

Astronomie und Astrophysik

Der Planet Uranus

von

Andreas Schwarz



Stand: 28.12.2016

0 Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....3

2 Der Aufbau des Uranus.....4

3 Die Atmosphäre des Uranus.....5

4 Die Bahnbewegung des Uranus.....6

5 Die Monde und Ringe des Uranus.....7

6 Schlusswort.....8

7 Literatur- und Bilderverzeichnis.....8

1 Einleitung

Der Uranus wurde am 13. März 1781 vom britischen Astronomen Friedrich Wilhelm Herschel (1738 – 1822) entdeckt. Er hat einen Äquatordurchmesser von 51.118 km und einen Poldurchmesser von 49.946 km. Die Masse des Uranus beträgt rund 14,5 Erdmassen und seine Dichte $1,27 \text{ g/cm}^3$. Der Uranus rotiert in $17^{\text{h}} 14^{\text{min}}$ um seine eigene Achse, wobei letztere um 98° gegenüber seiner Bahnebene geneigt ist. Die Rotationsachse liegt förmlich in der Bahnebene. Die Umlaufzeit des Uranus um die Sonne beträgt 84 Jahre, so dass aufgrund der Lage seiner Rotationsachse jeder Pol des Planeten jeweils etwa 42 Jahre der Sonne ausgesetzt ist.

Die mittlere Entfernung des Uranus zur Sonne beträgt rund 2.872,46 Millionen Kilometer. Im Perihel (sonnennächsten Punkt) seiner Bahn ist er rund 2.741,30 Millionen km, im Aphel (sonnenfernsten Punkt) 3.003,62 Millionen km von der Sonne entfernt. Die Bahn des Uranus hat eine Exzentrizität von $e = 0,0457$ und eine Neigung von $0,772^\circ$ gegenüber der Ekliptik. Der Abstand des Uranus von der Erde schwankt zwischen 2.581,90 Millionen km (Opposition im Perihel) und 3.157,30 Millionen Kilometer (Konjunktion im Aphel). Die mittlere Oppositions-Entfernung des Uranus zur Erde beträgt 2.719,99 Millionen km. Die scheinbare Größe der Planetenscheibe schwankt entsprechend zwischen 4,1 und 3,3 Bogensekunden. Die maximale Oppositionshelligkeit beträgt $5^{\text{m}},32$. Bei einer mittleren Oppositionsentfernung zur Erde beträgt seine scheinbare Helligkeit $5^{\text{m}},5$ und seine scheinbare Größe 3,9 Bogensekunden. Theoretisch ist der Uranus also noch mit bloßem Auge sichtbar. Doch praktisch ist dies nur unter extrem guten Sichtbarkeitsbedingungen und bei genauester Kenntnis seiner Lage am Sternenhimmel möglich.

Der Uranus verfügt über eine dichte Atmosphäre, welche etwa zu $82,5 \pm 3,3$ Prozent aus molekularem Wasserstoff (H_2), zu 15,2 Prozent $\pm 3,3$ Prozent aus Helium (He) und zu 2,3 Prozent $\pm 0,5$ Prozent aus Methan (CH_4) besteht. In geringen Anteilen kommen auch Ammoniak (NH_3) und andere Verbindungen vor. Im Gegensatz zu Jupiter und Saturn ist der Anteil an Methan beim Uranus höher. Während es bei Jupiter und Saturn in der oberen Atmosphärenschicht Wolken aus Ammoniak gibt, sind es beim Uranus welche aus Methan. Für die blau-grüne Färbung der Atmosphäre des Uranus dürfte ebenfalls Methan verantwortlich sein.

Der Aufbau des Uranus 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 8.000 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 übergeht. Der Hülle aus molekularem Wasserstoff schließt sich eine Eisschicht an, deren Dicke mit etwa 10.000 km angenommen wird. Die Eisschichten bei Uranus und Neptun dürften dicker 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 8.000 km und dürfte aus Silikaten sowie Metallen bestehen.

Der Uranus verfügt nach derzeitigem Wissensstand über 27 Monde mit Durchmessern von 16 bis 1.578 km. Bis 1986, dem Vorbeiflug der Raumsonde Voyager 2, waren fünf Monde bekannt: Ariel, Umbriel, Titania, Oberon und Miranda. Sie wurden zwischen 1787 und 1948 entdeckt und haben Durchmesser von 472 bis 1.578 km.

Als bisher einzige Raumsonde flog am 20. Januar 1986 die am 20. August 1977 gestartete Sonde Voyager 2 (NASA / USA) am Uranus vorbei.

2 Der Aufbau des Uranus

Der Uranus hat einen Äquatordurchmesser von 51.118 km und einen Poldurchmesser von 49.946 km. Die Masse des Uranus beträgt rund 14,5 Erdmassen und seine Dichte $1,27 \text{ g/cm}^3$. Damit ist der Uranus nach Jupiter und Saturn der größte Planet, steht jedoch von seiner Masse her an vierter Stelle nach Jupiter, Saturn und Neptun. Der Aufbau des Uranus 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 mit der NASA/US-Sonde Voyager 2 nur eine Raumfahrtmission zum Uranus gegeben. Allerdings flog sie nur vorbei. Mehr Erkenntnisse über den Uranus 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 Uranus eingegangen. Sein Aufbau ist mit dem des Neptuns vergleichbar, doch gibt es sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zum Aufbau von Jupiter und Saturn.

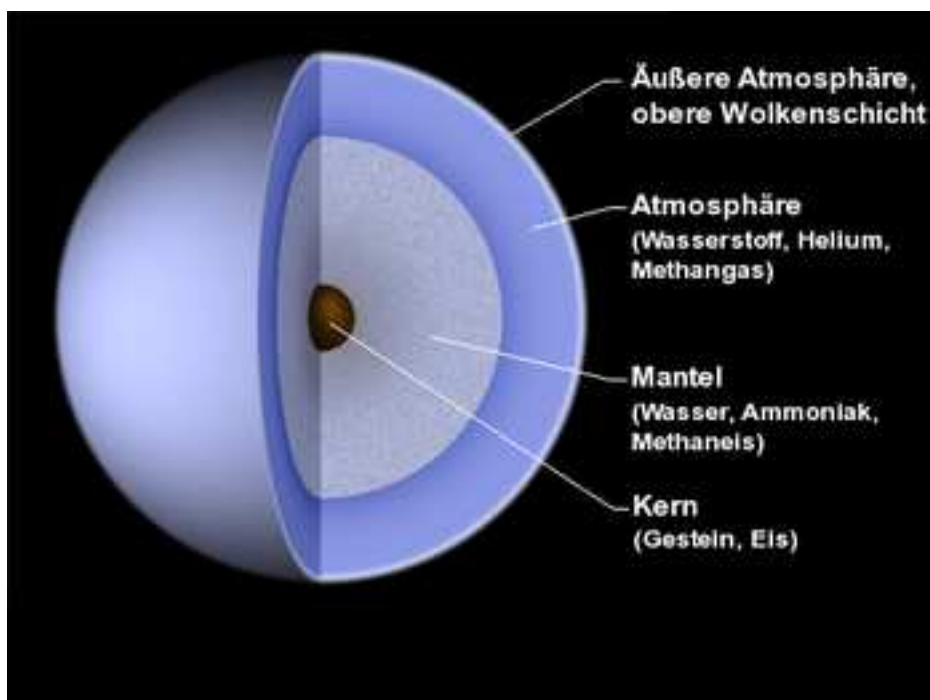


Bild 1: Der Aufbau des Uranus / Quelle: wikipedia.org

Von außen nach innen nehmen Druck und Temperatur zu. Die äußere Hülle des Uranus besteht aus molekularem Wasserstoff (H_2) und hat eine Dicke von etwa 8.000 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 Uranus deutlich schwächer als das der Planeten Jupiter und Saturn sein. Der metallische Wasserstoff ist die wesentliche Quelle der Magnetfelder von Jupiter und Saturn. Der Uranus besitzt nur eine dünne Schicht leitenden, metallischen Materials und erzeugt deshalb kein Dipol-, sondern ein Quadrupolfeld mit zwei Nord- und zwei Südpolen. Die Magnetfeldachsen sind derzeit um 59° gegenüber der Rotationsachse des Uranus geneigt. Die Stärke des asymmetrischen Magnetfeldes liegt in einem Bereich zwischen 0,1 Gauß in der südlichen Hemisphäre und 1,1 Gauß in der nördlichen Hemisphäre. Die durchschnittliche Stärke des Magnetfeldes liegt bei 0,23 Gauß. Das magnetische Dipolmoment beträgt $3,8 \cdot 10^{27} \text{ G} \cdot \text{cm}^3$. Es gibt Anzeichen dafür, dass sich die Ausrichtung der Magnetfeldachse in kurzfristigen Zeitabschnitten ändert. Die Ursache für die hohe Neigung der Magnetfeldachse und deren kurzfristigen Änderungen sind allerdings noch unbekannt.

Der Hülle aus molekularem Wasserstoff schließt sich eine Eisschicht an, deren Dicke rund 10.000 km betragen dürfte. Sie besteht aus gefrorenem Wassereis mit Anteilen aus 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 rund 8.000 km und dürfte ähnlich wie im Falle der anderen Gasplaneten aus Silikaten und Metallen aufgebaut sein. Im Zentrum des Uranus dürften Druck und Temperatur Werte von 8 Millionen bar und 5.000°C erreichen.

Der Planet Uranus verfügt im Gegensatz zum Jupiter, Saturn und Neptun über keine innere Energiequelle. So scheint es weder eine Kontraktion des Planeten noch radioaktive Quellen in seinem Innern zu geben. Insofern ist dies ein deutlicher Unterschied zum Neptun, welcher rund zweieinhalb Mal so viel Energie abstrahlt, wie er von der Sonne empfängt.



Bild 2: Der Uranus / Quelle: NASA

3 Die Atmosphäre des Uranus

Die dichte Atmosphäre des Uranus besteht etwa zu 82,0 Prozent \pm 3,3 Prozent aus molekularem Wasserstoff (H_2), zu 15,2 Prozent \pm 3,3 Prozent aus Helium (He) und zu 2,3 Prozent \pm 0,5 Prozent aus Methan (CH_4). In geringen Anteilen kommen auch Ammoniak und andere Verbindungen vor. Bei dem Vorbeiflug von Voyager 2 im Januar 1986 zeigte sich die Atmosphäre des Uranus weitgehend strukturlos. In der obersten Atmosphärenschicht fanden sich Wolken aus Methan. Im Falle von Jupiter und Saturn bestehen entsprechende Wolken aus Ammoniak. Der höhere Methananteil im Falle von Uranus ist für seine blau-grünliche Farbe 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. Im Gegensatz zu Jupiter, Saturn und Neptun besitzt der Uranus keine innere Energiequelle und muss daher alleine mit der Energiezufuhr von der Sonne auskommen, welche relativ weit entfernt ist. In Folge ist die Wetteraktivität in der Atmosphäre des Uranus entsprechend gering. Aufgrund der fehlenden inneren Energiequelle gibt es keine Konvektion in der Atmosphäre des Uranus und sie ist daher sehr stabil.

Beim Aufbau der Atmosphäre werden drei Schichten unterschieden: Die Troposphäre, die Stratosphäre und die Thermosphäre. Druck und Temperatur liegen in der äußersten Atmosphärenschicht bei 0,1 bar und -220°C (53 K). Mit zunehmender Tiefe steigen Druck und Temperatur. Bei einem Atmosphärendruck von einem bar liegt die Temperatur bei -197°C (76 K). Mit zunehmender Tiefe nehmen Druck und Temperatur zu, so dass der gasförmige molekulare Wasserstoff in seine flüssige Phase übergeht. Dafür gibt es jedoch keine scharfe Grenze, sondern einen konvektiven Übergangsbereich. Dieser markiert das untere Ende der Atmosphäre.

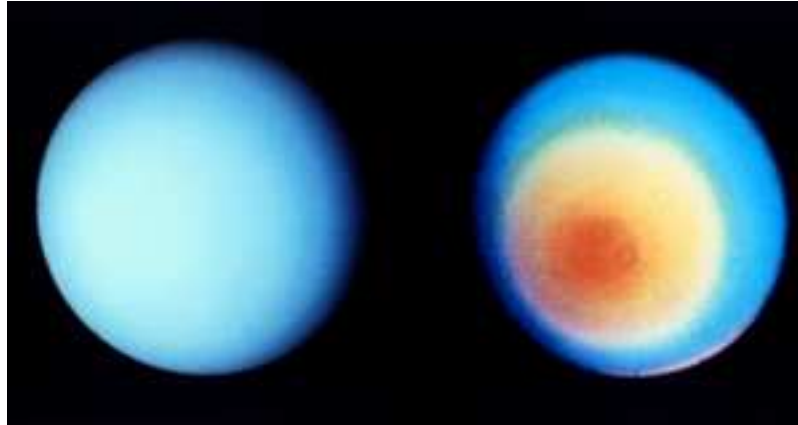


Bild 3: Die Atmosphäre des Uranus: südliche Hemisphäre in annähernd natürlichen Farben (links) und in höheren Wellenlängen (rechts). In höheren Wellenlängen zeigen sich Wolkenbänder und eine Art Haube in der Atmosphäre: Bilder: Voyager 2 / NASA

4 Die Bahnbewegung des Uranus

Die mittlere Entfernung des Uranus zur Sonne beträgt rund 2.872,46 Millionen Kilometer. Bei einer mittleren Bahngeschwindigkeit von 6,81 km/s benötigt der Uranus 84 Jahre für einen Umlauf (siderische Umlaufperiode) um die Sonne. Seit seiner Entdeckung im Jahr 1781 hat der Uranus zwei vollständige Sonnenumläufe vollzogen. Der letzte war im Jahr 1949 vollzogen worden, so dass sein dritter Sonnenumlauf seit seiner Entdeckung im Jahr 2033 vollzogen sein wird.

Die Bahn des Uranus hat eine Exzentrizität von $e = 0,00457$ und eine Neigung von $0,772^{\circ}$ gegenüber der Ekliptik. Im Perihel (sonnennächsten Punkt) seiner Bahn ist er 2.741,30 Millionen km, im Aphel (sonnenfernsten Punkt) 3.003,62 Millionen km von der Sonne entfernt. Der Abstand des Uranus von der Erde schwankt zwischen 2.581,90 Millionen km (Opposition im Perihel) und 3.157,30 Millionen Kilometer (Konjunktion im Aphel).

Die mittlere Oppositions-Entfernung des Uranus zur Erde beträgt 2.719,99 Millionen km. Die scheinbare Größe der Planetenscheibe von der Erde aus betrachtet schwankt entsprechend zwischen 4,1 und 3,3 Bogensekunden. Die maximale Oppositionshelligkeit beträgt $5^{\text{m}},32$. Die mittlere synodische Umlaufperiode, die Zeitdauer zwischen zwei Oppositionsstellungen des Uranus, beträgt 369,66 Tage. Bei einer mittleren Oppositionsentfernung zur Erde beträgt seine scheinbare Helligkeit $5^{\text{m}},5$ und seine scheinbare Größe 3,3 Bogensekunden. Theoretisch ist der Uranus also noch mit bloßem Auge sichtbar. Doch praktisch ist dies nur unter extrem guten Sichtbarkeitsbedingungen und bei genauester Kenntnis seiner Lage am Sternenhimmel möglich.

5 Die Monde und Ringe des Uranus

Nach derzeitigem Stand sind 27 Monde des Uranus bekannt, welche Durchmesser von 16 bis 1.578 km haben. Die tatsächliche Anzahl, besonders im Bereich von noch kleineren Durchmessern, dürfte jedoch höher sein. Die Monde Ariel, Miranda, Oberon, Titania und Umbriel haben Durchmesser von 472 bis 1.578 km und wurden in den Jahren von 1787 bis 1948 entdeckt. Die Raumsonde Voyager 2 entdeckte bei ihrem Vorbeiflug im Jahre 1986 zehn weitere Monde mit Durchmessern von 40 bis 162 km. Der größte von ihnen, der Mond Puck, wurde bereits bei der Annäherung von Voyager 2 Ende 1985 entdeckt. Mit modernen Teleskopen wurden zwischen 1997 und 2003 zwölf weitere Monde entdeckt, welche Durchmesser zwischen 16 und 150 km haben.

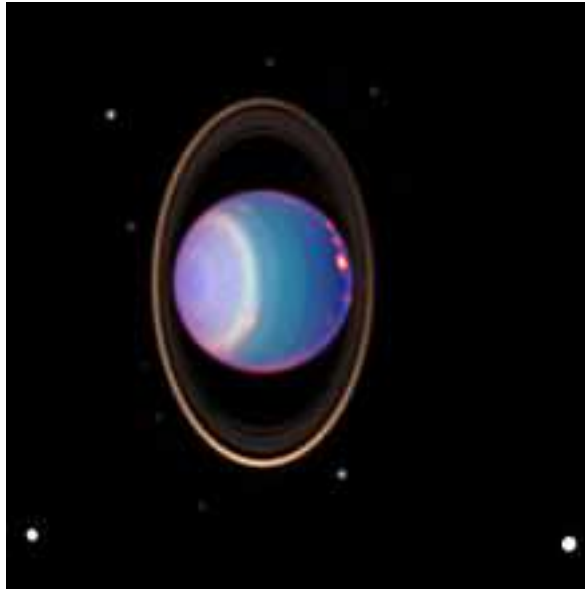


Bild 4: Der Uranus mit Ring im nahen Infrarot aufgenommen / Falschfarbendarstellung / Hubble-Weltraumteleskop 1998 / NASA

Bereits im Jahr 1977 wurden Ringe um den Planeten Uranus entdeckt. Kurz vor und nach einer Sternbedeckung durch den Uranus schwächte sich das Sternlicht mehrfach ab. Die Raumsonde Voyager 2 bestätigte die Entdeckung und lieferte weitere Einzelheiten über die Ringe des Uranus. Nach derzeitigem Stand gibt es 13 Ringe um den Uranus, von denen der hellste als ϵ -Ring bezeichnet wird. Die Ringe bestehen aus dunklen Partikeln, welche bis zu 10 Meter Durchmesser erreichen können. Der im Jahre 2005 mit dem Hubble-Weltraumteleskop entdeckte, aus Eis bestehende Uranusmond Map löst sich vermutlich aufgrund von Meteoriten-Impakten auf und wird so Material in Form von feinsten Eiskristallen für neue Ringe liefern.



Bild 4: Uranus mit Ringen und einer hellen Wolke (Hubble-Weltraumteleskop / NASA)

6 Schlusswort

Mit der Entdeckung des Uranus am 13. März 1781 verdoppelte sich der Bereich der großen Planeten im Sonnensystem. Der Uranus ist etwa doppelt so weit entfernt wie der Saturn. Des Weiteren lieferte der Uranus dann noch den Hinweis auf einen weiteren Planeten. Aufgrund der beobachteten Störung der Bahnbewegung des Uranus konnte dann die Existenz und Position des Neptuns berechnet werden.

Der Planet Uranus gehört zu den Gasplaneten und gehört dort zur Untergruppe der sogenannten Eisplaneten. Wie Jupiter und Saturn hat der Uranus eine dichte Atmosphäre aus Wasserstoff und Helium. In geringen Anteilen kommen auch Methan, Ammoniak und andere Verbindungen vor. Der Methananteil ist allerdings beim Uranus höher als bei Jupiter und Saturn. Auch für die blau-grüne Färbung ist der höhere Methananteil verantwortlich. Wie im Falle von Jupiter und Saturn geht der gasförmige molekulare Wasserstoff bei zunehmendem Druck und zunehmender Temperatur in die flüssige Phase über. Im Gegensatz zu Jupiter und Saturn reichen Druck und Temperatur jedoch nicht aus, um den Wasserstoff in einen metallischen Zustand (Gitter aus Protonen, freie Elektronen) zu überführen. Der Schicht aus flüssigem Wasserstoff schließt sich eine relativ dicke Eisschicht aus gefrorenem Wassereis mit Anteilen von gefrorenem Ammoniak und Methan an. Diese Eisschicht ist wiederum ausgeprägter als bei Jupiter und Saturn, so dass im Falle von Uranus und auch Neptun von sogenannten Eisplaneten als Untergruppe der Gasplaneten gesprochen wird.

Uranus und Neptun sind von Aufbau, Größe und Masse vergleichbar. Im Gegensatz zum Neptun verfügt der Uranus jedoch nicht über eine innere Energiequelle, so dass die Energie ausschließlich durch Sonnenstrahlung zugeführt wird.

Diese Abhandlung über den Uranus 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: [https://de.wikipedia.org/wiki/Uranus_\(Planet\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Uranus_(Planet))

Bild 2: NASA

Bild 3: Voyager 2 / NASA

Bild 4: Hubble-Weltraumteleskop / NASA

Bild 5: Hubble-Weltraumteleskop / NASA