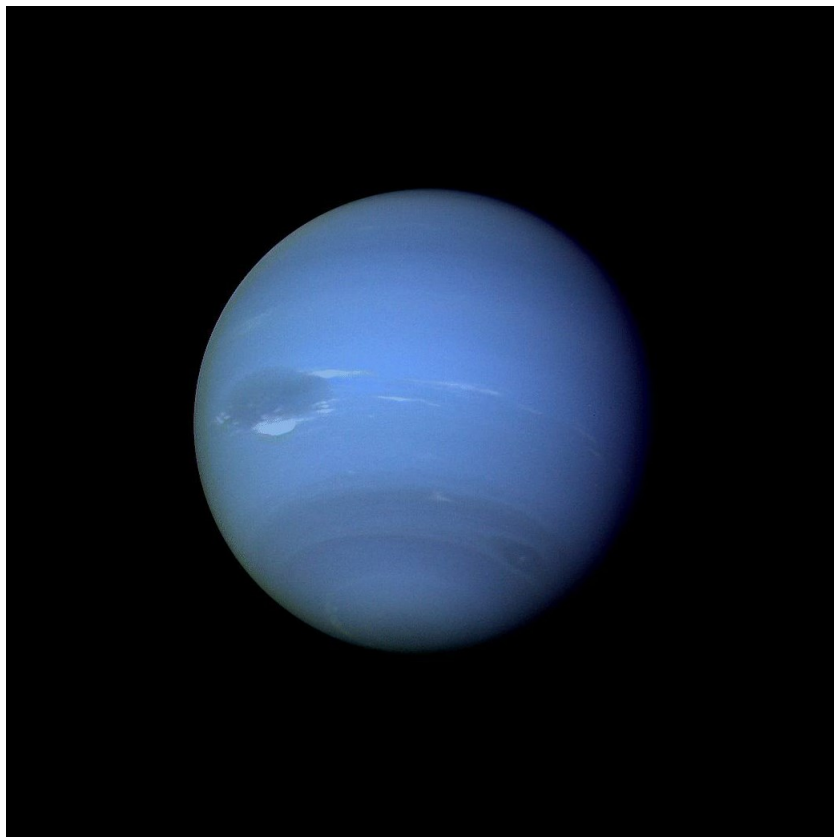


Astronomie und Astrophysik

Der Planet Neptun

von

Andreas Schwarz



Stand: 28.12.2016

0 Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2 Der Aufbau des Neptuns.....	4
3 Die Atmosphäre des Neptuns.....	5
4 Die Bahnbewegung des Neptuns.....	7
5 Die Monde und Ringe des Neptuns.....	7
6 Schlusswort.....	9
7 Literatur- und Bilderverzeichnis.....	10

1 Einleitung

Die Existenz und die Position des Neptuns wurden aufgrund von Störungen auf die Bahnbewegung des Uranus unabhängig voneinander von den Mathematikern John Couch Adams und Jean Joseph Leverrier berechnet. Auf Basis der Berechnungen von Leverrier fand am 23. September 1846 der Astronom Johann Gottfried Galle an der Berliner Sternwarte den Neptun.

Der Neptun hat einen Äquatordurchmesser von 49.528 km und einen Poldurchmesser von 48.628 km. Die Masse des Neptuns beträgt rund 17,1 Erdmassen und seine Dichte $1,67 \text{ g/cm}^3$. Der Planet rotiert in $16^{\text{h}} 03^{\text{min}}$ um seine eigene Achse, welche um $28,32^\circ$ gegenüber seiner Bahnebene geneigt ist. Die Neigung der Rotationsachse liegt damit in einer vergleichbaren Größenordnung wie die der Erde, des Mars und des Saturns, so dass es Jahreszeiten auf dem Neptun gibt. Die Umlaufzeit des Neptuns um die Sonne beträgt 165 Jahre.

Die mittlere Entfernung des Neptuns zur Sonne beträgt rund 4.495 Millionen Kilometer. Im Perihel (sonnennächsten Punkt) seiner Bahn ist er rund 4456 Millionen km, im Aphel (sonnenfernsten Punkt) rund 4537 Millionen km von der Sonne entfernt. Die Bahn des Neptuns hat eine Exzentrizität von $e = 0,0113$ und eine Neigung von $1,769^\circ$ gegenüber der Ekliptik. Der Abstand des Neptuns von der Erde schwankt zwischen 4.305,90 Millionen km (Opposition im Perihel) und 4.687,30 Millionen Kilometer (Konjunktion im Aphel). Die mittlere Oppositions-Entfernung des Neptuns zur Erde beträgt 4.347,31 Millionen km. Die scheinbare Größe der Planetenscheibe von der Erde aus betrachtet schwankt entsprechend zwischen 2,4 und 2,2 Bogensekunden. Die maximale Oppositionshelligkeit beträgt $7^{\text{m}},78$. Bei einer mittleren Oppositionsentfernung zur Erde betragen seine scheinbare Helligkeit $7^{\text{m}},8$ und seine scheinbare Größe 2,3 Bogensekunden. Mit bloßem Auge ist der Neptun also definitiv nicht sichtbar.

Der Neptun verfügt über eine dichte Atmosphäre, welche etwa zu 80,0 Prozent \pm 3,2 Prozent aus molekularem Wasserstoff (H_2), zu 19,0 Prozent \pm 3,2 Prozent aus Helium (He) und zu 1,5 Prozent \pm 0,5 Prozent aus Methan (CH_4) besteht. In geringen Anteilen kommen auch Ammoniak (NH_3), Ethan (C_2H_6) und andere Verbindungen vor. Im Gegensatz zu Jupiter und Saturn ist der Anteil an Methan beim Neptun wie im Falle des Uranus höher. Während es bei Jupiter und Saturn in der oberen Atmosphärenschicht Wolken aus Ammoniak gibt, sind es im Falle des Neptuns wie beim Uranus welche aus Methan. Für die blaue Färbung der Atmosphäre des Neptuns dürfte ebenfalls Methan verantwortlich sein.

Der Aufbau des Neptuns ist noch nicht abschließend erforscht, so dass Modelle darüber erstellt werden. Von außen nach innen nehmen Druck und Temperatur zu. Die äußere Hülle aus molekularem Wasserstoff (H_2) hat eine Dicke von 5.000 km. Diese Hülle ist zunächst gasförmig, dürfte jedoch in der Tiefe in eine flüssige Phase übergehen. Allerdings reichen Druck und Temperatur nicht aus, damit wie beim Jupiter und Saturn der Wasserstoff in einen metallischen Zustand (Gitter aus Protonen, freie Elektronen) übergeht. Der Hülle aus molekularem Wasserstoff schließt sich eine Eisschicht an, deren Dicke mit 10.000 km angenommen wird. Die Eisschichten bei Uranus und Neptun dürften größer als die von Jupiter und Saturn sein. Damit gehören Uranus und Neptun der Gruppe der sogenannten Eisplaneten an, einer Untergruppe der Gasplaneten. Der Kern des Neptuns hat einen Durchmesser von etwa 10.000 km und dürfte ähnlich wie im Falle der anderen Gasplaneten aus Silikaten und Metallen aufgebaut sein

Der Neptun verfügt nach derzeitigem Wissensstand über 14 Monde. Der größte Mond des Neptuns ist Triton. Dieser hat einen Durchmesser von 2720 km und ist aus Eis und Silikaten aufgebaut. Damit ist Triton in Größe und Aufbau vergleichbar mit dem Zwergplaneten Pluto. Des Weiteren verfügt der Neptun über ein Ringsystem.

Als bisher einzige Raumsonde flog am 25. August 1989 die am 20. August 1977 gestartete Sonde Voyager 2 (NASA / USA) am Neptun vorbei.

2 Der Aufbau des Neptun

Der Neptun hat einen Äquatordurchmesser von 49.528 km und einen Poldurchmesser von 48.628 km. Die Masse des Neptuns beträgt rund 17,1 Erdmassen und seine Dichte $1,67 \text{ g/cm}^3$. Damit ist der Neptun nach Jupiter und Saturn der massereichste Planet im Sonnensystem, steht jedoch von seiner Größe her an vierter Stelle nach Jupiter, Saturn und Uranus. Der Aufbau des Neptuns beruht auf Modellen, welche noch verifiziert werden müssen. Aufgrund der großen Entfernung des Planeten von Erde und Sonne ist seine Erforschung schwieriger. Bisher hat es nur eine Raumfahrtmission, die Sonde Voyager 2, zum Neptun gegeben. Allerdings flog sie im August 1989 nur vorbei. Mehr Erkenntnisse über den Neptun dürfte wohl erst eine Orbiter-Mission liefern, welche über einen längeren Zeitraum Beobachtungen und Messungen durchführen würde. Nachfolgend wird nach den gängigen Modellen auf den Aufbau des Neptuns eingegangen. Sein Aufbau ist mit dem des Uranus vergleichbar, doch gibt es sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zum Aufbau von Jupiter und Saturn.

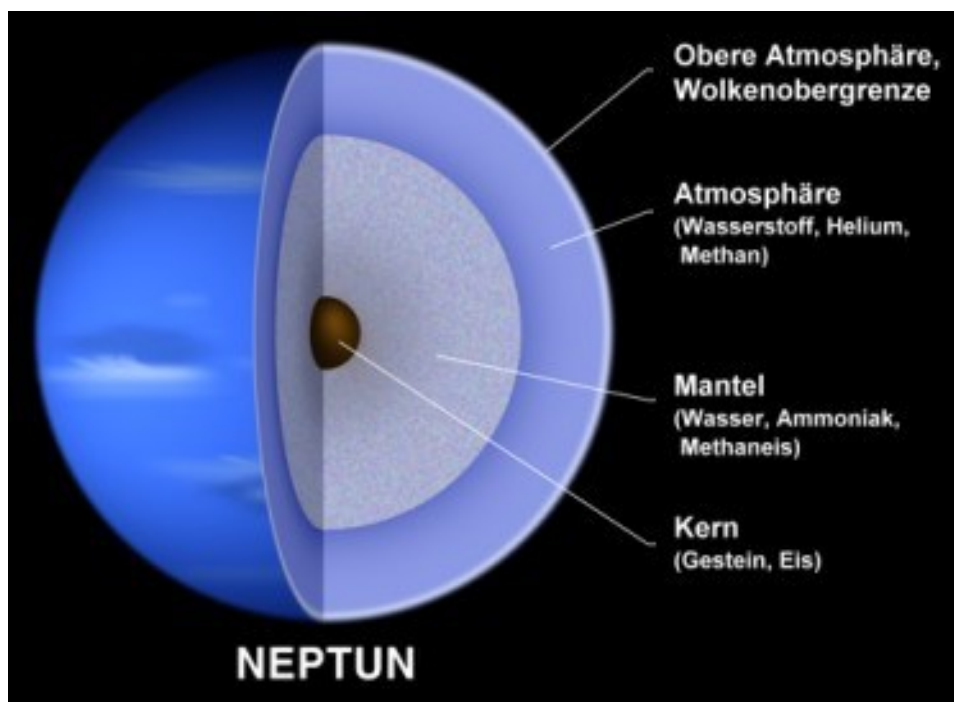


Bild 2: Der Aufbau von Neptun / <http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Bib/neptun.html>

Von außen nach innen nehmen Druck und Temperatur zu. Die äußere Hülle des Neptuns besteht aus molekularem Wasserstoff (H_2) und hat eine Dicke von 5.000 km. Diese Hülle ist zunächst gasförmig, dürfte jedoch in der Tiefe in eine flüssige Phase übergehen. Zwischen gasförmiger und flüssiger Phase dürfte es einen Übergangsbereich mit Konvektion geben.

Druck und Temperatur reichen jedoch nicht aus, damit wie beim Jupiter und Saturn der Wasserstoff in einen metallischen Zustand (Gitter aus Protonen, freie Elektronen) übergeht. Aus diesem Grunde dürfte das Magnetfeld von Neptun deutlich schwächer als das der Planeten Jupiter und Saturn sein. Der metallische Wasserstoff ist die wesentliche Quelle der Magnetfelder von Jupiter und Saturn. Der Neptun besitzt wie der Uranus nur eine dünne Schicht leitenden, metallischen Materials und erzeugt deshalb kein Dipol-, sondern ein Quadrupolfeld mit zwei Nord- und zwei Südpolen. In Folge ist das Magnetfeld asymmetrisch und hat am Äquator eine Stärke von 0,014 Gauß (Dipolmoment: $2 \cdot 10^{27} \text{ G} \cdot \text{cm}^3$). Die Magnetfeldachsen sind derzeit um 59° gegenüber der Rotationsachse des Neptuns geneigt. Es gibt Anzeichen dafür, dass sich die Ausrichtung der Magnetfeldachse in kurzfristigen Zeitabschnitten ändert. Die Ursache für die hohe Neigung der Magnetfeldachse und deren kurzfristige Änderungen sind bisher allerdings noch unbekannt.

Der Hülle aus molekularem Wasserstoff schließt sich eine Eisschicht an, deren Dicke mit 10.000 km angenommen wird. Sie besteht aus gefrorenem Wassereis mit Anteilen von gefrorenem Ammoniak und Methan. Die Eisschichten bei Uranus und Neptun dürften größer als die von Jupiter und Saturn sein. Damit gehören Uranus und Neptun der Gruppe der sogenannten Eisplaneten an, einer Untergruppe der Gasplaneten. Der Kern des Uranus hat einen Durchmesser von etwa 10.000 km und dürfte ähnlich wie im Falle der anderen Gasplaneten aus Silikaten aufgebaut sein.

Der Planet Neptun strahlt rund zweieinhalb Mal so viel Energie ab, wie er von der Sonne empfängt. Die genaue Ursache hierfür ist noch nicht verifiziert. Möglich wären das Freiwerden von potentieller Energie aufgrund der Kontraktion des Planeten oder radioaktive Prozesse im Inneren des Planeten. Im Gegensatz zum Neptun verfügt der Uranus trotz vergleichbaren Aufbaus über keine innere Wärmequelle. Aus diesem Grund sind die Temperaturen in der Atmosphäre trotz der unterschiedlichen Entfernung zur Sonne von vergleichbarer Größe.

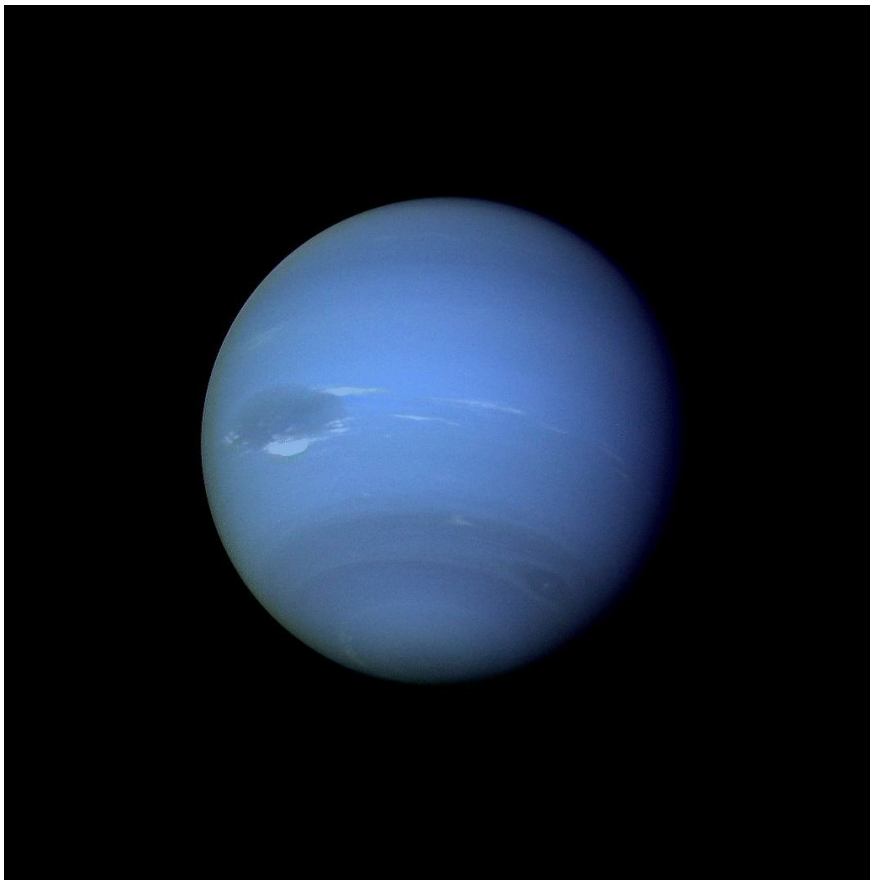


Bild 2: Der Neptun / Voyager 2 (NASA)

3 Die Atmosphäre des Neptun

Die dichte Atmosphäre des Neptuns besteht etwa zu 80,0 Prozent \pm 3,2 Prozent aus molekularem Wasserstoff (H_2), zu 19,0 Prozent \pm 3,2 Prozent aus Helium (He) und zu 1,5 Prozent \pm 0,5 Prozent aus Methan (CH_4). In geringen Anteilen kommen auch Ethan (C_2H_6) und andere Verbindungen vor. So zerlegt die ultraviolette Strahlung der Sonne das Methan in Ethan, Ethin (C_2H_2) und andere Kohlenwasserstoffe. Diese Gase sinken in kühlere und tiefere Bereiche der Atmosphäre ab. Dort kondensieren sie zu Eiskristallen, wobei die Eiskristalle in der Troposphäre des Neptuns bei einer Temperatur von $-190^\circ C$ wieder verdampfen und dabei erneut gasförmiges Methan frei wird. Dieses Methan steigt in die oberen Atmosphärenschichten auf und bildet dort Wolken. Während es bei Jupiter und Saturn in der oberen Atmosphärenschicht Wolken aus Ammoniak gibt, sind es beim Neptun wie im Falle des Uranus welche aus Methan.

Im Gegensatz zu Jupiter und Saturn ist der Anteil an Methan wie im Falle des Uranus beim Neptun höher. Das Methan ist auch für die bläuliche Färbung des Neptuns verantwortlich. Das Methan absorbiert den langwelligen Anteil des optischen Lichtes, also den rötlichen bis gelblichen Bereich. Der kurzwellige Anteil, also der grün-blaue Bereich des Lichtspektrums, kann ungehindert das Methan passieren und wird durch Streuung in der ganzen Atmosphäre verteilt. Die blau-grüne Färbung des Uranus hat die gleiche Ursache. Nicht geklärt sind allerdings bisher die unterschiedlichen Färbungen von Uranus und Neptun. Der Uranus erscheint blau-grünlich während der Neptun blau erscheint.

In der Atmosphäre des Neptuns finden dynamische Prozesse statt, stärker als zuvor vermutet wurde. Ein Grund hierfür dürfte die bereits im vorherigen Kapitel beschriebene innere Energie des Neptuns sein. Die Atmosphäre des Neptuns ist auch detailreicher als die des Uranus, welcher ja über keine innere Energiequelle verfügt. Allerdings ist der Uranus auch nur halb so weit von der Sonne entfernt wie der Neptun, so dass er mehr Sonnenstrahlung erhält. Es zeigen sich in der Atmosphäre des Neptuns helle, weiße, zirrenartige Wolken und dunkle Strukturen. Des Weiteren entdeckte die Raumsonde Voyager 2 bei ihrem Vorbeiflug einen großen dunklen Fleck, welcher vergleichbar mit dem Großen Roten Fleck des Jupiters ist. Auch bei dem großen dunklen Fleck handelt es sich um einen gewaltigen Wirbelsturm. Beobachtungen mit dem Hubble-Weltraumteleskop scheinen zu zeigen, dass sich dieser Wirbelsturm vermutlich aufgelöst hat. Neben Wirbelstürmen gibt es eine gewaltige globale Strömung in der Atmosphäre des Neptuns, mit Stürmen, welche Geschwindigkeiten von bis zu mehr als Tausend Kilometer pro Stunde erreichen. Diese Strömung bewegt sich entgegen der Rotation des Neptuns um den Planeten, so dass die Rotationsdauer der obersten Wolkenschichten etwa 18 Stunden beträgt. Zum Vergleich: Die Rotationsperiode des Neptuns beträgt etwa 16 Stunden. Auch hier besteht ein Unterschied zum Uranus. Im Falle des Uranus erfolgen die globalen atmosphärischen Strömungen in Rotationsrichtung des Planeten.

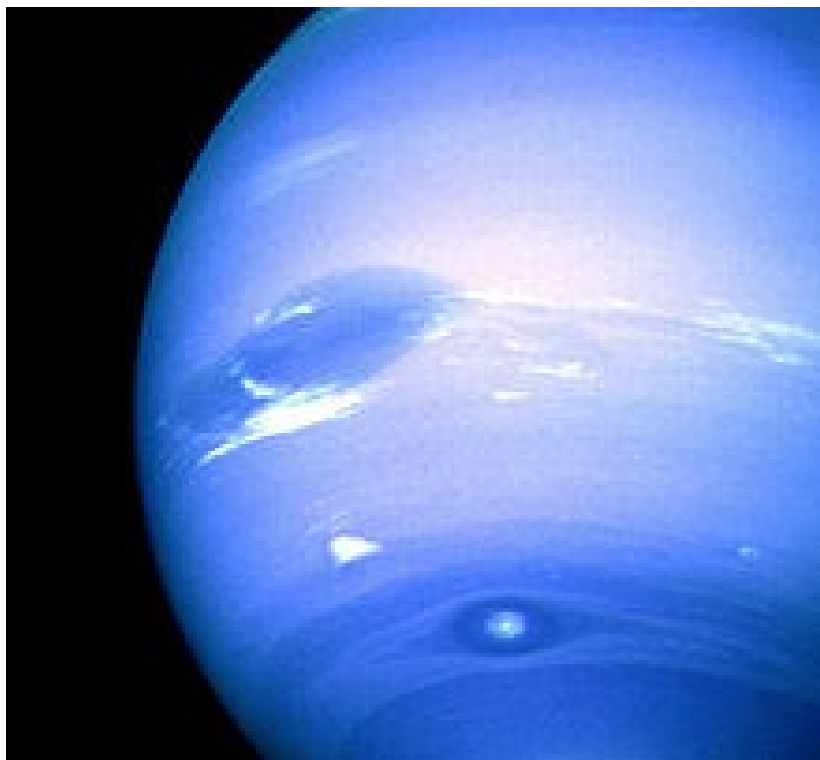


Bild 3: Die Atmosphäre des Neptun / Voyager 2 NASA

4 Die Bahnbewegung des Neptun

Die mittlere Entfernung des Neptuns zur Sonne beträgt rund 4.495 Millionen Kilometer. Bei einer mittleren Bahngeschwindigkeit von 5,4 km/s benötigt der Neptun 165 Jahre für einen Umlauf (siderische Umlaufperiode) um die Sonne. Seit seiner Entdeckung im Jahr 1846 hat der Neptun erst im Jahre 2011 einen vollständigen Umlauf um die Sonne vollzogen.

Die Bahn des Neptuns hat eine Exzentrizität von $e = 0,0113$ und eine Neigung von $1,769^\circ$ gegenüber der Ekliptik. Sie ist also fast kreisförmig. Im Perihel (sonnennächsten Punkt) seiner Bahn ist er rund 4456 Millionen km, im Aphel (sonnenfernsten Punkt) 4537 Millionen km von der Sonne entfernt. Der Abstand des Neptuns von der Erde schwankt zwischen 4.305,90 Millionen km (Opposition im Perihel) und 4.687,30 Millionen Kilometer (Konjunktion im Aphel).

Die mittlere Oppositions-Entfernung des Neptuns zur Erde beträgt 4.347,31 Millionen km. Die scheinbare Größe der Planetenscheibe von der Erde aus betrachtet schwankt entsprechend zwischen 2,4 und 2,2 Bogensekunden. Die maximale Oppositionshelligkeit beträgt $7^m,78$. Die mittlere synodische Umlaufperiode, die Zeitdauer zwischen zwei Oppositionsstellungen des Neptuns, beträgt 367,49 Tage. Bei einer mittleren Oppositionsentfernung zur Erde beträgt seine scheinbare Helligkeit $7^m,8$ und seine scheinbare Größe 2,3 Bogensekunden. Mit bloßem Auge ist der Neptun also definitiv nicht sichtbar.

Entfernungen im Sonnensystem werden in Astronomischen Einheiten (AE) angegeben. Eine AE ist die mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne ($1 \text{ AE} = 149\,597\,870,7 \text{ km}$). Der Neptun hat eine mittlere Entfernung von rund 30 AE. In einem Bereich von 30 bis 50 AE liegt der sogenannte Kuiper-Gürtel. Dieser besteht aus Zwergplaneten und Kleinkörpern, welche aus Eis und Silikaten bestehen. Zwischen einigen Objekten im Kuiper-Gürtel, den sogenannten Plutinos, bestehen Bahnresonanzen mit dem Neptun. So beträgt das Verhältnis der Umlaufzeiten zwischen dem Neptun und den Plutinos 3:2. Das größte Objekt dieser Plutinos ist der Zwergplanet Pluto. Wenn der Neptun drei Umläufe um die Sonne durchgeführt hat, so hat der Pluto im gleichen Zeitraum zwei entsprechende Umläufe durchgeführt.

5 Die Monde und Ringe des Neptun

Nach derzeitigem Stand sind 14 Monde des Neptuns bekannt, welche Durchmesser von 18 bis 2.707 Kilometern haben. Die tatsächliche Anzahl, besonders im Bereich von noch kleineren Durchmessern, dürfte jedoch höher sein.

Der Neptunmond Triton hat einen Durchmesser von 2.707 km und wurde bereits am 10. Oktober 1846 vom britischen Amateurastronomen William Lassell (1799 – 1800) entdeckt, welcher auf der Insel Malta beobachtete. Damit wurde der Triton nur knapp über zwei Wochen nach der Entdeckung des Neptuns gefunden. Auf den Triton wird weiter unten ausführlicher eingegangen. Der zweite Neptunmond Nereid hat einen Durchmesser von $340 \text{ km} \pm 50 \text{ km}$ und wurde am 01. Mai 1949 vom US-amerikanischen Astronomen Gerard Peter Kuiper (1905 – 1973) entdeckt. Aufgrund einer extremen Bahnexzentrizität von $e = 0,7507$ schwankt die Entfernung von Nereid zum Neptun zwischen einer Million und zehn Millionen Kilometer, wobei die mittlere Entfernung 5,159 Millionen Kilometer beträgt. Damit hat Nereid die größte Exzentrizität von allen Monden im Sonnensystem. Nereid könnte aufgrund seiner Bahn einmal ein Objekt des Kuiper-Gürtels, welcher jenseits der Neptunbahn lokalisiert ist, gewesen sein. Die Bahnexzentrizität könnte auch auf den gravitativen Einfluss von Triton zurückzuführen sein. Sechs weitere Monde mit Durchmessern zwischen 67 und 420 km wurden beim Vorbeiflug von Voyager 2 im Jahre 1989 entdeckt. Mit modernen Teleskopen wurden zwischen 2002 und 2013 sechs weitere Monde mit Durchmessern zwischen 18 und 60 km entdeckt. Die tatsächliche Anzahl der Neptunmonde dürfte noch höher sein.

Nachfolgend soll auf den Neptunmond Triton ausführlicher eingegangen werden, der aufgrund von Aufbau und Größe eine besondere Stellung unter den Neptunmonden einnimmt.

Der Triton bewegt sich auf einer fast kreisförmigen Bahn in einem mittleren Abstand von 354.800 um den Neptun und benötigt für einen Umlauf 21 Stunden. Diese Werte sind fast vergleichbar mit den Werten für das System Erde-Mond. Allerdings ist die Bahn von Triton gegenüber der Bahnebene des Neptuns um 157° geneigt, was ungewöhnlich ist. Des Weiteren läuft der Triton retrograd, also entgegengesetzt der Rotationsrichtung des Neptuns, um den Planeten, was ebenfalls ungewöhnlich ist. Während der Oppositionsstellung des Neptuns kann Triton eine Helligkeit von $13^m,5$ erreichen und ist so auch für entsprechend ausgerüstete Amateurastronomen beobachtbar.

Heute ist die Auffassung vorherrschend, dass der Triton aus dem Kuiper-Gürtel stammt und von Neptun eingefangen wurde. Allerdings konnte er nur mit Hilfe eines weiteren Himmelskörpers eingefangen werden. Es wird daher vermutet das Triton, ähnlich wie Pluto und Charon, ein Doppelplanet war. Das Triton-System kam seinerzeit dem Neptun zu nah, so dass sich alle drei Körper um einen gemeinsamen Schwerpunkt bewegten. In diesem System kam der Triton dem Neptun besonders nah und hatte gleichzeitig eine geringe Relativbewegung. Er wurde eingefangen, während sein Begleiter durch die Gezeitenkräfte des Neptuns fortgeschleudert und zum Absturz auf den Neptun gebracht wurde. Triton und der Zwergplanet Pluto sind von vergleichbarem Aufbau, bestehen aus Eis und Silikaten. Die Oberfläche von Triton besteht aus gefrorenem Methan und Stickstoff. Im Gegensatz zum blauen Neptun erscheint Triton leicht rosa gefärbt. Auf seiner Oberfläche gibt es Kryovulkanismus, hervorgerufen durch die Gezeitenkräfte des Neptuns, sowie Geysire aus flüssigem Stickstoff. In Innern von Triton dürfte es in ein paar Dutzend Metern Tiefe noch Stickstoff in flüssiger Form geben. Die Oberflächentemperatur auf Triton liegt bei -238°C bis -235°C . Damit ist die Temperatur sogar noch etwas niedriger als auf dem Pluto. Bei diesen tiefen Temperaturen sind das gefrorene Methan und der gefrorene Stickstoff steinhart. Der Neptunmond Triton verfügt über eine extrem dünne Atmosphäre, mit einem Druck auf seiner Oberfläche von 10 Mikrobar. Das entspricht etwa einem Hunderttausendstel des irdischen Luftdrucks in Meereshöhe.

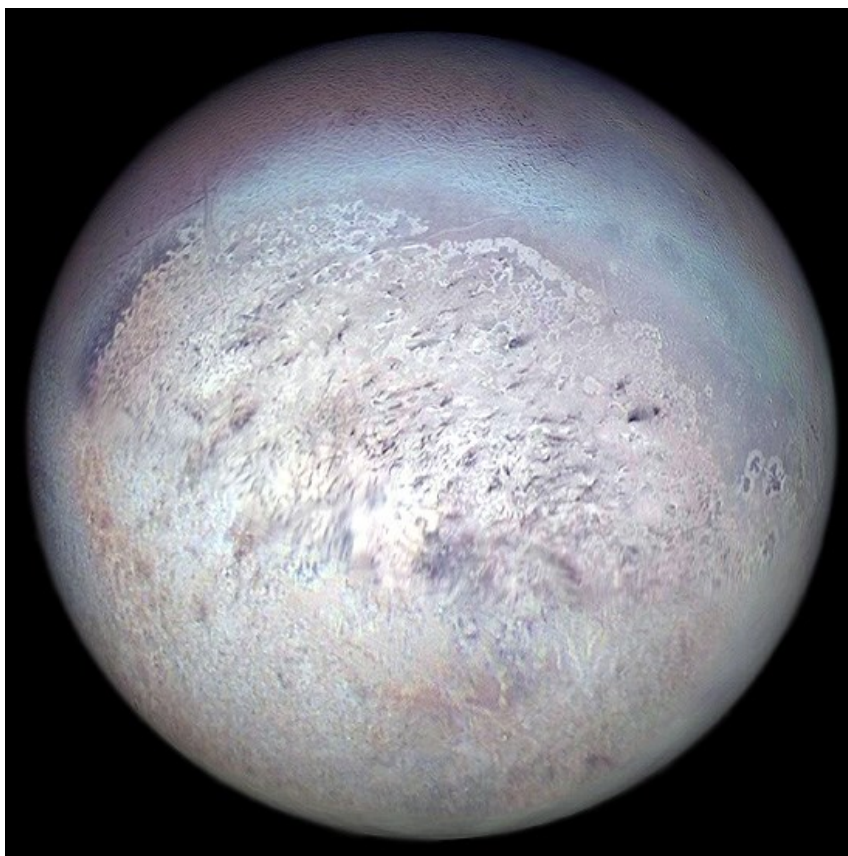


Bild 4: Der Neptun-Mond Triton / Voyager 2 (NASA)

Infolge der retrograden Umlaufbewegung von Triton um den Neptun verliert der Mond immer mehr an Bahndrehimpuls und kommt dem Neptun immer näher. Die sogenannte Roche-Grenze des Neptuns liegt bei einem Radius von 50.000 km um den Mittelpunkt des Planeten. Beim Unterschreiten dieser Grenze wird der Triton durch die Gezeitenkräfte des Neptuns zerrissen und seine Trümmer werden einen imposanten Ring um den Planeten bilden. Der Neptun besitzt allerdings schon jetzt ein Ringsystem. Die Raumsonde Voyager 2 entdeckte fünf Ringe, welche den Neptun umgeben. Sie bestehen aus Partikeln von unterschiedlicher Größe. Die Partikelgrößen reichen von winzigen Staubpartikeln, welche in einer Größenordnung von der Wellenlänge des Lichtes sind, bis zu Felsbrocken in der Größe eines Hauses. Bereits Anfang der 1980er Jahre wurden Hinweise auf ein Ringsystem entdeckt. Kurz bevor der Neptun einen Stern bedeckte sowie kurz danach schwankte die Helligkeit des entsprechenden Sterns. In diesem Fall wurde das Sternlicht durch die Ringe des Neptuns geschwächt.

6 Schlusswort

Am Schluss soll noch einmal etwas ausführlicher auf die Entdeckung des Neptuns eingegangen werden. Dieser Planet wurde nicht zufällig entdeckt, sondern seine Existenz und Position aufgrund von Störungen auf die Bahnbewegung des Uranus berechnet. Unabhängig voneinander berechneten der britische Mathematiker John Couch Adams (1819 - 1892) und der französische Mathematiker Jean Joseph Leverrier (1811 - 1877) die Position des Planeten. Letzterer sendete eine entsprechende Depesche mit den Ergebnissen dieser Berechnungen an die Berliner Sternwarte, wo sie am 23. September 1846 ankam. Noch am gleichen Abend, innerhalb von einer halben Stunde, fand der Astronom Johann Gottfried Galle (1812 - 1910) auf Basis der Berechnungen von Leverrier den Neptun in der Nähe der vorausberechneten Stelle. Der Mathematiker John Couch Adams sendete die Ergebnisse seiner Berechnungen an das Observatorium von Greenwich. Allerdings waren die Berechnungen von Adams nicht genau genug, um den Planeten zu finden, wie Historiker aus dem Bereich der Astronomiegeschichte herausfanden. Auch ließ der Direktor des Observatoriums in Greenwich, George Biddell Airy (1801 – 1892), nicht mit Nachdruck nach dem Planeten suchen. So wurde der Planet von Johann Gottfried Galle an der Berliner Sternwarte gefunden. Letzterer sah sich allerdings nie als der Entdecker des achten Planeten. Nach seiner Auffassung gebührte diese Ehre den Mathematikern, welche seine Existenz und Position berechnet hatten. Erst nach längeren Querelen erhielt der Planet den Namen Neptun, benannt nach den römischen Meeresherrn, und sein damals einzig bekannter Mond den Namen Triton.

Nach derzeitigem Stand bildet Neptun den äußersten Planeten im Sonnensystem. Aufgrund von restlichen Störungen auf die Bahnbewegungen von Uranus und Neptun wurde ein neunter Planet vermutet und gesucht. Mit der Entdeckung des Plutos am 18. Februar 1930 durch Clyde Tombaugh wurde scheinbar tatsächlich ein neunter Planet entdeckt. Mit einem angenommenen Durchmesser von rund 6.000 km schien der Pluto allerdings relativ klein zu sein. Später wurde der Durchmesser des Plutos auf rund 2.300 km korrigiert. Seine Masse ist äußerst gering. Für Bahnstörungen, welche sich mittlerweile auch anders erklären lassen, konnte er nicht verantwortlich sein. Anfang der 2000er Jahre wurde klar, dass der Pluto nur ein größeres Objekt im sogenannten Kuiper-Gürtel ist. Im Jahr 2006 verlor der Pluto nach einer Entscheidung der Internationalen Astronomischen Union (IAU) seinen Planetenstatus und wird seitdem als Zwergplanet klassifiziert. Damit ist Neptun seit 2006 wieder der äußerste Planet im Sonnensystem.

Nach einer Theorie der Astronomen Konstantin Batygin und Michael E. Brown vom California Institute of Technology (Caltech), welche am 19. Januar 2016 veröffentlicht wurde, könnte es einen neunten Planeten geben. Hierbei würde es sich um einen Eisplaneten mit etwa 10 Sonnenmassen handeln, welcher im Aufbau vergleichbar mit Uranus und Neptun sein könnte. Dieser Planet würde die Sonne in einem Entfernungsbereich von 30 Milliarden Kilometern (Perihel) bis 180 Milliarden Kilometern (Aphel) umkreisen. Für einen Umlauf um die Sonne benötigt der hypothetische Planet 10.000 bis 20.000 Jahre.

Hintergrund für diese Theorie sind die bisher unerklärlichen Ausrichtungen der lang gestreckten Bahnellipsen von sechs Objekten des Kuiper-Gürtels in eine bestimmte Richtung. Die bisher plausibelste Erklärung hierfür wäre ein Planet mit den oben beschriebenen Bahnelementen und Eigenschaften. Doch noch ist dieser hypothetische Planet nicht gefunden worden. Es gibt auch weitere Annahmen und Theorien für einen möglichen neunten Planeten. Doch nach derzeitigem Stand der Forschung ist der Neptun noch der äußerste Planet im Sonnensystem.

Diese Abhandlung über den Neptun ist das Ergebnis einer Literaturrecherche. Die hierfür verwendete Literatur ist im Literaturverzeichnis aufgeführt und eignet sich auch zur Vertiefung der Thematik. Ich möchte allen sehr danken, welche mir beim Erstellen der Abhandlung geholfen haben. Dies gilt vor allem für das Korrekturlesen und die Zurverfügungstellung von Bildern.

7 Literatur- und Bilderverzeichnis

Folgende Literatur fand bei der Erstellung dieser Abhandlung Verwendung und kann zur Vertiefung der Thematik empfohlen werden:

- 1) Arnold Hanslmeier, Einführung in die Astronomie und Astrophysik, 2013.
- 2) A. Weigert, H.J. Wendker, L. Wisotzki, Astronomie und Astrophysik, 2009.
- 3) Hans Ulrich Keller, Das Himmelsjahr 2016 –Monatsthema: Die Magnetfelder der Planeten, 2015.
- 4) Kenneth R. Lang / Charles A. Whitney, Planeten – Wanderer im All, 1993.
- 5) Rudolf Kippenhahn, Unheimliche Welten, 1987.
- 6) <http://www.planetenkunde.de/>, abgerufen im Dezember 2016.

Bilderverzeichnis:

Titelbild: NASA

Bild 1: <http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Bib/neptun.html>

Bild 2: Voyager 2 /NASA

Bild 3: Voyager 2 /NASA

Bild 4: Voyager 2 /NASA