

# Sonne

[\[Wahre Helligkeit\]](#)
[\[Skala der Größenklassen\]](#)
[\[Stellare Signaturen\]](#)
[\[Eigenschaften n der Sonne\]](#)
[\[Daten\]](#)
[\[Extrasolarplaneten\]](#)
[\[Cousin im All\]](#)
[\[FEPP-Triewerk\]](#)

[\[Route\]](#)
[\[Experiment\]](#)
[\[Aufreihung\]](#)
[\[Farbe und Temperatur\]](#)
[\[Planetenkonstellation\]](#)
[\[Sonnensturm\]](#)
[\[Die Solarkonstante\]](#)
[\[Sedna\]](#)
[\[Schwarzen Körper\]](#)

**In unserem Sonnensystem ist praktisch die gesamte Masse in der Sonne konzentriert. Die Bahngeschwindigkeiten der Planeten nehmen mit wachsender Entfernung vom Zentrum ab. Der sonnennächste Planet Merkur bewegt sich zehn mal schneller, als der 100 mal weiter entfernte Pluto.**

**Die Quelle der Sonnenenergie** ist die Proton-Proton-Reaktion, in der Wasserstoffkerne in Heliumkerne umgewandelt werden. Heute nach 4,5 Milliarden Jahren Kernverschmelzung im Sonnenkern, hat sich der Massenanteil des Wasserstoffs im Zentrum von 75 auf etwa 35 Prozent verringert: infolgedessen ist die Heliumhäufigkeit auf rund 65 Prozent angewachsen. Die Kernverschmelzung ist von einem Masseverlust begleitet der als Energie auftritt. Um die beobachtete Sonnenleuchtkraft von rund  $3,8 \cdot 10^{26}$  Watt zu erzeugen, muss eine Masse von annähernd  $5 \cdot 10^9$  kg/s zerstört werden. Trotzdem bleibt die Massenänderung der Sonne infolge Kernverschmelzung während ihres Aufenthalts auf der Hauptreihe unter 0,1 Prozent. Die elektromagnetische Energie benötigt etwa  $10^6$  Jahre  $\pm$ , um aus den Kern an die Oberfläche der Sonne zu diffundieren. Diese lange Diffusionszeit trägt stark zur Stabilität der Sonne bei.

**\* Korrektur:** Nach Aussage der Fernsehsendung "Universum Grenzen der Wahrnehmung", benötigt die elektro- magnetische Energie  $10^7$  Jahre, um aus den Kern an die Oberfläche der Sonne zu diffundieren.

Sir Arthur Eddington machte sich als einer der ersten die Relativitätstheorie des jungen **Albert Einstein** zu eigen, welche die berühmte Formel der Äquivalenz von Materie und Energie enthält:

$$E = mc^2$$

Wobei E die Energie ist, m die Masse und c die Lichtgeschwindigkeit, und das Gesetz, nachdem nichts sich schneller fortbewegen kann als das Licht. **Infolge der Äquivalenz von Energie und Masse** muss die Energie, die ein Objekt aufgrund seiner Bewegung besitzt, seiner Masse hinzugerechnet werden. Mit anderen Worten: Sie erschwert es ihm, seine Geschwindigkeit zu steigern. Von ausschlaggebender Bedeutung ist dieser Effekt allerdings nur bei Objekten, deren Geschwindigkeit der des Lichtes nahe kommt. Beispielsweise ist bei 10 Prozent der Lichtgeschwindigkeit die Masse eines Objektes nur 0,5 Prozent größer als normal, während sie bei 90 Prozent der Lichtgeschwindigkeit mehr als doppelt so groß ist wie normal wäre.

**Je mehr** sich das Objekt der Lichtgeschwindigkeit nähert, **desto rascher wächst seine Masse**, so dass mehr und mehr Energie erforderlich ist, es noch weiter zu beschleunigen. Tatsächlich kann es die Lichtgeschwindigkeit **niemals** erreichen, weil es dazu einer **unendlichen Energie bedürfte**.

Aus diesem Grunde ist jedes gewöhnliche Objekt durch die Relativitätstheorie dazu verurteilt, sich mit Geschwindigkeiten unterhalb der Lichtgeschwindigkeit fortzubewegen. Nur das Licht oder andere Wellen, die keine Ruhemasse haben, können sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten.

Für abgeschlossene klassisch-physikalische Systeme bleiben Energie ( **Energiesatz** ) Impuls ( **Impulssatz** ) und **Drehimpuls** bei jeder zeitlichen Änderung erhalten. Befindet sich ein solches System im thermodynamischen Gleichgewicht , dann bleibt auch die **Entropie** erhalten. ( Zustandsgröße eines mikroskopischen Systems. )

der griechische Philosoph **Demokrit** sagt; **Nichts wird aus nichts und nichts vergeht in nichts**.

Die Bedeutung dieser Beziehung liegt darin, dass aufgrund des hohen Wertes der Lichtgeschwindigkeit von rund  $3 \cdot 10^8$  Meter/s nur eine winzige Menge an Masse nötig ist, um eine gewaltige Energiemenge zu erzeugen - genug, um die Sonne leuchten zu lassen. Eddington wusste, dass **ein Heliumatom** etwas **leichter ist**, als **vier Wasserstoffatome** und er vermutete, dass bei einer Umwandlung von Wasserstoff in Helium aufgrund dieses

( **Massendefekts von 0,038** ) eine enorme **Energie frei wird**. Zu Beginn des vorigen Jahrhunderts gab es viele Theorien über den Brennstoff, der die Sterne strahlen lässt. Doch dazu waren noch einige weitere Entdeckungen nötig, wie die des Neutrons, des Deuteriums, des Positrons und des Neutrinos. Die ersten drei fand man 1932. das Positron ist ein positives Elektron - das erste entdeckte Antimaterieteilchen ( Materie mit umgekehrter elektrischer Ladung). Die Existenz des Neutrinos, des seltsamsten der vier Teilchen, war merkwürdigerweise bereits ein Jahr zuvor vermutet worden. Tatsächlich nachgewiesen wurde es jedoch erst 1956 und spielt in den späteren Berechnungen von Sternmodellen eine wichtige Rolle. **Erst 1939** fand das Problem durch den deutschen Physiker **Hans Bethe** in der **Proton - Proton - Reaktion** die Lösung für die **Wasserstoff-Fusion** oder das "**Wasserstoffbrennen**" wie es auch häufig **genannt wird**.

**Die Solarkonstante** - die Rate, mit der die Sonne die Erdoberfläche aufheizt, also die Sonnenenergiemenge, die pro Sekunde auf einen Quadratmeter fällt - beträgt **1 368 Watt**. Jeder Quadratmeter auf einer Kugelschale um die Sonne mit dem Radius R gleich **1 AE** oder  $1,5 \cdot 10^{11}$  Meter empfängt also diese Energierate. Somit beträgt die Gesamtenergieleistung der Sonne  **$3,8 \cdot 10^{26}$  Watt** (Joule) pro Sekunde. Da ein typisches Photon nur eine Energie von rund  $4 \cdot 10^{-19}$  Joule transportiert, strömen in diesem kurzen Zeitintervall (1 Sekunde) **rund  $10^{45}$  Photonen** von der Sonnenoberfläche ab.

$$L_{\text{der Sonne}} = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$$

Siehe astronomische Formeln :

Es ist schwer, die Bedeutung dieser Zahlen zu erfassen. Lassen wir in Gedanken unser städtisches Elektrizitätswerk eine Sekunde lang die Sonne betreiben und uns die Rechnung dafür schicken. Ein typischer Strompreis ist **16 Pfennig pro KW/h**, also  $4,44 \cdot 10^{-8}$  DM pro Wattsekunde. **Für eine Sekunde Sonnenbetrieb** bezahlen wir somit  $16,872 \cdot 10^{18}$  DM. Wir brauchen also nur in den nächsten **6,75 Millionen**

Jahren jährlich einen Scheck über das gesamte Bruttosozialprodukt der Bundesrepublik ( etwa **2,5 Billionen DM** auszustellen ).

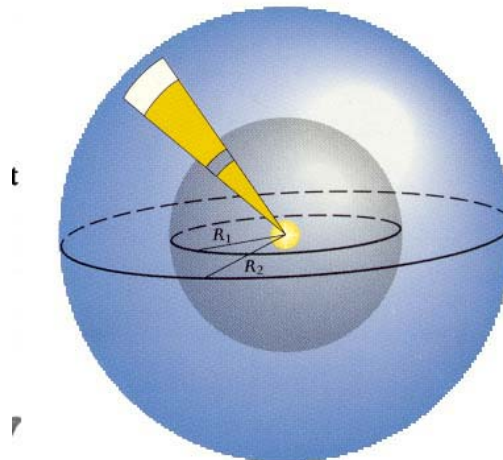
$$( 3,8 \cdot 10^{26} \cdot 4,44 \cdot 10^{-8} / 2,5 \cdot 10^{12} )$$

### Wahre Helligkeit [\[nach oben\]](#)

Die von der Erde aus aufgrund direkter Beobachtung durchs Teleskop, oder mit bloßem Auge gemessene Helligkeit ist die **scheinbare Helligkeit m**. Jetzt brauchen wir eine Helligkeitsangabe, die von der Entfernung unabhängig und ein Maß der wahren Leuchtkraft oder der Energieabstrahlung ist. Diese Größe ist **die absolute Helligkeit M**. Sie ist definiert als die scheinbare Helligkeit, die ein Stern in der **willkürlich** festgelegten **Standardentfernung von 10 Parsec ( 32,26 Lichtjahre )** haben würde. Absolute Helligkeiten sind leicht zu berechnen, sobald das schwierige Problem der Entfernungsbestimmung gelöst ist. Die Helligkeit einer Lichtquelle ist umgekehrt proportional zum Quadrat ihrer Entfernung. **Halbiert man den Abstand, ist die Quelle viermal so hell**. Nehmen wir z. B. einen Stern 6. Größe, der in 100 Parsec Entfernung steht. Wenn wir diesen Stern in einen Abstand von 10 Parsec rücken könnten, würde er **100 mal, das heißt um 5 Größenklassen heller**, so dass seine **absolute Helligkeit M gleich 1 wäre**. Jede scheinbare Helligkeit kann über eine einfache Formel, die berühmte **Helligkeitsgleichung**, in absolute Helligkeit umgewandelt werden, ( $M = m + 5 - 5 \log d$ ) wobei  $d$  gleich Distanz in Parsec angegeben wird. **1AE = 0,000004848 Pc**

Unsere Sonne hat eine **scheinbare Helligkeit von -26,74**. Wenn wir diese Zahlen in die obige Gleichung einsetzen, ergibt sich eine absolute Helligkeit von **+4,83**. Damit wäre die Sonne so schwach, dass man sie im Schein des Vollmonds nicht mehr erkennen könnte.

Das von einem Stern abgegebene Licht verteilt sich über eine Kugel mit Radius  $R_1$ . Mit wachsendem Abstand vom Stern wird die Kugel größer, und die Strahlungsmenge pro Flächeninhalt wird um  $1/R^2$  verdünnt. Im doppelten Abstand  $R_2$  ist die Quelle nur noch ein Viertel so hell. Siehe Abbildung



Die **absoluten Helligkeiten** der Sterne erstrecken sich über einen Bereich von **30 Größenklassen**. Das entspricht einem erstaunlichen Faktor von **einer Billion**. Damit reichen die Helligkeiten von rund Einmillionenmal heller als unsere Sonne, bis zu Einmillionenmal schwächer.

**1997** haben U S Astronomen den bisher größten Stern entdeckt ; der **Pistolenstern**, wie man ihn nennt, strahlt **zehn Millionen mal** heller als die Sonne - seine **Absolute Helligkeit** beträgt **M = -12,67** Sonne **M = 4,83**

Differenz; **17,5** Größenklassen  $2,512^{17,5} = 10\ 007\ 915$  mal heller als die Sonne.

### Die Skala der Größenklassen [\[nach oben\]](#)

ist logarithmisch ; ( Tabelle rechts ) sie beruht auf der Tatsache, dass ein Unterschied von 5 Größenklassen einem Helligkeitsunterschied von Hundert entspricht.

Die Helligkeit eines Sterns, wie sie ein Beobachter **von der Erde** aus feststellt, wird in einem eigenartigen System von "Größenklassen" (lat. Magnitude, <sup>m</sup>) angegeben, in dem die schwächsten Sterne die höchsten und die hellsten Sterne die niedrigsten Zahlenwerte haben.

$$\begin{aligned}
 &1^m = 2,512 \quad \text{mal heller als } 2^m \\
 \text{und } (2,512)^2 &= 6,310 \quad \text{mal heller als } 3^m \\
 \text{und } (2,512)^3 &= 15,85 \quad \text{mal heller als } 4^m \\
 \text{und } (2,512)^4 &= 39,81 \quad \text{mal heller als } 5^m \\
 \text{und } (2,512)^5 &= 100,02 \quad \text{mal heller als } 6^m \\
 &\text{u.s.w.} \\
 \text{und } (2,512)^{30} &= 10^{12} \quad \text{mal heller. (1 Billion)}
 \end{aligned}$$

## Farbe und Temperatur [\[nach oben\]](#)

Die Leute sind oft erstaunt, wenn sie feststellen, dass Sterne Farben haben, zum Teil sogar recht kräftige. Auf Photographien sind sie deutlich erkennbar, in einer klaren Nacht sogar auch mit bloßem Auge: Beteigeuze und Antares sind ziemlich rot, Arktur ist orange, die Sonne und Capella sind gelblich, Wega und Sirius fast weiß und einige Sterne sind sogar leicht bläulich. Doch diese Farben stellen mehr dar, als einen hübschen Anblick: Sie sind eine Folge der Temperatur der Sterne.

Man kann einen Stern in sinnvoller Näherung als einen idealen Strahler, einen sogenannten **Schwarzen Körper** bezeichnen - eine Oberfläche, die alle einfallende Strahlung **absorbiert**. Der Ausdruck Schwarzer Körper rührt daher, dass keinerlei Strahlung **reflektiert** wird. Durch die Absorption von Strahlungsenergie würde die Temperatur des Körpers jedoch **ansteigen**. Um ein Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, muss er genau soviel Energie **abstrahlen**, wie er empfängt und kann damit dem Auge sehr hell erscheinen. Das von einem Schwarzen Körper abgestrahlte Spektrum ist ein **Kontinuum**, bei dem die verschiedenen Farben und Wellenlängen ohne Lücken und Unterbrechungen ineinander übergreifen. Durch Vermessen des Spektrums kann man die Temperatur bestimmen.

Die Strahlungsgröße, die von einem Schwarzen Körper pro Quadratmeter seiner Oberfläche pro Sekunde abgegeben wird - Eine Größe, die **Gesamtfluss** genannt wird -, ist proportional zur vierten Potenz der Temperatur. In Watt pro Quadratmeter pro Sekunde lautet diese Beziehung, die auch Stefan - Boltzmann'sches Gesetz genannt wird  $F = \sigma T^4$  wobei  $\sigma$  eine Proportionalitätskonstante ist, die im Labor bestimmt werden kann. Ist ein Körper zweimal so heiß wie ein anderer, so ist er pro Flächeneinheit 16 mal so hell. Die gesamte Energieabgabe des Schwarzen Körpers, die sogenannte Leuchtkraft **L**, muss dann gleich der Oberfläche des Körpers multipliziert mit dem Fluss sein. Ist der Schwarze Körper eine Kugel, ob Stern oder Bowlingkugel, so ist seine Oberfläche  $4\pi R^2 \sigma T^4$ . Dies ist eine der wichtigsten Gleichungen in der **Astrophysik**. Diese ungemein nützliche Beziehung ermöglicht die Bestimmung von **L, R**, oder **T**, wenn jeweils die beiden anderen Größen bekannt sind. **Siehe astronomische Formeln:**

Damit ist der Ursprung der Sternfarben klar. Sie hängen über das Wiensche Schwarze Körper - Gesetz mit verschiedenen Oberflächentemperaturen zusammen: Rote Sterne sind relativ kühl, ungefähr 3000 Kelvin; gelbe liegen eher bei 6000 K, weiße bei etwa 10 000K, und die blauen sind noch heißer, etwa 20 000 K oder noch mehr. Die Farbe eines Sterns ist also eine quantifizierbare Eigenschaft, die eine Bestimmung, oder zumindest eine Abschätzung der Sterntemperatur erlaubt.

## Stellare Signaturen: [\[nach oben\]](#)

Helligkeiten und Farben sind wichtig, doch ohne Spektren bleibt die Natur der Sterne unerkannt. Isaac Newton entdeckte, dass das Sonnenlicht in seine **Spektralfarben** zerlegt werden kann. 1802 stellte dann der englische Wissenschaftler William Wollaston fest, dass das Sonnenspektrum von dunklen Lücken unterbrochen ist, die man heute **Absorptionslinien** nennt. Bis 1815 hatte **Josef von Fraunhofer** die Wellenlängen von über 300 solchen Linien katalogisiert, wobei er die auffälligsten mit Buchstaben bezeichnete. Wenige Jahrzehnte Laborforschung erbrachten dann den Beweis, dass die einzelnen Linien von verschiedenen **Atomarten** erzeugt werden.

E. C. Pickering und seine Mitarbeiter, von denen Williamina, P. Fleming und Annie Jump Cannon besonders zu erwähnen sind, haben mit Hilfe eines **Objektivprismenspektrographs** Hunderttausende von Sternen, sowohl am Nord - als auch am Südhimmel klassifiziert. das Endergebnis war die

Spektralsequenz der **sieben** Grundtypen von Sternen, **O B A F G K M** . Mrs. Cannon stellte jedoch fest, dass die Unterteilung in sieben Klassen zu grob war . Deshalb nummerierte sie die einzelnen Klassen noch durch, so dass die A-Sterne von **A0** am heißeren Ende bis **A9** am kühleren laufen, gefolgt von F0 u.s.w. In diesem System wird unsere Sonne als **G2** Stern klassifiziert. Darüber hinaus gibt es noch Sonderklassen **R N S** für kühle Sterne. Diese kuriose Buchstabenfolge merkt man sich im Englischen mit dem Spruch ; **Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me Right Now Sweetie.**

Die Sonne kann ihre gegenwärtige Ausstrahlung 5 Milliarden Jahre lang aufrechterhalten. Danach leitet die Erschöpfung des Wasserstoffs in ihrem Zentrum Änderungen ein, die die Sonne zu einen **roten Riesenstern** werden lassen. Am Ende wird die Sonne ein **weißer Zwerg**.

Die Sonne befindet sich auf der Hauptreihe des Hertzsprung-Russel-Diagramm.

## Eigenschaften der Sonne:

[\[nach oben\]](#)

Mittlere Entfernung Erde-Sonne 149 598 000 Km  
 Winkeldurchmesser 32 Bogenminuten  
 Radius 696 000 Km (108 Erdradien)  
**Masse**  $1,989 \cdot 10^{30}$  Kg  
 Mittlere Dichte  $1,41 \cdot 10^3 \text{Kgm}^{-3}$  das 0,26-fache der Erde  
 Leuchtkraft  $3,8 \cdot 10^{26}$  Watt  
 Oberflächentemperatur 5 800 K  
 Spektraltyp G2  
 Scheinbare Helligkeit -26,74 Größenklassen  
 Absolute Helligkeit 4,83 Größenklassen in 10 Parsec Entf.

Äquatorrotation 24,6 d  
 Zusammensetzung Wasserstoff  
 Helium  
 Sauerstoff  
 Kohlenstoff

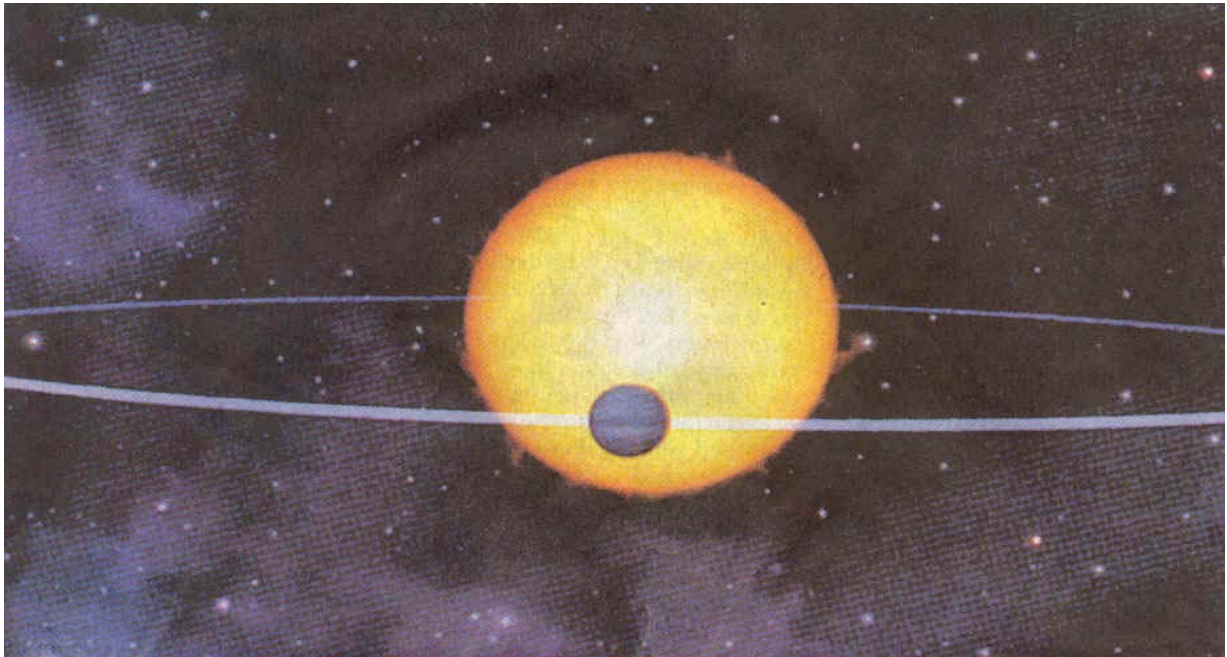
Andere Elemente **Daten** des Sonnensystems

[\[nach oben\]](#)

	Umlaufzeit Jahre	Tage	Dichte	Äquatorrot.	Äquatordm.	Poldurchm.	Bahnneig.	Exzentrizität	Zeit d. Lichtes
<b>Merkur</b>	0,24084	87,969	5,43	58,65 d	4878	4878	7°00'	0,2056	3'13"
<b>Venus</b>	0,61518	224,701	5,24	243 d	12104	12104	3°23'	0,0068	6' 004
<b>Erde</b>	1,00004	365,256	5,52	23.93 hr	12756	12714	-	0,0167	8'19"
<b>Mars</b>	1,88081	686,980	3,94	24,62 hr	6794	6759	1°50'	0,0934	12'40"
<b>Jupiter</b>	11,86179	4332,59	1,32	9,8 hr	142800	134200	1°18'	0,0485	0 h 43'16"
<b>Saturn</b>	29,4566	10759,2	0,7	10,2 hr	120000	108000	2°29'	0.0556	1 h 19'19"
<b>Uranus</b>	84,00902	30684,8	1,27	16,8 hr	50800	49000	0°46'	0,0473	2 h 39'31"
<b>Neptun</b>	164,7899	60190,5	1,77	16,0 hr	49500	47400	1°46'	0,0086	4 h 09'59"
<b>Pluto</b>	247,6756	90465	01.Feb	6,3 d	2500	2500	17°12'	0,25	5 h 28'00"
<b>Mond</b>		27,32	3,34	27,32 d	3476	3476	5°09'	0,0549	1" 16
<b>Sonne</b>			1,41	24,6 d	1393530	1392530	-	-	-

## Extrasolarplaneten

[\[nach oben\]](#)



**Kaum ein anderes Gebiet der Astronomie entwickelt sich im Moment so spannend wie die Suche nach Extrasolarplaneten.**

Nachdem ein Schweizer Astronomenteam 1995 einen Begleiter des Sterns 51 Pegasi entdeckte, der ungefähr so groß ist wie Jupiter, reißen die Erfolgsmeldungen nicht ab. mittlerweile sind 50 Planeten bekannt, die nicht unsere Sonne, sondern einen anderen Stern umrunden und fast jeden Monat wird ein neuer ausfindig gemacht.

Allerdings hat noch niemand - auch keiner der Entdecker - einen dieser extrasolaren Planeten direkt gesehen. Selbst die größten Teleskope reichen nämlich nicht aus, den schwachen Lichtschein eines Planeten nachzuweisen, der nicht selbst leuchtet, sondern nur das von seinem Zentralstern empfangene Licht reflektiert.

Die bisher bekannten extrasolaren Planeten wurden denn auch nur indirekt beobachtet. Sie verrieten sich durch eine winzig kleine Verschiebung der Linien im Spektrum ihres Zentralsterns. Diese Linienverschiebung ist gewissermaßen eine Folge der Unwucht, die ein Planetensystem aufweist. Hat ein Stern einen planetaren Begleiter, dann liegt der Schwerpunkt des Systems nicht im Zentrum des Sterns, sondern etwas abseits davon. Mit anderen Worten: er eiert. Von der Erde aus lassen sich diese rhythmischen Positionsverschiebungen, die der Bewegung des Sterns im Raum überlagert sind, anhand der Änderungen der Radialgeschwindigkeit feststellen.

Bewegt sich der Stern auf die Erde zu, dann erscheinen seine Spektrallinien zu kürzeren Wellenlängen verschoben; entfernt er sich von ihr, verschieben sie sich zu größeren Wellenlängen.

Dass sich mit dieser Methode Planeten um ferne Sterne nachweisen lassen, ist ein Triumph der Messtechnik. Hoch empfindliche Detektoren ermöglichen es mittlerweile, Änderungen der Radialgeschwindigkeit von nur wenigen Metern/Sekunde nachzuweisen.

Mit der Radialgeschwindigkeitsmethode kann grundsätzlich jeder Stern auf Trabanten hin untersucht werden, doch vermag sie nur solche Planeten aufzuspüren, die eine große Masse haben. Folglich sind alle der bisher entdeckten extrasolaren Planeten mindestens so groß wie Jupiter oder Saturn, die beiden größten Planeten unseres Sonnensystems. Ungeklärt ist noch, ob andere Sterne auch über kleinere Trabanten verfügen.

Um diese Ungewissheit zu beseitigen, haben einige Astronomen eine andere trickreiche Nachweismethode erdacht. Könnte es nicht sein, so fragten sie sich, dass ein Planet von der Erde aus gesehen gelegentlich vor seinem Zentralstern vorbeizieht und diesen dabei teilweise abschattet? Die Helligkeit des Sterns müsste dann auf markante Weise abnehmen.

Damit ein solches Ereignis - von den Astronomen Durchgang oder Transit genannt - beobachtet werden kann, darf die Umlaufbahn des Planeten nur wenig zu unserer Sichtlinie geneigt sein. Diese

Transitmethode lässt sich also nur anwenden, wenn Stern , Planet und Erde zufällig in einer Linie stehen. Diese Methode hat bereits erste Erfolge gezeigt. Durch weitere Verbesserungen der Messtechnik könnte es in wenigen Jahren sogar möglich sein, solche erdähnliche Himmelskörper direkt zu sehen und aus ihrem Licht Eigenschaften ihrer Oberfläche zu erschließen.

Damit rückt eines der größten Ziele der beobachtenden Astronomie in erreichbare Nähe; festzustellen, ob es andere Planeten im Weltall gibt, die wie unsere Erde Leben beherbergen können.

Wir haben einen **Cousin im All!** [\[nach oben\]](#)

Planetenjäger haben eine sensationelle Entdeckung gemacht: Ein Sonnensystem, das dem unseren ähnelt.

Um den Stern "55 Cancri", 41 Lichtjahre von uns entfernt, kreist ein Planet in einer ähnlichen Entfernung wie unser Jupiter, ist allerdings fünfmal so groß. "Wir haben erstmals Anzeichen eines Planetensystems, das unserem Sonnensystem in der Architektur qualitativ ähnlich ist", sagte Astronomieprofessor Geoffrey Marcy von der Universität of California in Berkeley. er stellte die Entdeckung zusammen mit seinen Kollegen Paul Butler vom Carnegie-Institut in Washington vor. Bisher wurden insgesamt rund 90 Planeten gefunden, sie alle umkreisen ihre Sonnen aber sehr nah und in unregelmäßigen Bahnen.



## Gibt es Leben im All?

Astronomen suchen seit Jahren nach Sonnensystemen, die dem unseren ähneln. Nach der Theorie ist dort die Chance am größten, Bedingungen für Leben zu finden. So wird die Entwicklung der irdischen Lebewesen unter anderem auf die Existenz eines riesigen Planeten wie des Jupiters zurückgeführt, der mit seiner Schwerkraft Kometen und Asteroiden angezogen haben könnte, die sonst das frühe Leben auf der Erde zerstört haben können.

## Berechnungen als Teleskop-Ersatz

Ob um "55 Cancri" ebenfalls ein Gesteinsplanet wie die Erde kreist, wissen die Wissenschaftler noch nicht. Planeten in 41 Lichtjahren Entfernung können mit Teleskopen nicht entdeckt werden. Ein Lichtjahr entspricht 9,46 Billionen Kilometer. Ihre Existenz kann nur durch Berechnungen der Sternbewegung nachgewiesen werden, die sich durch die jeweilige Anziehungskraft von Planeten und Mutterstern ergibt.

**FEEP-Triewerk** [\[nach oben\]](#)

**Fast 30 Jahre lang kämpften NASA & Co mit einem Problem: Österreichische Wissenschaftler haben es jetzt gelöst. Eine Erfindung aus Niederösterreich könnte die Erforschung des Weltraums revolutionieren.**

Die "Austrian Research Centers" in Seibersdorf (NÖ) haben einen neuartigen **Weltraum-Antrieb** entwickelt, den die NASA vor kurzem zum Testen für ihr Projekt "Origins" (Ursprünge) eingekauft hat. Eine kleine Erfindung, deren Herzstück keine **2 cm** groß ist, ursprünglich einen ganz anderen Zweck hatte und nun ein Problem löst, an dem sich Physiker und Chemiker seit 30 Jahren die Zähne ausbeißen.

"Wenn man zwei Teleskope, wie das Weltraumfernrohr 'Hubble' mit einem Linsendurchmesser von einem Meter, genau auf denselben Punkt im Weltall ausgerichtet im Formationsflug um die Erde schwirren ließe, dann brächten beide gemeinsam eine 'Schleistung' zustande, die sonst nur ein Riesenteleskop mit circa **1 000 Meter Durchmesser** schaffen würde", erklärt Dr. Martin Tajmar von den "Austrian Research Centers".

Die Bilder, die diese beiden Geräte etwa vom spektakulären 2500 Lichtjahre entfernten Kegel-Nebel einfangen würden, ließen sich im Computer zusammen rechnen und würden ein vielfach schärferes Bild ergeben." Und man könnte" schwärmt Dr. Tajmar, "vielleicht wirklich 50 Lichtjahre entfernte erdähnliche Planeten entdecken, auf ihnen Kontinente ausmachen, auf denen möglicherweise Leben angesiedelt ist.

Das Problem bei einer solchen Verkoppelung zweier Teleskope ist, dass ihr Abstand zueinander auf **0,00000001 Millimeter** genau passen muss, sonst wird das zusammengerechnete Bild, das ja über eine unglaublich große Distanz aufgenommen wird, einfach gesagt, unscharf. Eine solche Genauigkeit hielt man bis vor ein paar Jahren für unmöglich. kein Hilfstriebwerk der Welt konnte derart präzise Schubkräfte liefern, um einen Satelliten, oder ein Teleskop so haarscharf zu manövrieren.

Die Lösung "Made in Austria": 1991 nahm Franz Vieböck bei seiner Weltraummission zu Testzwecken ein Gerät mit ins All, das durch den Ausstoß von positiv elektrisch geladenen Teilchen die störende negative Aufladung von Satelliten neutralisieren sollte. Die technischen Details: Auf 170 Grad erhitztes flüssiges Indium verursacht an einer mit circa 8 000 Volt geladenen Nadelspitze einen Ionenstrahl, der aber eben nicht nur Elektronen "entschärft", sondern auch einen kleinen, hochpräzisen Energieschub liefert.

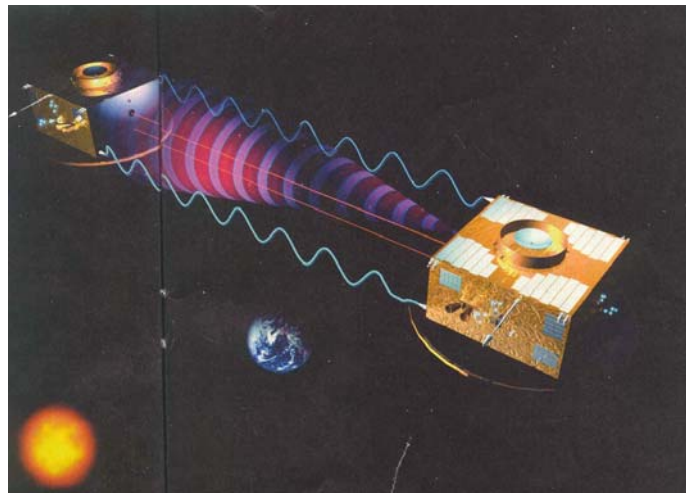
Dass sich der österreichische "Neutralisator" eigentlich hervorragend als so genanntes Feldemissionstriebwerk nutzen ließe, war die Idee eines Technikers der italienischen Konkurrenz. Dipl.-Ing. Angelo Genovese tüfelt inzwischen in Seibersdorf am österreichischen Projekt mit.

Aber der österreichische "**Weltraum-Motor**" könnte noch auf einem anderen Gebiet **Bahnbrechendes leisten**. Nachdem Forscher in den letzten Jahrzehnten das All nicht nur optisch und akustisch, sondern auch in Hinblick auf Infrarot-und- Ultraviolett-Strahlung untersucht haben, versucht man nun sogenannte **Gravitationswellen** zu vermessen, die von großen Schwerkraftfeldern wie schwarzen Löchern oder explodierenden Sternen ausgesandt werden.

Auch hier ist die Schwierigkeit, dass mehrere Satelliten in der Umlaufbahn auf Bruchteile von Millimetern genau abgestimmt werden müssen, um die Gravitationswellen "einzufangen". Ohne die Seibersdorfer Erfindung fast unmöglich. Tajmar: "Wenn das klappt, können Forscher erstmals schwarze Löcher ganz direkt nachweisen, und, wer weiß, vielleicht findet man dann sogar Lücken in Einsteins 80 Jahre alter allgemeiner Relativitätstheorie, was unser Weltbild völlig verändern würde.

In Seibersdorf wird inzwischen fieberhaft mit Unterstützung der "Austrian Space Agency" an dem Erfolg weitergearbeitet, der auch wirtschaftlich hochinteressant ist: Vier österreichische Firmen liefern die Technik für das "**FEEP**"-Triebwerk. Und- einen einzigen Satelliten mit dem neuen System auszurüsten kostet immerhin drei bis fünf Millionen Euro.

Wenn alles klappt, bekommt das Weltraum-Teleskop Hubble in den nächsten Jahren einen Zwilling mit niederösterreichischem Know how, der mit dem Spaceshuttle in die Umlaufbahn gebracht wird.



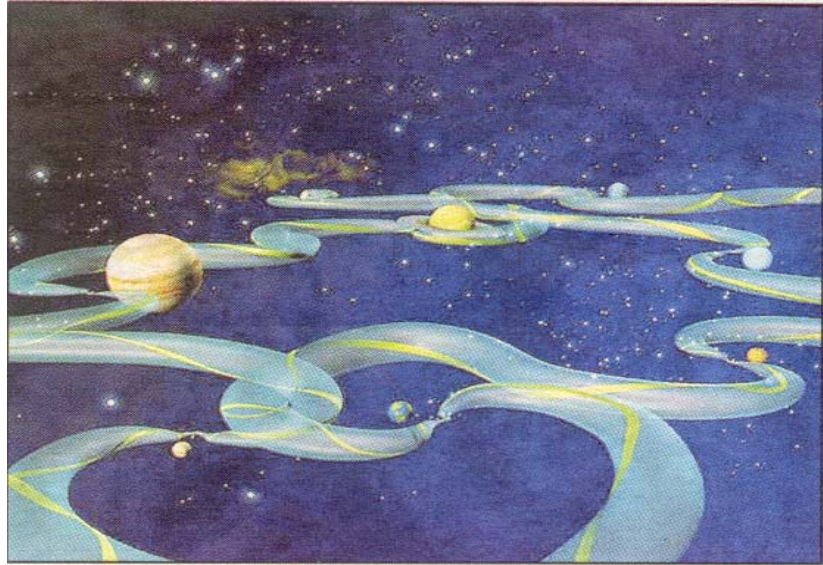
**Und so funktioniert's:** Der Abstand zwischen den Satelliten wird per Laserstrahl ununterbrochen kontrolliert. Bei der kleinsten Abweichung korrigiert das Fee-Triebwerk . Auf diese Weise können mehrere Teleskope im Formationsflug gekoppelt werden.

### **Gewundene Route** [\[ nach oben \]](#)

**NASA-Forscher entdeckte Schnellstrasse im Weltall.**

Eine "interplanetare Schnellstrasse" macht Reisen durch das Sonnensystem einfacher, zumindest für Raumsonden.

Auf der gewundenen Route, die der NASA-Forscher Martin Lo entdeckte, benötigen Raumschiffe nach Angaben der US-Raumfahrtagentur drastisch weniger Treibstoff. Der Trick: Die Raumstrasse schlängelt sich an den Orten entlang, an denen sich die Schwerkraft der verschiedenen Himmelskörper wie etwa Erde, Mond und Sonne gerade aufheben. Lo will nun Karten von allen "Schnellstrassen "im All anfertigen. Eine davon siehe unten.



## Experiment [\[nach oben\]](#)

Albert Michelson bestimmte im Jahr 1927 die **Lichtgeschwindigkeit**. Eine rotierende Trommel mit Spiegeln schickte Licht auf eine 35 Km weite Reise. Das System ergab ein stehendes Bild, wenn sich die Trommel genau um einen Spiegel weiterdrehte, während das Licht die 35 Km zurücklegt. Einleitend gehe ich davon aus, dass die unten gezeigte Demonstrationsskizze zur Messung der Lichtgeschwindigkeit mit 8 Trommelspiegeln, lediglich der besseren Erkennung des Experiments dient.

Das System benötigt, bei 8 Spiegeln eine Umdrehungsgeschwindigkeit von weit über tausend Touren pro/sec, die die Stabilität der angebrachten Spiegel in Frage stellen würde. Wenn man die Anzahl der Spiegel erhöht, lässt sich das Ergebnis im gleichen Maße mit weniger Touren erreichen.

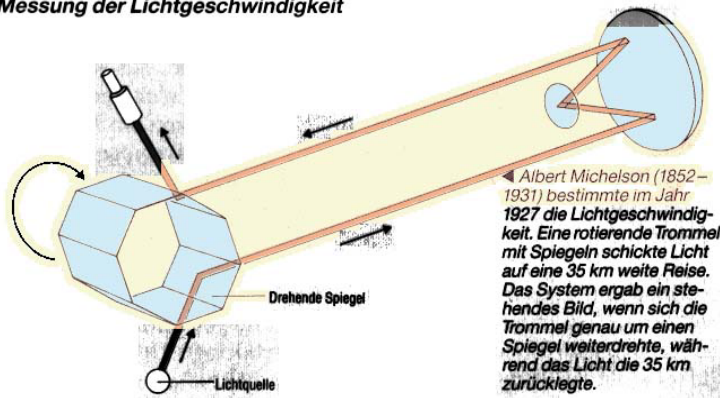
Nimmt man eine Trommel und stattet sie mit **100** Spiegeln aus, dann ergebe das System bei **85,655** Touren/sec ein stehendes Bild, wenn sich die Trommel genau um einen Spiegel weiterbewegt, während das Licht die **35** Km zurücklegt..

$85,655 \text{ Touren} * 100 \text{ Spiegel} * 35 \text{ Km} = 299792,5 \text{ Km}$  oder, 1 Spiegel bzw. 35 Km =  $0,000116747 \text{ sec}$

**Probe:**  $85,655 * 100 * 0,000116747 = 1 \text{ Sekunde oder } 299792,5 \text{ KM}$

**Licht in 0,00000003335640952 Sekunden zurück**  
**1 Meter = definiert als die Strecke, die vom**  
**gelegt wird.**

### Messung der Lichtgeschwindigkeit



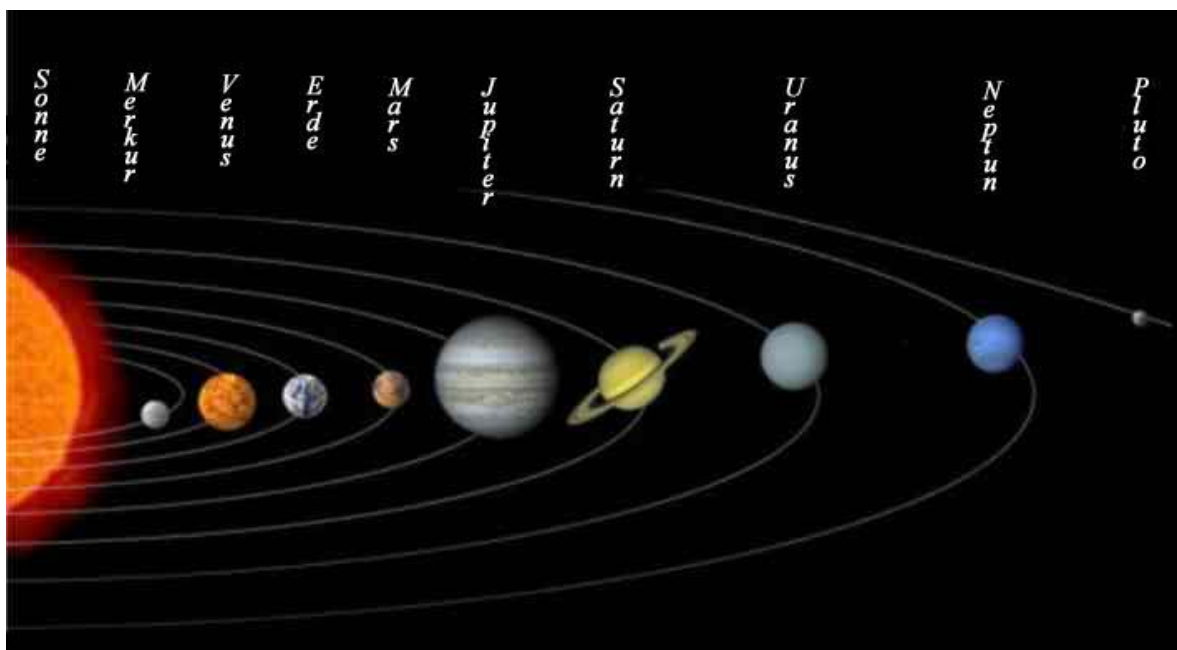
Demonstrationsbeispiel v. Michelson

Die Lichtgeschwindigkeit in einem **Vakuum** beträgt **299792,5 Km/s** und stellt eine der grundlegenden physikalischen Konstanten dar. Sie wird meistens mit dem Buchstaben **c** abgekürzt. Wie Einstein in seiner speziellen Relativitätstheorie anführt, ist im Raum **keine** größere Geschwindigkeit **denkbar**.

Der dänische Astronom Olaf Romer bestimmte im Jahr 1675 die Lichtgeschwindigkeit. Romer bestimmte den Zeitpunkt, wann einer der Jupitermonde aus den Schatten des Planeten heraustrat. Er fand heraus, dass das Ende einer solchen Verfinsternung **später** eintrat, wenn sich die Erde in größerer Entfernung vom Jupiter befand.

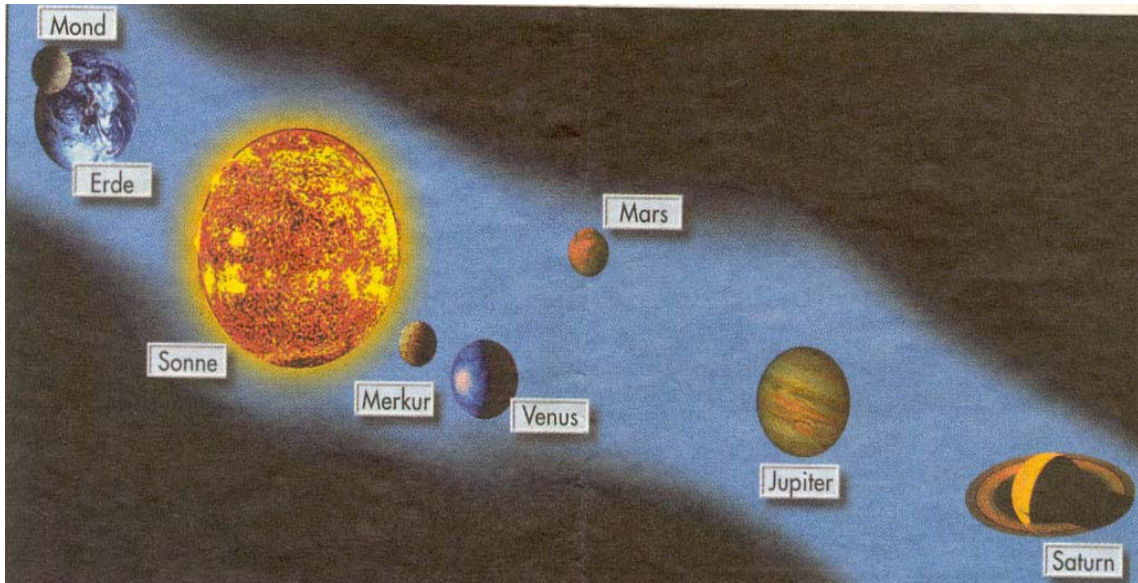
Mit der Kenntnis der Umlaufbahnen konnte er die Lichtgeschwindigkeit **ungefähr** berechnen. **Es bedurfte noch rund 250 Jahre um sie genau zu bestimmen.**

**Aufreihung** der Planeten nach den Entfernungen und Umlaufgeschwindigkeiten zur Sonne



Diese wunderschöne Aufreihung (**kommt in der Natur nicht vor**), dient nur der **Demonstration** der Größenverhältnisse, der Abstände von der Sonne, sowie der zunehmenden Entfernungen und absteigenden Geschwindigkeiten. So umläuft der **Merkur** in etwa **88 Tagen** mit einer mittleren Entfernung von **0,3871 AE** (57909 386 Km) und einer Geschwindigkeit von **47,068 Km/s** die **Sonne**, während **Pluto**, dessen mittlere Entfernung **39,44 AE** (5 900 145 120 Km) beträgt und dessen Bahn unser Sonnensystem in etwa eingrenzt, mit einer Geschwindigkeit von **4 743 Km/s**, (1/10 von Merkur) **248 Jahre** für eine Umrundung der **Sonne** benötigt.

Die Gesamtmasse aller Planeten, einschließlich ihrer Monde, Planetoiden, Meteoriten und sonstigen noch nicht registrierten Himmelskörper in unseren Planetensystem beträgt **0,1344 % der Sonnenmasse**. Daraus ersieht man den ungeheuren Masseanteil der Sonne in unseren Sonnensystem.



Sorge bereitet eine seltene **Planetenkonstellation!** Es stehen aus Sicht der Erde-Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn in einer Linie. Mai 2000

Eine derart ungewöhnliche Planetenkette wie oben vom Mai 2000, gab es zuletzt im Jahre 1812. damals wurden weltweit Missernten registriert. Zurückgeführt wurden die Katastrophen auf die kosmische Konstellation. Wissenschaftler sprechen in diesem Zusammenhang von einem Gravitationspotential, das etwa für Vulkanausbrüche verantwortlich sein kann. Durch den Schwerkrafteinfluss der Planeten auf den Plasmabereich der Sonnenoberfläche kann es zu einer gestörten Sonnenabstrahlung subatomarer Teilchen kommen.

Heftigster **Sonnensturm** seit 1973

Der heftigste Sonnensturm seit 30 Jahren raste Mittwoch den 29. Oktober 2003 auf die Erde zu. Die Eruption war in perfekter Position und genau auf die Erde ausgerichtet. Der sogenannte koronare Massenauswurf der Stärke X 17,2 ist der drittgrößte, der je beobachtet wurde. 1989 hatte ein Sonnensturm der Stärke X 15 in Kanada einen neunstündigen Stromausfall verursacht. Welchen Schaden der starke Geomagnetische Sturm diesmal auslöst, hängt von der bisher unbekanntem Ausrichtung des Magnetfeldes innerhalb des solaren Teilchenstroms ab. Ausfälle bei Kommunikations- und Stromnetzen, erhebliche Störungen bei Satelliten und im Flugverkehr sind zu erwarten.

## Sedna der zehnte Planet?

Eine Sensation ist es auf jeden Fall. Astronomen diskutieren, ob tatsächlich ein zehnter Planet entdeckt wurde. egal, ob Planet oder nicht: Seit der Entdeckung Plutos im Jahre 1930, hat man in unseren Sonnensystem kein so großes Objekt mehr nachgewiesen, sagt Professor Ernst Dorfi vom Institut für Astronomie der Uni Wien. **Sedna** nennen Astronom Michael Brown und seine Kollegen vom California Institut of Technology jenen Himmelskörper, den sie im November 2003 Im Mount - Palomar - Observatorium (Südkalifornien) entdeckt hatten.. Mit der Bekanntgabe Montag Abend (15. 03 04) warteten sie aber, bis sie mit den Weltraumteleskopen Spitzer und Hubble nähere Untersuchungen durchgeführt hatten. Sedna ist bei de Inuit ( Eskimos) die Meeresgöttin. Das Objekt hat etwas weniger als 2000 Km Durchmesser. Die Temperaturen liegen bei maximal minus 200 grad, schätzt Brown. "Es besteht aus Gestein, mit einem hohen Anteil verschiedener Eise- neben Wassereis gefrorenes Kohlendioxyd, Stickstoff, Methan", so Dorfi. Von der Erde aus ist Sedna auch von den größten Observatorien kaum zu sehen. " Das ist kein weißes Eis, sondern sehr dunkles. außerdem ist Sedna schon zu weit von der Erde entfernt, als dass es eine nennenswerte Reflexion geben könnte", so Dorfi. Das Weltraumteleskop Spitzer wertet hingegen die nicht sichtbare Infrarot-Wärmestrahlung aus.

Manche Experten sprechen bereits vom zehnten Planeten - Mitentdecker Brown aber nicht. Sedna liegt im so genannten Kuiper-Gürtel, der hinter dem Neptun beginnt. Experten gehen davon aus, dass dort Platz ist für zehn Objekte in der Größe von Sedna - insofern hat man mit so einem Fund gerechnet. Doch Sedna und auch Pluto unterscheiden sich sehr von anderen Planeten, sagt Dorfi: " ein Kennzeichen von Planeten ist, dass sie eine gewisse Größe haben müssen und dass sich dadurch ihre Schwerkraft auch auf andere Objekte auswirkt. Das ist bei Pluto und Sedna kaum der Fall" Andererseits beschreibt Sedna wie andere Planeten eine gleichmäßige Umlaufbahn um die Sonne ( für einen Umlauf benötigt Sedna rund 10 500 Jahre) - im Gegensatz zu dem im Jahre 2002 entdeckten, kleineren Objekt Quaoar, dessen Bahn stärker Störungen anderer Planeten ausgesetzt ist.

**Historisch:** Zwar hätte die Berufsvereinigung der Astronomen beschlossen, Pluto weiterhin als Planet zu bezeichnen. doch das ist ein historischer Begriff. Viele Astronomen meinen, dass man alles außerhalb des Neptuns als, Objekte des Kuiper - Gürtels bezeichnen sollte. Deshalb werde sich die Bezeichnung "zehnter Planet" wahrscheinlich nicht durchsetzen.

**Definition:** was Planeten ausmacht und wo das Sonnensystem endet. **Planet** Objekte einer gewissen Größe (die Minimalgröße ist nicht definiert), die selbst nicht leuchten und in deren Innerem keine Kernreaktion abläuft. **Kuiper - Gürtel** Asteroidengürtel außerhalb des Neptuns. Seit der 90er Jahre hat man dort Hunderte kleine Objekte aus Stein und Eis entdeckt. Insgesamt könnten es zirka 100 000 sein. **Ende des Sonnensystems** Dort wo die Schwerkraft der Sonne nicht mehr ausreicht, um Planeten auf stabilen Bahnen zu halten. der Übergang in den interstellaren Raum verläuft fließend.

