

AUFBRUCH ZU DEN PLANETEN UNSERES SONNENSYSTEMS:

Aktuelles von der Jupiterforschung

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Der Jupiter ist der weitaus größte Planet unseres Sonnensystems mit seinem 143.000 km Äquatordurchmesser. Er besteht hauptsächlich aus Gas und besitzt keine feste Oberfläche. Aus Sicht der Sonne ist er der fünfte Planet und 778 Mio. km von ihr entfernt. Da er neben der Venus oftmals das hellste Objekt am Nachthimmel ist, war er schon im Altertum bekannt. Als Galileo Galilei als einer der ersten Menschen ein Fernrohr zur Himmelsbeobachtung nutzte, richtete er es u.a. auch auf Jupiter und entdeckte seine vier größten Monde, weshalb diese nach ihm benannt sind. Diese Monde sind heute bereits im Fernglas gut zu erkennen und bieten ein kontinuierliches Wechselspiel an, was immer wieder interessant anzusehen ist. Gerade in diesem Jahr waren dabei sogar einige Verfinsterungen auszumachen, die durch einige Amateuraufnahmen dokumentiert werden konnten. Grund genug also, den aktuellen Stand der Jupiterforschung einmal genauer zu betrachten.

Der Planet wurde nach dem römischen Hauptgott Jupiter benannt und von den Babyloniern aufgrund seiner goldgelben Farbe als Königsstern bezeichnet. Beeindruckend ist nicht nur seine Größe, sondern auch der Große Rote Fleck (GRF) auf seiner Oberfläche, der seit fast 400 Jahren gesichtet werden kann. Es handelt sich dabei um einen sehr großen ovalen Antizyklon, der ca. zwei Erddurchmesser groß und bereits in Amateurteleskopen erkennbar ist. Der Jupiter besitzt nach heutigem Kenntnisstand 67 Monde, wobei die Galileischen Monde (Io, Europa, Ganymed, Kallisto), die mit Abstand größten Satelliten von Jupiter darstellen. Sie gehören zusätzlich zu den größten im gesamten Sonnensystem. Ganymed stellt dabei sogar den Planeten Merkur in den Schatten, da er dessen Größe übertrifft. Weiterhin ist der Jupiter 11mal so groß wie die Erde und ist 318mal schwerer als sie. Er benötigt 12 Jahre für seinen Umlauf um die Sonne. Sein flüssiger Kern besteht aus Wasserstoff und Helium, wodurch er die gleichen Bausteine wie die Sonne besitzt. Die Farbe der Oberfläche entsteht durch den Schwefel in den Wolken, die permanent durcheinander gewirbelt werden. Dadurch kann der Planet verschiedene Farbtöne (rot, braun, bis hin zu weiß) annehmen. Entlang des Äquators wüten große Stürme mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 540 km/h, die in Streifen einmal um den Jupiter zie-

hen (siehe u.a. Abb. 1 und 2). Dabei weht der Wind in den daneben liegenden Streifen in die entgegengesetzte Richtung. Zwischen den Streifen reiben sich die Winde, wodurch es zu Wirbeln kommt. Diese Wirbel bleiben oft für Jahrhunderte an derselben Stelle stehen, wie der GRF beispielhaft verdeutlicht. Neben Saturn hat auch der Jupiter einen Ring ausgebildet, der aus Millionen Brocken bestehen, die um den Jupiter krei-

sen. Dieser Ring wurde allerdings erst sehr spät durch Sonden entdeckt und kann mit dem Auge nicht gesehen werden. [8]

Im Jahr 1994 erregte der Zusammenstoß des Kometen Shoemaker-Levy 9 mit dem Jupiter die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit. Hierbei machte der Jupiter auf seine Schutzfunktion aufmerksam, da er durch seine große Masse kleine Objekte, die ins Sonnensystem eindrin-



Abb. 1: Jupiter-Aufnahme der Voyager2-Sonde von 1979 in Echtfarben und GRF [1].

gen, anzieht und damit verhindert, dass sie auf die Erde stürzen. Daher wird im Zusammenhang bei der Suche nach einer zweiten Erde diskutiert, ob ein solcher Gasriese auch in anderen Sonnensystemen notwendig ist, um kleinere Planeten mit erdähnlichen Eigenschaften schützen zu können. Jupiter wird deshalb auch



Abb. 2: Hochauflösendes Jupiter-Fotomosaik der Cassini-Sonde aus dem Jahr 2000 mit GRF [2].

oftmals als „kosmischer Staubsauger“ bezeichnet. Allerdings gibt es auch eine andere These, da seit den 1950er Jahren immer mehr Asteroiden in erdnahen Umlaufbahnen (z.B. im Asteroidengürtel) entdeckt wurden, die mit der Erde kollidieren könnten. Diese Asteroiden stoßen manchmal zusammen und gelangen so auf eine instabile Umlaufbahn. Durch die Schwerkraft Jupiters könnten diese Objekte dann einen weiteren Schups erhalten, so dass sie auf einen Kurs zur Erde gebracht werden. Diese These ist allerdings bisher noch nicht belegt worden und wird kontrovers diskutiert. Wahrscheinlicher ist allerdings die Beschützer-Rolle, da in der Frühzeit des Sonnensystems Jupiter noch nicht genügend Schwerkraft besaß, weshalb die Erde und der Mond stark unter Meteoritenbeschuss standen. Diesen würden wir heute nicht ansatzweise überleben. [10]

Raumsonden

Durch seine große Masse war Jupiter immer schon für das Swing-by-Manöver interessant, bei dem sich Raumsonden kraftstoffsparend neuen Schwung für ihre Mission holen konnten. Daher hat der Planet seit dem Zeitalter der Raumsonden auch schon mehrfach Besuch erhalten, obwohl die Missionen oftmals andere Ziele hatten.

Als wichtigste Raumsonden-Missionen sind zu nennen: [9]

a. Pioneer 10: war die erste Raumsonde, die Jupiter erreichte und am 03.12.1973 in ca. 130.000 km Entfernung am Jupiter vorbeiflog. Sie war eigentlich nur für 21 Monate ausgelegt, konnte aber fast 31 Jahre genutzt werden. Sie lieferte die ersten Nahaufnahmen von Jupiter, die allerdings heute von Amateuraufnahmen weit übertroffen werden.

b. Pioneer 11: war die zweite Raumsonde, die exakt ein Jahr später in nur 43.000 km an Jupiter vorbeiflog. Neben Bildern haben beide Raumsonden auch die Magnetosphäre des Planeten untersucht. Auch Pioneer 11 sendete wesentlich länger als geplant vom äußeren Sonnensystem Daten zur Erde, bevor sie 1995 wegen Treibstoffmangel abgeschaltet wurde.

c. Voyager 1: flog im März 1979 durch das Jupitersystem und lieferte auch neue Erkenntnisse über die Galileischen Monde. So konnte erstmals vulkanische Aktivität auf dem Mond Io nachgewiesen werden. Zudem wurde der Ring des Jupiters und zwei neue Monde entdeckt. Voyager 1 sendet noch heute Daten zur Erde und trat im August 2012 als erstes von Menschen erzeugte Objekt in den interstellaren Raum ein.

d. Voyager 2: verfolgte im dichten Abstand die Sonde Voyager 1 und flog im Juli 1979 in einer Entfernung von

643.000 km am Jupiter vorbei. Auch sie fertigte unzählige Nahaufnahmen der Planetenoberfläche an (u.a. das bekannte Bild vom GRF), allerdings mit einer ungleich höheren Bildqualität (siehe Abb. 1), als ihre Vorgänger. Auch diese Sonde arbeitet noch und befindet sich ca. 108 Astronomische Einheiten (AE) von der Sonne entfernt, was ca. 16,15 Milliarden km entspricht.

e. Ulysses: flog als erste europäische Raumsonde im Februar 1992 in einer Entfernung von 450.000 km an Jupiter vorbei. Die Sonde untersuchte ebenfalls die Magnetosphäre des Jupiters, bevor sie zu ihrem ursprünglichen Ziel der Sonne weiterflog. Bilder lieferte diese Sonde leider nicht, da sie keine entsprechende Kamera an Bord hatte.

f. Galileo: schwenkte als erste und einzige Sonde im Jahr 1995 in die Umlaufbahn von Jupiter ein. Bereits auf ihrem Weg zum Planeten konnte sie den Einschlag des Kometen Shoemaker-Levy 9 aus rund 238 Mio. km Entfernung beobachten. Die Sonde umkreiste Jupiter sieben Jahre lang und flog mehrfach an den Galileischen Monden vorbei, wodurch Vulkanausbrüche auf Io und bisher verborgene Ozeane auf Europa entdeckt werden konnten. Auch die Wolkenbewegungen von Jupiters Oberfläche wurden detailliert untersucht. Leider konnten nicht alle erfassten Daten zur Erde gesendet werden, da die Hauptantenne ausfiel. Galileo enthielt zusätzlich eine Eintrittskapsel, die in Jupiters Atmosphäre eindrang und fast eine Stunde lang Daten sendete, bevor sie aufgrund des Außendrucks zerstört wurde. Am 21. September 2003 wurde Galileo gezielt in die Jupiteratmosphäre gelenkt, da der Treibstoff zu Ende war. Dadurch wollte man verhindern, dass die Sonde evtl. auf Europa stürzt und die Ozeane mit terrestrischen Bakterien verunreinigt.

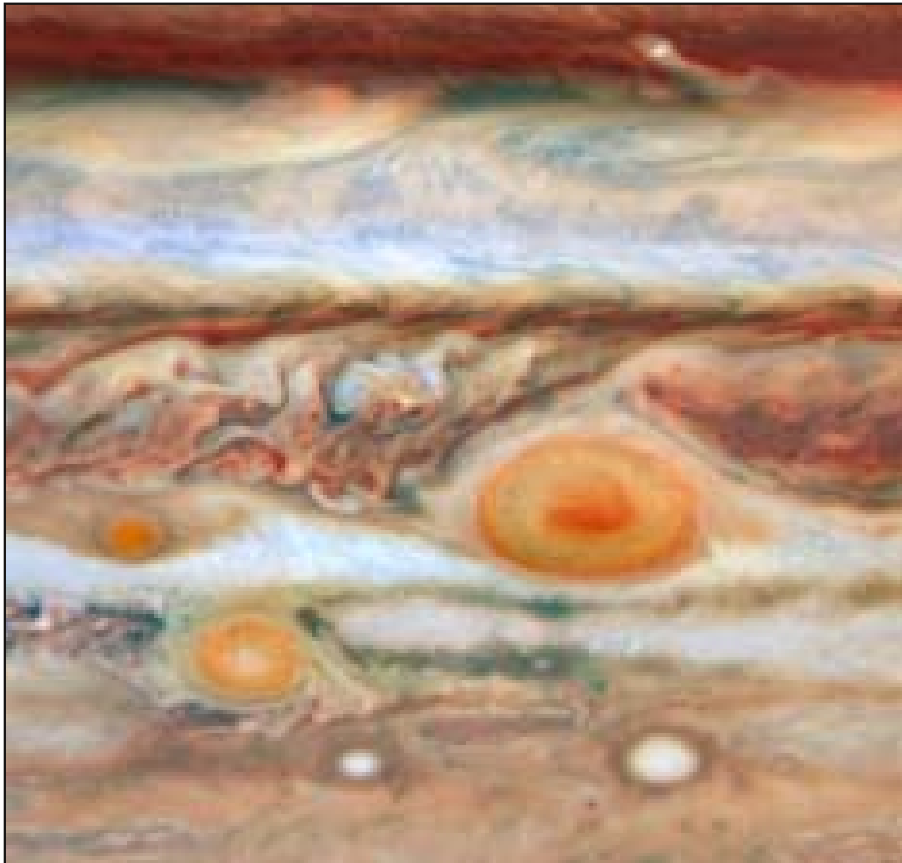


Abb. 3: Hubble-Aufnahme des GRF mit seinen zwei Begleitern [3].

g. Cassini: die NASA-Sonde Cassini-Huygens, die auf dem Weg zum Saturn war, passierte im Jahr 2000/2001 das Jupitersystem und machte zahlreiche Messungen sowie Aufnahmen. In nur 10 Mio. km Entfernung entstanden so hochauflösende Globalaufnahmen des Planeten (siehe Abb. 2). Zusätzlich wurden dreidimensionale Magnetfeldaufnahmen angefertigt.

h. New Horizons: diese NASA-Sonde startete Anfang Januar 2006 in den Welt- raum. Auf ihrem Ziel zum Planeten Pluto, kam sie 2007 auch an Jupiter vorbei und beobachtete aus 290 Mio. km Entfernung speziell die Wolkenbewegungen auf der Oberfläche. Zusätzlich wurde die Magnetosphäre des Planeten mal wieder untersucht und nach Polarlichtern und Blitzen Ausschau gehalten. Die Sonde wird Pluto im Juli 2015 erreichen.

Aber es sind auch neue Missionen geplant. So wird die NASA-Sonde Juno im Jahr 2016 Jupiter erreichen und fünf Jah-

re nach ihrem ursprünglichen Start in einen polaren Orbit einschwenken. Dadurch wird sie Jupiter so nah kommen, wie keine andere Sonde zuvor, nämlich 5.000 km! Hauptsächlich soll die Sonde verschiedene solcher Orbits ansteuern und die Atmosphäre sowie das Magnetfeld weiter erforschen. Die Monde werden nur aus größerer Entfernung beobachtet und nicht extra angefliegen werden. Die Sonde ist zum ersten Mal nur solarbetrieben und kann daher auch keine Schäden auf extraterrestrischen Planeten bzw. Monden anrichten. Weitere Missionen, wie Jupiter Icy Moons Orbiter (JIMO) und Europa Jupiter System Mission/Laplace sind wegen Budgetkürzungen bei der NASA über das Planungsstadium nicht hinausgekommen. Daher hat sich die ESA zu einer eigenständigen Mission entschieden, die auf den Namen JUPITER ICy moon Explorer (JUICE) hört. Sie soll die vier Galileischen Monde genauer untersuchen im Jahr 2022 starten. Sie wird dann aller-

dings acht Jahre brauchen, um das Jupitersystem zu erreichen. Es heißt also hier erst einmal: Geduld haben und abwarten.

Aufbau des Planeten

Jupiter hat keine begrenzende Atmosphäre, da der gesamte Planet aus Gasen besteht. Die Gashülle geht aber mit zunehmender Tiefe in einen flüssigen Zustand über. Die Hauptbestandteile der oberen Schichten sind wie bereits erwähnt Wasserstoff (ca. 75%) und Helium (ca. 24%). In ganz geringen Mengen sind noch Methan und Ammoniak enthalten (ca. 1%). Der weiteren wurden bereits Spuren chemischer Verbindungen u.a. der Elemente Sauerstoff, Kohlenstoff und Schwefel gefunden. Man nimmt an, dass tiefere und damit wärmere Schichten auch Spuren von organischen Verbindungen enthalten.

Der innere Aufbau wird durch den zunehmenden Druck vom flüssigen Wasserstoff bestimmt. Eine definierte Grenzfläche, ab wann der gasförmige Zustand in den flüssigen, übergeht gibt es nicht, da die Temperatur oberhalb der kritischen Temperatur liegt. Die kritische Temperatur ist dabei die Temperatur, unterhalb derer ein Gas durch Druck verflüssigt werden kann; oberhalb der kritischen Temperatur ist das nicht mehr möglich. Später geht der flüssige Wasserstoff in eine elektrisch leitfähige Phase über, die deshalb metallisch genannt wird.

Der Kern, so wird vermutet, besteht aus Gestein und Eisen. Diese bestehen aus schweren Elementen, die ca. 20 Erdmassen einnehmen. Insgesamt ist der Kern aber vergleichsweise klein. So wird bei Jupiter von 4% Masseanteil ausgegangen, während beispielsweise der Saturnkern einen Masseanteil von 25% haben soll. Die Kerntemperatur beträgt ca. 20.000 Kelvin.

Die Oberfläche des Planeten wird durch helle und dunkle Wolkenbänder durchzogen. Dabei fällt besonders der Große

Rote Fleck (GRF) auf, der erstmals 1664 von Robert Hooke beschrieben wurde. Seitdem hat er sich nur leicht verändert. Er ist rötlich (siehe Abb. 1, 2 und 3) und schwankt im Laufe der Jahre um ein helles Orange. Welche chemischen Elemente für die rötliche Färbung verantwortlich sind, ist allerdings bisher nicht bekannt. Allgemeine Aufregung in der Amateurszene gab es, als der GRF sich im Jahr 2012 angeblich aufzulösen begann. Allerdings hatte er sich nur abgeschwächt und verkleinert, so dass er heute kreisförmiger aussieht, was wahrscheinlich an der Wechselwirkung mit anderen Wirbelstürmen lag. Er besitzt heute einen Durchmesser von 16.500 km in der Längsachse. Nach neuesten Kenntnissen besitzt Jupiter einen 70jährigen Klimazyklus, in dem es zur Bildung diverser Wirbelstürme kommt, die nach einer gewissen Zeitspanne auch wieder zerfallen. Neben dem GRF kann auch ein weißes Oval (Oval BA) gesichtet werden, das sich ab 1998 aus drei bekannten Stürmen entwickelt hat, die bereits in den 1930er Jahren dokumentiert wurden. Es deutet sich an, dass dieses Oval auch einen Farbwechsel ins rötliche unternehmen könnte. Im Mai 2008 wurde dann von Hubble (siehe Abb. 3) ein weiterer roter Fleck entdeckt, der aus einem weißlichen, ovalen Sturmgebiet hervorging. Ein paar Monate später wurde dieser von dem GRF verschlungen, da er anscheinend in dessen Wolkenschicht gelangt ist. Man nimmt an, dass die Farbe Auskunft über die Wolkenschichten gibt (je höher die Schicht, umso rötlicher die Farbe).

Jupiter besitzt außerdem das größte Magnetfeld aller Planeten unseres Sonnensystems. Es ist 10-20mal so stark wie das Erdmagnetfeld. Die genaue Entstehung ist allerdings immer noch unbekannt, obwohl bereits einige Sonden es untersucht haben. Jedoch gilt als gesichert, dass der metallische Wasserstoff sowie die schnelle Rotationsperiode Jupiters eine entscheidende Rolle dabei spielen. Das



Abb. 4: Die Raumsonde JUICE erreicht das Jupitersystem, künstlerische Darstellung [4].

starke Magnetfeld fängt beständig Teilchen ein, so dass sich Ringe und Scheiben geladener Teilchen um den Jupiter bilden. Es besteht eine große Wechselwirkung mit den Sonnenwinden, wodurch die Ausmaße des Magnetfeldes stark variieren. So ragt auf der sonnenzugewandten Seite das Magnetfeld ca. 5-7 Mio. km ins Weltall, während es auf der sonnenabgewandten Seite ca. 700 Mio. km erreichen kann. In Richtung Sonne wird sozusagen eine Stoßfront gebildet.

Das Ringsystem von Jupiter enthält Staubkörner, die mit Partikeln verglichen werden können, die beim Rauchen einer Zigarette entstehen. Daher war ein Nachweis auch erst recht spät möglich. Zusätzlich erschwert wird die Sichtbarkeit durch den schwarzen Farbanteil der Partikel. Dadurch hebt er sich vom Hintergrund so gut wie nicht ab. Der Ring bewegt sich zudem spiralförmig auf Jupiter zu und wird langsam von ihm aufgesogen. Die feinen Staubbestandteile stammen wahrscheinlich von den felsigen Monden Jupiters, die ständig von Meteoriten getroffen werden. Durch die geringe Schwerkraft der Monde wird der größte Anteil des aufgewirbelten Staubs in die Jupiterumlaufbahn geschleudert

und bildet sich dort zu einem Ring. [8]

Jupiters Monde

Wie bereits erwähnt besitzt Jupiter bis heute 67 bekannte Monde. Diese unterteilt man in verschiedene Gruppen. Die größten und wichtigsten stellen dabei die Galileischen Monde dar:

a. Io: ist der innerste der vier großen Monde und besitzt einen Durchmesser von 3.643 km. Damit ist der der viertgrößte Monde des Sonnensystems. Sein Inneres besteht aus einem Eisenkern und einem Mantel. Seine Besonderheit ist ein extremer Vulkanismus, der an die sehr junge Erde erinnert. Die Eruptionen beinhalten flüssigen Schwefel und Schwefeldioxid. Die Oberfläche ist erst 10 Mio. Jahre alt und damit die jüngste unseres Sonnensystems.

b. Europa: ist der kleinste und der zweitinnerste der großen Monde. Er besitzt einen Eisenkern und einen Steinmantel. Die Oberfläche besteht aus Ozeanen, die wahrscheinlich 100 km tief sind, und einer Eiskruste mit einem Durchmesser von 10-20 km. Der Monddurchmesser beträgt 3.122 km. Auch seine Oberfläche

ist sehr jung, was man an den wenigen Einschlagskratern erkennen kann. Durch die große Wassermenge ist Europa sehr interessant, um nach einer außerirdischen Form von Leben zu suchen.

c. Ganymed: ist der dritte Mond der Galileischen Monde und besitzt einen Durchmesser von 5.262 km. Er ist damit der größte Mond unseres Sonnensystems und übertrifft sogar den Planeten Merkur. Sein Inneres besteht aus einem Eisenkern, einem Felsmantel und einem Eismantel. Zusätzlich besitzt er ein eigenes Magnetfeld. Seine Oberfläche besteht aus dickem Eis, welches hunderte Kilometer dick ist. Die Oberfläche ist ca. 3-4 Milliarden Jahre alt, was man anhand der vielen Einschlagskrater schätzen kann.

d. Kallisto: ist der vierte Mond mit einem Durchmesser von 4.821 km und der drittgrößte unseres Sonnensystems. Er besteht aus einem Eisen-Stein-Gemisch und ebenfalls einer Eiskruste. Es gibt weiterhin Anzeichen für Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Damit besitzt er die Voraussetzung für Leben, so wie wir es kennen. Seine Oberfläche weist die höchste Dichte an Impaktkratern im ganzen Sonnensystem auf und besitzt ein Alter von ca. 4 Milliarden Jahren. Man nimmt an, dass die Eiskruste ca. 200 km dick ist und sich darunter ein Ozean aus flüssigem Salzwasser befindet. Dies hat man durch magnetische Messungen bereits nachweisen können.

Alleine von der Größenordnung her stellen diese Monde eine imposante Erscheinung dar, die bereits mit dem Fernglas erkannt werden kann. Neben den Galileischen Monden gibt es vier weitere Monde in der planetennahen Umlaufbahn:

a. Metis: umläuft Jupiter innerhalb des geostationären Orbitalradius und ist dadurch den Gezeitenkräften des Planeten stark ausgesetzt. Er besitzt keine runde



Abb. 5: Aufnahme von K.-O. Detken mit 4,5 m Brennweite und 8" SC-Teleskop [11].

Form und ist wahrscheinlich eine Quelle für die Partikel, die den Ring von Jupiter bilden. Sein mittlerer Durchmesser beträgt 43 km.

b. Adrastea: umläuft Jupiter innerhalb des rotationssynchronen Orbitalradius und leidet ebenfalls unter den enormen Gezeitenkräften des Planeten. Er besitzt einen mittleren Durchmesser von 20 km und hat dadurch eine ähnliche Größe wie Metis. Auch Adrastea liefert Partikel für den Jupiterrings.

c. Amalthea: wurde als erster Mond nach den Galileischen Monden im Jahr 1892 entdeckt. Zusätzlich war er der letzte Mond, der durch visuelle Teleskopbeobachtung erkannt werden konnte. Alle späteren Funde wurden durch fotografische Aufnahmen nachgewiesen. Auch dieser Mond ist unregelmäßig geformt und besitzt einen mittleren Durchmesser von 167 km. Er besteht wahrscheinlich hauptsächlich aus Wassereis und kann durch Jupiter ursprünglich einmal eingefangen worden sein.

d. Thebe: ist ebenfalls sehr unregelmäßig geformt und besitzt einen mittleren

Durchmesser von 99 km. Die Oberfläche ist sehr dunkel und uneben. Aufnahmen von Raumsonden zeigen mindestens drei große Einschlagskrater. Er wurde auf Aufnahmen von Voyager im Jahre 1979 entdeckt.

Diese Monde sind wesentlich kleiner, als die großen vier Monde von Jupiter. Alle zusammen werden auch als die inneren Monde von Jupiter bezeichnet. Die restlich entdeckten Monde sind ebenfalls kleine Objekte, mit Radien von 1-85 km und wurden wahrscheinlich von Jupiter in seine Bahn gezwungen. [8]

Durch die geplante ESA-Mission JUICE sollen weitere Einzelheiten der Galileischen Monde ans Licht gebracht werden (siehe Abb. 4). JUICE soll nach einer Sonnenumkreisung ein Swing-by-Manöver an der Erde durchführen und anschließend in Richtung Venus fliegen, um sich dort ebenfalls Schwung zu holen. Erst nachdem sie zwei weitere Mal an der Erde vorbeigeflogen ist, wird sie sich in Richtung Jupitersystem aufmachen. Dort angelangt wird sie am Ganymed-Mond abgebremst werden, um dann in die Jupiterumlaufbahn einzuschwenken. Nach zwei Missionsjahren und verschiedenen



↑ **Abb. 6:** Aufnahme von Torsten Lietz mit 7,5m-Brennweite und 12" SC-Teleskop [5]

↓ **Abb. 7:** Aufnahme von Torsten Hansen mit 5,36m-Brennweite und 11" SC-Teleskop



Vorbeiflügen an Europa und Kallisto soll sie im Jahr 2032 eine Umlaufbahn um Ganymed einnehmen. Die Umlaufbahn wird zunächst eine Höhe von etwa 5.000 km besitzen. Nach und nach soll diese Höhe auf bis zu 200 km abgesenkt werden, um verschiedenste Ansichten des Mondes zu erhalten. Zum Abschluss der Mission wird die Sonde im Juni 2033 dann auf Ganymed einschlagen.

Jupiteraufnahmen von Amateuren

Die Aufnahmen der Raumsonden von Jupiter sind beeindruckend und zeugen von der Schönheit des Planeten. Hobbyastronomen sind allerdings weiterhin auf die Beobachtung von Jupiter und seinen Monden von der Erde aus angewiesen. Dabei lassen sich Bilder nicht so leicht aufnehmen, wie dies bei den bekannten Internet-Bildern den Anschein erweckt. Das liegt zum einen an der großen Drehgeschwindigkeit von Jupiter, der mit 13 km/s recht schnell unterwegs ist. Dadurch müssen Aufnahmen innerhalb von Minuten durchgeführt werden, da ansonsten die Oberflächenstrukturen zu verschwimmen beginnen. Zudem sollte das Seeing sehr gut sein, da dies einen enormen Einfluss auf das kleine Objekt im Teleskop hat. Und schließlich wird eine sehr große Brennweite zwischen 4 und 8 m von Amateuren verwendet, die jegliche Luftunruhe erbarmungslos aufdeckt.

Abb. 5 zeigt meine eigene Aufnahme, die am 08. April 2015 mit 4,5 m Brennweite an meinem 8" Schmidt-Cassegrain-Teleskop entstanden ist. Es wurde hierfür eine Barlowlinse von Baader verwendet, die die 2m-Normalbrennweite auf 4,5 m anhebt. Als Kamera kam meine CCD-Kamera DMK21AU618.AS „The Imaging Source“ (TIS) zum Einsatz. Belichtet wurde 1/45 sec pro RGB-Bild mit 1.544 Farben pro Farbkanal. Videosequenzen werden in diesem Fall gemacht, um das Seeing auszutricksen, indem aus den vielen Einzelbildern die besten für



Abb. 8: Aufnahme von Jens Leich mit 4,8m-Brennweite und 5" APO-Refraktor.

ein anschließendes Stacking verwendet werden. Das Rotkanalbild wurde als zusätzliches Luminanzbild bei der Bildverarbeitung verwendet, um noch mehr Kontrast zu erhalten. Dies stellt mein bisher bestes Ergebnis bei dieser Brennweite dar. Das Seeing muss an diesem Abend sehr gut gewesen sein, da ich in den meisten Fällen bei Jupiter-Aufnahmen nur die Hauptbänder zu sehen bekomme. Dieses Mal hatte ich aber entsprechendes Glück, da auch der GRF klar zu erkennen ist.

Was allerdings in Amateurräumen noch zusätzlich möglich ist, zeigen die folgenden eindrucksvollen Amateuraufnahmen von Torsten Lietz (AVL), Torsten Hansen (VdS), Jens Leich (VdS) und Silvia

Kowolik. So zeigt die Abb. 6 von Torsten Lietz noch detailliertere Oberflächenstrukturen von Jupiter sowie den GRF-Sturm mit seinem kleineren Begleiter. Es kam hierbei die CCD-Kamera DMK21AF04.AS zum Einsatz, bei einer Brennweite von 7,5 m! Dafür muss die Montierung schon sehr ruhig und exakt nachführen. Zusätzlich muss das Seeing eine solche Vergrößerung auch zulassen. Durch die verwendete 12" Schmidt-Cassegrain-Optik und die parallaktische Nachführung ist dies von der Lichtempfindlichkeit und Auflösung her kein Problem, eine geringe Luftunruhe vorausgesetzt.

Die Abb. 7 von Torsten Hansen zeigt die Jupiteroberfläche ebenfalls ähnlich detail-

liert und fein aufgelöst. So können hier die beiden großen Stürme GRF und Oval BA gleichzeitig erkannt werden. Zusätzlich stand auch noch Europa vor dem Planeten und warf seinen Schatten auf Jupiter. Auch hier wurde ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop verwendet sowie die CCD-Kamera QHY 5L-II. Bei den verwendeten CCD-Kameras handelt es sich in allen Fällen um monochrome Kameras, um die maximale Empfindlichkeit ausnutzen zu können. Das heißt aber auch, dass immer drei Aufnahmen gemacht werden müssen, die dann später in ein RGB- oder R-RGB-Bild münden. Das macht die Aufnahmesituation noch ein bisschen zeitkritischer.

Auch die vierte Aufnahme von Jens Leich in Abb. 8 zeigt den GRF mit seinem kleineren Bruder sehr schön. Diese Aufnahme ist einer vergleichsweise geringen Brennweite und einem 130mm-APO-Refraktor aufgenommen worden. Normalerweise nicht die erste Wahl, wenn es um Planetenaufnahmen geht, da Öffnung und Brennweite relativ klein sind. Trotzdem lassen sich auch hier bereits viele Oberflächendetails ausmachen und Strukturen erkennen. Alle drei Aufnahmen (Abb. 6, 7 und 8) sowie die noch folgenden der Abb. 9 und 10, stellen die maximal besten Ergebnisse von Amateurastronomen dar, soweit sie mir bekannt sind.

Die VdS-Mitglieder Jens Leich, Torsten



Abb.9: Aufnahme von Silvia Kowolik mit 3,8 m Brennweite und 6" Maksutov-Teleskop [12].



Abb. 10: Aufnahme von Silvia Kowolik mit 3,8 m Brennweite und 6" Maksutov-Teleskop [12].

Hansen und Silvia Kowolik sind, so wie ich, in den Arbeitsgruppen Astrofotografie und Planeten der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) aktiv. Die Arbeitsgruppe Astrofotografie erwähnte ich ja bereits in meinem letzten Artikel. Die Ziele der Planetenarbeitsgruppe sind indes:

- a. Koordination von Planetenbeobachtungen
- b. Zentrale Auswertung und Archivierung der Beobachtungen
- c. Veröffentlichung der Ergebnisse
- d. Anfängerbetreuung

Die Fachgruppe besitzt zahlreiche internationale Kontakte (u.a. USA, Großbritannien, Japan, Kasachstan) und ist an internationalen Beobachtungsprogrammen beteiligt. Einmal jährlich wird zusammen mit der Fachgruppe Kometen die mehrtägige „Planeten- und Kometen-tagung“ durchgeführt.

Mondballet

In diesem Jahr gab es mehrere Schatten-spiele bzw. Mondfinsternisse im Jupitersystem zu beobachten. Das ist eigentlich im Normalfall, aufgrund der kleinen

Mondscheiben in Amateurteleskopen, nicht zu erkennen, wie ich dachte. Diese Annahme wurde von Jens Leich und Silvia Kowolik, die ebenfalls beiden VdS-Fachgruppen angehört, widerlegt. Jupiter kam dieses Jahr im Februar in Opposition zur Sonne. Das heißt, er besitzt dann seine beste Sichtbarkeit, da er dann genau der Sonne gegenüber steht und dadurch seine größte Helligkeit besitzt. Zusätzlich wird auch der geringste Erdbestand von Jupiter zu diesem Zeitpunkt erreicht, weshalb auch seine Oberfläche mit der maximalen Größe erscheint. Das konnte ich bei meinen Planetenaufnahmen auch gut nachvollziehen, da Jupiter auf einmal bei einer 2m-Brennweite ausreichend groß abgebildet werden konnte, um Oberflächendetails bereits erkennen zu können.

Aber zurück zu den Mondfinsternissen, die sich in diesem Jahr im Jupitersystem anbahnten. Abb. 9 zeigt erst einmal ein Mondballet, von drei Galileischen Monden (von links nach rechts: Europa, Ganymed, Io), die inkl. der Jupiteroberfläche hervorragend abgebildet wurden. Dabei ließen sich auf einer Aufnahme sogar Helligkeitsunterschiede

auf Ganymed beobachten! Ganymed und Io wanderten zu diesem Zeitpunkt aufeinander zu. Die Aufnahmen wurden mit einer ALCCD5L-IIc-Kamera gefilmt und ca. 1.600 Bilder daraus für die jeweiligen Farbkanäle verwendet. Abb. 10 zeigt nun den Schattenwurf von Io auf Ganymed, der in der erstellten Bildanimation von Silvia Kowolik [6] noch besser herauskommt.

Neben der kompletten Verfinsterung wurden auch sehr schöne Oberflächenstrukturen von Jupiter aufgenommen. Das Bild der Abb. 10 ist ca. 1,5fach vergrößert (gedrizzelt) bearbeitet worden, wodurch die Oberfläche etwas körniger wurde, als auf der Abb. 9. Dafür konnten die Monde in einer beachtlichen Größe in einem kleinen 6" Teleskop hervorragend abgebildet werden. Man sieht an diesen Beispielen wie viel heute bereits durch moderne CCD-Kameras für den Amateur möglich wird. Neuerdings kommen neuerdings auch noch aktuelle CMOS-Kameras auf den Markt, die die Aufnahmeempfindlichkeit weiter steigern.

Fazit

Wenn man sich die Amateuraufnahmen ansieht, sind heute bereits beachtliche Ergebnisse möglich, die vor Hubble nur Raumsonden erzielen konnten. Vergleiche ich allerdings meine eigene Aufnahme aus Abb. 5 mit den anderen Amateuraufnahmen, so ist hier durchaus noch Verbesserungspotenzial vorhanden. Allerdings ist diese auch mit einem vergleichsweise kleinem Schmidt-Cassegrain-Teleskop entstanden, welches zusätzlich nur azimutal ausgerichtet war. Dadurch kann zum einen weniger Brennweite genutzt werden und zum anderen steht weniger Lichtstärke zur Verfügung. Zusätzlich wird durch die azimutale Montierung verhindert, dass

über längere Zeit ruhig nachgeführt wird. So muss man, gerade bei großer Brennweite, immer wieder aufpassen, dass der Planet auf den CCD-Aufnahmen zentriert bleibt und nicht einfach aus dem Sichtbereich rausläuft. Das notwendige Nachführen in beiden Achsen erzeugt dabei kleine Erschütterungen, die sich ebenfalls auf das Bildresultat auswirken. Bessere Ergebnisse sind daher erst mit entsprechender Brennweite und parallaktischer Montierung zu erwarten. Sicht man sich die Aufnahmen 6-10 an, ist es beachtlich was Amateure heute in der Lage sind zu leisten. Die heutige Aufnahmequalität von Planeten kann es daher mit denen der ersten Pioneer-Raumsonden durchaus aufnehmen und

lässt Details erkennen, die auch wissenschaftliche Auswertungen möglich machen. Vieles ist von Jupiter noch nicht bekannt und wird erst durch weitere Raumsonden-Missionen aufgedeckt werden können. Amateure können ihren eigenen Beitrag dabei leisten, indem aktuelle Phänomene oder Ereignisse (wie z.B. Mondfinsternisse im Jupitersystem) aufgezeichnet werden, die den Profiastronomen teilweise entgehen. Was dabei durch die fortschreitende Entwicklung der CCD- und CMOS-Technik in der Zukunft möglich werden wird, lässt sich hingegen nur erahnen und hält das Hobby der Planetenfotografie immer interessant.

LITERATURHINWEISE

- [1] PIA00343: Jupiter. NASA, Jet Propulsion Laboratory (JPL), California Institute of Technology, Photojournal, URL: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00343>, Mission: Voyager 2, 1979
- [2] PIA04866: Cassini Jupiter Portrait. NASA, Jet Propulsion Laboratory (JPL), California Institute of Technology, Photojournal, URL: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA04866>, Mission: Cassini-Huygens, 09. Dezember 2000
- [3] Hubblesite: New Red Spot Appears on Jupiter. News Release Archive, News Release Number: STSci-2008-23, URL: <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2008/23/>, NASA, USA 2008
- [4] Paul Sutherland: Juice to check Jupiter's moons for life. 2nd May of 2012, Skymania News, Picture: ESA/AOES, URL: <http://www.skymania.com/wp/2012/05/juice-to-check-jupiters-moons-for-life.html/5882/>
- [5] Webseite von Torsten Lietz: <http://www.astrosky.net>
- [6] VdS-Webseite: Jupitermonde: Bedeckungen und Schattenspiele. URL: <http://www.vds-astro.de/nachrichten/datum/2015/02/jupitermonde-bedeckungen-und-schattenspiele.html>
- [7] VdS-Journal: Impression - Verfinsterung Ganymeds durch Io am 12.02.2015. VdS-Journal für Astronomie, Vereinszeitschrift der Vereinigten Sternenfreunde (VdS) e.V., ISSN: 1615-0880, Ausgabe 53, Seite 52, Heppenheim 2015
- [8] Susanne Pieth und Ulrich Köhler: Unser Sonnensystem. Ein kurzer Überblick über die Körper unseres Sonnensystems und deren Erkundung mit Raumsonden, 3. Auflage, DLR e.V. Institut für Planetenforschung, Berlin 2013
- [9] Wikipedia: Erforschung mit Raumsonden. URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_\(Planet\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_(Planet))
- [10] Jens Lubbaddeh: Asteroideneinschläge: Jupiter - kosmischer Staubsauger und Beschützer der Erde. Spiegel-Online Wissenschaft, 20.11.2007, SPIEGEL ONLINE GmbH, Hamburg 2007
- [11] Webseite von Kai-Oliver Detken: <http://www.detken.net>
- [12] Webseite von Silvia Kowollik: <http://www.silvia-kowollik.de>

Dr. Kai-Oliver Detken