Lücken bleiben, sollen diese benannt werden.

### 3. DIE URNEBELTHEORIE: EIN UNGENIESSBARER COCKTAIL UNBEWIESENER HYPOTHESEN

M.M. Woolfson beendete seinen Übersichtsartikel »Cosmogony today« im Quarterly Journal der britischen Royal Astronomical Society mit einigen aphoristischen Bemerkungen, die den prekären Stand der Theorie unterstreichen sollten: »Mit unserem gegenwärtigen Wissensstand werden wir niemals in der Lage sein, eine korrekte Theorie zu entwerfen. In einigen Jahrhunderten vielleicht, wenn unsere Nachkommen die Sterne erkundet haben .... wird eine wahre Theorie formuliert und akzeptiert werden können. Unser jetziges aus den Archiven hervorgeholtes Schrifttum wird zweifellos mit derselben Belustigung gelesen werden, welches uns heute die Lektüre der Schriften mittelalterlicher Gelehrter bietet. Mag sein, daß der Kosmologe von heute lediglich der Humorist des fünfändzwanzigsten Jahrhunderts ist!« (1979, IM) Es ist eher selten, daß ein Fachgelehrter so

humorvoll die Stagnation und Unbeholfenheit bisherigen wissenschaftlichen Bienenfließes reflektiert, die sich zwar in unzähligen Artikeln, Fachtagungen und Übersichtsbänden äußert, in den seltensten Fällen aber zu einer halbwegs gelungenen Synthese gelangt und kaum je zu einem solchen Eingeständnis des Mißerfolges vordringt.

Alle Hypothesen über die Entwicklung der einzelnen Planeten, der Satelliten, Meteoriten, Kometen und der Restmaterie sind mit den Theorien von der Entstehung unseres Sonnensystems verzahnt. Kameron 1988;

Coradini/Fulchignoni 1982; Fahr 1982; Horedt 1981; Reeves 1981; Völk 1981; Wänke 1981; Williams 1979) Dessen ursprünglicher Zustand - die Verteilung der Elemente, der Masse, des Drehimpulses, der Temperatur usw. - soll zugleich den Ausgangspunkt für die Entwicklung seiner späteren Bestandteile markieren.

Alle neuzeitlichen Theorien haben das Sonnensystem als eine Einheit betrachtet. Die Bestandteile seien nicht zufällig und mehr oder weniger fertig entwickelt aufeinandergetroffen, sondern hätten sich aus einem möglichst einfach beschreibbaren Anfangszustand unter dem Regiment einiger weniger Gesetze zu dem, was wir heute beobachten, entwickelt. (Fabian 1978) Vielleicht liegt in diesem bewußt oder unbewußt als Maximalforderung formulierten Wunsch die Ursache für die prinzipielle Unzulänglichkeit aller bisherigen Theorien. Warum - andererseits - bescheidener sein?

Einige Tatsachen, die über Befunde für die einzelnen Planeten hinausgehen und ihre Gesamtheit betreffen, verlangen nach einer grundsätzlichen Erklärung. Der entscheidende und zugleich trivial anmutende Befund ist die Erkenntnis der Ordnung der Planetenbahnen. Sie liegen alle - mit Ausnahme des äußersten Planeten Pluto in einer Ebene und haben alle dieselbe Drehrichtung. Wäre es anders, dann hätte die Theoriebildung wahrscheinlich einen gänzlich anderen Weg genommen. Die offensichtliche Harmonie im Sonnensystem hat die Theoriebildung auf ein Gleis gebracht, daß bis heute nicht verlassen worden ist. Möglicherweise aber liegt darin das Hindernis für ein durchgreifendes Verständnis unseres Sonnensystems. Jede Theorie seit Kant und Laplace hat die Planeten dort entstehen lassen, wo sie sich heute befinden; auch jetzt noch, wo man erkennen muß, daß so gut wie keine der spezifischeren Eigenschaften der Planeten aus diesem Umstand heraus zu erklären ist, hat sich daran nichts geändert. Man kennt kein »starkes« Evolutionskriterium, das zur relativ raschen Bildung eines geordneten Systems von Planeten und Satelliten, aus welchen Anfangsbedingungen auch immer, führt. Man hat aber auch (was unter einem uniformitaris-

tischen Aspekt der Naturgeschichte völlig verständlich ist) nach keinem solchen Evolutionskriterium gesucht. Deshalb sind alle Evolutionsszenarien für das Sonnensystem nur die in einem Punkt abgewandelten Szenarien dessen, welches Newton einst entworfen hat: Nicht mehr »Rathschluss und die Herrschaft eines alles einsehenden und allmächtigen Wesens« (Newton 1872, 508) sind für die heutige Konstellation verantwortlich, sondern die Geburt aus einer Nebelwolke unter der Herrschaft eben der Newtonschen Gravitationskraft und - anfänglich - eventuell unter Einwirkung von elektromagnetischen Kräften. Obwohl nun alle Planeten die Sonne in einer Ebene und im gleichen Drehsinn umkreisen, gibt es hinsichtlich ihrer Größe und eigentlich aller anderen Eigenschaften eine Zäsur. Die sogenannten inneren, »terrestrischen« Planeten einschließlich der Planetoiden sind klein, besitzen eine feste Oberfläche und eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Atmosphäre, während die äußeren Planeten Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun eine deutlich geringere Dichte besitzen und zugleich größer sind. Bei ihnen ist eine Trennung von Planetenkörper und Atmosphäre nicht sinnvoll, sie sind gewissermaßen Gaskugeln mit einem - hypothetischen - festen Kern. Die Tatsache, daß auch die großen Planeten wiederum umfangreiche Systeme mit Satelliten fester Oberflächen besitzen, ist bemerkenswert. Der äußerste Planet Pluto spielt hier allerdings eine Ausnahme-rolle. Die Satelliten der großen Planeten sind im übrigen von so unterschiedlicher Natur, daß die Unterstellung gemeinsamer Bildung aus einer Gaswolke als besonders unproduktive Hypothese gewertet werden muß. Aber die Ablehnung der einst von Kant und Laplace unabhängig voneinander entwickelten Nebularhypothese für die Entstehung des Sonnensystems hat andere Gründe. Ihr größtes Handicap besteht in der Unfähigkeit, die Verteilung des Drehmomentes zu erklären. Die Planeten besitzen nur 0.13 % der Gesamtmasse des Sonnensystems, dafür aber 99.5 % des Drehmomentes, weshalb es unmöglich schien, diese extrem gegenläufige Tendenz aus der bloßen Kontraktion einer rotierenden Gaswolke mit anschließender Abspaltung von Gasringen, die sich zu den Planeten zusammenziehen sollen, zu erklären. In den sechziger Jahren wurde die Idee entwickelt, daß ein Magnetfeld den Transport des Drehmomentes vom Kern des Gasballes (der späteren Sonne) in die äußeren Regionen (dem Bereich der späteren Planeten) unterstützen könnte, aber wenige Autoren waren mit dieser Idee zufrieden zu stellen.

Cameron diskutierte die Druckwelle einer nahen Supernova als Ursache für den Beginn der Sonnenentstehung. (Cameron/Truran 1977) Dabei



könnte das Einfangen von schweren Elementen aus der Sternexplosion zahlreiche Anomalien in der Isotopenverteilung erklären. Es müßten sich zahlreiche Plasmaringe ausbilden, jeder mit mehreren Jupitermassen, wobei die Gashüllen der der Sonne näher stehenden Planeten vom Sonnenwind weggeblasen und einen festen Keim übriglassen würden. Das ist ein guter Ansatz, um die Existenz der sonnennahen schweren terrestrischen Planeten zu erklären. Nun hatten die Anhänger dieser Theorie erwartet, daß die Sondenmissionen einen sich daraus natürlich ergebenden Trend bestätigen würden: Edelgase müßten in der Folge Venus-Erde-Mars in steigender Konzentration vorkommen. Denn Edelgase können sich in keine chemische Verbindung flüchten und sind damit die besten Kandidaten für die Austreibung durch den Sonnenwind in der Frühphase der Entstehung des Planetensystems. Genau die gegenteilige Tendenz hat sich aber bestätigt, so daß eigentlich nur noch schwer nachprüfbare Zusatzannahmen der Nebularhypothese aus der Klemme helfen können. (vgl. Pollack/Black 1982) Daß die Rotationsachse der Sonne und die der den Planeten gemeinsamen Bahnebene nicht übereinstimmen, sondern um  $7^\circ$  zueinander geneigt sind, ist ein weiteres Argument gegen eine gleichzeitige Bildung von Sonne und Planeten aus einer Plasmawolke.

Obwohl die Nebularhypothese in populärwissenschaftlichen Büchern hohes Ansehen genießt, ist kaum ein Wissenschaftler mit ihr zufrieden und würde in ihr mehr als nur ein Rudiment des wahren Szenarios erkennen wollen. Abwandlungen dieser Hypothese trennen die Entstehung der Sonne und die der Planeten zeitlich. Die »accretion theory« läßt die Sonne einen Bereich der Galaxie durchstreifen, in dem Materie dichter konzentriert ist, so daß sie einen Materiemantel mit sich zu schleppen beginnt, in dem sich durch fortlaufende Kollisionen immer größere Planetenkeime (»planetesimals«) zu bilden beginnen. Während hier das Drehmomentproblem gar nicht erst erwachsen kann (außer daß man immer noch wissen möchte, warum die aus einer kontrahierenden Plasmawolke entstandene Sonne so wenig Drehimpuls hat), gibt es Schwierigkeiten mit der Zeit. Der Zeitbedarf des auf Zufälligkeiten angewiesenen Prozesses der Zusammenballung geht in die Größenordnung von 10 Milliarden Jahren zumindest für die äußeren Planeten und dann ist kaum noch zu verstehen, warum das Sonnensystem von den übrig gebliebenen »planetesimals« so gut wie freigelegt scheint. Computersimulationen von Greenberg u. a. (1978) begannen bei der sukzessiven Ausbildung von Planetenkeimen bei Durchmessern von mehr als 1 Kilometer zu stocken; mehr kam einfach nicht zustande.

Eine andere Variante der Nebularhypothese verlegt die Planetenentstehung in eine Phase der gleichzeitigen Entstehung mehrerer Sterne aus »flocules«, aus begrenzten Plasmawolken. Diejenigen »Flocken«, die zu einer Sternbildung führen, haben gemeinsam einen sehr geringen Drehimpuls, während diejenigen, die von diesen Protosternen nicht eingefangen werden, zwangsläufig einen sehr großen haben müßten. Eine Verdichtung dieser übriggebliebenen Flocken unter Eigengravitation führt zwangsläufig zu einer Instabilität; der oder die Protoplaneten rotieren »zu schnell« und müssen sich teilen. Die vier inneren, die »terrestrischen« Planeten könnten »Tropfen« einer solchen unsauberen Scheidung sein. Obwohl sich die Diskrepanz des Drehimpulses von Planeten und Sonne in der richtigen Größenordnung ergibt, scheint auch hier das Zufällige des Agglomerationsprozesses viel zu viel Zeit zu benötigen, ehe ein zusammenhängender großer Protoplanet entstehen kann. Dem zufälligen Arrangement entsprechend sollten eigentlich gleich viele gegen- wie gleichläufig rotierende Planeten entstehen, was ja nicht der Fall ist.

Die »capture theory« beschreitet einen anderen als den auf so viel Zufälligkeiten basierenden Weg der Zusammenballung, der der »accretion«- und der »flocule«-Theorie zu eigen ist. Es wird angenommen, daß das Planetenmaterial von einem an der Sonne vorbeiziehenden Protostern stammt, dessen äußere Hülle bei einem Vorbeiflug in den Anziehungsbereich der Sonne gelangte und folglich von dieser angezogen wurde. Diese abgerissene Hülle teilte sich in mehrere Planetenkeime auf, die schnell - innerhalb von 200 bis 300 Jahren auskondensierten. Anfänglich nahe Vorübergänge dieser Protoplaneten an der Sonne sollen das Spiel des Abreißens von Materie wiederholen und die Satellitensysteme der einzelnen Planeten erklären. Die übrig gebliebene Materie bildet das widerstehende Medium, in dem sich die anfänglich hochexzentrischen Planetenbahnen Kreisen annähern. Im inneren Bereich des Protoplanetensystems besteht anflinglich die hohe Wahrscheinlichkeit einer Kollision, mit den terrestrischen Planeten, Asteroiden und den Kometen als Endprodukt.

Eine weitere Theorie der Entstehung des Sonnensystems muß erwähnt werden. Sie stammt von sowjetischen Wissenschaftlern und scheint sich unabhängig von den im angloamerikanischen Sprachraum bevorzugten Hypothesen entwickelt zu haben. (Drobyshevski 1974; ders. 1978; Djakov/Reznikov 1980) Der wesentliche Unterschied besteht in der Zeit, die das Szenario der Planetenentstehung beansprucht. Alle Prozesse sollen sich hier in wenigen tausend Jahren abspielen. Der Grundgedanke ist die

anfängliche Existenz eines Doppelsternsystems, bestehend aus Protojupiter und Protosonne, in dem ein starker Massenfluß von ersterem zur ständig größer werdenden Sonne stattfindet. In diesem Materiefluß kommt es zu einer starken Abkühlung und damit zur Kondensation der Planeten. Eine der dynamischen Konsequenzen ist die Existenz einer ganzen Schar von Planetoiden als Ursprungsort der Kometen jenseits der Plutobahn.

Es ist kaum - und schon gar nicht am Schreibtisch - zu entscheiden, welche dieser Theorien das Rennen machen wird. Alle Theorien sehen eine klare Verbindungslinie zwischen dem heutigen Zustand und einem Urzustand.

Es geht um die Erkennung des richtigen Urzustandes, der mit uns heute geläufigen Wechselwirkungsmechanismen mit mehr oder weniger spekulativen Zusatzannahmen in den heutigen überführt wird. Darin zeigt sich dieselbe Vorgehensweise, wie sie auch von der Darwinschen Evolutionstheorie bevorzugt wird, die der Biosphäre kein eigenes Evolutionsprinzip zuerkennt und sie einer ausschließlich sanften und langsamen Fluktuation der Umwelt hinterherdriften läßt. Eine Betrachtung der einzelnen Planeten des Sonnensystems wird zeigen, daß ein ununterbrochener Bogen von einem Urzustand bis zur Gegenwart nicht zu schlagen ist. Die Rekonstruktion der Vergangenheit muß die Indizien berücksichtigen, die auf katastrophische Szenarien hindeuten. Zwangsläufig münden sie in die Feststellung, daß ein - bislang unbekanntes - Evolutionsprinzip die chaotische in eine »harmonische« Situation überführt.

#### 4. PARADOXIEN DER PLANETENATMOSPHEREN

Die Atmosphäre der Erde ist ein Sonderfall im Sonnensystem. Ihre Zusammensetzung ergibt sich aus einem ständigen Zusammenwirken von Lebewesen, Sonneneinstrahlung und der Erdoberfläche. Stickstoff und Sauerstoff als Hauptbestandteile der Atmosphäre sind Stoffwechselprodukte der Lebewesen und würden ohne ständige Produktion sehr schnell vollständig im Gestein bzw. im Wasser gebunden sein. Die irdische Atmosphäre befindet sich also in einem Fließgleichgewicht: Was auf der einen Seite verbraucht oder gebunden wird, wird an anderer Stelle in eben dieser Menge nachgeliefert. Zwischen diesen beiden Stationen gibt es eine Kette von Austauschvorgängen, die gemeinsam einen Kreislauf bilden. Fiele ein Element dieser Kette aus, würde sich die Zusammensetzung der Atmosphäre binnen kurzem grundlegend wandeln. (Meadows 1973; Prinn 1982)

Im Gegensatz dazu sollten die Atmosphären der anderen Planeten den Zustand widerspiegeln, der sich nach Abschluß der Planetenbildung vor etwa 4 Milliarden Jahren eingestellt hat. Aber hier treten Probleme auf, die mit dieser Hypothese überhaupt nicht vereinbar sind. Merkur kann aufgrund seiner geringen Masse und seiner Nähe zur Sonne keine Atmosphäre halten, es finden sich nur Spuren von Edelgasen, insbesondere Helium, das vermutlich aus dem radioaktiven Zerfall von Uran bzw. Thorium stammt. Venus hingegen besitzt eine massive Atmosphäre mit ca. 90 bar Druck an der Oberfläche und chemischen Eigenschaften, die L. Colin als einen der »widersprüchlichsten Aspekte unserer Kenntnis der Atmosphäre der Venus« bezeichnete (1985, 282): 97 Prozent der Atmosphäre bestehen aus Kohlendioxid, einem Gas, das sich im ultravioletten Licht der Sonne in Kohlenmonoxid und Sauerstoff spalten muß, ohne daß es zu einer nennenswerten Rekombination kommen könnte. Wenn die Atmosphäre auch nur wenige tausend Jahre alt wäre, mußte die Atmosphäre aus Kohlenmonoxid und Resten von Sauerstoff bestehen, der vom Oberflächengestein nicht mehr aufgenommen werden kann. Dieser Umwandlungsprozeß würde sich in der oberen Atmosphärenschicht binnen weniger Wochen und auf dem ganzen Planeten innerhalb einiger tausend Jahre abgespielt haben. (v. Zahn 1983, 133) Doch weder freier Sauerstoff noch Kohlenmonoxid sind in mehr als geringen Spuren aufzuspüren. So ist davon auszugehen, daß ein erst jüngst zurückliegendes Ereignis die jetzt bestehende Kohlendioxidatmosphäre geschaffen hat.

Auch die Anwesenheit von Schwefelsäure in den mittleren Wolkenschichten sowie Chlor- und Fluorwasserstoff ist ein Umstand, der in einer mit der Planetenoberfläche im Gleichgewicht befindlichen Atmosphäre auf keinen Fall zu erwarten ist. Schwefelsäure hat eine kurze Lebensdauer, denn sie sollte vom Sonnenlicht sehr schnell zersetzt werden, und die beiden anderen Stoffe bilden mit den vorhandenen Spuren von Wasser in der Atmosphäre starke Säuren, die vom Oberflächengestein sofort in neutrale Verbindungen umgesetzt und damit dem Atmosphäreninventar unumkehrbar entzogen würden. »Der Regen in der Venusatmosphäre ist vermutlich der korrosivste überhaupt im ganzen Sonnensystem.« (Young/Young 1975, 77) Da man bis heute keine vernünftige Erklärung finden konnte, wie diese Komponenten dauerhaft in der Atmosphäre der Venus existieren können, fordern diese Befunde den Schluß heraus, daß die Atmosphäre der Venus außerordentlich jung ist und sich erst auf dem Weg in den Gleichgewichtszustand befindet. Auch die »Superrotation« der Atmosphäre ist darauf ein

klarer Hinweis: Sie rotiert zusammenhängend in etwa vier Tagen um den Planeten (Hunt 1977). Da keine Antriebskraft für diese gewaltige Wettermaschine bekannt ist, scheint die einfachste Erklärung die zu sein, daß eine ausgedehnte Atmosphäre sich unter Erhaltung des Drehimpulses zusammengezogen hat und dabei immer schneller zu rotieren begann. Zudem scheint die Atmosphäre ein periodisches »Aufblasen«, eine radiale Oszillation auszuführen, was aus gleichmäßig wiederkehrenden Änderungen bestimmter Spektrallinien in den Wolken geschlossen wurde. (vgl. Ginenthal 1988, 12) Dieses Rätsel läßt sich vielleicht lösen, wenn der Nettoenergiestrom der Venus berücksichtigt wird: Der Planet strahlt mehr Wärme ab, als er empfängt, ein fast unglaublicher Zustand für einen angeblich alten Planeten. (Taylor 1981) Wenn der Transport der Wärme durch die Atmosphäre nicht mehr allein durch das Aufsteigen erhitzter Bereiche bewältigt werden kann, müßte sie durch radiale Oszillation die notwendig gewordene Erhöhung der Strahlungsleistung bewirken. Der Planet Venus ist ein Mahnmal für Theoretiker, nicht voreilig mit den aeonenwährenden Zeitspannen bei der Entstehung des Planetensystems zu operieren.

Während die Atmosphäre der Venus sich offensichtlich in einem Ungleichgewicht befindet und ihre Evolution deshalb erst vor einigen tausend Jahren begonnen haben kann, fehlt dem Mars heute die Atmosphäre, die wesentliche Charakteristika seiner Oberfläche erklären könnte. Die Marsoberfläche ist von Gräben und Einschnitten übersät, die auf keinen Fall aus Rinnsalen, sondern nur durch sintflutartige Wasserströme entstanden sein kann. Unter heutigen Bedingungen hätte sich eine solch markante Oberflächenstruktur niemals gebildet. (etwa Baker/Milton 1974) Die Temperatur liegt unter dem Gefrierpunkt und in der an sich schon dünnen Atmosphäre gibt es nur sehr wenig Wasserdampf. Deshalb werden auch große unterirdische Wasserreservoirs angenommen, die einst durch eine dichte Kohlendioxidatmosphäre im flüssigen Zustand gehalten wurden und wetterbestimmend auf dem Planeten gewesen sein sollen. (Carr 1979a) Allerdings sind für eine solche Atmosphäre die Ausmaße des Mars und damit seine Anziehungskraft viel zu gering. Deshalb müßte es eine Epoche fortwährenden »Outgassings« von Kohlendioxid gewesen sein, die jene für den Umlauf der Wassermassen verantwortliche Treibhausatmosphäre erzeugt hat. (Pollack et al. 1987) Was die tektonische Aktivität des Planeten ausgelöst haben könnte, ist nicht bekannt. Eine Erhitzung durch die Gezeitenkräfte eines vorüberziehenden Körpers und dadurch ausgelöste vulkanische Aktivitäten wären denkbar. Auch muß das Wasser nicht marsianischen Ursprungs

sein. Es kann auch von einem Eissatelliten stammen, der aus dem Satellitensystem der äußeren großen Planeten herausgeworfen wurde und mit Mars kollidiert ist.

Vor den Planetenerkundungen mit Hilfe von Sonden waren sich die Wissenschaftler sicher, daß die Atmosphären der drei großen terrestrischen Planeten den mehr oder weniger vollständigen »Fingerabdruck« der ursprünglichen Zusammensetzung des solaren Nebels jener Region beinhalten mußten, in der sie sich heute befinden und in der sie sich angeblich auch gebildet haben. Wie schon erwähnt sollten die Edelgasvorkommen diese Verhältnisse widerspiegeln, können sich doch Edelgase weder in eine chemische Verbindung flüchten, noch - bis auf das Helium - dem Schwerefeld der Planeten entweichen. So hatte man erwartet, daß etwa das leichte Argonisotop von Venus über Erde zum Mars in immer größeren Mengen gefunden würde. Bei der Bildung der Planetenkeime hätte der Sonnenwind jene Elemente, die sich nicht in chemische Verbindungen einlagern, aus den Planetenembryonen weggeblasen - je näher an der Sonne, desto mehr. Es hat sich aber genau das Gegenteil bestätigt.

Die Atmosphäre der Venus weist etwa 70mal mehr Argon auf als die der Erde, und letztere noch einmal bis zu 200mal mehr als die des Mars. Weil die schweren Edelgase wie Xenon weniger leicht aus einer der Uratmosphären auszutreiben sind, sollten sie im Verhältnis zu den leichteren wie Neon oder Argon in der Atmosphäre der Venus häufiger sein als etwa in der des Mars. Wiederum ist es umgekehrt. (Pollack/Black 1982) Obwohl die Intensität der Radioaktivität des venusianischen Oberflächengesteins mit der des Erdgesteins vergleichbar ist, weist die Venusatmosphäre nur ein Fünftel der aus dem Zerfall des Kalium-Isotops  $^{40}\text{K}$  auch in der Venusatmosphäre zu erwartenden Menge an Argonisotopen auf. Eine rohe Interpretation dieses Ergebnisses würde der Venus folglich ein Fünftel des Erdalters geben, weil die Menge des Argongases, das aus dem radioaktiv zerfallenden Kalium entsteht, proportional zum Alter der Gesteinsprobe sein soll. Es wird jedoch anders interpretiert, wobei man übersieht, daß auf diese Weise die Kalium/Argon-Methode zur Altersbestimmung in Schwierigkeiten gerät. Während der Heliumgehalt in der Venusatmosphäre den der Erdatmosphäre um den Faktor 150 übersteigt und folglich ein höherer »Ausgasungskoeffizient« angenommen werden muß, soll dieser für das  $^{4}\text{Ar}$ -Isotop auf umgekehrte Weise eben geringer sein. Wenn nun dieser Ausgasungskoeffizient beliebig schwanken darf, ist auf das der Alters-

bestimmung zugrundeliegende  $40\text{Ar}/40\text{K}$ -Verhältnis kein Verlaß mehr. Die Schwankungsbreite dieses Ausgasungskoeffizienten schlägt dann voll auf das kalkulierte Alter durch. (vgl. Prather/McElroy 1983; Turcotte/Schubert 1988)

Es existieren erhebliche Schwierigkeiten, die Befunde zur Atmosphärenzusammensetzung in eine einheitliche Theorie uniformer Entwicklung zu bringen. Das Material ist disparat und läßt sich nicht aus einem einzigen Entwicklungsprinzip erklären. Deshalb wird auch seit kurzem nach weiteren Umständen gesucht, die für die Trends in den Atmosphärenzusammensetzungen verantwortlich sein könnten. Die neue Theorie lautet schlagwortartig »evolution by bombardment«. Sie beginnt die alte Vorstellung einer »evolution by outgassing« abzulösen: Die gegenwärtigen planetaren Atmosphären entspringen danach nicht dem Inneren der Planeten, sondern summieren sich aus den flüchtigen Bestandteilen von Körpern, die bei ihrer Kollision mit den Planeten freigesetzt werden. Dabei können atmosphärische Schockwellen, die bei einem solchen Aufprall entstehen, auch zur Entfernung der Atmosphäre führen. (Prather 1984; Campbell 1987; McKinnon 1989) Das klingt natürlich nach einer gewissen und angenehmen Beliebigkeit, insofern sich auf diese Weise »fehlende« Bestandteile durch eine Druckwelle entfernen und die »überzähligen« Bestandteile durch einen aufgeschlagenen Himmelskörpers beibringen lassen. Doch die Atmosphären der terrestrischen Planeten scheinen angesichts der Befunde aus den Sondenmissionen ziemlich sicher sekundären Ursprungs zu sein. So bestehen in den Anteilsmengen der Edelgase viele Ähnlichkeiten mit denen von Meteoriten. Andererseits gibt es auch sehr starke Abweichungen, die durch »atmospheric cratering« oder »atmospheric erosion« infolge von Zusammenstößen mit größeren Körpern zustande gekommen sein müssen. Für A.G.W.Cameron ist das geringe Vorkommen von  $36\text{Ar}$  in der Erdatmosphäre eine starke Stütze für die Hypothese, daß der Mond nach dem Einschlag eines großen Planeten in die Erde entstanden ist. Dabei sei fast die gesamte irdische Uratmosphäre weggeblasen worden. Auch die Atmosphäre des Mars sei so durch Aufschläge von Planetesimals fast vollständig erodiert worden.

Selbst das legendäre Problem des fast gänzlichen Fehlens von Wasser auf der Venus wird mittlerweile durch »collision« und nicht durch »evolution« einer Erklärung zugeführt. Dieses Beispiel verdeutlicht wie kein anderes, daß sich die Erklärungsmuster der Theoretiker des Sonnensystems in einem grundlegenden Wandel befinden. Alle Sonden, die die Venusatmo-

sphäre durchstreift haben, konnten nur Spuren von Wanedampf auffinden. Das war Rir den »Zwilling der Erde« ein unerhörter Befund. »Where have all the waters gone?« war die einhellig gestellte Frage. Als starkes Indiz Rir einstige Ozeane auf der Venusoberfläche galt das relativ große Verhältnis von Deuterium zu Wasserstoff in der Venusatmosphäre, denn Deuterium ist doppelt so schwer wie sein chemisches Geschwister Wasserstoff und entweicht sehr viel langsamer aus der Atmosphäre. Es schien so, als sei das Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff mit einem gewissen natürlichen Anteil des Wasserstoffisotops Deuterium zerlegt worden. Dabei müßte dann der Sauerstoff das Oberflächengestein oxidiert haben, der Wasserstoff entwichen und nur das Deuterium als letzter Überrest in der Atmosphäre verblieben sein. So naheliegend diese Annahme auch war, sie konnte durch kein auch nur annähernd realistisches Szenario, wie denn nun Wasser nachhaltig aus der Atmosphäre entfernt werden kann, unterstützt werden. Zersetzung durch Lichteinwirkung - der naheliegendste Prozeß - ist ein ausgesprochener »selflimiting-process«, denn der entstehende freie Sauerstoff absorbiert genau die Wellenlängen des Sonnenlichtes, die das Wasser aufspalten. Dadurch bewirkt er umgehend den Abbruch des Aufspaltungsprozesses. Andererseits würde die Menge an Sauerstoff, die dem vermuteten Wassergehalt entspricht, ausreichen, um etwa auf der Erde alles Sedimentgestein und die Ozeanböden mehr als hundertmal zu oxidieren. Sein Verbleib wäre damit ein nicht geringeres Rätsel als das bloße Aufbrechen der chemischen Verbindung. Doch das »Verschwinden ganzer Ozeane« durch Aufspaltung des Wassers »ist weitgehend akzeptiert worden und in die populärwissenschaftliche Literatur eingedrungen. Dort wird dieser Vorgang dann in der Regel als Parabel über die vom rechten Pfad-abgewichene Schwester der Erde präsentiert.« (Grinspoon/Lewis 1988, 21) Die Behandlung dieses Problems in den Fachzeitschriften und den populärwissenschaftlichen Artikeln ist ein gutes Beispiel für die weitgehende Erosion gesunder Skepsis bei der Transmission der Modelle vom Schreibtisch der Wissenschaftler in die Lektüre des Publikums. Grinspoon und Lewis interpretieren das erhöhte D/H-Verhältnis ganz anders. Sie vermuten, daß der Wasserhaushalt der Venus von einfallenden Kometen reguliert wird und gehen soweit, den gegenwärtigen Zustand mit dem Kometenschauer in Verbindung zu bringen, der auf der Erde den Übergang der Kreide zur Tertiärdormation markiert.

Der zuletzt angesprochene Aspekt der Evolution der Planetenatmosphären verjüngt das entsprechende Szenario um den Faktor hundert, zieht also ent-



scheidende Vorgänge in die jüngere Vergangenheit, in geologischen Zeitvorstellungen betrachtet sogar in die nahe Vergangenheit. Dieser Trend scheint angesichts des Tatsachenmaterials unaufhaltsam. Es geht immer mehr um schlagartige Veränderungen, die nicht der Zeitspannen bedürfen, in denen man bis vor kurzem verhandelte. Eine weitere Betrachtung der einzelnen Planeten zeigt, wie stark die Notwendigkeit ist, außerordentliche Ereignisse anzunehmen.

### 5. DER ZERBOMBTE MERKUR

Der innerste Planet des Sonnensystems ist auf Fotos kaum von unserem Mond zu unterscheiden. Die Unterschiede bestehen hauptsächlich darin, daß dem Merkur die ganz großen Becken (»basins«) fehlen, jene Vertiefungen, die sich nach dem Einschlag schwerer Meteoriten oder Kometen mit flüssigem Planeteninneren füllen und innerhalb der Kraterände relativ glatte Plateaus bilden. Aufwerfungen und Rinnen (»scarp«) ziehen sich quer über alle Oberflächenstrukturen. Weil keine erosiven Erscheinungen oder Auswirkungen von Vulkanismus auf der Planetenoberfläche festzustellen sind, soll der Planet Merkur sehr alt sein, denn aus den fehlenden Indizien für Vulkanismus wird geschlossen, daß der Planet bereits vor der üblicherweise in die ersten, 700 Millionen Jahre gelegten Bombardierungsphase des Sonnensystems »fertig« entwickelt gewesen sei. Ansonsten müßten die Einschlagskrater von vulkanischen Auswürfen überdeckt sein. (Belton 1974) Allerdings finden sich wirbelförmige Erhebungen auf der Oberfläche, die vermutlich erst vor ca. 108 Jahren durch einen Kometeneinschlag entstanden sind. (Schultz/Srnka 1980) Im übrigen ist nicht einzusehen, warum Merkur von den Kometen- oder Meteorströmen verschont geblieben sein soll, die aller Wahrscheinlichkeit nach und möglicherweise auch periodisch die Aussterbeereignisse auf der Erde bewirkt haben. (Alvarez/Muller 1984; Davis 1984; Clube/Napier 1984; Raup 1985; Weissmann 1990) Merkur ist sogar der größten Einschlagswahrscheinlichkeit ausgesetzt, da er als innerster Planet zugleich am häufigsten von den Himmelskörpern getroffen werden muß, die von der massereichen Sonne angezogen werden.

Die wesentlichen Epochenübergänge der Erde sind mit großen Aussterbeereignissen verbunden, die von einigen Wissenschaftlern sämtlich auf extraterrestrische Ursache zurückgeführt werden. Diese Ereignisse müßten dann auf den anderen Planeten ebenfalls Spuren hinterlassen haben. Es

wird eine der dringlichsten Aufgaben der vergleichenden Geologie sein, Indizien der für die Erde rekonstruierten Szenarien auch auf den Nachbarplaneten nachzuspüren. Sollte dies für den einen oder anderen Planeten nicht gelingen, dann wäre sogar zu erwägen, ob sich nicht die Konstellation des Sonnensystems in der Zwischenzeit geändert hat.

Der Planet Merkur hat einige Eigenschaften, die seit ihrem Bekanntwerden die Wissenschaftler herausgefordert haben: Der Planet besitzt ein Magnetfeld, dessen Ursprung völlig im Dunkeln liegt. (Ness et al. 1976) Man weiß nicht, ob es dynamischen Ursprungs ist, also von dem Planeten selber produziert wird, oder ob es dem Planeten von einem vorbeiziehenden Himmelskörper eingeprägt wurde. Auch seine ungewöhnlich hohe Dichte hat seit jeher Rätsel aufgegeben. Benz u.a. bieten hier eine radikale Lösung an: Die äußere, relativ leichte Schicht des Planeten sei bei einem Zusammenstoß mit einem anderen Himmelskörper entfernt worden.

Im Zeitalter immer schneller arbeitender Computer wird es möglich, solche Simulationen durchzuspielen. Was noch vor zehn Jahren nur als Schlagwort in die Diskussion geworfen werden konnte - »bombardment«, »collision«, »impact« - ist mittlerweile einer detaillierteren Computersimulation zugänglich. Obwohl die Autoren mit der Anhäufung von Zufälligkeiten bei den vorausgesetzten Randbedingungen nicht zufrieden sind, halten sie dieses Kollisionsszenarium für ein gutes Modell zur Erklärung der hohen Dichte des Planeten. Aber auch etliche andere Planeten, schreiben sie, weisen Charakteristika auf, die sich am ehesten durch einen einzelnen gewaltigen Zusammenstoß mit anderen Himmelskörpern erklären lassen. Es erhebt sich natürlich die Frage: Wann haben diese Kollisionen stattgefunden? Die meisten Autoren plazieren diese Szenarien in die Anfangsphase des Sonnensystems, in der es eine relativ große Anzahl von Irrläufern gegeben habe. Wenn allerdings noch andere Planeten in solche gewaltigen Zusammenstöße verwickelt gewesen sind, dann ist nicht gut zu verstehen, warum diese Irrläufer sämtlichst verschwunden sein sollen. Ohnehin stellt sich im Rahmen der Newtonschen Mechanik eine hochgradige Ordnung des Sonnensystems wie die gegenwärtige nur in einer äonenwährenden Entwicklung unter der Wirkung von Kräften zweiter Ordnung ein. Und diese »Äonen« sind nicht einmal im Rahmen der klassischen Mechanik gesichert, wie die neuesten Trends in der Stabilitätstheorie anzeigen (vgl. das entsprechende Kapitel). Die retrokalkulierbaren Zeiträume umfassen zum Teil nur einige Millionen Jahre. Damit wird jedes Szenario, das diese »giant collisions« vor Milliarden von Jahren ansiedelt, zur reinen

Spekulation. Sie können genauso gut vor eben diesen wenigen Millionen Jahren stattgefunden haben, oder sogar noch später, wenn sich herausstellt, daß für die Planetenbahnen ein weitaus effektiveres Evolutionskriterium gilt, als die klassische Mechanik anzuzeigen scheint. (vgl. Kapitel 11. 14) Der Planet Merkur ist auffallend einseitig von Meteoriteneinschlägen zernarbt, ähnlich wie der Mond, der der Erde stets dieselbe Seite zuwendet und damit gewissermaßen in ihrem »Schlagschatten« steht. (Wood 1973) Van Flandern und Harrington (1976) überlegen deshalb auch, ob Merkur ein ehemaliger Satellit des Planeten Venus gewesen sein könnte. In diesem Falle hätte es zu einer Verlangsamung der Venuseigenrotation unter gleichzeitiger Vergrößerung der Merkur-Mondbahn kommen können, bis irgendein Ereignis zur endgültigen Ablösung des Merkur geführt hat. Das wäre ein Vorgang, der auch dem System Erde/Mond bevorzuzustehen scheint, im Moment entfernt sich der Mond allerdings nur etwa 5 Zentimeter pro Jahr von der Erde, was einer Verdoppelung des Abstandes in zehn Milliarden Jahren entspricht. An dieses Szenario knüpfen sich dieselben Fagen wie die schon aufgeworfenen. Merkur- und insbesondere Venusbahn sind nahezu kreisförmig und liegen in einem Abstand zueinander, der selbst bei größter Annäherung mehr als das Hundertfache des mittleren Erd-Mondabstandes beträgt. Zwischen einer früheren Koppelung der beiden Planeten und dem heutigen Zustand müßte eine qualitative Umordnung der beiden Bahnen gelegen haben, ein Vorgang, den die Newtonsche Mechanik nur unter Berücksichtigung von »Störungen« durch andere Kräfte als die Gravitation und auch das nur unter Drangabe eines sehr großen Zeitraumes zustande brächte. Außerdem liegt mit dem Titius-Bode-Gesetz (vgl. auch Kapitel 11.9) eine empirische Formel für die Folge der Abstände der Planeten zur Sonne vor, die zwar nicht direkt aus der Newtonschen Mechanik folgt, aber dennoch generell als nicht-zufällig akzeptiert wird (Wilkins 1974, 88). Das bedeutet nichts weniger, als daß die Umordnung an einer Stelle des Sonnensystems auf die Gesamtkonstellation zurückwirken muß, mit Folgen, die unabsehbar und noch - unberechenbar sind. Natürlich ist dieses Szenario hypothetisch, aber es veranschaulicht, daß die Erklärung eines »Rätsels« gleich mehrere andere erzeugt, Folgerätsel also, die im Rahmen dieses Buches immer wieder zur Sprache kommen werden.

### 6. WIE JUNG IST VENUS?

1962 wurde durch die Messung der Dopplerverschiebung des vom Planeten (nicht seiner Atmosphäre) ausgesandten Lichtes bekannt, daß die Eigenrotation des Planeten - im Gegensatz zu allen anderen inneren Planeten - retrograd, also zur Bahndrehrichtung entgegengesetzt verläuft.

(Bilduntertext: Schematische Gegenübersteffung der retrograden Eigenrotation der Venus (Bahn- und Eigendrehungsindentedgegengesetzt) und Joprograden Eigenrotation der Erde (Bahnund Eigendrehung stimmen überein.)

Das paßt nun gar nicht gut zur Theorie der Entstehung des Sonnensystems aus einer drehenden Plasmawolke. »Theoretisch« müssen bei den inneren Planeten, wenn sie sich ungestört in dem Orbit gebildet haben, in dem sie sich jetzt befinden, Drehrichtung der Bahn sowie der Eigenrotation übereinstimmen. Das setzt voraus, daß der innere Bereich der die Sonne umkreisenden Plasmawolke an&nglich wie eine starre Scheibe rotierte. Dann legt bei Auflösung dieser Scheibe in Ringe und deren anschließendes Zusammenziehen zu einzelnen Körpern die Drehimpulserhaltung die gleiche Richtung von Bahnund Eigenrotation fest. Daß dieses bei der Venus nicht der Fall ist, öffnet der Spekulation Tür und Tor. Auch hier lassen sich die Gründe für die retrograde Rotation nicht diskutieren, ohne die Bahnen der anderen Planeten ebenfalls zu berücksichtigen. Die radikalste Lösung wäre ein späteres Hinzukommen der Venus, wieder aber mit allen Folgen hir eine gesamte Umgestaltung des Sonnensystems. Eine Kollision der Venus mit einem anderen Körper führt kaum zu einer Umkehrung der Eigenrotation, da der Planet, wie alle anderen auch, nicht durchgängig fest, sondern im Inneren flüssig ist. Die Schwierigkeiten sind prinzipielle, weshalb der Umstand, so banal er auch ist eben nur verwundert festgestellt wird. Für weitergehende Überlegungen gibt es offensichtlich keinen Anlaß. (Dormand/McCue 1987; Kundt1979)

Bodengestützte Radaruntersuchungen sowie die US-amerikanischen Pioneer Venus-Orbiter und die sowjetischen Venera-Orbiter haben mit der Zeit die Puzzleteile einer umfassenden Landkarte der Venusoberfläche beige-steuert. (Moore 1985; Pettengill 1980; Wilson 1982) Die Höhenunterschiede entsprechen in etwa denen auf der Erde. Um aber bei den hohen Temperaturen von fast 500 Grad Celsius die Erhebungen dauerhaft zu stabilisieren, müßte die Kruste eine Dicke von bis zu 160 Kilometern haben. (Beatty 1982, 135) je dicker diese Kruste, desto unwahrscheinlicher wird

aber Vulkanismus, wie wir ihn von der Erde kennen. Da keine plattentektonischen Aktivitäten festzustellen sind, dieser an sich effektive Weg des Wärmetransports also ausfällt, andererseits aber klare Anzeichen für Vulkanismus auf der Venus bestehen (Fegley/Prinn 1989), muß die Frage gestellt werden, wann denn die Kontinente entstanden sind, die aufgrund der Oberflächenverhältnisse in geologischen Zeiträumen verschwinden müssen? Eigenartigerweise sind keinerlei Indizien für Erosion der Oberfläche durch Winde und auch keine Sedimentationsspuren zu finden (Beatty 1985). Das ist bei einem Atmosphärendruck von 90 bar und sehr hohen Windgeschwindigkeiten allein schon erstaunlich. Als kleine Sensation geriet die Feststellung, daß der Wind möglicherweise größere Partikel mit sich trägt, die viel leicht Überreste eines nicht lange zurückliegenden Meteoriteneinschlags sein könnten. (Greely/Marshall 1985; Toon 1984)

Die bislang identifizierten 138 »impact craters« sind zwar nicht im Wortsinn als »frisch« anzusehen, erscheinen aber nicht im mindesten so alt wie etwa die des Mondes. (Beatty 1985) Auch dies ein Umstand, der zum Nachdenken anregt, denn warum sollten der Mond und die anderen Planeten einem solchen Bombardement entgangen sein? Die hochaufgelösten Aufnahmen des Venera-Orbiters provozierten H.Masursky zur Feststellung, daß die geologischen Erscheinungen »wundervoll kompliziert« seien (Kerr 1984). Ishtar Terra, der größte »Kontinent« der Venus scheint beim Zusammenschieben von Krustenmaterial entstanden zu sein. Parallele Bänder mit hoher Radarreflektivität weisen daraufhin, daß dieses Material unter hohem horizontalem Druck aufgeworfen worden ist. Andererseits existieren weite Gebiete, in dem der entgegengesetzte Vorgang die Kruste auseinandergezogen und dann auseinandergebrochen hat, so daß Teile von ihr abgesunken sind. (Kerr 1984; Janle er al. 1988; Kaula 1990, 1193) Das sind Vorgänge, die für die Erde vornehmlich innerhalb des Konzeptes der Plattentektonik diskutiert werden, ein Konzept, für das auf dem Planeten Venus keinerlei Ansatzpunkte zu finden sind. Der Planet ist zu heiß und die einzelnen Platten lassen sich nicht finden.

Wenn die Oberflächenstruktur des Planeten sehr jungen Ursprungs ist, dann ist es auch nicht erforderlich, die Kruste als sehr dick anzunehmen. Diese Voraussetzung muß bei der Interpretation der gemessenen Energieströme einige Kopfschmerzen bereiten. Noch 1976 konnte D.Morrison demonstrieren, »what everyone suspected anyway«: Die hohe Oberflächentemperatur der Venus könne fast nur, vom Sonnenlicht stammen und nicht durch Wärmeleitung von innen nach außen entstehen. Je dicker die Kruste,

desto geringer wird der Beitrag des Planeteninneren ausfallen. Die Planetenatmosphäre läßt zwar nur einen Teil des Sonnenlichtes hindurch - genau gesagt sind es weniger als 3% des Gesamtanteils (Schofield/Taylor 1982) -, verhindere aber aufgrund ihrer speziellen Zusammensetzung, daß das Infrarotlicht der glühenden Gesteine effektiv nach außen treten könne. Die Oberfläche müsse sich im Laufe der Zeit solange erhitzt haben, bis endlich bei einer sehr hohen Oberflächentemperatur die Intensität der ausgesandten Strahlung in dem engen Frequenzbereich, für den die Atmosphäre noch durchlässig ist, den ankommenden Energiestrom von der Sonne ausglich. Für diesen Vorgang, bei dem zwar das einfallende Licht durch die Atmosphäre treten kann, aber nach Absorption durch die Oberfläche und Emission in einem anderen Bereich des Spektrums nun von einer »undurchsichtigen« Atmosphäre zurückgehalten wird, hat sich der Begriff »Greenhouse Effect«, oder Treibhauseffekt eingebürgert. Obwohl die Atmosphäre des Planeten Venus eine Treibhausatmosphäre ist, wird nicht generell akzeptiert, daß sie allein die Ursache für die 460 Grad Celsius Temperatur der Oberfläche ist. »Der vielgepriesene Treibhauseffekt der venusianischen Kohlendioxidatmosphäre kann nur einen Teil der Erhitzung bewirken, so daß die Wirkung anderer Mechanismen dringlich erscheint.« (Kerr 1980, 292)

Aber nicht nur die Effektivität des Treibhauseffektes steht in Frage, es gibt Meßergebnisse, die ihn als primäre Ursache der hohen Oberflächentemperatur generell in Zweifel ziehen: »Die Meßergebnisse der Minisonden der Pioneer Venus Mission betreffs des Nettoenergiestroms stehen im Widerspruch zu der Theorie des Treibhauseffektes. Diese zeigen nämlich an, daß der abgestrahlte Energiestrom den empfangenen Energiestrom unterhalb von 15 Kilometern Höhe um durchschnittlich 15 bis 30 Watt pro Quadratmeter übersteigt.« (Taylor 1982, 246) Das bedeutet, daß der Planet weitaus mehr Energie abstrahlt, als er empfängt, etwa 10.000mal mehr als zum Beispiel die Erde, eine Feststellung, der anfänglich verständlicherweise mit großer Skepsis begegnet wurde.

Auch verfeinerte und kritische Auswertungen brachten diesen Effekt nicht zum Verschwinden. (anonym. 1980; Taylor 1983; ders. 1981; auch Solomatov/Zharkov 1990) Unter diesen Umständen läßt sich nicht mehr folgern, daß die Atmosphäre zu der hohen Oberflächentemperatur geführt hat, sondern nur, daß sie ein noch schnelleres Abkühlen verhindert. Was zu der hohen Temperatur geführt hat, kann seit den Messungen zur Energiebilanz nicht mehr allein anhand der Atmosphärenzusammensetzung disku-

tiert werden. Vermuten läßt sich, daß die Atmosphäre sich von einem schlechten in einen guten Isolator umwandelte. Das bedeutet, daß chemische Reaktionen in der Atmosphäre begünstigt wurden, die zu Verbindungen mit bemeßeren Isolationseigenschaften führten, um die Wärmestrahlung bzw. den Wärmetransport durch die Atmosphäre zu minimieren. Das würde auch genau dem »thermodynamischen Evolutionsprinzip der minimalen Dissipation« entsprechen, nach dem ein System in denjenigen Zustand übergeht, in dem Ausgleichprozesse und damit die Zunahme von Unordnung so langsam wie möglich ablaufen.

Die Entdeckung einer Zone freien Sauerstoffs in der unteren Atmosphärenschicht und das Fehlen dieses Gases in den oberen Schichten weisen auf starke Oxidationsvorgänge hin (Burgess 1979), die entweder den Beginn der Zersetzung des Kohlendioxids anzeigen oder aber das Ende eines umfassenden Oxidationsprozesses. Auffällig war den sowjetischen Forschern, daß die Lichtverhältnisse am Boden denen eines »verhangenen Tages in Moskau« ähnelten (Firsoff 1978), was kaum verständlich ist, wenn diese nur von den kaum 3% des die Atmosphäre durchdringenden Sonnenlichtes herrühren soll. In jedem Fall scheint die Planetenoberfläche in der Vergangenheit noch heißer gewesen zu sein, als sie jetzt bereits ist und die Umstände, die dies bewirkten, liegen völlig im Dunkeln.

Die massive Rotation der Atmosphäre, ihr chemisches Ungleichgewicht und die unausgeglichene Wärmebilanz werfen zusammengesetzte Fragen über die unmittelbare Vergangenheit auf, Ist der Planet jung, ist er erst kürzlich in das innere Sonnensystem eingetreten? Es ist zwar naheliegend, einen relativ jungen Ursprung dieses Planeten zu vermuten, aber kaum eine der Theorien zur Entstehung des Sonnensystems kann zur Lösung dieser Frage etwas beitragen. Eine Kollision des Planeten mit einem anderen Körper führt zu Temperaturerhöhungen von mehreren tausend Grad (vgl. weiter unten Seite 69) Auf keinen Fall aber würde das eine so dichte Atmosphäre, wie wir sie jetzt vorfinden, überstehen. Sie müßte also erst nachträglich durch einen umfassenden Ausgasungsprozeß entstanden sein.

Doch Energiebilanz und instabile Kohlendioxid-Atmosphäre verlangen eine Erklärung, die sich auf eine nahe Vergangenheit beziehen muß. Die beinahe ideal kreisförmige Bahn dieses Planeten setzt jeder Überlegung in diese Richtung jedoch ein schweres Hindernis in den Weg. Meiner Ansicht nach liegen hier aber Umstände vor, die die Suche nach stärkeren mechanischen Evolutionskriterien als den bekannten rechtfertigen (vgl. Kapitel 11. 14). Es ist besser, nur diese eine Ungewißheit zu haben, als mit immer neu-

en Hilfsannahmen zu versuchen, die Hypothese eines in allen seinen Komponenten gleichalten Sorinensystems zu retten.

### 7. »THE MAKING OF A BETTER MOON ... «

Die Erde ist nach Merkur und Venus der erste Planet mit einem Satelliten. Wie ist es dazu gekommen? Es gibt generell drei Möglichkeiten. Erde und Mond haben sich gemeinsam aus einem Urnebel gebildet (O'Keefe 1969; Hammond 1972; Durisen/Scott 1984) oder der Mond ist später von der Erde eingefangen (Cameron 1972; Anderson 1972; Fremlin 1973) oder der Mond ist aus der Erde herausgesprengt worden. (Benz et al. 1986/1987/1989; Hartmann 1986) Jede dieser Hypothesen hat Zeiten der Hochkonjunktur erlebt. (Brush 1988)

G.H.Darwin gilt als Begründer der Fission-Theorie, die den Ursprung des Mondes in der Abspaltung von einer anfänglich schnell rotierenden Erde sieht. Seine Hypothese datiert aus dem Jahr 1879. Die Einwände gegen diese Theorie sind so einfach wie stichhaltig. Es ist nicht zu erklären, woher die erforderliche schnelle Rotation der Erde kommen soll, damit sich ein Materiering abspalten kann. Außerdem liegt die Mondbahn nicht über dem Äquator der Erde, also in der Ebene der Eigenrotation. Natürlich kann sich die Drehachse der Erde später geändert haben. Aber wann war dieses »später«? Es müßte wiederum ein auf der Zeitskala frei umherdriftendes Ereignis eingeführt werden, das zu der Verschiebung der Achse geführt hat. Ein späteres Einfangen des unabhängig von der Erde entstandenen Mondes kann nur im Rahmen außerordentlich unwahrscheinlicher Randbedingungen erfolgt sein, wobei es als unmöglich angesehen wird, daß die Erde einen Körper einfängt, ohne daß dieser auseinanderbricht. Wo hat sich dann der Mond gebildet? Wo ist die entsprechende Lücke in der Abfolge der Planetenbahnen? Eine »nachbarschaftliche« Bildung der beiden Himmelskörper ist mit deren unterschiedlicher stofflicher Zusammensetzung konfrontiert, vor allem mit dem fehlenden Eisenkern des Mondes. Es nimmt also nicht wunder, wenn die Theoretiker zu krasseren Szenarien greifen, um den gordischen Knoten der Frage der Mondentstehung zu durchhauen.

(Bildtext: Die bemerkenswerte Verkippung des Uranus mit seinem Satellitensystem gegenüber der Ekliptik / schematisch.)



Der Mond könnte in Folge des »katastrophalsten Ereignisses im Laufe der Erdgeschichte« entstanden sein: Der Einschlag eines marsgroßen Himmelskörpers soll zur Herausschleuderung des Materials, aus dem sich dann der Mond bilden konnte, geführt haben. Doch Zweifel daran, ob dieser Vorgang genug Material für die Bildung des Mondes aus der Erde herausprengen kann, war stets als wesentliches Hindernis für die Impact-Hypothese angesehen worden. Erst Cameron und Ward konnten das Problem 1976 wenigstens teilweise lösen, »in dem sie darauf hinwiesen, daß eine ausreichende Beschleunigung des Materials durch Gase zustande kommen könnte, die sich beim Einschlag bilden und zu expandieren beginnen, vergleichbar mit einem 'second burn', der durch eine nachgeschaltete Raketenstufe einen Satelliten in den Orbit bringen kann.« (Kerr 1984a, 1060) Für diese Hypothese spricht, daß der Mond dieselbe Dichteverteilung der Sauerstoffisotope wie die Erde aufweist. Während er vermutlich gar kein Eisen besitzt, entspricht die Gesamtkomposition seines Gesteines weitgehend (aber nicht völlig) dem der tiefliegenden Erdschichten. Gegen diese Hypothese spricht, daß ein solcher Einschlag zu einer Erhitzung der Erde von mehreren tausend Grad führen würde, wofür sich keinerlei Spuren mehr finden lassen.

Mondgroße Planetesimals habe es zu Beginn der Entwicklung des Sonnensystems zu Dutzenden gegeben und damit vermutlich auch etliche größere. (Garwin 1989) Sie seien die Agenten für die vielfältigen Anomalien im Sonnensystem gewesen: Der retrograden Rotation der Venus (vgl. Seite 63), der hohen Dichte des Merkur (Seite 60) oder auch der extremen Verschiebung der Rotationsachse des Uranus von 98 Grad zur Bahn um die Sonne (Seite 89). Wo sind diese planetengroßen Planetesimals geblieben? Sind sie von den großen Planeten eingefangen worden oder in sie hineingestürzt? Das heutige Sonnensystem ist, von den Kometen abgesehen, von Irrläufern freigefegt. Wann soll die Heraussprengung des Mondes erfolgt sein?

Die Datierung des zur Erde zurückgebrachten Mondgesteins hat offenbar schlüssige Datierungssequenzen hervorgebracht. Alle Datierungen liegen zwischen 3 und 4.6 Milliarden Jahren (byr), mit dem Schwerpunkt bei 4 Milliarden Jahren. Vor allem die Rubidium/Strontium-Datierungsmethode hat zu dieser Sequenz beigetragen. In der Zeit zwischen 4.6 und 3.7 byr hätte ein starker Einfall großer Planetesimals zur Bildung der großen runden »mare basins« geführt, in der Zeit bis ca. 3.2 byr hätten nur noch partielle Aufschmelzungen stattgefunden, deren Überreste heute als die

»marias« erscheinen. Seitdem sei der Mond ein äußerlich kalter Himmelskörper mit einer festen, nur durch gelegentliche kleine Beben erschütterten Oberfläche. (Wasserburg 1977; Schaeffer 1977) Das radiometrisch bestimmte (Modell)Alter des Mondes von ca. 4.6 byr entspricht dem der Erde. Das würde bedeuten, daß die favorisierte Heraussprengung des Mondes spätestens zu diesem Zeitpunkt stattgefunden haben muß, an dem durch Aufschmelzen des Mondmaterials die radiometrischen Uhren »genu-Ut« worden sind. Einige Tatsachen und Meßergebnisse sind zu diskutieren, die mit dieser strengen Zeitvorgabe nicht gut in Einklang stehen. Apollo 17 landete in einem Gebiet, in dem aufgrund photogeologischer Voruntersuchungen junges Gestein erwartet wurde. (Wasserburg 1977) Die Datierung ergab allerdings ein Alter von fast 4 Milliarden Jahren. T.Gold (1977) hat in diesem Zusammenhang kritisiert, daß fhst ausschließlich loses Gestein und keine Lava gesammelt worden ist. Die Folgerung eines seit Milliarden von Jahren inaktiven Mondes ist mit der Entdeckung von Meteoriten auf der Erde konfrontiert, die vermutlich vom Mond stammen. (Eberhart 1983; Eugster 1989) Auch die allerorten auf der Erde anzutreffenden Tektiten haben sehr wahrscheinlich ihren Ursprung auf dem Mond. (Glass/Heezen 1967) Wie sollen auf der in ständiger Umwandlung befindlichen Oberfläche der Erde Milliarden von Jahre alte Gesteine vom Mond entdeckt werden können, die nur durch schwere Einschläge das Schwerfeld des Mondes verlassen können, Vorgänge, die zur Schockinduzierung eines Magnetfeldes führen sollen (Fuller 1972; Gold/Soter 1976; Wasilewski 1973) und - wenigstens lokal Temperaturen erzeugen, die mit Sicherheit zu einer erneuten Nullsetzung der radiometrischen Uhren führen? Die Erosionserscheinungen an bestimmten Mondgesteinen implizieren eine Atmosphäre innerhalb der letzten vergangenen 100 Millionen Jahre, die bis zu 100 Millionen mal dichter gewesen ist als die heutige. (Hughes 1978; auch Bell et al. 1987) Das kann nur die Folge schwerer vulkanischer Ausbrüche gewesen sein, die ebenfalls mit einer »Manipulation« der radiometrischen Uhren einhergegangen sein muß. Ein weiterer Aspekt stammt aus dynamischen Betrachtungen. Der Mond entfernt sich mit einer Geschwindigkeit von 5 cm pro Jahr. Eine Rückrechnung dieses dynamischen Zustandes muß binnen einer Milliarde auf einen nicht mehr vertretbar kleinen Abstand zwischen Mond und Erde gelangen. (Lambeck 1982; Stephenson 1981; Grjebine 1980) Es ist allerdings möglich, daß die Gezeitenreibung (als Ursache der Übertragung des Drehmoments von der Erde auf den Mond) früher geringer gewesen ist. Dann müssen aber wesentlich

andere Verhältnisse auf der Erde geherrscht haben, entweder hat es weniger Wasser gegeben oder aber eine härtere Kruste, die damit keiner so starken Wärmeentwicklung durch das Gravitationsfeld des Mondes ausgesetzt gewesen ist. Nicht zuletzt die großen Graviationsanomalien auf dem Mond, die sogenannten »lunar mascons« (Arkani-Hamed 1974; Sharp 1969), verlangen eine Antwort auf die Frage, wie diese sich über einen Zeitraum von Milliarden von Jahren erhalten konnten.

Die Diskussion der Entstehung und Entwicklung des Mondes gelangt zwangsläufig zur Gretchenfrage nach der Datierungsmethode. Die Rb/Sr-Methode Rihrt ganz offensichtlich zu stimmigen Alterssequenzen. Ihr Vorteil liegt darin, daß selbst Proben mit unterschiedlichen Beimengungen des nicht radioaktiv erzeugten Strontiums  $^{87}\text{Sr}$ , das von dem eigentlich altersbestimmenden, nämlich erst aus dem Zerfall von  $^{87}\text{Rb}$  stammenden  $^{87}\text{Sr}$  nicht zu unterscheiden ist, zu konsistenten Aussagen über das Alter der Probe führen können. Wenn auch Kontrolldatierungen mit Hilfe anderer Methoden zu demselben Alter führen, werden die hier angegebenen Datierungen glaubhaft. Andererseits muß die Frage gestellt werden, mit wieviel Ausschuß die vorgestellten Daten arbeiten. Ist das hohe Alter des Mondgesteins ein so gut wie ausnahmsloser Trend, oder stammen die vorgestellten Daten aus einer Interpretation vielfältiger Meßergebnisse, an deren Ende nur jene Alterssequenzen übrig bleiben, die mit den allgemeinen Vorstellungen über das Alter des Sonnensystems korrelieren? Das vermag ich nicht zu entscheiden, aber wenn die Datierungen des Mondgesteins an repräsentativem Material ohne Vernachlässigung wesentlicher Widersprüche erzeugt worden sind, dann sieht es nicht gut aus für eine Theorie des Sonnensystems, die wichtige Entwicklungsschritte nicht unbedingt am Anfang aller Zeiten vermutet. Sollten allerdings Datierungen von Proben der anderen terrestrischen Planeten Mars und insbesondere Venus ebenso generell zu Werten um 4 Milliarden Jahren kommen, so wäre die Methode allein deswegen schon einer grundlegenden kritischen Untersuchung anheimzugeben, weil hier jünger zurückliegende tektonische Prozesse stattgefunden haben müssen.

Eine der methodischen Klippen der Datierungsmethode besteht in dem Umstand, daß ihre Anwendung zwangsläufig zur Voraussage dieser großen Zeiträume führen muß, denn diese liegen immer in der Größenordnung der Zerfallszeiten der untersuchten Isotope, also mit einer Bandbreite von einer Zehnerpotenz nach oben und unten im Bereich von Milliarden von Jahren. Vielleicht bedeutet die Vorerwartung hinsichtlich des Ergebnisses bereits

die Einengung auf dieses Ergebnis, weil die Interpretation des Materials erst durch zahlreiche - eben von der Vorerwartung abhängende - große und kleine Zusatzhypothesen zu brauchbaren Ergebnissen führen kann.

D.York (1973) hat in seinem Buch über »The Earths Age and Geochronology« dazu ein gutes Beispiel gegeben, mit dem er zur Vorsicht bei der Interpretation der erhaltenen Daten mahnt. Er Rihrt die Ergebnisse von 3400 Altersbestimmungen verschiedenster Proben auf, die in charakteristischen Häufungen in beinahe äquidistantem zeitlichen Abstand aufzutreten schienen. Dies führte zur naheliegenden Vermutung, daß auf der Erdoberfläche mehr oder weniger periodisch Vorgänge stattgefunden haben müssen, die zur Aufschmelzung und damit zur wiederholten Nulisierung der radiometrischen Uhren führten. Eine Vielzahl von Hypothesen ist entwickelt worden, um die Quasiperiodizität dieser Vorgänge und ihrer geologischen Ursachen zu erklären: Von der periodischen Änderung der Bewegungsform des flüssigen Erdinnem bis hin zur periodischen Triggerung dieser geologischen Aktivitäten durch Kometeneinschlag. In einem »Cautionary Tail« vergleicht York die oben erwähnten spezifischen Datierungen mit einem Diagramm, das schlicht mit Zufallszahlen erzeugt wurde. Die verblüffende strukturelle Ähnlichkeit nimmt er zum Anlaß, vor allzu schnellen und einfachen Interpretationen zu warnen, denn die Altersverteilung jener 3400 Proben könnte möglicherweise auch zufällig entstanden sein, womit die Möglichkeit entfiel, mit ihnen eine Geochronologie zu begründen.

### 8. MARS UND DIE SINTFLUT

Die Mariner 9 Mission von 1971 brachte die ersten hochauflösenden Bilder von großen Teilen der Marsoberfläche. Seitdem gibt es eine Diskussion über einen möglichen tiefgreifenden Klimawandel auf diesem Planeten.

Was hatte man entdeckt?

Die Oberfläche ist von Kanälen durchzogen, die »außerordentlich stark irdischen Überflutungskanälen ähneln. Ihre Form und ihr Neuigkeitsgrad legt die Vermutung nahe, daß noch in jüngerer geologischer Vergangenheit des Mars Wasser geflossen sein muß. « (Masursky 1973, 4012) Diese Vermutung hat sich allerdings mit der banalen Tatsache auseinanderzusetzen, daß Mars heutzutage nur eine sehr dünne Atmosphäre besitzt, die zu großen Teilen aus Kohlendioxid, Stickstoff und Argon besteht. Der Planet ist zu klein, als daß er eine dichte Atmosphäre über längere Zeit durch sein Schwerefeld binden könnte. »Wenn diese Kanäle durch fließendes Wasser

gegraben wurden, dann muß sich die Atmosphärenzusammensetzung drastisch geändert haben, und man muß sich außerdem die Frage stellen, wo dieses Wasser hergekommen und wo es geblieben ist?« (Metz 1974, 188) Die Marsoberfläche weist allerdings viele junge Vulkanüberreste auf, deren Aktivität zu einem »outgassing« und deshalb zu einer zeitweise sehr dichten Atmosphäre geführt haben können. (vgl. Hamano 1977; Hartmann 1978; Pollack 1987; Sagan 1973; Yung/Pinto 1978) Während die an der Sondenmission beteiligten amerikanischen Wissenschaftler diesen Klimaschwung vor Milliarden von Jahren stattfinden lassen, gehen einige ihrer sowjetischen Kollegen radikaler mit den Befunden um: Vasily Moroz »arbeitet, von einer Reihe sowjetischer Wissenschaftler unterstützt, mit der Hypothese, daß vor wenigen Millionen, womöglich auch vor nur einigen hunderttausend Jahren, die Atmosphäre des Mars eine Dichte wie die irdische Atmosphäre besessen hat.« (anonym. 1974, 29 1) Computerberechnete Atmosphärenmodelle haben zwar ergeben, daß die »Wettermaschine« auf Mars von den langfristigen Schwankungen der Exzentrizität der Bahn und der Neigung der Rotationsachse überraschend stark abhängt (zusammenfassend Rubincam 1990), doch die in der Oberfläche dokumentierten Kanäle und Furchen sind damit nicht zu erklären. So nimmt es nicht wunder, daß ganz andere Mechanismen als langfristige Klimaschwankungen ins Gespräch gekommen sind. (Carr 1979a; Drobyshevski 1988; Lucchitta et al. 1981; Maxwell et al. 1973; Nummedal/Prior 1981)

Etliche dieser Marskanäle ließen sich als unter Spannung entstandene Brüche interpretieren, da eine große Ähnlichkeit in deren Gestalt mit bekannten irdischen Phänomenen dieser Art zu verzeichnen sind: »Das Vorhandensein dieser Kanäle auf der Oberfläche des Mars und ihr denkbarer Ursprung (aus mechanischen Belastungen, CB) legt es nahe, daß in jüngerer geologischer Vergangenheit ein Großteil der Planetenoberfläche diesen mechanischen Spannungen ausgesetzt gewesen ist.« (Schumm 1974, 383) Eine mögliche Ursache für das Auftreten von Spannungsrissen ist die Verlagerung der Rotationsachse. Melosh untersuchte die Auswirkungen einer Neuorientierung der Rotationsachse im Gefolge der Ausbildung einer großen Gravitationsanomalie, wie sie etwa mit dem Krater Tharsis verbunden ist. Da der Planet am stabilsten um die Achse des größten Trägheitsmomentes rotiert und das Tharsis-Gebiet sich am Äquator befindet, könnte es in der Vergangenheit zu einer Drehung der Lithosphäre um ca. 25 Grad gekommen sein, was zur Ausbildung eines starken Spannungsfeldes führte. Auch einige Oberflächenmerkmale des Marsmondes Phobos deuten auf

mechanische Belastungen in der Vergangenheit hin. (anonym. 1977; Fujiwara/Asada 1983; Hughes 1977a; Soter/Harris 1977; Thomas et al 1978; Weidenschilling 1979)

Baker und Milton gehen in eine ganz andere Richtung, sie glauben, daß diese Kanäle die Folge katastrophischer Überflutungen gewesen seien.

»Die Hypothese katastrophischer Überflutung scheint generell in der Lage zu sein, die Gesamtanlage der größeren Kanäle des Mars zu erklären.«

(1974, 39; auch Baker 1978) Diese Fluten müßten allerdings in der Lage gewesen sein, »Spitzenentladungen von mehreren Millionen Kubikmetern Wasser hervorzubringen. Selbst die dichte irdische Atmosphäre kann nicht schnell genug Wasser ausscheiden, um Entladungen aus vergleichbar großen Staugebieten zu unterstützen.« Auch sind die Dimensionen der Gräben und Kanäle bei weitem größer als die auf der Erde bekannten, z.B. die Washington Scablands. Obwohl der Ursprung des Wassers völlig ungeklärt ist, machten tropfenförmige Formen, die später auf den hochaufgelösten Fotos entdeckt wurden, unmißverständlich deutlich, daß es sich hier um Inseln in einem alten Flußbett handeln muß. Diese Modelle können zu einer Datierung der Kanalentstehung wenig beitragen; Spannungsbrüche oder katastrophische Überflutungen halten sich nicht an einen sanften und stetigen Fahrplan der Evolution und gehören auch nicht zwangsläufig in die Frühzeit der Entwicklung des Sonnensystems. Obwohl immer häufiger solche katastrophischen Szenarien eingeführt werden, gehen die Autoren auf die chronologischen Konsequenzen im allgemeinen nicht ein.

Noch ein weiterer Befund läßt vermuten, daß zur Vergangenheit dieses Planeten heftige Umbrüche gehört haben müssen. »Selbst ein flüchtiger Blick auf eine Karte des Planeten Mars macht deutlich, daß die eine Hälfte des Planeten sich vollkommen von der anderen Hälfte unterscheidet.«

(Metz 1974, 188) Während die nördliche Hemisphäre nur geringe Spuren von Einschlagskratern aufweist, ist die südliche Hälfte von solchen Einschlägen schwer gezeichnet. »Die Tatsache, daß der Mars in zwei Formen erscheint, die auf gänzlich unterschiedliche Einflüsse in der Vergangenheit hinweisen, ist wohl das größte Rätsel überhaupt.« H.Frey und RA.Schultz bezeichnen den »Ursprung dieser grundlegenden Dichotomie (als) das vorrangige ungelöste Problem der Geologie des Mars.« (1988, 229) Für D.E.Wilhelms und S.W.Squyres könnte die Lösung dieses Rätsels in dem Einschlag eines 1000 Kilometer großen Körpers bestehen. (1984, 138)

Die mittlerweile 70 kg auf der Erde gesammelten Metcoriten, deren Ursprung offenbar der Mars ist, geben ein kaum geringeres Rätsel auf, denn

nur ein nicht weniger gewaltiges Ereignis als etwa die hypothetische Kollision des Merkur mit einem großen Himmelskörper könnte dynamische Randbedingungen erbringen, die eine Überwindung der Fluchtgeschwindigkeit von 5 Kilometern pro Sekunde ermöglichen. (Hughes 1984; Ott/Begemann 1985; Pepin 1985; Vickery/Melosh 1983; Wright 1989)

### 9. DIE ASTEROIDEN UND DIE ÜBERLEBENSFÄHIGKEIT DER IRDISCHEN BIOSPHÄRE

Johann Daniel Titius fügte seiner Übersetzung von Charles Bonnets »Contemplation de la nature« (1766) eine Bemerkung über die Abstandsfolge der Planeten ein: »Teile den Abstand von Saturn zur Sonne in 100 Teile; demnach ist Merkur gerade 4 dieser Teile von der Sonne entfernt, Venus  $4 + 3 = 7$  dieser Teile, die Erde  $4 + 6 = 10$  und Mars  $4 + 12 = 16$ . Es ist festzustellen, daß zwischen Mars und Jupiter eine Lücke liegt, entsprechend  $4 + 24 = 28$  Teilen, denn bislang wurde hier weder ein Planet noch ein Satellit gesichtet. Aber sollte der Schöpfer etwa diesen Bereich leer gelassen haben? Sicherlich nicht. Wir dürfen deswegen annehmen, daß in diesen Bereich zweifellos die bislang unentdeckten Satelliten des Mars gehören.« Auch Johann Elert Bode mochte in seiner »Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels« (1772) nicht recht glauben, »daß der Schöpfer des Universums diesen Bereich leer gelassen hat«. Den Theoretikern des 18. Jahrhunderts war dieses (später so genannte) »Titius-Bodesche Gesetz der Planetenabstände« ein Zeichen für die Sicherheit der Anlage des Sonnensystems, denn so regelmäßig aneinandergereiht konnten die Planeten einander nicht in die Quere kommen.

Dieses Abstandsgesetz, das die großen Halbachsen der Planeten mit ihrer Reihenfolge in Zusammenhang bringt, gab die damals bekannten Entfernungen der Planeten mit der Genauigkeit einiger Prozentpunkte an und führte zu drei richtigen Voraussagen über dann später entdeckte Himmelskörper. Wilhelm Herschel entdeckte 1781 Uranus in der nächsten nach Saturn folgenden Bahn. Der erste Asteroid wurde bei der Suche nach dem Planeten zwischen Mars und Jupiter gefunden und die Entdeckung von Hyperion ergab sich aus der Annahme, daß auch für das Satellitensystem des Saturn ein solches Abstandsgesetz gelten sollte. Die erst in unserem Jahrhundert gefundenen äußeren Planeten Neptun und Pluto fallen aus dieser Reihe allerdings völlig heraus.

Die offensichtliche Faszination, die diesem »Gesetz« entgegengebracht wird, hat etwas mit seiner rein algebraischen Grundlage zu tun, wonach eine Ordnung sich nicht aus komplizierten Differentialgleichungen, sondern aus einer simplen Zahlenfolge ergibt. Obwohl die Newtonsche Mechanik a priori für eine solche Gesetzmäßigkeit nicht gut ist und ihre Simplizität eher Argwohn denn Vertrauen erweckt, besteht der Konsens, daß die Folge der Planetenbahnen kein bloßer Zufall ist, daß sie mithin einem der Newtonschen Mechanik innewohnenden Evolutionsmechanismus entspringt, dessen Entdeckung allerdings noch aussteht. (Dermott 1973; Hills 1970; Lecar 1973; Pletser 1988) 1972, also genau 200 Jahre nach dem Erscheinen der Bodeschen »Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels« veröffentlichte M.W.Ovenden in »Nature« einen ebensooft zitierten wie kritisierten Artikel über »Bode's Law and the Missing Planet«, in dem er meinte, eine solche Evolutionstendenz entdeckt zu haben. Ovenden ging von der Überlegung aus, daß ein Planetensystem nur dann dauerhaft stabil sei, wenn die Planeten sich auf Bahnen bewegen, in denen die Summe aller gegenseitigen (in der Regel störenden) Wechselwirkungen im zeitlichen Mittel ein Minimum aufweist. Damit werden die möglichen Bahnen selbstverständlich stark eingeschränkt, denn die Abstände der Planeten zur Sonne hängen mit ihrer Umlaufzeit zusammen und diese wiederum müssen sich so zueinander verhalten, daß im zeitlichen Mittel die gegenseitigen Abstände groß sind, denn nur dann sind die Wechselwirkungen gering. Ein im Mittel größtmöglicher Abstand zwischen den Planeten führt zwar zu einem mittleren Minimum an gegenseitigen Störungen, bedeutet aber zugleich das Auftreten von Resonanzen der Bahnelemente, ein Zusammenhang, der bislang nicht hinlänglich aufgeklärt werden konnte. Das bedeutet nun, daß die gegenseitigen Störungen, obwohl sie über längere Zeiträume gesehen klein bleiben, in gleichen Abständen kurzzeitig sehr stark zur Geltung kommen und sich damit zu einer »Resonanzkatastrophe« aufschaukeln können. Ovenden konnte für die Satellitensysteme von Jupiter und Uranus exemplarisch nachweisen, daß sie das Prinzip der minimalen Wechselwirkung fast optimal erfüllen, daß dem Planetensystem für eine größtmögliche Stabilität hingegen ein Planet mit neunzigfacher Erdmasse in nahezu genau der Bahn »fehlt«, in der heute die Asteroiden um die Sonne kreisen.

Ovendens Stabilitätsbetrachtung ist später häufig zitiert worden, nur mit seinem hypothetischen, erst »kürzlich« explodierten Planeten mochte sich kaum ein Astronom anfreunden. W.M.D.Napier und R.J.Dodd (1973) dis-



kutierten in einer Kritik von Owendens Beitrag die möglichen Mechanismen für die Zerstörung eines solchen Planeten und kamen zu dem Schluß, daß keiner der bekannten Mechanismen in der Lage wäre, die Energie aufzubringen, um die Bestandteile des Planeten gegen die Selbstgravitation auseinanderzubringen. So ist die Mehrheit der Astronomen heute wieder der Ansicht, daß der Asteroidengürtel ein Beispiel für die mißlungene Aggregation von Planetesimals zu einem Planeten ist. Dem widerspricht vehement, daß einzelne Planetoiden eine relativ hohe Dichte besitzen, die aus einer selbständigen Zusammenballung nicht zu begründen ist, also doch viel wahrscheinlicher die Überbleibsel der Zerstörung eines kleineren Planeten sein müssen. (Drobyshevski 1980; ders. 1986; Farinella 1982; Horredt 1974) Mindestens die  $10^7$  joule an Energie, die während einer katastrophischen Herauslösung des Mondes aus der Erde umgesetzt worden wären, können auch hier veranschlagt werden, wenn diese Energie auch noch um 3 Größenordnungen unter der liegt, die Napier und Dodd für die totale Zerstörung des großen von Owendens angenommenen Planeten errechnet haben.

Die relative Nähe des hypothetischen Planeten zur Erdbahn hat immer wieder Autoren veranlaßt, die bloße Existenz der irdischen Biosphäre als Argument gegen Katastrophen im allgemeinen und die katastrophische Zerstörung des »missing planet« im besonderen ins Feld zu führen.

E.J.Öpik schrieb noch 1978, »daß ein plötzliches Verschwinden eines dermaßen großen Planeten nicht nur als extrem unwahrscheinlich für die Planetensysteme unseres Universums anzusehen ist, es hätte in unserem Sonnensystem, außer in der Frühphase, auch niemals passieren können.« (1978, 330; auch ders. 1977) Der Grund liege in der Kontinuität der biologisch-geologischen Überlieferung, die eindeutig zeige, daß eine derartige Katastrophe die Erde selbst seit ihrer frühesten Existenz niemals gefährdet habe: Wenn das Ereignis tatsächlich stattgefunden hätte, gäbe es keine Menschen mehr. Da sie aber in der Lage sind, ganze Zeitschriften mit diesen Diskussionen zu füllen, ist damit gewissermaßen der faktische Beweis gegen die Hypothese des »missing Planet« erbracht. Paläontologen werden bei der Lektüre dieses Artikels reflexartig die Stirn runzeln und den Autor bedauern, der hier argumentativ über derart dünnes Eis läuft. Die von Öpik beschworene »Kontinuität der biologisch-geologischen Überlieferung« war nie etwas anderes als eine mühselig über mehr als hundert Jahre aufrechterhaltene Wunschvorstellung orthodoxer Gradualisten. Der paläontologische Befund verweist bei näherem Hinsehen auf eine ununterbrochene Ab-

folge von Brüchen und Diskontinuitäten. Und mehr als einmal offenbaren sich hier genau diejenigen schwerwiegenden Ereignissen, deren Unmöglichkeit Öpik fatalerweise als Basis seiner Polemik gegen das für die Menschen so »peinvolle« (1978, 335) Szenario gewählt hat.

### 10. JUPITER UND SATURN: JUNG UND ALT IN EINEM

Auch der Blick auf Jupiter oder einen der anderen »Riesenplaneten« mit den dazugehörigen Satelliten stellt die Theorie gleichzeitiger Bildung und allmählicher Entwicklung vor große Probleme. Die vier großen Satelliten des Jupiter, die sogenannten Galileischen Monde, machen deutlich, daß die seit Jahrhunderten gepriesene Ordnung der Satelliten- und Planetenbahnen keine Garantie für eine gleichförmige Evolution zu sein scheint: »Für ein System, das doch mutmaßlich in derselben Region des Planeten entstanden sein soll, wirken die Satelliten fehl am Platze, indem sie eine Bandbreite an Erscheinungen und Entwicklungen repräsentieren, die noch größer ist als etwa bei den sowieso schon sehr unterschiedlichen terrestrischen Planeten% schreibt J.K.Beatty (1979) im Rückblick auf die erfolgreichen Begegnungen der Voyager Sonden mit dem Planeten Jupiter. Daß zum Beispiel die beiden benachbarten jupitermonde Ganymed und Kallisto völlig unterschiedliche Oberflächencharakteristika aufweisen, sei eine der grundlegenden zu erklärenden Phänomene vergleichender Planetenkunde, meinte W.B.McKinnon (1985).

Jupiter ist ein flüssiger Planet, seine 320 Erdmassen verteilen sich im Verhältnis von 9:1 weitgehend auf Wasserstoff und Helium. Der Planet strahlt mehr Wärme ab, als er von der Sonne emp&ngt, so daß die Temperatur im Kern auf bis zu 30.000 Grad Celsius geschätzt wird. Während die sichtbare Atmosphäre in verschiedenfarbige Bänder unterteilt ist, die mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten rotieren, wird die »Tageslänge« anhand eines vermutlich an die Rotation des Kerns gebundenen Radiosignals mit knapp 10 Stunden gemessen. (Hughes 1983; Smoluchowski 1983; Stevenson 1982) Gegen diesen Planeten mit seinem Satellitensystem nehmen sich die terrestrischen Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars wie bloße Launen der Natur aus, deren Ursprung sich eher als Nebenprodukt bei der Entstehung des Sonne-Jupiter Systems verstehen läßt. Eigentlich erscheint es nicht gerechtfertigt, sie diesem Planetengiganten »gleichberechtigt« an die Seite zu stellen.

Der Planet Jupiter wird auch als Stern beschrieben, dem es zu Beginn der Evolution des Sonnensystems nicht gelungen ist, genügend Material einzufangen, um eine Kernfusion als Energiequelle zu starten. (McNally 1973) Die entscheidende Frage ist dann, was die Bildung eines Doppelsternsystems verhindert hat. Es ist denkbar, daß alle vier Planetengiganten die Überreste einer solchen zweiten »Sonne« sind. Die von D.M.Raup und J.J.Sepkoski behauptete Periodizität der Aussterbeereignisse in der irdischen Biosphäre könnten beim Durchgang eines bislang unentdeckt gebliebenen dunklen Zwilling der Sonne durch Kometenansammlungen weit außerhalb des uns bekannten Planetensystems verursacht worden sein, wodurch Kometen periodisch ins Innere des Sonnensystems abgelenkt würden. (Whitmire/Jackson 1984; dagegen Weissman 1990)

Die Dichte der Galileischen Monde sinkt mit ihrem Abstand zu Jupiter von 3.5 g/cm<sup>3</sup> für Io auf 1.8 g/cm<sup>3</sup> für Kallisto. Dies hat ursprünglich als starkes Indiz dafür gegolten, daß sich die Satelliten in der nach außen hin immer dünner werdenden Gaswolke um Protojupiter gebildet haben. Doch sind ihre Oberflächenmerkmale so unterschiedlich, um ihnen eine gemeinsame Entwicklung unter gleichen Randbedingungen zusprechen zu können.

Io, der innerste der vier großen Monde ist das vulkanisch bei weitem aktivste Mitglied des Sonnensystems, zugleich einer der am hellsten scheinenden Himmelskörper überhaupt. Er stellt »die ausgeprägteste Anomalie nicht nur unter den Galileischen Satelliten, sondern auch unter allen anderen Körpern des Sonnensystems« dar. (Hunt 1980, 825) Allein sein größter Vulkan Loki setzt im Mittel mehr Energie frei, als die Erde an Wärme abstrahlt. (Carr 1985; Morrison 1985) Die von den bislang identifizierten acht aktiven Vulkanen ausgeworfenen Gase erreichen Geschwindigkeiten von 1 km/sec, können damit das Schwerfeld des Satelliten verlassen, so daß dieser sich in einem von ihm selbst produzierten Gasring aus Wasserstoff und Natrium um Jupiter bewegt. (Beatty 1979; Strom et al. 1979) Die Ursache für die vulkanische Aktivität ist etwas obskur. Beteiligt ist zweifellos die Gezeitenwechselwirkung mit Jupiter, außerdem vermutlich ein elektromagnetischer Effekt, der im ganzen Sonnensystem einmalig zu sein scheint. Der Satellit bewegt sich im Magnetfeld des Zentralplaneten und eAht dadurch die Induktion massiver elektrischer Ströme. Deren Energie wird zwangsläufig in Wärme verwandelt, die sich dann durch vulkanische Aktivität endgültig freisetzt. Dieser Effekt kann im Gegensatz zur Gezeitenwechselwirkung nur lokal in elektrisch leitenden Regionen auftreten, was die Massierung der geologischen Aktivität in einigen wenigen

Vulkanen erklären kann. (Gold 1979) Io ist mit Jupiter durch einen Plasmaschlauch verbunden, der elektrische Entladungen zwischen den beiden Körpern leitet. Die zu extremen vulkanischen Aktivitäten führende Wechselwirkung kann noch nicht lange bestehen, denn das Magnetfeld des Jupiter ist früher vermutlich hundertfach stärker gewesen. Damit wäre aber die Bildung eines im Inneren elektrisch leitenden Satelliten unmöglich gewesen, ein denkbare späteres Einfangen hätte ihn andererseits zerstört. (Drobyshevski 1979) Wenn man berücksichtigt, daß Jupiter auf den »normalen« Strom von Meteoriten und Kometen eine starke Anziehungskraft ausübt, dann müßte der innerste Satellit Io die stärkste Einschlagsquote aufweisen. In seinem Orbit konzentrieren sich nämlich die Bahnen der von Jupiter auf sich gezogenen Irläufer. Die gegenteilige Tendenz, die Zunahme der Kraterhäufigkeit mit dem Bahnradius der Satelliten, gibt ein großes Rätsel auf.

Der Mond Europa ist der zweitinnerste der vier Galileischen Satelliten und unterscheidet sich vollkommen von Io - trotz einer vergleichbaren, wenn auch etwas geringeren Dichte. Die Oberfläche besteht ausschließlich aus Wassereis von bis zu 100 Kilometern Dicke, ohne Anzeichen von »normalen«, durch diese Schicht hindurchragendem Krustenmaterial. Es ist möglich, daß dieser Eismantel durch eine Schicht flüssigen Wassers von dem felsigen Inneren des Mondes getrennt, die Oberfläche mithin mechanisch entkoppelt ist, ähnlich wie ja auch die Erdkruste auf dem flüssigen Inneren »schwimmt«. (Smoluchowski 1985) Die Oberfläche des Satelliten ist von dunklen Gräben durchschnitten, die unter mechanischer Spannung aufgebrochen sein können. Da Einschlagkraxer fast vollständig fehlen, muß die Oberfläche als sehr jung angenommen werden.

Ganymed hat eine deutlich geringere Dichte als die beiden inneren Monde. Seine Oberfläche »zeigt eine entzückend komplizierte geologische Vergangenheit« (Beatty 1979) Auch hier besteht die äußere Schicht vermutlich vorwiegend aus Eis, im Gegensatz zu Europa weist ihre Oberfläche Krater offenbar unterschiedlichen Alters auf, einer der größten hat kreisförmige, womöglich den ganzen Satelliten umspannende Ausläufer, die auf einen Einschlag schließen lassen, der gigantisch gewesen sein muß. (Beatty 1979)

Kallisto, der äußerste der großen Monde, erscheint aus jedem Blickwinkel gleich. Man erblickt Krater, die »Schulter an Schulter« stehen. »Das gibt uns ein Gefühl dafür, wie die ursprünglichen Oberflächen der Körper des Sonnensystems aussahen.« (L.A.Soderblom, nach Beatty 1979)

Neben den vier großen Monden gibt es eine Gruppe von kleineren Monden, die in nahezu denselben Entfernungen und Bahnneigungen im selben Drehsinn wie die Galileischen Satelliten weiter außen um Jupiter kreisen, und schließlich eine weitere Gruppe, die am äußeren Rand des Satellitensystems Jupiter in der entgegengesetzten Richtung umlaufen. Zumindest letztere scheinen irgendwann eingefangen worden zu sein. Innerhalb des Radius, wo sich kein Satellit auf Dauer bewegen könnte, weil er von den Gravitationskräften des Jupiter regelrecht aufgerieben würde, existiert der erst von den Voyager-Sonden endgültig identifizierte Ring. Der starke Ionenfluß in diesem Bereich erodiert die Ringpartikel so stark, daß »der Ring eine noch schnellere Wandlung durchmacht als der A-Ring des Saturn und eine noch kürzere Lebensdauer als die Ringe der anderen beiden Planeten (Saturn und Uranus, CB) aufweist.« (Smoluchowski 1979) Die auffallenden Unterschiede in der Erscheinung der Galileischen Satelliten bilden einen der fundamentalen Widersprüche der vergleichenden Planetenkunde, meint W.B.McKinnon. Aber dieser »Widerspruch« existiert nur im Rahmen einer Theorie, die mit ungleichförmigen Entwicklungen nicht rechnen will. Eine gleichförmige Entwicklung kennt nur einige wenige Evolutionsmechanismen. Und sie sind ganz offensichtlich unzureichend, um die vielen Ungleichförmigkeiten zu erklären. Wie können die gravierenden Unterschiede in der Gestalt der Satelliten erklärt werden?

Einer der weitreichendsten Erklärungsversuche stammt von E.M.Drobyshevski, der mehrere Explosionen der Eishüllen der Satelliten unter der Einwirkung des Magnetfeldes von Jupiter annimmt. (Agafonova/Drobyshevski 1985/1985a/1985b; Drobyshevski 1979/1980a) Der zugrundeliegende Effekt soll in der Elektrolyse des Wassereises durch die vom Magnetfeld des Jupiter induzierten und von Verunreinigungen im Eis geleiteten elektrischen Ströme bestehen. Dieser Vorgang führt zu einer kritischen Anreicherung von Wasserstoff und Sauerstoff, bis der Einschlag eines Meteors die Kettenreaktion der Rekombination dieser Gase - als »Knallgasreaktion« - unter Freisetzung großer Mengen an Energie in Gang setzt. Da er nur in gefrorenem Zustand eine weitgehende Anreicherung der Ausgangsstoffe für die Explosion bewirken kann, ein zu starkes Magnetfeld aber andererseits Ströme induziert, die zuviel Wärme für den Fortbestand des Wassers als Eis erzeugen würden, sei die Anreicherung der Gase auch erst relativ spät gestartet. Während die Eishülle von Kallisto auch dem Augenschein nach gar nicht explodiert ist, tat dies die von Ganymed einmal, die von Eu-

ropa zweimal und die von Io zwei- bis dreimal. Das offensichtliche Fehlen von Kratern auf Europa kann als Indiz für eine relativ kurz zurückliegende Explosion gewertet werden. Es sei denkbar, daß die eben erwähnten beiden Gruppen kleinerer Satelliten die Produkte solcher Explosionen sind.

Drobyshevski hat anhand dieses Elektrolyse-Effektes ein umfassendes, teilweise jedoch ziemlich einseitig wirkendes Szenario der Entwicklung nicht nur der Satellitensysteme der großen Planeten, sondern auch des Asteroidengürtels und der Marsmonde entworfen. Er gerät mit dieser Einseitigkeit ein wenig in die Nähe der alten »Welteistheorie« von Hörbiger, die mit der Einführung eines einzigen grundlegenden Effektes auch »alles« erklären wollte. Andererseits ist es ein erster Versuch, ohne Rücksicht auf die bislang favorisierte Theorie der uniformen Evolution die zahllosen Indizien katastrophischer Entwicklung ernstzunehmen.

Die Erkundung des Saturn mit seinem Satellitensystem durch die Voyager Sonden hat nicht weniger Überraschungen geliefert als die des Jupiter:

»Dem Maßstab rein intellektueller Freude nach hat es noch nie etwas mit den Voyager Missionen Vergleichbares gegeben: Vulkane auf Io, Ringbruchstücke um Saturn, beziehungsweise verwobene Ringe - die Beobachtungen erscheinen geradezu anstößig. Der Geist Till Eulenspiegels zeigt sich auf den Videobildschirmen: 'Löse das Rätsel - wenn Du es kannst!'« (Waldrop 1981, 1347)

Die erfolgreiche teleskopische Erforschung des Satellitensystems des mit einer Dichte von  $0.7 \text{ g/cm}^3$  »dünnsten« Planeten des Sonnensystems (Pollack et al. 1977; Pirraglia et al. 1981) erstreckte sich über mehr als 300 Jahre. Schon 1610 beobachtete Galilei diesen Planeten mit bewaffnetem Auge. Es dauerte fast 50 Jahre, bis Huygens seine rätselhafte Gestalt aufklären konnte: Die unsymmetrische Erscheinung rührt von einem dünnen Ring her, auf den ein irdischer Beobachter im Verlauf einer Periode von 29 Jahren stets in anderen Winkeln schaut. Huygens war auch der Entdecker des größten Satelliten des Sonnensystems, Titan, ein mit einer dichten Stickstoff/Methan-Atmosphäre umgebenen Himmelskörper, der fast so groß ist wie Mars. Bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts wurden weitere Satelliten, in etwa auch in der Reihenfolge ihrer Durchmesser, durch Cassini entdeckt: Japetus, Rhea, Thetis und Dione. Die Entdeckung der kleineren inneren Satelliten Mirnas und Enceladus gelang Herschel 1789. Im 19. Jahrhundert wurden Phoebe und Hyperion, beide nur noch wenige 100 Kilometer im Durchmesser, gefunden und - noch vor den Sondenmissionen - Janus als der bis dahin innerste Satellit.

Das Ringsystem galt seit 1850, nach einer Serie genauerer Beobachtungen des Astronomen Bond, als dreigeteilt. Den 120.000 Kilometer breiten äußeren A-Ring trennt eine 100.000 Kilometer große Lücke, die »Cassinische Teilung«, vom weiter innen liegenden knapp 30.000 Kilometer breiten B-Ring. Zwischen diesem und dem innersten C-Ring liegt die erheblich diffusere »französische Teilung«. Die erst im Zuge der Voyager-Missionen entdeckten F-, G- und E-Ringe erstrecken sich bis zu einer Entfernung von 480.000 Kilometer vom Satellitenzentrum und liegen damit jenseits der Roche-Grenze, innerhalb der ein kompakter Körper durch die inhomogenen Gezeitenkräfte des Planeten auseinanderbrechen muß, ein Umstand, der als hauptsächliche Randbedingung für die Existenz des Ringsystems gegolten hat. »Die Saturnringe dürfen getrost als haarsträubend bezeichnet werden.« Das zeigte sich insbesondere bei dem F-Ring, den die Voyager Sonden I und II im Abstand von 9 Monaten fotografieren konnten. Binnen dieser Zeit hatte sich der F-Ring von einem »gegen jede vernünftige Regel der Himmelsmechanik« inhomogenen, »verklumpten« Gebilde zu einem homogenen Ring umgewandelt. (Waldrop 1981, 1349) Und als sollten die Theoretiker noch mehr verhöhnt werden, konnte eine Störung in der Enckeschen Teilung des A-Ringes beobachtet werden, die ohne erkennbare Ursache eine eigenwillige Dynamik entwickelte. Die Feinstruktur der großen Ringe wirkt wie die Rillen eine Schallplatte. Man hatte stets angenommen, daß größere »moonlets« in den Mikroringen kreisen müßten, wodurch die Kleinpartikel auf diesen hochgradig geordneten Bahnen gehalten werden sollten. »Doch nach 3-tägigem gründlichem Auswerten der von Voyager 2 zur Erde gesandten hochaufgelösten Bilder mußten die Theoretiker aufgeben: Diese Minimonde waren einfach nicht zu finden.« (ibid., 1349) Eine umgekehrte Situation gilt für den A-Ring. Fünf kleinere Monde stehen an seinem Rand. Ihre Anziehungskräfte hätten den Ring binnen 10 Millionen Jahren ausdünnen und durch Übertragung des Drehimpulses der Ringpartikel die Monde nach außen tragen müssen. (Kerr 1986) Im B-Ring bilden sich »spokes«, d.h. radial ausgerichtete Verdichtungen, die optisch gut zu erkennen sind. In einer Zeitlupenaufnahme war zu erkennen, »daß in dem Maße, wie die älteren spokes dahinschwanden, sich neue bilden, die binnen zwölf Minuten sich in radialer Richtung über eine Distanz von 20.000 Kilometern über die Ringoberfläche ausbreiten.« (ibid., 135 1) Zweifellos gibt es eine Wechselwirkung mit dem Magnetfeld von Saturn, die für die Feinstruktur der Ringe und deren Dynamik mitverantwortlich ist. (vgl. auch Brandt/Bodner 1981)

Das Ringsystem kann nicht über die besagten 4.6 Milliarden Jahre hinweg existiert haben, eine Folgerung, die noch Anfang der achtziger Jahre als eine völlig »abstoßende Philosophie« (Kerr 1982) galt. Bemerkenswerterweise war O.Struve 1853 nach Auswertung von Beobachtungsdaten aus dem Zeitraum zwischen 1657 und 1851 zu der Auffassung gekommen, daß die Ringe A und B auseinanderfließen müssen und der C-Ring binnen 125 Jahre die Saturnoberfläche berührt, was sich nicht bestätigt hat (Alexander 1962). Auch Napier und Clube haben aus einer Zusammenstellung von späteren Beobachtungsdaten den Eindruck »einer außerordentlich raschen Entwicklung der Ringkonfiguration (mit einer charakteristischen Zeitdimension von 100-1000 Jahren)« gewonnen. (Napier/Clube 1979)

W.-H.Ip (1988) konstatiert »einen außerordentlich kurz zurückliegenden Ursprung« der Ringe und vermutet in ihnen die Überreste eines kleineren Satelliten, der durch einen katastrophischen Einschlag zerstört worden ist. Diese Annahme führt allerdings zu einem grundlegenden Problem. Eine Abschätzung der Trefferwahrscheinlichkeit aus der Kraterverteilung innerhalb des Satellitensystems legt einerseits die Vermutung nahe, daß ein solches gewaltiges Ereignis so unwahrscheinlich ist, daß sein Eintreten wirklich nur alle paar Milliarden Jahre stattfinden dürfte. Der Kandidat für die Zerstörung hatte also gute Chancen, die Jahrmilliarden bis in die kosmisch jüngste Vergangenheit zu überstehen. Aber warum soll das Ereignis dann überhaupt, und vor allem quasi erst »gestern« eingetreten sein? Das scheint eine der grundlegenden methodischen Fragen des Katastrophismus zu sein, die viel von ihrer Schärfe verliert, wenn auf die gängigen Milliarden von Jahren, die für eine langsame, nicht-katastrophische Entwicklung nun einmal gebraucht werden, verzichtet wird. E.M.Drobyshevski sieht in den Ringen die Überreste des vermutlich vor weniger als 4000 Jahren explodierten Saturnmondes Titan (vgl. weiter unten).

Keines der Satellitensysteme der vier großen Planeten wird durch den Begriff »Eis« so gut beschrieben wie das des Saturn. Die Monde des Saturn nehmen hinsichtlich ihrer Größe und Dichte einen Platz zwischen den Galileischen Satelliten und den Asteroiden ein. »Sie repräsentieren eine einheitliche Gruppe von Objekten - kleine Satelliten aus Eis.« (Plescia et al. 1983/1983a) Es sei denkbar, daß ein ursprüngliches Satellitensystem wie das des Jupiters vorhanden gewesen sei, bis ein Kometenschauer dem System ein Ende bereitet habe. »Ein größerer Komet, vielleicht 200 Kilometer im Durchmesser, würde es in Stücke zerschlagen haben. Erst später, als dieses Bombardement zu Ende ging, konnten dann die Fragmente sich zu



den kleineren Satelliten, die wir heute zu sehen bekommen, wiedervereinen... Es besteht die Möglichkeit, daß all die kleineren Satelliten - inklusive der Ringe - nur die Fragmente des ursprünglichen Systems darstellen.« Die meisten Satelliten weisen Krater bis nahe an die Größenordnung auf, die ein Auseinanderbrechen bewirken kann. Die Oberflächen von Thetis, Dione, Rhea und Mimas bestehen aus reinem Wasser. Die des Enceladus ist so hell, so arm an Einschlagskratern und offensichtlich jetzt noch geologisch aktiv, daß von einer ganz jungen Oberfläche ausgegangen werden muß. (McKinnon 1985, 846) Seine Bahn liegt innerhalb der größten Materiekonzentration des E-Ringes, der hauptsächlich aus gefrorenen Wassertropfen zu bestehen scheint und ohne Materienachfluß sehr schnell verschwinden müßte. Die Partikel des E-Ringes »sind im Zusammenhang mit der hellen, eisigen Oberfläche von Enceladus zu interpretieren, so daß sich ein sehr kurz (weniger als 10.000 Jahre) zurückliegendes Ereignis denken läßt.« (ibid., 847) Generell sei überraschend, daß die relativ kleinen Satelliten des Saturn geologisch überhaupt aktive Oberflächen aufweisen. (Plescia 1983)

Titan ist der größte Satellit des Saturn und zugleich der bislang bekannte größte Satellit im Sonnensystem zugleich. Seine Atmosphäre besteht hauptsächlich aus Stickstoff, Argon sowie Methan, das von der ultravioletten Strahlung der Sonne und hochenergetischen vom Saturn stammenden Partikeln zersetzt wird. (Baier 1989; Owen 1982) Die Zersetzungsprodukte verbinden sich teilweise zu höheren Kohlenwasserstoffen und sinken als »Manna« (C.Sagan) auf die Mondoberfläche herab. »Wie aber wird der Verlust an Methan in der Atmosphäre ausgeglichen? ... Sollte dieser Schnee aus Kohlenwasserstoffen nicht schon längst die eisige Oberfläche unter sich begraben haben?« (Waldrop 1981, 1349) Damit ist Titan neben Venus gleichfalls zu den Körpern im Sonnensystem zu zählen, deren Atmosphäre nach kosmischen Maßstäben instabil ist. Pioneer 11 entdeckte eine beträchtliche Wasserstoffwolke um Titan, zu deren Erklärung eine auf längere Zeit ausreichend ergiebige Quelle noch gefunden werden muß. (Smyth 1981, Judge et al. 1980) Eine der provokantesten Thesen zur Entwicklung von Titan hat wiederum E.M.Drobyshevski veröffentlicht. Er geht davon aus, daß Titan vor nicht ferner als 3500 bis 6000 Jahren explodiert ist, und zwar infolge der Ansammlung einer überkritischen Menge an Wasserstoff und Sauerstoff durch die weitreichende Elektrolyse des Wassereises von Titan im Magnetfeld des Saturn (vgl. S.84, im Abschnitt über Jupiter). Dieser kurze Zeitraum resultiert aus einer Abschätzung der Ab-

kühlungszeit für eine flüssige Wasserhülle des Titan einerseits und einer Retrokalkulation der Bahn des Asteroiden Chiron andererseits, der eines der größeren Fragmente aus der Explosion der Eishülle von Titan sein könnte. Die Bahn dieses erst 1977 entdeckten, etwa 200 Kilometer großen Himmelskörpers habe sowohl vor ca. 3500 Jahren als auch vor etwa 6000 Jahren in die unmittelbare Nähe von Saturn geführt. »Ausgehend vom Ergebnis aus der Rückrechnung von Chirons Bahn, sollte sich die Explosion vor nicht fernerer Zeit als 3.500-6.000 Jahren ereignet haben.« (1981, 38) Diese Überlegungen sollten hinsichtlich der üblichen Platzierung wesentlicher Ereignisse in die »Frühgeschichte« des Sonnensystems nachdenklich stimmen.

### 11. AM RANDE DES SONNENSYSTEMS: ES WIRD IMMER RÄTSELHAFTER

Der mittlere Abstand von Uranus, des nächsten auf Saturn folgenden Planeten, zur Erde beträgt rund 3 Milliarden Kilometer. Funksignale von der Erde benötigen also bereits bis zu drei Stunden. Neben den schon länger bekannten fünf großen Satelliten wurden durch Voyager 2 noch etliche kleinere Monde entdeckt. Die Feinstruktur des Ringes konnte auf etwa 10 getrennte Bereiche bestimmt werden.

Die Rotationsachse des Planeten liegt fast parallel zur Bahnebene, denn der Winkel zwischen Bahnebene und Rotationsachse mißt 98 Grad. Der Planet rollt gewissermaßen wie ein Faß auf seiner Bahn dahin. Bemerkenswerterweise sind die Bahnebenen aller großen Satelliten des Uranus ebenfalls um diesen Betrag gekippt, d.h. sie liegen alle auf der Äquatorebene des Planeten. Daraus wird für gewöhnlich geschlossen, daß sich das Satellitensystem erst gebildet hat, nachdem die Achsausrichtung den heutigen Stand eingenommen hat. Am wahrscheinlichsten gilt die Kollision des Uranus mit einem Riesenkörper, der die Rotationsachse verschoben und zugleich die Heraussprengung der Satellitenkörper verursacht hat. (Cameron 1975) Derartige Modelle sind allerdings mit mehreren Problemen konfrontiert. Alle Entstehungstheorien, die auf der gemeinsamen Bildung der Planeten aus dem Urnebel der sich verdichtenden Sonne basieren, lassen Planeten jenseits der Saturnbahn nur sehr langsam, frühestens innerhalb von 4 bis 5 Milliarden Jahren, entstehen. (vgl. S.49f) Die Kollision des Uranus, die zur Heraussprengung seines Satellitensystems geführt haben könnte, hätte sich also erst in jüngster Vergangenheit ereignet. Außerdem ist auch nicht gut

zu verstehen, wie eine solche Kollision dann innerhalb so kurzer Zeit zu einem derart geordneten Satellitensystem führen kann. Die uniforme Ausrichtung der Bahnebenen der Satelliten verträgt sich nicht mit einem völlig zu & Wgen Vorgang wie dem Heraussprengen infolge einer Kollision. Deswegen stellt sich auch hier die Frage nach einem geeigneteren Evolutionsprinzip für die Satellitenbahnen. Von der Newtonschen Mechanik ist es nicht zu erwarten, da in ihrem Rahmen viel zu viel Zeit bei der Ausrichtung der Bahnen verstreichen muß.

In jedem Falle gelten die etwa 10 Ringe des Uranus, die sich innerhalb der Bahn des planetennächsten Satelliten Miranda befinden, als ausgesprochen jung. (Smoluchowski 1979) Ein wesentlicher Bestandteil dieser Ringe ist feiner Staub, dem aber wegen des starken Gasstromes vom Planeten nur eine mittlere Verweildauer in den Ringen von längstens tausend Jahren zugesprochen werden kann (Kerr 1986). »Tatsächlich müssen alle Bestandteile des Ringsystems von Uranus deutlich jünger als das Sonnensystem sein. Unsere Lösung für dieses Phänomen derart kurzer Lebensdauer verlangt, daß der Staub, die Ringe und auch die kleineren Monde kontinuierlich durch das Auseinanderbrechen größerer Körper produziert wird.« (Esposito et al. 1989, 605)

Das Satellitensystem des Uranus wird durch die fünf großen Monde mit Durchmessern zwischen 500 (Miranda) und 1800 Kilometern (Oberon) geprägt. Die Bahnen dieser Monde zeigen keinerlei nennenswerte harmonische Beziehungen, wie sie etwa für das System der Galileischen Monde existieren, und scheinen deshalb noch keine längere Evolution durchgemacht zu haben. (Peale 1988, 153) Solche »Kommensurabilitäten« zwischen den Bahnelementen der Satelliten wirken sich in punktuell starken Gezeitenwechselwirkungen aus. Diese führt stets zur Entwicklung von Wärme, was so weit gehen kann, daß ein Erhitzen des Inneren bis zum Aufschmelzen der Oberfläche möglich wird. Dieser Effekt müßte, so S.J. Peale, bei den beiden kleineren Satelliten am Werke gewesen sein, da sie im Gegensatz zu den anderen dreien keine nennswerten Einschlagskrater aufweisen. (auch Stone/Miner 1986; Storm 1987; McKinnon 1985) Die Berechnung hypothetischer Bahnbeziehungen der Satelliten zueinander führt aber in keinem Fall zu einer ausreichenden Energieübertragung auf den kleinen Satelliten Miranda. Es sind also wirkungsvollere Mechanismen gefragt als das langsame »Aufkochen« infolge bestimmter Bahnbeziehungen zwischen den Monden. Noch ist völlig offen, worin der Mechanismus der Erhitzung liegen könnte. Vielleicht sind die Satelliten lediglich zu ver-

schiedenen Zeiten eingefangen, oder durch die Nahbegegnung mit einem vorbeiziehenden Himmelskörper oder durch dessen Einschlag erhitzt worden. »Eine eher gewaltsame Vergangenheit« (Peale 1988, 169) ist in jedem Fall zu vermuten, da alle »zahmen« Evolutionsszenarien mit der kurzen Zeitvorgabe, die sich nicht zuletzt der Instabilität des Ringsystems und der vermuteten sehr späten Bildung des Planeten verdankt, nicht zurecht kommen.

Neptun wurde 1846 entdeckt und liegt bereits soweit von der Sonne entfernt, daß er seit seiner Entdeckung durch die Menschen nicht einmal eine Kreisbahn vollständig durchlaufen hat. Sowohl Lalande (1795) als auch Galilei (1612/13) wird seine Vorabentdeckung nachgesagt. Allerdings weicht Lalandes Positionsbestimmung um 7 Bogensekunden und die des Galflei um eine Bogenminute von den jeweils zurückgerechneten Positionen ab. Man kann es als Hinweis werten, daß entweder die Bahnelemente dieses Planeten noch nicht einwandfrei bestimmt werden konnten (Kowal/Drake 1980; dagegen Rawlins 1981 und Standish 1981), oder daß die Neptunbahn sich in einer relativ raschen Entwicklung befindet.

1977 starteten zwei Raketen mit jeweils einer Voyager Sonde im Gepäck zu einer großen Reise durch das Sonnensystem. Während das Trägersystem für Voyager 2 einwandfrei arbeitete, erreichte das für die Voyager 1 Sonde nach einem vorzeitigem Ausfall der ersten Brennstufe erst 3.4 Sekunden vor dem Ausbrennen der letzten Stufe die nötige Fluchtgeschwindigkeit. Wären die Trägersysteme vertauscht gewesen, hätte die erzielte Geschwindigkeit für einen erfolgreichen Abschluß der Voyager 2 Mission nicht gereicht, denn diese Sonde sollte nicht nur an Jupiter und Saturn vorbeifliegen, sondern in einem komplizierten und genau austarierten kosmischen Billardspiel über eine Begegnung mit Uranus auch Neptun erreichen. Diese Flugroute entlang einer speziellen Konstellation der großen Planeten kann nur alle 176 Jahre während weniger Wochen gestartet werden. Die Ausnutzung der Gravitationsbeschleunigung während des Vorbeifluges an Jupiter und Saturn machte die Reise binnen zwölf Jahren möglich. Mit dem Erreichen des Neptun waren die Funksignale mit einer Leistung von 10-16 Watt nur noch mit einer Batterie großer Antennen zu empfangen. (Beatty 1990)

Auch Neptun besitzt einen Ring, dessen Inhomogenität bereits durch irdische Messungen mehr erahnt als tatsächlich nachgewiesen werden konnte. Diese Inhomogenitäten stellten sich als große Verdichtungen des Ringmaterials heraus. Vor dem Vorbeiflug von Voyager 2 hatte man hier die Ent-

deckung einer größeren Zahl von Minimonden erwartet, die mit diesen Verdichtungen umlaufen und sie - gleichsam wie kosmische Schafhirten - »hüten« und zusammenhalten. Doch die Zahl der entdeckten Monde ist viel zu gering, um diese Verdichtungen durch »shepherding« zu erklären. Die Ringsegmente bestehen zu einem so großen Anteil aus Staub, so daß ihre Stabilität nur durch ein anhaltendes Zerstäuben größerer Partikel durch ein Bombardement aufrechterhalten werden könnte. Es müßte mehr als hundertmal stärker sein, als es im Neptunorbit zu erwarten ist.

Sowohl Uranus als auch Neptun besitzen ein Magnetfeld, das um mehr als 45 Grad zur Rotationsachse geneigt ist und dessen Quelle zudem weit vom Mittelpunkt entfernt liegt. Tendierte man bei Uranus noch zum Glauben, Zeuge einer momentanen Umkehr der Magnetfeldrichtung zu sein, »können wir jetzt kaum noch einmal den 'göttlichen Zufall' zur Erklärung bemühen«. (Beatty 1990) Schließlich ist nach der herkömmlichen Theorie über die Entstehung planetarer Magnetfelder eine annähernde Parallelität zwischen Rotationsachse und Magnetpol zu erwarten. Wenn der Magnetpol allerdings wie es nun den Anschein hat - erratisch wandern kann, wird die für die Theorie der Plattentektonik wichtige Interpretation des »crustal tape record« des irdischen Magnetfeldes fragwürdig, denn diese geht von einem periodischen Kippen um 180 Grad aus - womit, wie schon erwähnt (Kapitel II. 1), die an den mittelozeanischen Rücken vorfindlichen Magnetisierungstreifen erklärt werden.

Neptun besitzt neben seinem Ring nur zwei größere Satelliten, Triton und Nereid. Da Triton Neptun gegen dessen Eigenrotationsrichtung umkreist und seine Bahn auch noch erheblich gegen dessen Äquator geneigt ist, sieht man in diesem Satelliten einen von außen zugetretenen Spätankömmling. Celebonovic (1984) vermutet aufgrund einer Theorie von Savic, daß dieser Himmelskörper entweder in der Nähe der Bahn von Merkur oder der des Mars entstanden sein muß, verliert aber kein Wort über das Szenario der »Überführung« eines einstigen inneren Planeten in die äußere Region des Sonnensystems. Harrington und Van Flandern (1979) überlegen, daß sowohl Neptuns »chaotisches Satellitensystem«, als auch der noch weiter außen die Sonne umkreisende Pluto aus einer einzelnen katastrophischen Begegnung mit einem Körper von bis zu 5 Erdmassen entstanden ist. Obwohl Triton mit einer Oberflächentemperatur von nur noch 38 Grad über dem absoluten Nullpunkt einer der kältesten Körper im Sonnensystem überhaupt ist, scheint er noch einmal lange nach Beginn der Entstehung

des Sonnensystems zu großen Teilen aufgeschmolzen worden zu sein.  
(Kerr 1989b/1989c)

Möglicherweise läßt sich über die Entdeckungsgeschichte von Pluto mehr erzählen als über den Planeten selber. Gesucht wurde er ähnlich wie schon Uranus und Neptun, die beide mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind -, weil die von der Ellipsenform abweichenden Bahnen der äußeren Planeten durch den Einfluß der bekannten Planeten allein nicht erklärt werden konnten. Auch nach der Entdeckung des großen Neptun konnten die Störungen noch nicht vollständig mit dem nunmehr bekannten Bestand von acht Planeten erklärt werden.

1930 wurde ein von Clyde Tombaugh entdeckter kleiner Himmelskörper Is neuntes Mitglied in den Planetenreigen aufgenommen. Er wurde nicht genau an der Stelle entdeckt, an der man ihn aufgrund von Störungsrechnungen vermutete. Wider Erwarten stellte er sich als sehr lichtschwach heraus. Um die Störungen zu erklären, mußte er sehr groß sein, aber für die erwartete Größe war er einfach zu dunkel. Während Kuiper den Durchmesser von Pluto mit etwa 5 500 Kilometern ausmaß, was später noch ein wenig nach oben revidiert wurde, entfachte die Entdeckung von Harrington und Christy, daß der schwache Lichtfleck von Pluto und einem Mond erzeugt wurde und das gesamte System damit kaum 2 Promille der Erdmasse aufweisen kann, eine erneute Suche, diesmal nach dem zehnten Planeten. Christy hatte als erster eine zeitweilig auftretende Ausbuchtung des Lichtflecks auf dem Foto ernstgenommen und durch eine systematische Untersuchung von ausgesonderten, für verwackelt gehaltenen früheren Fotos eine Umlaufperiode dieser »Ausbuchtung« herausfiltern können. Der Mond Charon, im Durchmesser ungefähr halb so groß wie Pluto, war entdeckt. Pluto scheint zu etwa drei Vierteln aus Gestein zu bestehen, der Rest ist zum größeren Teil Wasser und Methan als drittgrößtem Anteil. In Charons Emissionsspektrum wurden keine Spuren von Methan gefunden, es gleicht vielmehr dem der Satelliten des Saturn.

## 12. VOM UHRWERK ZUM CHAOTISCHEN REGIME

Die Bahnebene des Planeten Pluto, ist ein Sonderfall im Planetensystem. Während die Bahnen aller anderen Planeten ziemlich genau in einer Ebene liegen, bildet Plutos Bahn zu dieser Hauptebene einen Winkel von 17 Grad mit einer hohen Exzentrizität von 0.25, wobei Plutos Umlaufbahn teilweise sogar innerhalb des Orbits des benachbarten Neptun liegt. Wenn Pluto aber

Neptuns Bahn kreuzen kann, warum sind die beiden dann noch nicht zusammengestoßen oder wenigstens so weit zusammengelassen, daß der wesentlich größere Neptun Pluto z.B. aus dem Sonnensystem herausgeworfen hat? Die Antwort erscheint einfach, birgt aber einige tiefergehende Komplikationen. Die Bahnen von Neptun und Pluto stehen in »Resonanz«, die Umlaufzeit des Pluto beträgt nämlich ziemlich genau das eineinhalbfache von der des Neptun. Das bewirkt, daß stets dann, wenn Pluto der Sonne nahe kommt, Neptun sich im »sicheren« Abstand zum kleineren Nachbarn befindet. Die beiden Planeten scheinen ein eingespieltes Team zu sein, sie bewegen sich in einer Konstellation, die anscheinend nur das Ergebnis einer sehr langen Evolution sein kann, denn solche Übereinstimmungen bilden sich in der Newtonschen Mechanik nur mühselig und akkumulativ unter ausschließlicher Wirkung von relativ kleinen Reibungseffekten in den ausgedehnten Planetenkörpern. Eine kleine Sensation war es deswegen, als G.J.Sussmann und J.Wisdom (1988) ihre Kalkulation der Plutobahn vorlegten. Die beiden berechneten diese Bahn zweimal, mit jeweils leicht unterschiedlichen Startpunkten des Pluto und fanden, daß die Bahnen nach »nur« 20 Millionen Jahren völlig auseinandergedriftet waren. Die Konsequenzen, die sich aus diesem Befund ergeben, sind weitreichend. Die gegenwärtige Bahn des Pluto wird »chaotisch« genannt, weil sie in enger Nachbarschaft zu anderen Bahnen liegt, die jeweils eine qualitativ völlig andere Zukunft bedeuten: Während es so scheint, als ob Pluto seine elliptische Bahn um die Sonne ewig beibehalten wird, können offenbar geringe Störungen - ein in weiter Entfernung vorbeiziehender Stern oder ein großer Komet - den Planeten aus diesem Rhythmus bringen und ihn in das Innere des Sonnensystems oder aus ihm heraus führen. Was passieren wird, ist aber nicht vorauszusagen. Dieses Informationsdefizit ist keine irgendwie noch zu behebende Unzulänglichkeit, sie liegt vielmehr in der Natur des chaotischen Regimes. Was für die Zukunft ausgesagt wird, gilt gleichermaßen für die Vergangenheit: Über Plutos Bahn sind sichere Aussagen nur für weniger als 1 Prozent jenes Zeitraumes zu gewinnen, der als Alter des Sonnensystems unterstellt wird. Die restlichen 99 Prozent bleiben im »Dunkel«, doch gerade sie sollen es sein, in denen sich alles Wesentliche der Entwicklung des Sonnensystems abgespielt haben soll! Diese zwanzig Millionen Jahre würden keinesfalls ausreichend Zeit für die Bildung der Planeten und ihrer Monde, die Differenzierung der inneren Planeten in Kern und Mantel und die allmähliche Evolution ihrer Atmosphäre garantieren können, sie sind, verglichen mit den üblicherweise angesetzten

Zeiträumen, kaum mehr als ein Wimpernschlag. Ist Pluto eine Ausnahme und können wenigstens über die anderen Planeten »bessere« Prognosen gestellt werden?

In einem »News and Views« Artikel in »Nature« vom 16. März 1989 kommentierte A.Milani den in derselben Ausgabe erschienenen Artikel »A numerical experiment on the chaotic behaviour of the Solar System« von J.Laskar (19 89). Dieser berichtet, daß die Bahnen der inneren Planeten chaotisch seien: »Jeweils zwei dieser Bahnen mit benachbarten Anfangswerten divergieren in Zeiträumen von fünf Millionen Jahren exponentiell.« Das ist ein Zeitraum, der etwa der bisherigen Lebensdauer der drei bekannten Elefantengattungen entspricht. Wenn diese Berechnungen der Kritik dauerhaft standhalten oder unabhängig von Laskars Methode bestätigt werden, dann ergeben sich die einschneidendsten Konsequenzen für die Theorie der Entstehung des Sonnensystems seit der Etablierung der absoluten Zeitbestimmungsmethode, die den Theoretikern schließlich Milliarden von Jahren an die Hand gab, um die Evolution des Sonnensystems »zu gestalten«. Wenn die Planetenbahnen prinzipiell chaotisch sind, dann ist jedes Modell für die Planetenevolution, das auf der uhrwerkhaften Stabilität und Kontinuität der gegenwärtigen Konstellation beruht, als grundsätzlich verfehlt anzusehen. Doch diese Konsequenz ist keineswegs bis ins Bewußtsein der Theoretiker gedrungen. So schreibt auch A.Milani am Ende des erwähnten Artikels: »Im Augenblick sind wir mit dem Rätsel konfrontiert, daß die Bahn des Pluto in zahlreiche Resonanzen gebunden und chaotisch, scheinbar aber doch über Hunderte von Millionen Jahren stabil ist. Ähnliches ist über die inneren Planeten zu sagen, die noch chaotischer zu sein scheinen, nichtsdestotrotz aber doch anwesend sind.« (Obid., 208) Diese Verwunderung beruht auf einem klassischen Zirkelschluß, denn nur die über rund zwei Jahrhunderte fortgeschriebene Gewißheit, daß das Planetensystem stabil ist, hat erst zu den Theorien geführt, die alle Planeten an ihrem gegenwärtigen Ort im Sonnensystem entstehen und sich entwickeln lassen.

Selbst bei diesem noch keineswegs ganz entschiedenen Stand der Diskussion beginnen sich ganz deutlich die grundsätzlichen Widersprüche der überkommenen Theorie der Entstehung des Sonnensystems abzuzeichnen. Ein Merkmal des Chaos ist die Unvorhersagbarkeit zukünftiger und vergangener Zustände bzw. Entwicklungen. Eine Retrokalkulation des Sonnensystems über jene Milliarden von Jahren, die für die Entwicklung des Sonnen-



systems bisher »zur Verfügung standen«, wird plötzlich sinnlos, obwohl das gerade jetzt mit der Entwicklung immer größerer und schnellerer Rechner prinzipiell möglich geworden ist (wenn auch die Berechnungen noch Monate, aber eben nicht mehr Jahre dauern). Bislang war eine »starke« Stabilität des Sonnensystems auch eine starke, eben nützliche Randbedingung, denn wenn alle Planeten stets im selben Orbit gewesen sind, ergeben sich wie von alleine starke Einschränkungen und Vereinfachungen. So kann mit einer konstanten Sonneneinstrahlung gerechnet werden. Auch die Zusammensetzung eines Urnebels ist in groben Zügen kalkulierbar, so daß man zum Beispiel einige grundsätzliche Annahmen über das Innere der einzelnen Planeten machen kann. Doch genau diese Sicherheiten sind nun verlorengegangen, die konventionelle Theorie der Entstehung des Sonnensystems steht gegen das Chaos der Planetenbahnen.

Die Unmöglichkeit der beliebig weiten Retrok211a,12t» n (der Planetenbahnen) macht die alten Wege der Theonebildung ungangbar. Die Randbedingungen der Naturgeschichte lösen sich auf. Auf den ersten Blick scheint es, als wäre nun alles möglich, weil man schier gar nichts mehr über die Anfangsbedingungen weiß. Doch lassen sich neue Indizienbeweise führen, auf Wegen, die bislang wegen der einschränkenden »Forderungen« an die Gestalt des Sonnensystems gar nicht beschrritten werden konnten.

Ein Beispiel ist der »cratering record« des Sonnensystems. Über die Kraterbildung auf den inneren Planeten Merkur, Mars und Mond sowie den Satelliten der äußeren großen Planeten ist genau Buch geführt worden, soweit die Sondenmissionen das erlaubten. Es ergeben sich für die einzelnen Himmelskörper charakteristische Kurven für die Abhängigkeit zwischen Kratergröße und Einschlagshäufigkeit. Danach lassen sich auch unterschiedliche Episoden der Bombardierung unterscheiden. Das einigermaßen Verblüffende dieses »record« besteht nun darin, daß die Satelliten des Saturn einerseits und die inneren Planeten andererseits vergleichbare Verhältnisse zwischen Kratergröße und Einschlagshäufigkeit wenigstens für eine Bombardierungsepisode aufweisen, nicht aber die Satelliten des Jupiter, die schließlich zwischen Saturn und den inneren Planeten liegen. (vgl. Strom 1987) Natürlich kann man annehmen, daß allein die Satelliten des Jupiter noch eine weitere Bombardierung erfahren haben, die diese Spuren wieder verwischt hat, oder daß das fragliche primäre Bombardement nur kurz und zu einer Zeit stattgefunden hat, in der sich Jupiter mit seinen Satelliten gerade außerhalb der Flugbahn der durch das Sonnensystem ziehenden Körper befunden hat. So etwas läßt sich gewiß inszenieren, aber es

ist eine umständlichere und deshalb letztlich unbefriedigendere Annahme. Einleuchtender wäre die Hypothese, daß Saturn und Jupiter auf ausgetauschten Bahnen um die Sonne liefen, wodurch die Satelliten des Jupiter schlicht außerhalb der Reichweite des fraglichen Bombardements waren. Was bislang als schiere Zumutung oder gar als »Verletzung von Naturgesetzen« zurückgewiesen werden konnte, die Änderung der Planeten- und Satellitenbahnen als Bestandteil der Geschichte des Sonnensystems, wird sich angesichts der erwähnten Ergebnisse aus den Stabilitätsbetrachtungen als ein notwendiges Element zukünftiger Geschichten des Sonnensystems herausstellen. Der Konsens der Unantastbarkeit der Struktur des Planetensystems (aber auch der Satellitensysteme der großen Planeten) gehört bereits jetzt zur Konkursmasse der gescheiterten gradualistischen Theorie des Sonnensystems. Auch im Rückblick auf die Diskussion der vergangenen zehn Jahre läßt sich erkennen, daß bereits die zahlreichen Kollisionsszenarien zur Erklärung unterschiedlichster planetarer Eigenschaften mit Nachdruck auf eine Änderung des Orbits verwiesen, da die beim Aufprall des Irläufers freiwerdende Bewegungsenergie niemals vollständig in Wärme umgewandelt wird. Ein solches Ereignis muß damit automatisch zu einer Änderung des Orbits des getroffenen Planeten führen.

Sollten die Planetenbahnen prinzipiell chaotisch verlaufen, dann würde damit unser Weltbild radikal durcheinandergebracht. Eine solche »Freiheit« läßt uns schwindeln. Kann das Sonnensystem sich wirklich in so relativ kurzen Zeitabständen umordnen und neu formieren? Würden nicht sämtliche Entwicklungsreihen der Geologie und Biologie - die doch alle den heutigen Abstand der Erde von der Sonne und außerdem eben fürchterlich viel Zeit »brauchen« durcheinandergeraten? So dramatisch, wie es auf den ersten Blick erscheint, ist es nun doch nicht. Selbst wenn die Voraussagbarkeit der Planetenbahnen für Zukunft wie Vergangenheit nach wenigen Millionen Jahren endet, bedeutet das nicht automatisch, daß zu diesem Zeitpunkt eine Umordnung im Sonnensystem stattgefunden hat. Der Verlust der Determinierung für den Theoretiker zieht nicht notwendig den realen Einzug des Chaos nach sich. Wir müßten uns allerdings daran gewöhnen, daß nicht mehr ausschließlich das Spendieren von verschwenderischen Mengen an Zeit für die Erzeugung von Entwicklungsreihen ausreicht, die wir auf dem Hintergrund der heute bekannten Zustände rekonstruieren.

### 13. DIE STABILITÄT DES SONNENSYSTEMS UND DAS ALTER DER ERDE

»Unsere Unwissenheit nutzt die Natur in der Regel nicht zu aufsässigen Verhalten aus.« So banal oder gar überflüssig diese Aussage sein mag, so verlockend mag ihre Umkehrung für die »aufgeklärte« Wissenschaft erscheinen, die ein Nichtwissen kaum hinzunehmen bereit ist. Speziell in der Astronomie verfährt sie nach dem Grundsatz: »Sollten die Planeten sich einmal nicht sklavisch an den Kontrakt halten, der sie wie die Zahnräder eines Uhrwerkes in das ewige Spiel des Umlaufes einbinden, dann bricht unausweichlich das Chaos aus. Und da wir kein Chaos sehen, außerdem offensichtlich ja immer noch existieren, kann es auch nie stattgefunden haben.« Diese Denkfigur liegt der »Theorie der Himmelsbewegungen« zugrunde, seit das Sonnensystem das erstemal als unabhängig von einem Schöpfer entstanden gedacht wurde. Diese Haltung sowohl des harten Kerns der Wissenschaftler als auch ihres Publikums ist es, die J.Lighthill in einem kürzlich erschienenen Papier anspricht, wenn er in Form einer feierlichen Abbitte schreibt: »Ich spreche wohl für die Hälfte der globalen Gemeinschaft praktizierender Wissenschaftler der Mechanik. Wir müssen eine kollektive Entschuldigung dafür aussprechen, daß wir das wissenschaftlich interessierte Publikum irregeleitet haben, indem wir immer noch deterministische Vorstellungen über Systeme, die durch die Newtonschen Gesetze regiert werden, verbreitet haben, obwohl dies nach 1960 als unzutreffend bewiesen worden war.« (1986, 35) Es scheint wirklich sehr schlimm zu stehen, wenn ein Wissenschaftler sich gezwungen sieht, eine so umfassende Entschuldigung abzugeben.

In der Ausgabe von SCIENCE vom 7. Juli 1989 widmet R.Pool der Chaostheorie einen engagierten Artikel: »In der Politik nennt man es Revolution; im Geschäftsleben eine unfreundliche Übernahme («unfriendly takeover»): Wissenschaftler verwenden einen sanfteren Ausdruck - Paradigmenwechsel, doch das ändert nichts an der Bedeutung eines plötzlichen radikalen Wechsels.« (1989, 26) Pool läßt einige Wissenschaftler zu Wort kommen, die an diesem Paradigmenwechsel beteiligt sind. J.Ford. »Wir stehen am Beginn einer bedeutenden Umwälzung. Unsere Art, die Natur zu beschreiben, wird sich grundlegend ändern.« Es sei die Chaostheorie, die uns mit unseren Grenzen konfrontiere. J.Yorke: »Wir neigen zum Glauben, daß Wissenschaft alles erklärt habe, wenn sie zu sagen weiß, wie so sich der Mond um die Erde bewegt. Doch diese Idee eines uhrwerkhaft-

ten Universums hat mit der realen Welt rein gar nicht zu tun.« J. Wisdom (1987, 241), der wesentlich zur Einsicht beigetragen hat, daß die Newtonsche Mechanik eben nicht eine beliebig genaue Vorhersage des Geschehens am Himmel erlaubt, formuliert es so: »Von Anbeginn an wurde Mechanik mit Vorhersagbarkeit assoziiert, ja geradezu gleichgesetzt. Die Allgemeingültigkeit der Lösungen aus den Newtonschen Gleichungen galt als so verbindlich, daß sie niemals angezweifelt wurde. Vielleicht öffneten die ganz extremen Schwierigkeiten, Lösungen für das Dreikörperproblem zu finden, die Augen für den Umstand, daß hinter der Mechanik mehr als nur diese Allgemeinplätze stecken.« Der Verstand könne auch durch seine vollzogenen Dummheiten definiert werden. So mag es vielleicht keine Überraschung sein, meint Wisdom schließlich, daß zweihundert Jahre vergehen mußten, ehe die wahre Natur der Struktur der Lösungen der mechanischen Grundgleichungen erkannt wurde.

Stabilitätsbetrachtungen für das Sonnensystem wurden - eigentlich bis heute - im Grunde nie betrieben, um die Frage »ob oder ob nicht« zu entscheiden, sondern vielmehr, um die Gewißheit, »daß«, mathematisch zu untermauern. Eine emotionslose Diskussion der Frage, ob das Sonnensystem nun stabil sei oder nicht, war in der Regel unmöglich. H. Poincaré legte 1903 mit seinen Untersuchungen zur Methodik der Stabilitätsuntersuchung den Grundstein für unsere Einsicht in die teilweise nicht determinierbare Bewegungsfigur des Planetensystems. Doch er schrieb auch: »Diese Dinge sind so bizarr, daß ich es nicht aushalte, weiter darüber nachzudenken.« (nach Breuer 1990, 56)

Das Schlagwort des »mechanistischen Weltbildes« ist längst abgedroschen, aber im Hinblick auf die Frage nach der Stabilität des Sonnensystems kann es nach wie vor mit vollem Recht polemisch eingesetzt werden. Instabilität bedeutete Chaos, und Chaos verband sich stets mit dem Undenkbaren: daß irgendein Partikel sich nicht an die der Welt eingepprägten Gesetzmäßigkeit hält. Chaos war also gleichbedeutend mit Akausalität, mit dem Ausbruch der Natur aus ihr auferlegten Zügeln. Das mechanistische Weltbild ist mit dem Satz »Die Welt besteht aus Partikeln, die sich nach dem Newtonschen Gesetz gegenseitig anziehen« hinreichend genau charakterisiert. Der Determinismus war sich seiner durch die Gleichung »Welt = Punktmassen + Gravitationsgesetz« scheinbar hundertprozentig sicher. Es ist Ironie des Schicksals, daß bereits die Vorhersage des Verhaltens von lediglich drei Punktmassen im Sinne des Determinismus nicht zu leisten ist. Heute ist Chaos kein Synonym mehr für eine Unbotmäßigkeit der Natur, an die ein

ernsthafter Wissenschaftler wohl kaum glauben kann (und auch nicht darf). Chaos ist gewissermaßen der Preis für Ordnung und damit der Preis für Beschreibbarkeit auch im wissenschaftlichen Sinne. Je komplexer das »ordentliche« System, desto ausgesuchter, desto »extravaganter« sind seine stabilen Zustände. Diese sind nicht durch eine endlose hierarchische Kette einander jeweils ähnlicher Zustände abnehmender Ordnung mit dem Urchaos verbunden. Sie sind einander gleichwertig und voneinander jeweils abrupt durch Chaos getrennt. Deshalb können sie auch nur durch »Chaos« hindurch ineinander übergehen. Grundsätzlich muß das auch für das Planetensystem gelten. Seine Ordnung ist vermutlich eine Art singulärer Zustand, der durch störende Einflüsse nicht beliebig weit »verbogen« werden kann. Bestimmte Störungen werden das System zur Auflösung und dann in einen qualitativ neuen Zustand treiben, der mit den neuen Randbedingungen - sei es ein neuer Planet oder eine Erhöhung der Dichte des interplanetaren Staubes oder etwas anderes - verträglich ist. Die große Frage, die sich dann jedoch stellt, ist die nach dem zeitlichen Rahmen, dessen eine solche Umordnung bedarf. Wie lange dauert »Chaos« am Himmel?

Obwohl das Sonnensystem noch als ein relativ unkompliziertes Gebilde aufgefaßt werden kann, haben sich an seiner Beschreibung ganze Generationen von Wissenschaftlern die Zähne ausgebissen. Ein Versuch zur Lösung der Bewegungsgleichungen für das aus der Sonne und 9 (oder auch mehr) Planeten bestehende System ist nicht nur denkbar kompliziert, ihm kann aus prinzipiellen Gründen auch gar kein Erfolg beschieden sein. Es lassen sich grundsätzlich keine 9 vollständigen Lösungen für die Bewegungen der 9 Planeten aus dem zugrundegelegten System gekoppelter Differentialgleichungen erzielen. Selbst für das Dreikörperproblem gibt es nur vollständige Lösungen unter bestimmten außerordentlich einschränkenden Randbedingungen. ist eigentlich verwunderlich, denn für zwei Körper kann man elegant und auf einer Seite Papier den Lösungsweg beschreiben. Man stößt dann auch auf die berühmten Kegelschnitte und die drei Keplerschen Gesetze.

Die erwünschten Lösungen würden den Weg des jeweiligen Planeten im Raum in Abhängigkeit von der Zeit angeben, mit jeweils zwei Integrationskonstanten, die für die einzelnen Planeten aus ihrer Lage und Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmt werden können. Wenn aber jeder Planet auf alle anderen Planeten einwirkt, müssen daraus sehr komplexe Bahnen resultieren, obwohl doch alle Planeten auf einer mehr oder weniger langgezogenen Ellipse um die Sonne zu kreisen schei-

nen. Ein erster Ausweg aus dem Dilemma, diese Lösungen nicht direkt errechnen zu können, besteht in der Betrachtung von Störungen der beobachteten Bahnen. Es wird dazu angenommen, daß die Planetenbahnen im Prinzip schon die Ellipsen sind, auf denen sie sich ja auch bei nicht allzu genauer Betrachtung zu bewegen scheinen, und man widmet nur noch den Abweichungen davon eine besondere Aufmerksamkeit. Wären die existierenden Ellipsen auch die »wahren« Lösungen, so würde sich das System von Differentialgleichungen, das sich einer direkten Lösung entzieht, zu redundanten algebraischen Gleichungen reduzieren. Aber sie sind es nicht, und deswegen gehen die Gleichungen nicht ganz auf, es bleiben Differentialgleichungen für den »Rest«, für die Abweichungen übrig. Nun kann man annehmen, daß die »wahre« Natur dieser Störungen allenfalls aus einer begrenzten Anzahl periodischer Schwingungen besteht, und kann anhand dieser Vermutung erneut versuchen, eine Lösung diesmal für die Störungen zu erraten. Dieser Lösungsansatz muß einen mathematischen Ausdruck enthalten, der über das »Aufschaukeln« oder das »Ausdämpfen« der Störungen entscheidet und dem naturgemäß besondere Aufmerksamkeit gilt. Seine zeitliche Entwicklung entscheidet nämlich über die Stabilität oder die Instabilität der gesamten Lösung. »Stabilität« läßt sich mehr oder weniger restriktiv definieren. Man kann die Störungen nur darauffiin untersuchen, ob die Bahnelemente sämtlich unterhalb eines maximalen Wertes bleiben, was allerdings immer noch ein zukünftiges Überschneiden der einzelnen Bahnen innerhalb einer eingrenzenden Kugel bedeuten könnte. Restriktiver wäre ein zweites Kriterium, daß nämlich alle Planetenbahnen sich nur innerhalb von konzentrischen Kugelschalen bewegen dürfen, die sich dann gegenseitig nicht berühren bzw. schneiden. Etwas subtiler ist ein drittes Kriterium, bei dem nur noch verlangt wird, daß sich alle Planeten in bestimmten Zeitabständen in ungefähr derselben Position wieder einfinden sollen. Je nachdem, wie eng dieser Zeitraum und wie genau diese Positionswiederkehr gefaßt wird, spricht man dann von strenger oder schwacher Stabilität. Doch dieses Kriterium findet nur in speziellen Fällen Anwendung und spielt hier in der weiteren Betrachtung keine Rolle mehr. Die mit diesem Problem befaßten Mathematiker verwendeten jeweils unterschiedliche Stabilitätsdefinitionen. Wegweisend waren die Berechnungen des Franzosen Pierre Simon Laplace von 1773 und 1784, dessen Urteil im Sinne der relativ strengen zweiten Definition auf »stabil« lautete. Seine Berechnungen galten bis ins ausgehende neunzehnte Jahrhundert als Maßstab und Vorbild für die mathematische Behandlung des Stabilitätsprob-

lems. Erst Poincaré kritisierte die verwendete Methode in einem mehrere Buchbände umfassenden Werk. Grob gesagt waren die Ansätze für die Störungen, deren Divergenz (das »Aufschaukeln«) oder Konvergenz (das »Ausdämpfen«) über die Stabilität (in welchem Sinne auch immer) entscheidet, nicht weitgehend genug untersucht worden. Die Störungsansätze waren keine einfachen Funktionen, sondern Summen mehr oder weniger komplexer Funktionen (sog. Newcomb Serien). Laplace hatte aber nur die ersten beiden Elemente dieser Summe berücksichtigt und ihre »Konvergenz« festgestellt. Damit hatte er seine Untersuchung aber zu früh abgebrochen, denn wenn nun der Rest der Summe groß zu werden beginnt, folgt automatisch eine nicht mehr zu vernachlässigende Bahnstörung, eine Möglichkeit, die er durch seine Untersuchung gerade ausschließen wollte. In der Tat divergiert nun die besagte Summe, wenn zwischen den Bahnelementen bestimmte Wechselwirkungen auftreten, sogenannte Resonanzen, die letztlich zur Störung der Planetenbahnen führen müssen. Diese »Resonanzen« sind vielleicht am besten zu verstehen, wenn man sich die Bewegung eines Planeten aus der Überlagerung lauter streng periodischer Einzelbewegungen zusammengesetzt vorstellt' wobei diese Perioden bis in die Millionen Jahre gehen können. Wenn die Wiedergabe der realen Bahn durch die Kombination einer endlichen Anzahl periodischer Einzelbewegungen gelingt, dann spricht man von einer »quasiperiodischen Bewegung« des Planeten. Eine Resonanz tritt auf, wenn das Verhältnis zwischen den Frequenzen derartiger periodischer Einzelbewegungen zweier oder mehr Körper jeweils durch einen Bruch gerader Zahlen wiedergegeben werden kann. Eine solche Resonanz zwischen den einzelnen Bewegungselementen führt zu einer Verstärkung der Wechselwirkung, gewissermaßen zu ihrer Aufsummierung, und die Bahnen erscheinen instabil in dem Sinne, daß die Ansätze für die Störungen groß zu werden beginnen. Sie müssen gewissermaßen die Hauptlast bei der Beschreibung der Planetenbahn übernehmen. Dafür sind sie aber nicht angesetzt worden und auch nur noch unökonomisch zu handhaben. Tritt diese Situation erst einmal ein, dann geht es auch nicht mehr um die exakte Beschreibung, sondern nur noch um die Feststellung, daß das System mit den quasiperiodischen Ansätzen für die Hauptanteile der Bewegung nicht mehr zu beschreiben ist. Es ist instabil und wird sich auf eine mit der gewählten Methode nicht mehr nachvollziehbare Weise entwickeln.

Bereits in den fünfziger Jahren unseres Jahrhunderts wurde von A.E.Roy und M.W.Ovenden (1954; auch Goldreich 1965) auf das häufige Auftreten

von Resonanzen oder »commensurabilities« zwischen den Bahnelementen vieler Planeten hingewiesen. Aus diesem Grunde wurden viele Computersimulationen durchgeführt, die die Evolution solcher Konstellationen aus beliebigen Anfangsbedingungen untersuchten (Dermott 1973; Hills 1970; Lecar 1973; Molchanov 1969; Nobili 1989; Pletser 1988) Tatsächlich scheinen solche Systeme diese Resonanzen aus sich herauszubilden. Dem Umstand, daß eben diese Resonanzen die Vorbedingung für eine Instabilität des System sind, wurde erst später Aufmerksamkeit geschenkt. Immerhin fanden Kolmogorov, Arnold und Moser eine besondere Klasse von Lösungen für das N-Körper-Problem, die doch aus konvergierenden Lösungen (sog. »conditionally periodic solutions«) bestehen. (Arnold 1984; Moser 1978) Es zeigte sich aber bereits, daß die mit dem Computer während des LONGSTOP-Projektes errechneten Bahnformen der großen äußeren Planeten durch diese speziellen konvergenten Lösungen nur schlecht anzunähern waren. »Deren Verhalten ist nicht als 'conditionally periodic' zu bezeichnen, sondern viel eher durch eine chaotische Lösung ... beschreibbar. Für die inneren Planeten fand Laskar, daß ein 'conditionally periodic model'

überhaupt nicht greift, was auf ein erhebliches chaotisches Regime hinweist.« (Milani 1989, 207)

Seit den Arbeiten von Poincard wußten die Himmelsmechaniker um die Komplexität des Problems, »ohne jemals an den Punkt zu gelangen, an dem eindeutig festzustellen gewesen wäre, ob das System nun stabil ist oder nicht.« (Nobili 1989, 313) Den Nichtinsidern hingegen schien schon immer klar gewesen zu sein, daß der Fall längst entschieden worden ist, »und deshalb kann man immer wieder auf Astronomen stoßen, die zwar keine Himmelsmechaniker sind, nichtsdestotrotz aber aussagen, daß es ja wohl allgemein bekannt sei, daß eine Millionen von Jahre währende Stabilität des Sonnensystems längst bewiesen worden ist.« (Roy 1985)

Viele Wissenschaftler bemängeln also mittlerweile, daß das Problem der Stabilität des Sonnensystems vorschnell und offensichtlich nicht ohne ideologisch beeinflusste Motive zu den Akten gelegt worden sei. Das Urteil »stabil« ist obendrein falsch. Obwohl der gesamte Befund langsam aber sicher in das Bewußtsein der Wissenschaftler und des wissenschaftlich interessierten Publikums dringt, sind immer noch viele, teils zentrale Aspekte der Naturgeschichte nachhaltig von der Auffassung einer endlosen und un gefährdeten Entwicklung infiziert. Am deutlichsten wird dies in der seit Jahrhunderten geführten Debatte über das Alter der Erde, in der eine



selbstsicher präsentierte Theorie zu einem explosionsartigen Anstieg des Erdalters geführt hat.

Es muß erneut daran erinnert werden, daß es vor allem der Zeitbedarf der neuen uniformitaristischen Biologie und Geologie war, durch den die zu verhandelnde Zeitskala in allen Wissenschaftsbereichen in den Milliardenbereich gedrückt wurde. Dies ist besonders gut anhand eines Kapitels der Wissenschaftsgeschichte zu sehen, das mit »Die Abkühlung der Erde und ihr maximal mögliches Alter« überschrieben sein könnte. Mitte des vergangenen Jahrhunderts fußten die Debatten über das Erdalter vor allem auf Berechnungen der Zeit, die eine einst heiße und flüssige Erde benötigte, um zu einer kalten Kugel zu erstarren, auf der Leben dann nicht mehr möglich wäre. Ohne zusätzliche Wärmequellen außer der Sonneneinstrahlung, so lautete die allgemein akzeptierte Annahme, könnte die Erde nicht auf ewig das für die Biosphäre entscheidende warme Klima aufweisen.

Thomson, der spätere Lord Kelvin, war der Unruhestifter unter den Geologen und Biologen, die sich mit dem Gedanken einer schier endlos vorhandenen Zeit zur Entwicklung der geologischen Formationen und der Lebensformen angefreundet hatten. Thomson berechnete die Abkühlungszeit einer anfänglich geschmolzenen Erde, die ihre Wärme im Laufe der Zeit in den kalten Weltraum abstrahlt und kam auf einen Zeitraum von nicht mehr als 20 bis 40 Millionen Jahren. (Ein Jahrhundert zuvor war Buffon mit einem ähnlichen Modell noch auf weniger als 100.000 Jahre gekommen.)

Thomsons Arbeit erschütterte die Geologen, die mit diesem Zeitraum kaum ein paar Meter Sediment, geschweige denn die allmähliche Bildung der Gebirge zustande bringen würden. Und sie schockte die Biologen. »Für Darwin war Thomson ein hassenswerter Unruhestifter, dessen chronologische Ansichten dem zurückgezogenen Naturforscher die ernsthaftesten Sorgen bereiteten.« (Badash 1989, 79) Die einzige andere quantitative Methode zur Bestimmung des Erdalters stammte von John Joly, der 1899 eine Arbeit über die Zunahme des Salzgehaltes in den Weltmeeren durch Auswaschung der Flußufer veröffentlichte. Er kam auf 100 Millionen Jahre für das maximale Erdalter und dieser Zeitraum war zur Jahrhundertwende auch die allgemein akzeptierte Größe unter Geologen. Hatte der Physiker Thomson die Naturgeschichtler beunruhigt, so waren es erneut Physiker, die den um mehr Zeit ringenden Geologen und Biologen zu Hilfe kamen. 1903 stellten Pierre Curie und Albert Laborde fest, daß Radium genügend Hitze entwickelt, um Wassereis von demselben Gewicht innerhalb einer Stunde zu schmelzen. Diese Entdeckung begründete zwei eminent wichti-

ge Forschungsrichtungen. Zum einen war damit die Wärmequelle entdeckt, die das »vorzeitige« Abkühlen der Erde aufhalten könnte. Die Radioaktivität der Gesteine schien jene Wärmequelle zu sein, die seit je das Auskühlen verhindert und die Erdoberfläche auf konstanter Temperatur gehalten haben könnte. Zum anderen wurde mit dieser Entdeckung die absolute radio-metrische Altersbestimmung ermöglicht, die das Erdalter binnen weniger Jahre um den Faktor 10.000 hochschnellen ließ. Damit war der Bann für den Uniformitarismus in Biologie und Geologie endgültig gebrochen. Mit der wissenschaftlich gesicherten Existenz der Erde seit vielen Milliarden Jahren ließen sich ungehindert die Entwicklung der Arten und die Ausformung der Erdgestalt durch gemächliche Ansammlung und Ausprägung kleinster Änderungen in Szene setzen.

Die neuesten Erkenntnisse bezüglich der Stabilität des Sonnensystems stellen das alles nun von Seiten der Himmelsmechanik wieder in Frage, obwohl hier der »Bewußtseinsstand« noch vollständig von dem uniformitaristischen Gedanken infiziert zu sein scheint. Obwohl die Indizien für eine Vorhersagehorizont sprechen, der sogar wieder unterhalb der Thomson-schen Marke von 40 Millionen Jahren gelandet ist, versichern Nobili et al., »daß das Sonnensystem makroskopisch gesehen stabil ist - sicherlich für einige Milliarden Jahre -, denn es ist ja schließlich noch da«, und R.A.Kerr, der in einem Artikel für SCIENCE (1989, 144) die Frage »Durchzieht Chaos das Sonnensystem?« stellt, beschwört doch nur den uniformitaristischen Geist, wenn er jenes Chaos zwar als denkbar, aber letztlich doch als nicht real beschreibt: »Das Überdauern eines offensichtlich geordneten Systems der Planetenbahnen für 4.5 Milliarden Jahre scheint doch wohl dagegen zu sprechen.« Wie dieses Bild von einem »offensichtlich geordneten System der Planetenbahnen« aufrechterhalten werden kann, möchte man nicht nur angesichts der jüngsten desillusionierenden Ergebnisse der Stabilitätsuntersuchungen wissen, denn die Planeten weisen schon von sich aus so viele Charakteristika auf, daß ihre Erklärung ohne die Hinzunahme eines gehörigen Quantums »Chaos« immer weiter ins Dunkel rückt. Die Himmelsmechanik habe von Anbeginn an die »eindrucksvollsten Belege« für die Erkenntnis einer von Naturgesetzen beherrschten Welt geliefert. (Küppers 1990, 29) Diese geachtete Stellung verdankt sie ganz offensichtlich der Betonung der Regelmäßigkeit der Planetenbewegungen. Die Himmelsmechanik sollte erneut Vorreiterin der Wissenschaft sein, indem sie jetzt den Gedanken einer von Brüchen gekennzeichneten Naturgeschichte vorantreibt.

#### 14. EINIGE SPEKULATIONEN ÜBER NEUE EVOLUTIONSKRITERIEN IN DER HIMMELSMECHANIK

Das strapaziöse Thema »Stabilität des Sonnensystems« ist noch nicht endgültig abgehandelt. Es muß noch ein Widerspruch zur Sprache kommen, der bereits einige Male angedeutet worden ist: Das scheinbar friedliche Nebeneinander zwischen der offensichtlichen Geordnetheit des Planetensystems und der gleichzeitigen Existenz von »Resonanzen«, die diese Ordnung eigentlich bedrohen, weil sie das System ins Chaos treiben. (Goldreich 1965; Molchanov 1969; Nobili 1989; Wisdom 1983/1987a) Es ist besonders für uniformitaristisch eingestellte Himmelsmechaniker ein unbefriedigender Zustand, die Stabilität des Sonnensystems angesichts der zahlreich auftretenden Resonanzen zwischen den Bahnelementen der Planeten bzw. deren Satelliten zu diskutieren, denn diese Resonanzen sind es schließlich, die die Wahrscheinlichkeit von Chaos im Sonnensystem ausmachen. Es riecht mehr nach einem philosophischen Konzept als nach Naturgeschichte, wenn sich die Körper des Sonnensystems in einen Zustand entwickeln, der zwangsläufig zur Auflösung des Gesamtsystems führen wird - um dann erneut eine nämliche Entwicklung zu starten. Die klassische Mechanik, auf die sich alle Untersuchungen zur Stabilität stützen, kennt kein Evolutionsprinzip. Wie soll es dann zu einer Evolution - und sei es auch nur der Wechsel zwischen zunehmender Ordnung und Chaos - kommen?

Die gegenwärtige Konstellation der Planeten- und Satellitenbahnen verrät nichts von zurückliegendem Chaos, spricht von einer Umordnung im Sonnensystem. Wenn überhaupt etwas Derartiges stattgefunden hat, dann müßte es - im Rahmen der klassischen Mechanik Hunderte von Millionen von Jahren zurückliegen, denn um diese Zeiträume geht es, wenn ein Planetensystem unter dem ausschließlichen Regime der Newtonschen Anziehungskraft erhebliche Störungen »ausdämpfen« muß. Und dabei kann im Grunde nur die Vernichtung von Bewegungsenergie in Eigenwärme die Rolle des Evolutionsprinzipes übernehmen. Was durch »tidal friction«, also durch das gegenseitige minimale Verzerren der Himmelskörper an Wirmeenergie entsteht, ist gewissermaßen für das Energiewechselspiel der Planeten verloren. Wären sie reine »Punktmassen«, gebe es nur einen endlosen Austausch von kinetischer und potentieller Energie, ohne daß jemals andere Energieformen an diesem Austausch beteiligt sein würden. Die Pla-

neten sind aber ausgedehnt, sie ändern ihre Gestalt bei Annäherung an bzw. Entfernung von anderen Planeten und diese Verzerrung bedeutet stets eine Erwärmung. Sie schluckt immer nur Energie, die in den Kreislauf nicht mehr zurückgegeben werden kann. Es liegt deswegen auf der Hand, daß das System schließlich in einem dynamischen Zustand verharrt, in dem der Energieabfluß in Form von Erwärmung der Planeten und Satelliten zum Stillstand gekommen oder wenigstens sehr klein geworden ist. Wenn also Ovenden (1972) feststellt, daß sich das System der Planeten und Satelliten in einer Konfiguration befindet, in dem der mittlere Abstand der Körper so groß wie möglich ist, so ist das mit dem eben Gesagten durchaus verträglich. Dieser besondere Zustand bringt es aber mit sich, daß die Bahnelemente der Planeten jene Resonanzen aufweisen, die das System auf Dauer ins Chaos stürzen können. (Goldreich 1965) Der ziemlich unbefriedigende Stand der Diskussion ist also der, daß ausgerechnet ein auf dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik beruhendes Evolutinsprinzip, das ein System nur auf einen Zustand minimaler Dissipation oder minimaler Wechselwirkung hinzusteuern vermag, gleichzeitig für ein qualitatives Umordnen eines Systems verantwortlich sein soll. Das widerspricht allen Erfahrungen, die man mit Evolutionsvorgängen gemacht hat, die durch thermische Ausgleichsvorgänge bestimmt werden. Gibt es die Möglichkeit, daß noch andere Evolutionsprinzipien bei der Entwicklung des Sonnensystems eine Rolle spielen?

Die Diskussion der Entwicklung des Sonnensystems würde sich schlagartig ändern, wenn die Gravitationskraft nicht »konservativ« wäre. Was hätte das für Konsequenzen? Die Newtonsche Gravitationskraft hat eine Eigenschaft, für die jeder Physiker dankbar ist: Sie ist so beschaffen, daß man aus der allgemeinen Bewegungsgleichung ohne Näherungen und mit einfachen mathematischen Hilfsmitteln einen Energieerhaltungssatz ableiten kann. Daraus ergibt sich außerdem ohne Umschweife, daß die dazugehörigen Bahnen stationär sind, d.h. ihre Gestalt auf »ewig« beibehalten müssen. Wäre allerdings der Planet elektrisch geladen, dann wäre es nicht mehr so einfach. Die Grundgleichungen der Elektrodynamik, die nun ebenfalls zur Anwendung kommen müßten, führen nämlich nicht auf einen Energieerhaltungssatz - und damit auch auf keine stationären Bahnen -, sondern auf eine viel komplexere Energiebilanzgleichung. Weil die Energie jetzt nicht mehr konstant ist, ihr »Zu-« und »Abgang« bilanziert werden müssen, sind auch die Bahnen nicht mehr stationär: Aus einer langgestreckten Ellipse kann in kürzester Zeit eine enge Kreisbahn werden; ein

Vorgang, der im Rahmen der Newtonschen Mechanik ausgeschlossen ist. Hier bleibt die mechanische Energie erhalten, sie geht dem System weder verloren, noch kommt sie in das System hinein: Die Planeten bilden ein energetisch abgeschlossenes System und verhalten sich deshalb in ihren Umlaufbahnen »konservativ«.

Allerdings bleibt auch im Rahmen der Newtonschen Mechanik für eine Änderung der Umlaufbahnen ein Weg noch offen: die Umwandlung mechanischer Energie in Wärme durch »tidal friction« (Gezeitenwechselwirkung). So kann das Planetensystem ebenfalls Energie abgeben und eine Änderung der Umlaufbahnen erfahren, dies allerdings in einem Zeitrahmen, der zum Beispiel für die Stabilitätsanalyse in der Regel ohne Belang ist. In dem Moment aber, da die Newtonsche Gravitationskraft eine Abänderung in dem Sinne erführe, daß weder Energieerhaltungssatz noch automatisch stationäre Bahnen folgten, wäre es mit einem uhrwerkhaften Universum aus den eben geschilderten Gründen vorbei: Die mechanische Energie bliebe nicht mehr erhalten, sie könnte abnehmen oder zunehmen und damit zu einer Modifikation der Bahnen führen, ähnlich wie es - allerdings nur in eine Richtung und eben sehr langsam - die Gezeitenwechselwirkung auch bewirkt. (Für Anzeichen solcher nichtkonservativer Kräfte vgl. anonym. 1969; Davies 1978; Maddox 1984b/1986; Marston 1973; Kovalevsky 1984; Stacey/Truck 1981; auch Bertotti 1973)

Mir sind drei Ansätze bekannt, die das mechanische Uhrwerk des Sir Isaac Newton zu einem Bestandteil eines umfassend wechselwirkenden Kosmos wandeln. Der erste stammt von Einstein mit der allgemeinen Relativitätstheorie. Die anderen beiden wurden von R.A. Waldron (1984) und W.Schmidt (1974/1989) entwickelt, die aus jeweils unterschiedlichen Motiven eine Revision der Newtonschen Gravitationskraft vornehmen. Beide führen in die Newtonschen Grundgleichung einen Korrekturfaktor ein. Nach Waldron ermöglicht dieser Korrekturfaktor eine richtige Vorhersage der Präzession der Bahnen der inneren Planeten und der Rotverschiebung des Lichtes im Gravitationsfeld. Er handelt sich aber Probleme mit der Lichtablenkung im Gravitationsfeld ein. Weit aus radikaler und mit einer interessanten Begründung geht Schmidt vor. Er berücksichtigt den Effekt der Übertragungszeit für den Energie- und Impulsaustausch, die sogenannte Retardierung, die bei der Wechselwirkung von Körpern durch elektromagnetische Felder bereits in der Maxwellschen Theorie des Elektromagnetismus »eingebaut« ist, für die Newtonsche Gravitationswechselwirkung aber in der klassischen Theorie keine Berücksichtigung gefunden hat. Dies

führt nun automatisch auf eine Evolution der Planetenbahnen hin zu Kreisbahnen, ohne daß Effekte zweiter Ordnung wie die Gezeitenwechselwirkung hinzugezogen werden müssen. Die Evolutionszeit für die Ausdämpfung hochelliptischer Bahnen mißt dann überraschenderweise nicht nach Jahrmillionen, sondern nach Jahrtausenden. Für die brennende Frage, wie denn nach einer möglichen Umordnung des Planetensystems die Spur des zurückliegenden Chaos verwischt werden konnte, wo doch alle Planeten sich auf nahezu idealen Kreisbahnen bewegen, würde dies eine befriedigende Antwort liefern. Während die Newtonsche Mechanik kein »starkes« Evolutionsprinzip besitzt, würde eine Revision des Kraftansatzes fast automatisch einen Austausch der mechanischen Energie des Planetensystems mit anderen - möglicherweise noch unbekanntem - Energieformen bringen, und damit auch eine Evolution.

Hier bewegt man sich allerdings auf ungesichertem Gebiet, denn nicht einmal die experimentelle Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie ist bislang allgemein akzeptiert. Außerdem würde jede Änderung der Newtonschen Gravitationskraft sofort auf alle Stabilitätsbetrachtungen durchschlagen. Denn man kann nicht einerseits mit der relativen Zerbrechlichkeit des Newtonschen Universums argumentieren und andererseits die Widersprüche, die sich daraus ergeben, mit Theorieansätzen ergänzen, die unter Umständen eine ganz neue Dimension der Stabilität ins Spiel bringen, nämlich die schnelle und wirksame Ausbildung einer Konfiguration, die dann von der Zerbrechlichkeit, die dem Newtonschen Universum zu eignen scheint, nicht mehr bedroht wäre.

Sowohl die Befunde der Sondenmissionen als auch die Untersuchungen zur Stabilität des Sonnensystems münden unübersehbar in einer provokanten Aussage: Der gegenwärtige Zustand des Sonnensystems ist keinesfalls das Ergebnis einer nahezu endlos langsamen und jeweils ungestörten Entwicklung der einzelnen Planeten. Es zeichnet sich ein Zustand ab, der durch zahlreiche, zeitlich jeweils nicht unbedingt determinierbare plötzliche Einwirkungen geprägt wird. Die Schuldgefühle der Himmelsmechaniker über ihren Betrug am wissenschaftlichen Publikum und das nicht endenwollende Erstaunen der Wissenschaftler über immer neue Befunde, die sich einer uniformitaristischen Interpretation der Evolution des Sonnensystems nicht fügen wollen, legen ein deutliches Zeugnis ab: Wir haben uns bisher ein Bild von der Naturgeschichte gemacht, das grundfalsch ist, so falsch, daß wir es nur noch schwer in Frage stellen können. Denn mit ihm werden zahlreiche »essentials« über Bord gehen, an die die Menschen sich

über Jahrhunderte hinweg derart gewöhnt haben, daß an ihnen zu rütteln einer Selbstaufgabe gleich zu kommen scheint. In mancher Hinsicht steckt die Naturgeschichte offenbar selber im Chaos, in einer Übergangsphase. Die Stimmigkeit des alten Bildes gerät zunehmend ins Wanken, ohne daß allerdings schon mehr als nur vage Umrisse eines neuen Bildes zu erkennen sind. Die zunehmend ins Spiel geratenden Katastrophenszenarien beinhalten zudem einen unbehaglichen Aspekt, vor dem es gestandene Wissenschaftler wie vor dem Pferdefuß des Leibhaftigen graust: »Die Einführung von Katastrophen ... zieht eine große Anzahl von Freiheitsgraden nach sich, die einen erheblichen Spielraum für Spekulationen eröffnen.« (Peale 1988, 169) Der Katastrophismus ist nicht nur eine Antwort auf allzu offensichtliche Indizien, er ist auch Ausdruck für ein womöglich nie ganz zu behebbendes Defizit an Informationen.

## Teil III: Kosmische Katastrophen in historischer Zeit

Viele der für die Entwicklung des Sonnensystems wesentlichen Ereignisse oder Prozesse sind katastrophischer Natur und können nicht eindeutig einem Zeitpunkt oder einer »Epoche« zugeordnet werden. Der dritte Teil dieses Buches geht der Frage nach, ob manche dieser im letzten Jahrzehnt von der Forschung aus dem Zwielficht des »Unästhetischen« und »Unakzeptablen« herausgeholtten katastrophischen Ereignisse in historischer Zeit geschehen sind, ob mithin Menschen Zeugen dieser Ereignisse gewesen sind, ob sich vielleicht sogar Spuren dieser Ereignisse selbst noch in unserer Kultur finden lassen.

Diese Fragestellung wurde 1950 das erste Mal ernsthaft von I.Velikovsky in die öffentliche Diskussion eingeführt. Doch allein der Versuch, solche Fragen überhaupt zu stellen, wurde von weiten Teilen der Wissenschaft stets abgelehnt. Vierzig Jahre später konstatieren D.Morrison und C.R.Chapman dieselbe Reaktion. Es geht dabei um die Aufnahme der strukturell ähnlichen Hypothese, die Erde sei Zeit ihrer Existenz die ständige Zielscheibe von Einschlägen durch Asteroiden gewesen, ein Geschehen, das zum ersten Mal mit Nachdruck von Luis und Walter Alvarez in einem mittlerweile legendären Artikel in der Zeitschrift »Science« als Ursache für den mit großen Aussterbeereignissen verbundenen Übergang von der Kreide aufs Tertiär beschrieben wurde. D.Morrison und C.R.Chapman stellen fest: »Anfänglich begegneten die Geologen der Vorstellung, daß ein Asteroideneinschlag dermaßen dramatische Auswirkungen auf die Erdgeschichte haben könnte, mit erheblichem Widerstand. Die meisten Einwände gründeten auf dem zeitgemäßen Dogma, daß alle geologischen Änderungen nur graduell vonstatten gehen und auf denselben Prozessen beruhen, wie wir sie heute auch beobachten können. Und da weder ein solcher schwerer Einschlag noch eine nachfolgende globale Staubwolke in den Annalen der Menschheitsgeschichte verzeichnet sind, wurde es von den Kritikern als 'unwissenschaftlich' bezeichnet, derartige Vorgänge den fraglichen Ereignissen (i.e. das Sauriersterben, CB) vor 65 Millionen Jahren zugrunde zu legen.« (1990,261)

Als I.Velikovsky im Jahr 1950 in seinem Buch »Worlds in Collision« (deutsch »Welten im Zusammenstoß« (1978) genau diese Ereignisse - Einschlag und nachfolgende globale Staubwolke - als in den Annalen der



Menschheitsgeschichte niedergelegt den Lesern in Erinnerung rief, wurden seine Zeugnisse als unseriös bezeichnet, weil die Vorgänge selber physikalisch schlechterdings unmöglich seien. Das Buch rührte über Monate die Bestsellerlisten an, und sorgte über Jahre und Jahrzehnte für heftiges Grollen der Wissenschaften. Kein Wunder, denn Velikovsky rüttelte mit seiner neuen Geschichtsrekonstruktion nicht nur an den Grundfesten der gesamten Chronologie der alten Welt (ein vielleicht eher akademisch anmutender Disput), sondern forderte mit seinem Szenario einer erratisch den Weltraum durchziehenden und mehrmals die Erde bedrohenden Venus auch die »harten« Naturwissenschaften heraus: Was hier zur Debatte gestellt wurde, war aus Sicht der Astronomie im allgemeinen und der Himmelsmechanik im speziellen ein Ding der Unmöglichkeit. Das Uhrwerk des Sonnensystems funktioniere schließlich mit störungsfreier Präzision. Von seiner jetzigen Konstellation her, die schon bei Ptolemäus nicht anders beschrieben wird, sei es als Schauplatz katastrophischer Szenarien völlig ungeeignet. Es muß den Zorn der Naturwissenschaftler erheblich angestachelt haben, daß die zahlreichen veröffentlichten Widerlegungsversuche, die sich auf naturwissenschaftlicher Argumentationsebene gegen Velikovskys Thesen zur Geschichte richteten, der Abfolge immer neuer Auflagen des Buches und der Begeisterung des Lesepublikums keinen Einhalt gebieten konnten. Katastrophische Ereignisse sind zufälliger Natur. Für ihre Chronologie reichen unter Umständen die uns zur Verfügung stehenden naturwissenschaftlichen Methoden nicht aus. Es müßte dann also möglicherweise eine andere Perspektive Hilfe leisten. Diese kann sich aus einer interdisziplinären Betrachtungsweise ergeben. Im Falle fraglicher katastrophischer Ereignisse in historischer Zeit wäre für die Identifizierung und Chronologisierung dieser Ereignisse naturgemäß auf kulturgeschichtliche Zeugnisse zurückzugreifen. Diese Vorgehensweise hat jedoch eine Voraussetzung: Sie muß auf die selbstaufgelegten Dogmen der herkömmlichen Naturgeschichte verzichten. Im folgenden soll daher weder der Satz »Derartige Zeugnisse sind unseriös, weil die Ereignisse unmöglich sind«, noch der Satz »Die Ereignisse sind unmöglich, weil es keine (seriösen) Zeugnisse gibt« gelten. Bislang haben diese Glaubenssätze stets eine vorurteilsfreie Auseinandersetzung mit der Fragestellung verhindert. Eine Naturgeschichte, die katastrophische Ereignisse »unterzubringen« hat, kann sich diesen Hochmut gar nicht leisten. Denn ohne interdisziplinäres Vorgehen wandern diese Ereignisse so erratisch in der Zeit umher wie Kometenschwärme im Sonnensystem.

### 1. VELIKOVSKY OHNE ENDE

An der »Velikovsky-Affäre« gibt es zwei wesentliche Charakteristika, die vor dem Einstieg in das Thema nicht unerwähnt bleiben dürfen. Ihnen ist es geschuldet, daß die Debatte in Emotionen zerfloß. Das mag zwar typisch für den (unbewußten) Streit um einen Paradigmenwechsel sein, ist aber fruchtbaren Ergebnissen in jedem Falle abträglich. Die Reaktion besonders seitens der Naturwissenschaftler läßt sich nur als oberflächlich und in weiten Zügen dümmlich kennzeichnen. Man verteidigte einen Status quo der Erkenntnis mit falschen Mitteln an den falschen Stellen. Die Reaktion der Leser wiederum hatte - bis heute - Züge unreflektierten Glaubens und steigerte sich teilweise zu einem quasi-religiösen Fanatismus, als der begründete Verdacht aufstieg, daß die aufgebrachten Wissenschaftler selber keineswegs nur rational mit Velikovskys Thesen umgingen: Seitens der Anhänger sah man die alte Wissenschaft sich in Todeszuckungen wälzen und die Morgendämmerung einer neuen Wissenschaft, eines neuen Geschichtsbildes heranbrechen. Dadurch fühlten sich wiederum die harten Naturwissenschaftler in ihrer Ansicht über die Hörigkeit des Laienpublikums gegenüber Scharlatanen bestätigt. Nach vierzig Jahren der Forschung und Debatte sollte endlich ein rationaler Umgang mit den Thesen Velikovskys möglich sein.

Eine seiner zentralen und umstrittensten Behauptungen war, daß der Planet Venus erst im -7. Jahrhundert seine heutige Bahn erreicht hat. Vorher umlief er auf einer anderen Bahn die Sonne und war dabei zeitweise auf Kollisionskurs mit der Erde. Velikovsky vermutete, daß der sogenannte Ipuwer-Papyrus über dasselbe Ereignis wie - in zum Teil wortwörtlicher Übereinstimmung - das Buch Exodus der Bibel berichtete, nämlich die Folgen der ersten Nahbegegnung der Erde mit der Venus. Damit machte er eine Methode fruchtbar, die die Analyse uns zum Teil mehr als befremdlich erscheinender Texte und Erzählungen einerseits und die Synchronisierung von bislang unverkettet nebeneinander stehender Chronologien andererseits ermöglicht.

Das Szenario der durch die Nahbegegnung mit einem Planeten in heftigen Aufruhr geratenen Erde läßt sich nicht aus einem Bericht oder einer Quelle ableiten, sondern nur durch den Vergleich der Überlieferungen in allen Erdteilen. Erst in einer Zusammenschau und in der Durchdringung der mythischen Verkleidung kann der »wahre Kern«, gewissermaßen ein Tatsa-

chenbericht, enthüllt werden. Archäologische Arbeiten und Ausgrabungen haben ebenso die einheitliche katastrophische Zerstörung der Hochkulturen des ausgehenden -2. Jahrtausend offengelegt. Über diesen Zerstörungsschichten tauchen die ersten Kultstätten auf, die der »Himmelskönigin« und »schrecklichen Streiterin« Venus gewidmet sind. Damit war die Methode der Synchronisierung durch unabhängig voneinander bezuogter Ereignisse geschaffen. Eine konsequente Ausarbeitung im Hinblick auch auf andere Überlieferungen brachte den kosmischen Aspekt ins Spiel, denn all diese Überlieferungen verwiesen gemeinsam auf den Planeten Venus als unmittelbare oder - um es abzuschwächen - durch die Vorstellung der Autoren und Erzähler vermittelte Ursache für die berichteten Zerstörungen. So gesehen ist die kosmische Dimension der Geschichtsrekonstruktion nur die Konsequenz des methodischen Ansatzes. Diese methodische Ebene ist auch von den härtesten Gegnern Velikovskys nie ernsthaft in Zweifel gezogen worden.

Bevor dieses Szenario, das im Zuge der Arbeiten von G.Heinsohn, H.Illig u.a. beträchtliche Modifikationen erfahren hat, eingehender beschrieben wird, darf eine wesentliche Frage nicht ausgespart bleiben. Es ist die Frage nach dem Motiv für diesen »Weltanschauungskampf«, insbesondere an die, die ihn über Jahre und Jahrzehnte hinweg unverdrossen als Außenseiter der Wissenschaft zu fechten bereit waren und es immer noch sind. Kritik an Velikovsky und an seinen Nachfolgern bezog sich nicht auf die Methode, sondern auf die mit ihrer Hilfe gezogenen Schlüsse. Den Befürwortern leuchteten nicht nur der methodische Ansatz, sondern auch die daraus erzielten Ergebnisse unmittelbar ein. Und die »Laien« machte es wenig betroffen, daß die Folgerungen Velikovskys den Grundweisheiten etlicher Wissenschaftszweige diametral entgegenstanden. Eher das Gegenteil war der Fall: Velikovskys Ansatz schaffte Ordnung in ein überbordendes Material, von dem sich das breite Publikum sonst eher erdrückt und eingeschüchtert fühlt. Velikovsky war ein glänzender Stilist, der seine Leser zu fesseln verstand. Er komponierte die Vorbereitung von Schlußfolgerungen und die langsame Auflösung von Widersprüchen wie einen Kriminalroman. Die herkömmliche Wissenschaft spielt bei all den sich kumulierenden Rätseln die Rolle eines begriffsstützigen Inspektors von Scotland Yard, dem Sherlock Holmes schließlich mit seinem genialen Spürsinn den wahren Tathergang enthüllen muß.

Für seine begeisterte Leserschaft wurde Velikovsky so zum neuen Helden, zu einem Galilei des 20. Jahrhunderts. Der Enthusiasmus der Anhänger

brachte allerdings auch Trübungen des Urteilsvermögens mit sich. Man übersah die Tendenz des Meisters zu vorschnellen Verallgemeinerungen und Vereinfachungen. Er neigte dazu, den Katastrophismus zum Stein des Weisen bei der Erklärung der Natur und Menschheitsgeschichte zu machen. Außerdem hatte Velikovsky in seine Theorie zugleich eine wunderbare Erklärung für den zwangsläufig einsetzenden Widerstand des wissenschaftlichen Establishments eingebaut. Sie lautete auf einen groben Nenner gebracht etwa so: Die zurückliegenden Katastrophen haben die menschliche Gattung auf eine ähnliche Weise und mit ähnlichen Folgen traumatisiert, wie es Ereignisse in der Kindheit eines Individuums vermögen. Die Folge war eine Verdrängung dieser Ereignisse. Damit aber besteht auch die Gefahr einer zwanghaften Wiederholung der im ersten Schrecken entwickelten Abwehrmechanismen. Für Velikovsky standen selbst Kriege im Verdacht, nur Modifikationen einstmals entwickelter kollektiver Abwehrmechanismen gegen die vom Himmel auf die Erde getragenen katastrophischen Ereignisse zu sein. Was lag näher, als auch das Abwehrgefecht der »hard sciences« in die Rubrik »kollektive Zwangshandlungen« einzuordnen, die dadurch einmal mehr die Richtigkeit der Thesen Velikovskys zu bestätigen schienen?

Vor allem im deutschsprachigen Raum war dieser psychologische Dreh- und Angelpunkt ein wesentliches Motiv für die Auseinandersetzung mit Velikovskys katastrophischem Geschichtsbild, denn es schien den gordischen Knoten der endlosen und dabei doch nicht wirklich fruchtbaren Faschismusdebatte lösen zu können. Daraus sind - unter anderem - Arbeiten über den Zusammenhang zwischen Angst und Naturwissenschaft (Blöss 1987) und über den Ursprung des Menschenopfers und des Judenhasses (Heinsohn 1988a) entstanden. Immerhin wurde dabei vermieden, mit schlecht zu verifizierenden Begriffen wie kollektivem Trauma oder kollektiver Zwangsneurose und dergleichen zu operieren.

Nun haben G. Heinsohn und H. Illig auch die von Velikovsky neu rekonstruierte vorderasiatische und ägyptische Geschichte einer detaillierten Prüfung unterzogen. Dessen Arbeit konzentrierte sich auf zwei katastrophische Phasen in der Mitte des zweiten Jahrtausend sowie im achten Jahrhundert vor der Zeitenwende. Diese beiden Phasen markierten den Untergang des ägyptischen Mittleren Reiches einerseits, sowie u.a. den Untergang des mykenischen Reiches und die Entstehung der griechischen Polis (der Wiege der eigentlichen »abendländischen« Kultur) andererseits. Velikovsky war radikal, doch in mancher Hinsicht mochte auch er überkomme-

ne Ansichten der Menschheitsgeschichte nicht in Frage stellen. So könnte sich sein Festhalten an der biblischen Generationenzählung als der entscheidende Hemmschuh herausstellen, die in Angriff genommene Neuschreibung der Altertumsgeschichte konsequent zu Ende zu führen. Dieses Beharren hinderte ihn letztlich an der Erkenntnis, daß sowohl die babylonische als auch die ägyptische Geschichte noch einmal entscheidend verkürzt werden müssen, womit sein so sauber dechiffriert erscheinendes katastrophisches »Doppelszenario« den ersten der beiden Anker in der Zeit verloren hat. Mit der Heinschn/Illigschen Revision der ägyptischen Geschichte läßt sich das kulturgeschichtliche Material bestimmten geschichtlichen Epochen nicht mehr sauber zuordnen. Deshalb konzentrieren sich die folgenden Betrachtungen auf einen einzigen, aller Wahrscheinlichkeit nach katastrophisch verursachten Zeit- oder Epochenschnitt, über den soweit nicht mehr gesagt werden kann, als daß er kurz vor dem Einsetzen der abendländischen Zeitrechnung mit der Olympiadenzählung der Griechen liegen muß. Dabei wird notwendigerweise der Ursache der schon von CA.Schaeffer 1948 beschriebenen, bei allen Ausgrabungen im vorderasiatischen Raum zutage tretenden Zerstörungsschichten nachzugehen sein, für die bislang kein anderer Agent als der mehrfache Ausbruch des Vulkans auf der Insel Santorin in Erwägung gezogen wurde. Wir geben der (Velikovskyschen) Hypothese eines außerirdischen Ursprungs den Vorzug. Velikovsky schildert gleich zu Beginn seines Buches »Welten im Zusammenstoß« eine »ganz ungläublichen Wundergeschichte«. Es ist die biblische Erzählung von Josua, der während des Kampfes der Hebräer gegen die Kanaaniter Gott zu Hilfe ruft, den Tag zu verlängern, damit die bereits zurückgedrängten Feinde endgültig geschlagen werden können: »Also stand die Sonne mitten am Himmel und verzog unterzugehen, beinahe einen ganzen Tag.« (1978, 53) Ein folgender Steinhagel erschlägt mehr Kanaaniter als die Israeliten »mit dem Schwert erwürgen können«. Es scheint etwas absonderlich, gerade mit dieser Geschichte aufzuwarten, ist sie doch eine der Bibelstellen, vor deren wörtlicher Interpretation selbst die ärgsten Fundamentalisten zurückschrecken. Velikovsky läßt sich allerdings gar nicht erst darauf ein, den Wahrheitsgehalt der Erzählung aus dem Text selber zu ergründen, sondern er und der Leser »greifen nach dem Fach, in dem die Bücher über die historischen Überlieferungen der Ureinwohner Mittelamerikas stehen« (ibid., 54) Die Absicht ist klar: Sollte an der Geschichte etwas Wahres sein, dann muß auf der anderen Seite der Erdkugel beobachtet worden sein, daß die Sonne für einen Tag nicht aufgeht

wollte. »Sahagun, der spanische Gelehrte, der eine Generation nach Columbus nach Amerika kam und die Überlieferung der Ureinwohner sammelte, schrieb, daß zur Zeit einer kosmischen Katastrophe die Sonne sich nur ein wenig über den Horizont erhob und dort blieb, ohne sich zu bewegen, während auch der Mond stillstand.« (ibid., 54) Mit dieser exemplarischen Gegenüberstellung demonstrierte Velikovsky die Methode seines weiteren Vorgehens, ohne sich von der augenscheinlichen Phantastik einzelner Berichte ablenken zu lassen. Was auf diese Weise übereinstimmt, zielt gemeinsam auf einen naturgeschichtlichen oder historischen Kern, den es in der Interpretation herauszuschälen gilt.

Durch den Vergleich der biblischen Exoduserzählung mit dem altägyptischen Ipuwer-Papyrus, der offensichtlich von einem Augenzeugen derselben Naturereignisse stammt, entwickelte er einen Synchronismus zwischen der ägyptischen und israelischen Geschichte. Dies führte zu erheblichen Datierungsverschiebungen und zog beinahe zwangsläufig eine Lawine weiterer Umdatierungen nach sich. Zu deren Ausführung waren von Velikovsky, der 1979 starb, sechs Bücher angekündigt worden, von denen bis heute vier veröffentlicht sind. Einheitliche Berichte von über die ganze Erde verstreut lebenden Völkern über die (bereits erwähnten) irregulären Bewegungen des Firmaments, über Steinhagel, gefärbten Regen, Finsternisse, Erdbeben und nicht zuletzt über herabregnendes Manna liegen Velikovsky nach einer außerirdischen Ursache für die global bezeugten Katastrophen suchen. Die Mythen, Sagen und Überlieferungen verwiesen dabei auf die Planetengottheit Venus, die nicht von Anfang an dem System der Wandelsterne (= Planeten) angehört habe, sondern später dazugekommen sei. Velikovsky zitiert die Sagen der Babylonier, der alten Mexikaner, der Griechen und vieler anderer, die von dem Sturz des Gottes und seiner Verwandlung in den Morgenstern berichteten. Er zitiert auch die Überlieferungen, die von der Venus als »rauchendem Stern«, als »Stern, von dem Haar« oder auch »Feuer herabhängt«, dessen Licht »von einem Ende des Kosmos zum anderen reicht« usw. (ibid., 151ff.; auch Schaumberger 1935, 290£/303; Seler 1902, 619)

Nicht zuletzt stellt sich das Problem der religiösen Rituale wie der Einführung des Menschenopfers zu Ehren und zur Besänftigung des die Erde bedrohenden Planeten Venus (mit der grundlegenden Frage, warum sich religiöse Rituale überhaupt auf Planeten beziehen). Der Planet Venus sei erst wenige Jahrhunderte vor dem Untergang des ägyptischen Mittleren Reiches in das Innere des Sonnensystems eingetreten und habe bis zur Einnah-

me seiner heutigen Bahn in zwei Perioden der Menschheitsgeschichte schwere Katastrophen auf der Erde verursacht.

Die zweite Periode betrifft einen Zeitraum von etwa -750 bis -680, in dem nicht nur der Planet Venus, sondern auch Mars und der irdische Mond in die Ereignisse verwickelt gewesen sein sollen. Am Ende der ganzen Periode steht der katastrophische Untergang Mykenes und die Entstehung der griechischen und römischen Stadtstaaten. Velikovskys überzeugendste Argumente beziehen sich auf dokumentierte astronomische Beobachtungen des Planeten Venus beziehungsweise auf die Jahresrechnung und damit auf die Kalender der einzelnen Völker. Beides leuchtet unmittelbar ein. Wenn es Aufzeichnungen gibt, die eine von der gegenwärtigen verschiedene Bahn dieses Planeten bezeugen (neben seinen Charakterisierungen, die auf ihn heute nicht mehr zutreffen), so wird das Argument eines hinzugetretenen Planeten sinn&Ifig. Wenn die Jahresrechnung der Völker sich geändert hat, dann müssen für die archäologisch nachweisbaren Katastrophenschichten tatsächlich außerirdische Ursachen verantwortlich gewesen sein, die unter anderem auch zu einer Veränderung der Bahnelemente des Planeten Erde geführt haben. Beide Gesichtspunkte werden in den folgenden Kapiteln untersucht.

## 2. FRANZ X. KUGLER UND DIE SINTFLUT

Zu den wenigen Autoren, die historisches Material, das von kosmischen Katastrophen berichtet, ernst nahmen, gehörte F.X.Kugler. Er konnte im Laufe seiner Arbeit mit den keilinschriftlichen Nachrichten lernen, daß »sehr vieles von dem, was uns modernen Abendländern an der morgendländischen und besonders der altorientalischen Ideenwelt als unsinnig erscheinen will, weder des realen Hintergrundes noch der gesunden Logik entbehrt.« (1927 - , 9) Diese Erkenntnis war für ihn auch der Anlaß, sich trotz aller negativen Einschätzungen seiner Fachkollegen mit dem V. Buch der »Sibyllinischen Orakel« zu befassen und die Frage zu stellen, ob nicht doch reale kosmische Vorgänge hinter diesem »völligen Unsinn« (Geffcken 1899, 700) zu entziffern sind? Der Erfolg, meinte Kugler, habe schließlich die kühnsten Erwartungen übertroffen: »Das 'wahnsinnige Finale' enthüllte sich als eine hübsche Einkleidung wirklicher Naturereignisse nach einem vollkommenen einheitlichen Plan.« (Kugler 1927, 9) Der in den Sibyllinen geschilderte »Krieg der Gestirne« wird von zwei gewaltigen Meteoren eingeleitet, die die gesamte Sternenwelt durcheinanderbringen.

Der anschließende Kampf wird von dem auf einem Löwen reitenden Morgenstern, dem Planeten Venus also, eingeleitet und endet in einer völligen Umwälzung. »Das Ende ist ein neues Himmelsbild, wie es sich schließlich nach siebenmonatiger Bewegung der Sonne ... herausstellt. Die Gestirne, die beim Beginn des Kampfes den dämmernden Morgenhimmel beherrschten, fahren schließlich in den Okeanos hinab und setzen dabei die Erde in Brand.« (ibid., 10) In einem Vergleich mit der Phaetonsage geht Kugler soweit, das gleichzeitige Auftreten einer Flut- und Brandkatastrophe zu vermuten und ortet diese aufgrund bestimmter chronologischer und genealogischer Angaben vorsichtig 330 Jahre vor der Einnahme Trojas. (ibid., 46) Den naturgeschichtlich »wahren Kern« sieht Kugler in dem Niedergang eines großen Metcorstroms, dessen Mitglieder durchaus so groß gewesen sein können, wie derjenige, der den 1150 Meter großen Krater in Coon Butte in Mittelarizona vermacht hat. Die weite Verbreitung dieser Sage in der einen oder anderen Gestalt nimmt Kugler als Indiz für die gewaltigen Ausmaße des Phänomens und nicht als Hinweis auf eine »diffusionistische«, eine von einem Ort ausgehende und sich mit der Zeit über den ganzen Erdball erstreckende Verbreitung. Nicht zuletzt die Entdeckungen der amerikanischen Pioneer und Voyager Sonden im Satellitensystem des Saturn sind ausschlaggebend dafür, die These vom kosmischen Ursprung der weltweit in Sagen überlieferten Flutkatastrophe ernst zu nehmen. Die Monde des Saturn bilden ein einzigartiges kosmisches Wasserreservoir und weisen zum Teil Charakteristika auf, die nur durch geologische Aktivitäten in jüngster Zeit zu erklären sind. Das gilt für den äußersten Ring des Saturn, der sich im Zusammenhang mit der eisglitzernden Oberfläche von Enceladus als Überrest eines »zerschossenen« Satelliten gebildet haben soll, wie auch unter Umständen für Titan, den größten Mond des Sonnensystems überhaupt, den E.M.Drobyshevski als Relikt einer möglicherweise nur 3500 Jahre zurückliegenden Explosion ansieht. (Vgl. das Saturnkapitel weiter oben) Es ist nicht abwegig, den Ursprung der für die Erde berichteten Sintflut in den aus dem Satellitensystem des Saturn herausgeschleuderten Bruchstücken eines explodierten »icy satellite« zu suchen. Ebenso denkbar ist ein vergleichbarer Ursprung für die erst durch die Vikingmissionen entdeckten Gräben, die die Marsoberfläche durchschneiden und von den meisten Autoren als direkte Folge einer »katastrophischen Flut« angesehen werden, ohne daß freilich irgendwelche direkten Hinweise existierten, wie diese Wassermengen ohne »Hilfe von außen« vom Planeten Mars



aus dessen Inneren freigesetzt worden sein könnten. (Dazu auch Drobyshevski 1986; ders. 1988)

Seit neben den für Mesopotamien längst akzeptierten, aber für ein lokales Phänomen gehaltenen Flutschichten auch eine entsprechende 1.5 Meter dicke Flutschicht im ägyptischen Fardin-Buto gefunden wurde, steht die Untersuchung noch weiterer Gebiete unter der Hypothese globaler und nicht mehr nur lokaler Überflutung an. (vgl. Heinsohn 1990) Von großer Bedeutung ist dabei die methodische Schwierigkeit, bei den Flutschichten zwischen geologischer und archäologischer Formation zu unterscheiden.

»Geologisch« ist dabei gleichbedeutend mit langsamer Sedimentation, »archäologisch« hingegen mit schneller Aufschüttung. Da unter den »dicken, archäologisch sterilen« Flutschichten (Watkins nach Heinsohn 1990, 10) Artefakte des homo sapiens gefunden wurden, muß die Schicht als »archäologisch« charakterisiert werden. Insofern sie nicht nur eine lokale Verbeibung aufweist, konsequenterweise auch als »katastrophisch«.

Es gehört mit zum Aufregendsten bei dieser Debatte, daß auch von anderer Seite, spricht: einmal mehr von Velikovsky (1979; auch ders. 1978b), schon längst Saturn als Ursache der Sintflut ausgemacht worden ist, wenn gleich auf der Grundlage eines Szenarios, das nur schwer nachzuweisen sein wird. In babylonischen, ägyptischen, indischen, aber auch mesoamerikanischen Überlieferungen wird der Planet Saturn als Ursache oder Quelle einer großen Flut beschrieben. Velikovsky interpretiert dies derart, daß Saturn nach einem nahen Vorbeigang von Jupiter instabil wurde und novaartig explodierte. Saturn wird nach dem Ende des von ihm regierten und mit der Flut zu Ende gehenden Zeitalters als in Ketten geschlagene, entmachtete Gottheit beschrieben. Saturn sei zugleich eine Gottheit der

Fruchtbarkeit, denn nach der Flut habe es eine unvergleichliche Vielfalt der Flora gegeben. Die sieben Tage, in denen das der Überflutung vorausgegangene, aus der novaartigen Explosion stammende helle Licht zu sehen war, finde sich noch in der Dauer der römischen Saturnalien, ebenso auch als Zeitraum zwischen Weihnachten und Neujahr wieder.

Aber hier setzen erhebliche Schwierigkeiten ein: Diese sieben Tage entsprächen bei einer typischen Geschwindigkeit des explodierenden Materials von 25 km/sec einer Distanz zwischen der Erde und dem Explosionszentrum von kaum 1 % der heutigen mittleren Entfernung zwischen der Erde und dem Saturn. Das und auch andere Argumente haben einige Autoren zu der Annahme veranlaßt, die Erde sei bis zur großen Flut ein Satellit des Saturn gewesen. (Rose 1979) Dies sind freilich Spekulationen, die nur im

Rahmen nicht nachprüfbarer Szenarien zu vertreten sind. Dennoch läßt sich feststellen, daß die Annahme nur kurz zurückliegender geologischer Aktivitäten der Eismwelt des saturnischen Satellitensystemis produktiv wäre für eine Erklärung der über den gesamten Globus bezugten Flutberichte. Sollten in weiteren Regionen als den bisher untersuchten charakteristische Flutschichten gefunden werden, wäre die gründliche Untersuchung dieser Hypothese vordringlich.

Katastrophen bringen die Zeitrechnung durcheinander, sei es, weil sich die Erdbahn ändert, sei es, weil astronomische Beobachtungen für eine gewisse Zeit nicht möglich sind. Da das Gerüst absoluter Jahreszahlen für die gesamte Chronologie der alten Welt auf der Interpretation astronomischer Zeugnisse basiert, muß also sehr sorgfältig geprüft werden, ob für den fraglichen Zeitraum gleichbleibende astronomische Bedingungen gegolten haben. Unabhängig von dieser Fragestellung mag allerdings überraschen, daß uns aus Babylon, dessen Geschichte ja zu den ältesten zählen soll, astronomische Dokumente (bis auf eine Ausnahme) nur aus der Zeit nach -747 bekannt sind - gesichert eigentlich erst ab -650, denn die für älter gehaltenen zwei, drei Texte sind nicht eindeutig zuzuordnen. (Sachs 1974, 43f) Praktisch alle ausgegrabenen astronomischen Tafeln befinden sich im Besitz des Britischen Museums, weniger als die Hälfte davon sind bislang datiert und nur einige wenige wiederum übersetzt und veröffentlicht worden.

Ptolemäus schrieb im zweiten nachchristlichen Jahrhundert, daß ihm astronomisches Beobachtungsmaterial zurück bis zur Regierung des Nabonassar (ab -747) zur Verfügung gestanden habe. (R.Stephenson 1982, 478) Dieser König gilt als Kalenderreformer und seine Dynastie als Urheber einer gesellschaftlichen Revolution, die Parallelen in den Gründungen der griechischen Stadtstaaten gehabt haben könnte. (vgl. Heinsohn 1988, 76) Noch unergiebig im Hinblick auf die Tragfähigkeit eines astronomisch fundierten chronologischen Systems zeigen sich die ägyptischen Quellen. Der früheste Hinweis auf die ägyptische Astronomie stammt tatsächlich erst aus dem dritten vorchristlichen Jahrhundert und findet sich auf der Statue des Harkhebi. (Parker 1974, 5 1) RA.Parker stellt fest, daß sich für die gesamten drei Jahrtausende der überlieferten ägyptischen Geschichte kein Hinweis darauf ausmachen lasse, daß der Mond und die Planeten systematisch beobachtet worden seien. Ebenso wenig finde sich in den altägyptischen Texten irgendeine Andeutung der Verwendung astronomischer Terminologie. Natürlich ist dieser Zustand außerordentlich unbefriedigend,

denn die Eckpfeiler sowohl der ägyptischen als auch - aufgrund von Querdatierungen - die aller anderen Chronologien der Region, wurden gerade mit Hilfe ägyptischer astronomischer Beobachtungen gewonnen, deren fachliche Qualität zudem noch als sehr zweifelhaft gilt (zusammenfassend Heinsohn/Illig 1990).

### 3. DIE VENUSTAFELN DES AMMIZADUGA

Eine der wenigen umfangreichen astronomischen Beobachtungsreihen, die uns aus der Frühgeschichte überliefert sind, stammt aus der Bibliothek des Assurbanipal (-668 bis -627). Sie beziehen sich auf das Verschwinden und Wiedererscheinen des Planeten Venus und bestehen aus zwei selbständigen Sequenzen mit ausschließlich astronomischen Beobachtungen, zwischen die eine eher schematische VenusTafel eingefügt ist. Auf den Tafeln findet man den Satz »Jahr des Goldenen Throns«, was als Kürzel des achten Regierungsjahrs des Königs Ammizaduga interpretiert wird (zur Bedeutung der Zahl Acht vgl. aber auch Kapitel 111. 12). (Langdon et al. 1928; Reiner/Pingree 1975; Weir 1982)

Da die Venus-Tafeln über den Zeitraum von 21 Jahren gehen und dies auch der Länge der Regierungszeit von Ammizaduga entsprechen soll, geht man davon aus (»there is every reason«), daß die Tafeln sich über genau diese Regierungszeit erstrecken, bzw. genau zu der Zeit entstanden sind. Und da die Tafeln nur jeweils in ganz bestimmte, ca. 55 Jahre auseinanderliegende Zeiträume hineinpassen, gibt es auch nur bestimmte Jahreszahlen für die Thronbesteigung Ammizadugas. (4977, -1921, -1857, ..., -1582, ...) Es ist allgemein anerkannt, daß die gefundenen Tafeln sämtlich in der Ära des Assurbanipal angefertigt worden sind, mithin also kein originales Beobachtungsmaterial aus einer früheren Zeit darstellen. F.Hommel hat angenommen und es auch zu beweisen versucht, daß die sogenannte jahresformel des Ammizaduga von einem Schreiber unter der Regierung Assurbanipals hinzugefügt worden ist. (Vgl. Velikovskij 1978, 181) Wenn eine Untersuchung der babylonischen Astronomie sich auf ernstzunehmende Dokumente beschränkt, dann bleiben nur diese Venus-Tafeln und etwa 1500 Keilschrifttafeln, die bis auf einige, allerdings zweifelhafte Ausnahmen (Jong/Soldt 1989; Walker 1989) sämtlich nach -650, also mehr als 1000 Jahre später datiert werden. Die Venus-Tafeln sind demnach die einzigen bekannten Dokumente aus einer Zeit von mehr als 2000 Jahren angeblich intensiver astronomischer Beobachtung, und sie liegen zu-

dem nur als Kopien vor. Ptolemäus schrieb, daß ihm Dokumente bis hinunter zur Zeit des Nabonassar zur Verfügung gestanden hätten. Nabonassar gilt als Begründer einer neuen Zeitrechnung (um -750), d.h. er war ein Kalenderreformer. Es ist allemal zu fragen, warum Ptolemäus keine älteren Dokumente zur Verfügung gestanden haben sollten? Es gibt die Vermutung, daß Nabonassar die Bibliothek seiner Vorgänger zerstört hat, aber das Fehlen von Zeugnissen für die Zeit vor -747 sollte im Hinblick auf die Frage, ab wann Astronomie ernsthaft betrieben worden ist, in Erinnerung bleiben.

RA. Parker (1974, 5 1) stellt fest, daß die alten Ägypter während der drei Jahrtausende dokumentierter Geschichte nichts hinterlassen haben, was auf eine systematische Beobachtung der Planeten schließen läßt, wie sie bei den Babylonier üblich gewesen sei. Dies klingt so, als wären unsere Archive für die sowohl den Babyloniern als auch den Ägyptern zugebilligten 3000 Jahre geschichtlicher Existenz voller astronomischer Dokumente. Tatsächlich aber haben wir uns im folgenden stets zu vergegenwärtigen, daß aus der Zeit vor -650 weder aus Babylon noch aus Ägypten ernstzunehmende Dokumente astronomischer Beobachtungen vorliegen.

Das Frappierende an den Venus-Tafeln ist nun, daß - wie auch immer mit möglichen Schaltmonaten und denkbaren Schreibfehlern verfahren wird - die niedergeschriebenen Beobachtungen mit der heutigen Venusbahn grundsätzlich unverträglich sind. Über die fraglichen 21 Jahre stehen viel zu viele Einzelbeobachtungen mit den berechneten Werten im Widerspruch. Das heutige für die vergleichenden Berechnungen zugrundegelegte Jahr von 365,25 Tagen stimmt im Prinzip nur dann, wenn an gewissen Stellen geeignete Schaltmonate unterstellt werden - ein Verfahren, mit dem sich die Daten letztlich an jede willkürlich gewählte Zeitrechnung angleichen lassen. Langdon, Fotheringham und Schoch (1920) verweisen in ihrem Buch über die Venus-Tafeln zwar auf bezugte Schaltmonate, doch sind sie zum Teil »private communications« von Schnabel an Fotheringham, die bis heute nicht identifiziert wurden. (Rose 1978, 40£) Trotz aller Bemühungen bleibt immer noch ein erklecklicher »Rest« von 30 und mehr Prozent Schreibfehlern. (R.Stephenson 1982,478)

Konsequenterweise müssen die Daten der Venus-Tafeln als mit der heutigen Venusbahn unvereinbar angenommen werden. Deshalb liegt eine Hypothese auf der Hand: Die abweichenden Daten lassen sich »viel eher durch eine Modifikation der Venusbahn erklären« (Weit 1982, 43). Es bestünde die Möglichkeit, daß »ein relativ großer Körper in das Sonnensys-

tem eingetreten und nahe genug an Venus sowie an Erde und Mond vorbeigegangen ist, um eine zeitweise Störung ihrer Bahnen zu verursachen.« (Weir 1972, 78) Die ultima ratio, eine Störung der Planetenbahnen, wäre zuerst unter der Voraussetzung der rein Newtonschen Gravitation zu diskutieren. Danach gibt es aber keine »zeitweisen« Störungen.

Wenn tatsächlich ein großer Körper in das Sonnensystem eingetreten ist und die Planetenbahnen so sehr gestört hat, daß die Bahnelemente nicht mit den heute Beobachtbaren übereinstimmen, dann gibt es vom Newtonschen Standpunkt aus keinen Grund, weshalb sich an diesen Zuständen nach der Störung etwas ändern sollte. jedenfalls nicht nach den Zeitmaßstäben einiger weniger tausend Jahre. Daraus folgt, daß entweder das heutige System durch eine »Störung« überhaupt erst entstanden ist, die erst nach den in den Venus-Tafeln niedergelegten Beobachtungen stattgefunden haben kann, oder es gibt (vgl. Kapitel 11. 14) einen weitergehenden Evolutionsmechanismus, der »Störungen« ausdämpft und einen an sich stabilen aber »zeitweise« gestörten Zustand wiederherstellt. Dieser stabile Zustand bestünde aller Voraussicht nach aus Kreisbahnen, in die sich zu Ellipsen gestörte Bahnen relativ schnell zurückentwickeln müßten. Diese Problematik diskutiert Weir allerdings nicht, sondern greift zur an sich verpönten ultima ratio gestörter Planetenbahnen, um mit den anderenfalls nicht zu tilgenden Widersprüchen fertig zu werden.

Die »Venus-Tafeln des Ammizaduga« mahnen zur Vorsicht hinsichtlich der für die absolute Chronologie so entscheidenden Rückrechenbarkeit. Sollte sich die Erdbahn tatsächlich geändert haben, so ist der Zeitpunkt der Änderung zugleich die Endstation RLr jede Retrokalkulation. Da allerdings das absolute Alter (des Originals) der Venus-Tafeln nicht geklärt ist, sollen sie hier nur als Indiz und nicht als chronologischer Fixpunkt genommen werden.

#### 4. DIE RAMESSIDISCHEN STERNUHREN UND DIE KALENDERWISSENSCHAFT

Die absoluten Daten der ägyptischen Chronologie beruhen auf der Annahme, daß das jährliche Wiedererscheinen des Sternes Sirius in den Daten eines Kalenders angegeben wurde, der gegenüber dem wahren Sonnenjahr um einen viertel Tag zu kurz ist. Sirius liegt in der Ekliptik, deshalb tritt die Sonne einmal im Jahr zwischen diesen Stern und einen irdischen Beobachter. Sirius kann dann nach etlichen Tagen des Verborgenseins das

erste Mal wieder morgens vor der Sonne aufgehend beobachtet werden. Dieser Tag des »heliakischen Aufgangs« liegt zwar im Sonnenjahr fest (er definiert gewissermaßen die Jahreslänge), muß aber in einem zu kurzen ägyptischen Kalender wandern, womit eine Möglichkeit gegeben wäre, Daten, die sich auf einen solchen »Sothisaufgang« innerhalb des ägyptischen Kalender beziehen, absolut zu bestimmen. Auf die Einzelheiten dieser Methode wird später eingegangen. Doch sie führt zu schier unüberwindlichen Widersprüchen, zum Beispiel zu einem Entstehungsdatum von 2114 für Kalender in Jahrhunderte jüngeren Särgen bzw. Sargkammern des sogenannten Mittleren Reiches. (Schott 1950, 905) Entsprechende Inschriften in den Gräbern Sethos I. und Ramses IV. können auf dieselbe Weise, freilich unter Inkaufnahme desselben gewaltigen Widerspruchs, in die Zeit von ungefähr - 1840 und damit in die 12. Dynastie datiert werden: (v.d.Waerden 1974, 28) Diese Inschriften gehören nach der üblichen Chronologie in die Zeit nach - 1300, also in das sogenannten Neue Reich: »Wir kommen damit zu dem verblüffenden Schluß, daß die den toten Königen des Neuen Reiches mitzeteilenen Hilfsmittel zur Zeitbestimmung auf Beobachtungen aus der Zeit um -1800 beruhten. Die Tatsache, daß das Datum des heliakischen Frühaufgangs des Sirius in den fraglichen 7 (sic!) Jahrhunderten von -1840 bis -1300 um 4.5 Monate weitergewandert war, schien den Schreiber nicht im mindesten gestört zu haben. Er kopierte einfach die alten Texte, als wenn sie ewige Gültigkeit gehabt hätten.« (v.d.Waerden 1974, 28) Ebenso soll es auch der Schreiber einer ähnlichen Grabinschrift noch 150 Jahre später getan haben. »Offenbar besagen die Schreiber des Neuen Königreiches nichts Besseres als diese eigentlich schon längst überholten Theorien; anderenfalls hätten sie dem mächtigen Sethos I. sicherlich etwas Zutreffenderes mit auf den Weg gegeben.« (ibid.)

Es ist wohl eher so, daß die modernen Schreiber der altägyptischen Geschichte immer noch nichts Besseres als diese überkommene Methode der Sothisdatierung zur Verfügung haben, sonst würden sie dem Hof des »mächtigen Sethos I.« nicht so unsinnige Dinge unterstellen. Die Konsequenzen der Sothisdatierung sind so unmißverständlich wie unakzeptabel: Den nachfolgenden Generationen wird über viele Jahrhunderte nur noch reines Kopieren einer einmal erbrachten Leistung unterstellt, obwohl doch sämtliche Angaben, die auf der Basis des zu kurzen ägyptischen Kalenders angegeben werden, binnen weniger Jahrzehnte unsinnig wurden. Diese Diskrepanz verweist vermutlich weniger auf eine Degenerierung der astro-

nomischen Leistungen am ägyptischen Königshof, als vielmehr auf die Unzulänglichkeit der verwendeten Methode, die zu krassen Fehldatierungen führt.

Das Augenmerk soll nun auf die Sternuhren in den Gräbern einiger Ramesidischer Pharaonen gerichtet werden. In den Gräbern Ramses VI., VII. und IX finden sich im Vergleich zu denen des Sethos I. und Ramses IV. ganz neuartige Sternuhren. Die zur Zeitmessung verwendeten Sterne sind fast alle von den zuvor verwendeten verschieden. »Es gibt kaum Zweifel, daß die in den neuen Uhren verwendeten Sterne im wesentlichen außerhalb des (überkommenen, CB) Bandes der Dekansterne liegen, und, wie noch zu sehen sein wird, südlich dieses Bandes.« (Parker 1974, 58) Diese zur Stundenmessung herangezogenen Sterne liegen also auf einem Band, das mehr oder weniger parallel, aber südlich zu dem alten Sternenband liegt. Diese »Verschiebung« läßt vermuten, daß sich die Achse der Eigenrotation der Erde verschoben hat. Das wird gestützt durch die Messungen an der Wasseruhr des Amenophis III. aus Karnak. Sie zeigt für den Zeitpunkt der Wintersonnenwende den Tag mit 52 Minuten zu kurz und die Nacht entsprechend zu lang an. Dasselbe gilt für den Zeitpunkt der Sommersonnenwende. Wenigstens letzterer Befund deutet unter gewissen Bedingungen auf eine Verschiebung des Breitengrades hin. Ähnliches ist bereits für Babylon anhand von systematisch verschobenen Stempositionen unterstellt worden. Das würde bedeuten, daß sich ein neuer Polarstern eingestellt hat. Nach Seneca war der Polarstern früher im Großen statt im Y[leinen Bären. Entsprechend heißt es in den frühen indischen Jaiminiya-Upanishaden, daß der Mittelpunkt des Himmels, um den sich das Himmelsgewölbe dreht, im Sternbild des Großen Bären liegt. Auch in Ägypten spielte früher der Große Bär die Rolle des Polarsterns. (vgl. dazu Velikovsky 1978, 279ff.) Im ägyptischen Faij um wurde unter 27 Grad nördlicher Breite eine Sonnenuhr gefunden, die dort zu keiner Jahreszeit die Zeit richtig anzeigen kann. Während die heute inkompatiblen Daten der Venus-Tafeln des Ammizaduga nicht eindeutig entscheiden lassen, ob diese auf einer Abweichung der Venusbahn oder einer Abweichung der Erdbahn beruhen, ist die parallele Verschiebung des Sternenbandes, das die Nachtstunden anzeig und die Verschiebung des Polarsternes ein Indiz für die Änderung der Erdachse. Da eine von außen bewirkte Verkippung der Erdachse kaum ohne eine Beeinflussung der Erdbahn im allgemeinen stattfinden kann, ist also nach weitergehenden Indizien zu suchen: Sie liegen in den uns überlieferten Kalendern praktisch aller Kulturvölker tatsächlich vor. Nirgendwo wurden

365.2422 Tage im Jahr gezählt oder durch angebliche Fehlersummierung notwendig gewordene Kalenderreformen durchgeführt.

Für Velikovsky waren die »Schwierigkeiten« mit den Venus-Tafeln nur ein Indiz unter vielen, die bezeugten, daß der Planet Venus ein Neuankömmling innerhalb des Sonnensystems ist und daß seine »Einordnung« in das System mit schwerwiegenden Störungen der Planeten Erde und Mars einhergegangen ist. Ich werde in den folgenden Kapiteln gegebenenfalls auf seine weitergehenden Argumente zurückkommen, mich hier im allgemeinen aber auf die »astronomischen« Indizien beschränken.

Die zur Bahnachse gekippte Achse der Eigenrotation bewirkt die Abfolge der Jahreszeiten. Das Jahr definiert sich durch diese Abfolge der Jahreszeiten, speziell durch die periodische Wiederkehr der Tagund-Nachtgleichen im »Frühjahr« und »Herbst«. Jede Änderung der Achsrichtung der Eigenrotation bewirkt im allgemeinen sowohl einen »Sprung« in den Jahreszeiten als auch eine neue geographische Breite für jeden irdischen Beobachter. Der Sprung in den Jahreszeiten hat zur Folge, daß Wochen-, Monats- und Jahreszählung sich neu orientieren muß. Eine neue geographische Breite bedingt, daß alte Positionsangaben für Himmelsbeobachtungen ungültig werden, daß insbesondere Sonnen- und Wasseruhren (die die Nachtstunden zu zählen hatten) ihre Gültigkeit verlieren, denn deren Gestaltung ist von der geographischen Breite abhängig. Über eine Verkipfung der Achse hinausgehende Änderungen der Erdbahn umfassen nicht nur die Ausrichtung der Eigenrotationsachse, sondern auch die Geschwindigkeit der Eigenrotation und natürlich den mittleren Abstand sowohl der Erde zur Sonne als auch des Mondes zur Erde. Störungen dieser Charakteristika haben zur Folge, daß sich die Anzahl der Tage sowohl im Jahr als auch im (Mond)Monat ändert.

Ohne einen absoluten Zeitmesser ist dabei nicht auseinanderzuhalten, ob eine Änderung der Anzahl der Tage im Jahr auf die Änderung der Eigenrotationsgeschwindigkeit oder des mittleren Abstandes der Erde zur Sonne zurückzuführen ist. Das Gleiche gilt für die Länge des Monats. Für alle hier aufgezählten Möglichkeiten gibt es Indizien, wobei die Änderung der Kalenderzählung den weitaus größten Anteil ausmacht. Das ist nicht weiter verwunderlich, denn was auch vorgefallen sein mag, die Kalenderrechnung gerät dabei immer durcheinander.

Velikovsky faßte in einem langen Kapitel von »Welten im Zusammenstoß« die Überlieferungen zusammen, die eine völlige und obendrein mehrmalige Umkehrung der Drehrichtung, eine Verkipfung der



Erdachse um 180 Grad bezeugen. Dies folgt aus den übereinstimmenden Berichten, daß die Sonne nicht immer im Osten, sondern zeitweise im Westen aufgegangen sei. Es ist erstaunlich, und auch nicht hinlänglich bekannt, daß viele griechische und römische Autoren des klassischen Altertums - Herodot, Pomponius Mela, Plato, Seneca, Gaius Julius Solinus - diese Überlieferungen erwähnen. Sie finden sich auch in mesoamerikanischen, chinesischen, hebräischen, finnischen und anderen Überlieferungen. Die völlige Umkehrung der Achse der Eigenrotation ist allerdings nicht gut zu verstehen. Der heutige Winkel zwischen Eigen- und Bahnrotation beträgt rund 23 Grad und muß als zufälliger Wert angesprochen werden. Ein Winkel von 0 bzw. auch 180 Grad hingegen könnte einen Zustand repräsentieren, der durch die Wechselwirkung zwischen dem irdischen und einem interplanetaren Magnetfeld stabilisiert wird, so daß ein Kippen um 180 Grad als Sprung zwischen zwei stabilen Zuständen interpretiert werden könnte. Auf die Verkippung der Erdachse um einen Betrag von weniger als diese eher rätselhaften 180 Grad, deuten die oben erwähnten Berichte über einen neuen Polarstern hin.

Eine Änderung in den Charakteristika der Erdbahn bringt einen Kalender durcheinander. Wenn zwei oder mehr Kulturen ihre Kalender auf die gleiche Weise, etwa durch die Einschiebung einer gleichen Anzahl von Tagen, reformieren, dann ist das ein eindeutiger Hinweis auf eine solche Änderung. Deswegen ist eine Untersuchung der Kalender, die in den uns bekannten Frühkulturen verwendet wurden, die richtige Methode, um den Fragenkomplex »Katastrophen in historischer Zeit« anzugehen. Es sind Früchte zu ernten, die bislang notorisch übersehen worden sind. Liegt es an dieser ungeheuerlichen Unterstellung, Menschen seien Zeugen großer Katastrophen gewesen, denen sie weitestgehend machtlos ausgeliefert waren, daß so viele Ähnlichkeiten und Übereinstimmungen nicht zusammengeführt wurden?

Kalender sind kein direkter Ausdruck einer Theorie der Himmelsbewegungen, aber sie werden als Ausdruck des astronomischen Niveaus ihrer Nutznießer betrachtet. Ein Mondkalender gilt als relativ primitiv, ein Sonnenjahr mit weniger als 365.25 Tagen als bloße Station auf dem Weg zur richtigen Beobachtung. Das Gleiche würde natürlich für ein zu langes Kalenderjahr gelten, aber für dessen frühere Existenz gibt es keinerlei Anhaltszeichen. Für gewöhnlich werden Kalendergeschichten nach dem folgenden Motto geschrieben: Mit dem Kalender konnte es jeweils nur besser, d.h.: richtiger werden. Die ältesten Kalender sind die »schlechtesten% oder um-

gekehrt - wenn auch ungleich verwegener - die »schlechtesten« sind auch die ältesten Kalender. Damit werden von allen Motiven, die zur Himmelsbeobachtung führen, alle bis auf eines ausgeblendet: »Der unbändige Drang des menschlichen Geschlechtes zur letztlichen Aufdeckung der Wahrheit«.

So ist insbesondere die moderne Interpretationsgeschichte des altägyptischen Kalenders mit seinen 12 Monaten zu je 30 Tagen und den am Jahresende zugefügten 5 Zusatztagen, den »Epagomenen«, in eine Sackgasse geraten, weil eine Motivsuche jenseits des Wunsches, das Sonnenjahr mehr oder weniger gut messen zu können, nie in Angriff genommen wurde.

E.Meyer (1904) brachte denn auch das Kunststück zustande, diesen Kalender als an sich schlecht (ihm fehlte nämlich ein viertel Tag zur Wiedergabe unseres Sonnenjahres) und deswegen auch alt zu charakterisieren, ihm andererseits aber einen »rationellen Radicalismus« und »eminenten praktischen Werth« (ibid., 6f.) zuzubilligen, der die für die absolute Chronologie scheinbar unerläßliche Annahme einer jahrtausendelangen Verwendung ohne jegliche Reform akzeptabel machen sollte. Meyer ortete die Einführung des altägyptischen Kalenders am 19. Juli -4241 und setzte damit eine Leuchte des menschlichen Geistes auf einen Zeitpunkt, für den bis heute kein entsprechendes historisches Dokument aufgefunden worden ist (und - folgt man der Heinsohn-/Illigschen Rekonstruktion der ägyptischen Geschichte - auch nie finden wird). Infolge dieser hemdsärmeligen Umgangsweise kam es zu unerträglichen Widersprüchen bei der Datierung altägyptischer Zeugnisse. Schon erwähnt wurde die fragwürdige Praxis, die in Königsgräbern des Neuen Reiches gefundenen Kalender um 600 und mehr Jahre als die dort begrabenen Herrscher zurückzudatieren. Und zu allem Überfluß sollten die altägyptischen Astronomen neben diesen ja völlig unbrauchbaren Kalendern noch über - nie gefundene - Umrechnungstabellen verfügen, um die ständig wachsende Differenz zwischen dem Sonnenjahr und dem ägyptischen Jahr im Griff zu behalten. (Schott 1950, 908) Die Arbeit mit diesem Kalender hätte über kurz oder lang in eine absurde Praxis münden müssen und wäre im Verlauf der Jahrtausende seiner angeblichen Gültigkeit zu einem kaum noch zu handhabenden Handicap der Astronomen geraten. Sehr schnell wären komplizierte Umrechnungen und bei unbeeirrter Anwendung eine buchstäblich über Jahrtausende gehende stabile Überlieferung unumgänglich geworden. Selbst ein »moderner« Astronom mit allen ihm zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmitteln hätte schon nach wenigen Jahren auf diesen Kalender dankend verzichtet.

Diese ganzen Schwierigkeiten entfielen automatisch, wenn den früheren Kalendern eine Rationalität zugebilligt wird, die sich nicht ausschließlich durch den Vergleich mit den absoluten Zeitmaßstäben unseres gegenwärtigen Kalenders zu legitimieren hat. Das so vielgescholtene Rumpffahr von 360 Tagen, das im altägyptischen Kalender noch anklingt, aber stets als bloßes Produkt mathematischer Verfahren betrachtet wurde, kann ein kürzeres Sonnenjahr als das gegenwärtige exakt beschrieben haben. Ein diesbezügliches »Denkverbot« sollte angesichts der aufgedeckten katastrophischen Geschichte des Sonnensystems nicht mehr aufrecht erhalten werden. Eine andere Hypothese wird sich ebenfalls als fruchtbar erweisen: Daß der altägyptische Kalender gar nicht das Sonnenjahr bestimmen sollte, sondern sich an einer anderen Periode, nämlich der einer Planetenbahn orientierte.

### 5. DIE TÜCKEN DER ABSOLUTEN CHRONOLOGIE

Heinsohn und Illig entwerfen in ihrem gerade erschienenen Buch »Wann lebten die Pharaonen« (1990) die Grundzüge einer absoluten Chronologie für Ägypten, die in harschem und zugleich unauflöflichem Widerspruch zur konventionellen Chronologie steht: Die Hunderte zählenden ägyptischen Pharaonen werden »zusammengestrichen« und in rund 700 statt in 3000 Jahren untergebracht. Insbesondere wird die herkömmliche Einteilung in »Altes«, »Mittleres« und »Neues« Reich aufgegeben. Die Kritik stützt sich vor allem auf die Analyse der Entwicklung archäologisch nachgewiesener altägyptischer Technologie, deren konventionelle Datierung zu absurden Schlüssen zwingt, vor allem zu der ständig verwendeten Generalunterstellung, die technologischen Verfahren - von der Glasherstellung über Methoden des Schiffbaus bis hin zu architektonischen Fertigkeiten - seien mehrfach neu entdeckt worden. Die Kritik solcher Interpretation führt zur radikalen Hypothese, daß die Pharaonen fälschlicherweise in der Regel mehrfach, und damit über einen fiktiven Zeitraum von 3000 Jahren geführt wurden, obwohl sie letztlich nur für rund 700 Jahre »gut« sind. Mit der ägyptischen Geschichte aber sind alle anderen Chronologien Vorderasiens und Europas verknüpft. Jede »Manipulation« der ägyptischen Geschichte schlägt sofort auf die Datierung der anderen Kulturen durch. Das runde halbe Dutzend absoluter Daten für die ägyptische Geschichte wurde aus kalendarischen, im weiteren Sinne astronomischen Aufzeichnungen gewonnen. Diese Jahreszahlen sind zugleich jene »Nägel«, an denen letzten Endes die gesamte Chronologie der jüngeren Steinzeit und

Bronzezeit Europas hängt«. (Eggers 1986, 132) Der Nachweis einer kosmischen Katastrophe in historischer Zeit würde also sofort Konsequenzen für die gesamte Chronologie haben, da dieses Ereignis zugleich eine Grenze für jede Art der astronomischen und kalendarischen Rückrechnung bilden würde.

Die ägyptische Chronologie basiert auf einer Annahme, die zur Hypothese kosmischer Katastrophen im Widerspruch steht. Nur eine von beiden kann richtig sein. Die für die Chronologie so folgenreiche Konzeption betrifft den ägyptischen Kalender. Dieser soll vom Beginn des Alten Reiches an, über gut 3000 Jahre also, das Jahr unverändert mit 12 Monaten à 30 Tagen plus 5 Zusatztagen, den »Epagomenen«, gezählt haben. Die Betonung liegt dabei auf »unverändert«; anderenfalls wäre eine für die Chronologie konstruktive Interpretation bestimmter kalendarischer Aufzeichnungen unmöglich. Insbesondere wäre im Rahmen dieser Methode die ursprüngliche Existenz eines Kalenders, der nur die 360 Tage ohne die Epagomenen zählt, völlig abzulehnen. Eine kosmische Katastrophe im Laufe der alt-ägyptischen Geschichte, die zur Umstellung der Kalenderrechnung gezwungen hätte, würde ein Schlag ins Gesicht traditionsbewußter Ämtologen sein.

Diese so eminent wichtigen kalendarischen Aufzeichnungen sollen Daten des heliakischen Aufgangs der Sothis aus rund anderthalbtausend Jahren Gebrauchs des 360+5-Tage-Kalenders wiedergeben. Sie wären damit in jenem Kalender markiert worden, dem im Vergleich zu unserem, den Jahreszeiten beziehungsweise dem Sonnenjahr angepaßten Kalender etwa sechs Stunden fehlen. Die Sothis, so lautet eine weitere Voraussetzung, sei der Fixstern Sirius, der ebenso wie die Sonne in dem schmalen Band der Tierkreiszeichen liegt und deshalb einmal im Jahr von ihr verdeckt wird. Sein erstmaliges Wiedererscheinen am Morgenhimmel, sein heliakischer Aufgang, gibt einen gut beobachtbaren Zeitpunkt im Kalender ab. Dieser Zeitpunkt wäre in einem Kalender, der das wahre Sonnenjahr mißt, auf stets dasselbe Datum fixiert. Der für die Sothisdatierung zugrundegelegte ägyptische Kalender ist hingegen offenbar zu kurz. Deshalb muß dieser heliakische Aufgang, obwohl er stets im Sommer stattfindet, in diesem Kalender »wandern«. Nach vier Jahren gibt er ihn einen Tag, nach acht Jahren zwei Tage später an. Nach 1461 Jahren ist das in den Jahreszeiten eigentlich stillstehende Ereignis durch den ganzen zu kurzen Kalender wieder auf den ursprünglichen Tag gewandert. Solche Angaben sind solange nutzlos, wie nicht wenigstens ein heliakischer Aufgang der Sothis berichtet wird, der

sowohl in unserem, dem julianischen, als auch im ägyptischen Kalender gleichzeitig angegeben wird: »Den gewünschten festen Punkt ergibt die bei Censorinus, De die natalie c.18 überlieferte Nachricht, daß im zweiten Konsulat des Antonius Pius und des Bruttius Praesens, d.h. im Jahre 892 a.u.c. = 139 n.Chr., der Frühaufgang der Sothis genau am ägyptischen Neujahrstag, dem 1. Thot, erfolgte.« (Hornung 1964, 17) Der ägyptische Neujahrstag eröffnete den ägyptischen Kalender mit 360 regulären und den 5 Zusatztagen und wanderte damit zwangsläufig durch die Jahreszeiten. 1460 julianische Jahre vor diesem von Censorinus erwähnten Ereignis mußte der heliakische Aufgang der Sothis demnach ebenfalls auf den 1. Thot gefallen sein (und ebenso vor 2920 Jahren und so fort). Damit scheint jede Zeitangabe für einen heliakischen Aufgang der Sothis eindeutig mit einer absoluten Jahreszahl verknüpft, sofern man sich auch noch für die »Sothisperiode« entscheiden konnte, innerhalb der das fragliche Ereignis stattgefunden haben soll. Die erste Sothisperiode geht von +139 bis -1320, die zweite von -1321 bis -2760 usw. Da die ägyptische Geschichte für kaum mehr als für 2 Sothisperioden gut war, bereitete diese Entscheidung in den meisten Fällen kein Problem. Die Probleme ergeben sich aus den Hypothesen, die der eben beschriebenen Methode einer absoluten Chronologie zugrundeliegen.

### 6. SOTHIS UND SOTHISPERIODE

Eine kritische Würdigung der fraglichen Textstellen, die angeblich einen heliakischen Sothisaufgang vermerken, kann keine von ihnen als befriedigend bezeichnen. (vgl. Heinsohn/Illig 1990) Nicht einmal die Identifizierung der Sothis als Fixstern Sirius ist grundsätzlich zweifelsfrei. Bei Gundel, »Dekane und Dekansternbilder« (1936, 239), finden wir eine Beschreibung der ägyptischen Dekansternbildnisse, in denen die »Göttin Sothis und der ihr folgende Dekangott Orion-Osiris hoch über die anderen Dekane heraus« ragen. Er schreibt Obid., 252), daß Bouche-Leclerq die Vermutung äußerte, daß die Dekanreihe ursprünglich mit Sothis begonnen und damit Venus die Serie begonnen und geschlossen hat. »Diese Vermutung hat insofern etwas Bestechendes, als daß gerade die Dekangottheit Sothis identisch mit Isis war, die seit alters auch (als) die Seele der Venus angesehen wurde.« Velikovsky hat nun immer darauf beharrt, daß »Isis« den Planeten Venus und keinesfalls den Fixstern Sirius bezeichnet. Er verweist dazu auf eine Textstelle des Plinius Secundus d.Ä. (1974, 35), in der

es heißt, daß der Planet Venus der »Stern der Isis« genannt wurde. Auch im Isagog von Geminus wird ausdrücklich gesagt, daß das Fest der Isis (und nicht der Sothis) in 1460 Jahren durch die Jahreszeiten wandert (Velikovsky 1978a, 254; Knapp 1934, 22; Ginzel 1906, 19 1). Im Lexikon der Ägyptologie wird weiterhin eine Verbindung der Sothis mit der Löwengöttin Sachmet gezogen. »Die feurige Natur des Sternes dürfte dazu beigetragen haben, daß Sothis auch den Löwengöttinnen angenähert wurde. Sie wurde selten löwenköpfig dargestellt. Nach einem Text in Philae steigt Sachmet als Feuerschlange empor, und so entsteht ihr Name Sothis.« (Band V, 1111) Es gibt im übrigen auch Darstellungen der Sothis mit der Hathorkrone. Sowohl Sachmet als auch Hather stehen nun in enger Verbindung mit der Venus (als Planet). Es heißt (Gardiner 1931, 30; Schott 1950, 892), Sothis sei ein »Stern, der vor einem schönen Jahr erscheint«. Das kann kaum auf einen regelmäßig wiederkehrenden Fixstern gemünzt sein. Im Pyramidenkult gilt Sothis als Form der Isis, oder als »Seele« (Schott 1950, 893), die Orion (= Osiris) folgt. Dieser Kult berichtet auch über die Unterbrechung des »Weltenlaufs«. Isis kann mit ihrer Klage das Schiff des Sonnengottes anhalten. Obid., 893)

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß der Fixstern Sothis nicht nur im Altertum, sondern auch noch im Mittelalter eine weitaus imposantere Erscheinung als heutzutage gewesen sein muß, daß von daher also eine überragende Bedeutung des Fixsterns Sirius durchaus nahegelegt wird, wenn auch der Zusammenhang mit den Textstellen offensichtlich nicht immer zweifelsfrei ist. Schlosser und Bergmann (1985, 45) schließen aus der Erwähnung des Sirius als rotem Stern in babylonischen (Gössmann 1950), römischen (Gundel 1927) bis hin zu merowingischen Texten, daß Sirius B, der uns dunkel erscheinende Begleiter von Sirius A, erst vor rund 1000 Jahren einen Wandel von einem Roten Riesen in einen weißen Zwergstern durchgemacht habe: »Unter günstigen Bedingungen scheint Sirius bei Tageslicht sichtbar gewesen zu sein. Tatsächlich erwähnen auch etliche babylonische Quellen die Sichtbarkeit des Sirius bei Tage.« Die Autoren kommen allerdings nicht umhin, ihre Verwunderung über diesen rasanten Prozeß starrer Evolution zum Ausdruck zu bringen: »Indes erscheint dieses Tempo und die Vollständigkeit des Vorgangs sehr ungewöhnlich und liegt überhaupt völlig außerhalb des zu erwartenden Zeitrahmens.«

(Bergmann/Schlosser 1985, 46) Der Übergang eines »Roten Riesen« zu einem »Weißen Zwerg« markiert das Endstadium der Entwicklung eines Sternes, wo praktisch alles Ausgangsmaterial für die Kernfusion aufge-

braucht ist. Der Stern ist gewissermaßen ausgebrannt und schrumpft aufgrund seiner Eigengravitation endgültig zusammen. Er wird ein »Weißer Zwerg«. Da alle Stadien der Sternentwicklung Milliarden von Jahren währen sollen, ist tatsächlich nicht einzusehen, daß dieser Übergang zwischen zwei Sternstadien so schlagartig vonstatten gehen kann, wie es Bergmann und Schlosser aufgrund der historischen Quellenlage anzunehmen gewillt sind. Die allermeisten Theoretiker der Sternentwicklung würden sogar sagen, daß ein so schneller Vorgang unmöglich ist.

Entscheidend scheint jedoch zu sein, daß Sirius von etlichen früheren Beobachtern unabhängig voneinander ab rot beschrieben wurde, was er heutzutage eben nicht ist, selbst wenn man einen Einfluß der Atmosphäre auf die Beobachtung berücksichtigt. Die Theorie der Sternentwicklung ist durch dieses Beobachtungsmaterial aus gut zweieinhalb Jahrtausenden zur Überprüfung ihrer Grundlagen herausgefordert - so, wie die Indizien für eine Störung der Erdbahn mit den daraus folgenden katastrophischen Auswirkungen und ihren Einflüssen auf die menschliche Zivilisation vergangener historischer Epochen das Überdenken der Theorie der Entwicklung des Sonnensystems notwendig machen.

Was für ein Kalender war es nun, in dem die heliakischen Aufgänge der Sothis verzeichnet wurden? Es müssen schließlich sehr stichhaltige Indizien vorliegen, um die an sich schwer verständliche Behauptung zu legitimieren, die alten Ägypter hätten über Jahrtausende ohne Reformen einen zu kurzen Kalender verwendet; mit der Konsequenz, daß alle Feste in den Jahreszeiten wandern mußten und einmal gemachte astronomische Beobachtungen schon nach kurzer Zeit schlicht falsch wurden beziehungsweise sehr umständliche Umrechnungen erforderlich machten. Immerhin findet sich im Kanopusdekret von -238 ein Sothisdatum, das mit Censorinus' Angabe voll kompatibel ist. So scheint zumindest für diesen Zeitraum die Methode gerechtfertigt zu sein, zumal hier auch die Verwendung des um ein viertel Tag zu kurzen Wandeljahres gesichert ist. Ansonsten ist uns von den Ägyptern selbst keine Nachricht mehr erhalten, die von einer »Sothisperiode« oder einem Zeitraum von 1460 Jahren berichtet. (Das »Lexikon der Ägyptologie« betont zum entsprechenden Stichwort, daß »während der gesamten pharaonischen Zeit die Sothisperiode nicht erwähnt wird.«) Die 1460 Jahre stehen für die Differenz zwischen dem ägyptischen 365-Tage-Kalender und einem »richtigen«, wie etwa dem julianischen Kalender. Fände die Sothisperiode nur einmal im Zusammenhang

mit der Niederschrift eines heliakischen Aufgangs der Sothis Erwähnung, dann gäbe es keinen Zweifel über den zugrundeliegenden Kalender. Aber weder eine Sothisperiode, noch eine »Apokatastasis«, das Zusammentreffen des ägyptischen Neujahrs mit dem heliakischen Aufgang der Sothis, finden irgendwo Erwähnung. Zwar werden + 139, also im Jahr der von Censorinus erwähnten Apokatastasis, in Alexandria Münzen geprägt, die einen strahlengekrönten Phönix mit der Beischrift AGIN zeigen, doch »bleibt es auffällig, daß kein anderes zeitgenössisches Denkmal auf dieses seltene Ereignis Bezug nimmt;« (Hornung 1964, 17) So sei es denn auch keineswegs gesagt, folgert Homung kühn, daß zeitgenössische Denkmäler des 28. und 14. Jahrhunderts v.Chr. unbedingt einen Hinweis auf die damalige Apokatastasis enthalten müßten, bisher habe sich jedenfalls kein eindeutiger Hinweis gefunden. So wird die eigentliche Schwäche des Arguments, die alten Ägypter hätten etwas von einer »Sothisperiode« gewußt, zum Alibi für das Fehlen von Belegen in der gesamten Pharaonenzeit. Bei einem Geschworenenprozeß würde eine solche Verteidigungsstrategie kläglich unterliegen. Nicht anders verfährt R.Krauss, wenn er die an sich schon selten belegten Sothisbeobachtungen dahingehend interpretiert, daß das Fehlen solcher Belege für das Alte Reich damit »statistisch nicht auffällig« ist. (vgl. Heinsohn/Illig 1990) Da also die Ägypter selber von einer Sothisperiode oder von einer 1460-Jahresperiode nicht reden wollen, so muß man sich auf einem anderem Wege darüber versichern, welcher Kalender zur Zeit der Niederschrift des heliakischen Aufgangs der Sothis denn gegolten hat.

### 7. GAB ES EINE REFORM DES ÄGYPTISCHEN KALENDERS?

Der für die Datierung des Neuen Reichs zentrale Ebers-Papyrus schweigt sich zu diesem Thema auch nicht aus, weiß allerdings nur von einem 360-Tage-Kalender zu berichten. Und damit hat eine der vielen Fußangeln der ägyptischen Chronologie äußerst schmerzhaft zugeschnappt: Nimmt man diese Angabe ernst, dann ist die naheliegendste Schlußfolgerung die, daß der Text vor einer Kalenderreform verfaßt wurde, die aus dem 360-Tage-Kalender den 365-Tage-Kalender gemacht hat. Ohne Angabe des Zeitpunktes einer solchen zurückliegenden Kalenderreform kann dann grundsätzlich kein zuverlässiges Datum des betreffenden Dokumentes gewonnen werden. Bei Hornung etwa wird auf diese prinzipielle Möglichkeit erst gar nicht eingegangen. Für ihn erklärt sich die »zunächst befremdende Tatsa-



che« eines 360-Tage-Kalenders dadurch, daß er annimmt, die Mondmonate von konstant 30 Tagen seien nur schematisch verwendet und die fünf »Epagomei~en« vernachlässigt worden, weil es dem Schreiber, einem Arzt, bei der Abfassung seiner jahreszeitlich gebundenen Rezepte bestenfalls auf den Monat ankam, in dem das Rezept richtig anzuwenden gewesen sei. Ein solcher Umgang mit dem Text ist nicht angemessen, denn er muß den einzigen korrekten Hinweis, der auf den Kalender (glücklicherweise doch) vorliegt, weginterpretieren, um das Verfahren der Sothisdatierung überhaupt durchhalten zu können. Wie ernst die Erwähnung des 360-Tage-Kalenders zu nehmen ist, erhellt sich u.a. aus der Erwähnung eben dieses Kalenders in dem Kanopus-Dekret von -238. Insgesamt kommen hier drei Kalender zur Sprache: Einmal der damals offensichtlich gültige 365Tage-Kalender, dem allerdings alle vier Jahre ein Tag zur annähernd richtigen Wiedergabe des wahren Sonnenjahres fehlen würde, und in dem auch die Feste in den Jahreszeiten wandern. Deswegen wird eine Anpassung vorgeschlagen, indem eben alle vier Jahre dem Kalender ein Tag hinzugefügt werden sollte, »damit auch die Jahreszeiten nach der jetzigen Ordnung der Welt ihre Schuldigkeit tun und es nicht vorkomme, daß einige der öffentlichen Feste, welche im Wikter gefeiert werden, einstmals im Sommer gefeiert werden .... wie dies sowohl früher geschah, als auch jetzt wieder geschehen würde, wenn die Zusammensetzung des Jahres aus den 360 Tagen und den fünf Tagen, welche später noch hinzuzufügen gebräuchlich wurde (bei Schott 1950, 7: «... die man am Ende zufügen ließ»), so fort dauert.« (Ginzel 1906, 198) Das Resultat bestünde in einem Kalender, der annähernd »richtig« und durch weitere, dann allerdings wesentlich seltenere Schaltungen, dem Sonnenjahr anzupassen wäre. Als dritter findet also ein Kalender von 360 Tagen Erwähnung, dem »irgendwann« fünf Tage hinzugefügt wurden. Wenn hier etwas über den Zeitpunkt stünde, an dem diese Zusatztage, die »Epagomenen«, hinzugefügt worden sind, dann wäre immerhin ein gangbarer Weg vorhanden, den Ebers-Papyrus vielleicht doch noch richtig zu datieren. I. Velikovsky erwähnt eine Randbemerkung auf einer Handschrift des »Timaeus«, die die Einführung eines neuen Kalenders nach dem Untergang des Mitderen Reiches der Hyksos zum Gegenstand hat. (1978, 119) Er gilt für ein Sonnenjahr von 360 Tagen. In dem »Buch Sothis« des Manetho wird eine Kalenderreform, in der die fraglichen 5 Tage dem Jahr von 360 Tagen hinzugefügt wurden, dem Hyksoskönig Aseth zugeschrieben. (ibid.) Das ist schwierig zu interpretieren, da die Teilung in die drei Reiche grundsätzlich fraglich erscheint

und die Identität der Hyksos und damit ihre zeitliche Einordnung noch nicht geklärt ist.

Hier gibt es also ein grundlegendes Dilemma. Kalender haben einen Sinn. Die Ägypter des 3. vorchristlichen Jahrhunderts waren sich des Defizits ihres Kalenders bewußt, dennoch behielten sie ihn bei. Die im Kanopus-Dekret vorgeschlagene Reform schlug fehl und wurde erst ca. 200 Jahre später von Caesar beziehungsweise Augustus durchgesetzt. Der Grund dieses Beharrungsvermögens wird noch angesprochen werden. Aber es wird von einer anderen Kalenderreform, die Ergänzung eines Kalenders mit 360 Tagen um 5 weitere Tage, berichtet, für die es triftige Gründe gegeben haben muß. Der weiter unten vollzogene Vergleich mit dem mesoamerikanischen Kalender wird zeigen, daß der um 5 Tage ergänzte 360-Tage-Kalender gar nicht auf die (mehr schlechte als rechte) Wiedergabe des Sonnenjahres abzielte, sondern sich an der Venusbahn orientierte. Eine Analyse und ein Vergleich zugeordneter Rituale und Feiern wird den Schluß nahelegen) daß sich die Erdbahn, entsprechend einem Jahr mit annähernd 360 Tagen, im -7. Jahrhundert durch eine katastrophische Einwirkung des Planeten Venus geändert hat, und alle nachfolgenden Kalenderreformen diesem Ereignis geschuldet sind.

In der Agyptologie wird nun dem im Kanopus-Dekret ausdrücklich gewürdigten Jahr von 360 Tagen keine eigenständige Bedeutung beigemessen, es wird allenfalls als Rechnungsjahr akzeptiert, als »Tempeljahr«. So steht in der Inschrift von Siut: »Seht ein Tag des Tempels ist 11360 des Jahres«. (Schott 1950, 5) Im ägyptischen Verrechnungswesen bezeichnet »Jahr« 360 Tage und es wird über »das Jahr und die fünf Tage« abgerechnet: »zwei Schalen Trauben täglich macht für das Jahr und die fünf Tage 730 Schalen Trauben« (ibid., 6) Der ägyptische Himmel war in 36 Gaue aufgeteilt, denen je ein Stern zugehörte, der für 10 Tage, also eine Dekade lang, der Zeitmesser ist. »Isis-Sothis« war der Regent der 36 Dekane. Diese Dekanteilung ist im Grunde völlig unhandlich, denn da es keinen Dekan oder Halbdekan für die fünf Schalttage gab, standen die Dekane nicht in den Jahreszeiten fest. (ibid., 10) In astronomischen Berechnungen in den Gräbern Sethos' I. zu Abydos und Ramses' IV. finden sich keine Schalttage, da sowohl der letzte als auch der erste Monat des Jahres mit 30 Tagen angesetzt ist. »An den Schalttagen stand astronomisch die Zeit gewissermaßen stilk schreibt Schott (ibid., 9), obwohl das nun gerade astronomisch gesehen überhaupt keinen Sinn macht. Doch »der Astronom rechnete in Tabellen und Kalendern mit 360 Tagen«. Grundsätzlich liegt den Berechnungs-

tafeln aus dem Mittleren Reich das Schema des »Rumpfhjahres« von 360 Tagen zugrunde (ibid., 22). Die dazugehörige Dekanteilung wäre nun in unserem Sonnenjahr ein völlig falscher Zeitmesser. Die »Dekanuhren« in Särgen des Mittleren Reiches geben deshalb auf Dauer auch falsche Angaben über die Aufgänge der Sterne. Diese Uhren laufen - jedenfalls in unserem Sonnenjahr - nur einige Jahrzehnte lang richtig.

Die Diskussion um die ägyptischen Kalender ist verworren, weil die Annahme einer in ernstzunehmenden Texten verzeichneten späteren Kalenderreform die Methode der Sothisdatierung ad absurdum führt. Andererseits werden die Epagomenen, die Tage also, die »man am Ende zufügenieß«, bereits in sehr frühen Texten, etwa denen der fünften Dynastie, ausdrücklich erwähnt. Was stimmt hier nicht? Ist die Kalenderreform fiktiv, vielleicht das Hirngespinnst einer abtrünnigen Priesterkaste, deren schriftliches Zeugnis nur zufällig überliefert wurde? Oder ist die Reihenfolge der Dynastien nicht in Ordnung? Gehören die angeblich ältesten schriftlichen Dokumente doch in die jüngere Vergangenheit des alten Ägypten? Ein Seitenblick auf die vorläufige »Komprimierung« der ägyptischen Dynastienfolge durch Heinsohn und Illig zeigt an, daß zum Beispiel eine jüngere Datierung der angesprochenen Texte aus der fünften Dynastie legitim sein könnte, da die fünfte Dynastie mit der frühen achtzehnten Dynastie gleichgesetzt wird.

Es gibt allerdings auch gute Gründe, den vor der im Kanopusdekret erwähnten Kalenderreform anzusiedelnden 360-Tage-Kalender lediglich als Ergebnis einer bestimmten Zahlentheorie zu betrachten, und ihn nicht für bare Münze einer gegenüber heute andersgearteten Erdbahn zu nehmen. So beruhen die Längen- und Gewichtseinheiten der Babylonier auf dem Sexagesimalsystem. Dieses Verhältnis 1:60 spiegelt sich annähernd in einigen astronomischen Proportionen wieder, etwa in der Beziehung der babylonischen Doppelstunde KAS. BU zum Sonnendurchmesser zur Zeit der Äquinoktien. Viele Autoren suchen denn auch die Basis dieses Sexagesimalsystems wiederum am Himmel, obwohl darin ein Widerspruch liegt. Das Suchen und zumal das Identifizieren mathematischer Proportionen am Himmel setzt eine qualifizierte Astronomie voraus, die dann schon längst einen akzeptableren Kalender als den mit 360 Tagen hätten beisteuern müssen. Natürlich wäre es denkbar, daß die Jahresbestimmung mit einem Mondkalender einsetzte und daß mit der Aufdeckung gewisser sexagesimaler Proportionen dann ein Jahreskalender auf sexagesimaler Basis eingeführt wurde. Für Ägypten sieht etwa Borchardt an&nglich einen Mondka-

lender, der nach Einführung des Wandeljahres in den Tempeln noch weitergeführt worden sei. »Das mit dem Hundsternfrühaufgang beginnende Jahr bekam nun 12 gleiche Monate von je dreißig Tagen und, da damit das Stenjahr noch nicht gefüllt war, dazu noch 5 Tage auf... dem Jahre«. Aus dem Vorhandensein dieser »5 Tage auf dem Jahr« auf einen nur 360 Tage zählenden Kalender als »Zwischenvarietät« auf dem Wege der Kalender-evolution zu schließen, der für einige Zeit zwischen dem 35 5 Tage wä-hrenden Mondjahr und dem Sternjahr von 365.25 geführt worden sei, hält Borchardt für »abwegig«. Er zitiert Eduard Meyer, für den der Glaube da-ran »recht eigentlich der Prüfstein des Dilettantismus in der Chronologie« ist. Borchardt kommt aber nicht umhin, die Kollegen Ginzel und Sethe we-nigstens in einer Fußnote in Schutz zu nehmen, wohl wissend, daß das von ihnen zusammengetragene Material die universelle Existenz eines 360 Ta-ge Kalenders schließlich mit augenfälliger Eindringlichkeit demonstriert. Das von Borchardt entworfene Szenario der Kalenderänderung findet im -5. Jahrtausend statt, also rund 4000 Jahre vor jener uns durch das Kano-pus-Dekret bekannt gewordenen Kalenderreform. Kaltblütig gibt er den ägyptischen Priestern dann 10 Jahre, nach deren Ablauf ihnen die Diver-genz zwischen dem neuen 36 5 -Tage Jahr und dem Sternjahr, das es ei-gentlich abzudecken galt, aufgefallen sein muß. Eine Begründung, weshalb die Priester nicht in der Lage oder auch nicht motiviert waren, innerhalb von viertausend Jahren eine neue Kalenderreform zu starten, gibt Bor-chardt ebensowenig, wie vor ihm und nach ihm alle anderen Autoren, die mit dem jahrtausendalten ägyptischen Kalender argumentierten. Die Fra-ge der Schaltung, die stets zur Diskussion steht, wenn ein Kalender nicht mit dem Sternjahr übereinstimmt, wird nicht angeschnitten. Der unheilvol-le Charakter der Epagomenen findet keine religionsgeschichtliche Anbin-dung.

Als größte Unterlassungssünde muß aber festgestellt werden: Eine Diskus-sion des dem ägyptischen Wandeljahr entsprechenden mesoamerikani-schen Kalenders unterbleibt. Hier finden sich ganz wesentliche astronomi-sche und religionsgeschichtliche Aufschlüsse über den Sinn des uns so ir-rational erscheinenden 360+5-Tage-Kalender.

## 8. DIE LITERARISCHEN ZEUGNISSE ZUM 360-TAGE-KALENDER

Die babylonische Astronomie gilt als die älteste der Welt. Aber erst ab dem -3. Jahrhundert gilt die Kenntnis der Babylonier über die Hirmelspe-

rioden als vorzüglich. Sie besitzen rechnerische Verfahren zur Vorausbestimmung des Mond- und Sonnenlaufes und können so genaue Voraussagen machen, daß ihnen für gewöhnlich eine jahrhundert- bis jahrtausendealte Tradition unterstellt wird, in der sie diese Perfektion ausbilden konnten. Aber wie entwickelt sich ein »wissenschaftliches System« - durch Evolution oder durch Revolution? Nach der durch G.Heinsohn revidierten babylonischen Chronologie bleibt ihnen zu allmählicher Entwicklung nicht sehr viel Zeit und wenn man für das -7. Jahrhundert auch noch eine Kalenderreform unterstellen würde, die auf eine reale Erdbahnveränderung reagiert, wird selbst für einen ausgebildeten Astronomen die Zeit knapp, um die kurz-, mittel- und langfristigen Himmelsperioden zu bestimmen. Die allermeisten schriftlichen Dokumente stammen aus der Zeit nach -750 (vgl. auch Kapitel 111.2) Während in sehr vielen Tafeln offensichtlich nach Mondmonaten gezählt wird - es finden 29 und 30 Tage Erwähnung, die also um den synodischen Monat von ca. 29.5 Tagen springen -, finden sich in einigen alten Texten Spuren eines 360-tägigen Kalenders mit 12 Monaten von genau 30 Tagen. So heißt es zum Beispiel: »(Die) zwölf Monate eines Jahres (sind) sechs mal sechzig Tage ... « Der Titel einer anderen Tafelsammlung (Sargon) lautet: »Eine Sammlung von 25 Tafeln der himmlischen und irdischen Zeichen nach ihrer guten und schlechten Bedeutung. Die Vorzeichen, die im Himmel sind, als auch die auf der Erde werden berichtet. Dies ist der Bericht ... 12 Monate für jedes Jahr, 6 mal 60 Tage, nach der Ordnung verzeichnet ... « In Tempelrechnungen des Tafelfundes von Tdloh werden die Monate generell mit 30 Tagen angegeben, genauso wie in der Tafel IH R 60, der 12 Monate zu 30 Tagen angibt. Lehmann (1896, 445; auch Ginzel 1906, 128) untersuchte das Zagmuku-Fest, eine Rinf-tägige Feier, die bei den Babyloniern auf den Jahresanfang &llt. Dies entspricht den Epagomenentagen der Ägypter. Der dazugehörige Kalender ist aber nicht »uralt«, wie es für die Ägypter vorausgesetzt wird, sondern wurde während der Regierung des chaldäischen Königs Nabonassar eingeführt: »Es bestand aus einem Sonnenjahr von 365 Tagen ohne Schalttage, so daß es jeweils jedes Rinfte Jahr einen Tag fi-iher startete. Das Jahr bestand aus 12 Monaten mit je dreißig Tagen, mit fünf Tagen zum Jahresende.« (Parise 1982, 5) Möglicherweise liegt hier ein Hinweis für eine zeitliche Bestimmung der Kalenderreform bzw. der universellen Einführung des 365-Tage-Kalenders vor. Daß sie im -8. Jahrhundert liegen soll, würde natürlich die Sothisdatierungen der ÄgYPtologie überflüssig machen. Obwohl die Babylonier im Prinzip das Jahr nach dem Mond berechneten, gab

es also ursprünglich auch ein Jahr mit 360 Tagen zu 12 Monaten von je 30 Tagen. Der Himmelskreis der Babylonier war ähnlich wie bei den Ägyptern in 36 Dekane zu je 10 Tagen aufgeteilt, in denen der Sonnenstand angegeben werden konnte. (York 1986, 230) »Dem mesopotamischen Jahr mit 360 Tagen, entsprechend 72 Wochen mit 5 Tagen, wurde eine besondere fünftägige Festwoche angehängt, die zwischen dem Ende des alten und dem Beginn des neuen Jahres lag.« (Campbell 1962, 115 f) Wenn Nabonassar um -740 einen 365-Tage-Kalender einführt und es eine ausgemachte Sache ist, daß es vor allem die babylonische Astronomie war, die in die anderen Kulturen hinübergestrahlt hat, wie kann dann den Ägyptern eine weiter zurückreichende Verwendung des 360+5-Tage-Kalenders unterstellt werden?

Während nun die Schaltung für den Mondkalender, der mit seinen 12 Monaten nur auf 354 Tage kommt, außer Zweifel steht, sollte die Schaltungslosigkeit des neuen 365-Tage-Kalenders eigentlich verwundem. Im Hinblick auf das mesoamerikanische Kalenderwesen ist dieser Zusammenhang allerdings aufgeklärt. Im Gegensatz zu den Ägyptern weiß man hier längst um die Bedeutung dieser fünf Tage, die auf den 360-Tage-Kalender aufgesetzt wurden: Sie haben mit der Anpassung an die Jahreszeiten überhaupt nichts zu tun, sondern dienen vielmehr der Anpassung an den synodischen Umlauf der Venus. Hilfreich für die Kalenderwissenschaft insgesamt und für die Ägyptologie im besonderen wäre vielleicht das Erstaunen darüber gewesen, daß Mesoamerikaner und Ägypter gleichermaßen diesen 360+5-Tage-Kalender verwendeten. Dadurch, daß man diese Entsprechung nicht zur Kenntnis nahm, ersparte sich die Ägyptologie einige äußerst kritische Fragen: Warum haben zwei voneinander völlig unabhängige Kulturen denselben Kalender geführt? Betraf das ägyptische Wandeljahr - und mit ihm alle anderen entsprechenden Jahreszählungen Vorderasiens - etwa auch den Planeten Venus? Wenn ja, was zeichnete diesen Planeten aus, daß auf beiden Seiten des Globus das Kalenderwesen und damit auch sämtliche Feste nach ihm ausgerichtet wurden? Setzt eine spezielle Planetenreligion gleichzeitig mit der Einführung des Wandeljahres ein, womit sich das Datum der Einführung dieses Venuskalenders eingrenzen ließe? Gerade in Anbetracht der Schwierigkeit, irgendeinen vernünftigen Grund für den beharrlichen Gebrauch des Wandeljahres in Ägypten aufzufinden, sollte die Entsprechung des ägyptischen und des mesoamerikanischen Kalenders zur Kenntnis genommen (und nicht verdrängt) werden. Deshalb wird der hier nur kurz gestreifte Befund später eingehender betrachtet.

Im alten Ägypten fand man sowohl Zeugnisse, die ausschließlich von einem 360-Tage-Jahr berichten, als auch Texte über die 360 Tage mit den fünf Epagomenen. Im Ebers-Papyrus wird mit 360 Tagen ohne die Schalttage gerechnet, in Dokumenten, die man zu den ältesten zählt, finden dagegen die Schalttage Erwähnung. Hier dürfte es eine Frage der Neudatierung sein, um dieses »Durcheinander« zu ordnen. Im »Buch des Sothis« steht, ähnlich wie es der byzantinische Chronist Georgius Syncellus berichtet, daß der 360 Tage Kalender ursprünglich ohne die Schalttage geführt wurde und daß diese erst später zugesetzt wurden, wie es ja auch die Bedeutung des Wortes »Epagomenen« ist: »Die fünf, die auf dem Jahr befindlichen«. Wenn wir uns für den vorderasiatischen Raum der Annahme anschließen, die babylonische Zeitrechnung habe hier insbesondere nach Ägypten ausgestrahlt, dann gibt uns Germanicus von Aratus in seinen »Phaenomena« einen Hinweis darauf, daß die 365-Tage-Kalender des vorderasiatischen Raums möglicherweise generell - ebenso wie bei den Mesoamerikanern - der Venusbahn angepaßt waren: Die Isis-Priester ließen bei der Amtseinführung die Phamonen schwören, weder einen Schaltmonat noch Schalttag einzuschieben und auch bei den Festtagen keine Veränderungen vorzunehmen, sondern die 365 Tage in altvertrauter Weise ablaufen zu lassen (nach dem Text bei Ginzel 1906, 196.) Dieser Hinweis ist im Hinblick auf die offenkundige Verknüpfung der 365 Tage mit der Venusbahn bei den Mesoamerikanern sehr ernst zu nehmen, wenn denn Isis sich als der Planet Venus identifizieren läßt. Warum sonst sollten die Priester der Isis derart auf einem so umständlichen Kalenderwesen beharren?

Der »Bundehesch« (Schöpfung) ist die Kosmogonie und Kosmographie der Parsen, der Nachkommen der persischen Zoroasteranhänger, und wurde vermutlich im 8. Jahrhundert abgefaßt. Im fünften Kapitel dieses Textes wird der Sonnenlauf beschrieben. Die Einleitung des Kapitels erwähnt den Angriff der »Schweifsterne« Gurzihar und Duzdu Muspar auf die Sonne und den Mond. »Die Sonne fesselte den Muspar an ihre Bahn auf eine Weise, daß er (nur) wenig Schaden anstiften kann«. Der Berg Taera in der Mitte der Welt sei es, um den der Sonne Drehung gehe und 180 Tage sei sie im Osten und 180 Tage im Westen von ihm. Wenn die Sonne im Widder steht, sei Tag und Nacht gleich, und von da, wo sie vom Widder ausgehe, bis dahin, wo sie zum Widder zurückkomme, vergingen 360 Tage und die 5 Schalttage. Der Neujahrstag ist nicht bestimmt, sonst würden böse Mächte das Geheimnis erkannt und Schaden gestiftet haben (nach Justi 1868, 7£).

Aus Indien sind keine originalen alten Inschriften erhalten. Die gesamte erhaltene vedische Literatur kennt nur ein Jahr von 360 Tagen. Es findet sich explizit in der Brahmana und im Atharvaveda. In der Rigveda ist es durch die 720 Tage und Nächte des Jahres angedeutet. »Bei keinem Volke ist das Vorhandensein eines angeblichen Jahres von 360 Tagen so deutlich in der Überlieferung ausgesprochen, wie bei den alten Indern.« (Ginzler 1906, 312) Die Veda gebe nirgends die Art und Weise an, wie das 360-tägige Jahr mit den Jahreszeiten in Übereinstimmung gebracht worden sei, offenbar, »weil der Willkür noch alle Thren offen gestanden haben« (ibid., 313). Die Kommentatoren haben mit dieser »Starrsinnigkeit« stets ihre Schwierigkeiten gehabt, denn die Texte beharren darauf, daß die Sonne 6 Monate nach Norden und 6 Monate nach Süden geht, und daß der Mond 15 Tage zunimmt und 15 Tage abnimmt. Aufhuenderweise findet sich nirgendwo in der Veda die Erwähnung einer Schaltperiode. »Daß es sich hier nicht um konventionell ungenaue Angaben handelt, sondern vielmehr um ganz verkehrte Anschauungen, zeigt die Stelle im Nidana-Sutra, wo gesagt wird, daß die Sonne in jedem der 27 Naksatras 13 1/3 Tage verweile, und somit das wahre Sonnenjahr auf 360 Tage abgeschätzt wird.« (Thibaut, nach Velikovsky 1978, 295) Die nachvedische Literatur führt bis zu fünf verschiedene Jahresformen an, von denen keine 365 oder 365.25 Tage umfaßt. Man rechnet auch in großen Zeitabschnitten, den Zeitaltern der Sünde, des Zweifels, der 3 Opferfeuer und der Wahrheit, die auch das eiserne, das eherne, das silberne und das goldene oder vollkommene Zeitalter genannt werden. Die spätere Astronomie wird auf einen babylonischen Ursprung zurückgeführt, da die zeitlichen Charakteristika mit denen der Babylonier fast identisch sind, die Berechnungsmethoden aber noch nicht so vollkommen sind wie etwa bei Ptolemäus. Bereits J. Bentley hatte bemerkt, daß die von alten Sterntafeln angegebenen Sternorte von den auf der Basis unseres Kalenders zurückgerechneten Werten systematisch abweichen. (1970, 74£) Die alte Jahrform der Chinesen ist nicht sicher überliefert, da fast die gesamte klassische Literatur um -212 auf Befehl von Tschin-schihoang verbrannt wurde. Astronomie hatte für die Herrscher des alten China eine herausragende Bedeutung. Die Halle der höchsten Harmonie war das Kernstück der Palastes in Peking und entsprach dem Himmelspol, um den sich alle anderen Mitglieder des Kosmos zu drehen schienen. Der Herrscher »übersetzte« die kosmische Ordnung auf die Erde. (Krupp 1986) Astronomische Beobachtungen und Berechnungen wurden vor der Öffentlichkeit geheimgehalten, eigene Beobachtungen waren Privatpersonen und den kö-



niglichen Astronomen der Umgang mit diesen nicht gestattet. (Ciyuan 1988) Zu den allerwichtigsten Erneuerungen nach einem Dynastienwechsel gehörte die Einrichtung eines neuen Kalenders als Ausdruck der Zugehörigkeit zur und Vertrautheit mit der kosmischen Ordnung. (Yabuuti 1974) Kühnert fand für die Zeit vor Yao deutliche Spuren eines 360-tägigen Jahres. (Ginzel 1906, 493) Die alten Autoren unterschieden ein 360-tägiges sui-Jahr von dem nieu-Mondjahr, das um sechs Tage kleiner ist. Murray und Crawford erwähnen, daß der dem Jahr von 360 Tagen zugefügte Zeitraum von 5.25 Tagen KheYing, genannt wurde. (vgl. Vefikovskiy 1978, 302) Die Chinesen kannten also augenscheinlich keinen 360+5-Tage-Venuskalender und änderten auch die Teilung des Kreises von 360 auf 365.25. F.Parise (1982, 216) gibt als Zeitpunkt für diese Änderung das 4. Jahrhundert an, aber dieses Datum ist angesichts der mehr als dürftigen Quellenlage für diese frühe Zeit fraglich.

Auch über den römischen Kalender ist in unserem Zusammenhang einiges anzumerken. Plutarch berichtet, daß vor der Kalenderreform des Numa das Jahr aus 360 Tagen bestand, mit Monaten, deren Länge zwischen 20 und mehr als 35 Tagen schwankte. Numa soll dann einen Mondkalender mit 354 oder auch 355 Tagen etabliert haben, der alle zwei Jahr durch Einschaltung von 22 Tagen mit dem Sonnenjahr abgeglichen worden sein soll. Ursprünglich - also zu Zeiten Romulus' - bestand das Jahr sogar aus nur 10 Monaten, einer Angabe, der seit jeher mit höchster Skepsis begegnet wurde.

Im römischen Kalender wird der Kult des Terminus - die *feriae terminalia* - am 23. Februar gefeiert und sowohl im Julianischen als auch im prae-Julianischen Kalender werden die Schaltungen nach diesem Tag geführt. (Im julianischen Kalender wurde der Schalttag alle 4 Jahre durch Verdoppelung des 24. Februar erreicht.) »Also steht im julianischen Kalender die Terminalia für den letzten Tag im Jahr und zwar eines Jahres von genau 360 Tagen. Dieses Konzept könnte auf dem kalendarischen System der Ägypter beruhen. Die verbleibenden Tage des Februars erscheinen als die Epagomenen - die Zusatztage -, die völlig unabhängig vom eigentlichen Jahr sind.« (York 1986, 18) Diese Reminiszenz an einen 360-Tage-Kalender habe sich sogar durch die Zeit der Verwendung eines Mondkalenders mit nur 355 Tagen erhalten. Für M.York wäre der römische 360-Tage-Kalender nicht weiter verwunderlich, denn die Ägypter und die Mayas hätten ihn ja auch gehabt. York will nun dem 365-Tage-Kalender keine lange Dauer zuerkennen: »Wenn dieser Kalender tatsächlich früher von den Rö-

mern eingeführt worden ist, dann wird er vermutlich durch einen anderen abgelöst worden sein, nachdem der Fehler, der einem unveränderlichen 365-Tage-Kalender innewohnt, offen sichtlich wurde.« Obid., 19) Das Argument ist logisch. Wo es ausschließlich um die Approximation des Sonnenjahres geht, hat ein 365-Tage-Kalender auf Dauer keine Chance, da er bereits nach hundert Jahren fast einen Monat verloren hat. Erstaunlich ist immer wieder, daß allen Völkern diese Einschätzung ohne weiteres zugestimmt wird; nur die alten Ägypter müssen über Jahrtausende mit einem für die Wiedergabe des Sonnenjahres unbrauchbaren Kalender ausharren. Fassen wir zusammen. Alle Kulturen mit einer belegten Tradition erzählen wenigstens in Spuren entweder von einem 360-Tage-Kalender, oder von einem 360+5-Tage-Kalender, der damit indirekt auf eine frühere »kurze« Zählung des Jahres mit nur 360 Tagen verweist. Über den seit mehr als hundert Jahren währenden Status quo der Diskussion, nämlich über diesen Befund ratlos die Achseln zu zucken, kommen wir nur mit der Annahme hinaus, daß diese Kalender genau das bedeuten, was wir mit dem Begriff »Kalender« gemeinhin auch verbinden, nämlich die zufriedenstellende zeitliche Bestimmung einer Himmelsperiode. Der 360+5-Tage-Kalender ist als Venuskalender zu interpretieren und weist als solcher nicht die Ungenauigkeit auf, die ihm als Kalender für das Sonnenjahr eigen sein würde. Die Hilfsannahme der Ägyptologie, daß die Altvorderen es mit der Jahreszählung eben nicht besser gekonnt oder auch nur nicht gewollt hätten, ist halbes. Deswegen ist es nur konsequent, den 360-Tage-Kalender wörtlich zu nehmen: Er gab - im Rahmen einer hinzunehmenden Ungenauigkeit - das Jahr wieder, wie es vor etwa 3000 Jahren gemessen wurde.

### 9. DIE KALENDER MESOAMERIKAS

Die Historiographie der Jahrhundertwende prägte den Mythos einer quasi automatischen Entwicklung »vom Rohen zum Vollkommenen«, »vom Mythos zur Vernunft«. Die Entwicklung des Kalenders war danach ausschließlich eine Frage der Zeit. Ein - bezogen auf 365.2422 Tage - »falscher« Kalender gab demnach nicht zu Fragen über Gründe dieser Abweichung Anlaß, sondern lediglich einen Anhaltspunkt über sein mehr oder weniger hohes Alter.

Im Falle der Kalendergeschichte liegt der seltene Glücksfall vor, daß zwei Kulturen, die nach allem, was wir wissen, miteinander nicht in Verbindung standen, tatsächlich dieselbe »Dummheit« begangen haben: Sowohl

die alten Ägypter als auch die praekolumbianischen Mesoamerikaner, speziell die Azteken und die Mayas, führten gleichermaßen einen 360+5-Tage-Kalender. Für die mesoamerikanische Kultur gilt nun im Gegensatz zur altägyptischen die Verwendung dieses 365-Tage-Kalenders als aufgeklärt. Die für Mesoamerika gewonnenen Erkenntnisse sollen später helfen, entscheidende Rückschlüsse für die Chronologie des alten Ägypten zu gewinnen.

Obwohl schriftliche Zeugnisse die spanische Eroberung bis auf wenige Exemplare nicht überstanden haben (sie wurden von den Eroberern fast ausnahmslos vernichtet), ist der mesoamerikanische Kalender als Venuskalender identifiziert worden. Das heißt, die 365 Tage ergeben sich hier keineswegs als einigermaßen praktikable Anpassung an das Sonnenjahr. Vielmehr scheint einem ursprünglichen 360-Tage-Kalender die Anzahl von Tagen angefügt worden zu sein, die eine Kommensurabilität des Kalenders mit der Venusbahn, wie sie von der Erde aus erscheint, erzeugen. Die Nähe zum Sonnenjahr ist demnach ein sekundärer Umstand. Für das mesoamerikanische »Wandeljahr« ist im Gegensatz zum ägyptischen uneingeschränkt festzustellen: Seine Einführung ging mit einem hohen Niveau der astronomischen Wissenschaft einher.

Auf den Seiten 46 bis 50 des berühmtesten Schriftstücks der Mayas, dem sogenannten Dresdener Codex, ist ein kompletter Satz an Beobachtungen der Venus wiedergegeben. Je vier Stationen der Venus werden zu einem Venusjahr zusammengefaßt. Sie betreffen das erstmalige bzw. das letztmalige Erscheinen der Venus als Morgen- und als Abendstern. Die Zeit zwischen dem Wiedererscheinen an derselben »Station« wird mit 584 Tagen angegeben, was auch unserer heutigen Beobachtung entspricht. Die astronomischen Daten sind von Bildern begleitet, die die Venusgottheit der Mayas, Kukulkan, als böse Kraft darstellt, die Opfer aufspießt. Auf den insgesamt fünf Seiten sind fünf solcher Perioden der Venusbahn dokumentiert. Diese fünf Zyklen von je 584 Tagen entsprechen genau 8 Jahren des mesoamerikanischen »Wandeljahres« mit 365 Tagen: »8 Wandeljahre (mit je 365 Tagen, CB) sind exakt so lang wie 5 Venusjahre. Das entspricht einer Anzahl von 2920 Tagen, eine Zahl, die immer wieder in den Venus-Tafeln auftaucht.« (Aveni 1984, 159)

Neben diesem 365-Tage-Jahr gab es ein weiteres Jahr von 260 Tagen. Diese beiden Perioden kommen nach 52 Jahren wieder zusammen. Dieser Zyklus war von großer Bedeutung, er war die Grundeinheit der Zeitrechnung: » ... sie glaubten, daß am Ende einer solchen Periode die Welt zerstört wer-

den würde, wie es in vier vorangegangenen Zeitaltern ebenso geschehen war. Eine neue Periode startete mit dem Erscheinen der Plejaden am Zenith. Bis dies geschah, warteten die Menschen stets voller Angst, ob ein neuer Tag überhaupt beginnen würde. Im ganzen Land wurden die Feuer gelöscht, die Menschen zerstörten alles Haushaltsgerät und fasteten unter Beachtung bestimmter Vorschriften. In der entscheidenden Nacht bestiegen die Priester den Huixact6catl, den Hügel der Sterne, um das Erscheinen der Plejaden abzuwarten. Unterdessen warteten die Menschen voller Angst und Hoffnung. Wenn dann die Sterne (der Plejaden, CB) den entsprechenden Meridian überquert hatten, betätigten die Priester das Werkzeug zum Feuermachen und ein Feuer wurde im offenen Brustkorb eines eben getöteten menschlichen Opfers entzündet. Damit waren die Menschen - Priester, Adlige und das Volk - von ihren grausamen Ängsten erlöst und konnten sich der Freude hingeben. Fackeln wurden an dem neuen Feuer entzündet und von Ufern zu allen anderen Tempeln gebracht, so daß die Menschen sich damit neu versorgen konnten. Am nächsten Tag wurden die Tempel wieder hergerichtet und neue sakrale wie profane Gebrauchsgegenstände hergestellt. Alle waren froh und erleichtert und man vollzog Danksagungszeremonien.« (de Casas 1969, 27£)

In keinem anderen Kulturkreis ist die magische Unterstützung des Laufs der Sonne und der Gestirne so deutlich wie im präkolumbianischen Mittelamerika, wo durch Zeremonien verschiedenster Art der Weltuntergang abgewendet werden soll. (Seler 1923, 342) Ein herausragendes Beispiel ist das mittelamerikanische Ballspiel, das offensichtlich in allen größeren Städten in großen und aufwendigen Anlagen vollzogen wurde. (Krickeberg 1944, 135) Es ist nicht klar, ob das Ballspiel spielerisch »mit offenem Ausgang« ausgetragen wurde, oder ob es bestimmte Himmelsvorgänge nach genau bestimmten Regeln in einer rituellen »Aufführung« darstellte. In den Statuen ist einmal die Sonne als Verlierer in Form eines bluttriefenden Kautschukballes dargestellt, dann wiederum geht es um den Kampf des Morgensterns gegen andere Götter. (ibid., 161) Das Menschenopfer steht in engem Zusammenhang mit dem Ballspiel, aber auch hier ist nicht klar, ob das »Opfer« nur der Besänftigung diene, oder ob es als Vertreter des Volkes in das »Jenseits« geschickt wurde, um den Lauf der Dinge für die Menschen günstig zu beeinflussen. So wurde dem das erstmal wieder vor der Sonne aufgehenden Morgenstern das Herz eines eben getöteten Opfers entgegengehalten (Seler 1902, 624/640), vielleicht, um diesem gefürchteten Planeten die Macht eines starken Menschen zu beweisen, der weniger

getötet, als vielmehr in einen - für die »Zurückgebliebenen« unsichtbaren Kampf geschickt wurde. (vgl. auch Davis 1983; Selser 1904, 1095; ders. 1902, 624)

Der Lauf der Gestirne war nicht für alle Zeiten fixiert. Er hatte sich, seit die Welt existierte, mehrmals geändert und durch Zerstörung der Sonne jeweils ein neues Zeitalter gebracht. (Selser 1915, 179; ders. 1923, 343) Der uns bekannt gewordene mesoamerikanische Kalender scheint ein Spiegel dieser Vorgänge zu sein. Das 365-Tage-Jahr bestand aus 18 Monaten mit je 20 Tagen und den fünf Zusatztagen, den »Nemontemi«, wie die »Epagomenen« der Mayas heißen. Diese Tage standen außerhalb des sakralen Kalenders, sie galten als ungünstig und waren keiner Gottheit gewidmet. Die an diesen Tagen Geborenen galten als Unglückskinder und Ereignisse, die in diesen Zeitraum fielen, wurden als bestinunend für das kommende Jahr gehalten. Ähnlich wie in der Ägyptologie wird für das mesoamerikanische Kalenderwesen die Frage nach der Zeitschaltung gestellt, denn der 365-Tage-Kalender verliert gegen das Sonnenjahr alle vier Jahre einen Tag. Hier sind viele Theorien aufgestellt worden, die alle mit dem Faktum umgehen müssen, daß Zeitschaltungen in den erhaltenen Quellen nicht erwähnt werden. (Selser 1908, 199) »Das stärkste Argument für eine Kalenderkorrektur (durch Einfügung von Schalttagen, CB) kommt aus der Tatsache, daß ohne Korrektur keine konstante Beziehung zwischen den Monaten und den Jahreszeiten bestehen kann, daß also die monatlichen Feste auf Dauer weder mit der agrarischen Tätigkeiten noch mit dem natürlichen jährlichen Zyklus übereinstimmen.« (de Casas 1969, 52) De Casas rechnet dann auch vor vor: »Alle 100 Jahre verlor dieser Kalender 25 Tage. Nach 1460 Jahren betrüge die Differenz genau ein Jahr (1460 julianische Jahre entsprechen 1461 mexikanischen Jahren), doch sicherlich dürfen wir nicht von einer dermaßen langen Zeitspanne für eine ununterbrochene Kalendertradition ausgehen.« (ibid., 52) Das ist einleuchtend und müßte zugleich doch jene Ägyptologen, die exakt denselben Kalender sogar während mehr als zwei dieser »Sothisperioden« als alleinigen Zeitrechner in Gebrauch sehen wollen, in arge Verlegenheit bringen. Die Mayas kannten die exakte Länge des Sonnenjahrs sehr genau, sogar genauer, als es unser gregorianischer Kalender angibt. Dennoch behielten sie ihren 365-Tage-Kalender bei. Den Astronomen war die Korrelation ihrer Kalender untereinander und die mit der Venusbahn wichtiger: Der 365-Tage-Kalender kann deshalb nicht als »mittelmäßige Approximation« des wahren Sonnenjahres gelten. Die Verwendung von gerade fünf Tagen ist der Anpassung der Zeitrechnung an die

Venusbahn und nicht an das Sonnenjahr geschuldet. Daß von den Mayas und Azteken obendrein Feste in achtjährigem Rhythmus gefeiert wurden, ist damit auch nicht mehr verwunderlich, denn die Zahl Acht ergibt sich aus dem Umstand, daß der Planet Venus nach acht Wandeljahren an genau derselben Stelle am Himmel zu beobachten ist.

### 10. EINE ARBEITSHYPOTHESE FÜR DIE CHRONOLOGISCHE NEU-ORDNUNG

Die Art, wie der mittelamerikanische Venuskalender diskutiert wird, ließe sich auch für den ägyptischen Kalender fruchtbar machen. Für die Azteken und Mayas wird die besondere kultische Bedeutung des 365-Tage-Kalenders als Venuskalender und nicht als eine auf Dauer fehlerhafte Annäherung an das Sonnenjahr anerkannt. Durch die explizite Verknüpfung dieses Kalenders mit der Venusbahn wird das Argument, die mittelamerikanischen Kulturvölker hätten es eben nicht besser gewußt, bedeutungslos.

Ganz klar wird erkannt, daß ihnen die Differenz ihrer jahresrechnung mit dem Sonnenjahr sehr schnell oder sogar von Anfang an bewußt gewesen ist. Die Auslassung von bislang ohnehin nicht zu identifizierenden Schalttagen ist nicht mit Unwissen zu begründen, sondern mit der speziellen Bedeutung des 365-Tage-Zeitraums, dessen achtmaliges Ablaufen mit der von der Erde aus beobachteten Umlaufzeit der Venus korreliert.

Es ist auffallend und in Anbetracht der grundlegenden Bedeutung des Wandeljahres für die absolute Chronologie dringlich einer Erklärung bedürftig, daß in ganz Vorderasien und speziell eben im chronologiebestimmenden Ägypten das Sonnenjahr zu 360 Tagen mit 5 angehängten Ergänzungstagen (Epagomenen) gerechnet wird, denen einheitlich ein unheilvoller Charakter zukommt. Doch keiner der Chronisten wirft einen Blick über den Atlantik, wo die Bedeutung der 5 Ergänzungstage zur Angleichung eines 360-tägigen Kalenders an die Venusbahn als aufgeklärt gilt. Nicht weniger symptomatisch ist auf der anderen Seite auch die Bemerkung de Casas: »Diese fünf überschüssigen Tage haben die Wissenschaftler, die mit dem mesoamerikanischen Kalender befaßt sind, seit den Tagen der ersten Chronisten über die Maßen beunruhigt und die unterschiedlichsten Theorien provoziert - vielleicht auch, weil sie kein Gegenstück in europäischen Kalenderpraktiken besitzen.« (1969, 34) Statt dieser allgemeinen Ratlosigkeit zu folgen, sollte angesichts der frappierenden Übereinstimmungen überprüft werden, ob nicht auch das ägyptische Wandeljahr einem Venus-

kalender geschuldet ist. Mußten nicht die Pharaonen vor den Isis-Priestern - offensichtlich in Kenntnis der Abweichung vom Sonnenjahr - die Beibehaltung des Wandeljahres beschwören und hatte nicht Geminus ausdrücklich betont, daß das Fest der Isis in 1460 Jahren den ganzen Kreislauf der Jahreszeiten durchwandert? Damit kann nichts anderes als der heliakische Aufgang der Venus gemeint sein, der in acht Jahren zwei Tage und in 1460 Jahren eben ein ganzes Jahr gegenüber den Jahreszeiten verliert.

Dieser Ansatz - daß zwei (oder sogar mehr) Kulturen ein ursprüngliches Zeitrechnungssystem aller Wahrscheinlichkeit unabhängig voneinander auf die gleiche Weise mit Rücksicht auf denselben Planeten abwandeln - birgt weitreichendste Konsequenzen für die Naturgeschichte. Denn der Schritt zu der Annahme, der Planet Venus sei »Agent« dieser Kalenderreform gewesen, weil er ursächlich mit der Erdbahnänderung in Zusammenhang steht, ist naheliegend und unter Berücksichtigung weiterer Indizien auch zwanglos nachzuvollziehen. I. Velikovsky hat diesen gleichermaßen bestechenden wie brisanten Schluß denn auch zum Zentrum seiner revidierten Chronologie gemacht: Eine durch den Planeten Venus verursachte kosmische Katastrophe setzte im -7. Jahrhundert die Erde in einen anderen Orbit und führte zu schweren Verwüstungen. Unter anderem könnten sich daraus die im gesamten vorderasiatischen Raum archäologisch erschlossenen einheitlichen Zerstörungsschichten erklären. Velikovsky hielt die Annahme für naheliegend, daß das Wandeljahr von 365 Tagen der erste Kalender nach dieser Katastrophe gewesen sei. Er habe noch die Erinnerung an den vorkatastrophischen 360Tage-Kalender bewahrt und sei erst später, als die kultische Verehrung des einst so gefährlichen Planeten Venus nicht mehr als so dringlich empfunden wurde, von einem richtigen 365.25-Tage-Kalender abgelöst worden.

Viele Chronisten haben die kalendarische Evidenz für ein 360tägiges Jahr zwar mit Verwunderung zur Kenntnis, konnten sich zur Erwähnung oder auch nur zur entrüest= Ablehnung des Gedankens einer Erüher andersgerichteten Erdbahn nicht durchringen. Offenbar war dies eine absolut undenkbbare Alternative zu den ansonsten recht verkrampten Bemühungen, Unwissenheit, Konservatismus oder auch nur Verliebtheit in mathematisch interessante Proportionen als Grund dieses merkwürdigen Kalendersystems erkennen zu wollen. Aber auch ohne eine solche Animosität gegenüber scheinbar rücksichts- oder gar verantwortungslosem Variieren bleiben einige Probleme übrig, auf die H. Illig in mehreren Diskussionen zu diesem Thema freundlich, aber bestimmt hingewiesen hat. Die Probleme liegen

weniger in dem Szenario, das als Ursache für die Änderung der Erdbahn unterstellt werden muß, als vielmehr in dem Umstand, daß 360 Tage in 12 Monaten von je genau dreißig Tagen - so ist es jedenfalls universell dokumentiert - eine absolut singuläre Konstellation am Himmel bedeuten. Der Mond müsste sich von der Erde aus gesehen, in gerade 30 Tagen durch seine Phasen bewegen - heute sind es eben krumme 29.53 Tage - und die Erde in gerade 360 Tagen um die Sonne - was sie heute in 365.24 Tagen tut. Das Argument zielt ja auf die Wiedergabe der tatsächlichen Verhältnisse ab und diese auch mathematisch reizvollen Proportionen sind einfach zu harmonisch, um ein Spiegel der tatsächlichen Konstellation sein zu können. Sie wirken schlichtweg nicht als vertrauenswürdige empirische Zahlen. Dieses Argument läßt sich allerdings etwas abschwächen. Der »runden« Zahl von 360 lag vielleicht eine Bruchzahl wie 359.71 oder 360.32 zugrunde. Schließlich rechnen wir auch mit einem Jahr von 365.25 und nicht mit 365.2422 Tagen. Die Differenz wird nur in wenigen zusätzlichen Schaltungen je Jahrtausend ausgeglichen, und eine vergleichbare Differenz würde sich auch vor dem katastrophisch verursachten Übergang zur Epoche der Eisenzeit nur in längeren Zeiträumen bemerkbar gemacht haben.

Aber auch die unabhängige Entstehung des ursprünglichen 360Tage-Kalenders beidseitig des Globus als stärkstes Argument für ein geändertes Sonnenjahr sieht IHig durch die Forschungsergebnisse T.Heyerdahls gefährdet. Die Meinung, neben vielen Kulturrungschaften habe auch das Kalenderwesen den Weg von Vorderasien nach Mittelamerika genommen, sei nämlich so aussichtslos nicht. Heyerdahl hat die Parallelitäten von kulturellen Merkmalen zwischen Nahem und Mittlerem Osten einerseits und Amerika andererseits aufgefistet, bekam aber Schwierigkeiten, die zueinander um gut 2000 Jahre verschobenen Datierungen miteinander auszu-söhnen. Ilfig meint, daß sich diese Lücke bei der notwendigen radikalen Verjüngung der Pyramiden bauenden Pharaonen beinahe schließen läßt: »In summa bleibt es dabei: Eine diffusionistische Strömung kann (nur) gegen -600, zur Zeit von Snofru/Cheops bestanden haben und nur von Ost nach West verlaufen sein.« (Ilfig 1990, 24) Der Kalender mit 360+5 Tagen könnte demnach zu dieser Zeit in Mittelamerika Einzug gehalten haben. Gegen diese Auffassung spricht nun eine eklatante Ungereimtheit: die unterschiedliche Monatszählung - einmal 12 Monate mit 30 Tagen in Ägypten und Babylon, andererseits aber 18 Monate mit 20 Tagen in Mittelame-



rika. Nicht recht zu verstehen wäre dann auch, warum sich gerade für die empfangende und nicht für die erfindende Kultur das Wesen des Kalenders als Ankoppelung der Jahreslänge an die Venusbahn so leicht aufklären lassen soll. Nicht zuletzt müßte auch verstanden werden, warum die »Kopisten« des Kalenders über ein unvergleichlich höheres Niveau der astronomischen Kunst verfügten. Auch wenn es nicht auszuschließen ist, daß die Kalendertradition sogar bis nach Mittelamerika getragen wurde, wirkt die dann konsequenterweise anzunehmende globale Reichweite dieser Diffusion - Mittelamerika, Indien, China etc. - ziemlich unwahrscheinlich.

Wir wissen aus dem Kanopus-Dekret, daß im Ägypten der Ptolemäer drei verschiedene Kalender bekannt waren: 1. das Jahr mit 360 Tagen, dem 2. »später« noch 5 Tage hinzugefügt worden war und 3. das Jahr, dem oben drein die Schalttage angefügt werden, die bewirken, daß die Feste nicht durch die Jahreszeiten wandern. Wenn es eine Reform des 1. Kalenders dieser Reihe gegeben hat, dann muß es Belege geben, die ausschließlich von 360 Tagen ohne die Epagomenen berichten. Tatsächlich sind sie die ältesten Zeugnisse und müssen konsequenterweise einer »vorkatastrophischen« Epoche zugerechnet werden. Als »nachkatastrophisch« gelten dann alle Hinweise, die die Epagomenen erwähnen. Ohne die radikale chronologische Neubewertung der ägyptischen Überlieferung durch G. Heinsohn und I. Illig müßte dieser Ansatz sofort als gescheitert betrachtet werden.

Schließlich kennt man Zeugnisse aus der konventionell ins -3. Jahrtausend plazierten 5. Dynastie, die die Epagomenen erwähnen, und auf diese Weise das hohe Alter des Wandeljahrkalenders zu dokumentieren scheinen. Doch die zwischen -3400 und -1100 datierten und aber ein Altes, Mittleres und Neues Reich verteilten Funde gehören in die bislang als äußerst fundarm geführte Zeit ab dem -8. Jahrhundert. Die strenge Dynastienfolge löst sich durch Aufdeckung von Verdopplungen und Verdreifachungen auf. Diese Komprimierung und zeitliche Verschiebung ist die Konsequenz einer »evidenzorientierten«, archäologisch überprüfbaren Stratigraphie, die zeitliche Lücken dort, wo sie in den Schichten nicht zu finden sind, auch nicht akzeptiert. Daraus ergeben sich auch Synchronismen mit anderen Kulturen, die in der konventionellen Chronologie wegen der »absurden« Zeitverschiebungen nicht zur Kenntnis genommen werden konnten. So verweisen die Autoren zum Beispiel auf Parallelitäten zwischen den Fayencen der 1. Dynastie (ab -2950), der 18. Dynastie (ab -1550) und der frühen 26. Dynastie (ab -664) und würdigen diesen und zahlreiche andere ähnliche Befunde mit der gemeinsamen zeitlichen Platzierung ab dem späten -7. Jahr-

hundert. Die Vorgehensweise ist elegant und besticht durch das Maß an Ordnung, das in die oft als unwiderruflich rätselhaft gehandelten Funde gebracht wird.

Doch zurück zum ägyptischen Kalender, der einen der Grundpfeiler der absoluten Chronologie der Altertumswissenschaft darstellt. Grundsätzlich hatte das Jahr für die Ägypter drei Jahreszeiten und zwölf Monate. Die fünf Schalttage, wenn sie erwähnt wurden, waren »überzählig«. Sie finden sich immer wieder an derselben Stelle nach dem vierten Monat des »Somers« und vor dem ersten Monat der »Nilüberschwemmung«. Sie stehen isoliert zwischen dem »Jahresschließer« und dem »jahresöffner«. Sie sind, schreibt Schott (1950, 6), »gewissermaßen ausgeschlossen. Ein Kalender von Glücks- und Unglückstagen aus dem späten Neuen Reich im British Museum übergeht die Zusatztage, für die man besondere Bücher schrieb.« Aber alle Chronisten lehnten die Überlegung, daß diese Epagomenen erst nach einer Ära eingeführt wurden, in der ausschließlich ein 360-tägiges Jahr im Gebrauch gewesen sei, grundsätzlich ab (Ginzel 1906, 170). Insbesondere sei die Astronomie der Ägypter bis nach -500 nicht über das Niveau eines Naturvolkes hinausgegangen und hätte sich erst unter babylonischem Einfluß zu etwas entwickelt, was den Namen Astronomie verdiene. (vgl. Heinsohn/Inig 1990) Aber diese weitverbreitete Einschätzung verträgt sich nicht mit der für die Gewinnung absoluter Jahreszahlen aus den Sothisdaten notwendigen Annahme, die Ägypter hätten stets einen 365-Tage-Kalender gehabt, denn die sothisdatierenden Ägyptologen müssen die Entstehung dieses Kalenders sehr früh, anfänglich sogar schon im -5. Jahrtausend, ansetzen. Das allein schon ist ein unauflösbarer Widerspruch. Bereits 1938 hat O. Neugebauer die Bedeutungslosigkeit der Sothisperiode für die »älteste ägyptische Chronologie« unter anderem wegen der unentwickelten Astronomie der Ägypter dargelegt. Er stellt dabei die etwas süffisante Frage, wie sich die Institution eines von mehreren Autoren angenommenen gelehrten Oberastronomen mit der Tatsache vereinbaren lasse, daß es damals noch gar keine Schrift gab, die Töpferscheibe unbekannt war, daß man noch in Lehm- und Schilfhütten wohnte und die Toten in bescheidenen Gräbern am Wüstenrand verscharrte? (1938, 177) Am Dogma konnte er mit solchen Argumenten nicht rütteln. Dieses verkündet unbeirrt weiter, das ägyptische Wandeljahr sei vor der ältesten Erwähnung eines Sothisaufgangs eingesetzt worden, denn anderenfalls lasse sich kein absolutes Datum für die Inschriften gewinnen.

Wenn andererseits das sogenannte Rumpffjahr nicht nur eine Annäherung an das tatsächliche Jahr war, sondern vielmehr die jahreslänge richtig wiedergegeben haben sollte, dann folgen daraus weitreichende Konsequenzen für die absolute Chronologie. Alle Inschriften, die ausschließlich von 360 Tagen sprechen, gehören zu den »vorkatastrophischen«. Diejenigen Inschriften, die von 360 Tagen und den Tagen, »die auf dem Jahr liegen« sprechen, sind einer späteren Epoche zuzurechnen. Die beiden Epochen sind durch einschneidende Ereignisse getrennt, die zu einer Veränderung der Erd- und Mondbahn geführt haben. Diese Hypothese macht deshalb Sinn, weil nicht nur die Ägypter, sondern viele andere Kulturvölker einen 360-Tage-Kalender verwendet haben, um im nachhinein durch eine Kalenderreform auf 365 bzw. 365,25 Tage zu gelangen. Damit wird die Formulierung einer These möglich:

Eine kosmische Katastrophe änderte die Erd- und Mondbahn derart, daß aus (annähernd) 360 Tagen für das Sonnenjahr und (annähernd) 30 Tagen für einen echten Mondmonat die bekannten 365.2422 Tage für ein Jahr bzw. 29.53 Tage für einen Monat wurden. Hauptgrund für die Annahme, daß ein 360-Tage-Kalender existiert haben muß: Der omnipräsente 360+5-Tage-Kalender in Asien und Mesoamerika, wobei dieser Kalender zweifellos ein Venuskalender ist. Er mißt also nicht das Sonnenjahr, sondern die Venusperiode. Außerdem ist der 360-Tage-Kalender (völlig ohne die Epagomenen) für Indien zweifelsfrei und für Ägypten, Babylonien, China etc. mit einiger, wenn nicht sogar großer Wahrscheinlichkeit nachgewiesen. Der 360+5-Tage-Kalender (mit den 5 als außerhalb des Jahres stehenden Tagen) ist nur als Nachkömmling eines 360-Tage-Kalenders erklärbar.

Die folgende Übersicht kann als erster Versuch gelten, diese Arbeitshypothese zu testen. Es handelt sich dabei allerdings nur um eine exemplarische, nicht um eine vollständige Auflistung wichtiger Belege.

Beispiele für Zeugnisse der »vorkatastrophischen« Epoche:

»In den Tabellen des Himmelsbildes im Osirisgrab Sethos' L zu Abydos und im Grabe Ramses IV in Theben, dessen Texte noch einem astronomischen Buch der Spätzeit zugrunde liegen, sind bei Berechnungen, die über das Jahresende reichen, sowohl der letzte wie der erste Monat des Jahres mit 30 Tagen angesetzt, zwischen denen die Schalttage nicht gezählt werden.« (Schott 1950, 889; Lange/Neugebauer 1940, 69ff.)

Da die ägyptischen Götter Isis, Osiris, Seth, Thot (Horus) und Nephthys der Überlieferung zufolge jeweils an einem der 5 Epagomenen geboren sind, könnte mythologischer Stoff ohne diese Götter resp. ohne die spezifische

Einbindung in den Isis/Osiris/Horus-Sagenstoff als »vorkatastrophisch« gelten. Schott erwähnt, daß offensichtlich erst mit dem Neuen Reich die Verbindung zwischen den Göttergeburtsstagen und den Epagomenen geläufig wird. (Schott 1950,888)

Der Kalender auf der Rückseite des Papyrus Ebers aus dem (vermuteten) 9. Regierungsjahr Amenophis L kennt keine Schalttage am Jahresende. (Schott 1950, 889; Ginzel 1906, 200f)

Den Berechnungstafeln aus dem Mittleren Reich liegt das Schema des Rumpflahres von nur 360 Tagen zugrunde, dessen Jahreszeiten in Monate und Dekaden aufgeteilt sind. (Schott 1950,902) Sie sollen generell Kopien von Kalendern des frühen Mittleren Reiches sein. (ibid., 905).

»Die Dekanliste auf dem Leibe der Himmelsgöttin im Osirisgrabe Sethos'L zählt zwischen Knumis und Sothis sogar 3 Dekanfelder. Doch sind einige Dekane dieser Liste mit 40 Dekanfeldern offensichtlich überzählig, Anzeichen einer Veränderung des Himmelsbildes.« (Schott 1950, 908)

Beispielhafte Zeugnisse der »nachkatastrophischen« Epoche.

In der Pyramidenzeit fallen die Geburtstage von Osiris, Isis, etc. auf die Schalttage. »Ein Zauberspruch droht Göttern mit einer Unterbrechung des Weltenlaufs: 'Dann wird der Himmel nicht mehr sein. Dann wird die Erde nicht mehr sein! Dann werden die fünf Schalttage des Jahres nicht mehr sein! Dann werden die Opfer an die Götter und Herren von Heliopolis nicht mehr sein!« (Leiden, Pap.I 348 15,5; Schott 1950, 888) Diese Textstelle kann als Reminiszenz an die katastrophischen Ereignisse gewertet werden, auf die die Notwendigkeit zur Einführung von Schalttagen zurückgeht. Im Buch von den Schalttagen gelten die Geburtstage der Götter übrigens als schlimme Tage. An ihnen tragen die Boten der wütenden Sonnengöttin Sachmet Pest durch die Länder.

»Im Alten Reich liegen in dem einzigen bekannt gewordenen Festkalender vom Sonnenheiligtum des Königs Niuserre der 5. Dynastie die Feste .... wie das Vorkommen der Schalttage zeigt, im Wandeljahr.« (Schott 1950, 916; Kees Bd.3, S.51, Nr.432)

»Wie in den Assiutverträgen gilt auch in Thebe in Mittelägypten das Wandeljahr als Tempeljahr. Dort wird im Alten Reich der Dienst in einem Hathorkult nicht nach Mondmonaten, sondern nach Kalendermonaten eingeteilt, woran die Berücksichtigung der Schalttage keinen Zweifel läßt. (Urk. 1, 24ff.) (Die Schalttage sind in den Verfügungen eines Gaufrsten von As-

siut in seinem Grabe bei Thene an die Spitze des Jahres gestellt.) (Schott 1950, 885)

»Der Regierungswechsel von König Mykerinos zu König Schepseskaefergibt in zwei aneinanderstoßenden Feldern zusammen deutlich nach Borchardts gesicherter Rekonstruktion - für das Jahr, in dem er erfolgt, 12 Monate und 5 Tage. Dies bestätigt, daß damals schon das ägyptische Wandeljahr lief« (Schott 1950, 934)

Desweiteren finden die Epagomenen Erwähnung in den Kontrakten des Gatifümm Hap-eefa in seinem Grabe (Griffith, Siut 297, 305,312), in der Fesdiste einer Akrobatengruppe aus dem Jahre 35 Sesostri's III (Griffith, Kahun Taf 25, 15ff., v.24, 3ff ), auf der Stele im Louvre aus dem Jahre 25 des Hohenpriesters Mencheper-Re (Gauthier, Livre de Rois, Bd.3, 264ff.)

»Bereits die Pyramidentexte kennen diese Verbindung: in der Pyramide Pepis IL heißt es: (als die Götter geboren wurden an den 5 Epagomenen.)>« (Meyer 1904, 9)

Ausgangspunkt für die weitere Untersuchung ist eine eigentümliche Parallelität zwischen verschiedensten Kulturen, nämlich die achtjährigen Festperioden, ein Zeitraum, der mindestens für die Mesoamerikaner als bewußter Synchronismus mit der Venusbahn zu werten ist. Dieselben Festperioden kennen wir auch aus dem frühen »klassischen Altertum«, wo bislang keine befriedigende Erklärung für diesen langen Zyklus gefunden werden konnte. Eine Verbindung mit der Venusbahn auch hier zu unterstellen, eröffnet außerordentlich interessante Deutungsmöglichkeiten für die uns überlieferten bizarren Rituale und Kulte.

## 11. DAS GÖTTLICHE KIND UND DER STERBENDE KÖNIG

Nirgendwo kommt die Furcht vor kosmischer Gewalt deutlicher zum Ausdruck als in der mesoamerikanischen Kultur. Daß diese Mythen und Rituale »wörtlich« genommen werden dürfen, einst also aufgrund oder infolge realer »kosmischer Gefahr« entwickelt worden sind, gewinnt an Plausibilität durch den Vergleich mit anderen Kulturen.

Kosmische Ereignisse müssen durch ihre Natur auf der ganzen Welt festgestellt worden sein. M.York informiert uns in seinem Buch »The Roman Festival Calendar of Numa Pompilius«, daß auch im römischen Kalender die eindeutigen Überreste eines 360-tägigen Kalender zu finden sind. Im Julianischen Kalender treten die Schaltungen nach dem 23. Februar auf, dem Tag also, der nach wie vor als der letzte Tag des Jahres, als Termin-

alia, galt. Dabei wurde der Extraschalttag in jedem 4. Jahr nicht durch den 29. Februar, sondern durch eine Verdoppelung des 24. Februar eingeschoben. »Tatsächlich stand im Julianischen Kalender die Terminalia für den letzten Tag im Jahr ein Jahr von genau 360 Tagen.« (York 1986, 18) Die letzten 5 bzw. 6 Tage des Februars wurden als Karneval gefeiert, als »Tage außerhalb des Jahres«. Der erste Tag war der Tag der »Flucht des Königs«, des »Regifugiums«. Während der Epagomenen hatte der König seinen Thron bis zum Beginn des neuen Jahres zu verlassen. York vermutet, daß in dieser Zwischenzeit ein mock-king, ein »Schattenkönig«, die Regentschaft übernahm. Er verweist dazu auf eine Parallele im mesopotamischen Sacaia-Fest, das ebenfalls in den letzten fünf Tagen des Monats Lous mit der Regentschaft eines Ersatzkönigs (Zoganes) verbunden war. Frazer berichtet von ähnlichen Einrichtungen aus der ganzen Welt und sieht darin eine Sublimierung des einst auf der ganzen Welt verbreiteten rituellen Königsmordes, der vollzogen wurde, wenn der Regent nach Ablauf einer gewissen Periode eine spezielle Prüfung seiner Stärke nicht bestand. Von der Zeremonie des »Regifugium« selbst ist fast nichts bekannt. Plutarch erwähnt, daß der König vor seiner Flucht ein Opfer darbringt. York hält es für möglich, daß der König das heilige Feuer der Vestalinnen löschte und daraufhin (oder deshalb) floh. Er sieht die Parallele zu den Azteken, die am Ende eines 52-jährigen Zyklus alle Feuer löschen, und sie nach den Epagomenen und möglicherweise auch einer entsprechenden Anzahl von Schalttagen - erst zu Beginn des 53. bzw. des ersten Jahres im neuen Zyklus wieder anzünden. »Das würde bedeuten, daß der Herd der Vesta nur während der 360 Tage eines sakralen Jahres unterhalten worden ist - ohne ein heiliges Feuer während der Epagomenen.« (Obid., 236) Es ist von Bedeutung, daß das römische Regifugium im ägyptischen Kalender dem Tag des Osiris entspricht, des Gottes, der von Set getötet und dann von Horus gerächt wird.

Die Epagomenen scheinen also mit einem Phänomen verbunden zu sein, dem Frazer um die Jahrhundertwende große Aufmerksamkeit gewidmet hat: »The dying god«, die Ermordung eines göttlichen Königs. Frazer hat vielfältiges Material gesammelt, das die Tötung eines Regenten nach einer bestimmten Zeitspanne zum Gegenstand hat. Frazers Belege veranlaßten Lord Raglan zu dem Versuch, jeglichen Mythos, jegliches religiöse System und Ritual als je spezifisches Produkt eines einzigen »Ur-Rituals« zu erklären: »... die Existenz eines Königs, der jährlich ermordet und durch einen neuen ersetzt wurde« (Raglan 1949, 51) Raglans Theorie, stellt

J.Fontenrose fest, ist eine diffusionistische Theorie gigantischen Ausmaßes. (1966, 2) »In irgendeinem neolithischen Königtum des Nahen Ostens erschien es den Menschen als eine gute Idee, ihren geweihten König jedes Jahr erneut umzubringen, benachbarte Königtümer übernahmen das mit Begeisterung, so daß sich diese Praxis in einem immer größerem Bereich verbreitete, bis es die ganze Welt erfaßt hatte - zu jedermanns Zufriedenheit, ausgenommen wohl der betroffenen Könige selber.« (ibid.) Raglan nutzte das überwältigende Material Frazers, um mit einer grundlegenden Schwierigkeit fertig zu werden: Die Existenz von gleichartigen interkulturellen Mythen, deren Ursprung nicht erklärt werden konnte, weil die »kosmische Verbindung« als unzulässig galt. Fontenrose selber sieht ihren Ursprung in dem »Konflikt zwischen Eros und Thanatos«, der das grundlegende Prinzip aller lebenden Organismen sei. (1959, 474) Wir werden allerdings weder diffusionistische noch metapsychologische Erklärungsversuche strapazieren, sondern den im Vorangegangenen freigemachten Weg weiterverfolgen: Die dort versammelten Indizien sprechen für kosmische Katastrophen in historischer Zeit, die sich aufgrund ihrer globalen Auswirkungen auch in universellen Elementen der daraufhin entstandenen Rituale und Erzählungen widerspiegeln müssen.

Das von Frazer so eingehend beleuchtete, global bezeugte »Königsmorden« oder »Königssterben« steht mit dem Regifugium als abgeschwächte Form der Gewalttat in Verbindung. Und der Bezug des Regifugiums auf die Epagomenen macht die »kosmische Verbindung« deutlich, denn die »Zusatztage« sind das Indiz für eine nach einer Katastrophe notwendig gewordenen Kalenderreform. Eine andere Form der »Sublimierung« des Königsmordes berichtet Frazer von den Spartanern: »Ein Gesetz der Verfassung der Spartaner verlangte vom jeweiligen Herrscher, daß dieser alle acht Jahre in einer klaren Neumondnacht sich der Beobachtung des Himmels zu widmen hatte. Sollte während dieser Nachtwa- che ein Meteor oder ein Komet erscheinen, so mußte das als Zeichen für eine Sünde des Herrschers gegen die Götter gewertet werden. Er wurde von allen seinen Aufgaben entbunden, bis das delphische oder olympische Orakel ihn wiedereinsetzen sollte.« (1911, 58) Hier ist der astronomische Bezug eindeutig angesprochen, der von vielen Autoren gesehen wird, aber nicht aufgeklärt werden kann.

Aus der mesoamerikanischen (Seler 1902, 618), aber auch der chinesischen Überlieferung (Ciyuan 1988) wissen wir, daß zur Astronomie häufig nur die Herrscher Zugang hatten. Ihr Privileg war es, die Ordnung des

Himmels zu ergründen und zu bestätigen, letztlich also zu sichern. Andererseits bedeutet jede Unregelmäßigkeit am Himmel eine Gefahr für den Herrscher. Das Ereignis stellte seine Macht in Frage, Schaden außerweltlichen Ursprungs abzuwenden. Wenn der König der Spartaner sich gerade alle acht Jahre einer Prüfung zu unterziehen hatte, so verweist das wiederum auf den Planeten Venus, der genau nach einem solchen Zeitraum mit der Sonne erneut im gleichen Sternbild aufgeht. Die Deutung liegt nahe, daß solche Prüfungen ebenso wie die ritualisierten Vertreibungen oder gar Ermordungen von Königen das »harmlose« Nachspiel einer panisch erlebten Katastrophe bilden, die sich im Zusammenhang mit diesem Planeten ereignet hat. (dazu auch Heinsohn 1988a, 24ff.) Nicht nur das mehrtägige römische Neujahrsfest steht durch seine Identität mit den Epagomenen, die nach einer Katastrophe einen ursprünglichen 360-Tage-Kalender an die Venusbahn anschloß, in diesem Zusammenhang, auch im babylonischen Neujahrsfest finden sich Grundzüge des Königsmordes (Fontenrose 1959, 437). In Mesoamerika wurden auf Festen, die sich nach dem Venuskalender und nicht nach dem Sonnenjahr zu richten hatten, Menschen geopfert, und ihr blutiges Herz zur Unterstützung der kosmischen Ordnung gegen den Himmel gestreckt. Selbst im altägyptischen Sedfest, könnten sich Elemente einer dort nur noch rituellen Prüfung des Herrschers verbergen.

Die Mythen und Rituale zu diesem »kosmischen Drama« erzählen oft noch eine andere Geschichte. In ihnen geht es nicht um die Verfehlung eines Herrschers seine Unfähigkeit, die kosmische Ordnung aufrecht zu erhalten sondern um die heroische Rettungstat eines gottähnlichen Menschen. Meistens handelt es sich um einen elternlos aufgewachsenen Jüngling oder Knaben, der eine drohende Katastrophe von der Menschheit abzuwenden vermag. (Binder 1964; Trumpf 1958) Mythisches Herzstück der achtjährlichen Feiern des alten Griechenlands ist stets ein rituelles Spiel, in dem ein Drache oder ein anderes Ungeheuer von einem Heros erschlagen wird. Frazer sieht klar den kosmischen Bezug: Die Sieger und Siegerinnen aus den zu diesen Ritualen gestifteten Wettkämpfen vertreten eine Himmelsmacht, »an astronomical power«. Frazer zeigt auch die allgemeine Verbreitung von Drachenkämpfen in anderen Kulturen und sieht in ihnen ein universal gleichgestaltetes Nachspielen oder Nacherzählen des Sieges von Ordnung über Chaos. Dennoch kann er diese Interpretation nicht bis zu ihrem sinnvollen Abschluß treiben. Er begnügt sich mit der vorsichtigen Feststellung:



»Die Gegenstände der antiken Mythologie verschwinden in dichtem Nebel, der nicht einmal mit dem Licht der vergleichenden Analyse immer zu durchdringen ist.« (Obid., 112) Auch Fontenrose bemerkt nur, daß viele Mythen, die von der Erschlagung eines Monsters und damit der Abwehr einer gegen die Menschen gerichteten Gefahr erzählen, ihren kosmischen Bezug verloren haben, wenngleich er noch zeitweilig in verdeckter oder verzerrter Form anzuklingen scheint. (1959, 466) Fontenrose verwundert sich am Ende eines 500 Seiten starken Bandes über die allgemeine Verbreitung des Drachenkampfmythos, kann dahinter aber ebenso wie Frazer nur ein generelles menschliches Bedürfnis erkennen, den Sieg der Ordnung über das Chaos symbolhaft darstellen zu wollen. Warum aber soll sich dieses »allgemeine Bedürfnis« ausgerechnet alle acht Jahre zu Wort und Tat melden? Und das keineswegs nur bei den Griechen, sondern auch bei den mesoamerikanischen Völkern. (Velikovsky 1978a, 258) Die Abwendung einer Gefahr in Abständen zu feiern, die von einem Planeten vorgegeben werden, der noch dazu stets als bedrohliche Macht dargestellt wird, läßt nur eine plausible Erklärung zu: Dieser Planet wurde von den Menschen zuvor als reale Bedrohung empfunden. Seine »Befriedung« und seine seitherige Berechenbarkeit wird mit Erleichterung aufgenommen und durch Feste entsprechenden Charakters gefeiert. Das Ende der Gefahr, der die Menschen sich vordem hilflos ausgeliefert sahen, wird im nachhinein als heroischer Sieg stilisiert.

Das mythische Material über diese beiden Varianten - das den Drachen schlagende »göttliche Kind« und der aufgrund einer bestimmten Verfehlung »ermordete König« - ist ungeheuer umfangreich. Für die Rekonstruktion einer stimmigen Chronologie ergeben sich daraus fruchtbare Hinweise. So schreibt E. Norden (1924, 55) über Amenemhet I., den »mächtigen Gründer des Reiches (des sog. mittleren) nach den Katastrophen, in denen das alte Reich von Memphis untergegangen war«, er sei nicht nur Reformator des ägyptischen Kalenders gewesen, sondern zugleich Stifter der Heliosfeiern. Diese waren jenem »göttlichen Kind« gewidmet, das als Retter der Menschheit gepriesen wurde. Eine Kalenderreform würden wir allerdings frühestens im -7. Jahrhundert suchen. Für unseren Fragenkomplex wichtig ist auch eine Beobachtung H. Brunners. Nachdem er auf das verbreitete Vorkommen des Mythos vom »göttlichen Kind« hingewiesen hat, kommt er zu dem Befund: »In Ägypten selbst wird im Laufe des letzten Jahrtausends v. Chr. der König ersetzt durch ein Götterkind, das von zwei göttlichen Eltern gezeugt wird - offenbar eine Kon-

sequenz aus dem Verfall des Prestiges des Königstums.«(1983, 74) Hinter diesem wohl ab »allmählich« zu verstehendem »Verfall« könnte sich durchaus die schlagartige Krise eines den »himmlischen Frieden« garantierenden Herrschertums verbergen. G.Heinsohn und C.Marx haben dies schon 1981 in »Die Revolution Echnatons und die Restauration unter Tutanchamun«, allerdings ohne weitergehende Kritik der ägyptischen Chronologie, vermutet. Das »göttliche Kind« der Ägypter war Horus, der das Ungeheuer Set, ähnlich wie Apoll den Drachen Python, in einem gewaltigen Kampf besiegte. (Fontenrose 1959, 90)

Für die ägyptische Chronologie ergibt sich folgender Hinweis: Eine Einführung der Epagomenen kann zeitlich nur zusammen mit der Gründung all jener Feste gesehen werden, die wenigstens anfänglich im Abstand von acht Jahren gefeiert wurden. In ihnen spiegelt sich schließlich das gleiche Thema: Die Fixierung der Bahn des Planeten Venus. Wenn die Gründung dieser Feste ins späte -7. oder frühe -6. Jahrhundert fielen (wie im nächsten Kapitel zu sehen sein wird), dann ergäbe sich daraus ein starker Anhaltspunkt für die Durchsetzung einer entsprechenden Kalenderreform in Ägypten. Die in Griechenland neu gegründeten Drachenkampfspiele werden genauso nach den Charakteristika der Venusbahn ausgerichtet, wie der neue ägyptische 360+5-Tage-Kalender.

Es wird sich zeigen, daß dieser Kalender, dem die Ägyptologie eine Lebensdauer von mehreren tausend Jahren unterstellt, lediglich eine Hilfslösung oder ein Zwischenstadium darstellte und daß seine Entstehung nicht früher als ins -7. Jahrhundert datiert. Das ägyptische »Wandeljahr« ist also keine uralte unbeholfene Annäherung an das Sonnenjahr, sondern beruht auf einer Beobachtung der Bahn des Planeten Venus. Das wurde erst möglich, als die Planeten Erde und Venus nach einer entsprechenden Katastrophe Bahnen einnahmen, die sich bis heute nicht mehr wesentlich geändert haben. Die vorkatastrophische Zeitrechnung beruhte auf einem 360-Tage-Kalender mit 12 Monaten à 30 Tagen. Wie genau nun dieses Jahr dem tatsächlichen Sonnenjahr entsprochen haben mag, ist nicht sicher einzugrenzen. Im folgenden soll die Einführung jener Feste und damit auch die Einführung des ägyptischen Wandeljahres zeitlich näher bestimmt werden, denen die Verarbeitung einer nur kurz zurückliegenden kosmischen Katastrophe zugrundeliegt.

## 12. PENTAGRAMMA VENERIS

Der Zyklus der verschiedensten Feste mit ein und demselben Thema, der Erschlagung eines gefährlichen Drachen durch einen Heros, ließ sich ohne größere Spekulationen oder Deutungen aufhellen. Daß dieser Zyklus von acht Jahren auf eine Beobachtung des Planeten Venus zurückgeführt werden muß, kann angesichts der bereits angeführten Erkenntnisse über den mesoamerikanischen Kalender nicht verwundern. Daß damit zugleich der Nerv der griechischen, ja der gesamten Chronologie der Frühgeschichte getroffen wird, deren Datierungen aus einer fragwürdigen ägyptischen Chronologie stammen, ist dagegen auf den ersten Blick nicht einzusehen. Es muß an dieser Stelle daran erinnert werden, daß das erste absolute Datum der europäischen Geschichte, das Jahr -776, aus der Rekonstruktion des Datums der ersten Olympischen Spiele entstanden ist. Sie gehören bezeichnenderweise zu jenen Spielen, die - zumindest anfänglich - im Rhythmus von 8 Jahren abgehalten wurden. Schon immer war es ein Ärgernis, für den Zeitraum zwischen den ersten Olympischen Spielen (-776) und dem jüngsten Datum des astronomisch gewonnenen absoluten (Sothis-)Datierungsnetzes für das frühgeschichtliche Vorderasien fast 500 Jahre ohne ausreichende archäologische Zeugnisse führen zu müssen. Es gibt einfach keine Schichten, die für 500 Jahre gut sind. Dieses »Dark Age« kann dunkler nicht mehr werden, dafür aber noch länger, da das Datum -776 nach der überzeugenden Untersuchung B.Peisers (1989) um ca. 150 Jahre verjüngt werden muß. Sowohl Velikovsky als auch nach ihm erneut Heinsohn und Illig verlegten daher mit gutem Grund das bislang im - 13. Jahrhundert gesehene Ende der vorderasiatischen Gesellschaftsformen in eine spätere Zeit. Nach dem aktuellen Diskussionsstand scheint nunmehr die durch homogene Zerstörungsschichten ohnehin nahegelegte katastrophische Krise im -7. Jahrhundert stattgefunden zu haben. Damit wird auch von dieser Seite ein dringlich aufzuklärender Zusammenhang zwischen den Ursachen des Untergangs und jenen neu gestifteten Festen hergestellt.

Das fünfte Olympiadatum, und die von da ab scheinbar lückenlose europäische Chronologie basieren auf der textkritischen Wertung überlieferter Siegerlisten. Diese wurden allerdings nicht - und darin liegt das eigentliche Problem - von Anfang an fortgeschrieben, sondern von verschiedenen griechischen Autoren späterer Zeiten redigiert bzw. rekonstruiert. So steht etwa die Siegerliste des Hippias im Verdacht, eine »lokalpatriotisch inspirierte Geschichtsfälschung« (Peiser 1989, 84) zu sein, entworfen zur Abweisung der Prioritätsansprüche der ursprünglich in Olympia ansässigen

aber dann von den Eleern besiegten Pisaten. Zugleich ist der Umstand zu werten, daß an allen Festorten Griechenlands, an denen kultische Wettkämpfe abgehalten wurden, Inschriften auf Sieger nicht vor dem -6. Jahrhundert zu finden sind. Alle anderen Spiele neben den olympischen setzten sämtlich erst zu Beginn des -6. Jahrhunderts ein. Der einheitliche Charakter dieser Spiele aber macht es wahrscheinlich, daß sie sowohl einen gemeinsamen kultischen wie auch einen gemeinsamen zeitlichen Ursprung besitzen.

Der merkwürdige achtjährige Zyklus dieser Spiele wird gewöhnlich mit der achtjährigen Schaltung des Mondjahres in Zusammenhang gebracht. Alle acht Jahre kann ein Mondjahr durch Anfügung dreier ganzer Monate - allerdings bis auf knapp zwei Tage - mit den Jahreszeiten in Einklang gebracht werden. Daß der Achtjahreszyklus der alten Griechen auf dieser Schaltmethodik beruhte, berichtet Geminus in seiner Astronomiegeschichte aus dem -1. Jahrhundert. Censorinus schreibt die Einführung des achtjährigen Schaltzyklus des Mondjahres allerdings erst dem Astronomen Eudoxos (ca. -408 bis -355) zu. Schon Nilsson beunruhigte die mit den Forschungen Kuglers gewonnene Erkenntnis, daß die babylonische Astronomie erst am Ende des -6. Jahrhunderts aus den Kinderschuhen herauswuchs und ein vergleichbarer achtjähriger Schaltzyklus frühestens -533 nachzuweisen ist. (bei Peiser 1989, 97) Für Nilsson stand demnach fest, daß die Kenntnis der Griechen über die Schaltperiode nur von außen, also aus Babylon kommen, ihnen mithin allenfalls die octaeterische, achtjährige Periode nicht aber der octaeterische LuniSolar-Kalender bekannt sein konnte. (Nilsson 1920, 134)

Wenn die Kenntnis über den Luni-Solar-Kalender am Beginn des -6. Jahrhunderts, geschweige denn -776, nicht gegeben sein konnte, welche astronomische Konstellation wartet ebenfalls mit einem achtjährigen Zyklus auf und ist ohne Kenntnis des genauen Sonnenjahres zu bestimmen? Diese Frage ist an dieser Stelle rein rhetorisch, denn die Bedeutung des Achtjahreszyklus ist aus den Forschungen zur mesoamerikanischen Astronomie längst bekannt: Es ist der Zeitraum für die fünfinalige Wiederkehr des Planeten Venus in dieselbe Himmelsposition. In diesem Zusammenhang ist auch die Bemerkung des Astronomen Ptolemäus zu sehen, daß nämlich »acht ägyptische Jahre (mit 360+5 Tagen, CB) ohne merklichen Fehler fünf Umläufe (der Venus, CB) ausmachen«. (nach Knapp 1934, 22) Zu der Grundlage des ägyptischen Wandeljahres faßt M.Knapp zusammen: »Statt den alten grundgelehrten Ägyptern den Stumpfsinn zuzumuten, mit einem

fehlerhaften Sonnenjahre durch die Jahrhunderte und Jahrtausende sich durchgeschlagen zu haben wegen der Unterlassung der Schalttage alle vier Jahre, ist es doch wesentlich befriedigender anzunehmen, sie hätten nicht in vier Jahren einen Tag, sondern in acht Jahren deren zwei weggelassen, und mit der achtjährigen Venusperiode von 2920 Tagen gerechnet. « (ibid.) Knapp zitiert Geminus, der ausdrücklich betonte, daß das Fest der Isis in 1460 Jahren den ganzen Kreislauf der Jahreszeiten durchwandert hat.

Das Fazit Knapps: Das ägyptische Wandeljahr schließt sich an die Venusbahn an. Unser weitergehender Schluß: Die Einführung des Wandeljahres geschieht ungefähr zur selben Zeit wie die der Feste mit achtjährigem Zyklus und jedes Zeugnis, daß die Epagomenen erwähnt, kann nicht in die Zeit davor datiert werden.

Schon vor mehr als 80 Jahren hat O.Gruppe im »Handbuch der Altertumswissenschaft« eine Verbindung zwischen der Venusbahn und einem wichtigen griechischen Fest hergestellt. Gruppe argumentierte allerdings seltsamerweise mit dem siderischen Jahr der Venus. Erdbewohner sehen in acht Jahren eine fünftmalige Wiederkehr, während die Venus - bezogen auf den Sternhintergrund - genau dreizehnmal die Sonne umkreist. (Diese Koinzidenz ist allerdings kein Zufall, da ja auch die von der Erde aus beobachtete Venusbahn letztlich gegen den Sternenhimmel gesehen wird.) Für Gruppe war es auch kein Zufall, daß der Haupttag der Panathenaien ungefähr mit dem heliakischen Aufgang der Venus zusammenfiel. 1934 veröffentlichte der eben schon zitierte Baseler Astronom M.Knapp eine Schrift über die Venusbahn, in der er ähnlich wie O.Gruppe den Zusammenhang zwischen der Octaeteris und dem synodischen Umlauf des Planeten herausstellte. Von besonderem Interesse ist auch Knapps Entzifferung des Pentagramms als astronomisches Kürzel der Venusbahn: Trägt man die Daten eines ausgesuchten Bahnelementes, etwa das erstmalige Erscheinen des Planeten als Morgenstern, nacheinander auf dem Jahreskreis ab und verbindet dabei diese Daten linienförmig, so ist mit dem fünften Eintrag das Pentagramm fertig. (Das natürlich nicht ganz geschlossen ist, weil nach fünf Venusumläufen zwar »ohne merklichen Fehler« acht ägyptische Wandeljahre verstrichen sind. Aber diesen fehlen ja, wie oft genug dargelegt, 2 Tage gegenüber 8 Sonnenjahren ... ) Es sei hier am Rande vermerkt, daß das Pentagramm auch heute noch den Charakter eines hochkarätigen Schutzsymbols besitzt. Sein Sinn ist freilich nur zu verstehen, wenn das Symbol konsequent als ursprünglichster Beweis einer endgültigen »Ban-

nung« des als bedrohlich angesehenen Planeten Venus in eine fixe Umlaufbahn interpretiert wird.

Der Achtjahreszyklus verschiedener Feste der alten Griechen sollte allein schon deswegen mit dem Planeten Venus zusammenhängend vermutet werden, weil die Kenntnis des luni-solaren Kalenders erst lange nach der Einführung der Feste, nämlich nicht vor dem Ende des -6. Jahrhunderts, erlangt wurde. Diese Behauptung hat allerdings auch ihre Tücken. Die Bedeutung dieses Zyklus ergibt sich ja auch wieder nur aus der Kenntnis der Jahreslänge. Ohne Kenntnis der Jahreslänge macht die Feststellung, daß die Venus nach acht»jahren« genau am selben Ort erscheint, gar keinen Sinn. Wenn also der Bahn der Venus eine besondere Bedeutung zugesprochen wird, ihre Regelmäßigkeit etwa betont werden soll, dann kann eben diese Regelmäßigkeit nur unter Kenntnis des Jahresmaßes ausgesprochen werden: Alle acht Jahre erscheint die Venus am selben Ort am Himmel. Wie ist mit diesem etwas hintergründigen logischen Zirkelschluß umzugehen?

Für die Mesoamerikaner war das Sternbild der Plejaden von besonderer Bedeutung. Ihr Aufgang in einer besonderen Konstellation mit der Sonne war ein Maß für die Jahreslänge, denn die Sonne wandert im Laufe des Jahres durch den Zodiakus und kehrt nach einem Jahr wieder in dasselbe Sternbild zurück. Zu dieser Beobachtung kommt man vor der Bestimmung der Jahreslänge. Sie ist zugleich ihre Grundlage, wenn man die Tage zu zählen beginnt (und feststellt, daß sie von Wiederkehr zu Wiederkehr die gleiche Anzahl haben). Genauso wandert auch die Venus durch die Sternbilder. Nur alle acht Jahre aber stehen Sonne und Venus gleichzeitig wieder im selben Sternbild. Das mag die entscheidende Beobachtung gewesen sein, die zur Fixierung der Octaeteris geführt hat.

Der Zeitraum, in dem u.a. die kultischen Spiele in Griechenland gestiftet worden sind, muß auch jene Zeit sein, in der die Gewinnung eines neuen zuverlässigen Kalenders anstand, weil der alte 360-Tage-Kalender infolge einer kosmischen Katastrophe ungültig geworden war. Die eben beschriebene Himmelsbeobachtung könnte dann der Ausgangspunkt zur Einführung des 365-Tage-Kalenders gewesen sein, der von den meisten Völkern allerdings schnell wieder aufgegeben wurde. Eine Tageszählung innerhalb einer Octaeteris, die aus der Venusbahnbeobachtung rührt, kommt zwangsläufig auf 365 Tage für ein »Jahr«, wenn nämlich das genaue Wiedererscheinen der Venus im selben Sternbild nach acht Jahren als Grundlage der Jahresrechnung genommen wird. Der Octaeteris entsprechen 2920 Tage

(während die Sonne erst zwei Tage später ihren zuvor fixierten Platz einnimmt). Es sei daran erinnert, daß auch die Römer offensichtlich vor dem Übergang auf einen Luni-Solar-Kalender das »Jahr« mit 360 plus 5 Tagen zählten. Dieses Wandeljahr ist ihnen, möglicherweise also auch den Griechen, nur eine Übergangsform, während die Ämter ebenso wie die Mesoamerikaner am Wandeljahr festhielten. Diese Konstruktion ist recht verlockend. Sie erklärt nicht nur die Octaeteris der bedeutendsten kultischen Spiele Griechenlands, sondern auch die methodische Erzeugung eines 365-Tage-Kalenders. Damit fällt die Stiftung der griechischen Spiele zeitlich mit der »Erfindung« des Wandeljahres zusammen. Die Entstehung des Wandeljahres kann also nicht früher als ca. -620 angesetzt werden. Darin liegt ein gewaltiger Widerspruch zur Basisannahme der Ägyptologie, daß nämlich das Wandeljahr schon seit Beginn der ersten Dynastie die Grundlage der Jahreszählung gewesen sei. Aber da sich die ägyptische Chronologie ohnehin im Zustand fortschreitender Auflösung befindet, könnte sich diese These unter Umständen als nützlich erweisen.

Damit steht eine der zentralen Thesen I. Velikovskys nach wie vor im Raum: Der Untergang der Zivilisationen infolge einer kosmischen Katastrophe im Zusammenhang mit dem Planeten Venus, an dessen Ausgang zugleich die Wurzeln der abendländischen Kultur zu orten sind. Auch der von ihm rekonstruierte Zeitpunkt dieser Katastrophe im -7. Jahrhundert bleibt in etwa erhalten. Da Velikovsky trotz radikaler Kürzungen und Umordnungen im wesentlichen an dem orthodoxen Schema der ägyptischen Chronologie festhielt, mußte er die Erwähnung der Epagomenen, der fünf Tage auf dem Jahr«, in Zeugnissen, die konventionellerweise weit vor der Katastrophe im -7. Jahrhundert datierten, gewissermaßen »übersehen«. (1978, 119/299) Diese Schwäche der Argumentation wird durch die radikale Neuordnung der ägyptischen Chronologie durch G. Heinsohn und H. Illig behoben. Wenn nämlich jene alten Dynastien, in deren Zeugnissen die Epagomenen vorkommen, so plaziert werden, daß daraus ein klarer zeitlicher Schnitt sichtbar wird, macht der rätselhafte Gebrauch der Kalender neuen Sinn: Auf eine »vorkatastrophische« Epoche, in der ein 360-Tage-Kalender als Spiegel tatsächlicher Verhältnisse verwendet wird, folgt eine »nachkatastrophische« Epoche, die als erste Zeitrechnung jenen Venuskalender einführt, der fälschlicherweise als »Wandeljahr« bezeichnet wird. Daran schließt sich mehr oder weniger konsequent - die Verwendung solcher Kalender an, die (im Vertrauen auf stabile Himmelsbewegungen) das wahre Sonnenjahr messen.

Wieweit läßt sich das tatsächliche Szenario der Änderung der Erdbahn bestimmen? Es wird möglicherweise so vage bleiben, wie die meisten Szenarien, die man zur Erklärung katastrophischer Indizien auf den anderen Planeten und Satelliten entwirft. In jedem Fall sollte im Auge behalten werden, daß Ereignisse, die für die Menschen und die gesamte irdische Biosphäre katastrophale Auswirkungen im Gefolge haben, im kosmischen Maßstab gleichwohl marginal bleiben können. So wird ein geringes Verschieben der »hauchdünnen« Erdkruste infolge des nahen Vorbeizugs eines Himmelskörpers zu globalen Aufbrüchen führen, weil die verschobene Kruste sich der abgeplatteten, nicht ideal kugelförmigen Form des übrigen Körpers neu anpassen muß. Was &r den Planeten an sich ohne Folgen bleibt, wächst sich dennoch durch kurzzeitig ausbrechende Vulkane und Feuersbrünste zu einer Katastrophe für das die Planetenoberfläche besiedelnde Leben aus. Solche Szenarien gehören in der Geologie Rir die Erklärung der großen Epochenschnitte der Erdgeschichte mittlerweile zum Alltag. Es ist kein großer Schritt der Wissenschaft mehr, die Epochenschnitte der historischen Zeit in diese Szenarien gleichfabis mit einzubeziehen.

### SCHLUSSBEMERKUNGEN

Mit der eingangs in Aussicht gestellten Bescheidenheit, daß hier lediglich »einige neuere Ergebnisse der Astronomie und einige frappierende Erkenntnisse der Frühgeschichte der Menschen« zusammengebracht werden sollen, hat sich der Autor, was die Ankündigung, das Thema zu begrenzen, betrifft, nicht übernommen. Gleichwohl mag mancher die Ergebnisse aus diesem Vorhaben als Überschreitung der Zumutbarkeitsgrenze auffassen. Doch die Unterstellung des Autors, daß kosmische Katastrophen als normale Bestandteile der Naturgeschichte nicht automatisch vor der Menschheitsgeschichte haltmachen, ist angesichts der Indizien für die katastrophische Vergangenheit unseres Sonnensystems lediglich konsequent. Wer sie als Zumutung begreift, wird sich Fragen über die Hintergründe seines Geschichtsverständnisses stellen lassen müssen.

Auf der einen Seite sollte deutlich werden, daß sich eine katastrophische Seite der Astronomie herauszuschälen beginnt. Wer nur einmal den laufenden Jahrgang mit einem zehn Jahre zurückliegenden einer Zeitschrift wie »Nature« vergleicht, wird dies sofort bestätigt finden. Ein Allgemeinplatz ist diese Bemerkung deswegen noch lange nicht, denn bis in den populärwissenschaftlichen Bereich der deutschsprachigen Literatur ist diese Er-



kenntnis keineswegs vorgezogen. Hier führt das Modell vom uhrwerkhaften Sonnensystem nach wie vor sein behäbiges Dasein.

Dieses Modell ist seit einigen Jahren in Auflösung begriffen, unabhängig davon, ob die deutschsprachige Literatur das jetzt oder erst in weiteren zehn Jahren zur Kenntnis nimmt. Die Rezeption der neuen astronomischen Erkenntnisse wird nicht zuletzt die Historiker dazu bewegen, ihre dogmatischen, der mechanistischen Astronomie geschuldeten Auffassungen zu revidieren. Die nachhaltige Bewegung, in die etwa die Untersuchung zur Stabilität des Sonnensystems geraten ist, wird sich auf die historischen Wissenschaften übertragen, die bislang mittelbar und unmittelbar an dem Mythos der ewigen Stabilität des Sonnensystems partizipiert haben.

In dem astronomischen Teil dieses Buches wurden verschiedene katastrophische Szenarien vorgestellt, die gewissermaßen als »ultima ratio« entwickelt wurden, um nicht verstehbare Phänomene dennoch einer Erklärung zuzuführen. Diese reichten von der Zertrümmerung des innersten Planeten Merkur durch Kollision mit einem großen Himmelskörper bis zur Explosion mehrerer Satelliten der Planetengiganten Jupiter und Saturn. Der Ehrgeiz des Autors, in der Literatur für jeden Planeten des Sonnensystems die Beschreibung eines solchen Szenarios zu finden, ist dabei vollauf befriedigt worden.

Ich möchte die Bedingungen aufzählen, die von astronomischer, beziehungsweise astrophysikalischer Seite aus noch erfüllt werden müßten, um den Schluß, der sich für Katastrophen in historischer Zeit allein aus dem kulturgeschichtlichen Material ergibt, zwingender zu machen:

1. Wer von einer Änderung der Erdbahn, oder auch der Bahn anderer Planeten in historischer Zeit spricht, muß zugleich darauf eingehen, wie sich das Sonnensystem nach einem katastrophischen Ereignis, das nur wenige tausend Jahre zurückliegen soll, zum heutigen Zustand entwickeln konnte. einem System von Planeten auf nahezu kreisrunden Bahnen um die Sonne. Ohne einen Evolutionsmechanismus, der über die rein Newtonsche Wechselwirkung hinausgeht, wird hier jede Erklärung versagen. Wenn also die Newtonsche Theorie in diese Richtung keine Erweiterung erfährt, dann kann nur noch mit großen Zufällen argumentiert werden, was immer unbefriedigend ist und deswegen auf Dauer fallengelassen werden sollte.
2. Ganz allgemein müssen bestimmte Entwicklungsreihen geologischer Art aus dem mit riesigen Zeitvorgaben arbeitenden Entwicklungsschema herausfallen. Nachweisbare schlagartige Einwirkungen - mit nachfolgender Schichtenbildung durch Staubniedergang oder plötzliche Aufwerfungen

der Planetenkruste - blieben ansonsten ewige Rätsel. Damit ist nicht gesagt, daß nun jeder geologische Vorgang zu verkürzen ist. Wenn aber der Planet Venus zum Beispiel als verlorengegangenes Mitglied eines der äußeren Satellitensysteme identifiziert werden kann und erst vor wenigen tausend Jahren seinen »ursprünglichen« Platz verlassen hat, um das Innere des Sonnensystems in Aufruhr zu bringen, dann finden diese Rätsel eine plausible Auflösung. Krustenverwerfungen können auf zufällige Nahbegegnungen zurückgeführt werden. Sie sind dann gewissermaßen zwischen »halb zehn und zehn Uhr« entstanden.

Die Entwicklung sinnvoller Szenarien und Mechanismen ist heute dank der Großrechner möglich geworden. Solange in beiden eben erwähnten Gebieten nicht große Anstrengungen unternommen werden, können über ausgefeilte Szenarien, wie man sich zum Beispiel die Bedrohung der Erde durch den Planeten Venus vorzustellen hat, von keiner Seite mehr (auch nicht von der »orthodoxen«) produktive Aussagen gemacht werden.

Der Naturwissenschaft steht vor einer Revolution ihrer Zeitvorstellungen. Nichts weniger nämlich bedeuten die eben skizzierten neuen mechanischen und geologischen Evolutionsmechanismen. Dies gilt auch für die Geschichtswissenschaft. Die vorgeschlagenen Thesen zur Interpretation des ägyptischen Wandeljahres etwa basieren auf der Voraussetzung, daß ohne Ausnahme alle Zeugnisse, in denen die Epagomenen erwähnt sind, in eine Zeit nach ca. -620 zu datieren sind. Die von Heinsohn und Illig vorgeschlagene Revision der ägyptischen Chronologie weist mit sehr starken Argumenten in diese Richtung. Sie macht eine Interpretation der Einführung des Wandeljahres - nicht nur in Ägypten - in relativer zeitlicher Nähe zu den griechischen Festen mit Achtjahreszyklus sehr wahrscheinlich. Die Astronomie wird angesichts solcher Befunde aus Archäologie und Historiographie ihr Gesicht schneller ändern müssen, als es dem augenblicklichen, sich ohnehin beschleunigenden Tempo der Weiterentwicklung entspricht. Wir stehen (wieder einmal) an der Schwelle einer paradigmatischen Änderung unseres Weltbildes.

## LITERATUR

Die Literatur wird aus Gründen der Übersichtlichkeit in Abteilungen aufgeführt, die in etwa den einzelnen Kapiteln bzw. den angeschnittenen Themen entsprechen. Im Interesse der besseren Lesbarkeit wurde darauf verzichtet, die übliche strenge Zitierweise durchzuhalten. Bei weitergehenden Fragen ist es relativ leicht, sich an den Titeln der entsprechenden Abteilungen zu orientieren. Ist die zitierte Literatur nicht in der dem Kapitel zugeordneten Abteilung aufgeführt, findet sie sich in der Abteilung, die ihrem Inhalt am nächsten kommt. Die Abkürzungen für die zitierten Zeitschriften richten sich gegebenenfalls nach den »Astronomy and Astrophysics Abstracts« (hier Vol. 46,2 1988). Eine Literaturangabe ist wie folgt strukturiert: Autor(en) (Erscheinungsjahr) »Titel« Ort oder ZEITSCHRIFT mit Bandangabe oder Hinweis auf anderes Buch (evt. Seitennachweis in Klammern)

### Übersicht der aufgeführten Abteilungen

1. Einführung
2. Geologie/Katastrophismus
3. Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems/Kosmologie
4. Planetenatmosphären
5. Merkur
6. Venus
7. Erde/Mond
8. Mars
9. Asteroiden/Kometen/Meteoriten etc.
10. Jupiter
11. Saturn
12. Uranus
13. Neptun
14. Pluto
15. Planet X/Nemesis
16. Stabilität des Sonnensystems/Himmelsmechanik
17. Alte Astronomie/astronomische Zeugnisse
18. Probleme der Chronologie
19. Geschichte der Kalender
20. Mythos/Religion und Katastrophe

1. Einführung

- Ager, D. (1973) »The Nature of the Stratigraphical Record« New York
- Ager, D. (1984) »The Stratigraphic Code and what it Implies« in Berggren et al. (1984)
- Berggren, WA. et al. (eds.) (1984) »Catastrophes and Earth History« Princeton
- Blöss, C. (1988) »Jenseits von Darwin« Frankfurt a.M.
- Darwin, C. (1811) »Die Entstehung der Arten« Stuttgart
- Eilers, W. (1976) »Sinn und Herkunft der Planetennamen« München (Sitzungsberichte der philosophisch-historischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1975, Heft 5)
- Gauss, C.F. (1865) »Theorie der Bewegung der Himmelskörper welche in Kegelschnitten die Sonne umlaufen« Hannover
- Gressmann, H. (1925) »Die hellenistische Gestirnsreligion« Leipzig (Beiheft 5 zum ALTEN ORIENT)
- Gundel, W. (1922) »Sterne und Sternbilder im Glauben des Altertums und der Neuzeit« Bonn/Leipzig
- Ho, M.-W et al. (1986) »A new paradigm for evolution« NEW SCI. 27. Februar (41-43)
- Kippenhahn, R. (1988) »Unheimliche Welten. Planeten, Monde und Kometen« Frankfurt a.M.
- Küppers, B.-O. (1990) »Wenn das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile« GEO-Wissen 1990/2 (28-31)
- Lambert, J.H. (1761) »Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaus« Augspurg
- Vogel, Y- (1983) »Macht die Evolution Sprünge?« Wiesbaden
- Waldrop, M.M. (1990) »Spontaneous Order, Evolution, and Life« SCIENCE 247 (1543-1545)

2. Geologie/Katastrophismus

- Alvarez, W. und Muller, R.A. (1984) »Evidence from crater ages for periodic impacts on the Earth« NATURE 308 (718-720)
- anonym. (1979) »Testing Vine-Marthews« OPEN FARTH 28-29/3
- Beutron, C.F. (1988) »Comment on the paper «The cometary breakup hypothesis re-examined"« MON.NOT.R.ASTR.SOC. 233 (215-220)
- Chaikin, A. (1983) »A Stone's Throw from the Planets« SKY TELESC. Februar (122-123)
- Chaikin, A. (1984) »Target: Tunguska« SKY TELESC. Januar (18-21)

- Clark, D. et al. (1978) »Celestial chaos and terrestrial catastrophes« NEW SCI. 14.Dezember (861-863)
- Clube, S.V.M. (1978) »Does our Galaxy have a violent history?« VISTAS ASTR. 22 (77)
- Clube, S.V.M. und Napier, W.M. (1982) »Spital Arms, Comets, and Terrestrial Catastrophism« QJKASTILSOC. 23 (45-66)
- Clube, S.V.M. und Napier, W.M. (1984) »The microstructure of terrestrial catastrophism« MON.NOT.R-ASTR.SOC. 211 (953-968)
- Davis, M. et al. (1984) »Extinction of species by periodic comet showers« NATURE 308 (715-718)
- DeutwÄ LP- und Rao, K.V. (1977) »New Paleomagnetic evidence fails to support rotation of wutern Newfoundlana« NATURE 266 (314-318)
- Dorn, M. (1989) »Von Alfred Wegeners Verschiebungstheorie zur Theorie der Plattentektonik - Teil I« GEOWISS. 712 (44-49)
- Dorn, M. (1989a) »Von Alfred Wegeners Verschiebungstheorie zur Theorie der Plattentelaonik - Teil IN GEOWISS. 7/3 (61-70)
- Embleton, B.Jj. und Schmidt, RW. (1979) »Recognition of common Precambrian polar wandering reveals a conflict with plate tectonics« NATURE 282 (705-707)
- Fisher, D. (1969) »Dating the spreading sea floor« NEW SCI. 23.Okrober (185-187)
- Gallant, R. (1964) »Bombarded earth« London
- Glass, B.P und Heezen, B.C. »Tektites and Geomagnetic Rever"« SCLAM. 217 (33-38)
- Goldreich, P (1969) »Some Remarks on Polar Wandering« J.GEOPHYS.RES. 74/10 (2555-2567)
- Grieve, R.A.F. (1990) »Impact Cratering on the Earth« SCLAM. 262/4 (44-57)
- Hallam, J. (1989) »Great Geological Controversies« Oxford
- Holser, WT. (1977) »Catastrophic chemical events in the history of the ocean« NATURE 267 (403-408)
- Hut, P. (1984) »How stable is an astronomical clock that can trigger mass extinctions on Earth?« NATURE 311 (638-641)
- Jacobs, J.A. (1984) »What triggers reversals of the Earths magnetic field?« NATURE 309 (115)
- Jacoby, WR. und Spittler, E. (1983) »Die Erde im Wachstmodell« UMSCHAU 83/1 (26-30)

- Johnston, A.C. und Kanter, L.R. (1990) »Earthquakes in Stable Continental Crust« SCLAM. 26213 (68-82)
- Kerr, KA (1978) »Plate Tectonics: What Forces Drive the Plates?« SCIENCE 200 (37)
- Kerr, R.A. (1979) »How is new Ocean Crust Formed?« SCIENCE 205 (1115)
- Kerr, R.A. (1980a) »Changing Global Sea Levels as a Geologic Index« SCIENCE 209 (483-486)
- Kerr, R.A. (1982b) »A New View: First U.S. Magnetic Anomaly Map« SCIENCE 218086)
- Kerr, R.A. (1990a) »Puzzling Out the Tectonic Plates« SCIENCE 247 (808)
- Langmuir, C.H. (1990) »Ocean ridge spring surprises« NAFURF 344 (585-586)
- LaViolette, RA. (1987) »The cometary breakup hypothesis re-examined« MON.NOTR.ASTR.SOC. 224 (945-951)
- Liu, H-S. (1974) »On the Breakup of Tectonic Plates by Polar Wandering« J.GEOPHYS.RES. 79/17 (2568-2572)
- Lutz, T.M. (1985) »The magnetic reversal is not periodic« NATURE 317 (404-407)
- Luyendyk, B.R er al. (1968) J.GEOPHYS.RES. 73 (5951)
- Lyttleton, R.A. und Fitch, J.P (1978) »On the Accelerations of the Moon and Sun, the Constant of Gravitation, and the Origin of Mountains« MOON AND PLANETS 18 (223-240)
- Macdonald, K.C. und Luyendyk, B.R (198 1) »The Crest of the East Pacific Rise« SCLAM. 244 (100-116)
- E] ~tyre. R.M. (1985) \*the connic connection of ca~~?c NATURE 318 (606)
- 13 Maddm J. (1984a) \*Extinction& by catu~he?c NATURE 308 (685)
- 11 McKenzie, D. (1990) \*Spinning continentsc NATURE 344 (109-110)
- 11 Merrill, R.T. und RL.McFadden (1990) Paleomagnetism and the Nature of the ~namoc SCIENCE 248 (345-350)
- 11 Marner, N-A. (1978) Low sea levels, droughts and mammalian extinctionsc NATURE 271 (738-739)
- E] Morrison, D. and Chapman, C.R. (1990) \*Target Earth: It Will Happenm SKY TELESC. Mim (261-265)

- [3 Napier, WM. und Clube, SM.M. (1979) \*A theory of terrestrial catastrophism, NATURE 282 (455-458)
- 11 Norman, J. und ChulewuAke, M. (1977) \*The world is a little bit cracked!. NEW SCI. 10.Februar (320-322)
- 11 Norman, J. et al. (1977) Astrons - The Earths oldest scars?, NEW SCI. 24.Miirz (689-692)
- 11 Raffi A.D. (1961) \*The Magnetism of the Ocean Floor\* SCI.AM. Oktober (146-156)
- 13 Rampino, M.R. und Stothers, R.B. (1984) \*Terrestrial mass extinctions, cometary impacts and the Suds motion perpendicular to the galactic plane\* NATURE 308 (709-712)
- 11 Rampino, M. (1989) \*Dinosaurs, comets and volcanoes. NEW SCI. 18.Februar (54-58)
- 11 Raup, D.M. (1985) Rise and fall of periodicity NATURE 317 (384-385)
- 13 Reynolds, R.L. (1990) \*A polished view of remagnetizationc NATURE 345 (579-580)
- 13 Rogers, G.C. (1982) \*Oceanic plateaus as meteorite impact signatures\* NATURE 299 (341-342)
- 11 Rossignol-Strick, M. et al. (1982) \*After the deluge: Mediterranean stagnation and sapropel formation. NATURE 295 (105-110)
- 13 Schwartz, R.D. und James, P.B. (1984) \*Peridodic mass extinctions and the Sun's oscillation about the galactic planet NATURE 308 (712-713)
- 13 Smith, P.J. (1977) \*The return of whole-mantle convection\* NATURE 268 (687-688)
- Cl Smith, P.J. (1978) \*The end of the expanding Earth hypothesis?, NATURE 271 (301)
- Cl Urty, H.C. (1973) \*Cometary Collisions and Geological Historiess NATURE 242 (32-33)
- 11 Vail, P.R. und Hardenhol, J. (1979) \*Sea-level changes during the Tertiary. OCEANUS 22 (71)
- 13 Verschuur, G.L. (1978) \*Cosmic Catastrophe Reading
- 11 Wadge, G. (1981) \*Eruption mechanics on the Earth, Moon and Marst NATURE 292 (493-494)
- 11 Weissman, P.R. (1990) \*Are Periodic Bombardments Real? SKY TELF-SC. Min (266-270)

## Planeten. Götter, Katastrophen

13 Wesson, P.S. (1972) \*Objections to Continental Drift and Plate Tectonics\* J.GEOL. 80 (185-197)

13 Wetherill, G.V. und Dritake, C.L (1980) bThe Earth and Phne" Sciences\*

SCIENCE 209 (96-104)

EJ W1Wams, CA (1983) wMemory ffi.. c in ridge crestsc NATURE 301 (110-111)

EJ Withmire, D.P und Jackson IM, AA (1984) \*Are periodic man ex-tinctions driven by a distant solar companionb NATURE 308 (713-715)

11 Wood, R.M. (1980) \*Geology versus dogma: the Russian rift\* NEW SCI. 12juni (234-237)

13 York, D. und Farquhar, R.M. (1972) \*The EartWs Age and Geo-chronologyc Oxford

### 3. Entstehung und Entwicklung des SonnensystemsIKosmologie

11 Arrhenius, G. (1987) \*The first 800 million years: environmental models for early Earth, EARTHMOOMPLANETS 3712

11 Badash, L. (1989) \*The Age-of-the-Earth Debate. SCI.AM. Au-gust (78-83)

11 Burke, B.F. (1986) \*Detection of planetary systems and the search for evidence of life\* NATURE 322 (340-341)

13 Cameron, A.G.W und Truran, J.W (1977) \*The Supernova Trigger for Formation of the Solar System, ICARUS 30 (447-461)

11 Cameron, A.G.W (1988) ~Origin of the solar systemc ANN.REV.ASTRON.ASTROPHYS. 26 (441-472)

11 Coradini, A. und Fulchignoni, M. (eds.) (1982) \*The Comparative Study of the Planets, Dordrecht

0 Dermott, S.F. (1981) \*The origin of the planetary rings, PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 303 (261-280)

Cl Djakov, B.B. und Reznikov, B1. (1980) \*Computer Simulation of Planet Formation in a Binary Star System: Terrestrial Planets\* MOON AND PLANETS 23 (429-433)

13 Dormand, J.11 und Woolfion, M.M. (1977) ~Interactions in the early solar systemc MON.NOT.R.ASTR.SOC. 180 (243-279)

13 Drobyshevsk~ E.M. (1974) \*On the Origin of Close Binariesc ASTRON.ASTROPHYS. 36 (409-413)



## Planeten. Götter, Katastrophen

- 13 Drobyshevski, E.M. (1978) \*The Origin of the Solar System: Implications for Transneptunian Planets and the Nature of the Long-period Comets\* MOON AND PLANETS 18 (145-194)
- 11 Edmunds, M.G. (1977) \*An induced birth of the Solar System?. NATURE 267 (393)
- 11 Edmunds, M. (1978) More puzzles about the early Solar System\* NATURE 273 (337-338)
- 11 Eicher, D.L. (1976) \*Geologic Time. New Jersey
- Cl Fabian, A. (1978) Preplanetary disk?# NATURE 271 (503)
- 11 Fahr, H.J. (1982) \*Der Bauplan ffir Sonne und Planetenw UM-SCHAU 82 (30-34)
- D Firsoff, V.A. (1968) \*The Inner Planets. London
- D Fuller, M. (1987) Impacts that magnetize. NATURE 329 (674-675)
- 11 Fuller, M. (1988) \*Magnetic fields from impacts, NATURE 336 (12)
- 13 Grazia, A.de und Milton, E.R. (1984) \*Solaria Binaria. Princeton
- 13 Greenberg, R. et al. (1978) ICARUS 3 5 (1-26)
- 11 Harris, AW. (1975) mCollisional Breakup of Particles in a Planetary Ring~ ICARUS 24 (190-192)
- [] Hann~, W.K. (1977) \*Relative Cratet Production Ram on Ph-CM Icam 31 (260-276)
- [3 H.rtmam, Wy\_ (1977) Crasering in the Solar Sy ant SCI.AM. januar (84-99)
- we
- 11 Horedt, G.P. (1981) \*Formation of the Planctsc VISTAS ASTRON. 24 (335-354)
- Q Hughes, DX. (1983) \*Inside the giant planetstw NATURE 305 (669-670)
- E] Jacobs, J.A. (1983) \*Magnetism and evolution of the terrestrial planets. NATURE 305(582)
- 11 Kerr, P-X (1982) \*Planetary Rings Explained and Unexplained# SCIENCE 218 (141-144)
- 11 Klinger, J. (1982) \*A possible resurfacing mechanism for icy satellites\* NATURE 299(41)
- 11 lGinger, J. et al. (eds.) (1985) \*Ices in the Solar System\* Dordrecht

- 11 Maddox, J. (1984) \*Origin of Solar System redefined, NATURE 308 (223)
- 11 McNally, D. (1973) \*Are the Javian Planets 'Failed Stars'?, NATURE 244 (424-426)
- E] Metz, W.D. (1974a) \*Planetary Science: First Meeting on Moons of the Solar System\*t SCIENCE 185 (1147-1148)
- 11 O'Keefe, J.A. und Ahrens, T.J. (1982) \*Cometary and meteorite swarm impact on planetary surfaces, J.GEOPHYS.RES. 87 (6668-6680)
- 11 Preiss, B. (ed.) (1985) The Planets# New York
- [3 Ransom, C.J. (1978) \*The Age of Velikowky. New York
- 13 Rawal, J.J. (1986) Possible Satellites of Mercury and Venuse EARTH,MOON,PLANETS 36 (135-138)
- 11 Reeves, H. (1981) \*Recent developments on the problem of the origin of the Solar System\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 303 (369-375)
- Cl Sagan, C. et al. (1975) SCI.AM. 233, September (Sondernummer fiber das Sonnensystem)
- 11 Sawada, K et al. (1987) \*Is the standard accretion disc model invulnerable?, MON.NOT.R.ASTR.SOC. 224 (307-322)
- 13 Schramm, D.N. und Clayton, R.N. (1978) Did a Supernova Trigger the Formation of the Solar Systemb SCI.AM. 23914 (98-113)
- 11 Smoluchowski, R. (1979) \*The ring systems of Jupiter, Saturn and Uranusc NATURE 280 (377-378)
- 13 Smoluchowski, R. (1983) \*The Interiors of the Giant Planets. MOON AND PLKNETS 28 (137-154)
- 11 Stevenson, D.J. (1982) Formation of the Giant Planets\* PLANET.SPACE SCI. 3018 (755-764)
- 13 Stevenson, D.J. (1988) Greenhouses and magma oceans, NATURE 335 (587-588)
- 11 Strom, R.G. (1987) \*The Solar System Cratering : Voyager 2 Results at Uranus and Implications for the Origin of Impacting Objects. ICARUS 70 (517-535)
- 13 Turner, G. (1982) \*Ages of the Solar System: Isotopic Datingc in Coradini (1982) (85-94)
- E] Y6k H.J. (1981) \*Formation of the Planetary System\* MITT.ASTRON.GES. 51 (63-79)
- 11 Winke, H. (1981) \*Constitution of terrestrial planetsc PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 303 (287-302)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- Cl Wensai, D. und Zhongwai, H. (1980) \*On the Origin of the Solar System, SCI.SINICA 2317 (862-879)
- 13 Wetherill, G.W (1985) \*Ck~ce of Giant Impacts During the Growth of the Terrestrial Planets\* SCIENCE 228 (877-879)
- 11 Willemann, Rj. (1984) Reorientation of Planets with Elastic Ut-hocpherm ICARUS 60 (701-709)
- 11 Williams, I.P. (1979) \*A Survey of Current Problems in Plane" Cosmogony\* MOON AND PLANETS 20 (3-13)
- 11 Woollson, M.M. (1979) ~Cosmogony Todayc Q.J.R.AST1;LSOC. 20 (97-114)
4. Planetenatmosphdren
- 11 Benlow, A. und Meadows, Aj. (1977) \*The Formation of the Atmospheres of the Terrestrial Planets by Impact, ASTROPHYS.SPACE SCI. 46 (293-300)
- 11 Cameron, A.G.W (1983) \*Origin of the Atmospheres of the Terrestrial PLANets, ICARUS 56 (195-201)
- 13 Campbell, P. (1987) ~Growing planetary atmospheres\* NATURE 327 (554)
- [1 Hutchinson, R. (1977) \*Formation of planetary atmospherest NATURE 266 (77 1)
- D Lunine, J1 (1989) \*Origin and Evolution of Outer Solar System Atmospheres, SCIENCE 245 (141-147)
- 13 Matsui, T und Yutaka, A. (1986) \*Impact-induced atmospheres and oceans on Earth and Venus\* NATURE 322 (526-528)
- 1:1 McKinnon, WB. (1989) \*Impacts giveth and impacts taketh away\* NATURE 338 (465-466)
- 13 Meadows, Aj. (1973) ~The Origin and Evolution of the Atmospheres of the Terrestrial Planets. PLANET.SPACE SCI. 21 (1467-1474)

[3 Pollack, J.11. und Black, D.C. (1982) \*Noble Gases in Planetary Atmospheres:

Implications for the Origin and Evolution of Atmospheres. ICARUS 5 1 (169-198)

E] Prather, M. (1984) \*Evolution by bombardment?. NATURE 308 (604)

11 Prinn, R.G. (1982) \*Origin and Evolution of Planetary Atmospheres: An

Introduction to the Problem. PLANET.SPACE SCI. 3018 (741-753)

11 Turcotte, D.L. und Schubert, G. (1988) Tectonic Implications of Radiogenic

Noble Gases in Planetary Atmospheres ICARUS 74 (36-46)

## 5. Merkur

D Benz, W et al. (1988) Collisional Stripping of Mercury's Mantle\* ICARUS 74 (516-528)

D Burns, J.A. (1976) \*Consequence of the Tidal Slowing of Mercury, ICARUS 28 (453-458)

11 Cameron, A.G.W (1972) \*Orbital Eccentricity of Mercury and the Origin of the Moon. NATURE 240 (299-300)

E] Chapman, C.R. (1976) \*Chronology of the Terrestrial Planet Evolution: The Evidence from Mercury, ICARUS 28 (523-536)

E] Cross, C.A. (1974) \*Encounter with Mercuryw SPACEFLIGHT 1618 (282)

11 Goldstein, M. L. et al. (1976) \*Mercury's magnetic field# NATURE 262 (74 1)

E] Kaula, WM. (1976) \*Comments on the Origin of Mercuryw ICARUS 28 (429-433)

11 Leake, M-A. et al. (1987) \*The Chronology of Mercury's Geological and

Geophysical Evolution: The Vulcanoid Hypothesis\* ICARUS 71 (350-375)

El Morrison, D. (1976a) \*Fint International Colloquium on Mercury ICARUS 28 (607-609)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- 11 Murray, B.C. et al. (1974) \*Mercury's Surface: Preliminary Description and Interpretation from Mariner 10 Pictures\* SCIENCE 185 (169-179)
- [I Ness, N.F. et al. (1976) \*Observations of Mercury's Magnetic Fieldt ICARUS 28 (479-488)
- 11 Pechmann, J.B. und Melosh, H.J. (1979) \*Global Fracture Pattern of a Despun Planet: Application to Mercury ICARUS 38 (243-250)
- D Siegfried, R.WII und Solomon, S.C. (1974) \*Mercury: Internal Structure and Thermal Evolutionc ICARUS 23 (192-205)
- D Stewart, G.R. (1988) \*A violent birth of Mercury NATURE 335 (496-497)
- 11 Strom, R.G. (1990) \*Mercury: The Forgotten Planet\* SKY TELESC. September
- Q Van Flandern, T.C. und Harrington, R.S. (1976) \*A Dynamical Investigation of the Conjecture that Mercury is an Escaped Satellite of Venus. ICARUS 28 (435-440)
6. Venw
- 0 anonym. (1980) \*The mystery of Venus's internal heat, NEW SCI. 13.November (437)
- 13 anonym. (1990) \*Scharfe Nudelnw DER SPIEGEL 35 (216-217)
- D Baum, R. (1978) \*The Maedler Phenomenont STROLLING ASTRON. 27 (118-119)
- Cl Baum, R. (1988) \*The Midler phenomenonx J.11RITASTRON.ASSOC. 9816 (293,313)
- 13 Beatty, J.K. (1979) \*Pioneer's Venus: More than Fire and Brimstone SKY TELESC. juli (13-15,27)
- 13 Beatty, J.K. (1982) \*Venus: The Mystery Continues. SKY TELESC. Februar (134-138)
- Cl Beatty, J.K. (1982a) Report From a Torrid Planet. SKY TELESC. Mai (452-453)
- EJ Beatty, J.K. (1985) \*A Radar Tour of Venus~ SKY TELESC. juni (507-510)
- D Bertaux, J-L. und Clarke, J.T. (1989) \*Deuterium content of the Venus atmosphere, NATURE 338 (567-568)
- 11 Burgess, E. (1979) Venus questions answered# NEW SCI. 6.Februar (391-393)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- D Burgess, E. (1982) \*Venus: the twin that went wrong# NEW SCI. 17Juni (786-789)
- 11 Campbell, R (1982) \*After Pioneer - good science, bad news, NATURE 296 (13-14)
- 11 Clark, RS. (1985) \*The Soviet Venera Programmew J.11R.INTERPLANET.SOC. 38 (74-93)
- E] Colin, L. (1985) \*Venus the Veiled Planetc in Preiss (1985)
- D Dormand, J.R. und McCue, J. (1987) \*The reversal of the spin of Venusc J.BR.ASTRON.ASSOC. 9811 (23-25)
- D Dunne, J.A. (1974) \*Mariner 10 Venus Encounterc SCIENCE 183 (1289-1291)
- D Fegley jr., B. und Prinn, R.C. (1989) \*Estimation of the rate of volcanism on Venus from reaction rate measurements, NATURE 337 (55-58)
- 11 Firsoff, V.A. (1978) \*On some Problems of Venusc J.BR.ASTRON.ASSOC. 8911 (38-46)
- 1:1 Ginenthal, C. (1988) alle Youthful Atmosphere o(Venugc AEON 116 0-13)
- 11 Greely, R. und Marshall, J.R. (1985) \*Transport of venusian rolling 'stones' by windb NATURE 313 (771-773)
- 11 Grin~ D.H. und Lewis, J.S. (1988) \*Cometary Water on Venus: Implications of Stochastic Impactsc ICARUS 74 (21-35)
- 11 Gwynne, R (1978) \*Venus probes Solar System Birthc NEW SCI. 21.128.Deumber (916)
- 13 Hunt, G.E. (1977) \*Super-rotating atmosphere of Venus\* NATURE 266 (15-16)
- D Hunt, G.E. (1979) \*A pioneer's view of Venusc NATURE 278 (777-778)
- 13 Hunten, D.M. (1980) \*View of Venus from Moscow\* NATURE 284 (211-212)
- D Hunten, D.M. et al. (eds.) (1983) \*Venus\* University of Arizona Press
- (1 janle, R et al. (1988) \*Tepev Mons on Venus: Morphology and Elastic Bending Models\* EARTHMOOMPLANETS 41 (127-139)
- 11 Kaula, WM. (1990) \*Venus: A Contrast in Evolution to Earthc SCIENCE 247 (1191-1196)
- D Kerr, R~A. (1980) \*Venus: Not Simple or Familiar, But Interesting\* SCIENCE 207 (289-291)

- D Kerr, R.A. (1984) Venusian Geology coming into Focus SCI-  
ENCE 224 (702-703)
- [I Ksanfomaliti, L.X. et al. (1976) Thermal asymmetry of Venus,  
SOV.ASTRON 2014 (476-480)
- 11 Kundt, W. (1979) Was Venus born retrograde?c NATURE 277  
(152)
- D Loudon, J. (1979) \*Pioneer Venus: A First Reportc SKY  
TELESC. Februar (119-123)
- 11 Moore, P. (1985) \*The Mapping of Venus J.BR.ASTRON.AS-  
SOC. 9512 (50-61)
- 11 Morrison, D. (1976) Can Internal Heat Contribute to the High Sur-  
face Temperature of Venus?. ICARUS 28 (423-424)
- 11 NASA News (1978) \*Press IGt - Pioneer Venus Encounter\* Wa-  
shington D.C., Release No. 78-181
- C] NASA News (1981) \*Fact Sheet Major Venus Findingsc Moffett  
Field CA, Release No. 81-57
- 11 NASA News (1982) \*Evidence presented that Venus had Oceans\*  
Moffett Field CA, Release No. 82-21
- Q Newell, R.E. (1983) \*Is Venus younger than Earth?# SPECULA-  
TIONS SCI.TECHNOL. 711 (51-57)
- 13 Pettengill, G.H. et al. (1980) \*Die Oberflüche der Venus\*  
SPEKTR.WISS. Oktober (73-89)
- 13 Philips, J.L. (1988) The Ashen Light of Venus. SKY TELESC.  
(250-252)
- [3 Philips, R.J. et al. (1981) \*Tectonics and Evolution of Venus\* SCI-  
ENCE 212 (879-887)
- 11 Prather, M. und McElroy, M.B. (1983) \*Helium on Venus: Impli-  
cations for Uranium and Thoriumc SCIENCE 220 (410-411)
- [I Revercomb, H.E. et al. (1985) \*Net Thermal Radiation in the At-  
mosphere of Venus\* ICARUS 61 (521-538)
- 13 Schofield, J.I und Taylor, EW, (1982) \*Net Global Thermal Emis-  
sion from the Venusian Atmosphere\* ICARUS 52 (245-262)
- 13 Schofield, J.I et al. (1982a) \*The Global Distribution of Water Va-  
por in the Middle Atmosphere of Venus\* ICARUS 52 (263-278)
- 11 Schubert, G. und Covey, C. (1911) \*The Atmosphere of Venus  
SCLAM. 245, juli  
(66-74)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- 11 Solonarov, VS. und Zharkov, MN. (1990) \*The Thermal Regime of Venus ICARUS 84 (280-295)
- D Solomon, S.C. (1982) \*The internal evolution of Venus and the Galilean satellites, NATURE 298 (15-16)
- 11 Taylor, F.W et al. (1981) \*Pioneer Venus atmospheric observations\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER-A 303 (215-223)
- 0 Taylor, H.A. (1986) \*Venus: Dead or Alive?\* SCIENCE 234 (1087-1093)
- 11 Toon, O.B. et al. (1984) \*Large, Solid Particles in the Clouds of Venus: Do They Exist?, ICARUS 57 (143-160)
- [1 Wilson, L. (1982) \*A Soviet view of the venusian surfacec NATURE 296 (607-608)
- Young, A. und Young, L. (1975) \*Venus. SCI.AM. 23313 September (71-78)
  - Zahn, U.v. (1983) \*The Atmosphere of Venus~ in Hunten, D.M. et al. (eds.) (1983)

### 7. ErdelMond

- (1 Anders, E. und O~en, T. (1977) \*Mars and Earth: Origin and Abundance of Volatiles, SCIENCE 198 (453-465)
- 13 Anderson, D.L. (1972) \*The Origin of the Moonc NATURE 239 (263-265)
- 11 Arkani-Hamed, J. (1974) \*EfFect of a Giant Impact on the Thermal Evolution of the Moonc THE MOON 9 (183-209)
- 11 Arkani-Hamed, J. (1974a) \*Lunar Mascons as Consequences of Giant Impactsc THE MOON 10 (307-322)
- 13 Baldwin, R.B. (1974) \*Was There a 'Terminal Lunar Cataclysd 3.94.0\* 109 Years Agoh ICARUS 23 (157-166)
- 13 Bearty, J.K. (1986) \*The Making of a Better Moonc SKY TELESC. Dezember (558-559)
- 13 Bell, J.F. et al. (1987) \*Recent comet impacts on the Moon: the evidence from remote sensing studiestc PUBL.ASTRON.SOC.PAC. 99 (862-867)
- 11 Bell, P. et al. (1973) \*Fourth Lunar Science Conference\* SCIENCE 181 (615-622)
- 13 Beriz, W et al. (1986) \*The Origin of the Moon and the Single-Impact Hypothesis - part Ic ICARUS 66 (515-535)



- 11 Beriz, W. et al. (1987) \*The Origin of the Moon and the Single-Impact Hypothesis - part II. ICARUS 71 (30-45)
- EJ Beriz, W et al. (1989) \*The Origin of the Moon and the Single-Impact Hypothesis - part III. ICARUS 81 (113-131)
- 11 Bloxham, J. und Gubbins, D. (1989) \*The Evolution of the Earths Magnetic Field, SCI.AM. Dezember (30-37)
- 13 Brush, S.G. (1988) ~A history of modern selenogony: theoretical origins of the Moon, from capture to crashc SPACE SCI.REV. 4713,4 (211-273)
- 11 Coleman, Rj. et al. (1977) \*The remnant magnetic field of the Moon\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SWLA 285 (489-506)
- 11 Cordell, B.M. (1986) \*Mars, Earth, and Ice\* SKY TELESC. Juli
- 11 Durisen, R.H. und Scorn E.H. (1984) \*Implications of Recent Numerical Calculations for the Fission Theory of the Origin of the Moon ICARUS 58 (153-158)
- 1:1 Eberhart, J. (1983) \*Early Hints at a Moonish Meteorite SCI-ENCE NEWS 123 (54)
- Cl Eugster, O. (1989) \*History of Meteorites from the ~ collected in Antarctica\* SCIENCE 245 (1197-1202)
- 11 Fremlin, J.14. (1973) \*The Origin of the Moon NATURE 242 (317-318)
- 11 Fuller, M. (1972) \*The Remnant Magnetization of Lun. Soil SCIENCE 178 (154-156)
- Cl Garwin, L. (1989) \*Tales of a lost magma ocean, NATURE 338 (19-20)
- 11 Cold, T. und Soter, S. (1976) Cometary Impact and the Magnetization of the Moon\* PLANETSPACE SCI. 24 (45-54)
- 13 Gold, T (1977) Origin and evolution of the lunar surface: the major questions remaining. PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 285 (555-559)
- 13 Grjebine, T. (1980) \*The Moon as the Origin of the Earth's Continents\* MOON AND PLANETS 22 (267-382)
- 13 Hammond, A.L. (1972) \*Lunar Research: No Agreement on Evolutionary Models\* SCIENCE 175 (868-870)
- 13 Hartmann, WK. (1975) \*Lunar 'Cataclysm': A Misconception N ICARUS 24 (181-187)
- F1] Hartmann, WK. et al. (eds.) (1986) \*Origin of the Moon, Lunar and Planetary Institute Houston, Texas

## Planeten. Götter, Katastrophen

- 13 Horedt, G.P (1979) \*Early Collisional Heating of the Moon, MOON AND PLANETS 20 (241-249)
- 11 Horedt, G.P. (1988) A New Variant of the Large-Impact Hypothesis for the Origin of the Moon EARTHMOONPLANETS 42 (201-206)
- 13 Hughes, D.W (1978) \*Lunar atmosphere past and present# NATURE 273 (489-490)
- 11 Keefe, J.A. (1969) \*Origin of the Moon. J.GEOPH.RES. 74/10 (2758-2767)
- [1 Kerr, R.A. (1984a) \*Making the Moon from a Big Splash\* SCIENCE 226 (1060-1061)
- E] Kerr, R.A. (1989) \*Making the Moon, Remaking Earth. SCIENCE 243 (1433-1435)
- 11 Lambeck, K. (1982) \*Where has that Moon been?c NATURE 298 (704-705)
- Cl Lunar Sample Analysis Planning Team (1973) \*Fourth Lunar Science Conference. Relocations of crustal materials by cataclysmic impacts dominated the first 700 million years of lunar history. SCIENCE 181 (615-622)
- Cl Meigner, R. (1974) \*Stand der Mondforschung nach Apollow UMSCHAU 7413 (74-80)
- 11 Melosh, H.J. und Sonert, C.P. (1986) \*When worlds collide: jetted vapour plumes and the Moon's origin (621-642) in Hartmann et al. (1986)
- 13 Newsom, H.E. und Taylor, S.R. (1989) \*Geochemical implications of the formation of the Moon by a single giant impactc NATURE 338 (29-34)
- 11 O'Keefe, J.A. (1969) \*Origin of the Moonc J.GEOPHY&RES. 74110 (2758-2767)
- 13 Ringwood, A.E. (1986) \*Terrestrial origin of the Moon\* NATURE 322 (323-328)
- 11 Schaefer, O.A. (1977) \*Lunar chronology as determined from the radiometric ages of returned lunar samplesw PHIL.TRANS.IT-SOC.LOND. SERA 285 (137-143)
- E] Schulm, PH. und Sinka, L.J. (1980) \*Cometary collisions on the Moon and Mercury. NATURE 284 (22-26)
- 11 Sharp, A. (1969) \*The Moon's mysterious mascons. NEW SCI. 27.Mirz (679-681)
- 13 Stephenson, F.R. (1981) w7Ad Recession of the ~ from Ancient and Modern

Datac J.11R.ASTRONASSOC. 9112 (136-147)

LJ Turner, G. (1977) \*The early chronology of the Moon: evidence for the early collisional history of the solar system\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 285 (97-103)

Cl Wasilewski, R.J. (1973) \*Shock remagnetization associated with meteorite impact at planetary surfaces, THE MOON 6 (264-291)

11 Wasserburg, G.J. et al. (1977) \*Outline of a lunar chronology\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 285 Q-22)

11 Wood, J.A. (1973) \*Bombardment as a Cause of the Lunar Asymmetry\* THE MOON 8 (73-103)

## 8. Mars

D anonym. (1974) \*The Past and Present of Mars\* SPACEFLIGHT 1618 (291-293)

11 anonym. (1977) \*Tidal stresses made Phobos groovy\* NEW SCI. 19.Mai (394)

D Baker, V.R. und Milton, D.J. (1974) \*Erosion by Catastrophic Floods on Mars and Earth\* ICARUS 23 (27-41)

11 Baker, V.R. (1978) The Spokane Flood Controversy and the Martian Outflow Channels. SCIENCE 202 (1249-1256)

11 Carr, M.H. (1979a) \*Formation of Martian flood features by release of water from confined aquifers, J.GEOPHYS.RES. 84 (2995-3007)

11 Drobysheyski, E.M. (1988) \*The Origin and Specific Features of the Martian Satellites in the Context of the Eruption Concept. EARTH-NOON, PLANETS 40 0-19)

11 Eglinton, G. und Marwell, J.R. (1977) \*Mars: questions and answers from Viking\* NATURE 265 (493-494)

13 Frey, H. und Schultz, M. (1988) \*Large impact basins and the mega-impact origin for the crustal dichotomy on Mars\* GEOPHYS.RES.LETT. 1513 (229-232)

Cl Fujiwara, A. und Asada, N. (1983) \*Impact Fracture Pattern on Phobos Ellipsoids\* ICARUS 56 (590-602)

EJ Goldman, S.J. (1990) The Legacy of Phobos 2\* SKY TELESC. Februar (156-159)

13 Hamano, Y. (1977) \*Argon degassing models of Mars. NATURE 266 (41-42)

13 Hartmann, W.K. (1978) The watery past of Mars\* NEW SCI. 28.juni (1083-1085)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- [1 Hughts, D.W (1977a) \*Phobos and Deimos, the moons of Mars\* NATURE 267 (757-758)
- [3 Hughts, D.W (1984) \*Meteorites from Mars\* NATURE 311 (411-412)
- 13 Lucchitta, B. und Klockenbrink, J.L. (1981) \*Ridges and Scarps in the Equatorial Belt of Mars\* MOON AND PLANETS 24 (415-429)
- 11 Lucchitta, B. et al. (1981) \*Did ice streams carve martian outflow channels?c NATURE 290 (759-763)
- 11 Masursky, H. (1973) \*An Overview of Geological Results from Mariner 9\* J.GEOPHYS.RES. 78120 (4009-4030)
- D Marwell, T-K et al. (1973) \*Meteorite Impact: A Suggestion for the Origin of Some Stream Channels on Mars; GEOLOGY(USA) 111 (9-10)
- 13 Melosh, H.J. (1980) \*Tectonic Patterns on a Reoriented Planet Mars\* ICARUS 44 (745-751)
- Cl Metz, W.D. (1974) \*Update on Mars. Clue\* about the Early Solar Sys Science 183 (187-189)
- 11 Metz, W.D. (1976) \*Vildng(I) - End of First Phase of 70's Space Spectacularc SCIENCE 194 (819-820)
- 13 Metz, W.D. (1976a) \*Vildng(II) - Water, Ice, and Argon - Three Puzzles Resolvedc SCIENCE 194 (924-927)
- 11 Mutch, T.A. et al. (1976) \*The Surface of Mars: The View from the Viking 2 Landerc SCIENCE 194 (1277-1283)
- 11 Nummedal, D. und Prior, D.B. (1981) \*Generation of Martian Chaos and Channels by Debris Flows\* ICARUS 45 (77-86)
- D Ott, U. und Begemann, E (1985) \*Are all the 'martian' meteorites from Mars? NATURE 317 (509-512)
- 11 Pepin, R.O. (1985) \*Meteorites. Evidence of Martian Origins, NATURE 317 (473-474)
- E] Pollack, J.B. et al. (1987) \*The Case for a Wet, Warm Climate on Early Mars\* ICARUS 71 (203-224)
- 11 Rubincam, D.P. (1990) \*Mars.. Change in Axial Tilt Due to Climate SCIENCE 248 (720-721)
- Cl Sagan, C. et al. (1973) \*Climatic Change on Mars\* SCIENCE 181 (1045-1049)
- 13 Schumm, S.A. (1974) \*Structural Origin of Large Martian Channels, ICARUS 22 (371-384)

- 11 Soffen, G.A. (1976) \*Scientific Results of the Viking Missions, SCIENCE 194 (1274-1276)
- 11 Soffen, G.A. (1977) \*The Viking Project\* J.GEOPHYS.RES. 82128 (3959-3970)
- 13 Soter, S. und Harris, A. (1977) \*Are Striations on Phobos evidence for tidal stress?c NATURE 268 (421-422)
- 13 Thomas, R cc al. (1978) \*Origin of the Grooves on Phobos, NATURE 273 (282-284)
- 13 Vickery, A.M. und Melosh, H.J. (1983) \*The Origin of SNC Meteorites: An Alternative to Mars, ICARUS 56 (299-318)
- D Ward, WR. (1973) \*Large-Scale Variations in the Obliquity of Mars, SCIENCE 181 (260-262)
- 13 Weiderischilling, S.J. (1979) \*A possible origin for the grooves of Phobos, NATURE 282 (697-698)
- 11 Willielms, D.E. und Squyres, S.W. (1984) \*The martian hemispheric dichotomy may be due to a giant impact\* NATURE 309 (138-140)
- 11 Wright, I.P. et al. (1989) \*Organic materials in a martian meteorite. NATURE 340 (220-222)
- 13 Yung, Y.L. und Pinto, J.P. (1978) mPrimitive atmosphere and implications for the formation of channels on Marsc NATURE 273 (730-732)
9. AsteroidmIKometenIMeteoriten etc.
- 11 Bailey, M.E. (1990) \*Comet orbits and chaos\* NATURE 345 (21-22)
- 11 Bode, J.E. (1772) \*Anicitung zur Kenninis des gestitnten Himmeisc, Berlin
- Cl Bode, J.E. (1817) \*Nachtrag zur Anleitung ... \* Berlin
- 11 Bonnet, C. (1764) \*Contemplation de la nature\* o.O. (1766 deutsch)
- 11 Derwom S.F. (1973) \*Bodes law and the resonant structure of the solar s~c NATURE 244 (18-21)
- 1:1 Drob~, E.M. (1980) \*Fk~is in Space and the Fate of Phaetonc MOON AND PLANETS 23 (339-344)
- E] Drobytheydd, E.M. (1986) \*The Structure of Phaeton and Detonation of its Icy Envelopec EARTHMOONYLANETS 34 (213-222)

- E] Farinella, P et al. (1982) \*The Asteroids as Outcomes of Catastrophic Collisionsc ICARUS 52 (409-433)
- E] Gehrels, T. (1985) \*Asteroids and comets\* PHYS.TODAY Februar (33-41)
- 1:1 Green, D.WX. et al. (1990) \*The Strange Periodic Comet Machholz SCIENCE 247 (1063-1067)
- [3 Hills, J.G. (1970) \*Dynamic Relaxation of Planetary Systems and Bode's Lawc NATURE 225 (840-842)
- E] Horedt, G.P (1974) \*Origin of the Asteroids: Collision of a Small Planet with a Large Cometc ICARUS 22 (230-232)
- E] Hoyle, F. (1980) \*Comets - A Matter of Life and Deathc VISTAS ASTRON. 24 (123-139)
- E] Hughes, D.W (1979) \*Changing cometary orbits. NATURE 280
- 11 Kerr, R.A. (1990) \*The Great Asteroid Roast: Was It Rare or Well-Doneh SCIENCE 247 (527-528)
- 13 Lecar, M. (1973) \*Bode's Law, NATURE 242 (318-319)
- 13 Napier, WM.D. und Dodd, Rj. (1973) \*The Missing Planet\* NATURE 242
- 13 Opik, E.J. (1977) \*Origin of asteroids and the missing planet# IRISH ASTRON.J. 13(22-39)
- 13 Opik, E.J. (1978) \*The Missing Planetc MOON AND PLANETS 18 (327-337)
- 13 Ovenden, M.W (1972) \*Bode's Law and die Missing Planetc NATURE 239 (508-509)
- 11 Pletser, V. (1988) \*Exponential Distance Relations in Planetary-like Systems Generated at Random. EARTH,MOON,PLANETS 42 (1-18)
- D Stewart, G.R. (1990) \*Source of short-period cometsc NATURE 343 (17-18)
- 11 Sullivan, W. (1988) \*Asteroid Collision Theories Get New Backing\* INT.HERALD TRIBUNE 3.November (8)

## 10. Jupiter

- 0 Agafonova, I.I. und Drobyshovski, E.M. (1985) Implications of the Galilean Satellites Ice Envelope Explosions. I. The Motion of Fragments inside and beyond Jupiter's Sphere of Actiong EARTH,MOON,PLANETS 32 (241-255)
- 11 Agafonova, I.I. und Drobyshovski, E.M. (1985a) \*Implications of the Galilean

Satellites Ice Envelope Explosions. II. The Origin of the irregular  
Satellitesc

EARTH,MOONYLANETS 33 0-17)

13 Agafonova, I.I. und Drobysheyski, E.M. (1985b) Implications of  
the Galilean Satellites Ice Envelope Explosions. III. The Origin of the Tro-  
jans and of some Cometsc EARTHMOOKPLANETS 33 (111-132)

11 Carr, M.H. et al. (1979) oVoicanic features of low NATURE 280  
(729-733)

11 Carr, M.H. (1985) \*Volcanic sulphur flows on Io\* NATURE 313  
(735-736)

11 Carusi, A. und Valsecchi, G.B. (1981) \*Temporary satellite captu-  
res of comets by Jupiterc ASTRON.ASTROPHYS. 94 (226-228)

13 Consolmapo. G.J. (1981) \*Io. Thermal Models and Chemical  
Evolution\*

ICARUS 47 (36-45)

£3 Drobyabeysid, E.M. (1979) \*The Magnetic Field of Jupiter and The  
Voicanism and Rotation of the Galilean Satellites, NATURE 282  
(811-813)

11 Drobysheyski, E.M. (1980a) \*The Eruptive Evolution of the Gali-  
tean Satellites: Implications for the Ancient Magnetic Field of Jupiterc  
MOON AND PLANETS 23 (483-491)

11 Gold, T. (1979) \*Electrical Origins of the Outbursts of Io, SCI-  
ENCE 306 (1071-1073)

13 Liti, J. (1983) \*Is Jupiter becoming brighter?, ACTA  
ASTROPHYS.SIN. 312 (89-92)

13 Masursky, H. (1979) ~Preliminary geologic mapping of loc NA-  
TURE 280 (725-729)

11 McCauley, J.F. et al. (1979) Erosional scarps on Io. NATURE 280  
(736-738)

13 McKinnon, WB. (1985) \*Geology of Icy Satellites# in Klinger, J.  
et al. (1985)

13 Morrison, D. (1985) \*The Enigma called Io#, SKY TELESC.  
Marz (198-205)

13 Stone, E.C. und Lane, A.L. (1979: Voyager 1 Encounter with the  
jovian System. SCIENCE 204 (945-948)

E] Strom, R.G. et al. (1979) wVoicanic eruption plumes on Io. NA-  
TURE 280 (733-736)

11. Saturn

- 13 Alexander, A.F. (1962) \*The Planet Saturno London
- 11 Baier, W. (1989) \*Riesige Ozeant aus flibsigen Kohlenstoffenc  
FRANKFURTER RUNDSCHAU 21.Oktober
- 11 Beatty, J.K. (1979a) \*Voyager's Encore Performance. SKY TE-  
LEC. September (206-216)
- 11 Bearty, JX, (1979b) )Rendezvous with Saturn\* SKY TELEEC. No-  
vember (206-216)
- 13 Brandt, M.E. und Bodner, M.S. (1981) \*Electromagnetic-Gravita-  
tional Coupling Phenomena in the Saturn Ring Systerrit KRONOS VI/3  
(63-70)
- 13 Bridges, F.G. et al. (1984) Structure stability and evolution of Sa-  
turn's rings. NATURE 309 (333-335)
- 11 Drobysheyski, E.M. (1981) The History of Titan, of Saturn's Rings  
and Magnetic Field, and the Nature of Short-Period Cometst MOON AND  
PLANETS 24 (13-45)
- 13 Farinella, E et al. (1983) \*Hyperion: Collisional Disruption of a  
Resonant Satellite. ICARUS 54 (353-360)
- Cl Farinella, P. et al. (1990) \*The Fate of Hyperion's Fragments.  
ICARUS 83 (186-204)
- (3 Ip, W-11. (1988) mAn evaluation of a catastrophic fragmentation  
origin of the Saturnian ring system\* ASTRON.ASTROPHYS. 199 (340-  
342)
- 11 Judge, D.L. et al. (1980) \*Ultraviolet photometer observations of the  
Saturnian system. SCIENCE 207 (431-434)
- 13 Kerr, R.A. (1982a) \*New Outer Rings for Saturnb, SCIENCE 218  
(276-277)
- 11 Owen, T. (1982) \*Titan. SCI.AM. 24612 (76-85)
- 11 Pirraglia, J.A. et al. (1981) \*Thermal structure and dynamics of  
Saturn and Jupiter, NATURE 292 (677-679)
- £3 Piescia, J.B. und Boyce, J.M. (1983) \*Crater numbers and geologi-  
cal histories of Iapetus, Enceladus, Tethys and Hyperion\* NATURE 301  
(665-670)
- [I Plesda, J.B. und Boyce, J.M. (1983) \*Crater densities and geologi-  
cal histories of Rhea, Dione, Mimas and Tethysc NATURE 295 (285-290)
- E) Pollack, J.B. et al. (1976) \*The formation of Saturnri%i; satellites  
and rings, as influenced by Saturds contraction history. ICARUS 29  
(35-48)



(1 Pollack, J.B. et al. (1977) \*A Calculation of Saturns Gravitational Contraction History# ICARUS 30 (111-128)

E) Smith, B.A. (1982) \*A New Look at the Saturn System: The Voyager 2 Imagesc SCIENCE 215 (504-537)

11 Smyth, W.H. (1981) Titan's Hydrogen Torust ASTROPHYS.J. 246 (344-353)

[3 Stone, E.C. und Miner, E.D. (1981) \*Voyager 1 Encounter with the Saturnian System\* SCIENCE 212 (159-163)

11 Stone, E.C. und Miner, E.D. (1982) Voyager 2 Encounter with the Saturnian System# SCIENCE 215 (499-504)

D Waldrop, M.M. (1981) The Puzzle that is Saturn. SCIENCE 213 (1347-1351)

11 Wisdom, J. und Peale, S.J. (1984) \*The Chaotic Rotation of Hyperion\* ICARUS 58 (137-152)

## 12. Uranus

11 Cameron, A.G.W. (1975) Cosmogonical Considerations Regarding Uranusc ICARUS 24 (280-284)

13 Elhot, J.L. et al. (1977) \*The rings of Uranus. NATURE 267 (328-330)

E1 Esposito, L.W und Colwell, J.E. (1989) ~Creation of the Uranus rings and dust bands, NATURE 339 (605-607)

E] Helfenstein, P. et al. (1989) \*Evidence from Voyager 11 photometry for early resurfacing of Umbrich NATURE 338 (324-326)

11 Kowal, C.T. und Drake, S. (1980) \*Galileo's observations of Neptune new NATURE 287 (311-313)

D Kowal, C.T. (1981) ~Gahleo's observation of Neptune, NATURE 290 (165)

13 Peale, S.J. (1988) \*Speculative Histories of the Uranian Satellite System. ICARUS 74 (153-171)

13 Rawlins, D. (198 1) \*Galileo's observation of Neptune\* NATURE 290 (164)

11 Smith, B.X (1986) \*Voyager 2 in the Uranian System: Imaging Science Resultsc SCIENCE 233 (43-64)

0 Standish jr., E.M. (198 1) \*Galileo's observation of Neptune, NATURE 290 (164-165)

[1 Stone, E.C. und Miner, E.D. (1986) The Voyager 2 Encounter with the Uranian System. SCIENCE 233 (39-43)

13. Neptun

- E] Beatty, J.K. (1990) \*Getting To Know Neptune. SKY TELESC. Februar (146-155)
- 11 Celebonovic, V. (1986) \*On the Origin of Triton\*(EARTH,MOON,PLANETS 34 (59-63)
- E] Chapman, C.R. (1990) ~More surprises in Neptune datam NATURE 343 (212-213)
- 11 Kerr, R.A. (1989b) \*Triton Steals Voyages Last Show\* SCIENCE 245 (928-920)
- Q Kerr, RA (1989c) \*The Neptune System in Voyager's Afterglow SCIENCE 245 (1450-1451)

14. pluto

- 11 Beatty, J.K. (1987) \*Pluto and Charon: The Dance Goes On\* SKY TELESC September (248-25 1)
- 11 Dormand, J.R. und Woolfion, M.M. (1980) \*The origin of Plutoc MON.NOT.R.ASTR.SOC. 193 (171-174)
- Cl Farinella, P. et al. (1979) Tidal Evolution and the Pluto-Charon System\* MOON AND PLANETS 20 (415-421)
- Cl Harrington, R.S. und Van Flandem, T.C. (1979) \*The Satellites of Neptune and the Origin of Plutom ICARUS 39 (131-136)
- 13 Heribest, N. (1989) ~Pluto: the planet that came in from the cold. NEW SCI. 29.April (39-44)
- Cl Hughes, D.W (1977) \*Pluto: the little-known planet NATURE 266 (307-308)
- 11 Klinger, J. (1985a) Icy Satellites, Rings and Pluto~ in Klinger et al. (eds.) (1985)
- Cl Sussmann, G.J. und Wisdom, J. (1988) Numerical Evidence That the Motion of Pluto Is Chaotict SCIENCE 241 (433-437)

15. PlanetXINemesis

- D Bailey, M.E. (1984) Nemesis for Nemesis. NATURE 311 (602-603)
- 13 Clube, S.V.M. und Napier, WM. (1984) Terrestrial Catastrophism - Nemesis or Galaxyw NATURE 311 (635-636)
- 13 Scidelmann, RK. und Harrington, R.S. (1988) \*Planet X - The Current Statusc CELESTMECH. 43 (55-68)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- 11 Hills, J.G. (1984) \*Dynamical constraints on the mass and perihelion distance of and the stability of its orbit\* NATURE 311 (636-638)
- Cl Matese, J.J. und Whitmire, D.P. (1986) \*Planet X and the Origins of the Shower and Steady State Flux of Short-Period Comets, ICARUS 65 (37-50)
- 11 Raup, D.M. (1990) \*Der Schwarze Stern Reinbek
- E] Torbett, M.V. und Smoluchowski, R. (1984) \*Orbital stability of the unseen companion linked to periodic extinction events. NATURE 311 (641-642)
- E] Whitmire, D.P. und Matese, J.J. (1985) \*Periodic comet showers and planet X, NATURE 313 (36-38)
- 1:1 Wilkins, D. (1979) \*Energetic comets versus the Suds companion. NATURE 282\* (696-697)
- 16 Stabilität des Sonnensystems | Himmelsmechanik
- 13 anonym. (1969) \*Comets have their own boosters. NEW SCI. 6. Februar (300)
- [3 Arnold, V.I. (1984) \*Catastrophe Theory. Berlin
- 11 Berger, A. (ed.) (1984) The Big Bang and Georges Lemaitre, Dordrecht
- 11 Bercotti, B. (1973) \*Is the Solar System Gravitationally Closed?. ASTROPHYS.LETT.COMMUN. 14 (51-53)
- 1:1 Birn, J. (1973) \*On the stability of the planetary system. ASTRON.ASTROPHYS. 24 (283-293)
- 11 Breuer, R. und Haas, G. (1990) \*Ein ordentliches ~. GEO-wissen 1990/12 (32-61)
- E] Davies, P.C.W (1978) \*Electric Universe\* NATURE 273 (268)
- 11 Duncombe, R.L. (ed.) (1984) \*The Stability of Planetary Systems\* Dordrecht i.e. CELEST.MECH. 34114
- 11 Goldreich, P (1965) \*An Explanation of the Frequent Occurrence of Commensurable Mean Motions in the Solar System\* MON.NOT.R.ASTRON.SOC. 13013 (159-181)
- 1:1 Greenberg, R.J. et al. (1972) \*Orbit-Orbit Resonance Capture in the Solar System\* SCIENCE 178 (747-749)
- 13 Guckenheimer, J. (1978) The Catastrophe Controversy, MATHEMAT.INTELLIGENCER 111 (15-20)
- [1 Hagitara, V (1957) \*Stability in Celestial Mechanics\* Tokyo

- 11 Hessel, J.F.C. (1859) \*Die merkwürdigen arithmetischen Eigenschaften der wichtigsten Nliherungsreihe fdr die Sonnenabstände der Plan-  
tenc Marburg
- 11 Hofititter, D.R. (1982) \*Seltsame Attraktoren in der Grauzont zwi-  
schen Ordnung und Chaos SPEKTR.WISS. januar (7-17)
- 11 Imbrie, J. und Imbrie, J2. (1980) Modelling the Climatic Response  
to Orbital Variationsc SCIENCE 207 (943-953)
- 13 Kerr, R.A. (1989a) \*Does Chaos Permeate the Solar System?,  
SCIENCE 244 (144-145)
- EI Kobold, H. (o.J.) »Allgemeine Methode zur Berechnung absoluter  
Störungen« (Inaugural-Dissertation) Göttingen
- 13 Kopal, Z. (1980) \*Stability of the Solar Systemw MOON AND  
PLANETS 22 0-11)
- 11 Kovaleysky, J. (1984) \*Non Gravitational forces in the evolution  
of the solar systemc in Berger (ed.) (1984)
- D Kozai, Y. (1974) \*The Stability of the Solar System and of small  
Stellar Systemsc Dordrecht
- 13 Laskar, J. (1989) \*A numerical experiment on the chaotic beha-  
viour of the Solar System, NATURE 338 (237-238)
- 11 Lighthill, J. (1986) in Mason, J. et al. (1986)
- 13 Maddox, J. (1984b) Continuing doubt on gravitation, NATURE  
310 (723)
- 11 Maddox, J. (1986) \*Looking for gravitational errorsw NATURE  
322 (109)
- 11 Marston, II.G. et al. (1973) \*Comets and ~gravitational forces\*  
ASTRON J. 78 (211-225)
- 13 Mason, J. et al. (1986) \*Predictability in Science and Society, Lo-  
rindon
- D Message, Rj. (1984) \*The Stability of our Solar System\*  
CELEST.MECH. 34 (155-163)
- 13 Message, Rj. (1986) \*Testing Solar System Stability. NATURE  
319 (359)
- 1:1 Milani, A. und Nobili, A.M. (1985) \*Methods of Stability Analy-  
sis in the Solar System, In Szebehely 1985 (139-150)
- 11 Milani, A. (1989) \*Emerging stability and chaosc NATURE 338  
(207-208)
- D Molchanov, A.M. (1969) \*The Resonant Structure of the Solar  
Systemc ICARUS 8

- 11 Moser, J. (1978) \*Is the Solar System stable?\*
- MATHEMATAN-TELLIGENCER 1/2(65-70)
- 11 Nacozy, PE. (1976) \*On the stability of the solar system.
- ASTRON.J. 81/9 (787-791)
- 11 Newton, I. (1872) \*Mathernatische Principien der Naturlebre
- Berlin
- 11 Nobili, A.M. et al. (1989) \*Fundamental frequencies and small divisors in the orbits of the outer planets
- ASRON.ASTROPHYS. 210 (313-336)
- 13 Ornstein, S. (1989) \*Ergodic Theory, Randomness, and 'Chaos'
- SCIENCE 243 (182-187)
- EJ Patterson, C.W (1987) \*Resonance Capture and the Evolution of the Planets\*
- ICARUS 70.019-333)
- EJ Pool, R. (1989) Chaos Theory: How Big an Advance. SCIENCE 245 (26-28)
- EJ Roy, A.E. und Ovenden, M.W (1954) \*On the Occurrence of Commensurable Mean Motions in the Solar System#
- MON.NOT.R.ASTRON.SOC. 114
- 13 Roy, A.E. (1980) \*The Stability and Evolution of the Solar System\*
- MOON AND PLANETS 22 (67-81)
- 11 Roy, A.E. (1982) \*The Stability of the Solar System, in Coradini 1982 (117-124)
- D Roy, A.E. (1985) New Frontiers on the Stability of the Solar System\* Vortrag S.I.S. 12.10.1985
- EJ Roy, A.E. et al. (1988) Project LONGSTOP. VISTAS ASTRON. 3212 (95-116)
- rll Schmidt, W. (1974) \*Natfirliches Regelprinzip in Berichtswerk aber Cybernetics and Bionics - 28-30.3.1973., MUnchen/Wien
- 11 Schmidt, W (1989) \*Irreversible Wechselwirkungen und deren technische Anwendung. DABEI-Colloquium 1, Boon
- 11 Schroeder, M.R. (1989) \*Selbstihniichkeit: Fraktale, Chaos und PotenzgCsetze\*
- PHYS.UNSERER ZEIT 2015 (144-152)
- D Scidelmann, RK. (1982) ~Orbital Motion of the Planets, Theoretical and Observational. CELEST.MECH. 26 (149-160)
- 13 Stacey, F.D. und Truck, G.J. (1981) Geophysical Evidence for Non-Newtonian Gravity. NATURE 292 (239-232)
- 11 Szcbechely, V (ed.) (1985) Stability of the Solar System and Its Minor Natural and Artificial Bodies. Dordrecht

- 11 Szebehely, V (1985a) oStability in Celestial Mechanics. in Szebehely (1985) (175-180)
- E] Szebehely, V und McKenzie, R. (1977) Stability of planetary systems with bifurcation theory. ASTRON.J. 8211 (79)
- 11 Szebehely, V und McKenzie, R. (1977a) \*Stability of the Sun-Earth-Moon system, ASTRON.J. 82/4 (303-305)
- E] Tscharnuter, WM. (1984) \*The Formation of the Planetary System. CELEST.MECH. 34 (289-296)
- 13 Waldron, R.A. (1984) \*Gravitational forces. SPECULATIONS SCI.TECHNOL. 713 (177-189)
- 11 Wilkins, G.A. und Sindair, A.T. (1974) \*The dynamics of the planets and their satellites. PROC.R.SOC.LONDON, SER.A 336 (85-1(9)
- 11 Wisdom, J. (1983) \*Chaotic Behavior and the Origin of the 311 Kirkwood Gap ICARUS 56 (51-74)
- 11 Wisdom, J. (1987) xUrcy Prize Lecture: Chaotic Dynamics in the Solar Systemc ICARUS 72 (241-275)
- 11 Wisdom, J. (1987a) \*Chaotic behaviour in the Solar Systemc PROC.R.SOC.LONDON, SER.A 413 (109-129)
17. Alte Astronomielastronomische Zengnisse
- 11 Aveni, A.F. (1984) \*Astronomy in ancient Mesoamericac in Krupp (ed.) (1984)
- Cl Aveni, A.F. (1986) \*Archa~tronomy~. Past, Present, and Futurec SKY TELESC. November (456-459)
- 11 Babs, H. (1949) \*Antike Astronomiew Miltichen
- E1 Bentley, J. (1825) \*Historical View of the Hindu Astronomy. (Repr. 1970 Osnabrack)
- Q Brecher, K. und Freitag, M. (eds.) (1979) \*Astronomy of the Ancientsc Cambridge
- 11 Carbon, J.B. (1984) \*The Nature of Mesoamerican Astronomy: A Look at the Native Textsc in Krupp (ed.) (1 984a)
- D Qyuan, L. (1988) \*Ancient Chinese observations of planetary positions and a table of planetary occultationsc EARTH,MOON,PLANETS 40 (111-117)
- 11 Dyke, N.W (1988) \*Sitiuss: its historical aspects, AUSTRALIAN ASTR.J. 213 (102-104)
- 11 G8ssmann, F. (1950) \*Planetarium Babylonicum\* Rom

## Planeten. Götter, Katastrophen

- Cl Greenberg, L.M. und Sizemore, W.B. (eds.) (1978) \*Scientists Confront Scientists who Confront Velikovsky. KRONOS IV/2 (special issue)
- 13 Gundel, W (1927) in Pauly, A. und Wissowa, G. (eds.) REALENCYCL.CLASS.ALTERT. 11/5, Stuttgart (Spalten 314-351)
- Cl Hawkins, G.S. (1974) \*Astronomical alignments in Britain, Egypt and Peru\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. A 276 (157-167)
- 13 Hoskin, M. (1983) Astronomy in ancient Greece, HIGHLIGHTS ASTR. 6 (3-14)
- 11 Jong, Tde und Soldt, WH.Yan (1989) \*The earliest known solar eclipse recod dated, NATURE 338 (238-240)
- EJ Kendall, D.G. et al. (eds.) (1974) The place of astronomy in the ancient world\* PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. SER.A 276
- D Knapp, M. (1934) \*Pentagramma Menerisc Basel
- Cl Krupp, E.C. (ed.) (1984) ~In search of ancient astronomers, Harmondsworth (Penguin Books)
- 13 Krupp, E.C. (ed.) (1984a) \*Archacoastronomy and the roots of science~ Boulder
- D Kugler, EX. (1907) \*Entwicklung der babylonischen Planctenkunde von ihren Anflingen his auf Christust Menster
- 13 Langdon, S. et al. (1928) The Venus Tablets of Ammizaduga. London
- Maddox, J. (1985) Uses for ancient eclipse \* NATURE 313 (733)
  - Needham, J. (1974) \*Astronomy in ancient and medieval China, PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. A 276 (67-82)
- 13 Neugebauer, O. und Parker, R.A. (1969) \*Decans, Planets, Constellations and Zodiacs (i.e. Egyptian Astronomical Texts Vol.III). Providence
- 11 Parker, R.A. (1974) \*Ancient Egyptian astronomyc PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. A 276 (51-66)
- Cl Plinius Secundus d.A., C. (1974) \*Naturkunde Buch II. o.O. (Hti-meran Verlag)
- 11 Reiner, E. und Pingree, D. (1975) \*The Venus Tablets of Ammizadugac Istanbul
- D Rose, L.E. (1978) \*'just Plainly Wrong: A Critique of Peter Huber (Second Installment)c in Greenberg/Sizemore (eds.) (1978)
- Cl Ruggles, C. (1981) \*Prehistoric astronomy: how far did it gob NEW SCI. 18juni (750-753)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- Sachs, A. (1974) \*Babylonian observational astronomy  
PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. A 276 (43-50)
- EJ Schlosser, W. und Bergmann, W. (1985) \*An early~medieval account on the red colour of Sirius and its astrophysical implications NATURE 318 (45-46)
- EJ Schaumberger, J. (1935) \*Sternkunde und Sterndienste in Babel (hier:  
3.Ergggnungsheft zum 1. und 2. Buch von EXKugler)c Monster
- 13 Schmitz, J.W (1830) \*Die Bewegung der Erde und der anderen Planeten von ihrem Ursprunge his zu ihrem Ende, Berlin
- EJ Schouten, J. (1968) \*The Pentagram as a Medical Symbol De Graef
- 11 Shawcross, W.E. (1985) \*Venus and the Mayan SKY TELESC. August (111-114)
- 11 Stephenson, F.R. (1979) \*A modern look at ancient eclipses NEW SCI. 22.Februar (560-562)
- EJ Stephenson, F.R. (1982) wHistorical Eclipses SCI.AM. Oktober (154-163)
- 13 Stephenson, R. (1982) \*The skies of Babylon. NEW SCI. 19.August (478-481)
- D Thompson, J.E.S. (1974) \*Maya astronomy  
PHIL.TRANS.R.SOC.LOND. A 276 (83-98)
- D Velikowky, I. (1978) \*Welten im Zusammenstoß Frankfurt a.M.
- D Velikovsky, I. (1978a) \*Die Seevölker. Frankfurt a.M.
- D Velikowky, I. (1978b) \*Khima and Kesilw KRONOS 111/4 (19-23)
- 13 Velikowky, I. (1979) \*On Saturn and the Flood\* KRONOS V/ 10-11)
- D Walker, C.B.F. (1985) \*Halley's Comet at Babyloniac NATURE 314 (576-577)
- 13 Walker, C.B.F. (1989) \*Eclipse seen at ancient Ugaritc NATURE 338 (204-205)
- 13 Weidner, E.F. (1915) \*Handbuch der Babylonischen Astronomie Bd.1: Der Babylonische Fixsternhimmel\* Leipzig



- 11 Weir, J.I. (1972) \*The Venus Tablets of Ammizadugac Istanbul  
 13 Weir, J.I. (1982) \*The Venus Tablets: A Fresh Approaclic  
 J.HIST-ASTRON. 1311  
 (23-49)
- EJ Wirth, P.B. (1973) \*Die Venustheoric von Vasisthac CENTAU-  
 RUS 1811
- 11 Yen-Tsu, C. (1976) \*Cosmological theories in ancient China\*  
 SCI.SINICA XDU2  
 (291-309)
18. Probleme der Chronologie
- 11 Brugsch, H. (1877) »Geschichte Ämtens unter den Pharaonen« Leipzig  
 13 Eggers, Hj. (1986) »Einführung in die Vorgeschichte« München  
 11 Heinsohn, G. (1988) »Die Sumerer gab es nicht« Frankfurt a.M.  
 11 Heinsohn, G. (1990) »Flutzerstörungen in den Stratigraphien Me-  
 sopotamiens und  
 Ägyptens« VORZEIT-FRÜHZEIT-GEGENWART 2-3/90 (6-21)
- 1:) Heinsohn, G. und Marx, C. (1981) »Echnatons Revolution und  
 Tutanchamuns  
 Restauration« Basel
- 13 Heinsohn, G. und Illig, H. (1990) »Wann lebten die Pharaonen?«  
 Frankfurt a.M.
- 11 Helck, W. er al. (ab 1975) »Lexikon der Ägyptologie« Wiesbaden  
 13 Illig, H. (1988) »Die veraltete Vorzeit« Frankfurt a.M.  
 13 Illig, H. (1990) »Transadantische Kontakte erst nach -600«  
 VORZEIT-FRÜHZEIT-GEGENWART 1/90 (12-24)
- 13 lange, H.O. und Neugebauer, O. (1940) »Papyrus Carlsberg No.1«  
 Kopenhagen
- 1:1 Lepsius, R. (1857) »Über die Manethonische Bestimmung des  
 Umfangs der  
 Ägyptischen Geschichte« Berlin
- 1
- E3 Long, RLD. (1974) \*A re-minin-don ofthe Sothic clunnology of  
 Egyptc ORIENTALIA (n.F.) 43 (261-274)
- EJ Meyer, E. (1904) \*Ägyptische Chroinologiec Berlin
- EJ Neugchatier, O. (1938) \*Die Bedcutungslosigkeit der'Sothis-Perio-  
 defilr die Alteste lgyptische Chronologiec ACTA ORIENTALIA XVII  
 (169-177)

## Planeten. Götter, Katastrophen

11 Peiser, B. (Ms 1989) \*Zur Kontroverse fiber den Beginn der antiken Olympischen Spielec Frankfurt a.M.

11 Pogo, A. (1932) \*Calendars on Coffin lids from Asyute ISIS 17

13 Pogo, A. (1936) \*Three unpublished calendars from Asyute OSIRIS 1

13 Pogo, A. (1936a) \*Egyptian water clocksc ISIS 25

D Spiegelberg, W (1922) Der demotische Text der Priesterdekrete von Kanopus und Memphis (Rosettana)c Heidelberg

11 Ungnad, A. (1940) \*Die Venus-Tafein und das neunte Jahr Samuilunasc MITTALTORIENTAL.GES. XIII/3

EJ Witerden, II.L. van der (1974) \*Science Awakening II. The Birth of Astronomy (with contribution by P.Huber) Leyden und New York

13 Wilhelm, H. (1989) \*Welt und Urwelt der Mayat Manchen

### 19. Geschichte der Kalender

11 Aveni, A.F. und Brotherston, G. (eds.) (1983) \*Calendars in Mesoamerica and Peru. Native American computations of time\* BAR Int.Series 174

13 Broda de Casas, J. (1969) \*The Mexican Calendar as Compared to Other Mesoamerican Systems ACTA ETHNOL.LING. 15 (i.e. Series Americana 4), Wien

13 Cantor, M. (1922) »Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik. Band I« Leipzig/Berlin

D Gardiner, A.H. (1931) Chester Beatry Papyri, No.Ic, o.O.

• Ginzler, F.K. (1906) \*Handbuch der Mathematischen und Technischen Chronologic Bd.I. Das Zeitrechnungswesen der Ydlkrcr Leipzig

• Gundel, W (1936) \*Dekant und Dekansternbilder, Glackstadt/Hamburg

11 Hartner, W. (1979) wThe young avestan and Babylonian calendars and the antecedents of precession, J.HIST.ASTRON. X (1-22)

11 Hertel, J. (1934) \*Die awestischen Jahreszeitenfeste: Afringan 3c Leipzig

13 Hertel, J. (1936) \*Der Planet Venus im Avestac Leipzig

11 Hornung, E. (1964) \*Untersuchungen zur Chronologic und Geschichte des Neuen Reichst (Agyptologische Abliandlungen 11) Wiesbaden

EJ Ideler, L. (1806) \*Historische Untersuchungen fiber die astronomischen Bcobachtungen der Alien, Berlin

D Justi, F. (ed.) (1868) \*Der Bundelesh\* Leipzig

11 Lchmann, C.R (1896) Verhandlungen der Berliner Anthropologischen Gesellschaft, Berlin

D Lounsbury, F.G. (1983) \*The Base of the Venus Table of the Dresden Codex, and its Significance for the Calendar-Correlation Problem, in Aveni/Brotherston (eds.) (1983)

11 Malmström, V.H. (1973) \*Origin of the Mesoamerican 260-Day Calendar\* SCIENCE 181 (939-941)

11 Nilason, M.R (1918) \*Die Entstehung und Bedeutung des Griechischen Kalenders\* Lund/Leipzig

11 Nilsson, M.R (1920) \*Primitive Time-Reckoning\* Lund/London

13 Parise, E (1982) \*The Book of Calendar\* New York

D Schott, S. (1950) \*Altägyptische Festdaten\* Wiesbaden

11 Whittaker, G. (1983) \*The Structure of the Zatopec Calendar in Aveni/Brotherston (eds.) (1983)

11 Wolf, C.A. (1987) \*Die Große Finsternis-Venus-Periode in der Dresdner Maya-Handschrift\* NATUR UND MENSCH 1987 (29-41)

13 Yabuuti, K. (1974) \*The calendar reforms in the Han dynasties and ideas in their background. ARCH.INT.HISTO.SCI. 24

13 York, M. (1986) \*The Roman Festival Calendar of Numa Pompilius\* New York/Bern

D Zimmern, H. (1926) \*Das Babylonische Neujahrsfest\* Leipzig (DER ALTE ORIENT XXV/3)

## 20. Mythos | Religion und Katastrophe

11 Anders, F. (1967) »Wort- und Sachregister zu Eduard Seler, Gesammelte Abhandlungen« Graz

13 Binder, G. (1964) »Die Aussetzung des Königskindes Kyros und Romulus« in Merkelbach (ed.) (1964)

13 Blöss, C. (1987) »Maschinenkinder« Berlin

C) Brunner, H. (1983) »Grundzüge der Altägyptischen Religion« Darmstadt

EI Campbell, J. (1961) »The Masks of God: Oriental Mythology o.0.

13 Davis, N. (1983) »Opfertod und Menschenopfer« Frankfurt a.M.

EI Diestel, Prof. (1860) »Set-Typhon, Asahel und Satan. Ein Beitrag zur Religionsgeschichte des Orients« Z.HIST.THEOL. XXX (159-217)

EI Fontenrose, J. (1959) »Python. A study of Delphic myth and its origin« Berkeley

- 13 Fontenrose, J. (1966) »The ritual theory of myth« Berkeley  
11 Fontenrose, J. (1978) »The Delphic Oracle« Berkeley  
13 Frazer, J.G. (1911) »The Dying God« London  
13 Geffcken, J. (1899) »Eine gnostische Vision« Sitzungsberichte der königlich preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlin  
13 Heinsohn, G. (1988a) »Was ist Antisemitismus?« Frankfurt a.M.  
EI Krickeberg, W. (1944) »Das mittelamerikanische Ballspiel und seine religiöse Bedeutung« PAIDEUMA 3/49 (Mitteilungen zur Kulturkunde)  
11 Kroll, j. (1932) »Gott und Hölle: Der Mythos vom Descensus-Kampfe« Leipzig (Studien der Bibliothek Warburg M  
13 Kugler, EX. (1927) »Der Sybillinischer Sternkampf und Phaeton in naturgeschichtlicher Bedeutung« Münster  
EI Kunitzsch, R (1983) »How we got our 'Arabic' star names« SKY TELESC. Januar (20-22)  
11 Merkelbach, R. (cd.) (1964) BEITRÄGE ZUR KLASSISCHEN PHILOLOGIE 10, Meisenheim am Glan  
13 Meyer, E. (1875) »Set-Typhon. Eine Religionsgeschichtliche Studie« Leipzig  
13 Norden, E. (1924) »Die Geburt des Kindes. Geschichte einer religiösen Idee« Leipzig (Studien der Bibliothek Warburg III)  
13 Plutarch (1850) »Über Isis und Osiris« Berlin  
13 Raglan, Lord (1949) »The Origins of Religion« London  
13 Rose, LE- (1979) Variations on a Theme of Philolaos« KRONOS VII  
1:1 Seippel G. (1939) »Der Typhonmythus« Greifswald  
[3 Seler, E. (1902) »Die Venusperiode in den Bilderschriften der Co-dez-Borgia-Gruppe« GES-ABHANDL. 1, Berlin (618-667)  
EI Sekt, E. (1904) »Die religiösen Gesänge der alten Mexikaner« GES-ABHANDL. 2, Berlin  
11 Seter, E. (1904a) »Die Ausgrabungen am Orte des Haupttempels in Mexico« GES-ABHANDL. 2, Berlin  
11 Seler, E. (1908) »Die Korrekturen der Jahreslänge und der Länge der Venusperiode in den mexikanischen Bilderschriften« GES-ABHANDL. 3, Berlin (199-220)  
11 Seler, E. (1915) »Die Lichtbringer bei den Indianerstämmen der Nordwestküste« GES-ABHANDL. 5, Berlin (9-33f)

## Planeten. Götter, Katastrophen

- EI Seler, E. (1915a) »Die Sage von Quetzalcouati und den Tolteken in den in neuerer Zeit bekannt gewordenen Quellen« GES.ABHANDL. 5, Berlin (178-196)
- 11 Seler, E. (1923) »Zur Toltekenfrage« GES.ABHANDL. 4, Berlin
- 11 Seler, E. (1923a) »Mythos und Religion der alten Mexikaner« GES.ABHANDL. 4, Berlin
- 0 Trumpf, J. (1958) »Stadtgründung und Drachenkampf« HERMES 2/86

### INDEX (bezieht sich auf die Druckausgabe)

#### A

- Abwehrmechanismen, kollektive 125
- Achtjahreszyklus griechischer Feste 185
- Allgemeine Relativitätstheorie 116
- Altägyptische Chronologie 126
- Altersbestimmung, radiometrische 42,  
55,72,99,111
- Apoll 183
- Argon 55-56, 90
- Asteroiden 78, 80, 89, 120  
»missing planet« 79
- Astronomische Dokumente  
altägyptische 133, 136, 155  
babylonische 133, 135, 156, 158, 185  
chinesische 162  
indische 161  
mesoamerikanische 159  
in Sargkammern des Mittleren  
Reiches 139
- Astronomische Grundlagen der  
Chronologie 133
- Atmosphäre  
»evolution by bombardment« 56  
»evolution by outgassing« 56
- Aussterbeereignisse 21, 59

B

Ballspiel, mesoamerikanisches 167

Beweiskraft einer Theorie 31, 41

Bundchesh 161

C

»Cassinische Teilung« 87

Chaos 105

im Sonnensystem 99, 102-103, 113

und Evolutionstheorie 20

Chaostheorie 104

Charon 96

Chiron 90

Chronologie

absolute 146, 184

altägyptische 147,153,155, 169,172

babylonische 158

Grundlagen 120

»cratering record« des Sonnensystems 41, 101

»crustal-tape-record « des irdischen  
Magnetfeldes 33, 36, 39, 95

D

»DarkAge« 184

»Deep-Sea-Drifing-Project« 37

Dekansteme 140

Dekanuhren 155

Diffusionismus 172, 179

Dinosaurier 120

Diene 87,90

DoppeIsternsystem 51, 83

Drachenkampf 181, 183-184

Drehimpulserhaltung 53, 63

Dreikörperproblem 104

Dresdener Codex 166

E

Ebers-Papyrus 153, 160

## Planeten. Götter, Katastrophen

- Fdelgase 49, 54
- Eis im Sonnensystem 84, 89
- Ekliptik 139
- Elektrolyse 90
- Flektromagnetismus 84, 115
- Enceladus 29, 87, 90, 131
- Enckesche Teilung 88
- Energiebil&n4eichung 114
- Entropie 66, 114
- Epagomenen 144, 147, 153, 160,  
178, 180  
zeitliche Einführung 186
- Epochen, naturgeschichtliche 24,59
- Erdbeben 34
- Erde
  - als Mond des Saturn 132
  - Alter 109
  - Atmosphäre 52
  - Störung der Eigenrotation 36
  - Störung der Erdbahn 137
  - Umkehr des Magnetfeldes 37
  - Verlagerung der Rotationsachse  
36, 141-142
  - Verwerfungsstrukturen 36
  - Vulkanismus 34
- Europa 84, 86
- Evolutionsprinzip
  - für die Planetenbahnen 47, 61, 67, 79.93,105,113,116
  - thermodynamischu 66, 114
- Evolutionstheorie 110
  - und Katastrophismus 18, 21
  - und Kosmologie 42,85,102
- Exodus-Erzählung 123, 127
- F
- Faschismusdebatte 125,  
»feriae terminalia« 163

Flutkatastrophe 130  
Flutschichten, archäologische 131  
Fossilierungsbedingungen 21, 44  
»französische Teilung« 87

## G

Galileische Monde 83, 89, 93  
Ganymed 82, 85-86  
geologische Zeitskala 42, 99, 111  
Gestirnsreligion 25  
Gezeitenwechselwirkung 84, 93, 98,  
114-115  
Gradualismus 24, 26, 31

## H

»Halle der höchsten Harmonie« 162  
Hathor 149  
Himmelspol 162  
Horus 183  
Hyperion 87

## I

Indeterminismus in der Mechanik 103  
Io 29, 34, 83, 86  
Ipuwer-Papyrus 123, 127  
Iridiumanomalie 44  
Isis 149, 155, 161, 170, 186  
Isotopenverteilung 48

## J

Japetus 87  
Josua-Erzählung 127  
Jupiter 132  
als Protostern 83  
Elektrolyse im Satellitensystem 86  
Magnetfeld 84, 86  
Ringsystem 85  
Satellitensystem 101



Temperatur 82

K

Kalender 128

ab Zeitmesser der Venusbahn 159, 165

altägyptischer 144-145, 147, 169, 173

julianischer 147

mesoamerikanische 154, 159,166

mit 360 Tagen 157-158,160-163, 170,178

mit 365 Tagen 161

römischer 178

»Rumpffahr« mit 360 Tagen 145, 153

»Tempeljahr« mit 360 Tagen 155

Unzulänglichkeit der Jahreszählung mit 365 Tagen 163

Kalenderreform 158

aufgrund einer Änderung der Erdbahn 141, 170

gleichartige 143, 160, 165

im Konopus-Dekret beschrieben 153

nach einem Dynastienwechsel im alten China 162

Kalenderreformer

Amenemhet 1. 182

Aseh 154

Hyksos 154

Nabonassar 133, 136,159

Numa 163

Kalenderschaltung 136,154,157,159,

161-163, 168, 171

Kallisto 82-83, 85-86

Kanopus-Dekret 151,153-154,156,172

Karneval, römischer 178

Katastrophen im Sonnensystem 89

und Erdgeschichte 80

und Fossilien 22, 44, 80

Katastrophismus

bibelfundamentalistischer 23

und Astronomie 89

und Gehirnwäsche 43

Keplersche Gesetze 106

## Planeten. Götter, Katastrophen

Kernfusion 42, 150  
Klimaveränderung 33  
Kollision zwischen Himmelskörpern 40,56,60,67,70,80,89,102  
Kometen 51  
    als »Krieger am Firmament« 17  
Kometeneinschlag 43, 57, 59, 64, 74, 84,89,101,120  
Königsmord 178, 180  
Kontinentalverschiebung 31, 34  
kosmische Katastrophen in historischer Zeit 146  
Kreide-Tertiär-Übergang 43, 57, 120  
Kreisteilung in 360 Grad 163  
»Krieg der Gestirne« 130, 161

### L

Lückenhaftigkeit der Fossilüberlieferung 21

### M

Magische Unterstützung des Weltenlaufs 167  
Magnetfeld, Entstehungstheorie 95  
Magnetfeldumkehrungen 33, 95  
Magnetisierungsprofil des Meeresbodens 32  
Mars

    Atmosphäre 54, 75  
    Dichotomie der Oberfläche 77  
    Kanäle und Rinnen 54, 75  
    Marsgestein auf der Erde 77  
    Oberfläche 75  
    Phobos (Marsmond) 76  
    Verlagerung der Rotationsachse 76  
    Vulkanismus 54,75  
    Wasserreservoir, unterirdische 54, 75  
    Wasserströme kosmischen Ursprungs 54  
    Wasserströme, sintflutartige 54, 76

Meeresspiegelschwankungen 35

Menschenopfer 125, 166-167, 181

### Merkur

    Atmosphäre 52  
    ehemaliger Satellit der Venus 61

## Planeten. Götter, Katastrophen

- einseitige Bombardierung 61
- hohe Dichte 60
- katastrophische Entstehung 60
- Magnetfeld 60
- Oberfläche 59

Meteoriten 131

Mimas 87,90

Miranda 93

Mond

- Änderung des Abstandes zur Erde 72
- Datierung des Mondgesteins 71-72
- Fritstehungstheorien 69
- Gravitationsanomalien 72
- »impact« Hypothese 56, 70
- Magnetisierung des Mondgesteins 38, 7:
- Mondgestein auf der Erde 72

Mondkalender 143, 156, 159

Mykene 126

N

Naturgeschichte

- katastrophischer Antrieb 12, 14

Nemesis 83

Nemontemi 167

Neptun

- Bahnbestimmung 94
- katastrophischer Ursprung der Satelliten 95
- Magnetfeld 38, 95
- Ringsystem 95

Nereid 95

Newtonsches Gravitationsgesetz 61, 93, 98, 103,113, 137

O

Oberon 93

Ökosystem 22

Olympische Spiele 184

## Planeten. Götter, Katastrophen

### P

- Palaeomagnetismus 38
- Panathenaien 186
- Pangaea 35
- Pentagramm 187
- Periodizität der Aussterbeereignisse 21,83,120
- Phaetonsage 130
- Phoebe 87
- Planetenbahnen 47
- Planetensysteme anderer Sterne 13
- Planetesimals 49, 56, 71, 80
- Plattentektonik 31, 65
  - Antriebsmechanismus 35
  - Datierung des Meeresbodens 38, 40
- Plejaden 166, 187
- Pluto
  - Bahnebene 98
  - chaotische Umlaufbahn 98
  - Entdeckungsgeschichte 96
- Polarstern 141
- Polis 126,133
- Python 183

### Q

- Quantenevolution 21

### R

- Ramessidische Pharaonen 140
- Regifugium 178
- Resonanzen zwischen Planetenbahnen 79, 93, 98, 108, 113
- Rhea 87, 90
- Ringsysteme 28
- Rochesche Grenze 85, 87
- Roter Riese 150

### s

- Sachmert 149
- Santorin 126

- Saturn 131
  - elektromagnetische Wechselwirkung 88
  - Entdeckungen 87
  - Ringrystem 87, 89
  - Satellitensystem 101
- Saturnalien 132
- Scablands 77
- »sea-floor-spreading« Modell 37
- Selbstorganisation 21, 105
- Saturnialesystem, babylonisches 156
- Sibyllinische Orakel 130
- Sintflut 131
  - Darwins Meinung über die 20
- Sirius 139, 147, 149
  - Sichtbarkeit am Tage 150
- Sonnenjahr 139, 143-144, 165
- Sonnenstillstand 127
- Sonnensystem
  - »accretion theory« 49
  - Alter 13, 99
  - »capture theory« 50
  - Entstehung 46, 60, 92, 99
  - »floccule theory« 50
  - Nebularhypothese 49, 92, 100
  - Stabilität 29
- Sonnenuhr 141
- Sonnenwind 55
- Sothis 149
  - heliakischer Aufgang 139, 147, 151
- Sothisdatierung 140, 147, 153,  
155, 184
- Sothisperiode 148, 151
- Stabilitätskriterien 80, 107
- Stabilitätstheorie 60, 80
- Stabilitätsuntersuchung 104, 106
- Sternentwicklung 150
- Sternuhren 140
- Störungstheorie 106

Stratigraphie, evidenzorientierte 173  
Supernova 16, 48

## T

Tektiten 72  
theistische Weltsicht 16  
Thetis 87, 90  
Titan 28, 87, 89-90  
    Explosion des 131  
Titius-Bode-Gaetz 61, 78  
Triton 95

## U

Uniformitarismus 21, 42, 110, 120  
»Unterbrechung des Weltenlaufs« im Pyramidenkult 150  
Uranus  
    Kollision mit einem Himmelskörper 92  
    Magnetfeld 38, 95  
    Ringsystem 92-93  
    Rotationsachse 92  
    Satellitensystem 92

## V

Velikovsky-Affäre 123  
Venus 123, 135, 141, 159, 169, 184  
    als Morgenstern 128, 130, 166  
    Atmosphäre 52, 90  
    atmosphärisches Kohlendioxid 52  
    atmosphärisches Schwefeldioxid 53  
    Bahnaufzeichnungen 154  
    Bahnbeobachtungen 136  
    Energiebilanz 53, 66  
    Nahbegegnung mit der Erde 123  
    Oberfläche 65  
    Oxidationsvorgänge in der Atmosphäre 67  
    Partikel in der Atmosphäre 64  
    Planetengottheit 128  
    Radioaktivität des Oberflächengesteins 55

## Planeten. Götter, Katastrophen

retrograde Eigenrotation 63  
Superrotation der Atmosphäre 53  
Temperatur 65  
Treibhauseffekt 66  
Verbleib des Wassers 56  
visuelle Merkmale 128  
Vulkanismus 34, 64

Venus-Tafeln des Ammizaduga 135,141

### W

Wasserruhr des Amenophis 111. 140

Weißer Zwerg 150

### Z

Zeitrechnung nach der Olympiadenzählung 126,184

Zerstörungsschichten, archäologische 126, 128-129, 170

Zodiakus 187

Zweikörperproblem 106