NOVA

März 2016 / Nummer 539

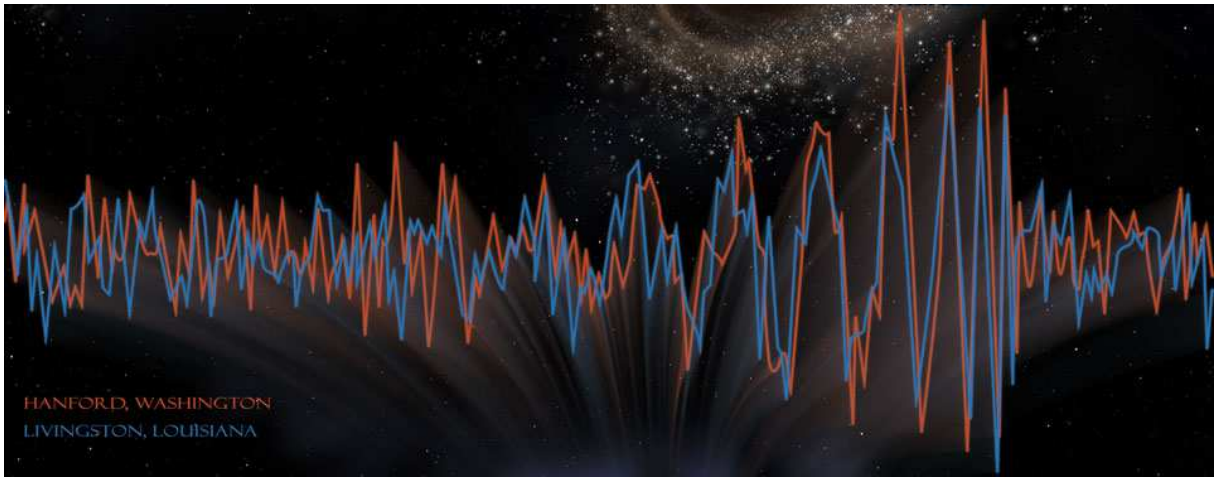
Monatliche Vereins-Informationen der
Astronomischen Gesellschaft Luzern (AGL)

- Die Brosamen des Sonnensystems
- Tag der Astronomie
- Gravitationswellen nachgewiesen

AGL

Inhaltsverzeichnis

Veranstaltungen 3
Sternwarte Hubelmatt 3
Zusammenkünfte 3
Vorschau 3
Lohnende Beobachtungen 4
Monatliche Zusammenkunft 5
Tag der Astronomie 6
Die Brosamen unseres Sonnensystems 8
Gravitationswellen erstmals direkt nachgewiesen 13
Impressum 15



Gravitationswellen wurden nachgewiesen! Die Abbildung zeigt die beiden von den zwei Observatorien in Hanford, Washington und Livingston, Louisiana detektierten Signale. Detaillierte Infos dazu ab Seite 14.

Zum Titelbild:
Der sogenannte „Planet 9" wurde noch nicht entdeckt, die Hinweise zu seiner Existenz beruhen bislang ausschliesslich auf mathematischen Modellen und Computersimulationen. Handfesteres zu unserem Sonnensystem und seinen grössten Objekten entnehmen Sie dem Bericht im Innenteil ab Seite 8.

Veranstaltungen

Sternwarte Hubelmatt

Datum	**Was**	*Bemerkungen*	Mehr auf Seite
Jeden Dienstag 20:00-22:00	**Geöffnet für alle**	*Bei schlechtem Wetter nur bis 21 Uhr*	
FR 4. / 18. März, 20:00 Uhr	**Jugendprogramm**	*Details auf unserer Webpage und auf Facebook!*	
FR 11. März ab 19:30 Uhr	**Praxis-Treff**	*Kurzfristige Ankündigung per E-mail*	
SA 19. März 2016	**Tag der Astronomie**	*Der Erdmond*	6

Zusammenkünfte

MO 7. März, 20:00 Uhr	**Monatshöck**	*Restaurant Schützenhaus, Allmend*	5
DO 17. März, 14:30 Uhr	**Nachmittagstreff**	*Hotel Hermitage*	

Vorschau

FR 8. April ab 19:30 Uhr	**Praxis-Treff**	*Kurzfristige Ankündigung per E-mail*	
MO 11. April 2016 19:30 Uhr	**61. GV der AGL / Monatshöck**	*Restaurant Schützenhaus, Allmend*	5
FR 15. / 29. April, 20:00 Uhr	**Jugendprogramm**	*Details auf unserer Webpage und auf Facebook!*	
DO 21. April, 14:30 Uhr	**Nachmittagstreff**	*Hotel Hermitage*	

Lohnende Beobachtungen

Im März 2016 am Himmel zu sehen:

Merkur: Der innerste Planet gelangt am 23. in obere Konjunktion zur Sonne und bleibt den ganzen Monat über unbeobachtbar.

Venus: Sie beendet ihre Morgensichtbarkeit und ist nach dem 10. mit blossem Auge nicht mehr aufzufinden. Am 20. geht sie durch das Aphel (=sonnenfernster Punkt) ihrer Bahn und ist dann 109 Mio km von der Sonne entfernt. Im Fernrohr zeigt sie ein nur noch 11" grosses, fast voll beleuchtetes Scheibchen.

Mars: Der rote Planet hat seine unscheinbaren Monate hinter sich und wird rasch zum auffälligen Gestirn der zweiten Nachthälfte. Die Oppositionszeit kündigt sich an. Seine Helligkeit steigt im März von 0.3m auf -0.5m an, also auf das Doppelte. Sein Aufgang erfolgt am 1. um 1 Uhr MEZ, Ende Monat um 00.45 Uhr MESZ, also 75' früher.

Jupiter: Der Planetenriese zieht rückläufig durch den Löwen und kommt am 8. in Opposition zur Sonne. Er betritt bei Sonnenuntergang die Himmelsbühne im Osten und bleibt die ganze Nacht über sichtbar. Mit -2.5m ist er das dominierende Gestirn am Nachthimmel. In weniger als 10 Stunden dreht sich die riesige Jupiterkugel einmal um ihre Achse, was die auffällige Abplattung verursacht. Das wechselvolle Spiel der vier grossen Jupitermonde ist in jedem lichtstarken Feldstecher zu verfolgen. Jupiter ist 812 Mio km von der Sonne und 664 Mio km von der Erde entfernt. Blicken wir zu ihm, so sehen wir Licht, das die Sonne vor eineinhalb Stunden verlassen hat.

Saturn: Der Ringplanet erscheint in der zweiten Nachthälfte. Er kommt am 25. tief im Ophiuchus zum Stillstand und setzt danach zu seiner Oppositionsschleife an. Seine Helligkeit nimmt nur unwesentlich von 0.5m auf 0.3m zu. Sein Aufgang verfrüht sich von 02.30 Uhr MEZ auf 01.30 Uhr MESZ im Monatsverlauf.

Mond: Der abnehmende Halbmond steht am Morgen des 2. im letzten Viertel etwa 4° nördlich Saturn. Am 7. zieht die schmale Sichel an Venus vorbei. Am 9. Neumond im Wassermann. Das erste Viertel am 15. im Stier nahe Aldebaran und Oster-Vollmond am 23. in der Jungfrau. Am Tag zuvor (22.) zieht der Mond die ganze Nacht hindurch mit dem nahen Jupiter über den Himmel. Am 29. passiert die abnehmende Mondkugel erneut Saturn. Letztes Viertel tief im Schützen am 31.

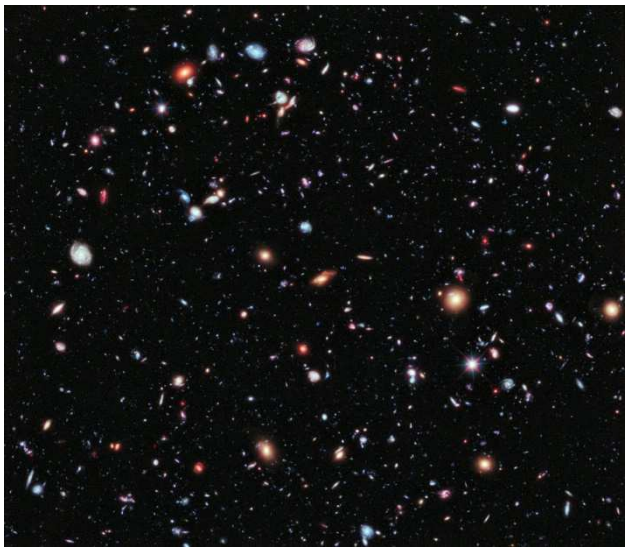
Quelle: Kosmos-Himmelsjahr 2016, Red JBarili

Monatliche Zusammenkunft

Montag, 7. März 2016, 20:00 Uhr, Restaurant Schützenhaus, Allmend, Luzern

Thema: **Wie gross ist das Weltall?**
Referent: **Hans Roth**, SAG
Hinweis: **Der Anlass ist öffentlich, freier Eintritt**

Wie gross ist das Weltall? Diese Frage tauchte auf, als die Himmelskörper nicht mehr als Gottheiten verstanden wurden. Doch die Distanzmessung ist auch heute noch nicht einfach. Nur für die Sterne in der näheren Umgebung der Sonne haben wir verlässliche Messwerte. Wie man daraus Schritt für Schritt, mit immer anderen Methoden, die Distanzen zu den entferntesten Objekten bestimmte – oder besser gesagt abschätzte - ist Gegenstand des Vortrags. Schliesslich wird auch das aus diesen Resultaten hergeleitete Weltbild der heutigen Astronomie geschildert.



Das Hubble Extreme Deep Field wurde während insgesamt 23 Tagen belichtet. Die dazu zusammengerechneten Aufnahmen entstanden zwischen 2002 und 2012: ein sehr tiefer Blick ins Universum.
Doch wie kann man feststellen, wie tief dieser Blick ist?

Vorschau auf die nächste Zusammenkunft:

Montag, 11. April 2016, **19:30 Uhr**, Restaurant Schützenhaus, Allmend, Luzern

61. GV der AGL, ab ca.20:30 Uhr mit folgendem Vortrag:

Thema: "Wiedererwachende Wissenschaft: **Astronomie als Motor der Renaissance der Wissenschaften in Bagdad** (8./9. Jhdt. n. Chr.)"
Referent: **Dr. Johannes Thomann**, Asien-Orient-Institut der Uni Zürich
Hinweis: **Der Anlass ist öffentlich, freier Eintritt**

Tag der Astronomie

Samstag, 19. März 2016

Tag der Astronomie

Die Sternwarte Hubelmatt in Luzern hat für Sie
von 18.00 Uhr bis 24.00 Uhr geöffnet.
Tauchen Sie ein in die Welt der Sternkunde!

Im Schulhaus Hubelmatt West erwartet Sie ein
abwechslungsreiches, spannendes Programm mit
interessanten Vorträgen und Vorführungen.

Kinder, Jugendliche und Erwachsene
sind herzlich willkommen.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

Astronomische Gesellschaft Luzern 6000 Luzern
luzern.astronomie.ch

Die Sternwarte Hubelmatt in Luzern ist am 19. März 2016 von 18 Uhr bis Mitternacht geöffnet

Vorträge

Zeit	Referent	Thema
18:30	Josef Bucher	Ausflug auf den Mond
19:30	Beat Müller	2016 - ein Schaltjahr - warum eigentlich?
20:30	Daniel Ursprung	Unser Mond – ein beliebtes Ziel für die irdische Raumfahrt
21:30	Max Spindler	Die Entwicklung des Universums, schwarze Löcher und Gravitationswellen
22:30	Roland Stalder	Videos vom Sternenhimmel

Hinweis: Die Vorträge sind auch für Jugendliche und Laien sehr gut geeignet.

Beobachtungen in der Sternwarte

Zeit	Ereignis	Bemerkung
18:14	Untergang Sonne	Sonnenuntergang beim Schwandenberg
18:40	Beginn bürgerliche Dämmerung	Die Sonne sinkt unter den mathematischen Horizont
19:09	Beginn nautische Dämmerung	Die Sonne ist nun 6° unter dem mathematischen Horizont
19:44	Beginn astronomische Dämmerung	Die Sonne befindet sich nun 12° unter dem Horizont
20:21	Ende astronomische Dämmerung	Die Sonne steht nun 18° unter dem Horizont
21:58	Kulmination Mond	Der Mond steht genau im Süden, hoch am Himmel
23:49	Kulmination Jupiter	Der Jupiter erreicht seine höchste Stellung über'm Horizont

Weitere Aktivitäten und Höhepunkte

- Ab 18:45 Uhr findet jede Stunde eine Führung im Kleinplanetarium statt.
- Unsere Jugendgruppe hat diverse Aktivitäten für Jugendliche und Junggebliebene geplant.
- Eine Vielzahl von Fernrohren stehen zum An- und Durchschauen bereit.
- Suchen und finden Sie selber ein Gerät bei einem unserer Astro-Händler.
- Die Ausstellung im Erdgeschoss führt Sie in die Welt der Sterne und Planeten ein.
- Nonstop Filmvorführung zu spannenden Themen aus Astronomie und Raumfahrt.
- Unsere Cafeteria lädt zu Plaudereien mit Sternguckern bei Kaffee und Kuchen ein.

http://luzern.astronomie.ch

Sternwarte Hubelmatt

Astronomische Gesellschaft Luzern

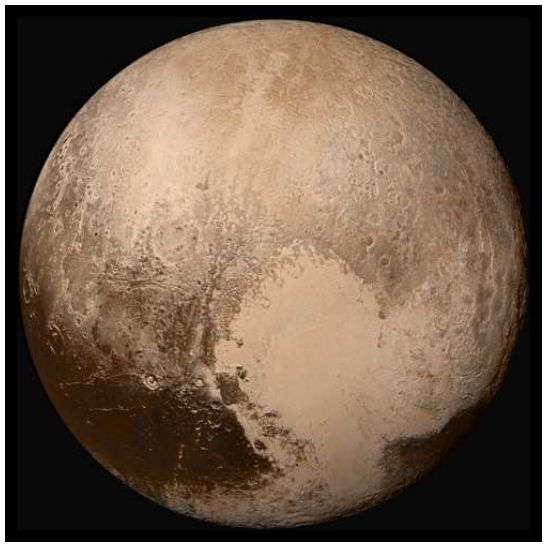
AGL

Die Brosamen unseres Sonnensystems

In letzter Zeit war oft die Rede von Exoplaneten-Systemen. Als Gegenpol dazu wollen wir doch wieder mal in die (relative) Nähe rücken. Unser Sonnensystem hat nämlich auch noch viel Spannendes zu bieten, auch wenn „Planet Neun" noch nicht gefunden wurde!

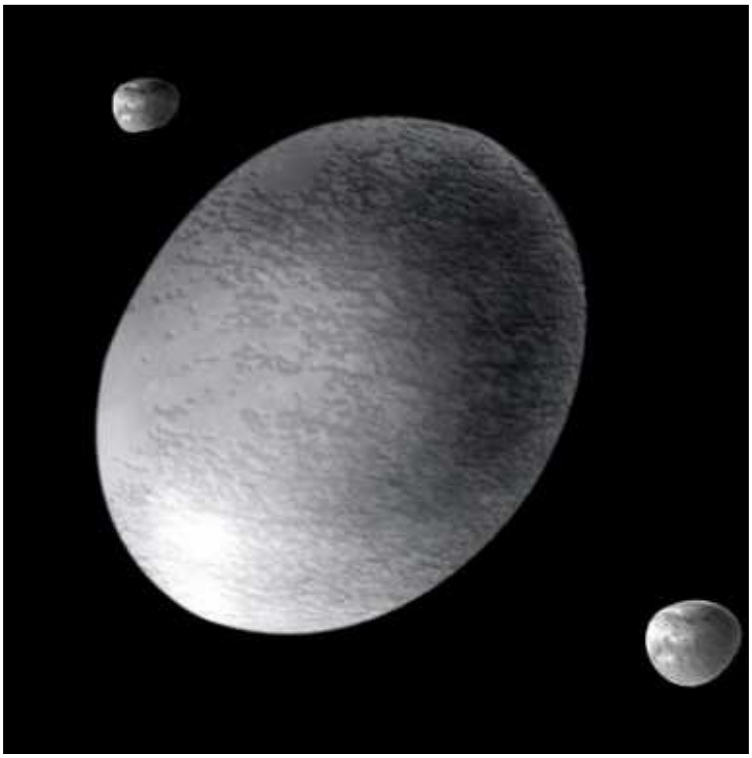
Am Ende dieses Berichtes finden Sie eine Tabelle mit allen bis jetzt bekannten Objekten unseres Sonnensystems, welche mindestens einen Durchmesser von 500 Km aufweisen. Die Liste ist nicht nach Objekttypen oder gemäss dem Abstand zur Sonne sortiert, sondern nach dem Durchmesser. Fast die Hälfte der Himmelskörper auf der Liste wurde erst in den vergangenen 20 Jahren entdeckt. Der Beweis also, dass nicht nur in hunderten von Lichtjahren Entfernung geforscht und gefunden wird, sondern dass auch in unserer „Heimat" noch viel zu entdecken ist.
Zu erwähnen sei wieder mal, dass trotz der vielen grossen Brocken sich von der Gesamtmasse des Sonnensystems nicht weniger als 99.86% im Zentralstern konzentrieren. Hier wird also eigentlich nur über die Brosamen des Systems berichtet, auch wenn es die 55 grössten von bis jetzt rund 700'000 Himmelskörpern sind. Nicht überraschend, wird die Tabelle (nach der **Sonne**) von den grossen Gasplaneten angeführt, gefolgt von den Gesteinsplaneten. Unsere **Erde** ist schon auf Rang sechs zu finden. Immerhin vermögen die beiden grössten Monde des Sonnensystems (**Ganymed** und **Titan**) sich noch vor dem kleinsten Planeten (**Merkur**) einzureihen. Schon knapp dahinter folgt unser **Erdmond**. Er ist der fünftgrösste Mond des Sonnensystems, nur drei der galileischen Monde und der grosse Saturnmond **Titan** rangieren vor ihm. Erst auf Rang 17 folgt der Zwergplanet **Pluto**, der mit einer scheinbaren Helligkeit von rund 15 mag nur mit einem schon etwas grösseren Amateurteleskop ausfindig gemacht werden kann. Die Tatsache, dass gleich nach ihm zwei weitere Zwergplaneten folgen,

Jupitermond Ganymed



Zwergplanet Pluto

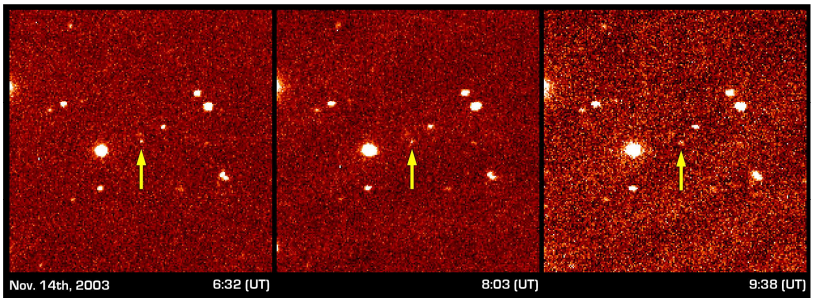
verdeutlicht, dass es wohl richtig war, für die Planeten eine neue Definition zu finden und **Pluto** zu degradieren! Dafür gibt es übrigens eine geschichtliche Parallele. Die in den Jahren 1801 bis 1845 entdeckten Himmelskörper **Ceres**, **Pallas**, **Juno**, **Vesta** und **Astraea** zwischen **Mars** und **Jupiter** galten damals als vollwertige Planeten. Der 1846 entdeckte **Neptun** war daher der 13. Planet. Als dann aber plötzlich noch sehr viel mehr dieser kleinen Brocken entdeckt wurden, machte Alexander von Humboldt im Jahre 1851 den Vorschlag, die Zahl der (großen) Planeten auf acht zu begrenzen und den neuen Begriff der *Asteroiden* (auch: *Planetoiden* oder *Kleinplaneten*) einzuführen. Damit wurden also **Ceres**, **Pallas**, **Juno**, **Vesta** und **Astraea** zu Asteroiden degradiert. Immerhin darf sich **Ceres** seit 2006 erhobenen Hauptes wieder (Zwerg)-Planet nennen! Zwergplanet **Haumea** (max. 17.3 mag hell) ist ein ganz spezieller Kerl! Ihr Äquatordurchmesser beträgt rund 2000 Km, die Distanz von Pol zu Pol aber nur etwa 1000 Km. Diese extrem starke Abplattung hat ihre Ursache in der schnellen Rotation. **Haumea** dreht sich in knapp 4 Stunden um die eigene Achse. Für eine Runde um die Sonne benötigt sie 285 Erdjahre. Sie wird dabei von zwei Monden begleitet, die Durchmesser von 190 und 310 km aufweisen. Nun folgen ab Position 20 einige Monde der grossen Gasplaneten. Mit **2007 OR10** kommt auf Platz 25 der erste Asteroid. Genauer gesagt handelt es sich um ein TNO, also ein „Transneptunisches Objekt", das weit ausserhalb des **Neptun** seine elliptische Bahn zieht. Dieser 2007 entdeckte und 1280 km durchmessende Mocken ist das zurzeit grösste Objekt des Sonnensystems, das noch keinen offiziellen Namen hat. Dieser wird erst dann vergeben (und meist vom Entdecker vorgeschlagen), wenn die Bahn des Himmelskörpers genügend genau bekannt ist und auch über Form und Typ des Körpers mehr in Erfahrung gebracht werden konnte. Fast alle auf der Liste aufgeführten Asteroiden werden aber vermutlich wegen Ihrer Grösse eine runde Form aufweisen und damit früher oder später



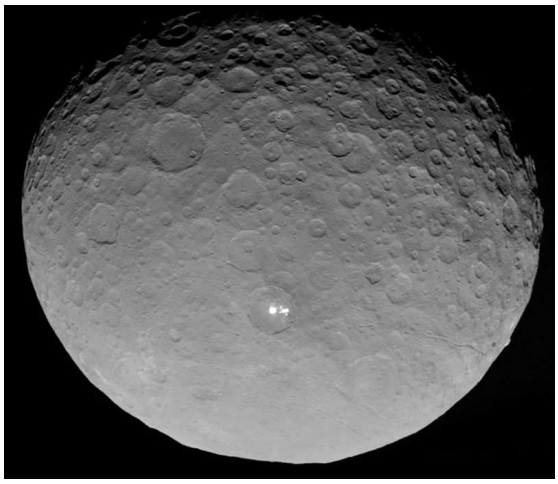
Künstlerische Darstellung von Zwergplanet Haumea mit den beiden Monden

Plutomond Charon

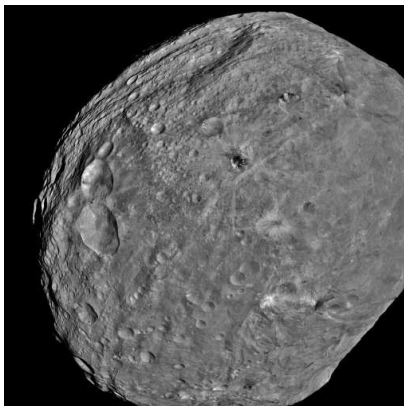
in die Gruppe der Zwergplaneten aufgenommen werden. Gleich hinter diesem namenlosen Asteroiden rangiert der grösste Plutomond **Charon**. Er ist halb so gross wie sein Zwergplanet. Kein anderer Mond des Sonnensystems ist im Verhältnis zu seinem Hauptkörper so gross wie er! Einige Saturn- und Uranusmonde sind die letzten, welche einen Durchmesser von über 1000 km aufweisen. Mit 955 km Durchmesser folgt nun der im Jahre 2003 entdeckte Asteroid / TNO **Sedna**. Auch dieser nach der Meeresgöttin der Inuit benannte Himmelskörper wird dereinst vermutlich ein Upgrade zum Zwergplanet bekommen. Sein sonnennächster Punkt befindet sich noch weit ausserhalb dem sonnenfernsten Punkt des **Pluto**. Das Sonnenlicht braucht dann 10.5 Stunden bis zu ihm. Zum Zeitpunkt seiner Entdeckung war er fast in diesem sonnennächsten Punkt auf seiner sehr elliptischen Bahn. Seinen sonnenfernsten Punkt wird er erst in rund 5000 Jahren erreichen. Dann wird das Licht der Sonne 5.5 Tage brauchen, um **Sedna** zu „erhellen". Zum Vergleich: Die 1977 gestartete Raumsonde Voyager 1 befindet sich zurzeit in einer Entfernung von 17 Lichtstunden von der Sonne und hat trotzdem erst knapp ein halbes Promille der Distanz bis zum nächsten Stern zurückgelegt! Erst jetzt, an Stelle 33 finden wir den ehemaligen 8. Planeten, zwischenzeitlichen ersten Kleinplaneten und heutigen fünftgrössten Zwergplaneten, die 1801 durch Giuseppe Piazzi entdeckte **Ceres**. Sie wird seit März 2015 von der Raumsonde Dawn umrundet, so dass sie sicher der am besten erforschte Zwergplanet ist. Mit einer scheinbaren Helligkeit von 6.6 mag können wir sie auch mit unseren Teleskopen finden.



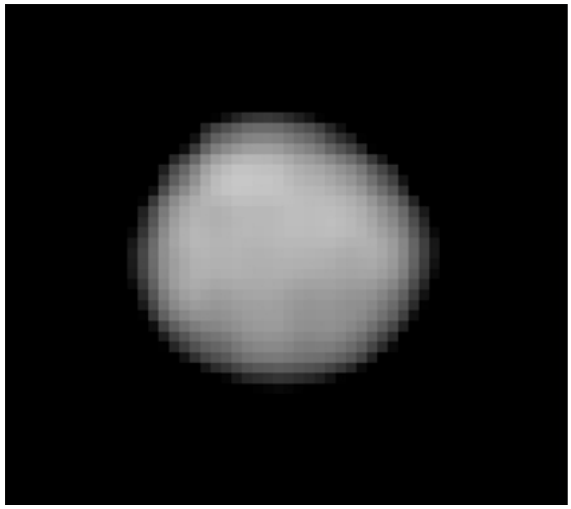
Entdeckungsbilder von TNO Sedna


Zwergplanet Ceres

Mit Ausnahme des Saturnmondes **Enceladus** vervollständigen jetzt nur noch Asteroiden die Liste. Viele davon gelten als Zwergplanetenkandidaten, oft werden sie aber wie oben erwähnt auch nur als „Transneptunisches Objekt" bezeichnet, weil sie so weit entfernt sind, dass es sehr schwer wird, viel mehr als Ihre Bahndaten zu erkunden. Zwei Ausnahmen sind die im frühen 19. Jahrhundert entdeckten Asteroiden **Vesta** und **Pallas**, die als Hauptgürtelasteroiden gelten und die Sonne somit zwischen **Mars**


Asteroid Vesta

und **Jupiter** umrunden. Auch **Vesta** hat von der Raumsonde Dawn besuch erhalten und wurde von ihr während 15 Monaten intensiv aus der Nähe erkundet. Wegen Ihrer kartoffelartigen Form wird sie wohl nie den Status eines Zwergplaneten bekommen. **Vesta** kann mit einer maximalen Helligkeit von 5.2 mag bei idealen Bedingungen sogar von blossem Auge gesehen werden. Die besten Bilder von **Pallas** stammen vom Hubbel Space Telescope und sind daher sehr schwach aufgelöst. Auch Sie ist ein Hauptgürtelasteroid, allerdings mit einer recht elliptischen Umlaufbahn. In Erdnähe kann sie mit einer Helligkeit von 6.5 mag gut mit einem Amateurfernrohr beobachtet werden.



Das beste Bild von Asteroid Pallas

Abschliessend kann gesagt werden, dass sich die Gruppe der 56 grössten Himmelskörper unseres Sonnensystems folgendermassen zusammensetzt:

Stern	1	(Sonne)
Planeten	8	(davon 4 Gasplaneten und 4 Gesteinsplaneten)
Zwergplaneten	5	(Ceres aus dem Bereich des Asteroiden-Hauptgürtels, die anderen vier aus dem Bereich der TNO)
Monde	17	(verteilt auf 5 Planeten und einen Zwergplaneten)
Asterioden	2	(aus dem Hauptgürtel (Vesta und Pallas))
Asterioden/TNO	23	(alle nach 1995 entdeckt)

Aber dies alles ist nur eine Momentaufnahme! Man kann sicher sein, dass diese Zusammenstellung in einigen Jahren wieder anders aussehen wird. Astronomie ist spannend!

Beat Bühlmann

	Name	**Typ**	**Durchmesser in Km**	**Entfernung von der Sonne In AE**	**Jahr der Entdeckung**	**Entdecker**
1.	Sonne	Stern	1 392 684	-	-	
2.	Jupiter	Gasplanet	138 346	5,2	-	
3.	Saturn	Gasplanet	114 632	9,5	-	
4.	Uranus	Gasplanet	50 532	19,2	1781	Herschel
5.	Neptun	Gasplanet	49 105	30,1	1846	Galle / Le Verrier
6.	Erde	Gesteinsplanet	12 735	1,0	-	
7.	Venus	Gesteinsplanet	12 103	0,7	-	
8.	Mars	Gesteinsplanet	6 772	1,9	-	

9.	Ganymed	Jupitermond	5 262	5,2	1610	Galilei
10.	Titan	Saturnmond	5 150	9,5	1655	Huygens
11.	Merkur	Gesteinsplanet	4 879	0,4	-	
12.	Kallisto	Jupitermond	4 821	5,2	1610	Galilei
13.	Io	Jupitermond	3 643	5,2	1610	Galilei
14.	Mond	Erdmond	3 476	1,0	-	
15.	Europa	Jupitermond	3 122	5,2	1610	Galilei
16.	Triton	Neptunmond	2 707	30,1	1846	Lassell
17.	Pluto	Zwergplanet	2 370	29 - 49	1930	Tombaugh
18.	Eris	Zwergplanet	2326	37 - 97	2003	Brown/Trujillo/Rabinowitz
19.	Haumea	Zwergplanet	1920 × 1540 × 990	35 - 51	2005	Sierra Nevada Observatorium
20.	Titania	Uranusmond	1 578	19,2	1787	Herschel
21.	Rhea	Saturnmond	1 529	9,5	1672	Cassini
22.	Oberon	Uranusmond	1 523	19,2	1787	Herschel
23.	Makemake	Zwergplanet	1502	38 - 52	2005	Brown/Trujillo/Rabinowitz
24.	Iapetus	Saturnmond	1 436	9,5	1671	Cassini
25.	2007 OR_{10}	Asteroid / TNO	1280	33 - 100	2007	Schwamb/Brown/Rabinowitz
26.	Charon	Plutomond	1 208	29 - 49	1978	Christy
27.	Umbriel	Uranusmond	1 169	19,2	1851	Lassell
28.	Ariel	Uranusmond	1 158	19,2	1851	Lassell
29.	Dione	Saturnmond	1 123	9,5	1684	Cassini
30.	Quaoar	Asteroid / TNO	1100	42 - 45	2002	Brown / Trujillo
31.	Tethys	Saturnmond	1 066	9,5	1684	Cassini
32.	Sedna	Asteroid / TNO	995	76 - 955	2003	Brown/Trujillo/Rabinowitz
33.	Ceres	Zwergplanet	963	2,8	1801	Piazzi
34.	2002 MS_4	Asteroid / TNO	934	36 - 48	2002	Trujillo / Brown
35.	Orcus	Asteroid / TNO	917	31 - 48	2004	Brown/Trujillo/Rabinowitz
36.	Salacia	Asteroid / TNO	854	37 - 46	2004	Roe / Brown / Barkume
37.	2002 AW_{197}	Asteroid / TNO	768	41 - 54	2002	Brown / Trujillo / etc.
38.	2003 AZ_{84}	Asteroid / TNO	727	33 - 47	2003	Trujillo / Brown
39.	Varda	Asteroid / TNO	705	39 - 52	2003	Larsen
40.	2007 JJ_{43}	Asteroid / TNO	694	40 - 56	2007	Brown
41.	2004 GV_9	Asteroid / TNO	680	39 - 46	2004	Near Earth Asteroid Tracking
42.	2005 RN_{43}	Asteroid / TNO	679	40 - 42	2005	Becker / Puckett / Kubica
43.	Varuna	Asteroid / TNO	668	41 - 45	2000	McMillan
44.	2002 UX_{25}	Asteroid / TNO	665	37 - 49	2002	Spacewatch-Programm
45.	1996 TL_{66}	Asteroid / TNO	640	35 - 133	1996	Jewitt / Luu / Chen
46.	Ixion	Asteroid / TNO	617	30 - 49	2001	Deep Ecliptic Survey
47.	1996 TO_{66}	Asteroid / TNO	600	38 - 48	1996	Trujillo / Jewitt / Luu
48.	Chaos	Asteroid / TNO	600	41 - 51	1998	Deep Ecliptic Survey
49.	2007 UK_{126}	Asteroid / TNO	599	37 - 110	2007	Schwamb/Brown/Rabinowitz
50.	2002 TC_{302}	Asteroid / TNO	584	39-72	2002	Brown/Trujillo/Rabinowitz
51.	Vesta	Asteroid	573 × 557 × 446	2,4	1807	Olbers
52.	Pallas	Asteroid	546	2,1 - 3,4	1802	Olbers
53.	Enceladus	Saturnmond	504	9,5	1789	Herschel
54.	2004 XR_{190}	Asteroid / TNO	500 - 1000	52 - 62	2004	Allen
55.	1999 DE_9	Asteroid / TNO	500	32 - 79	1999	Luu / Trujillo
56.	2003 VS_2	Asteroid / TNO	500	36 - 43	2003	Near Earth Asteroid Tracking

Gravitationswellen erstmals direkt nachgewiesen

Als Bruce Allen, der Direktor am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik in Hannover am 14. September 2015 kurz vor der Mittagspause seine E-Mails durchsah, konnte er es erst nicht fassen: Die beiden LIGO-Detektoren in den USA sollen das Signal von Gravitationswellen gemessen haben? Mit seiner Arbeitsgruppe ist Allen maßgeblich an der Datenanalyse aller Detektoren des weltweiten Netzwerks beteiligt. Zwei seiner Mitarbeiter hatten das Signal als Erste auf ihrem Bildschirm bemerkt. Als es eintraf, war es in den USA Nacht, und die Kollegen dort schliefen. "Es war selbst mit dem bloßen Auge so deutlich in den Rohdaten zu erkennen und sah so perfekt aus, dass wir anfangs Zweifel hatten, ob es echt war", erinnert sich Allen. "Wir glaubten zunächst, jemand könnte ein Testsignal in die Detektoren eingespeist und dann vergessen haben, uns das mitzuteilen." Auf diese Weise überprüfen die Physiker regelmäßig, ob alle Instrumentenkomponenten und Datenanalysemechanismen wie gewünscht funktionieren. Doch nach eingehender Untersuchung war klar: Das Signal GW 150914 kam tatsächlich aus einer fernen Galaxie. Zwei Schwarze Löcher waren dort ineinander gestürzt und miteinander verschmolzen.

Gravitationswellen wurden erstmals 1916 von Albert Einstein postuliert - ein Jahr, nachdem er bereits seine allgemeine Relativitätstheorie veröffentlicht hatte. Demnach erzeugen Bewegungen einer Masse im Raum eine Krümmung der Raumzeit, die sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt. Die Amplitude dieser Welle und damit ihre „Stärke" hängt maßgeblich von der bewegten Masse ab; d.h. ein fahrender Zug erzeugt eine weitaus schwächere Welle als zwei verschmelzende schwarze Löcher. Die Welle hatte genau die Form, die von Einsteins Theorie für diesen Fall vorhergesagt wird. Allerdings sind die Effekte von Gravitationswellen selbst bei einem so dramatischen Ereignis verhältnismäßig klein. Auf einer Strecke von 4 km wurde gerade einmal eine Längenänderung von einem Zeptometer detektiert. Zum Vergleich: der Durchmesser eines Protons ist etwa eine Million Mal größer. Bei diesen Dimensionen ist es nicht verwunderlich, dass bereits Einstein daran zweifelte, ob die von ihm theoretisch vorhergesagten Wellen jemals gefunden werden würden.

Messtechniken

Kurz nach der Jahrtausendwende begann man damit, weltweit Laserinterferometer zu bauen. Das Messprinzip basiert hierbei auf dem Michelson-Interferometer, das vielleicht dem einen oder anderen Leser noch aus der Schulzeit geläufig ist. Ein Laser sendet Licht aus, das an einem halbdurchlässigen Spiegel aufgeteilt wird und auf zwei normale Spiegel trifft. Das dort reflektierte Licht trifft nun wieder auf den halbdurchlässigen Spiegel und wird anschließend auf einen Detektor geleitet. Auf diesem erscheint dann die Interferenz. Werden die senkrecht zueinander stehenden Röhren von einer Gravitationswelle gestreckt oder gestaucht, findet eine Phasenverschiebung statt und es wird eine Änderung der Interferenz detektiert.

Die Versuchsanlagen wurden an verschiedenen Orten auf der Erde errichtet: so werden lokale Fehlerquellen wie beispielsweise leichte Erdbeben ausgeschlossen. Standorte solcher Detektoren sind unter anderem Japan, Italien und Deutschland. Die Entdeckung gemacht hat jedoch das Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) in den USA; um genau zu sein eine in der Messgenauigkeit verbesserte Variante mit dem Namen aLIGO (Advanced LIGO), die erst 2015 in Betrieb genommen wurde. Am 14. September 2015 wurde schließlich ein Signal an den Standorten in Hanford (Bundesstaat Washington) und Livingston (Louisiana) unabhängig voneinander detektiert. Das entscheidende Signal ist eine in der Amplitude schnell anwachsende Welle, die nach dem Verschmelzen der schwarzen Löcher wieder auf annähernd 0 herabfällt. Das ganze Ereignis dauerte nicht länger als 150 ms. Zu diesem Zeitpunkt waren die anderen Gravitationswellendetektoren abgeschaltet oder nicht im Observationsmodus, weswegen das Signal nur von den zwei genannten Detektoren erfasst werden konnte. Nach der Entdeckung wurden zunächst mögliche Fehlerquellen ausgeschlossen. Sensoren, die während des Betriebs eine Messung von Störungen aus der Umgebung vornehmen, zeigten keine Störung an, die stark genug wäre, das Signal zu erklären. Auch die Instrumente wurden untersucht und es konnte ausgeschlossen werden, dass das Signal auf einen Fehler der Instrumente zurückzuführen ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass das gemessene Signal auf Hintergrundrauschen zurück zu führen ist, wird mit 0,0002% angegeben, was einer faktischen Entdeckung gleichkommt.

Das LIGO Observatorium am Standort Hanford.

Eine neue Ära der Weltraumerkundung

Oft wurde der Vergleich bemüht, dass der direkte Nachweis dieser Wellen der Entdeckung des elektromagnetischen Spektrums gleichkäme: Man könne nun das Universum mit anderen Augen betrachten und das gravitative Universum entdecken. Diese Annahme ist nicht falsch, denn bereits mit dieser ersten Entdeckung wurden Vorgänge beobachtet, die mit unseren bisherigen Beobachtungsmöglichkeiten nicht detektierbar gewesen wären. Da schwarze Löcher, wenn sie nicht gerade von einer Scheibe aus Materie umgeben sind oder ihre Umgebung sichtbar beeinflussen, unsichtbar sind, wäre das sehr kurze Ereignis zweier verschmelzender schwarzer Löcher anders als über ihre Gravitationswellen nicht detektierbar gewesen. Dass binäre Systeme schwarzer Löcher existieren, war bis zu ihrer Entdeckung im vergangenen September auch nur eine theoretische Annahme. Die Forschung erhofft sich weiterhin Einblicke in die gewaltigsten Ereignisse des Universums wie zum Beispiel Urknall und Supernovae und Erkenntnisse über die massereichsten Körper wie Neutronensterne. Auch die mysteriöse dunkle Materie, die bisher lediglich indirekt über ihre gravitative Wirkung nachgewiesen wurde, könnte mit Hilfe der Gravitationswellen untersucht werden.

Spectrum.de / Raumfahrer.net

Impressum

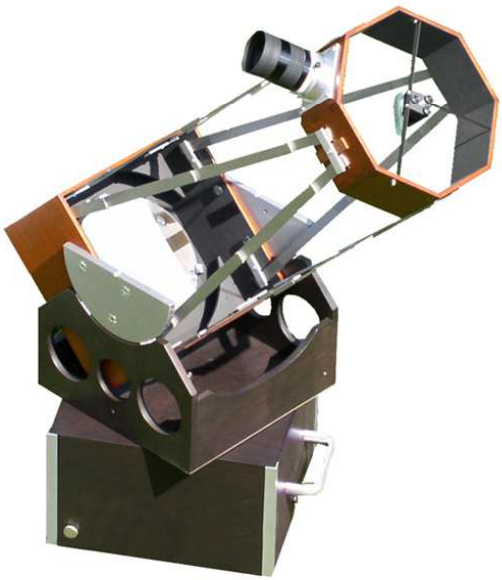
Monatliche Vereins-Informationen der
Astronomischen Gesellschaft Luzern (AGL)

Beiträge und Bildberichte bitte an:
redaktion.agl@astronomie.ch
Nächster Redaktionsschluss:
Jeweils am 10. des Vormonates

Anschrift:	Astronomische Gesellschaft Luzern, 6000 Luzern	
Sternwarte:	Schulhaus Hubelmatt-West, Luzern	
Telefon Sternwarte:	041 / 317 00 69	
Homepage:	luzern.astronomie.ch	
Homepage Jugendgruppe:	aglj.ch	
Email:	info.agl@astronomie.ch	
Bankverbindung:	Raiffeisenbank Horw, 6048 Horw IBAN CH2481186000003572488 SWIFT-BIC: RAIFCH22B86	
Präsident:	Marc Eichenberger	info.agl@astronomie.ch
Vizepräsident:	Heiri Hefti	
Buchhaltung:	Anita Schranz	
Aktuar:	Pascal Kaufmann	
Sternwarte und Technik:	Joerg Lang	sternwarte.agl@astronomie.ch
Jugendarbeit:	Cedric Schmid & Elmar Wüest	jugendgruppe.agl@astronomie.ch
Webmaster:	Markus Burch	webmaster.agl@astronomie.ch
Praxis-Treff:	Kurt Felder	praxistreff@bluewin.ch
Administration:	Heiri Hefti	admin.agl@astronomie.ch
Organisation:	Heidi Halter	organisation.agl@astronomie.ch
Öffentlichkeitsarbeit:	Piero Indelicato	werbung.agl@astronomie.ch
Fernrohrverleih:	Heiri Hefti	admin.agl@astronomie.ch
Astroreisen:	Pascal Kaufmann	
Redaktion NOVA:	Beat Bühlmann	redaktion.agl@astronomie.ch
Druckerei:	Kopiershop Alpnach	
Auflage:	280 Exemplare	
Erscheinung:	11x jährlich	
ISSN:	1664-9079	

P.P.
CH-6000 Luzern
DIE POST

Astro-Optik GmbH
von Bergen



www.fernrohr.ch

Eduard von Bergen dipl. Ing. FH
6060 Sarnen / Tel. 041 661 12 34