

Pluto

- Eine Reise ans Ende unseres Sonnensystems -



*Kolumbus war auf Erden der Erste,
New Horizons ist im Sonnensystem der Erste!*



Hannes Marcinkowski

Rieser Sternfreunde / www.rieser-sternfreunde.de

01.03.2015

Inhaltsverzeichnis:

Vorwort.....	4
Prolog	5
New Horizons	6
Planung	7
Pluto ist sooooo weit weg!	7
Die Zeit drängt!.....	8
Nun wurde es hektisch	9
New Horizons – Die Technik	10
Energieversorgung	10
Elektronik.....	13
Kommunikation.....	14
Antrieb und Lageregelung.....	17
Navigation	19
Temperaturkontrolle	19
New Horizons – Die Instrumente.....	21
Ralph	21
LORRI	22
Alice	24
REX	24
SWAP.....	25
PEPPSI.....	25
Venetia/SDC	26
Anordnung der Instrumente an der Raumsonde	27
Start.....	28
Kennedy Space Center, 19.01.2006 - Das bange Warten hat ein Ende	28
Jupiter	30
Flug durch den interplanetaren Raum	31
Neue "Freunde".....	34
Hurry-Up.....	36
Flug in die Ewigkeit	38
Interstellarer Raum, Kuiper Belt Objects, Oortsche Wolke.....	38
Anhang	42
Berechnung der Empfangsleistung	42
Schon gewusst ... ?	43
zum Ersten! - WIR sind auch dabei!	43
zum Zweiten! - New Horizons hat ein wakeup-image!	44
<i>Time to Wakeup</i> !	45
The Year of Pluto	46
Von Tag zu Tag interessanter	47
New Horizons in Echtzeit	48
Quellenverzeichnis (Stand: 01.03.2015)	49

Vorwort

Seit Herbst 2014 habe ich von Pluto und der Mission von *New Horizons* auf den Webseiten der Rieser Sternfreunde berichtet. New Horizons wird im Juli 2015 an Pluto vorbeifliegen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse über die "Bewohner" am Rand unseres Sonnensystems liefern.

Das vorliegende Werk soll die auf unseren Webseiten bereits vorgestellten Informationen ergänzen und in Teilen auch erweitern. Vor allem aber soll es allen Interessierten die Möglichkeit geben, eine "Druckversion" der Webseitenberichte in Händen zu halten ... zum Nachlesen oder Stöbern.

Ich werde nach Abschluss der heißen Phase des Pluto-Vorbeifluges das Dokument nach und nach um die neuen Erkenntnisse und auch Bilder ergänzen. Die Mission ist ja schließlich im Sommer 2015 noch nicht zu Ende ... die Batterien von New Horizons reichen bis 2025!

Neresheim, im Frühjahr 2015
Hannes Marcinkowski

Prolog

Viele kennen die folgenden Worte:

"Der Weltraum, unendliche Weiten ... dringt die Enterprise in Galaxien vor, die nie ein Mensch zuvor gesehen hat."



Nie zuvor traf dieser Vorspann zur Star Trek-Serie (hierzulande bekannt als "Raumschiff Enterprise") besser zu, als auf das was im Folgenden vorgestellt werden soll. Ein "Raumschiff" erforscht den äußeren Rand unseres Sonnensystems – wo noch nie ein Mensch zuvor gewesen ist!

Es ist das erste von Menschenhand geschaffene Objekt, das in diesen Bereich vordringt, diesen wirklich erforscht und Daten sammelt. **New Horizons**, wird im Jahr 2015 seinen großen Auftritt haben und uns Pluto ein wenig näher bringen.

New Horizons

Bald ist es soweit – das erste von Menschenhand geschaffene Objekt "besucht" das am weitesten entfernte Mitglied unseres Sonnensystems.

Wobei man schon bei diesem einleitenden Satz drei Anmerkungen machen muß:

- 1) **besucht** – Von Besuch kann hier nicht gesprochen werden, der Vorbeiflug wird mit einer Geschwindigkeit von etwa 14 Kilometern pro Sekunde erfolgen, der sogenannte "closest-approach", die Phase der größten Annäherung, nur gute 2 Stunden dauern ... danach ist alles vorbei – vorerst.
- 2) **Mitglied** – Im Jahre 2006 wurde Pluto durch die IAU (International Astronomy Union) durch die Neudefinition des Begriffs **Planet** zum Kleinplaneten (mit der Nummer 134340). Der äußerste Planet unseres Sonnensystems ist seither nun Neptun.
- 3) nochmal zum **Mitglied**: Die äußersten Mitglieder unseres Sonnensystems sind weiter, viel weiter "draußen" zu finden. Da wären als erstes die unzähligen Stein- und Eisbrocken des Kuipergürtels und die (vermuteten) Milliarden bis Billionen Objekte in der Oort'schen Wolke, die sich bis in eine Entfernung von 100.000 Astronomischen Einheiten (AE, etwa 1,6 Lichtjahre) erstrecken soll. Zum Vergleich: Neptun ist etwa 30 AE, der nächste Stern, Proxima Centauri, ist 4,2 Lichtjahre entfernt.

Planung

Pluto ist sooooo weit weg!

Selbst das Hubble-Teleskop schafft nur eine Auflösung von 500 km pro Bildpunkt, bleibt für die Erforschung des 1930 entdeckten Pluto und seines erst 1978 aufgefundenen Begleiters Charon nur eine unbemannte Raumsonde.

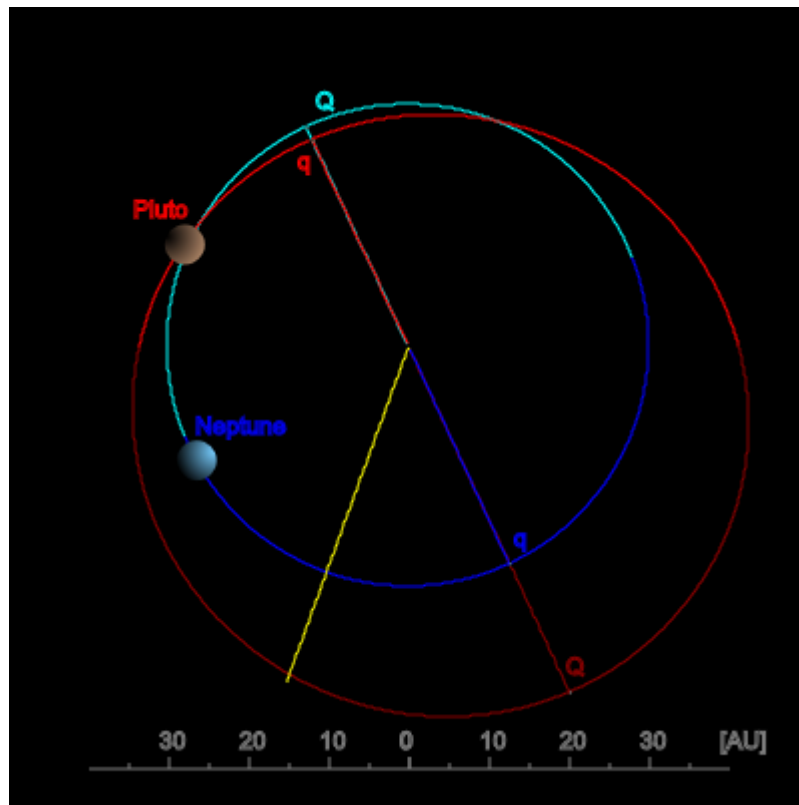
Bereits in den 60er Jahren wurde eine solche Mission angedacht, aber wegen finanzieller Gründe wieder verworfen (durchgeführt wurden "lediglich" die Voyager-Missionen). Zudem glaubte niemand, daß Pluto ein interessanter Planet sein würde – immerhin ist es dort so kalt, daß selbst Luft zu Eis gefrieren würde, was sollte man dort also "entdecken" können?

Dieser Eindruck änderte sich bereits Ende der 70er Jahre: Charon wurde entdeckt. Pluto hat also einen Mond, der gebunden rotiert – Planet und Mond kehren sich immer die gleiche Seite zu.



Aufnahme von Pluto und Charon (Hubble-Teleskop 1994)

Darüber hinaus zeigte Voyager, daß die Monde der Planeten alles andere als uninteressant sind – Methanoberflächen, aktive Geysire, Gezeitenwirkungen, Kanäle, ... viele neue Erkenntnisse und Entdeckungen. Auch Pluto selbst zog wieder das Interesse der Wissenschaftler auf sich – in den 80ern entdeckte man auf Pluto eine Methan-Stickstoffatmosphäre, die allerdings nicht von Dauer sein würde. Nur in der Zeit von 1979 bis 1999 ist er auf Grund seiner stark elliptischen Umlaufbahn näher an der Sonne als Neptun und seine Atmosphäre sollte gasförmig sein. Später wird die Oberflächentemperatur stark sinken und das Methan-Stickstoffgemisch wieder ausfrieren. Die Zeit drängte also.



Orbit von Pluto (rot) und Neptun (blau) in der Draufsicht – Objektgrößen nicht maßstabsgetreu

Die Zeit drängt!

Schwierig erwies sich im Folgenden die Suche nach einem geeigneten Startfenster. Hierzu muß man wissen, daß auf Grund technischer Gegebenheiten eigentlich nur Missionsverläufe in Frage kamen, die ein Beschleunigungsmanöver im Rahmen eines Vorbeifluges an Jupiter (sog. **swing-by**) beinhalteten. Ansonsten bräuchte man Startgeschwindigkeiten im Bereich von 18km/s wenn man Pluto innerhalb einer vernünftigen Zeitspanne erreichen wollte – das ist verdammt schnell (zum Vergleich: Saturn/Apollo: 11,2 km/s, Voyager: 14 km/s, Reisezeit bei 16 km/s: 30 Jahre)!

Für eine Sonde, die im derzeitigen Planungsstand (Mitte/Ende der 90er Jahre) mehr als 400 kg wiegen würde, ist das selbst mit leistungsgesteigerten US-Trägerraketen (Titan oder Atlas) nicht möglich.

Das führte zu Startmöglichkeiten alle 11-12 Jahre, wobei man den Zeitraum 2003 bis 2006 favorisierte.

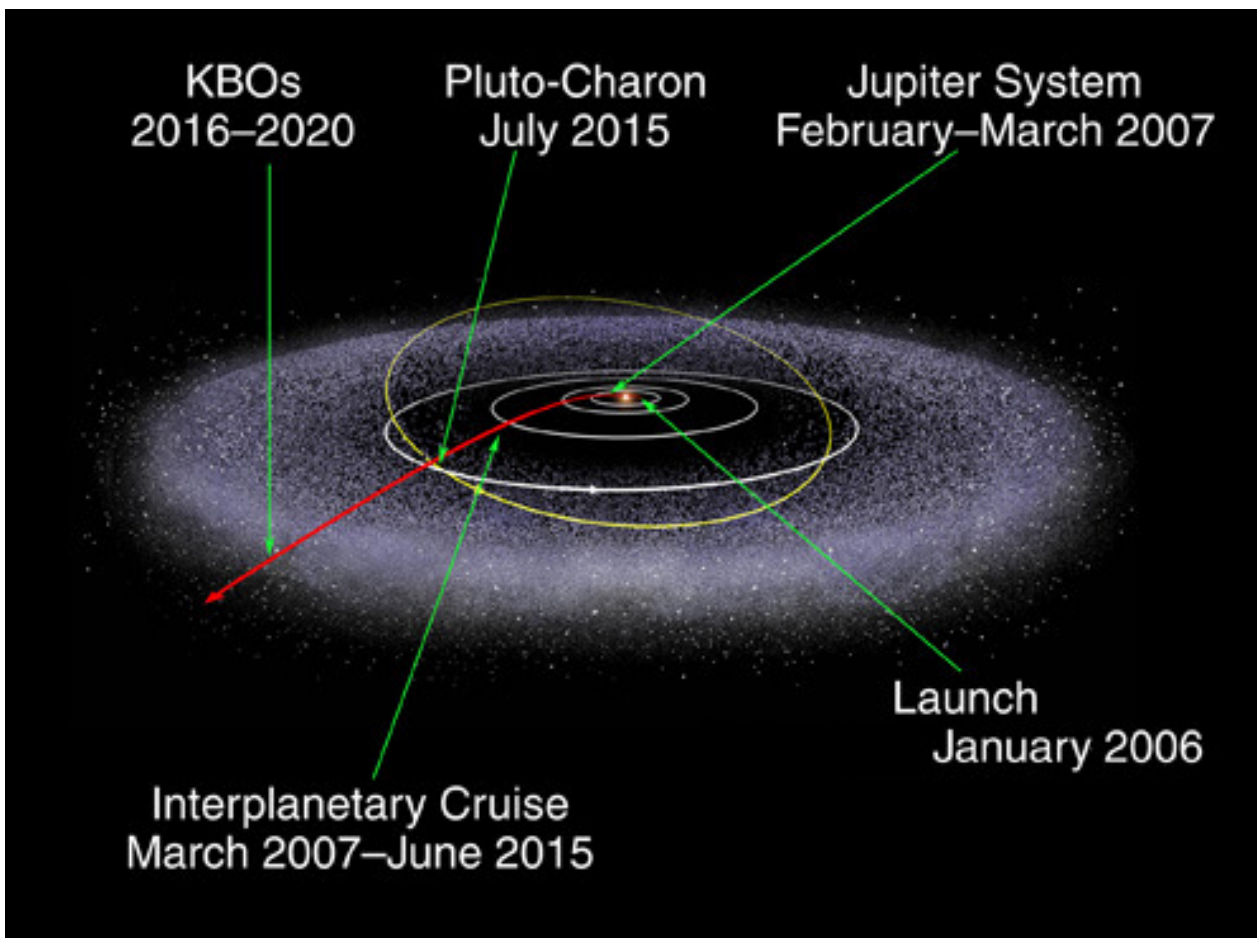
Verschiedene Startfenster, verschiedene Missionsprofile, verschiedene Sonden wurden in den 80er und 90er Jahren diskutiert bis letztlich 2001 die New Horizons Mission im Rahmen des neu geschaffenen New Frontier-Programms genehmigt wurde.

2004 bis 2005 wurden die Instrumente der Sonde geliefert und die Sonde zusammengebaut. Mitte 2005 wurde das komplette Setup ausgiebig getestet, bevor im September 2005 der Transport nach Florida erfolgte.

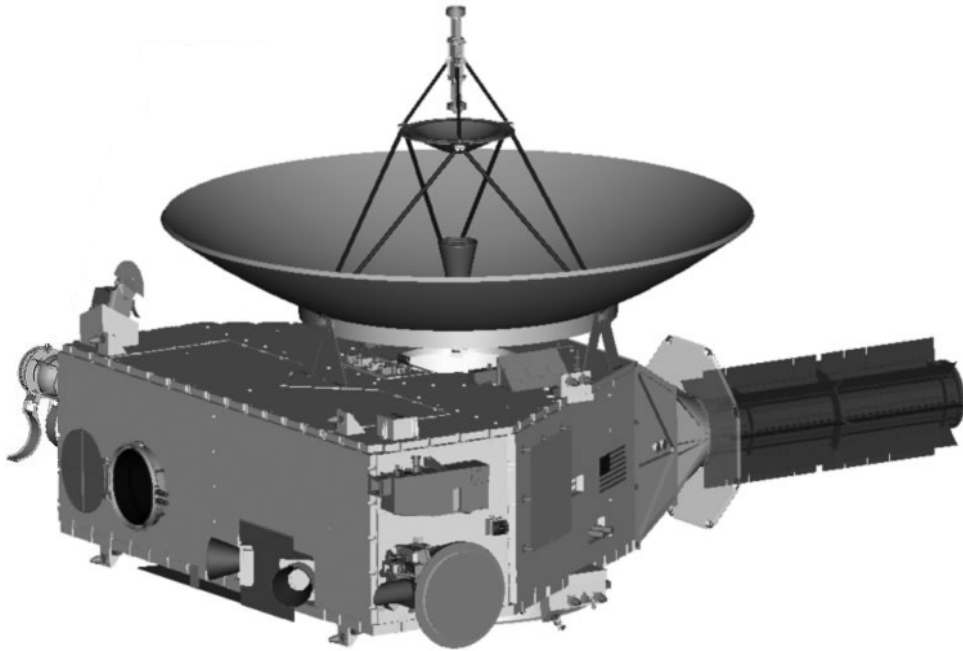
Nun wurde es hektisch ...

Ein Hurrikan beschädigte einen Feststoff-Booster der Trägerrakete, ein Druckbelastungstest musste wegen Problemen bei einer anderen Rakete dazwischen geschoben werden, ein Stromausfall in der Bodenstation und das "unkooperative" Wetter brachten den Zeitplan durcheinander.

Nur bei einem Start bis zum 02.02.2006 bot sich die Möglichkeit, durch ein swing-by-Manöver bei Jupiter die Flugzeit auf ein erträgliches Maß zu verkürzen. Danach hätte man Pluto nur auf direktem Weg erreichen können, was die Flugzeit um mehrere Jahre verlängert und die Menge des mitführbaren Treibstoffes um 20 kg reduziert hätte.



New Horizons – Die Technik



Die Struktur von New Horizons

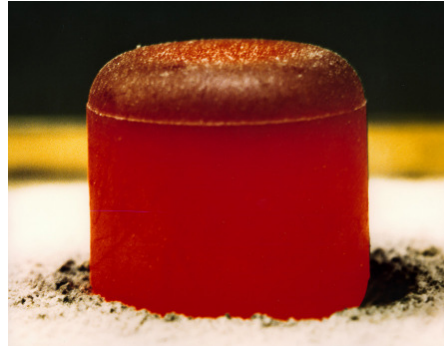
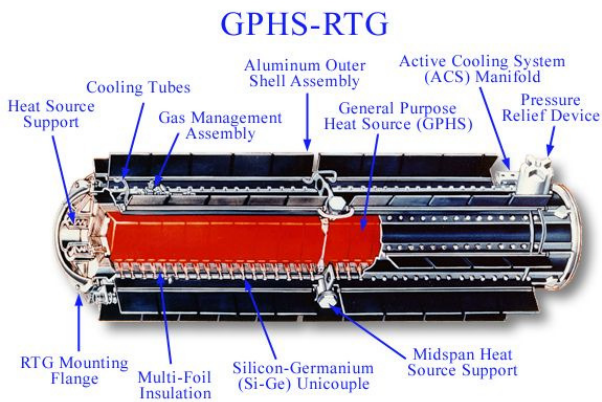
Energieversorgung

New Horizons hat in etwa die Maße eines Konzertflügels – 0,7 m breit, 2,1 m lang und an der breitesten Stelle 2,7 m. Dazu kommen noch eine 2,1 m Parabolantenne und die etwa 1,2 m lange zylinderförmige Radionuklidbatterie (RTG - **radioisotope thermoelectric generator**), die mittels radioaktivem Zerfall von Plutonium elektrische Energie erzeugt.

Das Funktionsprinzip ist dabei relativ simpel: Aus Wärme wird elektrische Energie gewonnen. Die Wärme wiederum entsteht durch radioaktiven Zerfall von Plutonium 238, die Gewinnung der elektrischen Energie erfolgt durch einen Silizium-Germanium-Halbleiter (beispielsweise erzeugen Photodioden Strom aus Licht, hier wird eben nur Strom aus Wärme erzeugt). Ein ungeheurer Vorteil dieses Vorgehens ist, dass die Energieerzeugung ohne irgendwelche bewegliche Teile (wie etwa Generatoren, die verschleiben und ausfallen könnten) erfolgt.

Bereits seit den ersten Raumflügen wird dieses technische Prinzip zur Stromerzeugung verwendet - darunter auch bei so bedeutenden Missionen wie Apollo, Voyager, Galileo oder Curiosity.

72 Plutonium Pellets an Bord des New Horizons RTG mit 10,9 kg Gewicht erzeugen zu Beginn der Mission 285 Watt bei 28 Volt. Beim Vorbeiflug an Pluto beträgt die Leistung nur noch 225 Watt, was auf den radioaktiven Zerfall und damit das Schwinden des Radionuklids zurückzuführen ist.



Schematischer Aufbau eines RTGs und ein glühendes PU-238-Pellet

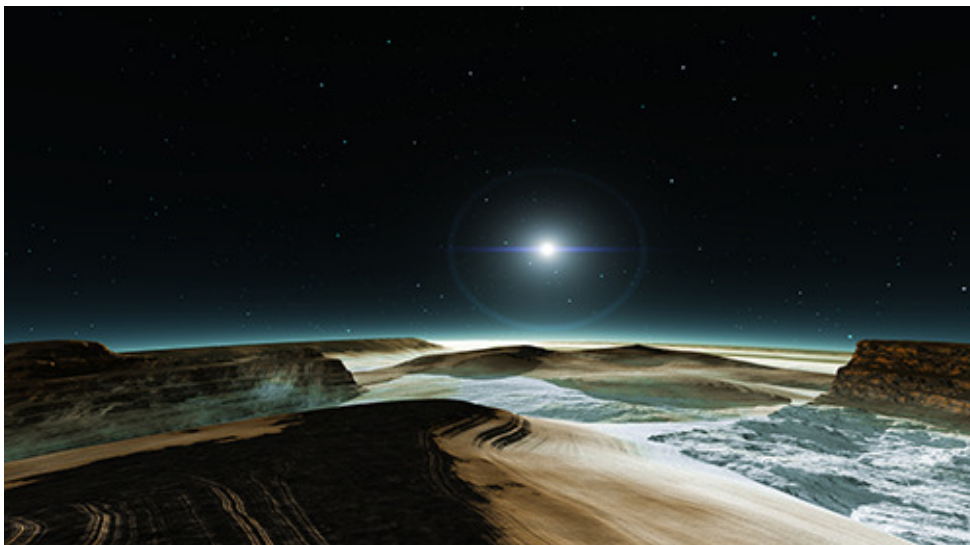


Die Endmontage von New Horizons, links der RTG (schwarz)

Die Leistung der RTG wurde so dimensioniert, dass nach dem Vorbeiflug noch 25 Jahre lang genug Energie für alle Systeme erzeugt wird (mindesten 182 Watt). Übrigens, auf Photovoltaik beruhende Systeme zur Energieerzeugung (Sonnensegel o.ä.) sind für diese Mission untauglich, da das Sonnenlicht bei Pluto einfach zu schwach ist, um ausreichend Energie erzeugen zu können – die Sonne erscheint auf Pluto nur mehr als ein (heller) Stern unter vielen (Entfernung etwa 5,5 Lichtstunden)! Wie man sich solche Verhältnisse vorstellen kann, vermitteln die beiden folgenden Bilder.



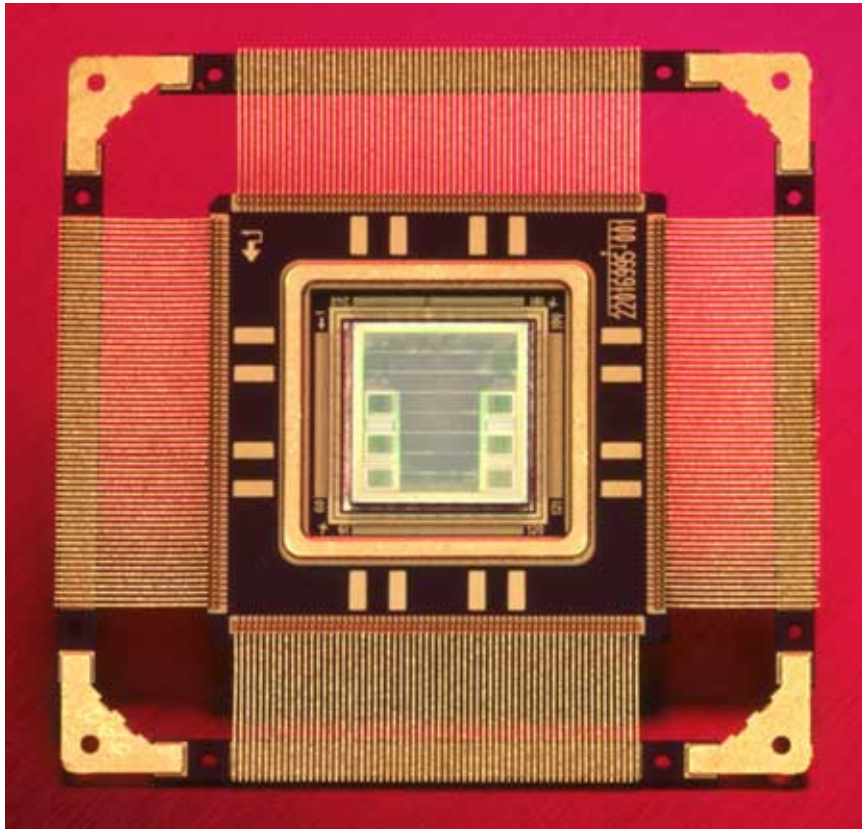
Das "Panorama" auf Pluto – zwei künstlerische Darstellungen.
Wie es wirklich aussieht erfahren wir erst im Sommer 2015!



Die Zuverlässigkeit dafür, dass die Sonde in den 10 Jahren der Pluto-Mission alle Anforderungen komplett erfüllen sollte, betrug 0.85. Man ging darüber hinaus sogar davon aus, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 85% die Sonde 16 Jahre lang in einer Entfernung von bis zu 50 AE arbeiten kann. Dementsprechend sind auch die zahlreichen Subsysteme ausgelegt – Struktur, Kreiselssysteme, Antrieb, Stromerzeugung, Kommunikation, Navigation, wissenschaftliche Instrumente.

Elektronik

Die Sonde führt 2 Computersysteme mit – eines für die Durchführung der wissenschaftlichen Experimente und zur Steuerung (Command and Data Handling System), das andere zur Lagekontrolle (Guidance and Control System). Beide Computersysteme sind aus Redundanzgründen doppelt vorhanden, womit New Horizons damit über 4 Rechnersysteme verfügt. Die zugehörigen Prozessoren (Mongoose V 3000, RISC-Prozessoren mit 12 MHz Taktfrequenz) sind strahlungsgehärtet.

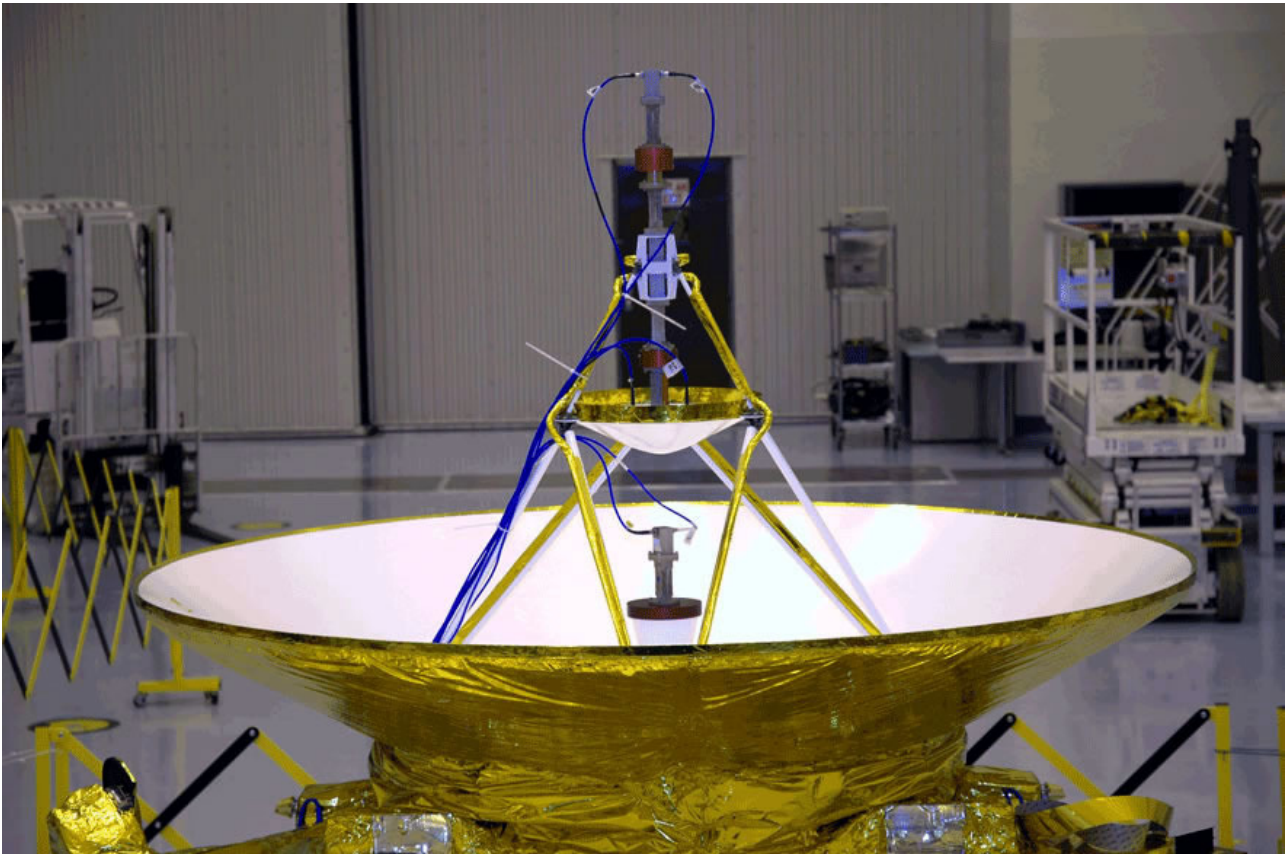


Layout eines Mongoose V 3000 RISC-Prozessors (Kosten ca. 40.000 US\$, Stand 2015)

Für die Zwischenspeicherung der wissenschaftlichen Daten stehen zwei Flash-Recorder mit je 8 Gigabyte zur Verfügung. Der interne Speicher von 768 Kilobyte beinhaltet eine Reihe von Kommandos, die einen monatelangen autonomen Betrieb der Sonde erlauben (sogenannte **Zeitgesteuerte Regeln** und **Autonomaetsregeln**). Auch wenn nun manch moderner Zeitgenosse abfällig über diese "Leistungsdaten" die Nase rümpft, die Leistungsfähigkeit der Rechensysteme reicht für die anstehenden Aufgaben aus. Nicht das umfangreiche Berechnen von Tabellen oder Erstellen aufwendiger Grafiken stehen bei dieser Mission im Vordergrund – Zuverlässigkeit für die "Lebenserhaltung", Steuerungen und wissenschaftliche Experimente in einer der extremsten Umgebungen haben oberste Priorität.

Kommunikation

Die Sonde kommuniziert mit der Erde über 4 Antennensysteme:
Hauptsystem ist eine 2,1 Meter im Durchmesser messende Parabolantenne über die im X-Band (8-12 GHz) Daten mit einer Übertragungsrate von etwa 300 bis 600 Bit pro Sekunde (in Pluto-Nähe) zur Erde gesendet werden können. Das "downloaden" eines einzigen Bildes von LORRI (*long range reconnaissance imager* - Kamera für hochauflösende Aufnahmen) wird dann etwa 12 Stunden dauern, die gesamten Daten des Encounters werden etwa 40 Tage für die Übertragung zur Erde benötigen.



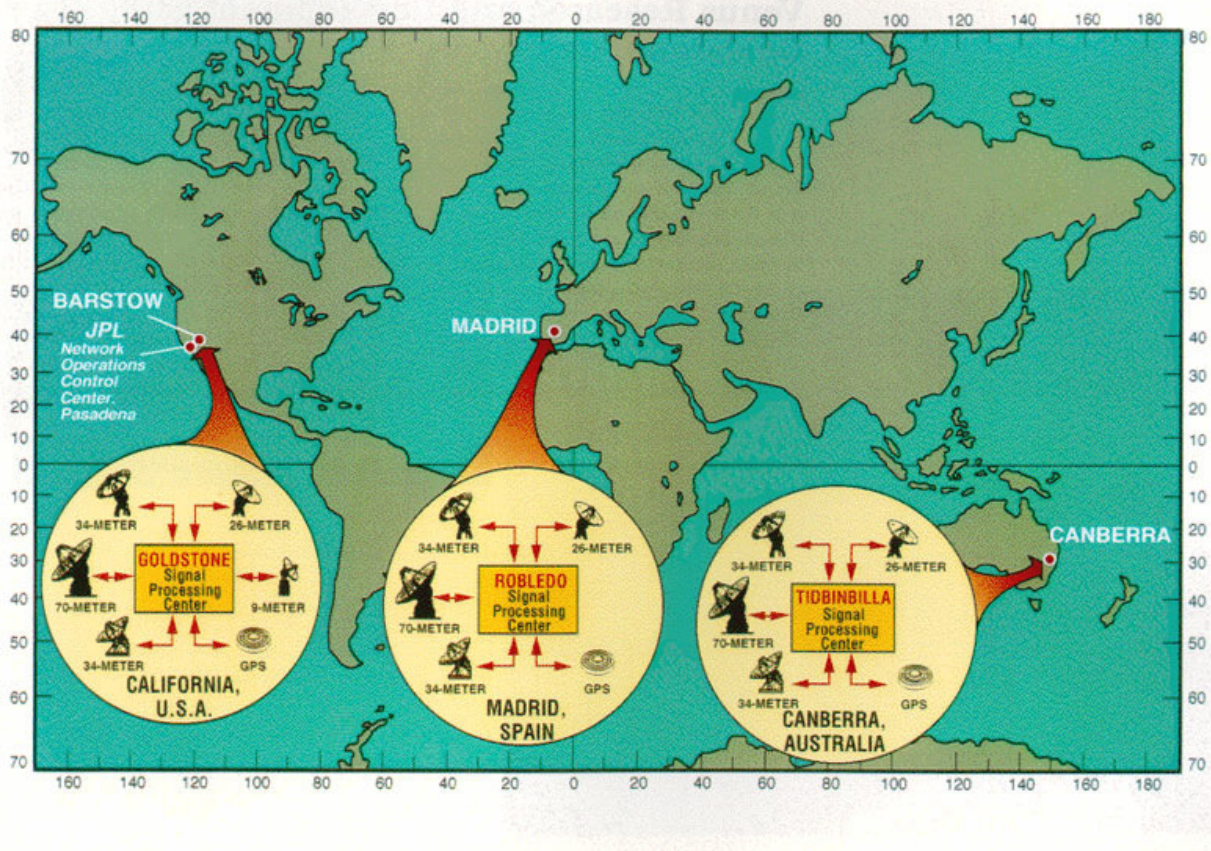
Die 2,1 Meter Parabolantenne

Zum Vergleich: In Jupiternähe konnten Daten noch mit 38 Kilobit pro Sekunde übermittelt werden, ein Standard-ADSL-Anschluss bietet dem Nutzer hierzulande bis zu 16 Megabit pro Sekunde und Glasfaser-Netzwerke bieten Übertragungsraten von bis in den Terabit pro Sekunde-Bereich (das ist dann etwa 1,5 Millionen mal "schneller").

Eine Übertragung "in Echtzeit" ist damit nicht möglich, daher werden zum einen die gesammelten Daten in zwei je 64 GBit (8 GByte) großen Flash-Speicherbausteinen zwischengespeichert und erst nach dem Vorbeiflug übertragen. Zum anderen wird bereits während der heißen Phase der Mission fortlaufend übertragen, denn es besteht die nicht zu unterschätzende Gefahr, dass trotz zahlreicher Not-Prozeduren die Sonde beschädigt wird oder ganz ausfällt – die Daten wären unwiederbringlich verloren.

Für den Empfang der eintrudelnden Daten ist das **Deep Space Network** (DSN) der NASA zuständig. Das DSN ist ein System von mehreren über den Erdball verteilten 70

Meter Empfangsantennen (Goldstone/USA, Canberra/Australien, Madrid/Spanien), die im Bedarfsfall auch zusammen geschaltet werden können um auch sehr schwache Signale detektieren zu können.



Standorte des **Deep Space Network** mit den jeweiligen Antennensystemen

Da das DSN noch weitere Missionen zu verfolgen hat (etwa die Voyager Sonden – Live-Daten hier: <http://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>), muss darüber hinaus die Datenmenge einiger Daten innerhalb eines 10 Tage-Zeitraums um den Encounter ein wenig komprimiert werden (Faktor 20) – auch auf die Gefahr hin, dass die ein oder andere Information verloren geht. Eine Auswahl welche der Daten komprimiert werden können, wird durch die Missionsverantwortlichen getroffen (http://pluto.jhuapl.edu/science/data_collection.php).

Übertragen wird mittels der bereits beschriebenen 2,1 Meter-Parabolantenne, deren Öffnungswinkel (der Sendekeule) nur 0,3 Grad beträgt. Daher ist für die Übertragung eine äußerst genaue Ausrichtung erforderlich, zumal die abgestrahlte Sendeleistung lediglich 12 Watt beträgt (mit Antennengewinn von 42 dB sind das auch nur 1510 Watt).

Zur Veranschaulichung vielleicht folgendes: Wenn die etwa 1500 Watt bei Pluto in einem Winkel von 0,3 Grad abgestrahlt werden, dann misst dieser Strahl – ein wenig Geometrie angewandt (siehe Anhang) – auf der Erde 23.561.998 km im Durchmesser und für die 30 Meter Antennen des DSN bleiben (sehr stark vereinfacht, keine atmosphärische Dämpfung, kein Antennengewinn) gerade mal $2,4 \cdot 10^{-15}$ Watt übrig.

Zum Vergleich: Eine moderne LED-Lampe verbraucht etwa 2 Watt – das ist etwa 900 Billionen Mal mehr! (siehe dazu auch <http://www.rieser-sternfreunde.de/?p=1969>)

DOWN SIGNAL	DOWN SIGNAL
SOURCE	SOURCE
ROSETTA	VOYAGER 1
TYPE	TYPE
DATA	DATA
DATA RATE	DATA RATE
104.86 kb/sec	159.00 b/sec
FREQUENCY	FREQUENCY
8.42 GHz	8.42 GHz
POWER RECEIVED	POWER RECEIVED
3.93×10^{-20} kW	9.57×10^{-23} kW

Beispielhaft hier die Empfangsdaten der Kometensonde Rosetta vom 27.11.14 und Voyager 1 vom 30.11.14. Man beachte die empfangene Leistung ... **10^{-20} Kilowatt (= 10^{-17} Watt) bei Rosetta** (etwa eine halbe Lichtstunde/500 Millionen Kilometer entfernt) und **10^{-23} Kilowatt (= 10^{-20} Watt) bei Voyager 1** (etwa 18 Lichtstunden/19,5 Milliarden Kilometer entfernt)

Die anderen Antennensysteme – eine kleinere Parabolantenne mit 30 cm und zwei Rundstrahlantennen auf jeweils entgegengesetzter Seite – dienen der Ausrichtung der Hauptantenne und für Kommunikation, falls die Sonde keinerlei Ausrichtung zur Erde hat.

Antrieb und Lageregelung

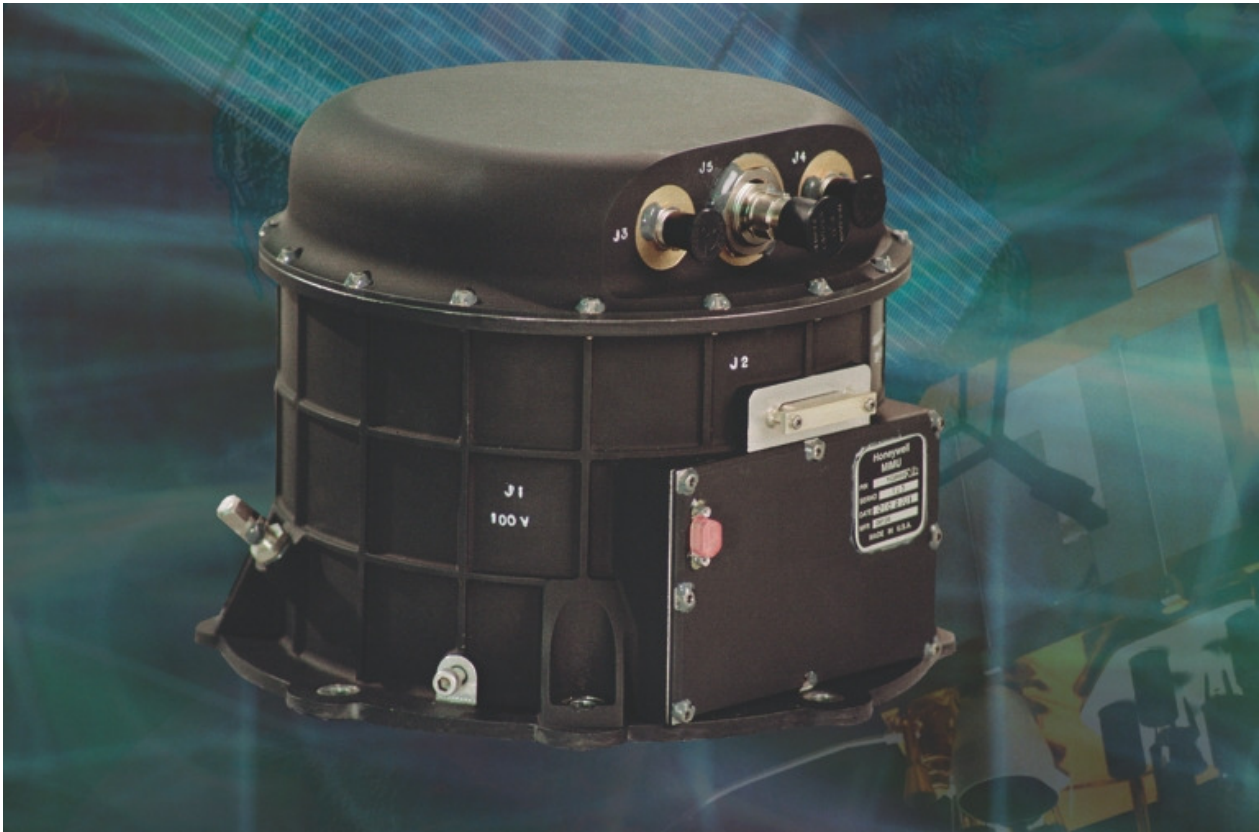
Das Antriebssystem der Sonde ist in der Lage Kurs- und Lagekorrekturen in begrenztem Maß durchzuführen (wohlgemerkt **Korrekturen**, keine Funktion in der Start-/Beschleunigungsphase).

Das Antriebssystem besteht aus 16 Korrektur- und Lageregelungsdüsen (4 größere und 12 kleinere, wovon jeweils die Hälfte als Backup dient), die an 8 Stellen am Sondenkörper verteilt sind. Auf der RTG- und Hauptantennenseite sind verständlicherweise keine Düsen zu finden.



MR-111E Monopropellant Rocket Engine (Hydrazin N₂H₄), 330g

Die meiste Zeit wird die Sonde durch eine Drehbewegung um ihre Achse stabilisiert ('spinstabilisiert') – etwa 5 Umdrehungen pro Minute (auch zur Temperaturregelung). Um diese Stabilisierung während der langen inaktiven Flugphase zu ermöglichen, wurde die Sonde vor dem Start genau vermessen und entsprechende Zusatzgewichte angebracht (ansonsten würde irgendwann eine Taumelbewegung einsetzen). Während der experimentellen Phasen (Jupiter, Pluto) und der langen Funkkontakte mit "Mutter" Erde wird die Sonde mit Hilfe von zwei redundanten **Minimized Inertial Measurement Units** (MIMU) der Firma Honeywell (je 3 Kreisel und 3 Beschleunigungsmesser) drei-Achsen-stabilisiert fliegen.



MIMU der Firma Honeywell

Für das Antriebssystem stehen 77kg Hydrazin als Treibstoff zur Verfügung, das durch die Abwärme der RTG in flüssiger Form gehalten wird. Der Tank fasst eigentlich sogar 90 kg, aber das Startfenster für die Mission begrenzte die maximal mitzuführende Treibstoffmenge.

Startzeitpunkt und daraus resultierende Flugbahn bestimmen die nötige Geschwindigkeit der Sonde bei Verlassen der Erdbahn. Daraus folgt die notwendige Startrakete inklusive Oberstufe mit ihren Leistungsdaten und diese wiederum führen mit der Forderung nach mindestens 400 m/s Geschwindigkeitsänderung während der Mission dazu, dass letztendlich im Jahr 2006 ein Maximalgewicht der Sonde von 445 kg feststand (bis zum eigentlichen Abheben betrug das Gewicht dann allerdings 478,4 kg – gesteigerte Performance der Atlas).

Damit konnten die Missionsplaner 77 kg Treibstoff in den Sondentank füllen. Das waren 17 kg mehr als nötig und 8 kg mehr als das Team sich erhoffte. Diese 77 kg waren folgendermaßen eingeplant:

- Kurskorrekturen (110 m/s): 22 kg
- Lageänderungen: 29 kg
- geplante Reserven (91 m/s): 17 kg
- ungeplante Reserven (41 m/s): 7kg

(eine Rotationsänderung um 5 U/min verbraucht etwa 0,125 kg Treibstoff)

Für den Aufbau des entsprechenden Drucks auf das Hydrazin wird, wie schon seit Jahrzehnten in der Raumfahrttechnik, Helium verwendet.

Navigation

Für die Bodenkontrolle, wie auch für das autonome Navigieren benötigt die Sonde Informationen über Position, Kurs und räumliche Ausrichtung. Diese Informationen liefern entsprechende Sensoren an Bord (beispielsweise die MIMU, die bis zu 100-mal pro Sekunde abgefragt werden), wie auch Sonnensensoren und Sternkameras (**Star Trackers**). Die Sonnensensoren dienen als Backup, um die Sonde im Notfall auf die Sonne ausrichten zu können und damit, da die Erde aus großer Entfernung Direkt "neben" der Sonne zu stehen scheint, eine Kommunikation mit der Erde zu ermöglichen.

Die Star Trackers fotografieren bis zu 10 mal pro Sekunde mit einer Weitwinkelkamera den Sternhintergrund und vergleichen diesen mit einem Referenzkatalog aus 3000 Sternen.

Diese technischen Feinheiten ermöglichen im spinstabilisierten Modus eine Ausrichtungsgenauigkeit von 0,00194 Grad und im drei-Achsen-stabilisierten Modus 0,00137 Grad.

Temperaturkontrolle

Am Rand unseres Sonnensystems ist es kalt. **Richtig kalt! Saukalt!!!**

Wir sprechen hier von Temperaturen im Bereich von minus 230 Grad Celsius auf der Oberfläche, in den oberen Atmosphärenschichten liegen die Temperaturen bei etwa minus 170 Grad Celsius. Die Temperatur des leeren (Welt-) Raums beträgt minus 270 Grad Celsius!

Egal welchen Wert man nun für den Vorbeiflug annimmt, die Raumsonde muß mit sehr tiefen Temperaturen zu Recht kommen, denn unsere Sonne "heizt" in dieser Entfernung kaum noch. Wie kann man nun die empfindliche Elektronik und Mechanik betriebsbereit halten – ja sogar dann am Laufen halten, wenn die Sonde mehrere Monate fast ausgeschaltet ist?

Es ist eigentlich ganz einfach: New Horizons muß seine Wärme selbst erzeugen! Dazu steht die Radionuklidbatterie (siehe oben) zur Verfügung, die die elektronischen Geräte mit Energie versorgt. Die bei diesen entstehende Abwärme wird im System gehalten, so dass in der Sonde Temperaturen von 10 Grad bis 30 Grad gehalten werden können. Unterstützt wird dies durch eine Isolierung bestehend aus einer golddurchzogenen Folie und 18 Lagen Kunstfaser (sog. Dacron).

New Horizons - Eine Reise zu Pluto



New Horizons eingepackt in Goldfolie, links der RTG

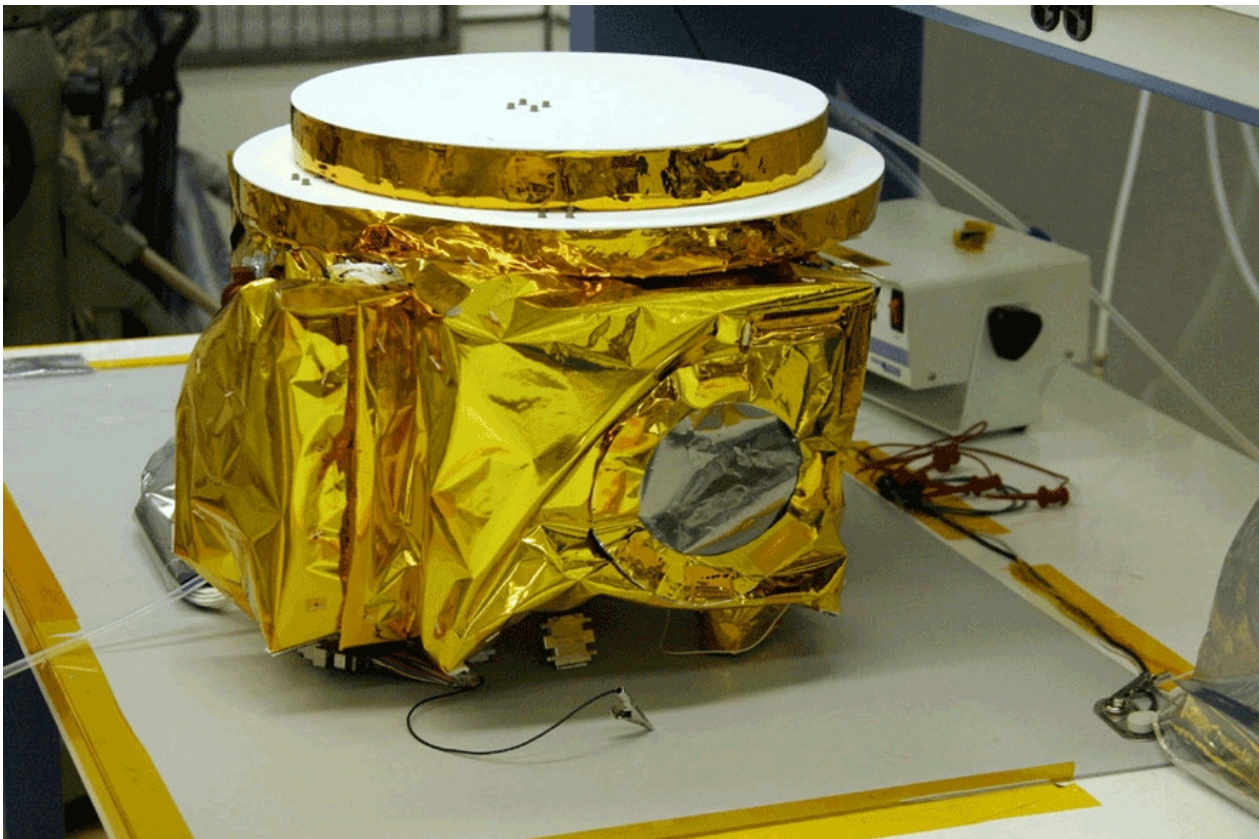
Wird zu wenig (Ab-) Wärme erzeugt (Leistung unter 150 Watt), stehen Heizelemente zur Verfügung, die direkt von der Radionuklidbatterie gespeist werden.

New Horizons – Die Instrumente

New Horizons führt sieben wissenschaftliche Instrumente mit sich. Sehr detailliert erläutert werden diese auf der New Horizons-Webseite (<http://pluto.jhuapl.edu/spacecraft/sciencePay.php>). Bevor wir hier ins Detail gehen, sollte noch angemerkt werden, dass von den 478 Kilogramm (irdischen) Sondengewichts lediglich etwa 30 Kilogramm auf die wissenschaftlichen Beobachtungs- und Messgeräte entfallen. Der große Rest ist der Sonde selbst mit Raketenmotoren, Treibstoff, Antennen, Lage- und Steuerungsinstrumenten und der Struktur selbst geschuldet.

Ralph

Ralph ist das schwerste der sieben Instrumente (10,3 kg, Stromverbrauch 6,3 Watt) und besteht aus einem 3" (7,5 cm) Spiegelteleskop mit zwei adaptierten CCD-Kamerasystemen. Das Teleskop selbst ist ein Schiefspiegler mit 3 Spiegeln die einen gefalteten Strahlengang ohne Obstruktion ermöglichen. Die Kamerasysteme dienen der Kartierung der Oberfläche von Pluto und Charon (Auflösung von 250 Meter/Pixel) und der Erforschung der Oberflächenzusammensetzung beider Himmelskörper. Dazu wird mit der MVIC – Multispectral Visible Imaging Camera – im optischen Bereich (400-975 nm) und mit LEISA – Linear Etalon Imaging Spectral Array – im infraroten Bereich (1,25-2,25 μm) aufgenommen.



RALPH

LORRI

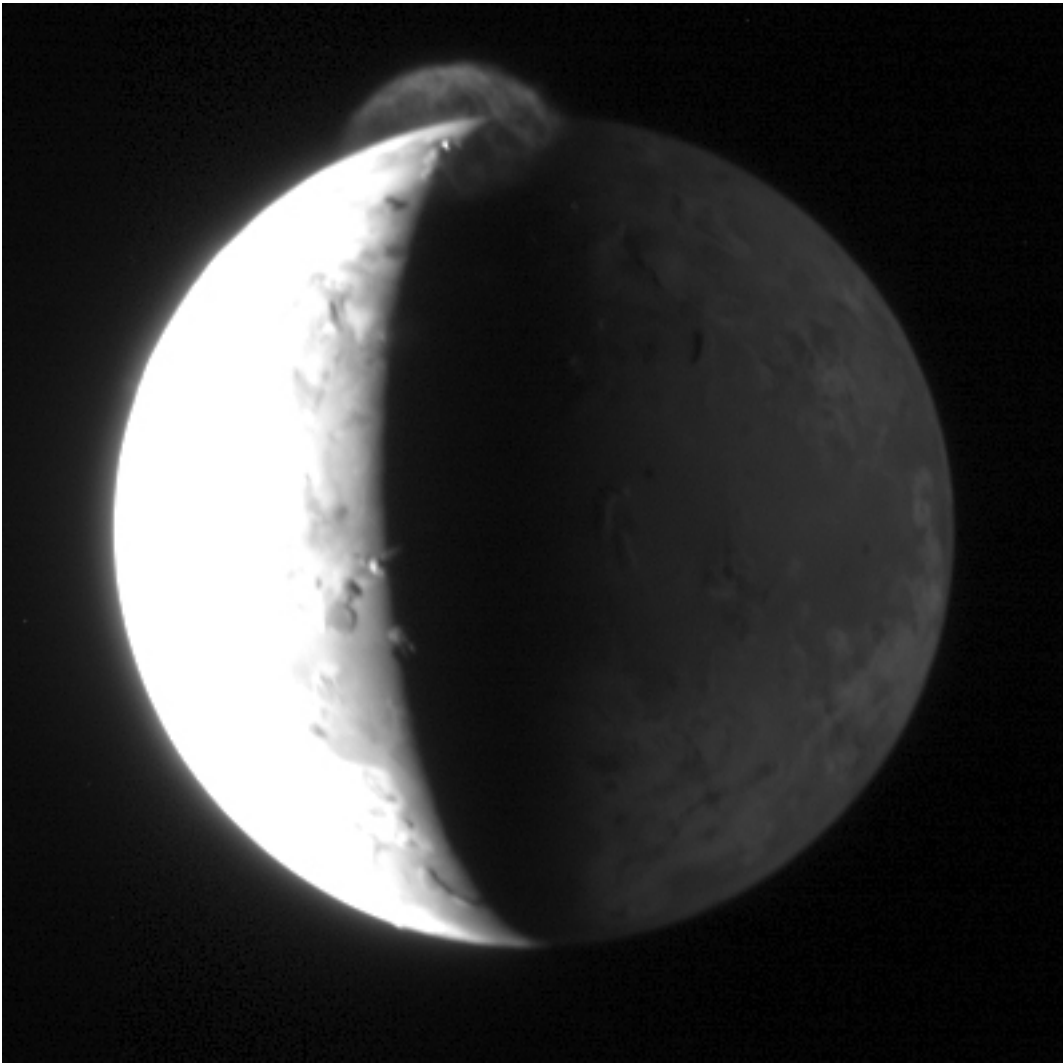
RALPH wird ergänzt durch LORRI, dem **Long-Range Reconnaissance Imager** für hochauflösende Aufnahmen. LORRI nutzt hierfür ein 20,8 cm Spiegelteleskop mit einer Fokusslänge von 2630 mm. Der Aufbau des Teleskops ist sehr einfach und verfügt über keinerlei beweglicher Teile – eine sehr genaue Ausrichtung des Teleskops ist daher unabdingbar. LORRI verfügt auch über keine Heizung, weshalb bei seiner Entwicklung darauf geachtet wurde, dass es auch bei Temperaturen unter minus 170 Grad arbeiten kann.

LORRI macht nur monochromatische (schwarz-weiß) Aufnahmen im Wellenlängenbereich von 350-850 nm. Dafür ist die Auflösung von LORRI beeindruckend: 4,95 μ rad oder 0,000283 Grad, was auf 100.000 km etwa 495 Meter entspricht. Für den Vorbeiflug an Pluto wird mit einer Auflösung von 40-50 Meter pro Pixel gerechnet.

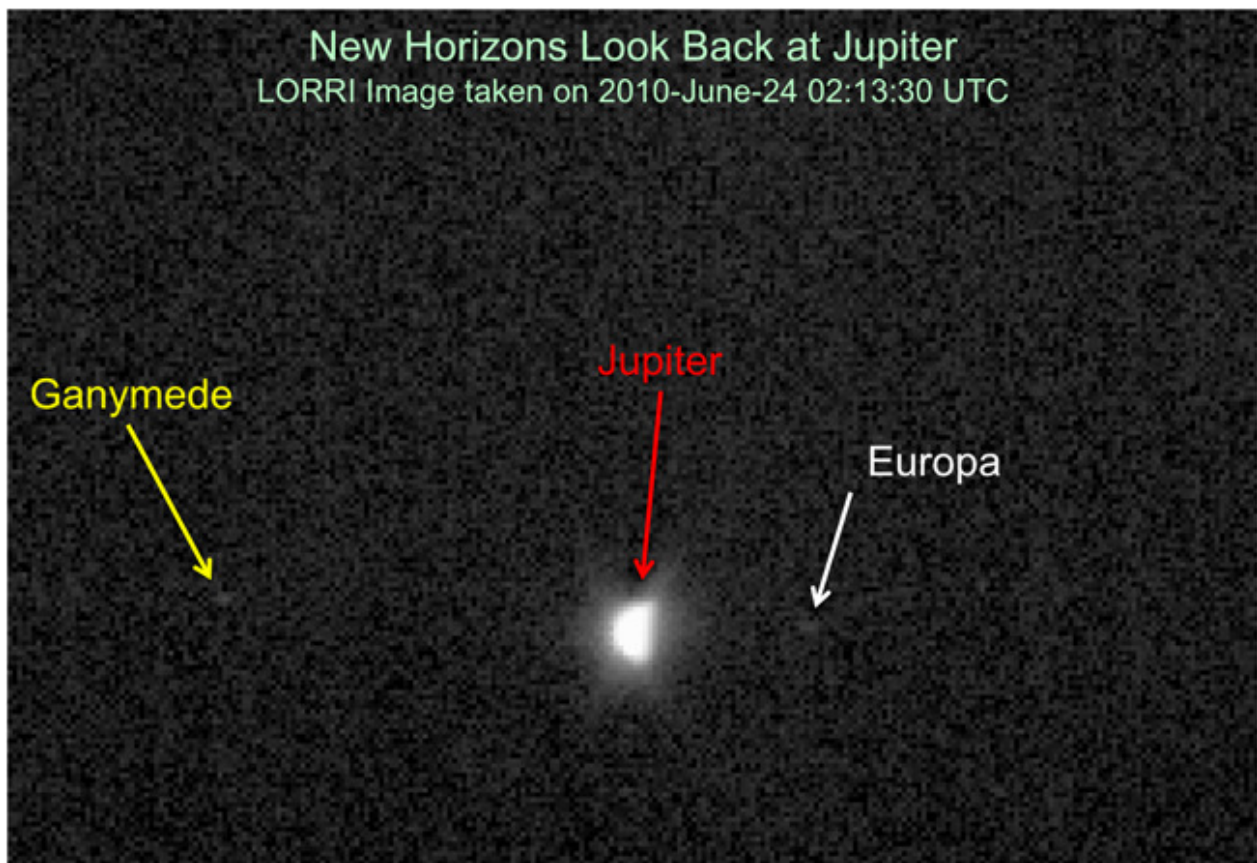


Einbau des LORRI – Long Range Reconnaissance Imager

LORRI wird 120 Tage vor dem **closest encounter**, also dem eigentlichen Vorbeiflug, in Betrieb genommen. 90 Tage vor dem Vorbeiflug wird die Auflösung von LORRI die des Weltraum-Teleskops Hubble übertreffen und wir werden ab Mitte April 2015 mit jedem Tag bessere Bilder von Pluto erhalten.



Vulkan Tvysthar auf dem Jupitermond Io (aufgenommen von LORRI am 01.05.2007 aus 2,4 Millionen Kilometer Entfernung – dem Zeitpunkt der größten Annäherung an Jupiter)



LORRI looks back (24.06.2010)

Alice

Alice steht für **An Ultraviolet Imaging Spectrometer** und dient der Erforschung der Atmosphäre von Pluto. Alice besteht aus einem abbildenden UV-Spektrometer das im Wellenlängenbereich von 90-180 nm arbeitet (fernes und extremes UV Licht). Mit seinen zwei Betriebsmodi kann Alice direkte UV-Emissionen der Atmosphäre messen (airglow mode) und durch Blick auf einen entfernten Stern oder die Sonne durch die Atmosphäre von Pluto (occultation mode) deren Zusammensetzung, Druck und Temperatur (Höhenauflösung 10 km, Genauigkeit 0,1 Nanobar) bestimmen.

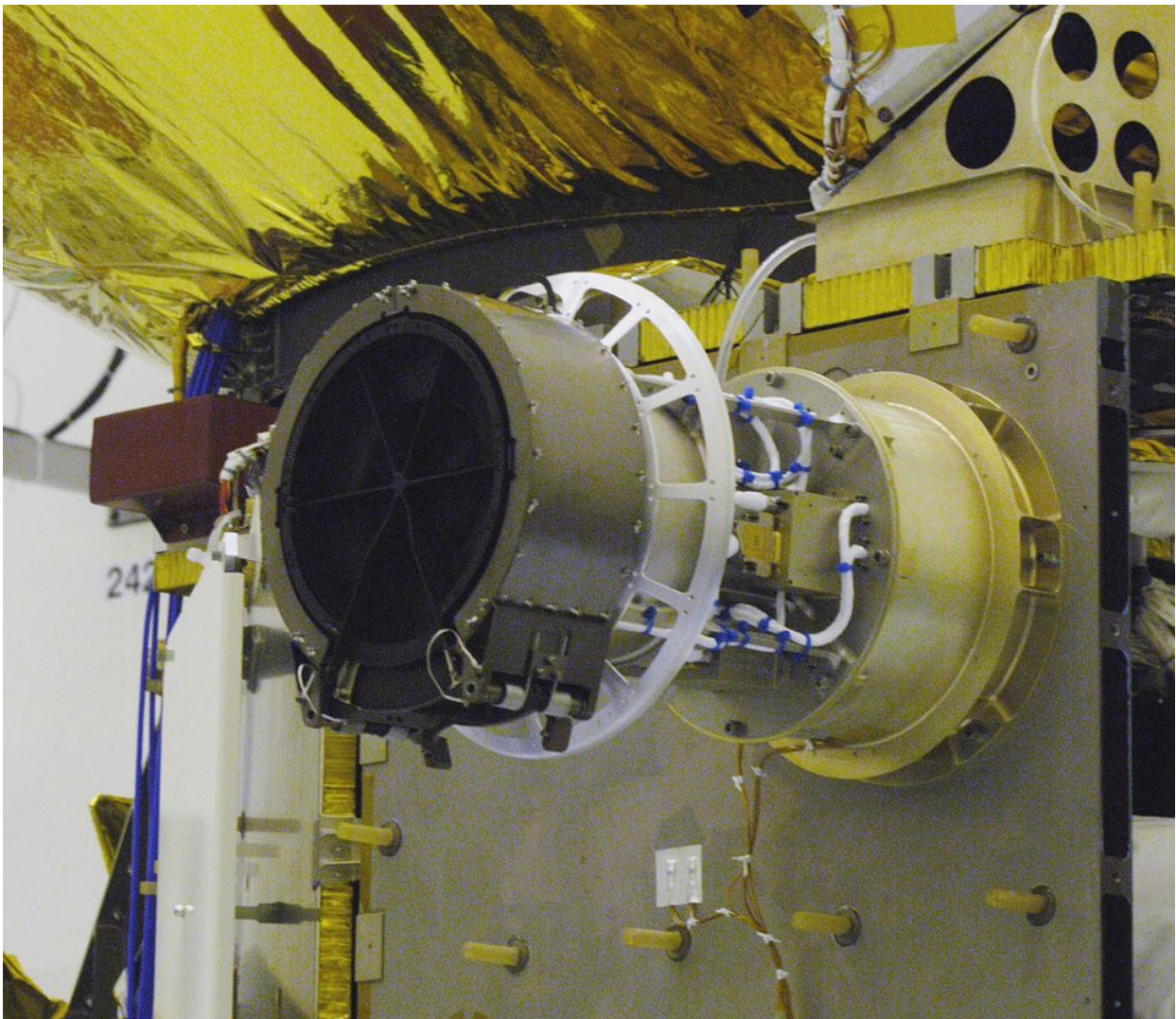
REX

Das **Radio Experiment** REX dient wie Alice der Erforschung der Atmosphäre von Pluto. Dazu werden nach dem Vorbeiflug an Pluto durch das Deep Space Network Signale an New Horizons gesendet, die Plutos Atmosphäre durchqueren und von der Hauptantenne der Sonde empfangen werden. Beim Durchqueren der Atmosphäre werden die Signale in ihrer Frequenz, Phasenlage und Amplitude verändert, was Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der (unteren) Atmosphäre zulässt (Temperatur bis auf 0,1 Grad und Druck bis auf 0,1 Mikrobar genau). Des Weiteren möchte man mit diesen Daten Informationen über die Masseverteilung von Pluto und Charon erhalten.

Erstmals wendet man diese Technik im Uplink an, da man so auf der Erde ein sehr starkes Signal generieren kann. Bei früheren Missionen wurde immer der Downlink-Weg eingeschlagen, verbunden mit dem Nachteil, dass die Sender in den Raumsonden nur Signale von geringer Stärke erzeugen konnten (die zur Verfügung stehenden "Ressourcen" auf der Erde sind nun mal um einiges größer).

SWAP

Der **Solar Wind Analyzer around Pluto** soll geladene Teilchen aus der Atmosphäre Plutos, die vom Sonnenwind mitgerissen werden, detektieren. Damit werden weitere Daten über Plutos Atmosphäre gesammelt und der Sonnenwind in dieser Entfernung zu Sonne studiert. Aus den Ergebnissen sollen auch Rückschlüsse über die Verlustrate der Atmosphäre durch den Sonnenwind möglich sein – vermutet wird eine Verlustrate von 75 kg während des Periheldurchgangs (größte Annäherung an die Sonne ... 29,658 Astronomische Einheiten oder 4,43 Milliarden km).



SWAP – Solar Wind Analyzer around Pluto

PEPSSI

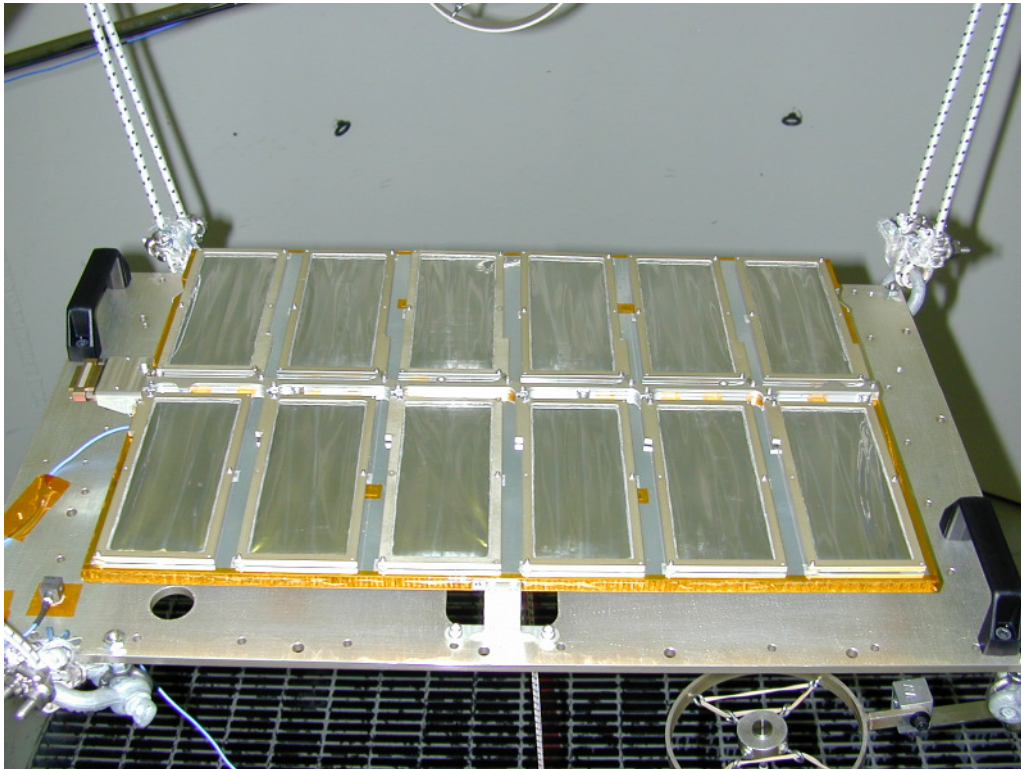
Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation – dieser umständlich klingende Name steht für ein Spektrometer, das energiereiche Teilchen oberhalb des Messbereichs von SWAP erfasst. In einem hochvoltigen elektrischen Feld werden über die Ablenkung des Teilchenstroms Energie und Geschwindigkeit von Elektronen, Protonen und Ionen gemessen. Die Messergebnisse sollen in Zusammenwirken mit SWAT weitergehende Rückschlüsse auf die Wechselwirkung zwischen Sonnenwind und Atmosphäre ermöglichen.

Venetia/SDC

Der **Venetia Burney Student Dust Counter** ist ein ausschließlich von Studenten der University of Colorado entwickeltes wissenschaftliches Experiment, das Staubpartikel im interplanetaren Raum außerhalb der Umlaufbahn von Uranus messen soll. Lediglich die Qualitätssicherung wurde durch die NASA durchgeführt.

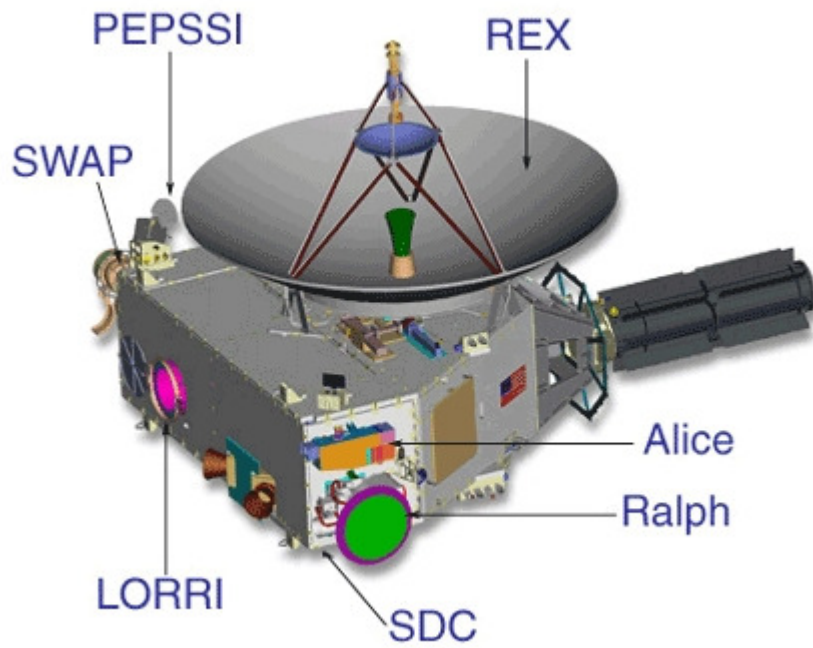
Der seltsam anmutende Name geht zurück auf die Britin **Venetia Burney Phair**, die 1930 vorgeschlagen hatte, den kurz zuvor von Clyde Tombaugh entdeckten Planeten "Pluto" zu nennen.

Der Venetia SDC kann Teilchen von mehr als 10^{-12} Gramm Gewicht und 0,5 Mikrometer Durchmesser detektieren. Das Instrument besteht aus einer 46 × 30 cm großen Detektorplatte, die auf der Außenhaut der Sonde angebracht ist, und einer Elektronikbox im Inneren der Sonde.

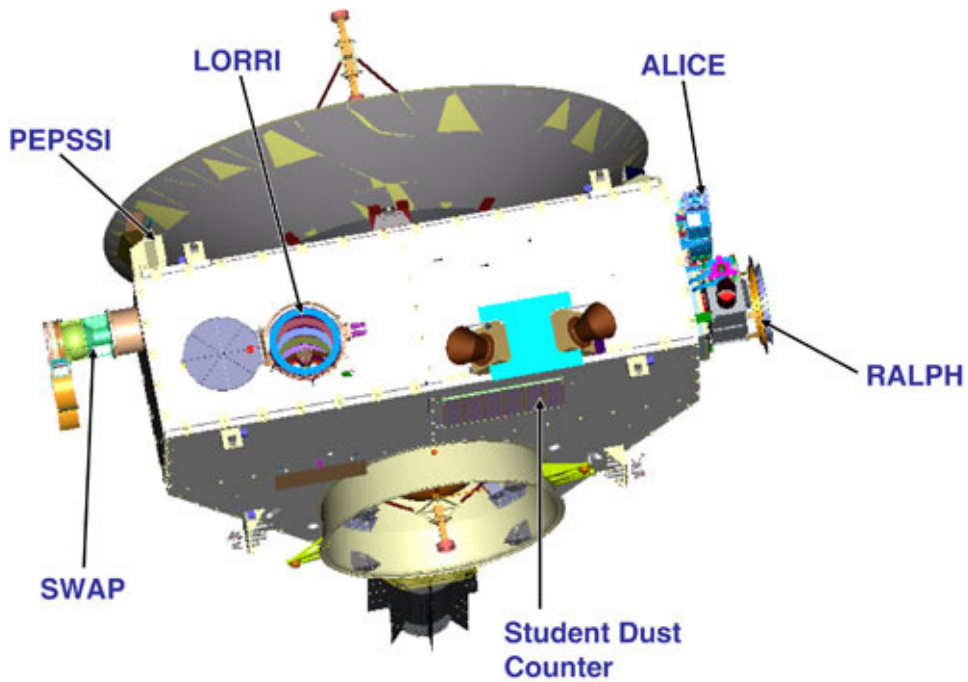


Der eigentliche Detektor von Venetia

Anordnung der Instrumente an der Raumsonde



2 Darstellungen der Instrumentenanordnung (oben private Webseite gak.it, unten NASA)



Start

Kennedy Space Center, 19.01.2006 - Das bange Warten hat ein Ende

Nach Unterzeichnung der Startgenehmigung durch den US Präsidenten am 10.01.2006 (erforderlich wegen der 10,9 kg Plutonium an Bord) konnte es endgültig losgehen. Aber diverse Startverzögerungen auf Grund des Wetters und technischer Probleme ließen die Verantwortlichen noch ein wenig bangen. Erst am 19.01.2006 um 20 Uhr MEZ (14 Uhr EDT) konnte eine Atlas V551 die Raumsonde *New Horizons* vom Startkomplex 41 in einen erdnahen Parkorbit befördern, bevor etwa eine halbe Stunde nach dem Start durch erneutes Zünden der Oberstufe die Sonde mit 12,4 km/s die Erde endgültig verließ.



19.01.2006, 14 Uhr EDT - New Horizons startet zur Erkundung neuer Horizonte

Die Atlas V551 ist die bis dato leistungsstärkste Transportrakete für unbemannte Raumsonden. Sie hat neben den zwei Raketenstufen selbst noch fünf an der ersten Stufe angebrachte Feststoffbooster und ist in der Lage bis zu 18,5 Tonnen Last in einen erdnahen Orbit zu bringen oder - auf Grund der mehrfachen Startbarkeit des *Centaur* Oberstufentriebwerkes - geringere Lasten in geostationäre Orbits zu bringen bzw. in *Earth Escape Trajectories*, also auf Geschwindigkeiten zu beschleunigen, die ein Verlassen der Erdanziehung ermöglichen.

Ein weiteres Raketentriebwerk an der Sonde (STAR 48B) beschleunigte dann die Sonde auf 16,21 km/s, der bisher höchsten je erreichten Startgeschwindigkeit einer Raumsonde.



Die Sonde in Erdnähe, deutlich zu erkennen: Das STAR 48B-Triebwerk am Heck

Nach 44 Minuten und 55 Sekunden wurde das Raketentriebwerk der Sonde abgetrennt und *New Horizons* war nun endgültig auf dem Weg zu Pluto.

Bange war so manchem Verantwortlichen wegen der technischen Schwierigkeiten und des relativ engen Startfensters. Wäre die Sonde außerhalb des Startfensters gestartet, so hätte sich die Flugzeit um mehrere Jahre verlängert da dann ein Vorbeiflug an Jupiter nicht möglich gewesen wäre (und damit die Sonde auch keine Beschleunigung erfahren hätte) und die Sonde direkt zu Pluto geschossen werden müsste.

In den ersten Tagen nach dem Start wurde die Rotationsgeschwindigkeit der Sonde angepasst (von 68 U/min auf 5,2 U/min), zwei Kurskorrekturen vorgenommen und sukzessive die verschiedenen Instrumente in Betrieb genommen und getestet.

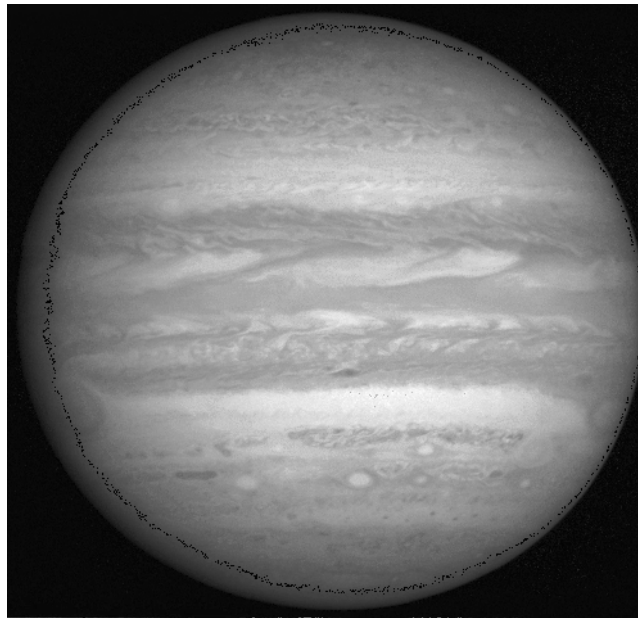
Wie wichtig Kurskorrekturen und ein höchst genauer Kurs sind verdeutlicht vielleicht folgendes Beispiel:

Ein Kilometer Abweichung beim Vorbeiflug bei Jupiter bedeutet 500 km Abweichung beim Erreichen von Pluto. Das abgetrennte Raketentriebwerk STAR 48B wird etwa 400.000 km weiter als *New Horizons* von Jupiter entfernt sein, wenn es dort eintrifft ... und damit in einer Entfernung von etwa 200.000.000 km an Pluto vorbei fliegen.

Am 30.Juni 2010 - die Sonde befand sich zwischen den Bahnen von Saturn und Uranus - wurde durch einen Schubimpuls von 36 Sekunden die Geschwindigkeit der Sonde um 0,45 m/s erhöht, um die Abbremsung durch die von der Hauptantenne rückgestreute Thermalstrahlung auszugleichen.

Jupiter

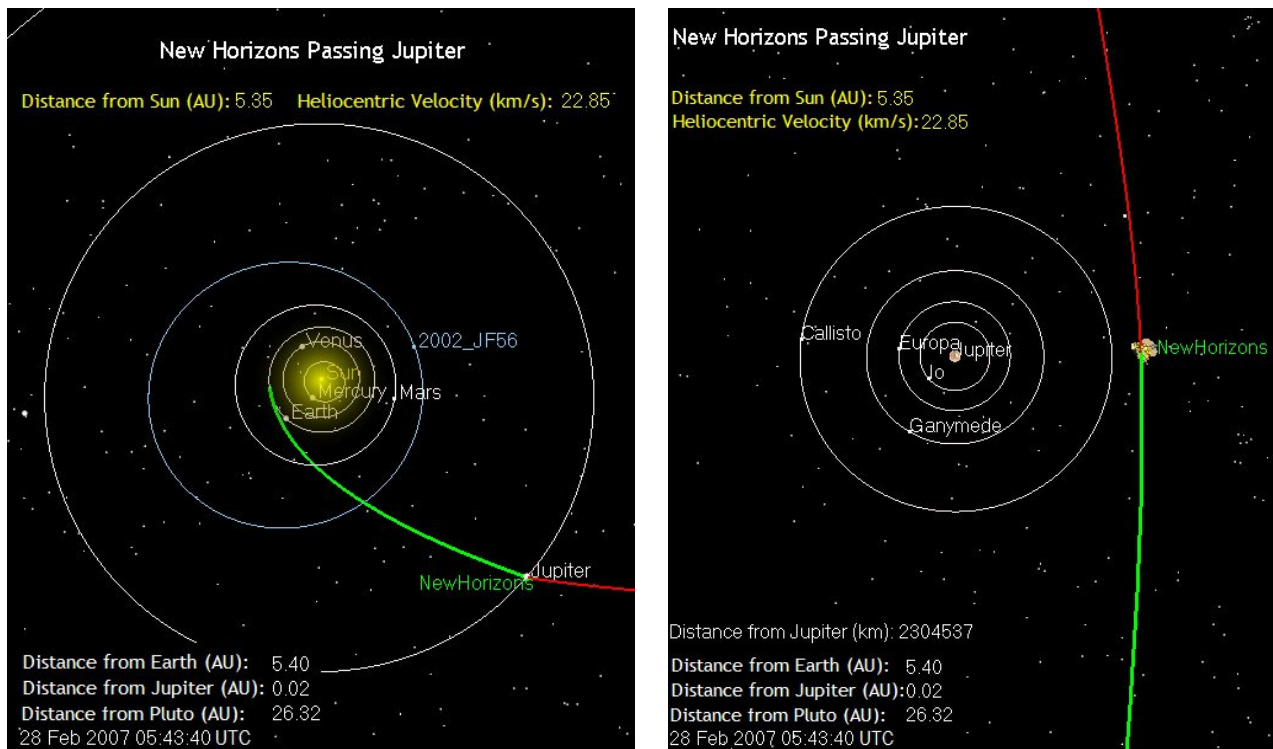
Nach nur 78 Tagen kreuzte *New Horizons* die Marsbahn und schon Anfang September war die Sonde in der Lage die ersten Jupiter Aufnahmen zur Erde zu senden. Die heiÙe Phase des Jupiter-Encounters, des Vorbeifluges an Jupiter begann im Januar 2007.



Vor dem Jupiter Encounter (10.02.2007) - der Gasplanet aus gut 29 Millionen Kilometern Entfernung (Mosaik aus 2 LORRI-Aufnahmen, Jupiter füllt mit 1015 LORRI-Pixeln im Durchmesser fast den ganzen Sensor der Kamera, Details bis 290 Kilometer sind erkennbar)

Tests der Instrumente und Kameras im Rahmen einer Simulation des Pluto-Encounters begleiteten das Swing-by-Manöver im Laufe des 28.02.2007. Als die Sonde bei Jupiter ankam betrug ihre Geschwindigkeit nur noch etwa 4 km/s (von den vormals 16 km/s, mit der *New Horizons* die Erdumlaufbahn verlassen hat). Ein klein wenig von Jupiters kinetischer Energie wurde von *New Horizons* "abgezapft" und die Sonde so beschleunigt, so dass sie nach dem Jupiter-Encounter mit ungeheuren 23 km/s weiter in Richtung Pluto flog - das sind 82.800 Kilometer pro Stunde! Von diesen 23 km/s bleiben beim Pluto-Encounter noch 14 km/s übrig.

Durch den Jupiter-Vorbeiflug wurde die Sonde nicht nur beschleunigt, sondern auch um etwa 2,5 Grad nach oben aus der Ekliptik herausgeschleudert, da sich Pluto zum Zeitpunkt des Vorbeifluges 2015 oberhalb der Ekliptik befindet (auf Grund seiner Bahnneigung um 17,6 Grad).



Jupiter Encounter - links gut zu erkennen: "Knick" in der Flugbahn durch die Beschleunigung und Bahnkorrektur bei Jupiter

Während des Vorbeifluges vom 24.02. bis 07.03.2007 wurden insgesamt 36 Gigabyte Daten gesammelt, die nach dem Vorbeiflug bis Juni 2007 an die Erde übertragen wurden. Als die letzten Bits erfolgreich auf der Erde ankamen war die Sonde bereits 161 Millionen Kilometer von Jupiter entfernt. Die Generalprobe für Pluto war ein voller Erfolg!

Danach ging die Sonde "schlafen".

Flug durch den interplanetaren Raum

Die Sonde wurde in einen Schlafmodus (hibernate) versetzt, in dem die meisten Instrumente in eine Art stand-by geschaltet wurden. Dieser Modus hat zwei wesentliche Vorteile:

Zum einen werden die Systeme geschont und zum anderen werden die Kosten reduziert, da für die Missionsüberwachung weniger Ressourcen (personell und materiell, damit auch finanziell!) benötigt werden. Lediglich bei bestimmten Ereignissen (wie eine Sonnenbedeckung durch Jupiter im Juni 2007, einer Kurskorrektur im September 2007 oder Softwareupdates) beziehungsweise jeweils für einige Wochen im Spätsommer werden die Instrumente wieder aktiviert und geprüft. Ansonsten gibt es zweimal pro Woche nur ein Statussignal ("Alles OK") von der Sonde.

Das letzte Kurskorrekturmanöver fand am 25.09.2007 statt bei dem die Sonde ihre Geschwindigkeit um 2,37 m/s änderte und sie dadurch statt in 500.000 km Entfernung an Pluto nun innerhalb dessen Mondsystems (max. 64.500 km) an ihm vorbeifliegt.

Ansonsten passierte in den folgenden Jahren nicht viel:

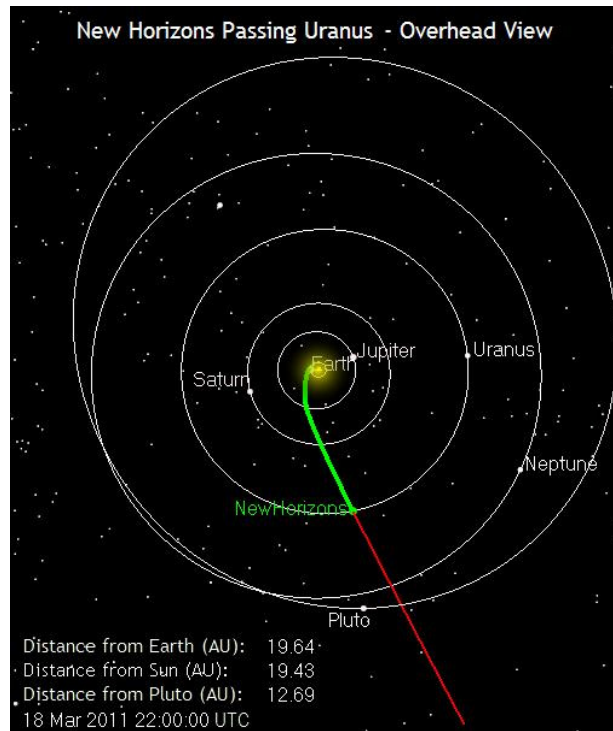
Am 08.Juni 2008 kreuzte *New Horizons* die Umlaufbahn von Saturn, der aber für eine Beobachtung zu weit entfernt war. Ein Beschleunigen durch kurzes Zünden der

New Horizons - Eine Reise zu Pluto

Triebwerke im Juni 2010 glich wiederum die Abbremsung durch die von der Parabolantenne rückgestreute Thermalstrahlung aus.

Danach, am 17.10.2010, war Halbzeit - 1732 Tage seit dem Start, noch 1732 Tage bis zu Pluto.

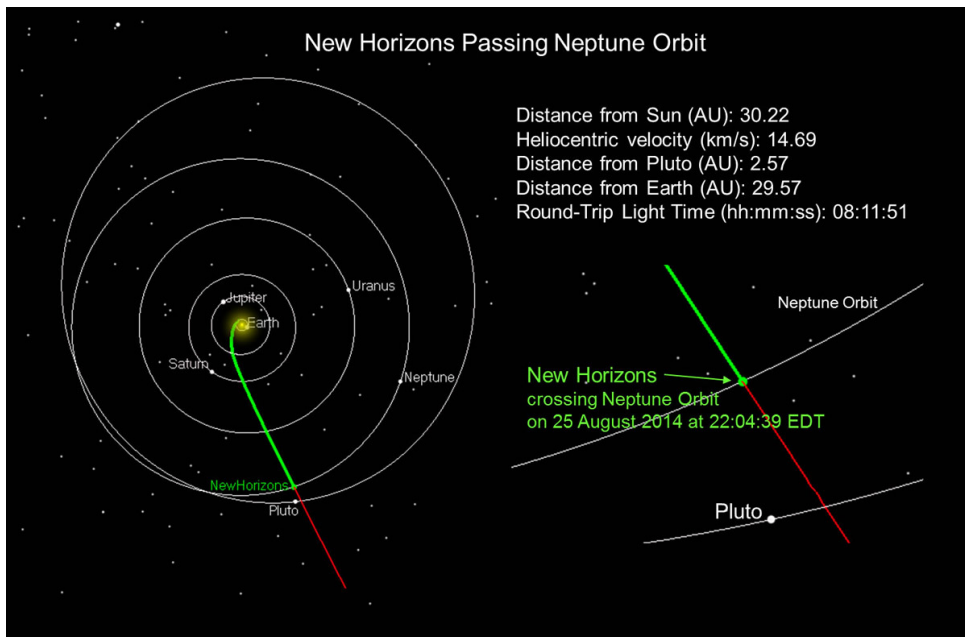
Am 18.März 2011 erreichte die Sonde die Umlaufbahn von Uranus, wobei auch hier auf Grund der großen Entfernung (mehr als 3,8 Milliarden Kilometer) keine Beobachtung möglich war.



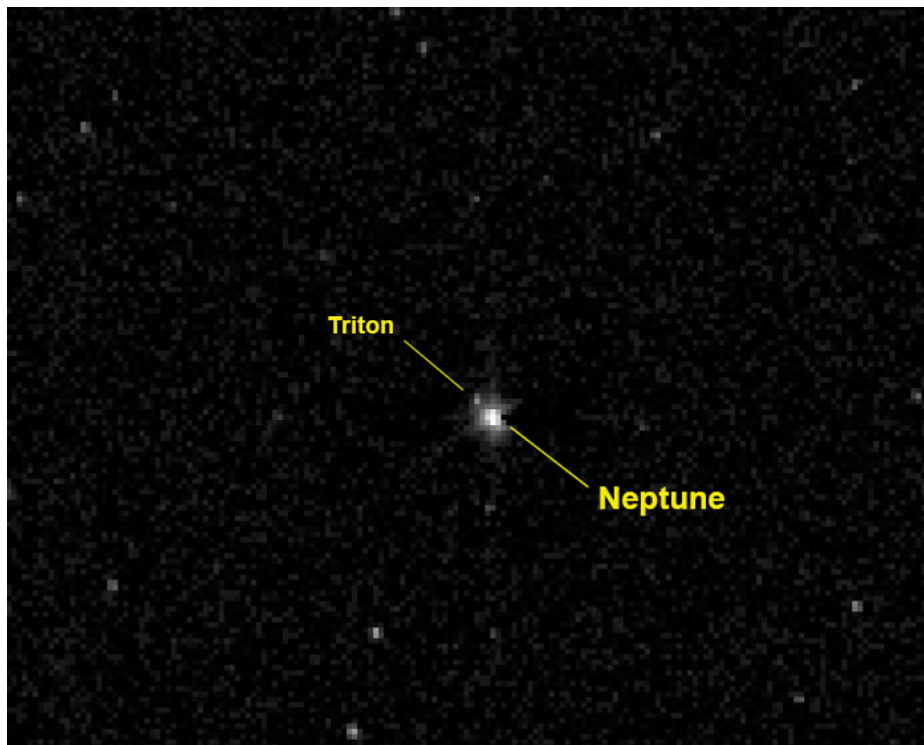
Kreuzen der Uranusbahn am 18.03.2011

Exakt am 25.08.2014 um 10.04 Uhr (EDT - Ostküstenzeit) hat die Sonde die Neptunbahn gekreuzt - auf den Tag genau 25 Jahre nach dem Vorbeiflug von Voyager 2 an Neptun. Aber auch hier hat *New Horizons* keine ernsthaften Beobachtungen durchgeführt. Neptun (und auch alle anderen äußeren Planeten) sind einfach zu weit weg.

New Horizons - Eine Reise zu Pluto



Kreuzen der Neptunbahn am 28.08.2014



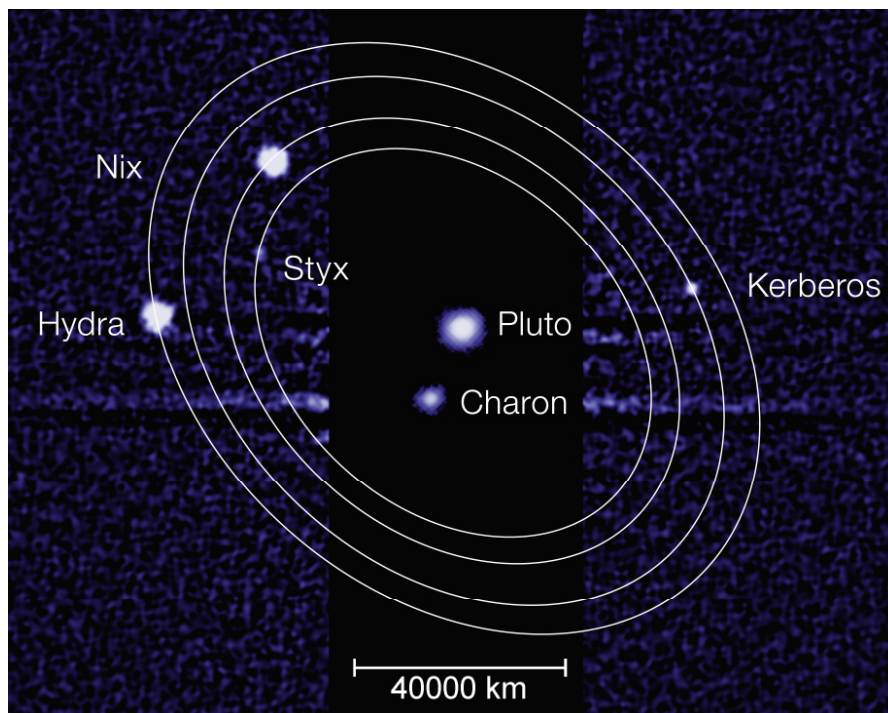
Neptund und sein Mond Triton - 3,96 Milliarden Kilometer entfernt (LORRI, 967 Millisekunden Belichtungszeit)

Neue "Freunde"

In der Zwischenzeit wurden durch das Weltraumteleskop Hubble weitere Pluto-Satelliten entdeckt - mittlerweile sind mit Charon fünf Monde bekannt, die Pluto umkreisen.

Plutos größter Begleiter Charon wurde 1978 entdeckt und ist mit etwa 1200 km Durchmesser nur etwa um die Hälfte kleiner als Pluto (Durchmesser etwa 2300 km). Auf Grund dieser eher ungewöhnlichen Größenverhältnisse wurde Pluto auch schon als *Doppelplanet* bezeichnet. Einmalig bei Planeten im Sonnensystem ist auch das Bewegungsverhältnis von Pluto und Charon, sie rotieren *gebunden*. Das bedeutet, sie wenden sich immer die gleiche Seite zu, Umlaufzeit um Pluto und Rotationsperiode des Mondes sind gleich. Zum Vergleich: Bei Erde und Mond, zeigt nur der Mond immer die gleiche Seite.

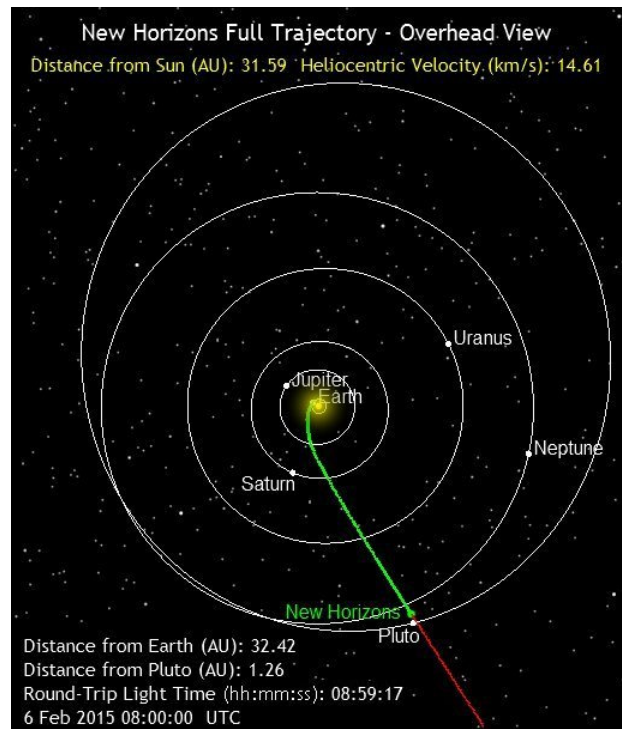
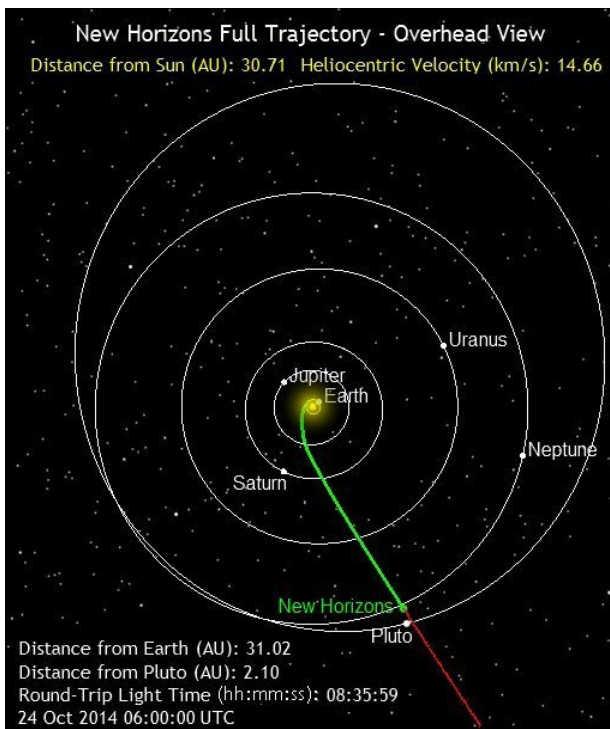
Die beiden Monde *Nix* und *Hydra* wurden 2005, die kleinsten Monde *Kerberos* und *Styx* in den Jahren 2011 und 2012 entdeckt. Die Durchmesser liegen im Bereich von geschätzten 10 km (bei Styx) bis 160 km (bei Nix).



Gesamtansicht des Pluto"systems"

Unterdessen (Stand 06.02.2015) ist *New Horizons* "nur" noch etwas mehr als 1 AE (zur Erinnerung: Astronomische Einheit, einfache Entfernung Erde-Sonne) von Pluto entfernt (in aktuellen Zahlen: etwas weniger als 190 Millionen Kilometer), den sie mit 14,6km/s anfliegt. Die Entfernung zur Erde beträgt derzeit etwa 32,42 AE (4,86 Milliarden Kilometern) oder 4,49 Lichtstunden - denn so lange braucht das Licht (und damit auch Funksignale) für diese Entfernung.

New Horizons - Eine Reise zu Pluto



Where ist New Horizons?

Zwei Darstellungen der Position der Raumsonde, zwischen beiden "Aufnahmen" liegen viereinhalb Monate



Pluto ist schon fast "in Sichtweite"



Eine nette Darstellung der "Verkehrssituation" auf dem Weg zu Pluto (allerdings schon ein wenig "älter", da hier von 5 *astronomical units* die Rede ist)

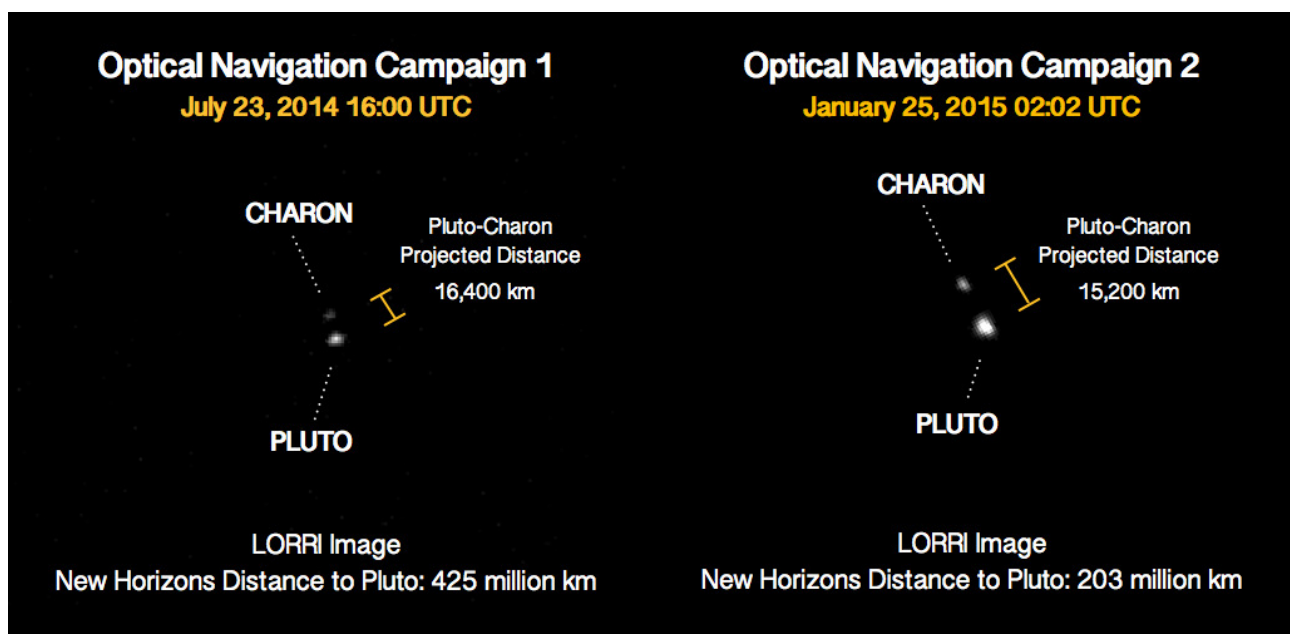
Hurry-Up

Am Nikolaustag 2014 wurde *New Horizons* das letzte Mal in ihrem Raumfahrer-Dasein aus dem Schlaf geholt - *the last wakeup* (siehe Anhang). Der "Wecker" wurde durch die Missionskontrolle bereits im August 2014 programmiert, so dass die Sonde um 15 Uhr US-Ostküstenzeit aus dem Hibernationmode geholt wird - etwa 6 Stunden später (Aufwachroutinen und Signallaufzeit) erhalten ihre irdischen Betreuer erste Statussignale der Sonde. Danach wurde sukzessive der Status des Systems und anschließend der Zustand der wissenschaftlichen Instrumente geprüft.

Im Juni 2015 ist es dann endlich soweit, nahezu 10 Jahre Flug durch die unendlichen Weiten des Weltraums erreichen ihren Höhepunkt. *New Horizons* wird an seinem Reiseziel ankommen, dort wo noch kein von Menschenhand geschaffenes Objekt je gewesen ist - Pluto!

Schon 150 Tage vor der größten Annäherung an das Pluto-Charon-System werden die Beobachtungen beginnen. 120 Tage vor dem Vorbeiflug werden die ersten Bilder erwartet und nach weiteren 30 Tagen wird die Qualität der von der Sonde gemachten Bilder sämtliche Erd- bzw. Erdorbit-gestützten (Hubble) übertreffen.

Bereits im Januar 2014 LORRI in Betrieb genommen und getestet ... das ist wohl wie die Vorweihnachtszeit, in der die Kinder das Eintreffen des Weihnachtsmannes kaum erwarten können. Anlässlich des 109-ten Geburtstages des Pluto-Entdeckers - Clyde Tombaugh - wurden diese Bilder veröffentlicht. Die Belichtungszeit betrug eine zehntel Sekunde - zu wenig, um die auch die kleineren Monde zu erfassen.



Zwei LORRI-Aufnahmen vom Pluto-System

Derzeit werden alle technischen Möglichkeiten genutzt, um kleinste Objekte im Bereich der Flugbahn ausfindig zu machen. So werden etwa auch Großteleskope wie die Zehn-Meter-Instrumente des Keck-Observatoriums auf Hawaii auf den Zwergplaneten ausgerichtet oder Passagen von Sternen durch das Pluto-System,

deren Licht abgeschwächt würde, beobachtet, um direkte Hinweise auf Trümmer und Staubtrübe zu finden.

Die Gefahren sind nicht von der Hand zu weisen, denn bei einer Relativgeschwindigkeit von 14 km/s reicht schon ein Millimeter großes Objekt aus, um die Sonde zu beschädigen oder zu zerstören. Derzeit rechnet man mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,3% dass die Sonde von einem derartigen Teilchen getroffen wird. Bis zu 10 Tage vor dem Vorbeiflug läßt sich durch Zündung der Triebwerke die Flugbahn noch verändern, um die Entfernung zu Pluto zu korrigieren oder einem Objekt auszuweichen.

Am 14.Juli 2015 ist dann der entscheidende Tag gekommen - mit annähernd 14 km/s wird New Horizons durch das Pluto-Charon-System fliegen. Und nach nur guten 2 Stunden ist die Phase des *encounters* schon vorbei. 10 Jahre Reise für nur 2 Stunden - es muss alles passen, **failure is not an option!**

Hochaufgelöste Fotos sollen Details mit 25 Metern pro Pixel darstellen, die Oberfläche von Pluto und seines größten Mondes Charon kartographiert, die Temperaturverteilung gemessen (man geht derzeit von einer Oberflächentemperatur von 43 Kelvin aus) und die Atmosphäre des Pluto studiert werden.

Es ist geplant, dass die Sonde in etwa 9.600 km von Pluto und 27.000 km an Charon vorbeifliegt. Allerdings können diese Parameter während des verbleibenden Fluges noch geändert werden.

Zwei Wochen nach dem Vorbeiflug werden die Beobachtungen beendet und *New Horizons* wird beginnen, die gesammelten Daten zur Erde zurück zu senden (Signallaufzeit dann etwa 5,3 Stunden). Die Übertragung der zu erwartenden Datenmenge von einigen Gigabyte wird wegen der voraussichtlich niedrigen Übertragungsrate einige Monate in Anspruch nehmen.

Danach beginnt der letzte Teil der großen Mission.



Künstlerische Darstellung des Kuipergürtels - das nächste Ziel New Horizons

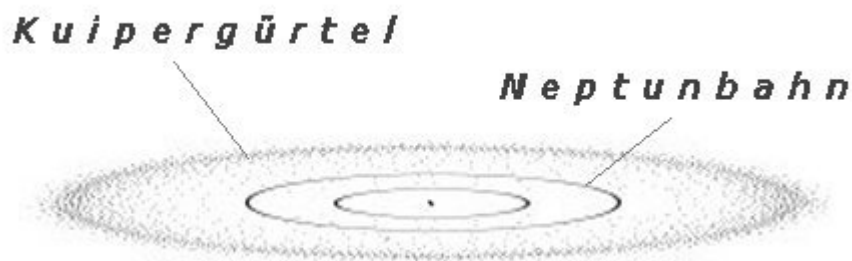
Flug in die Ewigkeit

Interstellarer Raum, Kuiper Belt Objects, Oortsche Wolke

Der letzte Teil dieser Mission wird der längste werden ... ein Flug in die Ewigkeit! Aber bevor New Horizons in der Unendlichkeit des Universums verschwindet stehen noch einige wissenschaftliche Aufgaben an. Denn wann wird die Menschheit je wieder so weit "draußen" die Möglichkeit haben zu forschen? Wir werden es (vermutlich) nicht mehr erleben.

Nach Pluto soll New Horizons ein Objekt des Kuipergürtels ansteuern. Der Kuipergürtel - so liest man auf Wikipedia - ist eine ringförmige, flache Region außerhalb der Neptunbahn in etwa 30 bis 50 Astronomischen Einheiten Entfernung und schätzungsweise mehr als 70.000 Objekte mit einem Durchmesser von mehr als 100km und unzählige kleinere Objekte enthält.

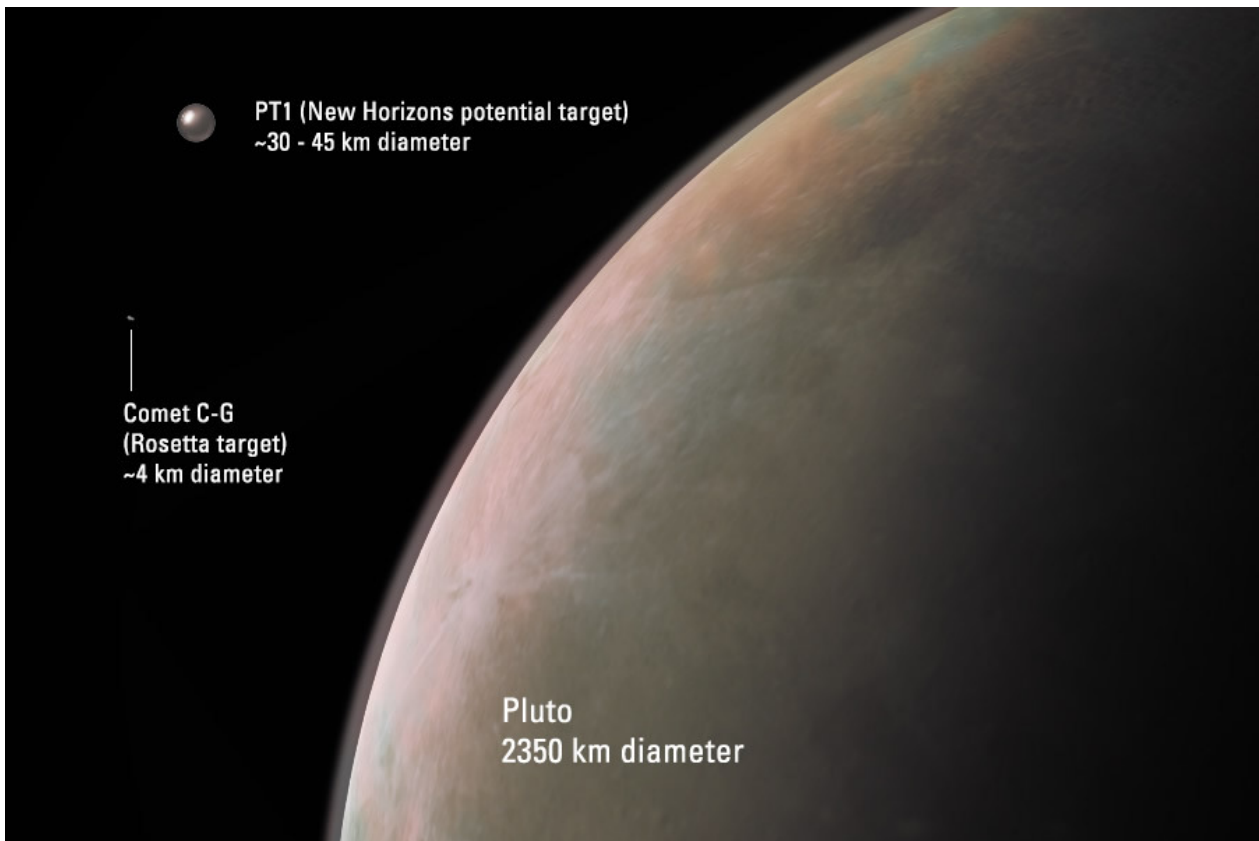
Die Bezeichnung geht auf Theorien von Gerhard Kuiper aus den Jahren 1951 und 1974 hervor, der in großer Entfernung von der Sonne eine Art Kometengürtel vermutete. Erst in den 90er Jahren wurden die ersten Objekte jenseits von Pluto entdeckt.



Nicht maßstabsgetreue Darstellung des Kuipergürtels

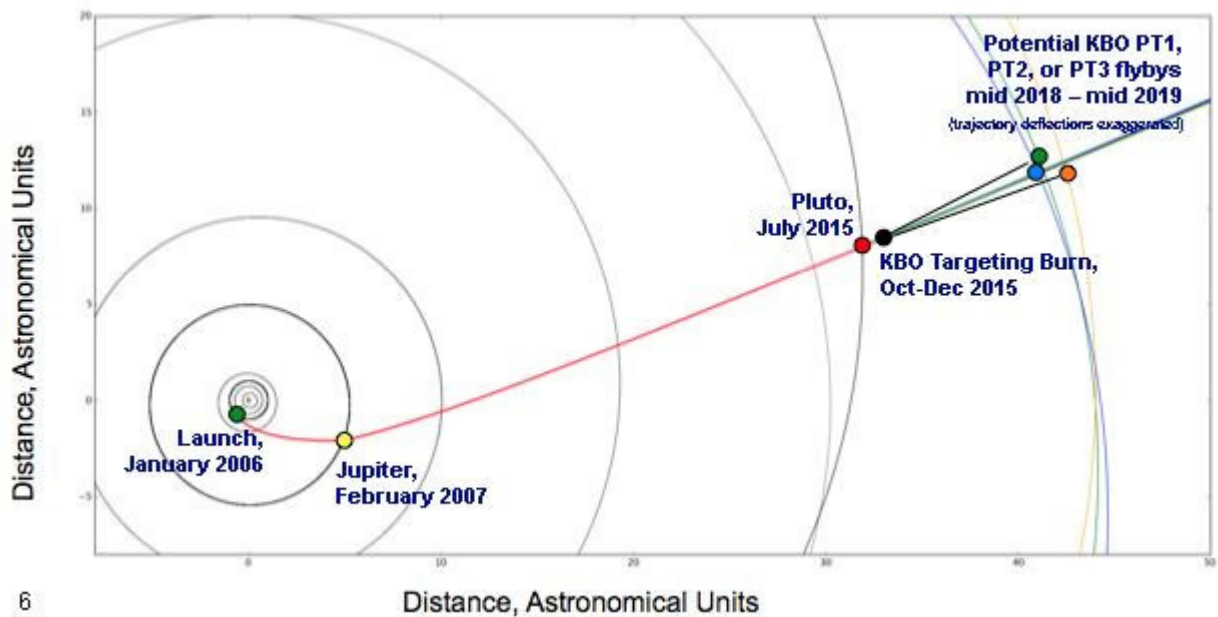
Schon seit dem Start von New Horizons wurde nach geeigneten Kuipergürtel-Objekten gesucht, deren Position und Umlaufbahn einen Vorbeiflug ermöglichen. Doch die Objekte sind so klein und so weit entfernt, dass erdgebundene Teleskope nicht erfolgreich waren.

Das Hubble Space Telescope allerdings fand mit einigem Aufwand und beträchtlicher Beobachtungszeit im Oktober 2014 drei mögliche Kandidaten für einen *Encounter*. Genauer ist über diese Objekte noch nicht bekannt, nur dass zwei etwa 55 km im Durchmesser und der dritte etwa 25 km groß sind. Einer der Körper sei mit den zur Verfügung stehenden Treibstoffvorräten "definitiv" erreichbar und alle drei befinden sich etwa 1 Milliarde Kilometer hinter Pluto - was eine weitere Flugzeit von etwa 4 Jahren bedeutet. Der *Encounter* kann daher frühestens 2018 stattfinden.



Größenvergleich Pluto und KBO PT1
(und Komet Tschurjumow-Gerassimenko, den die Raumsonde Rosetta seit Sommer 2014 erforscht)

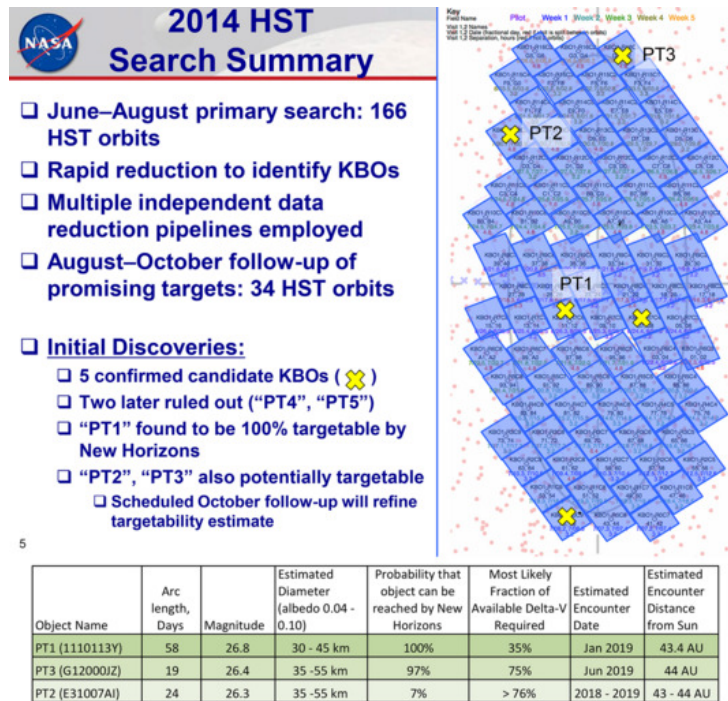
Zuvor muss noch eine endgültige Auswahl getroffen werden - Größe, Farbe, Rotation, mögliche Monde sind Kriterien, die zur Auswahl des Objekts herangezogen werden, so Alan Stern, der Projektleiter. Im Spätsommer 2015 wird die Auswahl dann getroffen, Bahnparameter errechnet, Steuer- und Zündungsdaten ermittelt und im Herbst 2015 wird New Horizons dann seine Triebwerke starten und ein neues Ziel ansteuern.



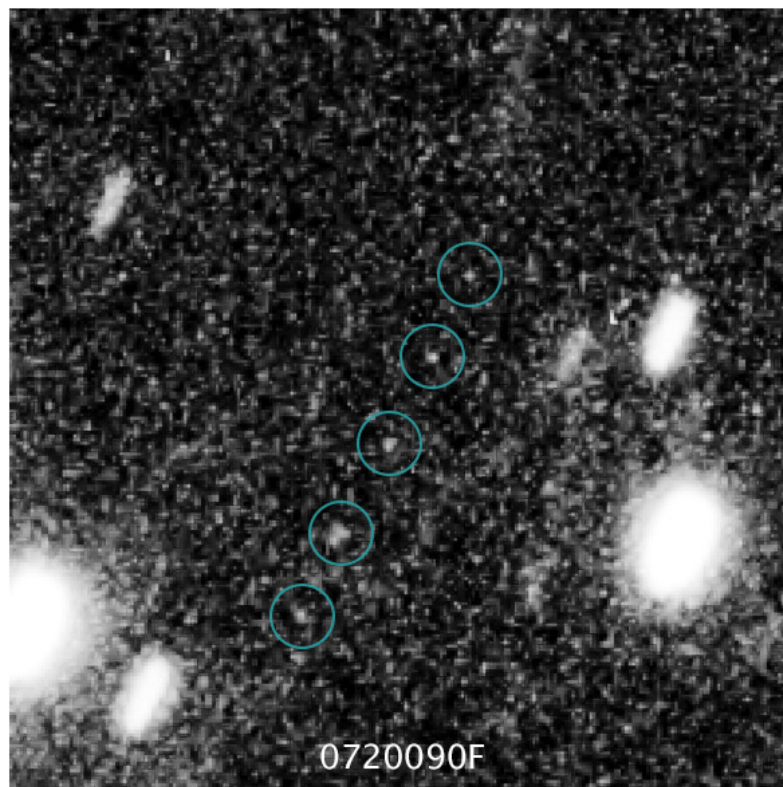
New Horizons - Eine Reise zu Pluto

Auf Grund der erwarteten Größe von 1-2% von Pluto wird die Phase, in der Daten gesammelt werden können um einiges kürzer sein. Die NASA schätzt, dass das Objekt erst etwa 11.000km vor dem eigentlichen Vorbeiflug das Blickfeld von LORRI ausfüllen würde - das wären gerade mal 20 Minuten vor dem Vorbeiflug!

Noch ist die verlängerte Mission von New Horizons für weitere 3-4 Jahre ab 2016 durch die NASA nicht bewilligt!



Suchmuster nach KBOs



Eines der möglichen Kuiper-Belt-Objectts (KBOs)

Sollte die NASA die für die Weiterführung benötigten Mittel freigeben, dann werden wir zum ersten Mal wissenschaftliche Erkenntnisse über Objekte erhalten, die noch kein Mensch je gesehen hat. Es werden die ersten Erkenntnisse von den äußeren Regionen des Sonnensystems sein - eine wahrhaft historische Begebenheit!

Danach geht der Flug weiter, irgendwann wird New Horizons - wie seine "Vorgänger" Voyager und Pioneer auch - aus dem interplanetaren Raum in den interstellaren Raum wechseln. Wir werden das Schicksal New Horizons noch bis etwa 2025 verfolgen können, danach sind die Energievorräte erschöpft und New Horizons wird allein seinen weiteren Weg bestreiten.

Nächster Halt: Die Unendlichkeit.



Anhang

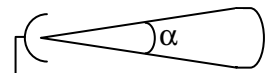
Berechnung der Empfangsleistung

Ausgehend von einer Ausgangsleistung der Sendeanlage von $P_{\text{ein}}=12$ Watt und einem Antennengewinn (Gewinn=*negative* Dämpfung) von $a=-42$ dB (deziBel) ergibt sich eine durch die Parabolantenne abgestrahlte Leistung P_{aus} von:

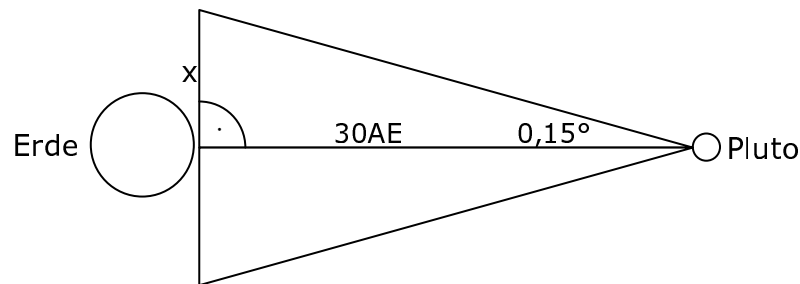
$$a = 20 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{ein}}}{P_{\text{aus}}}\right)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{aus}} &= \frac{P_{\text{ein}}}{10^{\frac{a}{20}}} \\ &= \frac{12 \text{ Watt}}{10^{\frac{-42}{20}}} \\ &= 1510 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Die Sendekeule der Parabolantenne hat einen Öffnungswinkel von $\alpha=0,3$ Grad.



Legt man nun der weiteren Rechnung eine Entfernung Pluto - Erde von 30 AE zu Grunde, dann ergibt sich folgende vereinfachte geometrische Darstellung des Sachverhaltes:



Wie zu sehen ist, kann nun im rechtwinkligen Dreieck mit der Definition des Tangens die Länge der Seite x berechnet werden:

$$\begin{aligned} \tan 0,15^\circ &= \frac{x}{30 \text{ AE}} \\ x &= \tan 0,15^\circ \cdot 30 \text{ AE} \\ &= 11.780.999 \text{ km} \end{aligned}$$

Damit hat die Sendekeule in Erdnähe einen Durchmesser von $d = 2 \cdot x = 23.561.998$ km, was eine (kreisförmige) Fläche der Sendekeule von

$$A_{\text{Signal}} = \pi r^2 = 1.744.110.924.130.872 \text{ km}^2$$

ergibt. Auf diese Fläche verteilt sich die abgestrahlte Energie von 1510 Watt.

Die Empfangsfläche einer 30-Meter-Parabolantenne beträgt $A_{\text{Antenne}} = 0,00282743 \text{ km}^2$. Setzt man nun diese beiden Werte ins Verhältnis, so ergibt sich ein Faktor f von

$$f = \frac{A_{\text{Antenne}}}{A_{\text{Signal}}} = \frac{0,00282743}{1.744.110.924.130.872} = 1,6211 \cdot 10^{-18}$$

Das bedeutet, die Empfangsantenne - immerhin eine "Schüssel" mit 30 Meter Durchmesser - bekommt nur den $1,62 \cdot 10^{-18}$ -ten Teil der gesendeten 1510 Watt ab:

$$\mathbf{P_{30m-Parabol-ein} = 2,44 \cdot 10^{-15} \text{ Watt !!!}}$$

Schon gewusst ... ?

zum Ersten! - **WIR sind auch dabei!**

New Horizons hat einige Erdbewohner "dabei" – also zumindest deren Namen. Eine CD mit 434.738 Namen von Erdlingen, die sich auf der New Horizons Website registriert haben ist an der Sonde angebracht und fliegt mit in die Weiten des Universums.



Send your Name to Pluto – die CD mit den über 400.000 Namen wird angebracht

zum Zweiten! - **New Horizons hat ein wakeup-image!**

Bis Anfang Dezember konnten die Besucher der offiziellen New Horizons Website eines von zwei **wakeup-Images** wählen, das dann am Nikolaustag diesen Jahren das offizielle Aufwachbild für die Raumsonde wurde. An diesem Tag wurde die Sonde nämlich zum allerletzten Mal aus ihrem Hibernation-Mode aufgeweckt um für die bevorstehenden Ereignisse vorbereitet zu werden.

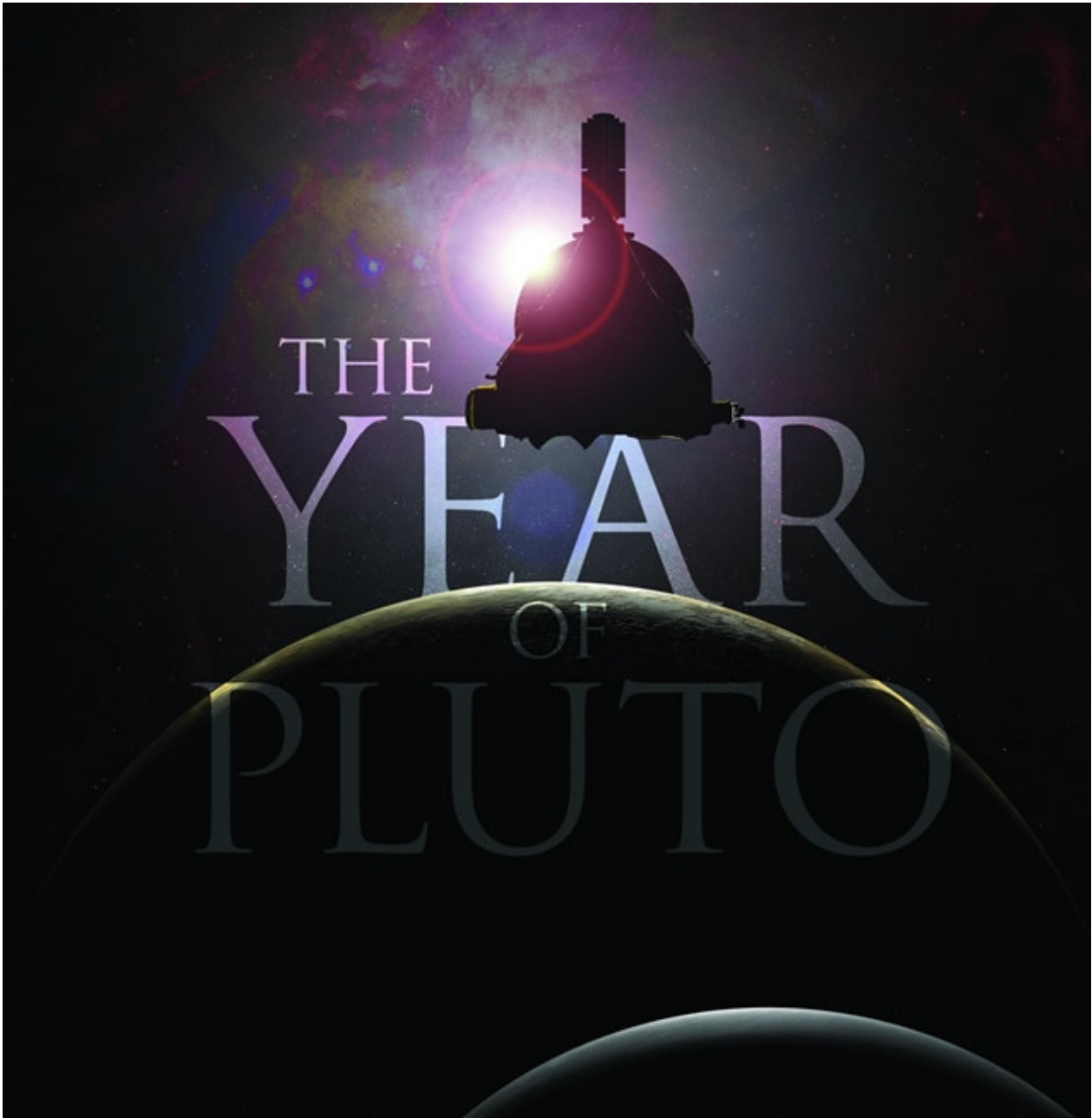


Time to Wakeup !

New Horizons letzte Hibernation Phase neigt sich dem Ende zu, am 6. Dezember ist es soweit: New Horizons wird das letzte Mal aufwachen. Danach beginnt die Phase der Vorbereitung des Pluto Encounters. Bereits im August 2014 wurde durch Mission Control der **wakeup-call** für den 06.12.14, 15 Uhr EST (eastern standard time, 21 Uhr MEZ) in New Horizons Computer programmiert, 90 Minuten später sendet New Horizons mit einem letzten "Guten Morgen" seine Bereitschaft für wahrhaft große Ereignisse.

Projektleiter Alan Stern formuliert es so: "**We are almost on Pluto's doorstep and we are ready to go!**"

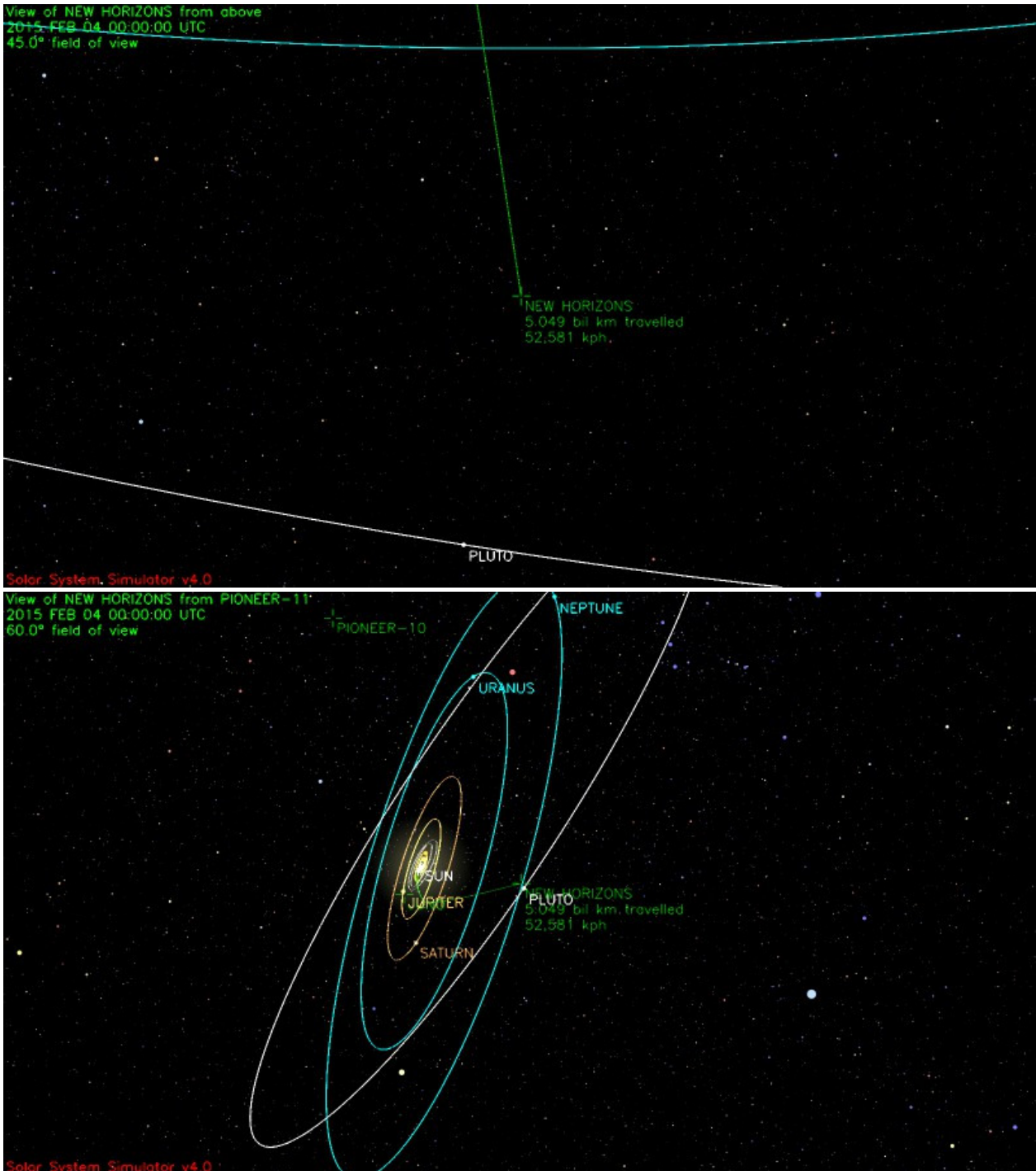
The Year of Pluto



Es wird das Jahr von Pluto – Ausschnitt eines Filmplakats der American Geophysical Union – AGU

Von Tag zu Tag interessanter ...

Sehr anschaulich dargestellt: Die aktuelle Position von New Horizons, wie auch die bisherige Flugbahn. Möglich ist dies durch den Solar System Simulator des Jet Propulsion Laboratory der NASA (<http://space.jpl.nasa.gov/>). Hier kann aber nicht nur die New Horizons Mission veranschaulicht werden, sondern eine Vielzahl weiterer Missionen der NASA (z.B. Rosetta) auch aus allen möglichen Perspektiven. Ein Besuch lohnt sich!



New Horizons in Echtzeit

Auf der Seite von Danuel Muller (<http://www.dmuller.net> bzw. <http://www.dmuller.net/spaceflight/realtime.php?mission=newhorizons>) kann man sozusagen in *realtime* verfolgen, welche Distanzen New Horizons hinter bzw. vor sich hat.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche "Echtzeit"-Daten zu anderen unbemannten Missionen der NASA - klare Empfehlung!

New Horizons Real-Time Simulation

For astronomical news follow the [Astro Cast](#).
 Amazing new maps and current views of Pluto available from Marc W. Buie: [View at SWRI](#).
 Data alert currently in place for this mission: [View Blog](#).

See also: [Spacecraft Leaving Our Solar System :: Full Timeline](#)

Milestones	Date	Countdown	Distance Flown / To Fly
Launch	19-Jan-06 20:00:00	T + 3311d 13hrs 45min 19sec	5,062,144,480km 33.838AU
Jupiter Flyby	28-Feb-07 06:43:40	T + 2907d 03hrs 01min 39sec	4,127,505,789km 27.590AU
Pluto Flyby	14-Jul-15 13:59:00	T - 151d 03hrs 13min 41sec	-190,429,969km -1.272AU

CURRENT LOCAL TIME 13-Feb-15 09:45:19	Ephemeris Time 13-Feb-15 08:46:25	Progress to Pluto Flyby by distance: 96.374 % by time: 95.635 %
---	--------------------------------------	---

Orbital Parameters:
 Central body: Sun | Apoapsis: infinity | Periapsis: 2.251 AU | Eccentricity: 1.398

Sun		Pluto		Earth	
Altitude	4,734,235,295 km	Altitude	no data	Altitude	4,848,352,639 km
... in AU	31.646 AU	... in AU	no data	... in AU	32.409 AU
Relative Speed	52,562 km/h	Relative Speed	no data	... OWLT	4h 29m 32s
Angular Diameter	0.016 deg	Angular Diameter	no data	Relative Speed	93,087 km/h
From Jupiter	no data	From Uranus	no data	From Neptune	no data
From 2008 LC18	6.037 AU	From Pholus	13.138 AU	From 3rd stage	no data

Date and Time	Event
24-Aug-14	Crosses Neptune Orbit
25-Aug-14	25th anniversary of Voyager 2 Neptune flyby
06-Nov-14	Closest approach to L5 of Neptune at 3.79AU [approximate]
14-Jul-15 13:59:00	Pluto Flyby
T - 151d 03hrs 13min 41sec	

MENU Show / Hide

Dmuller:
[dmuller.net Home](#)
[Spaceflight](#)
[Aviation](#)
[Cosmology](#)
[Sports](#)

Spaceflight Realtime Simulations:
[Leaving Solar System](#)
[Realtime Statistics](#)
[Cassini](#)
[Dawn](#)
[Epoxi](#)
[GRAIL A](#)
[GRAIL B](#)
[Herschel](#)
[Juno](#)
[Kepler](#)
[Mars Odyssey](#)
[MESSENGER](#)
[Mars Express](#)
[MRO](#)
[Curiosity \(MSL\)](#)
[New Horizons](#)
[Opportunity](#)
[Pioneer 10](#)
[Pioneer 11](#)
[Planck](#)
[Rosetta](#)
[Spirit](#)
[Spitzer](#)
[Stardust NExT](#)
[Stereo A](#)
[Stereo B](#)
[Venus Express](#)
[Voyager 1](#)
[Voyager 2](#)

Missions:
[Full timelines](#)
[Missions by Target](#)
[Missions by Date](#)
[Future Missions](#)

More Goodies
[Visitors to other planets](#)
[Calendar \(Main Events\)](#)
[Spacecraft Speeds](#)
[Solar System Maps](#)
[Mars orbit and surface](#)

Quellenverzeichnis (Stand: 01.03.2015)

Es dürfte klar sein, dass in diesem Dokument einiges an Information und Darstellungen zusammengetragen wurde, das nicht aus der eigenen Feder stammt. Gleichwohl ist es legitim, Informationen zu sammeln und für einen bestimmten Zweck aufzubereiten und weiter zu geben - wenn man sich an die Regel hält, sich nicht mit fremden Federn schmücken zu wollen.

Genau dies soll an dieser Stelle geschehen!

Die folgenden Quellen geben die Fundstellen an, aus denen die Informationen und Darstellungen dieses Dokumentes stammen.

An dieser Stelle möchte ich eine Quelle besonders herausheben:

Die Internetseiten von **Bernd Leitenberger**, der sich seinerseits durch eine Vielzahl an Quellen gearbeitet hat und Wissenswertes zusammen getragen, aufbereitet und auf eine verständliche Art dargestellt hat (nicht nur zu New Horizons, sondern zu einer Vielzahl an weiteren Raumfahrtthemen).

Eine echte Internetempfehlung!

Die Quellen im Einzelnen:

- http://de.wikipedia.org/wiki/New_Horizons (die Universalquelle)
- <http://www.bernd-leitenberger.de/new-horizons1.shtml> (die meiner Ansicht nach **beste und fundierteste deutsche Informationsquelle**)
- <http://www.dmuller.net/spaceflight/realtime.php?mission=newhorizons&mode=scet> (New Horizons Real-Time Simulation)
- <http://pluto.jhuapl.edu/index.php> (offizielle New Horizons Website)
- <http://space.jpl.nasa.gov/> (Solar System Simulator – zur Darstellung der Planeten/New Horizons Positionen)
- <http://plutoids.eu/index.php?page=281> (Deutsche Webseite zu New Horizons)
- <http://www.boulder.swri.edu/pkb/ssr> (offizielle Instrumenten- und Missionsbeschreibungen im pdf-Format)
- Kosmos Himmelsjahr 2015, Hans-Ulrich Keller, Kosmos Verlag

Zusätzliche Quellen, zumeist Bildquellen:

- [http://en.memory-alpha.org/wiki/File:USS_Enterprise_\(NCC-1701\),_ENT.jpg](http://en.memory-alpha.org/wiki/File:USS_Enterprise_(NCC-1701),_ENT.jpg)
- http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/pluto/hst_pluto_charon.jpg
- http://de.wikipedia.org/wiki/Pluto#mediaviewer/File:TheKuiperBelt_Orbits_Pluto_Polar.svg
- http://pluto.jhuapl.edu/mission/mission_timeline.php
- http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/gallery/New_Horizons_SWAP.jpg
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/New_Horizons_1.jpg
- <http://www.eso.org/public/images/eso0908a/>
- http://pluto.jhuapl.edu/overview/piPerspective.php?page=piPerspective_06_11_2014
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b1/New_Horizons_-_REX.jpeg
- <http://eclecticplanet.org/space/explore/astronomy/bigearthscopes.html>
- <http://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>
- <http://www.rocket.com/propulsion-systems/monopropellant-rockets>
- <http://www.rocket.com/files/aerojet/documents/Capabilities/PDFs/Monopropellant%20Data%20Sheets.pdf>
- http://www51.honeywell.com/aero/common/documents/myaerospacecatalog-documents/Miniature_Inertial_MeasurementUnit.pdf
- http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:New_Horizons_1.jpg
- <http://pluto.jhuapl.edu/index.php>
- <http://www.alexharrisonparker.com/plutopoll/#Poll>
- <http://space.jpl.nasa.gov/>
- [http://www.nasa.gov/images/content/137986main_Ralph_lg.gif \(RALPH\)](http://www.nasa.gov/images/content/137986main_Ralph_lg.gif)
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:New_Horizons_LORRI.jpg \(LORRI\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:New_Horizons_LORRI.jpg)
- [http://pluto.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/pics/050107_02.jpg \(Tvysthar auf IO\)](http://pluto.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/pics/050107_02.jpg)
- [http://pluto.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/pics/20100727_LORRILooksBack_lg.jpg \(LORRI looks back\)](http://pluto.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/pics/20100727_LORRILooksBack_lg.jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/New_Horizons#mediaviewer/File:New_Horizons_SWAP.jpg \(SWAP\)](http://en.wikipedia.org/wiki/New_Horizons#mediaviewer/File:New_Horizons_SWAP.jpg)
- [http://lasp.colorado.edu/sdc/images/gallery/detector-assembly_big.jpg \(Venetia\)](http://lasp.colorado.edu/sdc/images/gallery/detector-assembly_big.jpg)
- http://gak.it/immagini/eventi/missioni/plutone/new_horizons/newhorizons_instruments.jpg
- http://www.nasa.gov/mission_pages/newhorizons/spacecraft/index.html
- http://pluto.jhuapl.edu/news_center/news/20141217.php
- <http://en.wikipedia.org/wiki/GPHS-RTG>
- <http://www.osti.gov/accomplishments/rtg.html>
- <http://synova.com/proc/mg5.html>
- http://synova.com/proc/mg5_price.html
- <http://www.spaceflight101.com/atlas-v-551.html>
- http://www.ulalaunch.com/Products_AtlasV.aspx
- http://www.pluto.jhuapl.edu/mission/passingplanets/passingPlanets_jupiter.php
- http://www.pluto.jhuapl.edu/mission/passingplanets/passingPlanets_current.php
- http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/25aug_newhorizons/
- http://de.wikipedia.org/wiki/Pluto#mediaviewer/File:Moons_of_Pluto.png
- <http://pluto.jhuapl.edu/Mission/Where-is-New-Horizons/index.php>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Kuipererg%C3%BCrtel>
- <http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/2014/10151024-finally-new-horizons-has-a-kbo.html>
- <http://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-to-proceed-with-full-search-for-new-horizons-targets/>
- <http://www.raumfahrer.net/news/astronomie/19102014150520.shtml>
- <http://www.spektrum.de/news/ein-himmelskoerper-der-auf-wasser-schwimmt/1214608>
- <http://www.nasa.gov>
- <http://apod.nasa.gov>
- <http://space.jpl.nasa.gov/>
- http://pluto.jhuapl.edu/Multimedia/Science-Photos/image.php?page=1&gallery_id=2&image_id=36
- <http://www.dmuller.net/spaceflight/realtime.php?mission=newhorizons>
- <http://pluto.jhuapl.edu/News-Center/PI-Perspectives/images/10-23-2014-NH-to-KBO-Track-for-PIP.jpg>