

391 bekannte Monde : die Monde unseres Sonnensystems

Autor(en): **Spahr, Urs**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **70 (2012)**

Heft 370

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897572>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

391 bekannte Monde

Die Monde unseres Sonnensystems

■ Von Urs Spahr

Am 20. Juli 2011 gab die NASA die Entdeckung eines vierten Plutomondes bekannt. Der «jüngste» Trabant unseres Sonnensystems wurde mit Hilfe des Hubble-Weltraumteleskops aufgestöbert. Das war für den Autor Grund genug, seine Übersicht der Monde in unserem Sonnensystem zu aktualisieren, die er im August 2009 an einem Vortrag auf der Sternwarte Uecht vorstellte. Seither hat sich einiges getan.

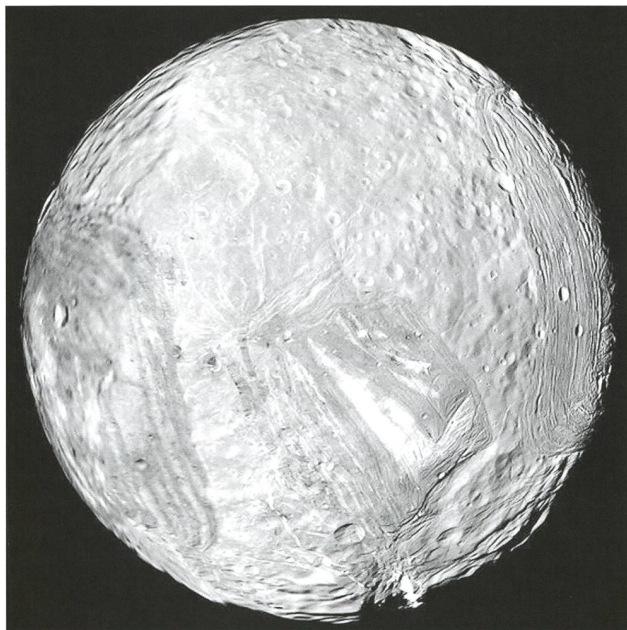


Abbildung 1: Miranda bei Uranus gilt als zerklüftetster Mond unseres Sonnensystems. Der Trabant wurde in seiner Geschichte mindestens einmal durch die Gezeitenwirkung von Uranus oder durch eine Kollision auseinander gerissen. Dank seiner Grösse (170 km) konnte er sich aufgrund der eigenen Schwerkraftwirkung wieder zusammensetzen. (Bild: NASA)

Was ist eigentlich ein Mond? Diese Frage mag überraschen, aber ganz so einfach ist die Antwort eben doch nicht. Es gibt leider keine verbindliche Definition für Monde. Insbesondere die International Astronomical Union (IAU) schweigt zu dieser Frage. Laut Wikipedia ist ein Mond (auch Satellit oder Trabant) ein natürlich entstandenes astronomisches Objekt, das sich in einer Umlaufbahn um ein anderes Objekt – wie z. B. einen Planeten oder ein anderer Kleinkörper wie einen Asteroiden – befindet. Das ist an sich eine verständliche und einleuchtende Umschreibung. Sie hilft aber nicht weiter, wenn es darum geht, die untere Grösse eines Objekts festzule-

gen, das noch als Mond bezeichnet werden darf. Moderne Teleskope erlauben es, selbst bei Jupiter und Saturn Monde in der Grössenordnung von 1 km zu beobachten. Sicher gibt es noch kleinere Objekte, die um diese Planeten kreisen und allenfalls von Kameras der Raumsonden festgehalten werden könnten, die diese Planeten besuchen. Wie steht es aber mit kleineren Körpern, sagen wir in der Grössenordnung 50 Meter, wie sie als Begleiter von Asteroiden beobachtbar sind? Oder noch kleineren Brocken, wie z. B. die Einzelpartikel der Saturnringe? Der gesunde Menschenverstand sträubt sich gegen den Gedanken, solch kleine Objekte als Mond zu bezeich-

nen. Für diesen Artikel gilt jeder Körper als Mond, der sich in einer Umlaufbahn um ein Objekt befindet, das selber um unsere Sonne kreist. Darunter fallen Monde, die um Planeten, Asteroiden und transneptunische Objekte (TNO) kreisen. Trojaner (Asteroiden, die einem Planeten auf seiner Bahn um die Sonne an den Lagrange-Punkten vorausseilen bzw. nachfolgen) werden nicht als Mond gerechnet, Satelliten von Trojanern hingegen schon. Die Grösse der Monde wird nicht berücksichtigt. Was zählt, ist der Nachweis des Objekts und seiner Umlaufbahn um sein Zentralobjekt.

Die Monde der Planeten

Mittlerweile sind 172 Monde um 6 Planeten bekannt (siehe Tabelle und die Grafik zur Entdeckungsgeschichte S.18/19). Da statistische Angaben allein sehr trocken sind, wird im Folgenden die Entdeckungsgeschichte der Monde kurz illustriert. Für eine einfache aber vollständige Übersicht der Entdeckungsdaten sei auf die Tabelle Planetary Satellite Discovery Circumstances der NASA verwiesen (http://ssd.jpl.nasa.gov/?sat_discovery).

Die «Entdeckung» unseres Erdmondes (wissenschaftlicher Name Luna) dürfte wohl mit der Entwicklung des Bewusstseins des Homo sapiens zusammenfallen, also mehrere hunderttausend Jahre zurück liegen. In allen Kulturen wurde der Mond als wichtige Gottheit verehrt, der regelmässige Wechsel von Zu- und Abnahme in Kalendern genutzt. Die wissenschaftliche Beobachtung und Kartierung des Mondes war erst mit der Erfindung des Teleskops möglich. GALILEO GALILEI berichtete im *Sidereus Nuncius* (Sternenbote) vom März 1610 über seine Beobachtungen am Erdtrabanten. GALILEO beobachtete nicht nur den Erdmond. Am 7. Januar 1610 richtete er in Padua sein selbst gebautes Teleskop auf den Jupiter und entdeckte die vier grossen Monde des Riesenplaneten: Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Einen Tag später beobachtete sie auch der deutsche Mathematiker, Astronom und Arzt SIMON MARIUS. Er veröffentlichte seine Beobachtungen aber erst 1614 in seinem Werk *Mundus Iovialis*. Dann blieb es still um die Jupitermonde bis EDWARD E. BARNARD 1892 am 91-cm-Refraktor des Lick-Ob-

servatoriums auf dem Mount Hamilton in Kalifornien Amalthea entdeckte. Bis 1974 wurden 10 weitere Monde beschrieben. 1979 wurden drei Monde auf Aufnahmen der Raumsonden Voyager 1 und 2 gefunden. Die drei Monde (Adrastea, Metis und Thebe) sind bisher die einzigen Jupitermonde, die von Raumsonden entdeckt wurden. Alle anderen Monde wurden mit Teleskopen von der Erde aus beobachtet. Die jüngsten zwei Entdeckungen gelangen 2011 mit den 6.5 m Spiegeln der beiden Magellan-Teleskope am Las-Campanas-Observatorium in Chile.

1655, also 45 Jahre nachdem GALILEO GALILEI «seine Galileischen Monde» entdeckt hatte, beobachtete CHRISTIAAN HUYGENS den Saturnmond Titan. 1671-1684 folgten Iapetus, Rhea, Dione und Thetys (alle entdeckt durch GIOVANNI CASSINI). Erst hundert Jahre später (1789) fand WILLIAM HERSCHEL Mimas und Enceladus. Bis 1899 wurden mit Hyperion und Phoebe die Monde 8 und 9 entdeckt. Die nächsten Entdeckungen gelangen erst wieder 1980, und zwar mit Hilfe erdgebundener Teleskope und mit Aufnahmen der Raumsonde Voyager 1, die den Saturn am 12. November 1980 pas-



Abbildung 3: Hyperion, ein 270 km grosses Wespennest, das mit einer chaotischen Eigenrotation um Saturn taumelt. (Bild: NASA)

Entdeckungsgeschichte der Planetenmonde

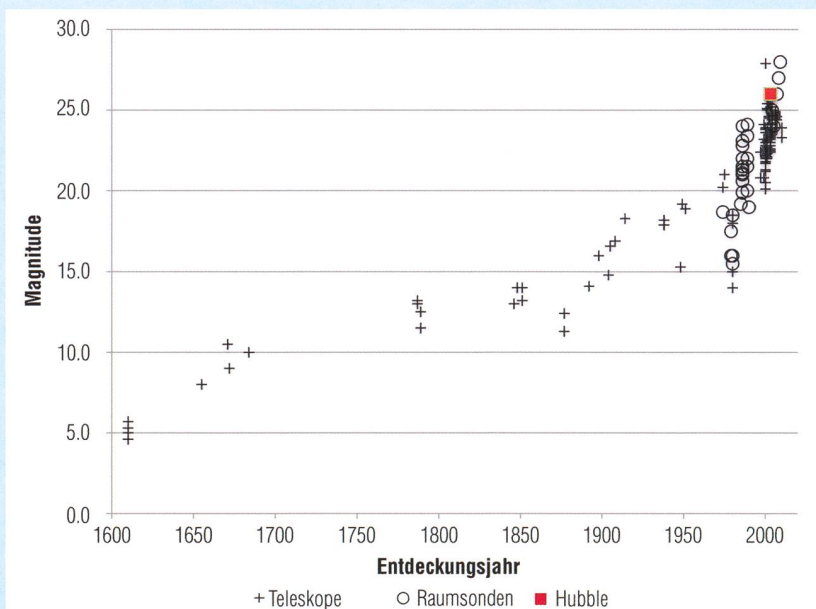


Abbildung 2: Die Entdeckungsgeschichte der 169 Monde der Planeten Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun in Abhängigkeit der scheinbaren Grösse (Mag) widerspiegelt auch die Entwicklung der Teleskope. Die Mehrheit der Monde (136) wurde mit einem Teleskop entdeckt. Die Raumsonden Voyager 1 und 2 sowie Cassini-Huygens steuerten 31 Monde bei, das Hubble Space Teleskop deren 2. Zusammengestellt nach [1, 2, 4].

sierte. Der Mond Pan wurde sogar erst 1990 bei der Auswertung von Aufnahmen von Voyager 2 aus dem Jahr 1981 gefunden. 2004 -2009 lieferten die Beobachtungen der Raumsonde Cassini sieben Monde. Bei Saturn waren die Raumsonden erfolgreicher als bei Jupiter. Insgesamt 11 (18%) der 62 Monde wurden zuerst mit Raumsonden beobachtet. Vier Saturnmonde weisen eine spezielle Besonderheit auf. Sie bewegen sich in den Lagrange-Punkten zweier grösserer Monde: Telesto und Calypso bei Tethys sowie Helene und Polydeuces bei Dione. Am 13. März 1781 entdeckte WILLIAM HERSCHEL den Planeten Uranus. Sechs Jahre später gelang ihm auch die Beobachtung der ersten beiden Monde Titania und Oberon. 1851 folgten Ariel und Umbriel (von WILLIAM LASSELL beschrieben). 1948 gelang GERARD KUIPER die Entdeckung des nur Mag 15.3 hellen Miranda. Der Vorbeiflug von Voyager 2 vom 24. Januar 1986 förderte elf weitere Monde zutage. Zwischen 1997-2003 wurden neun Monde mit den Grossteleskopen von Palomar, Mauna Kea und Cerro Tololo entdeckt. Die letzten zwei Monde schliesslich

wurden 2003 mit dem Hubble Space Telescope nachgewiesen, womit die Anzahl der Uranusmonde mittlerweile bei 27 Monden liegt.

Neptun, der äusserste Planet, wurde am 23. September 1846 von JOHANN GOTTFRIED GALLE gefunden. Bereits zwei Wochen später entdeckte WILLIAM LASSELL am 10. Oktober mit Triton den ersten Mond. 1949 beobachtete GERARD KUIPER Nereid. Die unverwüstliche Raumsonde Voyager 2 funkte beim Vorbeiflug am 25. August 1989 Bilder zur Erde auf denen sechs Monde ausgemacht wurden. In den Jahren 2002-2003 wurden mit den Teleskopen auf Cerro Tololo und Mauna Kea die letzten fünf der insgesamt 13 Neptunmonde aufgespürt.

Bisher war nur von Monden der äusseren Planeten die Rede. Wie steht es bei den inneren Planeten? Bei Merkur und Venus kennen wir keine Monde. Die Monde unseres Nachbarn Mars wurden erst im August 1877 von ASAPH HALL entdeckt. Zuerst der kleinere Deimos mit einem Durchmesser von ca. 12 km. Eine Woche später der etwas grösseren Phobos, der Mars auf einer engen Umlaufbahn in einer Entfernung von weniger als 6'000 km umkreist. Bei den beiden unregelmässig geformten Marsmonden handelt es sich um eingefangene Asteroiden.

Die Monde der Asteroiden

Das Entdecken von Asteroiden-Monden ist eine vergleichsweise junge Disziplin. Die erste Beobachtung gelang im Dezember 1985 mit dem Arecibo-Radioteleskop in Puerto Rico. Dass es sich bei diesem bis heute namenlosen Objekt um einen Mond des Asteroiden Sisyphus (der am 5. Dezember 1972 von PAUL WILD in Zimmerwald entdeckt wurde) handelte, wurde allerdings erst 2007 erkannt. Die nächsten Entdeckungen datieren erst ab 1993. Bei den erdnahen Asteroiden (NEA) sind bisher 39 Monde gefunden worden. 35 NEA weisen einen Begleiter auf, bei zwei NEA wurden je zwei Trabanten entdeckt. Die Grössenverhältnisse sind ganz anders als bei den Planeten. Die mondtragenden NEA bewegen sich in der Grössenordnung zwischen 100 m und 10 km. Die Durchmesser der mittels Lichtkurvenmessungen oder Radar nachgewiesenen Monde beträgt lediglich 50 m bis 1.2 km.

Wer zählt die Monde?

Neu entdeckte Objekte können dem IAU Minor Planet Center (<http://www.minorplanetcenter.org/iau/mpc.html>) gemeldet werden, das die Objekte provisorisch bezeichnet. Sind die Bahndaten hinreichend gesichert, können Namen vorgeschlagen werden. Die Working Group for Planetary System Nomenclature (WGPSN) der IAU ist zuständig für die definitive Benennung, die dann im Gazetteer of Planetary Nomenclature publiziert wird.

Der «Mondjäger» SCOTT S. SHEPPARD von der Carnegie Institution of Washington's Department of Terrestrial Magnetism (DTM) in Was-

hington, D.C. unterhält eine sehr übersichtliche Website (<http://www.dtm.ciw.edu/users/sheppard/satellites/>). SHEPPARD war bei der Entdeckung von 43 der 67 Jupitermonde beteiligt, ebenfalls bei 25 Saturnmonden, und je einem Mond von Uranus und Neptun. Die Monde der Asteroiden und TNO werden regelmässig aktualisiert auf der Homepage von W. ROBERT JOHNSTON (<http://johnstonsarchive.net/astro/asteroidmoons.html>), einem Weltraumphysiker, der das «Binary Minor Planets Summary dataset» für das NASA Planetary Data System (<http://sbn.psi.edu/pds/>) betreut.

Unter den Marskreuzern (MCA) konnte seit 1997 bei MCA 14 ein Mond gefunden werden. Alle Monde wurden mit Lichtkurvenmessungen ausgemacht. Die beobachteten Monde bewegen sich in der Grössenordnung von 800 m bis 5 km und kreisen um MCA mit einem Durchmesser von 3-9 km. Dass bei den MCA grössere Monde als bei den NEA gefunden wurden, liegt daran, dass sich die MVA in einer grösseren Distanz zur Erde bewegen und von der Erde aus schwieriger zu beobachten sind als die NEA. Noch weiter entfernt sind die Asteroiden im Hauptgürtel zwischen Mars und Jupiter (MB). Entsprechend liegt auch die Nachweisgrenze noch etwas höher. Die Durchmesser der Zentralkörper liegen im Bereich 3 – 300 km, die der Monde bei 1 – 100 km. Insgesamt

kennt man 75 MB mit Monden. Bei fünf MB wurden sogar je zwei Monde gefunden, darunter z.B. Silvia mit Romulus und Remus oder Eugenia mit Petit-Prince und einem noch namenlosen Mond. Entdeckt wurden diese Monde mit ganz unterschiedlichen Techniken: Grossteleskope, Lichtkurvenmessungen, Hubble Space Telescope und mit Raumsonden. Am besten dokumentiert ist das Duo Ida und Dactyl, das am 28. August 1993 von der Raumsonde Galileo fotografiert wurde (siehe Abbildung).

Die Jupiter-Trojaner (JTA) sind Asteroiden, die sich in den Lagrange-Punkten der Jupiterumlaufbahn bewegen. Auch hier konnte man in den Jahren 2001 – 2006 teleskopisch sowie mit Lichtkurvenmessungen vier Monde nachweisen. Die Monde der JTA "wachsen" nun

Die Top Ten der Planetenmonde

Rang	Planet	Mond	ø in km	entdeckt	Entdecker
1	Jupiter	Ganymed	5'262	1610	GALILEO GALILEI
2	Saturn	Titan	5'150	1655	CHRISTIAN HUYGENS
3	Jupiter	Kallisto	4'821	1610	GALILEO GALILEI
4	Jupiter	Io	3'643	1610	GALILEO GALILEI
5	Erde	Luna	3'476		
6	Jupiter	Europa	3'122	1610	GALILEO GALILEI
7	Neptun	Triton	2'707	1846	WILLIAM LASSELL
8	Uranus	Titania	1'578	1787	FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL
9	Saturn	Rhea	1'529	1672	GIOVANNI DOMENICO CASSINI
10	Uranus	Oberon	1'523	1787	FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL



Tabelle 1: Die Top Ten der Planetenmonde gemäss ihrer Grösse. Ganymed und Titan übertreffen mit ihrer Grösse sogar den Planeten Merkur (4879 km). Unser Mond gehört zu den Top Five.

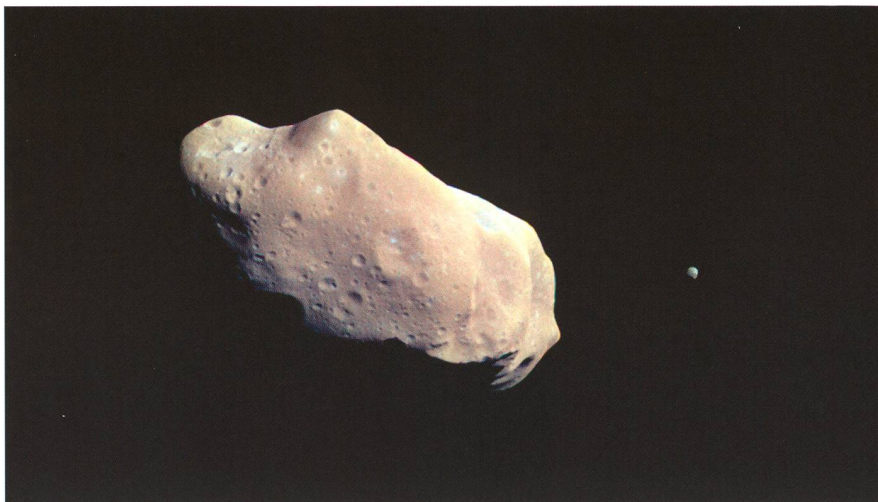


Abbildung 4: Ida (56x24x21 km) ist ein stark gekraterter Asteroid zwischen Mars und Jupiter. Vermutlich entstanden als Bruchstück nach einer Kollision eines grösseren Körpers. Der Mond Dactyl (1.2x1.4x1.6 km) umkreist Ida in einer Umlaufbahn von ca. 100 km. Er ist vermutlich bei der gleichen Kollision entstanden wie Ida. (Bild: NASA/JPL)

auf respektable Grössen von 24 – 113 km an. Als Beispiel dient Menoetius, der um Patroclus kreist.

Monde jenseits des Neptuns

Zurzeit kennt man 76 TNO im Kuipergürtel mit einem oder mehreren Monden. Der 1930 entdeckte Pluto bildet ein 5-fach System mit Charon (entdeckt 1978), Nix, Hydra (beide entdeckt im Mai 2005 auf Aufnahmen des Hubble Space Telesopes) sowie mit einem erst am 28. Juni 2011 gefundenen vierten Mond mit der provisorischen Bezeichnung S/2011 (134340) 1. Der Durchmesser dieses "jüngsten" und kleinsten Mondes von Pluto wird auf 14 km geschätzt. Ebenfalls Mehrfachsysteme stellen Haumea (mit Namaka und Hi'iaka) sowie das TNO (47171) 1999 TC36 (mit zwei unbenannten Monden) dar. Weitere 73 TNO haben je einen Mond.

Weitere Entdeckungen sind wahrscheinlich

Seit meinem Vortrag im Jahre 2009 sind lediglich fünf sehr kleine Planetenmonde bei Jupiter und Saturn hinzugekommen, so dass wir nun 172 Planetenmonde zählen können. Einen enormen Zuwachs an neu entdeckten Monden ergab sich bei den Asteroiden und TNO. Ihre Anzahl ist in nur zwei Jahren von 162 auf mittlerweile 219 angewachsen.

Es ist davon auszugehen, dass wir noch längst nicht alle Monde in unserem Sonnensystem kennen, weder die der Planeten, noch die von weniger zugänglichen kleineren Objekten. Je nach Fleiss von SCOTT S. SHEPPARD und anderen «Mondjägern» sowie der Verfügbarkeit der Grossteleskope werden sich weitere Monde finden. Sozusagen vor Ort befinden sich zurzeit drei Raumsonden, die uns in ein paar Jahren ebenfalls weitere Monde beschern werden. Dawn (gestartet am 27. September 2007) befindet sich bis Mai 2012 im Orbit von Vesta und reist anschliessend weiter durch den Asteroidengürtel, bis sie im Februar 2015 Ceres erreicht. Cassini umkreist den Saturn noch bis am 15. September 2017, ehe sie gezielt in die Atmosphäre von Saturn gelenkt wird, um einen Absturz und eine unerwünschte Kontamination der Monde Enceladus und Titan zu verhindern. New Horizons (gestartet am 19. Januar 2006) fliegt am 14. Juli 2015 an Pluto vorbei und bringt vielleicht überraschende Kunde von weiteren Objekten im Kuiper-Gürtel. Ein gutes Datum für die nächste Aktualisierung meiner Übersicht

Anzahl der Monde

Zentralkörper	Monde	Anzahl
Planeten		172
Merkur	0	
Venus	0	
Erde	1	
Mars	2	
Jupiter	67	
Saturn	62	
Uranus	27	
Neptun	13	
Asteroiden		
Erdnahe Asteroiden	(37)*	138
Mars-Kreuzer	(14)	
im Hauptgürtel	(76)	
Jupiter-Trojaner	(4)	
Transneptunische Objekte	(76)	81
	Total	389

* in () Anzahl Asteroiden resp. TNO mit Monden

Tabelle 2: Anzahl der bekannten Monde in unserem Sonnensystem (Stand: 31.12.2011). Die Tabelle wurde aus verschiedenen Quellen zusammengestellt [1, 2, 3, 4].

könnte somit im 2018 liegen. Vielleicht verfügen wir dann sogar über eine sinnvolle Definition eines Mondes, so dass die Statistik nicht mit jedem noch so kleinen Objekt verlängert wird, nur weil es sich irgendwie beobachten lässt.

z Urs Spahr

Rollisweg 4a
CH-3177 Laupen

Bei uns gibt's exklusiv
Profii CCD-Kameras
von
BITRAN

Neue Serie BJ-50!
Ein neuer Supersensor!

<http://www.the-ccd-astronomer.ch/>
oder Montag 18-21Uhr Tel. 079 730 48 62

Links

- z [tp://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog?IDNumber=PIA00069](http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog?IDNumber=PIA00069)
- z http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/gallery.cfm?&Category=Planets&Object=Sat_Hyperion
- z <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Miranda.jpg&filetimestamp=20081221012826>

