

# Dava Sobel *Die Planeten*



Mit einem aktuellen  
Nachwort »Pluto Ps.«  
zur Herabstufung von Pluto  
zu einem Zwergplaneten.



Dava Sobel  
**DIE PLANETEN**

Mit einem aktuellen Nachwort der Autorin

Aus dem Amerikanischen  
von Thorsten Schmidt



**BERLINER TASCHENBUCH VERLAG**

Mit Welten voller Liebe meinen großen Brüdern gewidmet:  
Michael V. Sobel,  
der unsere Katze Captain Marvel\* nannte,  
und Stephen Sobel,  
der sich im Raumfahrtcamp eine Koje mit mir teilte.

\* Kapitän Wunderbar (A. d. Ü.).

Nachts liege ich wach  
im unbarmherzig Ungesagten,  
und weiß, dass Planeten  
zum Leben erwachen, aufblühen  
und hinscheiden,  
wie Taglilien, die sich,  
eine nach der anderen,  
in allen Winkeln  
des Universums öffnen ...

DIANE ACKERMAN, »KOSMISCHES PASTORALE«,  
AUS: DIE PLANETEN

In der gesamten Geschichte der Menschheit wird es nur eine Generation geben, die als Erste das Sonnensystem erforscht, eine Generation, für die die Planeten in ihrer Jugend entfernte Lichtpunkte sind, die über den Nachthimmel ziehen, und für die, wenn sie älter geworden ist, die gleichen Planeten im Verlauf ihrer Erforschung zu neuen Welten werden, die man kennt und über die man Bescheid weiß wie über neuentdeckte Länder.

CARL SAGAN, NACHBARN IM KOSMOS. LEBEN UND LEBENSMÖGLICHKEITEN IM UNIVERSUM, MÜNCHEN 1975, S. 66.

# 1 MODELLWELTEN

Soweit ich mich entsinnen kann, begann mein Planetenkult, als ich acht Jahre alt und in der dritten Klasse war – genau zu der Zeit, als ich lernte, dass die Erde noch Geschwister im Weltraum hat, so wie ich ältere Brüder auf der High-School und im College hatte. Die Existenz benachbarter Welten war im Jahr 1955 eine gleichermaßen konkrete wie geheimnisvolle Offenbarung, denn obwohl alle Planeten einen Namen trugen und ihren festen Platz im Sonnensystem hatten, war nur wenig über sie bekannt. Wie Paris und Moskau, nur weit stärker, regten Pluto und Merkur die Fantasie eines Kindes zu überaus exotischen Spekulationen an.

Die wenigen gesicherten Fakten über die Planeten deuteten auf surreale, bizarre Eigenschaften hin, die von unerträglichen Temperaturextremen bis zur Zeitkrümmung reichten. Da beispielsweise Merkur die Sonne in nur 88 Tagen umläuft – gegenüber den 365 Tagen, die die Erde benötigt –, huscht ein Jahr auf dem Merkur also in kaum drei Erdmonaten vorüber, so ähnlich wie man bei einem »Hundejahr« sieben Lebensjahre eines Tieres in ein Lebensjahr des Hundebesitzers packt und damit die bedauerlich kurze Lebenserwartung dieser Haustiere erklärt.

Jeder Planet eröffnete sein eigenes Reich an Möglichkeiten, seine eigene Version der Wirklichkeit. Unter der permanenten Wolkendecke der Venus verbargen sich

angeblich üppige Sümpfe, und Ozeane aus Öl oder vielleicht auch Sodawasser überfluteten Regenwälder voll gelber und orangefarbener Pflanzenwelten. Und diese Annahmen stammten von seriösen Wissenschaftlern, nicht aus Comics oder Science-Fiction-Romanen.

Die grenzenlose Fremdheit der Planeten stand in scharfem Kontrast zu ihrer geringen Anzahl. Ihre Neunerzahl definierte sie als Gruppe. Gewöhnliche Dinge traten paaroder dutzendweise auf oder in Mengen, die auf eine Fünf oder Null endeten, die Planeten hingegen waren neun an der Zahl, lediglich neun. Und doch ließ sich die Neun, unfasslich wie der Weltraum selbst, an den Fingern abzählen. Im Unterschied zu den Namen der 48 Hauptstädte der kontinentalen US-Bundesstaaten oder zu wichtigen Daten aus der Geschichte New Yorks konnte man sich die Planeten an einem Abend einprägen. Jedes Kind, das sich die Namen der Planeten mit einer Eselsbrücke einprägte - »*Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unsere neun Planeten*« -, hatte damit gleichzeitig ihre Anordnung in der Reihenfolge ihrer Entfernung von der Sonne im Kopf: *Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, Pluto*.

Die überschaubare Zahl von Planeten machte diese gleichsam zu Sammelobjekten und regte mich dazu an, sie für die Wissenschaftsausstellung an unserer Schule zu einem Diorama zusammenzustellen. Ich sammelte Murmeln, Tennisbälle, Tischtennisbälle und die pinkfarbenen Gummi-Hüpfbälle, die wir Mädchen stundenlang auf dem Gehsteig springen ließen, bemalte sie mit Temperafarbe und hängte sie an Pfeifenputzern und Schnüren auf. Mein Modell (mehr ein Puppenhaus als ein wissenschaftliches Demonstrationsobjekt) vermittelte keineswegs einen wirklichkeitsgetreuen Eindruck von der relativen Größe der Planeten und den enormen Entfernungen zwischen ihnen. Eigentlich hätte ich für

Jupiter einen Basketball nehmen und damit verdeutlichen sollen, wie klein die anderen Planeten neben ihm waren, und ich hätte alles in einem riesigen, von einer Waschmaschine oder einem Kühlschrank stammenden Verpackungskarton installieren sollen, damit es den grandiosen Abmessungen des Sonnensystems näher entspricht.

Zum Glück zerstörte mein unausgefeiltes, mit einem völligen Mangel an Kunstfertigkeit erstelltes Diorama nicht meine wunderbaren Visionen von Saturn, der schwerelos in den sich um ihn drehenden, vollkommen symmetrischen Ringen schwebte, oder von den sich wandelnden Strukturmustern der Marslandschaft, die in den astronomischen Aufsätzen der 1950er Jahre auf jahreszeitlich bedingte Vegetationszyklen zurückgeführt wurden.

Nach der Wissenschaftsausstellung führte meine Klasse ein Planeten-Stück auf. Ich bekam die Rolle des »Einsamen Sterns«, weil dieser nach der Dramaturgie einen roten Umhang tragen sollte, und ich einen solchen besaß, der von einem Halloween-Kostüm übrig geblieben war. Als »Einsamer Stern« hielt ich einen Monolog über den Wunsch der Sonne nach Gesellschaft, den die Planeten-Schauspieler erfüllten, indem sie sich zu mir gesellten, wobei jeder seine Besonderheiten erläuterte. Am denkwürdigsten waren der Auftritt von »Saturn«, der während seines Vortrags zwei Hula-Hoop-Reifen kreisen ließ, und von »der Erde«, die, obschon mollig und schüchtern, sachlich-nüchtern verkünden musste: »Ich habe einen Taillenumfang von 38 000 Kilometern.« So prägte sich mir die Größe des Erdumfangs unauslöschlich ein. (Man beachte, dass wir damals immer »die Erde« sagten. »Die Erde« wurde erst zu »Erde«, als ich herangewachsen und der Mond von einem Nachtlicht zu einem Reiseziel geworden war.)

Meine Rolle als »Einsamer Stern« half mir, die Beziehung der Sonne zu den Planeten als die einer Mutter und Führerin richtig zu würdigen. Nicht umsonst nennt man unseren Teil des Universums, in welchem der Aufbau und die Beschaffenheit eines jeden Planeten weitgehend durch seine Entfernung zur Sonne bestimmt wird, »Sonnensystem«.

In meinem Diorama hatte ich die Sonne weggelassen, da ich ihre Macht verkannte; zudem wäre das Maßstabsproblem, das sie aufwirft, unlösbar gewesen.\* Ein weiterer Grund dafür, dass ich die Sonne und auch den Mond übergang, war die strahlende Vertrautheit beider Objekte, die sie gleichsam zu festen Bestandteilen der Erdatmosphäre machte, während man die Planeten nur gelegentlich und flüchtig zu Gesicht bekam (entweder vor dem Schlafengehen oder an einem noch dunklen, frühmorgendlichen Himmel) und diesen daher höhere Wertschätzung entgegenbrachte.

Bei unserer Klassenfahrt zum Hayden-Planetarium in New York sahen wir Stadtkinder einen idealisierten Nachthimmel, unverfälscht vom grellen Schein der Ampeln und Neonlichter. Wir beobachteten, wie die Planeten sich gegenseitig über die Himmelskugel jagten. Wir testeten die relative Stärke der Schwerkraft anhand speziell justierter Waagen, die anzeigten, wie viel man auf dem Jupiter wiegen würde (ein durchschnittlich großer Lehrer 180 Kilogramm und mehr) oder auf dem Mars (alle federleicht). Und wir bestaunten den fünfzehn Tonnen schweren Meteoriten, der aus heiterem Himmel im Willamette-Tal in Oregon niedergegangen war und der eine Bedrohung für das menschliche Leben darstellte, an die bis dato nur wenige von uns gedacht hatten.

Der Willamette-Meteorit (weiterhin Dauerexponat am heute so genannten *Rose Center for Earth and Space*) war angeblich, kaum zu glauben, der Eisen-Nickel-Kern eines

Urplaneten, der einstmals eine Umlaufbahn um die Sonne beschrieb. Diese Welt war vor mehreren Milliarden Jahren aus irgendeinem Grund zerborsten und hatte ihre Fragmente ins All geschleudert. Der Zufall hatte dieses Teilstück Richtung Erde gestoßen, wo es mit Riesengeschwindigkeit auf Oregon zuraste, durch die Reibungshitze weitgehend verglühte und mit der Sprengkraft einer Atombombe auf dem Talboden aufschlug. Als der Meteorit später äonenlang reglos dalag, fraß der saure Regen, der vom nordöstlichen Pazifik heraufzog, große Löcher in seinen verkohlten, verrosteten Rumpf.

Diese Urszene brachte erstmals mein naives Bild von den unschuldigen Planeten ins Wanken. Jener dunkle, bösartige Eindringling hatte sich im Weltraum zweifellos in der Gesellschaft von Herden weiterer streuender Gesteins- und Metallbrocken befunden, die jeden Augenblick auf die Erde einstürzen konnten. Mein Sonnensystem zu Hause, bis dahin ein Muster an uhrwerksgenauer Regelmäßigkeit, hatte sich in einen ungeordneten, gefährlichen Ort verwandelt.

Der Start des *Sputnik* im Jahr 1957 - ich war damals zehn Jahre alt - erschreckte mich zu Tode. Als Demonstration der militärischen Schlagkraft einer fremden, bedrohlichen Macht verlieh er den an allen Schulen praktizierten Luftschutzübungen, bei denen wir uns zu unserer vorgeblichen Sicherheit mit dem Rücken zum Fenster unter die Pulte duckten, einen neuen Sinn. Zweifellos hatten wir von bösen Mitmenschen noch immer mehr zu befürchten als von unberechenbaren Trümmern aus dem All.

Während meiner Jahre als Teenager und Twen, als Amerika den Traum des jungen Präsidenten von einer Rakete zum Mond wahr machte, hielten verborgene Flugkörper in unterirdischen Abschussilos kollektive Albträume wach. Doch zu dem Zeitpunkt, als die Apollo-Astronauten im Dezember 1972 ihren letzten Schwung

Mondsteine mitbrachten, waren friedliche Raumsonden als Hoffnungsträger auch auf Venus und Mars gelandet, und eine weitere, die US-amerikanische *Pioneer 10*, befand sich auf dem Weg zu einem Vorbeiflug an Jupiter. In den 1970er und 1980er Jahren verging kaum ein Jahr ohne eine unbemannte Exkursion zu einem anderen Planeten. Von Forschungsrobotern zur Erde gefunkte Bilder versahen die runden, leeren Gesichter der Planeten mit immer neuen Details. Auch bis dahin unbekannte Objekte kamen zum Vorschein, da die Raumfahrzeuge bei Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun buchstäblich auf Dutzende neuer Monde stießen, desgleichen auf Mehrfachringe um alle vier Planeten.

Obwohl Pluto unerforscht blieb, weil ein Erkundungsflug dorthin als zu weit und zu schwierig galt, entdeckte man im Zuge gründlicher Auswertungen von Fotografien, die mit Teleskopen auf der Erde gemacht worden waren, 1978 zufällig, dass der Planet unerwarteterweise einen Mond hatte. Wenn meine 1981 geborene Tochter versucht hätte, im Alter von acht Jahren selbst ein Diorama des berichtigten und erweiterten Sonnensystems zu erstellen, hätte sie mehrere Hand voll Geleebonbons und Haribos benötigt, um die vielen kürzlich erfolgten Ergänzungen getreulich abzubilden. Mein Sohn, drei Jahre jünger als sie, hätte sein Diorama womöglich auf unserem PC entworfen.

Obgleich die Anzahl der Objekte im Sonnensystem zugenommen hatte, blieben seine Planeten unverändert neun, zumindest bis 1992. In jenem Jahr wurde ein kleiner, dunkler, von Pluto unabhängiger Himmelskörper am Rand des Sonnensystems entdeckt. Als bald folgten ähnliche Entdeckungen, bis im Lauf des anschließenden Jahrzehnts die Zahl kleiner Ausleger auf insgesamt 700 stieg. Die Fülle an Kleinstwelten veranlasste so manchen Astronomen zu der Frage, ob man Pluto weiterhin als Planeten betrachten oder als größtes der »transneptunischen Objekte«

umklassifizieren sollte. (Das *Rose Center* hat Pluto bereits von der Liste der Planeten gestrichen.)

1995, nur zwei Jahre, nachdem man den ersten von Plutos zahlreichen Nachbarn entdeckt hatte, kam etwas sogar noch Bemerkenswerteres ans Licht, nämlich ein echter neuer Planet - eines anderen, sonnenähnlichen Sterns. Astronomen hatten seit langem vermutet, dass außer der Sonne noch andere Sterne Planetensysteme haben könnten, und nun war der erste Planet bei 51 Pegasi im Sternbild des Pegasus aufgetaucht. Binnen Monaten kamen weitere »Exoplaneten« - wie man die neu entdeckten Planeten außerhalb des Sonnensystems bald nannte - bei Sternen wie Ypsilon Andromedae, 70 Virginis b und PSR 1257+12 zum Vorschein. Seitdem wurden noch mindestens 120 weitere Exoplaneten identifiziert, und weitere Verbesserungen der Beobachtungsinstrumente verheißen in naher Zukunft noch viele mehr. Tatsächlich könnte allein in unserem Sternsystem, der Milchstraße (Galaxis), die Zahl der Planeten die der Sterne (100 Milliarden) noch weit übersteigen.

Mein altvertrautes Sonnensystem, das einst als einzigartig galt, ist jetzt nur mehr das erste bekannt gewordene Beispiel einer verbreiteten Gattung.

Da bislang noch keine Exoplaneten mit einem Teleskop direkt beobachtet werden konnten, bleibt es der Fantasie ihrer Entdecker überlassen, sich ihr Aussehen vorzustellen. Lediglich ihre Größe und ihre Bahnbewegung sind bekannt. Die meisten gehören zur gleichen Größenklasse wie der riesige Jupiter, da große Planeten leichter aufzuspüren sind als kleine. Tatsächlich leitet man die Existenz von Exoplaneten von ihrer Wirkung auf den Mutterstern ab: Entweder der Stern »taumelt«, sobald die Massenanziehungskraft unsichtbarer Gefährten auf ihn einwirkt, oder er verdunkelt sich in regelmäßigen Abständen, wenn seine Planeten vor ihm vorbeiziehen und

sein Leuchten trüben. Gewiss umlaufen auch kleine Exoplaneten, die etwa die Größe von Mars oder Merkur haben, ferne Sonnen, doch da sie zu klein sind, um einen Stern abzulenken, lassen sie sich aus der Ferne nicht aufspüren.

Planetologen verwenden die Bezeichnung »Jupiter« mittlerweile als Gattungsbegriff; demnach steht »Jupiter« für »jeden großen Exoplaneten«, und die Masse eines extrem großen Exoplaneten lässt sich auch mit »drei Jupiter(massen)« (oder vier) angeben. Entsprechend wurde »eine Erde« zum schwierigsten, aber auch begehrtesten Ziel heutiger Planetenjäger, die Mittel und Wege ersinnen, um die Galaxis nach winzigen, zerbrechlichen Kugelkörpern zu durchmustern, vorzugsweise in den Farbtönen Blau und Grün, die auf Wasser und Leben hindeuten.

Auch wenn uns zu Beginn des einundzwanzigsten Jahrhunderts anderweitige Alltagsorgen in Beschlag nehmen mögen, so gilt doch festzuhalten, dass die voranschreitende Entdeckung neuer Planetensysteme außerhalb des Sonnensystems unseren Augenblick in der Geschichte definiert. Unser Sonnensystem wird dadurch nicht etwa als eines unter vielen trivial und belanglos, sondern erweist sich als Modell für das Verständnis einer Vielzahl neuer Welten.

Mögen die Planeten ihre Geheimnisse auch der naturwissenschaftlichen Erforschung preisgeben und im Universum in vielfacher Ausfertigung vorkommen, so verliert ihr seit grauer Vorzeit andauernder Einfluss auf unser Leben dadurch doch nichts von seiner starken emotionalen Kraft, und alles, wofür die Planeten am irdischen Firmament je standen, wirkt in uns fort. Uralte Götter und auch Dämonen waren sie einst - und sind es noch -, Quellen inspirierenden Lichts, nächtliche Wanderer, der ferne Horizont heimatlicher Landschaft.

\* In seiner genialen Abhandlung »Das Tausend-Yard-Modell oder Die Erde als Pfefferkorn« konstruiert Guy Ottewell ein maßstabsgetreues Modell des Sonnensystems und benutzt dazu eine Bowlingkugel für die Sonne. Die Erde mit ihrem Durchmesser von fast 13 000 Kilometern, die hier die Größe eines Pfefferkorns hat, steht an angemessener Stelle knapp 24 Meter (!) von der Bowlingkugel entfernt.

## 2 GENESIS

»Im Anfang schuf Gott Himmel und Erde«, heißt es im Buch Genesis. »Und die Erde war wüst und leer, und es war finster aus der Tiefe; und der Geist Gottes schwebte über dem Wasser. Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es ward Licht.«

Gleich am ersten Schöpfungstag durchflutete die göttliche Energie den neu erschaffenen Himmel und die Erde mit Licht. So durchdrang die mächtige Güte des Lichts die Abende und Morgen, als die Meere sich vom trockenen Land schieden und die Erde Gras und Obstbäume hervorbrachte – noch ehe Gott am vierten Tag die Sonne, den Mond und die Sterne ans Himmelsgewölbe setzte.

Das kosmologische Schöpfungsszenario lässt das Universum ebenfalls in einem gewaltigen Energieausbruch aus einer zeitlosen, finsternen Leere hervorgehen. Vor etwa 13 Milliarden Jahren, so die Kosmologen, brach das heiße Licht des »Urknalls« hervor und schied sich sofort in Materie und Energie. In den folgenden drei Minuten des Abkühlens wurden alle Atomteilchen im Universum ausgefällt, und zwar im ungleichen Verhältnis von 75 Prozent Wasserstoff und 25 Prozent Helium plus winziger Spuren einiger weniger anderer Elemente. Als sich das Universum mit exponentieller Geschwindigkeit in alle Richtungen ausdehnte und weiter abkühlte, strahlte es für

mindestens eine Milliarde Jahre kein weiteres Licht aus, bis es die Sterne gebar und diese zu leuchten begannen.

Neue Sterne leuchteten auf, indem sie die Wasserstoffatome tief in ihrem Inneren so stark unter Druck setzten, dass diese schließlich, unter Freisetzung von Energie, zu Helium verschmolzen. Diese Energie strahlten die Sterne in Form von Licht und Wärme ab, während sich das Helium in ihrem Inneren anreicherte, bis es ebenfalls zu einem Brennstoff für Kernfusionsprozesse wurde und die Sterne Heliumatome zu Kohlenstoffatomen verschmolzen. In späteren Stadien ihres Lebenszyklus erzeugten die Sterne auch Stickstoff, Sauerstoff und sogar Eisen. Nachdem sie dann buchstäblich ausgebrannt waren, explodierten sie, wobei sie all die neuen Elemente in den Raum spien. Die größten und hellsten Sterne vermachten dem Weltall die schwersten Elemente, darunter Gold und Uran. So führten die Sterne das Schöpfungswerk weiter, indem sie eine breite Palette von Rohstoffen für künftige Verwendungszwecke hervorbrachten.

Während die Sterne den Himmel, der sie geboren hatte, bereicherten, gebar der Himmel neue Sternengenerationen, und diese Abkömmlinge besaßen genügend Material, um Nebenwelten zu formen, mit Salzmeeren und Schlammgruben, mit Bergen und Wüsten und Flüssen aus Gold.

Vor etwa fünf Milliarden Jahren entstand in einer spärlich besiedelten Region der Milchstraße unser Stern, die Sonne, aus einer riesigen Wolke kalten Wasserstoffs und alten interstellaren Staubs. Störungen, wie beispielsweise die Schockwelle einer nahen Sternexplosion, müssen in dieser Wolke widergehallt und ihren Kollaps beschleunigt haben: Weit verstreute Atome ballten sich unter Einwirkung der Massenanziehung zu Klümpchen zusammen, die sich ihrerseits immer rasanter aneinander lagerten. Die plötzliche Kontraktion der Wolke ließ deren

Temperatur ansteigen und versetzte sie in Rotation. Aus dem diffusen, kalten Schwaden war nun ein dichter, heißer, kugelförmiger »Proto-Sonnennebel« geworden, der kurz vor seiner Geburt als Stern stand.

Der Nebel flachte sich zu einer Scheibe mit einer zentralen Ausbuchtung ab, und hier, im Herzen der Scheibe, leuchtete die Sonne auf. In dem Moment, in dem die Sonne in dem mehrere Millionen Grad heißen Inferno ihres Kerns mit dem selbst verzehrenden Wasserstoffbrennen begann, brachte der nach außen gerichtete Energiedruck den Gravitationskollaps nach innen zum Stillstand. In den folgenden Jahrtausenden bildeten sich die übrigen Bestandteile des Sonnensystems aus dem rund um die Babysonne verbliebenen Gas und Staub.

Im Buch Genesis wird erzählt, wie der erste Mensch aus Erdstaub geformt und durch den Lebensodem beseelt wurde. Der allgegenwärtige Staub im frühen Sonnensystem - Kohlenstofftupfen, Silikonsprenkel, Ammoniakmoleküle, Eiskristalle - lagerte sich nach und nach zu »Planetesimalen« zusammen, kleinen meteorähnlichen Körpern, welche gleichsam die Kristallkeime oder Frühstadien der Planeten bildeten.

Selbst während ihres Wachstums aus eigener Kraft bewahrten die Planeten ihre Individualität, denn ein jeder reicherte die Stoffe in sich an, die gerade an seiner Position im Nebel vorhanden waren. An der heißesten Stelle nahe der Sonne formte sich Merkur aus größtenteils metallischem Staub, während Venus und Erde dort heranwuchsen, wo Steinstaub und Metalle in großer Menge vorhanden waren. Gleich hinter Mars bedienten sich Zehntausende felsiger »Planetesimale« aus den reichen Kohlenstoffvorkommen, doch es gelang ihnen nicht, zu einem größeren Planeten zusammenzuwachsen. Diese Haufen unvollendeter Welten, Asteroiden (Planetoiden)

genannt, durchstreifen noch immer die breite Zone zwischen Mars und Jupiter, und ihr Revier, der »Asteroidengürtel«, kennzeichnet die große Scheide des Sonnensystems: Auf der sonnennahen Seite des Asteroidengürtels liegen die erdartigen Planeten. Auf der sonnenabgewandten Seite wuchsen die eisigen Gasriesen heran.

Die Planetesimale in größerer Entfernung von der Sonne und bei demzufolge niedrigeren Temperaturen nahmen große Mengen gefrorenen Wassers und anderer wasserstoffhaltiger Verbindungen auf. Der erste dieser Urkörper, der beachtliche Ausmaße erreichte, zog dann reichlich Wasserstoffgas an und schloss es in seinem Schwerefeld ein; so entstand Jupiter, der Mammutplanet, dessen Masse doppelt so groß ist wie die aller anderen Planeten des Sonnensystems zusammengenommen. Auch Saturn blähte sich mit Hilfe von Gas auf. Noch weiter weg von der Sonne, wo der Staub sogar noch kälter und spärlicher war, dauerte die Entstehung der Planetesimale länger. Zu der Zeit, als Uranus und Neptun genügend Masse angesammelt hatten, um sich mit Wasserstoff aufzupolstern, hatte sich der Großteil dieses Gases bereits verflüchtigt. An jenem sonnenfernen Ort, an dem sich Pluto bildete, standen nur noch Gesteinstrümmer und Eisstücke zur Verfügung.

Während der Zeit, in der sich die Planeten bildeten, flogen kosmische Projektile wie Racheengel durch das junge Sonnensystem. Welten prallten zusammen. Eiskörper schlugen auf der Erde auf und setzten Ozeane voll Wasser frei. Riesige Felsbrocken ließen Feuer und Asche regnen. Bei einem solchen Kataklysmas vor viereinhalb Milliarden Jahren bohrte sich ein rasendes marsgroßes Objekt (etwa halb so groß wie die Erde) in die Erde. Durch den Aufprall wurde schmelzflüssiger Schutt in den erdnahen Weltraum geschleudert, wo er sich in Form einer Scheibe sammelte,

die eine Umlaufbahn um die Erde beschrieb, ehe sie sich abkühlte und als Mond verfestigte.

Kurz darauf, vor etwa vier Milliarden Jahren, endeten die »gewaltsamen« Anfänge des Sonnensystems mit einem abschließenden Ausbruch, der anschaulich als »das letzte schwere Bombardement« bezeichnet wird. In jener grauen Urzeit stürzten viele umherziehende Planetesimale in vorhandene Planeten, die sich diese sogleich einverleibten. Große Mengen anderer Kleinkörper wurden durch gravitative Wechselwirkungen mit den Riesenplaneten gewaltsam in ein fernes Niemandsland im äußeren Sonnensystem geschleudert.

Die junge Sonne beleuchtete die Planeten zunächst nur schwach, doch im Lauf der ersten zwei Milliarden Jahre ihres Daseins wurde sie dann in dem Maße, wie sich Helium in ihrem Kern anreicherte, allmählich immer heißer und strahlkräftiger. Gegenwärtig, in ihrem mittleren Lebensalter, nimmt die Leuchtkraft der Sonne weiterhin zu, während sie *jede Sekunde* 700 Millionen Tonnen Wasserstoff in Helium umwandelt. Trotz dieses gigantischen Verbrauchs gewährleisten die riesigen solaren Wasserstoffspeicher, dass die Sonne noch weitere drei bis fünf Milliarden Jahre zuverlässig Licht spenden wird. Doch in dem Maße, wie die Sonne schließlich auf Heliumbrennen umstellt, wird sie unvermeidlich so heiß werden, dass sie die Meere auf der Erde verdampfen lässt und das von ihr gestiftete Leben verglüht. Der für das Heliumbrennen erforderliche Temperaturanstieg um das Zehnfache wird dazu führen, dass die dann noch heißere Sonne rot wird und kräftig anschwillt, bis sie die Planeten Merkur und Venus verschlingt und die Erdoberfläche zum Schmelzen bringt. 100 Millionen Jahre später, wenn die Sonne noch mehr Helium zu Kohlenstoffasche abgebaut hat, wird sie ihre äußeren Schichten abstoßen. Ein größerer Stern könnte jetzt zum Kohlenstoffbrennen übergehen, doch

unsere Sonne, nach kosmischen Maßstäben ein ziemlich kleiner Stern, wird dies nicht können. Stattdessen wird sie als Glut schwelen und ein verblissendes Licht auf die verkohlten Schlacken werfen, auf denen Gott einst unter den Menschen wandelte. Diese düstere Zukunft liegt allerdings in so weiter Ferne, dass den Nachkommen von Adam und Noah reichlich Zeit bleibt, eine neue Heimstatt zu finden.

Die prächtige Sonne unserer Zeiten, Urmutter und Hauptenergiequelle der Planeten, birgt 99,9 Prozent der Masse des Sonnensystems. Auf alles andere - all die Planeten mit ihren Monden und Ringen und all die Asteroiden und Kometen - entfällt lediglich 0,1 Prozent. Dieses drastische Missverhältnis zwischen der Sonne und der Summe ihrer Begleiter definiert auch ihr Kräfteverhältnis, denn das allgemeine Gravitationsgesetz besagt, dass mehr Masse weniger Masse beherrschen soll. Die Massenanziehung der Sonne hält die Planeten auf ihren Umlaufbahnen und schreibt ihnen auch ihre Geschwindigkeit vor: Je näher sie der Sonne sind, desto schneller bewegen sie sich. Die Sonne ihrerseits beugt sich dem Willen der konzentrierten Sternmassen im Zentrum unserer Galaxie, der Milchstraße, und umläuft diese Massen alle 230 Millionen Jahre mitsamt ihren Planeten im Schlepptau.

Je nachdem, wie stark die Planeten die Anziehungskraft der Sonne (entsprechend ihrer Entfernung) verspüren, partizipieren sie an deren Licht und Wärme. Die Intensität der von der Sonne abgestrahlten Energie nimmt auf dem Weg durch den interplanetaren Raum ab. Daher glühen Teile des Merkurs bei 500 °C, während Uranus, Neptun und Pluto permanent tiefgefroren sind. Nur im milderen mittleren Abschnitt des Sonnensystems, bewohnbare Zone genannt, förderten die Gegebenheiten das Gedeihen »großer Walfische und allen Getiers, das da lebt und webt,

davon das Wasser wimmelt, ein jedes nach seiner Art, und aller gefiederten Vögel, einen jeden nach seiner Art, ... der Tiere des Feldes, ein jedes nach seiner Art, und das Vieh nach seiner Art und alles Gewürm des Erdbodens ...«.

Die Planeten revanchieren sich für das Sonnenlicht, indem sie die Sonnenstrahlen reflektieren, und daher scheinen sie zu leuchten, obwohl sie selbst kein Licht ausstrahlen. Die Sonne ist der einzige Licht spendende Körper im Sonnensystem, alle anderen scheinen in ihrem hellen Abglanz. Selbst der volle Mond, der so viele liebevolle Abende auf der Erde erhellt, verdankt sein silberfarbenes Licht den Sonnenstrahlen, die vom dunklen Mondboden zurückgeworfen werden. Vom Mond aus gesehen, leuchtet die Erde aus demselben Grund ebenso schön.

Das Spiel des Lichts, das die Venus - der sonnennahe und zugleich erdnächste Planet - zurückwirft, bewirkt, dass sie uns als der allerhellste Planet erscheint. Jupiter dagegen ist zwar viel größer, verblasst jedoch an unserem Nachthimmel, weil er viele Millionen Kilometer weiter entfernt liegt. Die noch sonnenferneren Welten Uranus und Neptun fangen trotz ihrer enormen Größe so wenig reflektierbares Licht ein, dass Uranus nur gelegentlich als winziger Lichtpunkt mit bloßem Auge wahrgenommen werden kann, Neptun gar nie.

Obgleich man auch Pluto nicht mit bloßem Auge sehen kann, werden manchmal andere Objekte am Rand des Sonnensystems plötzlich sichtbar. Bei einer Störung durch einen zufällig vorüberziehenden Himmelskörper kann ein Eisbrocken, der aus den Tiefen des Pluto herausgerissen und Richtung Sonne geschleudert wird, von einem trägen Klumpen in einen spektakulären *Kometen* verwandelt werden. Der gefrorene Körper aalt sich in der Sonne, erwärmt sich und zieht einen Schweif abströmender Gase und Eisstaubs hinter sich her, der im Sonnenlicht funkelt. Der Glanz schwindet und vergeht aber, sobald der Komet

die Sonne umrundet hat und wieder ins äußere Sonnensystem zurückkehrt.\*

Die Besuche von Kometen, lange als Zeichen und Wunder gedeutet, haben uns vor kurzem einen Eindruck vom wahren Ausmaß des Sonnenreichs vermittelt. Astronomen, die die sichtbaren Abschnitte der Kometenbahnen beobachteten und den Rest extrapolierten, konnten dadurch zeigen, dass zahlreiche Kometen von weit jenseits des Pluto auf Reisen gehen, von einem zweiten Kometenreservoir, das mehrere hundert Mal weiter von der Sonne entfernt ist. Trotz ihrer unvorstellbaren Entfernung gehören auch diese Körper noch zum Sonnenreich, unterliegen der Massenanziehung der Sonne und schimmern, wenn auch ganz schwach, in ihrem Licht.

Das Sonnenlicht, das mit der unvorstellbaren Geschwindigkeit von fast 300 000 Kilometern pro Sekunde durch den Raum schießt, braucht Äonen, um aus dem dichten, massereichen Inneren der Sonne hervorzubrechen. In der Nähe des Sonnenkerns, wo der zermalmende Druck der Materie das Licht wiederholt absorbiert und am Fliehen hindert, kommt das Licht nur wenige Kilometer pro Jahr voran. So ist das Licht vielleicht eine Million Jahre zur Konvektionszone der Sonne unterwegs, in der es auf Wirbeln aufsteigenden Gases eine schnelle Mitfahrgelegenheit zur Oberfläche wahrnimmt. Sobald diese Wirbel ihre Lichtfracht freigeben, sinken sie zurück ins Innere, um später mit neuer Fracht wieder aufzusteigen.

Die Licht abstrahlende, sichtbare Oberfläche der Sonne – die Photosphäre – brodelt wie ein Hexenkessel, der vor Energie überkocht. Gasblasen, die unter Freisetzung von Licht zerbersten, verleihen der Photosphäre einen körnigen Teint, hie und da gesprenkelt von paarweise auftretenden, unregelmäßig geformten dunklen Sonnenflecken mit schwarzen Zentren und grau schattierten Penumbren.

Sonnenflecken kennzeichnen Zonen intensiver magnetischer Aktivität auf der Sonne, und ihre Dunkelheit kündigt von ihrer relativen Kälte von etwa 4000 °K, im Vergleich zu den annähernd 6000 °K heißen umliegenden Zonen.\*\* Die Sonnenaktivität steigt und fällt in Zyklen von durchschnittlich elf Jahren, und Sonnenflecken verschmelzen, bilden und vermehren sich im gleichen Rhythmus. Ihre Anzahl und ihre Verteilung schwanken gleichsam zwischen Hungersnot und Überfluss, von gar keinen Flecken bei einem »Sonnenminimum« oder nur wenigen Flecken, die die hohen Breitengrade der Sonne sprenkeln, bis hin zu einem »Sonnenmaximum« fünf bis sechs Jahre später, wenn Hunderte von Sonnenflecken sich in der Nähe des Äquators drängen. Obwohl Sonnenflecken sich scheinbar wie Wolken in der Photosphäre zusammenballen und dahinjagen, werden sie in Wirklichkeit von der Rotation der Sonne in Bewegung versetzt.

Die Sonne dreht sich etwa im Verlauf eines Monats ein Mal um ihre Achse und setzt dabei die Drehbewegung fort, aus der sie hervorging. Da die Sonne eine riesige Gaskugel ist, dreht sie sich vielschichtig, wobei die einzelnen Schichten unterschiedlich schnell rotieren. Das Sonnenzentrum und seine unmittelbare Umgebung drehen sich als fester Körper mit einer bestimmten Geschwindigkeit. Die darüber liegende Zone dreht sich schneller, und noch weiter darüber wirbelt die sichtbare Photosphäre in mehreren unterschiedlichen Geschwindigkeiten, wobei sie am Sonnenäquator schneller ist als an den Polen. Diese mannigfaltigen Strömungsmuster wühlen die Sonne gewaltig auf, und die Folgen davon sind überall im Sonnensystem deutlich zu spüren.

Der »Sonnenwind«, eine heiße Abströmung geladener Teilchen, bläst aus der aufgepeitschten Sonne und belegt