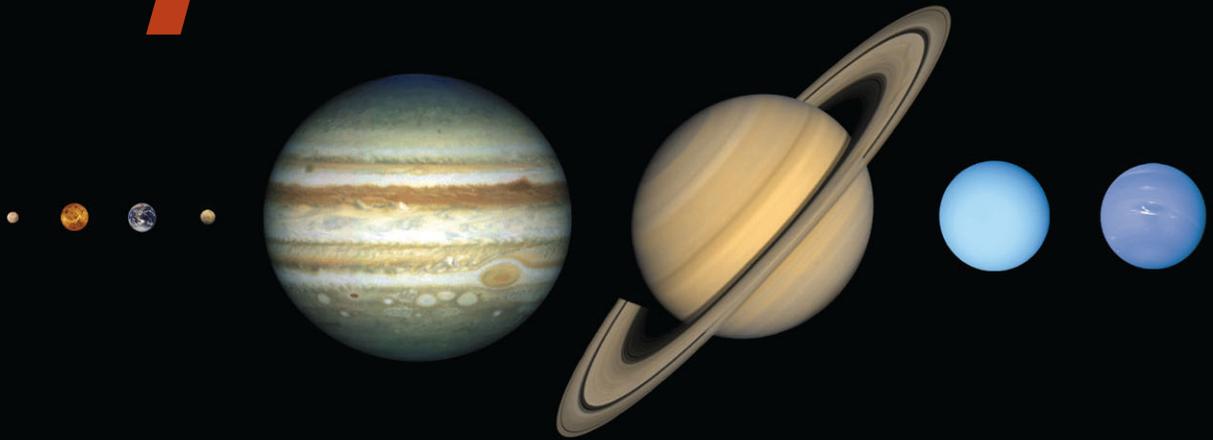


Das Sonnensystem



Unsere kosmische Heimat bietet Platz für:

- **einen Stern, acht Planeten, fünf Zwergplaneten,**
- **Tausende von Asteroiden und Kometen,**
- **Staub, Plasma und Magnetfelder**
und eine Spezies von Beobachtern – uns.

2

Ob wir es nun nach seinem Zentrum *Sonnensystem* oder nach seinen beweglichen Inhalten *Planetensystem* nennen, die grundsätzliche Struktur ändert sich nicht: ein Stern – unsere *Sonne* – steht im Zentrum; darum herum, nach einem *System* verteilt, finden sich weitere Himmelskörper.

Wenn man hier von einem „System“ spricht, dann meint man damit („in erster Näherung“, wie es üblicherweise heißt) die Gesetze der klassischen Mechanik, namentlich das Newtonsche Gravitationsgesetz und die (im Endeffekt daraus resultierenden) Keplerschen Bewegungsgesetze für Himmelskörper. So weit so gut. Die krei-

senden Himmelskörper jedoch müssen wir noch genauer unter die Lupe – oder besser: in den Fokus unserer Teleskope – nehmen. Fangen wir also gleich mit der Kernfrage an, die auch klärt, wie unser Buch aufgebaut ist:

Was ist eigentlich ein Planet?

Von der Bedeutung des Wortes *asteres planetai* („wandernde Sterne“) her ist ein Planet ein Himmelskörper, der sich vor dem Hintergrund des Fixsternhimmels bewegt: ein **Wanderer am Himmel** – womit bis zur Zeit der teleskopischen Beobachtungen die sieben Himmelserscheinungen Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn bezeichnet wurden. Die anderen Objekte am Himmel waren entweder besagte Fixsterne (fix = fest) oder zeitweilige Erscheinungen wie „neue Sterne“ (heute erklärt als Supernovas – korrekt eigentlich „Supernovae“), Kometen, Meteore, Nordlichter und Blitze. Dazu kamen in der antiken griechischen Systematik noch elf „Kreise“ am Himmel, zu denen die auch nach heutiger Systematik bekannten Kreise Meridian, Äquator, Ekliptik und Milchstraße zählten.

Diese Anzahl von Wanderern und Kreisen änderte sich erst mit den ersten Blicken durch die frühen Teleskope im 17. Jahrhundert. Die Entdeckung „neuer“ Planeten, der Monde der bekannten Wandelsterne,• und die Sichtung von Kometen füllte schnell den Himmel mit wandernden Objekten und machte es – spätestens im 19. Jahrhundert – nötig, eine Definition der Objekte aufgrund der physischen Eigenschaften und nicht nur der Position am Firmament festzulegen.

Die ersten Asteroiden wurden daher auch noch als Planeten klassifiziert und erst später wieder „degradiert“, als man ihren deutlichen Größenunterschied zu den „echten“ Planeten feststellte und es eine regelrechte „Planeten-schwemme“ gab.

Dieser Prozess sollte sich etwa 150 Jahre später wie-

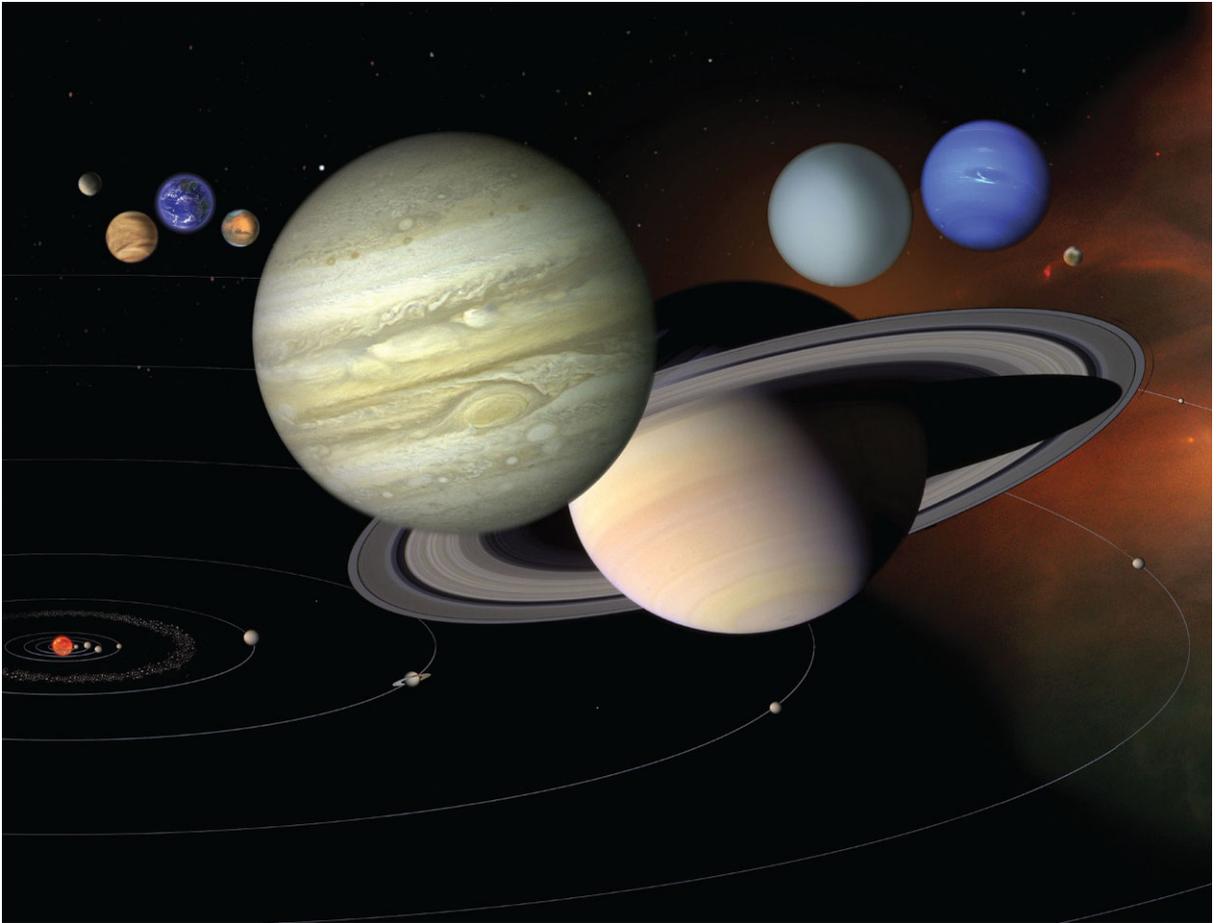
Eine Anmerkung vorneweg: In diesem Band präsentieren wir Ihnen – im astronomischen Teil – jede Menge Daten und Zahlen zu den Planeten, Monden und Kleinkörpern des Sonnensystems. Zwar stammen die meisten dieser Daten aus Originalquellen oder den Veröffentlichungen der internationalen Raumfahrtagenturen (auch wenn wir diese nur summarisch nennen und keine Einzelnachweise angeben). Wie es im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess jedoch üblich ist, stellen diese beobachteten oder errechneten Fakten nur Momentaufnahmen dar, die sowohl die neuesten Daten einer bestimmten Veröffentlichung als auch eine Mittelwertbildung aus Zahlen der letzten Jahre sein können.

Wundern Sie sich also nicht, wenn Sie eine Zahl lesen, die nicht mit Ihren Vorkenntnissen übereinstimmt – im Großen und Ganzen haben sich die Werte in den letzten Jahren nicht verändert, und wenn, sind sie genauer geworden. Lassen Sie sich also nicht in einen Streit darüber verwickeln, ob Pluto oder Eris größer sind – die wird sich erst entscheiden, wenn wir eine Sonde in Eris Nähe gebracht haben ...

Foto vorhergehende Doppelseite: Die Planeten des Sonnensystems in einer Reihe. (NASA)

•) Die „Galileischen Monde“ Jupiters Io, Ganymed, Callisto und Europa (1610), die Saturnmonde Titan (1655), Iapetus, Rhea, Thetys, Dione (1671–1686), der Planet Uranus (1781), die Uranusmonde Titania, Oberon, Enceladus, Mimas (1787–1789), der Asteroid Ceres (1801), die Asteroiden Pallas, Juno, Vesta, Astraea (1801–1845), Neptun und Neptunmond Triton (1846)





Die Planeten und ihre Abstände von der Sonne.

derholen: 1930 war Pluto als entferntestes Objekt im Sonnensystem entdeckt und schnell als Planet klassifiziert worden. Aber über die folgenden Jahrzehnte schrumpften seine zuerst hoffnungsvoll als erdgroß angenommenen Maße immer weiter zusammen, und selbst sein großer Mond Charon und weitere kleine Monde konnten ihn nicht retten, insbesondere als immer mehr „Transneptu-

nische Objekte“ entdeckt wurden, unter denen im Jahr 2005 auch Eris war. Dieser Körper war der Erste und ist bislang der Einzige, der größer als Pluto war. • Nachdem sich die astronomische Gemeinschaft im 19. Jahrhundert um eine Definition gedrückt hatte, wurde es nun Zeit: Dutzende neuer Planeten klopfen an die Tore des Sonnensystems.



•) Mike Brown: *Wie ich Pluto zur Strecke brachte. Und warum er es nicht anders verdient hat.* (Heidelberg, Springer, 2012)

Abbildung oben: Die Verhältnisse der Abstände bei den dargestellten Planetenbahnen sind korrekt, ebenso die Größenverhältnisse der Planeten untereinander. Es fehlen die **Zwergplaneten Ceres** (im Asteroidengürtel), Eris, Makemake und Haumea (zu geneigte Bahnen) (künstlerische Darstellung, NASA/JPL)

Die Definition der Internationalen Astronomischen Union (IAU) aus dem Jahre 2006 erfordert für einen **Planeten**, dass dieser

- (1) die Sonne umkreist, also nicht Satellit eines anderen Planeten ist,
- (2) genügend schwer ist, damit er durch seine Eigengravitation ein „hydrostatisches Gleichgewicht“ erreicht hat (also annähernd kugelförmig bzw. ein Rotationsellipsoid ist)•, und
- (3) auf seiner Umlaufbahn durch seine Schwerkraft so vorherrschend ist, dass er die Umgebung seiner Bahn freigeräumt hat (*cleared the neighbourhood around its orbit*), also über eine deutlich größere Masse als die Summe aller anderen Objekte auf seiner Umlaufbahn verfügt.

(Dazu kommt natürlich noch, dass der fragliche Himmelskörper selbst kein Stern sein darf, das heißt, dass er keine Energie aus Kernfusion erzeugt und abstrahlt – in relevantem Rahmen natürlich – selbst wenn auf der Erde „in 50 Jahren“ selbsterhaltende und energieliefernde Kernfusion technisch eingesetzt wird, dürfte die Erde nicht ihren Planetenstatus verlieren.)

Himmelskörper, die in unserem Sonnensystem diese drei Punkte erfüllen, sind nach heutigem Stand: *Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus* und *Neptun*. Punkt. Vielleicht kommt in den nächsten Jahren noch ein Körper in den äußeren Bereichen des Kuipergürtels oder gar der Oortschen Wolke dazu, aber die Chancen für einen echten Planeten dort draußen werden nach neuesten Beobachtungen (z. B. des Infrarotsatelliten WISE) immer geringer.

Die Planeten werden nach ihrer Zusammensetzung noch in „terrestrische“ (erdähnliche) Gesteins- und jupiterähnliche Gasplaneten unterschieden, wobei sich in den letzten Jahren eingebürgert hat, auch noch zwischen Jupiter und Saturn (den sogenannten „Gasriesen“) auf

der einen und Uranus und Neptun („Eisriesen“) auf der anderen Seite zu unterscheiden.

Das zweite und dritte der oben genannten Kriterien sind nicht so einfach zu bestimmen, wie es aus den Formulierungen den Anschein hat, und so gibt es immer wieder Versuche, diese Definition anzufechten – vor allem, um Pluto seinen 2006 verlorenen Planetenstatus zurückzugeben. Bei einem **Zwergplaneten** (*dwarf planet*) ist die dritte der oben genannten Bedingungen nicht erfüllt. Er kreist also nicht alleine in seinem Orbit, sondern ist üblicherweise Teil einer Gruppe oder einer der beiden „Gürtel“ des Sonnensystems.

Aktuell (2013) zählen *Ceres* im Asteroidengürtel sowie die Transneptunischen Objekte (TNO) *Pluto, Haumea, Makemake* und *Eris* zu den Zwergplaneten. Bei einigen weiteren Himmelskörpern, darunter den TNOs *Orcus, Salacia, Quaoar* und *Sedna* sowie den bislang unbenannten *2002 MS₄* und *2007 OR₁₀* scheint nach Auffassung des Eris-Entdeckers Mike Brown eine entsprechende Einstufung zwingend. Und die Ergebnisse der *Dawn*-Mission rücken auch den Asteroiden *Vesta* (siehe [Seite 168](#)) in die Riege der Zwergplaneten-Kandidaten.

Kleinkörper (*small solar system bodies* nach der Definition der IAU von 2006) sind Asteroiden, Kometen und Meteoroiden, die die Sonne umkreisen und keine Planeten oder Zwergplaneten sind, aber auch keine Satelliten eines Planeten oder Zwergplaneten. Die meisten Kleinkörper finden sich in den beiden Asteroidengürteln (und der hypothetischen Oortschen Wolke). Bei der Benennung neu entdeckter Kleinkörper wird aus historischer Gewohnheit nach Kleinplaneten (*minor planets*; in diese Gruppe fallen typische Asteroiden/Planetoiden und Transneptunische Objekte) und Kometen unterschieden, wobei die Übergänge jedoch fließend sind, sowohl was Zusammensetzung als auch ihre Bahnen angeht. Die Zahl der Kleinkörper im Sonnensystem geht, selbst wenn man nur die mit einem Kilometer Mindestdurchmesser dazu zählt, in die Hunderttausende.

• Es gibt – abhängig von der Rotation des Himmelskörpers – einige weniger kugelnaher Formen von Rotationsellipsoiden, die ein solches Gleichgewicht aus Innendruck und Schwerkraft erlauben



Meteoroiden sind Kleinkörper im Sonnensystem, die kleiner sind als Asteroiden, meist kleiner als etwa 10 Meter, aber auch hinunter bis zu kleinsten Körnchen und Flocken – von denen immerhin pro Tag zwischen 1 000 und 10 000 Tonnen in die Erdatmosphäre gelangen. Dringt der Körper in die Erdatmosphäre ein und erzeugt eine Leuchterscheinung, handelt es sich um einen **Meteor**. Diese werden je nach Helligkeit in *Feuerkugeln* bzw. *Boliden* und *Sternschnuppen* unterschieden; üblicherweise muss ein Meteor mindestens 10 Millimeter durchmessen bzw. 2 Gramm oder mehr wiegen, um eine Feuerkugel zu erzeugen. Ein Gesteinsbrocken, der den Flug durch die Atmosphäre übersteht, ohne vollständig zu verglühen, und der die Erdoberfläche erreicht, wird **Meteorit** genannt. •

Zu diesen Körpern kommen noch die schon erwähnten **Satelliten** der Planeten, Zwergplaneten und einiger Kleinkörper – insgesamt mehrere Hundert, allesamt sogenannte „Monde“ –, die sich eben dadurch auszeichnen, dass sie nicht um die Sonne, sondern um einen anderen Himmelskörper kreisen. Die Größen der Monde reichen dabei von „würden ignoriert, befänden sie sich nicht im Orbit um einen Planeten“ (die *Moonlets* in den Saturnringen) bis hin zu „könnten aus eigener Kraft echte Planeten sein“ (Ganymed und Titan sind jeweils größer als Merkur).

Noch einmal zum System: Keplersche Gesetze und Planetenbahnen

Vier fundamentale Kräfte sorgen für die Wechselwirkungen zwischen der Materie des Universums, und während die *Starke* und *Schwache Kernkraft* zwar für die Prozesse in Sternen relevant sind, interessieren uns auf der Ebene der Planeten die anderen beiden Kräfte: die *elektromagnetische Wechselwirkung* – Licht, Radiostrahlung und



Nicht nur auf der Erde vorkommend: Meteorit auf dem Mars.

Magnetfelder –, vor allem aber die *Gravitation*, die bestimmende Kraft über große Entfernungen. Diese Kraft ist das bewegende Element der *Himmelsmechanik*, einer Unterabteilung der Klassischen Mechanik, die sich in erster Linie mit der Schwerkraft-Wechselwirkung mehrerer Körper untereinander und den daraus resultierenden Bewegungen beschäftigt.

Das von Isaac Newton formulierte **Gravitationsgesetz** besagt, dass die Anziehungskraft zwischen zwei Körpern ihren jeweiligen Massen proportional und dem Quadrat ihres Abstands umgekehrt proportional ist. •• Mit den anderen Newtonschen Gesetzen „Aktion gleich Reaktion“ und „Kraft ist Masse mal Beschleunigung“ haben wir eigentlich bereits die Grundlagen der Himmelsmechanik beisammen, zumindest in dem Rahmen, den die Astronomen – meist auch Mathematiker – des 18. und 19. Jahrhunderts zur Berechnung der Planetenbahnen zur Verfügung hatten. (Zugegeben, es ergibt sich schnell eine komplexe Mathematik, die häufig nur Lösungen für Spezialfälle erlaubt, aber die Grundlagen sind kaum mehr als „Newton und einige Erhaltungssätze“.)

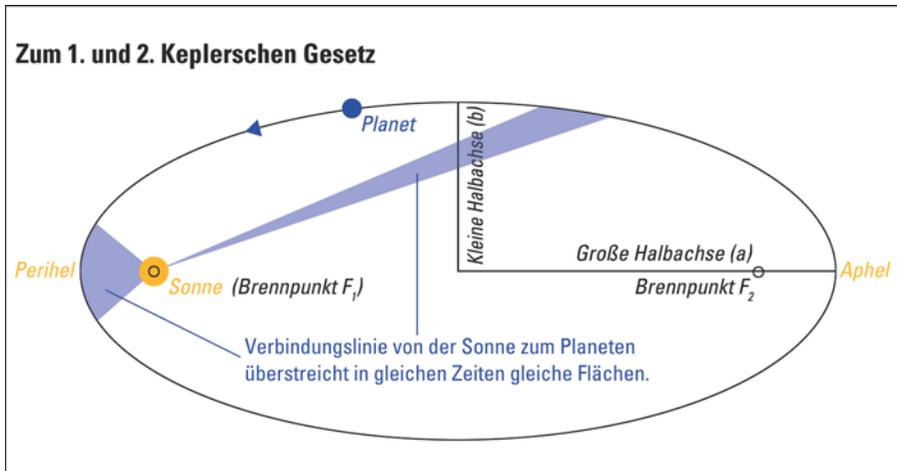
Eine der Lösungen für die Bahnberechnungen wurde jedoch schon mehr als ein halbes Jahrhundert vor New-



Abbildung oben: Ein im Jahr 2005 vom Marsrover *Opportunity* gefundener, etwa basketballgroßer Brocken aus Eisen und Nickel. (NASA/JPL/Cornell)

•) Ein Video der *B612 Foundation* zeigt die großen Meteore des letzten Jahrzehnts: <https://www.youtube.com/watch?v=66mHHaWtlt0>

••) $F = Gm_1m_2/r^2$ mit G als der sogenannten Gravitationskonstante, einer universellen Größe.



heißt, dass sich ein Planet in der Nähe seines sonnennächsten Punkts, seines *Perihels*, schneller auf seiner Bahn bewegt als in der Nähe seines *Aphels*, des sonnenfernsten Punkts.

● **Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten stehen zueinander im selben Verhältnis wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen ihrer Bahnen.**

Die drei Gesetze gelten zwar mathematisch

tons *Principia* gefunden: Auf der Basis von Tycho Brahes (für die damalige Zeit extrem genauen) Beobachtungen der Marsbahn entwickelte Johannes Kepler 1609/19 die folgenden drei Gesetze (die dann von Newton und Leibniz formell bestätigt wurden):

● **Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen, in deren einem gemeinsamen Brennpunkt die Sonne steht.** Diese Ellipsen sind durch ihre *Großen Halbachsen* (quasi eine „mittlere Entfernung“ des Planeten von der Sonne) und durch ihre *Exzentrizitäten* (ein Maß für die „Streckung“ der Ellipse) charakterisiert.

Die meisten Himmelskörper kreisen dabei auf Bahnen, die nur wenige Grad gegen die Erdbahn (bzw. gegen eine definierte „Normalebene“) geneigt sind – die Neigung der Bahnebene gegen die Erdbahnebene nennt man die *Inklination* – und üblicherweise sind ihre Orbits *prograd*, d. h. von einem Punkt oberhalb des Sonnennordpols aus betrachtet „gegen den Uhrzeigersinn“. (Himmelskörper, die im Uhrzeigersinn kreisen, werden *retrograd* kreisend genannt.)

● **Die Verbindungslinie zwischen Sonne und Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.** Das

exakt nur unter bestimmten idealisierten Randbedingungen – die Körper werden als Massenpunkte angenommen, relativistische Effekte werden genauso ignoriert wie nichtgravitative Effekte, vor allem aber üben die Planeten aufeinander keine Kräfte aus –, sind aber erstaunlich gute Näherungen für die Verhältnisse im Sonnensystem.

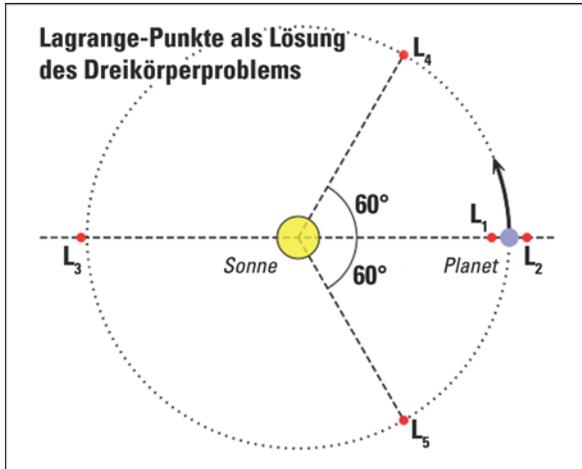
Geht man über das Zweikörperproblem hinaus zur Dynamik mehrerer, sich gegenseitig beeinflussender Himmelskörper, bedarf man der „Störungsrechnung“, mit der aus beobachteten Abweichungen von der Ellipsenbahn auf den Einfluss unbekannter Planeten und deren Bahnen geschlossen werden konnte – nach der Entdeckung Neptuns im Jahre 1846 die „In“-Methode, um nach neuen Planeten zu suchen.

Andere spezielle Lösungen des Dreikörperproblems führten zur Formulierung der sogenannten *Lagrange-Punkte*, an denen sich die Gravitationskräfte zweier Körper auf einen dritten aufheben, wenn Letzterer vernachlässigbare Masse besitzt. Dass diese Punkte auch außerhalb der reinen Mathematik von Bedeutung sind, sieht man an den Himmelskörpern, die sich an den Lagrange-Punkten 4 und 5 eines Systems aufhalten: die sogenannten Trojaner.

Abbildung oben: Zu den beiden ersten Keplerschen Gesetzen. Die Halbachsen der Ellipse sind die Werte a und b der folgenden Anmerkung.

● Die astronomische Exzentrizität einer Bahn ist im mathematischen Sinne die sogenannte numerische Exzentrizität. $e = \sqrt{1 +/-(b/a)^2}$ Eine exakte Kreisbahn hat eine e von 0, Ellipsen eine zwischen 0 und 1, eine (offene) Parabel einen Wert von 1 und eine Hyperbel einen Wert von größer als 1.





Schwerkrafteinflusses, das Abbremsen zum Eintritt in das Schwerefeld des Zielplaneten, die Geschwindigkeitsänderung zwischen den Bahngeschwindigkeiten der Planeten sowie für Richtungsänderungen (Geschwindigkeit ist ja eine Vektorgröße) nötig ist. Diese Summe dieser Geschwindigkeitsänderungen nennt man „Delta-v“, und sie korrespondiert mit der benötigten Energie für diesen Flug.

Sie sind jedoch nicht an diesen Punkten „fixiert“, sondern umkreisen diese, teilweise auf sehr ausgedehnten Orbits, jedoch mit der gleichen Umlaufzeit um den Zentralkörper – die Sonne – wie der Planet, zu dem sie gehören. (Andere Objekte, die die gleiche Umlaufzeit benötigen und ähnliche Bahneigenschaften aufweisen, sogenannte koorbitale Objekte, kreisen auf sogenannten *Hufeisenorbits*, d. h., mal nähern sie sich dem Planeten, mal entfernen sie sich von ihm, und in einem mit dem Planeten bewegten Bezugssystem erscheint ihre Bahn wie ein Hufeisen geformt.)

Unterwegs zu den Planeten

Die Gesetze der Himmelsmechanik sind aber nicht nur für die Erklärung der Bahnen der natürlichen Himmelskörper von Nutzen, sondern auch für die Bahnberechnung von Raumsonden auf ihren Reisen zum Mond oder zu den äußeren und inneren Planeten.

Eine wichtige Frage hierbei ist, welche Gesamt-Geschwindigkeitsänderung für das Startmanöver, das Beschleunigen, den Eintritt in den Orbit, das Verlassen des



Start der Raumsonde *Cassini-Huygens*.



Abbildung links: Lagrange- oder Librationspunkte eines Systems aus zwei schweren (Sonne und Planet) und einem deutlich leichteren Körper; die Umgebungen von L_4 und L_5 sind die Orte, an denen sich „Trojaner“ aufhalten.

Abbildung rechts: An Bord einer Titan IVB mit Centaur-Oberstufe am 15.10.1997 (NASA)

Man kann die benötigte Energie auf speziellen Bahnen (z. B. den „Hohmann-Ellipsen“) niedrig halten, was dann jedoch in längeren Flugzeiten resultiert,• oder man kann enge Vorbeiflüge an anderen Planeten für „*Swing-by*-Manöver“ nutzen, bei denen man gleichsam einen minimalen Anteil der Bahnenergie des schwinggebenden Planeten auf die Sonde überträgt und dieser dadurch zusätzliche Geschwindigkeit verleiht. (Was bedeutet, dass sie weniger Treibstoff mitführen muss und stattdessen das eingesparte Gewicht für Messgeräte und Kameras nutzen kann.) Alle diese Bahnarten erfordern jedoch minutiöse Vorplanung und bestimmte Stellungen der Planeten zueinander, weswegen für die Raketenstarts auch immer bestimmte Termine – die „Startfenster“ – nötig sind. Verzögern technische Probleme oder schlechtes Wetter einen Start, kann es also sein, dass eine Mission für einen längeren Zeitraum „eingemottet“ werden muss, bis sich erneut eine Startmöglichkeit ergibt.

Nichtsdestotrotz hat die Menschheit bereits mehrere Dutzend Sonden zum Erdmond und zu den Planeten geschickt, und dem Erfolg dieser Missionen verdanken wir das Wissen um unsere kosmische Nachbarschaft und fast alle der eindrucksvollen Bilder in diesem Buch.

Der Blick aufs Ganze: das Sonnensystem im Überblick

Wenn wir die (momentan ohnehin noch hypothetische) Oortsche Wolke außer Acht lassen, hat das Sonnensystem einen Durchmesser von etwa 50 „Astronomischen Einheiten“ (*astronomical units* oder AU), wobei eine AU schlicht den Abstand zwischen Erde und Sonne bezeichnet: etwa 150 Millionen Kilometer oder achteinhalb Lichtminuten. Fünffzigmal so weit wie dieser Abstand also reicht das gesamte Sonnensystem; die Einflussphäre

Planeten und Zwergplaneten des Sonnensystems

Name	Entfernung (x 10 ⁶ km)	Bahnneigung (Grad)	Exzentrizität	Umlaufzeit (Tage)	Durchmesser (mittlerer, km)	Masse (Erdmassen)	Entdeckung (Jahr)
Merkur	57,9	7,0	0,205	88	4879	0,055	Antike
Venus	108,2	3,4	0,007	225	12 104	0,815	Antike
Erde	149,6	0	0,017	365	12 742	1	—
Mars	227,9	1,9	0,093	687	6 780	0,107	Antike
Ceres	413,9	10,6	0,076	1 681	952	0,00015	1801
Jupiter	778,5	1,3	0,049	4 333	139 822	317,8	Antike
Saturn	1 433	2,5	0,056	10 759	116 464	95,1	Antike
Uranus	2 877	0,8	0,044	30 799	50 724	14,5	1781
Neptun	4 503	1,8	0,011	60 190	49 244	17,1	1846
Pluto	5 874	17,2	0,248	90 465	2 322	0,002	1930
Haumea	6 452	28,2	0,195	103 468	~1 300	0,00066	2004
Makemake	6 850	29,0	0,159	113 183	1 430	?	2005
Eris	10 166	43,9	0,437	204 624	2 326	0,0028	2005

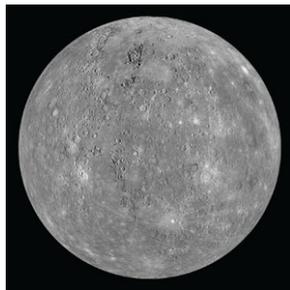
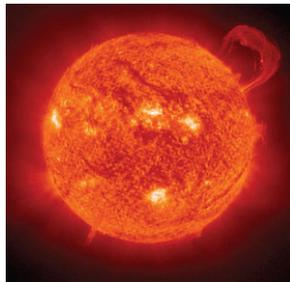
•) Eine Ausnutzung solcher Bahnen mit niedrigem Δv und speziell der Lagrange Punkte, an denen man mit einem minimalen Energieaufwand den Kurs ändern kann, führt zum sogenannten Interplanetary Transport Network, einer dynamischen „Wegekarte“ des Sonnensystems, auf der auch bereits Sonden zum Mond und zwischen den Lagrange-Punkten des Erde-Sonne-Systems unterwegs waren.



der Sonne jedoch ist noch etwa doppelt so groß – die Heliosphäre reicht 100 bis 120 AU in den interstellaren Raum hinaus (siehe Seite 303). Grob abgeschätzt benötigt ein Funkspruch von der Erde also etwa 7 Stunden bis zu den Zwergplanetenkandidaten am Rande des Kuiper-Gürtels.

Ebenfalls ganz grob wird das Sonnensystem in einen inneren und einen äußeren Bereich eingeteilt, wobei die Grenze zwischen Asteroidengürtel und Jupiterbahn verläuft. Im inneren System dominieren Gesteinsobjekte, im äußeren solche aus flüchtigen Stoffen.

Das Zentrum des Sonnensystems bildet natürlich die **Sonne**, ein Hauptreihenstern der Spektralklasse G2 mit einem Alter von etwa viereinhalb Milliarden Jahren – die damit derzeit „in den besten Jahren“ ist und etwa genauso viele Jahre noch vor sich hat. Die Sonne vereinigt etwa 99 % der Masse des gesamten Sonnensystems auf sich, und ihre Schwerkraft, ihre Strahlung und ihr Magnetfeld sind die „Motoren“ für fast alle Prozesse auf den Planeten des Sonnensystems (siehe ab Seite 30).



Der innerste und gleichzeitig kleinste Planet – kleiner als die zwei größten Monde des Sonnensystems – ist der felsige **Merkur** in 0,4 AU Entfernung von der Sonne, der durch seine hohe Dichte und die krassen Temperaturunterschiede zwischen Tag- und Nachtseite auffällt (Seite 50ff.).

Die **Venus** (ab Seite 70) ist etwa 0,7 AU von der Sonne entfernt und damit zeitweilig der erdnächste Planet (und darüber hinaus nach Sonne und Mond das hellste Objekt am Himmel); ihr Durchmesser und ihre Masse entsprechen etwa derjenigen der



Erde, allerdings ist sie von einer „höllischen“ Atmosphäre von 90 Atmosphären Druck und einer Temperatur von mehr als 450 Grad umgeben.



Als Nächstes folgen unser Heimatplanet, die **Erde**, und ihr vergleichsweise riesiger **Mond**. Die Erde ist nach unserem jetzigen Kenntnisstand der einzige Körper des Sonnensystems, der Leben trägt, und als Fixpunkt unserer Beobachtungen auch Grundlage für viele kosmische Maße. Das Kapitel zur Erde beginnt auf Seite 90, und auch dem Mond haben wir ein eigenes Kapitel gewidmet (ab Seite 114).



Der **Mars** und seine zwei winzigen Monde folgen in einer

Entfernung von 1,5 AU von der Sonne; er hat etwa ein Zehntel der Erdmasse und verfügt über eine sehr



Abbildungen links (von oben): Sonne mit Plasmaeruption, 1999 (NASA/European Space Agency); Merkur, Mosaik aus *MESSENGER*-Bildern 2011 (NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington); **Abbildungen rechts (von oben):** Wolken der Venus im UV-Licht, *Pioneer Venus* 1979 (NSSDC Photo Gallery); östliche Hemisphäre der Erde im Rahmen des Blue-Marble-Projekts (NASA); Mond, Aufnahme von *Galileo* 1992 (NSSDC Photo Gallery)

Wanderer am Himmel

Die Welt der Planeten in Astronomie und Mythologie

; Römer, Th.; Zingsem, V.

2015, XIV, 339 S. 270 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-642-55342-4