

Raumsonde New Horizons erkundet die Doppel-Zwergplaneten Pluto u. Charon u. ihre Monde.

von Hans-Georg Pellengahr

(*Sternfreunde Münster, Andromeda-Heft 2/2015, S. 7-14*)

Cape Canaveral, 19.01.2006: Start der NASA-Raumsonde „New Horizons“ zu dem einzigen bislang noch nicht aus der Nähe erkundeten **9. Planeten Pluto**. 9 ½ Jahre hat die Reise dorthin gedauert, 5 Mrd. km (*33-fache Entfernung Sonne-Erde (33 AE)*) mussten zurückgelegt werden.

Erst 1930 von dem Amerikaner Clyde William Tombaugh (1906-1997) entdeckt, wurde Pluto 76 Jahre später am 24.08.2006 von der Internationalen Astronomischen Union (IAU) **zum Zwergplaneten (134340) Pluto „degradiert“**. Nach dem Fund zahlreicher ähnlich großer Objekte im Kuipergürtel (*Eris, Sedna, Makemake, Haumea, Orcus, Quaoar ...*) wurde der Planetenbegriff neu gefasst und auf die Himmelskörper beschränkt, die

- sich auf einer **Umlaufbahn um die Sonne** bewegen,
- deren Masse ihnen eine näherungsweise **kugelähnliche Gestalt** verleiht und
- die ihre **Umlaufbahn** durch ihr Gravitationsfeld **von anderen Objekten frei geräumt** haben.

Pluto stand in den folgenden Jahren Pate bei den neu definierten Zwergplaneten-Klassen der „**Plutoiden**“ und „**Plutinos**“. Als „Plutoiden“ werden zur Unterscheidung von den Zwergplaneten im Asteroidengürtel die Objekte bezeichnet, deren große Bahn-Halbachsen die des Neptun übertreffen. Als „Plutinos“ werden all jene Kuipergürtel-Objekte (*englisch Kuiper-Belt-Objects (KBO)*) eingestuft, deren Bahnelemente mit denen von Pluto vergleichbar sind u. deren Umlaufbahnen durch eine 3:2-Resonanz zur Umlaufbahn des Planeten Neptun stabilisiert sind. Gegenwärtig wird die Anzahl der Plutinos mit einem Durchmesser von über 100 km in einer Sonnenentfernung von ungefähr 30 bis 50 AE auf mehr als 70.000 Objekte geschätzt.

Bei der Entstehung des Sonnensystems wanderte der Planet Neptun nach außen und kollidierte mit den ursprünglichen Objekten des Kuipergürtels, die dabei in das innere wie das äußere Sonnensystem geschleudert wurden. Durch Simulationsrechnungen konnte nachgewiesen werden, dass er dabei die auf seinem Weg bereits vorhandenen Objekte in einer 3:2-Resonanz wie ein Schneepflug vor sich „hergeschoben“ hat.



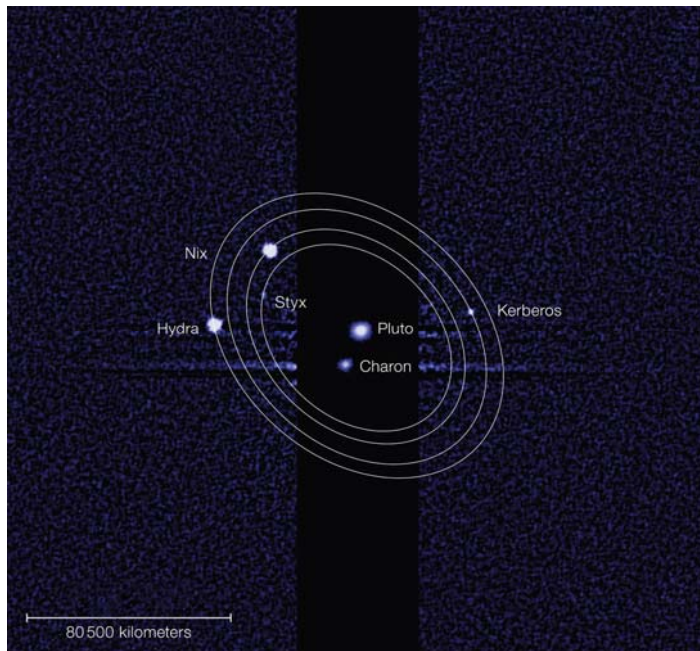
Trans-Neptunische Objekte
Wikipedia Commons

Die Erkundung Plutos steht also stellvertretend für eben diese **KBO's, eine riesige dritte Gruppe von Himmelskörpern unseres Sonnensystems**. Pluto ist der zweite Zwergplanet, der in diesem Jahr irdischen Besuch erhält. Denn seit März befindet sich bereits die US-Raumsonde Dawn in einem Orbit um Ceres, den mit 975 km Äquator-Durchmesser größten Zwergplaneten im Asteroidengürtel zwischen Mars u. Jupiter.

Für das Einschwenken in einen Pluto-Orbit reicht die Antriebstechnik von New Horizons allerdings nicht aus. Hier mussten sich die Wissenschaftler mit einem raschen Vorbeiflug begnügen. 1978 entdeckte man, dass Pluto (*dessen Durchmesser damals mit 2.350 km angenommen wurde*) einen Begleiter hat, den mit 1.200 km etwa halb so großen Mond **Charon**. Beide kreisen im

Abstand von ca. 20.000 km in 6,4 Tagen um einen gemeinsamen Schwerpunkt 1.200 km über der Plutooberfläche. **Pluto u. Charon bilden ein im Sonnensystem einzigartiges Doppelsystem** mit einem Masseverhältnis von 1:8 (*Erde : Mond = 1 : 81*). Aufgrund ihrer gebundenen Rotation wenden sich die beiden Objekte immer die gleiche Seite zu.

Im Vorfeld der Pluto-Mission wurden u. a. mit dem Weltraumteleskop Hubble mehrere Beobachtungskampagnen durchgeführt. Hubble spürte dabei **vier weitere Plutomonde** auf, **Nix u. Hydra (2005)** sowie **Kerberos u. Styx (2011/12)**.



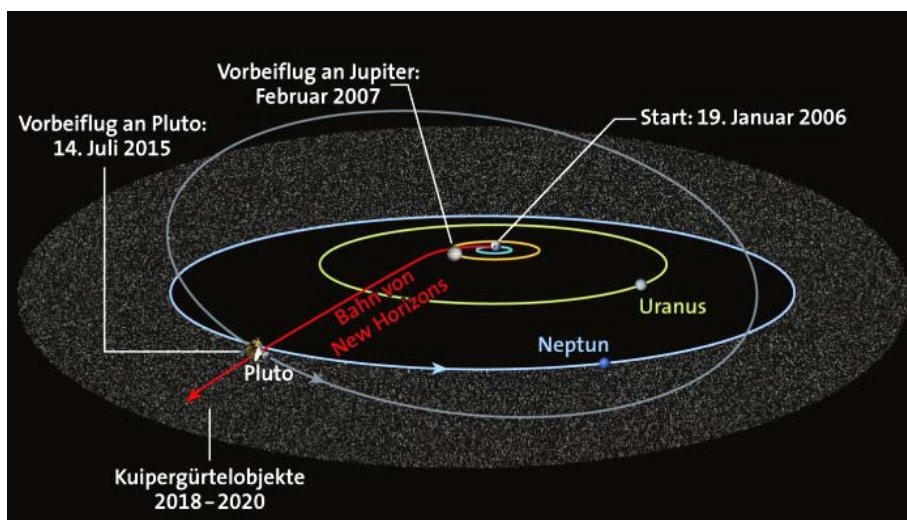
Pluto u. seine Monde

Foto: Hubble-Weltraumteleskop Wide Field Camera WFC 3 / NASA

Die Sonde New Horizons (*in Form, Größe u. Gewicht einem 2,70 m Konzertflügel mit einer aufgesetzten 2,10 durchmessenden Suppenschüssel (= Antenne) vergleichbar*) wurde mit einer Atlas-V(551)-Rakete, der damals stärksten verfügbaren Trägerrakete der Welt, mit einer zusätzlichen Star-48B-Stufe ins All befördert. Sie verließ die Erde mit der höchsten bislang erreichten Geschwindigkeit von 16,21 km/s (*58.400 km/h*). Nach dem 02.02.2006 wäre eine noch deutlich höhere Startgeschwindigkeit erforderlich gewesen, weil dann die Möglichkeit eines Geschwindigkeitser-

höhenden Jupiter-Swingby-Manövers nicht mehr bestanden hätte.

Bereits 13 Monate nach dem Start passierte New Horizons im Februar 2007 Jupiter, testete die Instrumente (*700 Beobachtungen und Messungen des Gasplaneten, seiner Magnetosphäre und der Galileischen Monde bis Juni 2007*) u. nutzte im Übrigen das Schwerefeld des Gasplaneten



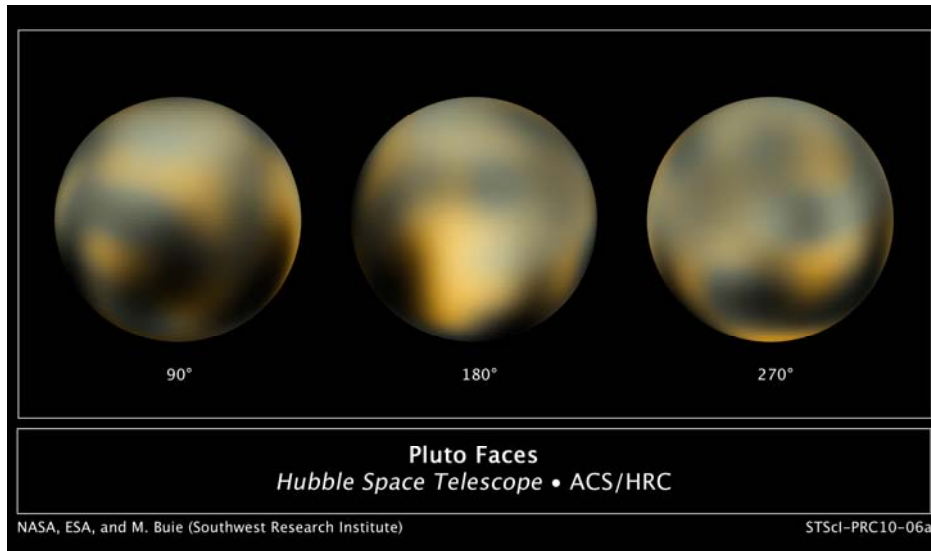
dazu, die Flugzeit zum Pluto um drei Jahre zu verkürzen. Die Weiterreise nach Abschluss der Jupiterbeobachtungen verbrachte die Sonde überwiegend in Hibernation, aus der heraus sie jeweils nur vorübergehend zu Testzwecken aktiviert wurde.

New Horizons Flugbahn
NASA / SuW-Grafik

Im Januar 2015 - die Sonde war nunmehr nur noch 226 Mio. km von Pluto entfernt - begann sie mit ersten Beobachtungen. Die Bilder aus dieser frühen Annäherungsphase waren aber noch deutlich schlechter als die Hubble-Aufnahmen. Am 15.04.2015 erreichten sie eine räumliche Auflösung von 540 km/Pixel (*Pluto Ø 4 - 5 Pix*). Sie dienten vornehmlich dazu, die Positionen und Bahnbewegungen der Objekte des Pluto-Systems mit höchster Genauigkeit zu erfassen und die Bahn der Sonde für den Vorbeiflug „feinzutunen“. Dabei wurde auch nach evtl. weiteren

noch unbekanntem Pluto-Begleitern sowie einem möglicherweise vorhandenen Staubring gefahrdet, der die Sonde während des Vorbeifluges hätte gefährden können.

Erst ab Mitte Juni 2015 übertrafen die New Horizons-Fotos die Hubble-Bilder. Am 23.06. war die Sonde bei einer täglichen Annäherung um 1,2 Mio. km (*etwa dreifache Entfernung Erde - Mond*) noch 26 Mio. km von Pluto entfernt. Erstmals wurden nun Pluto und seine Monde spektroskopisch untersucht. Auch wurden erste Farbbilder aufgenommen.



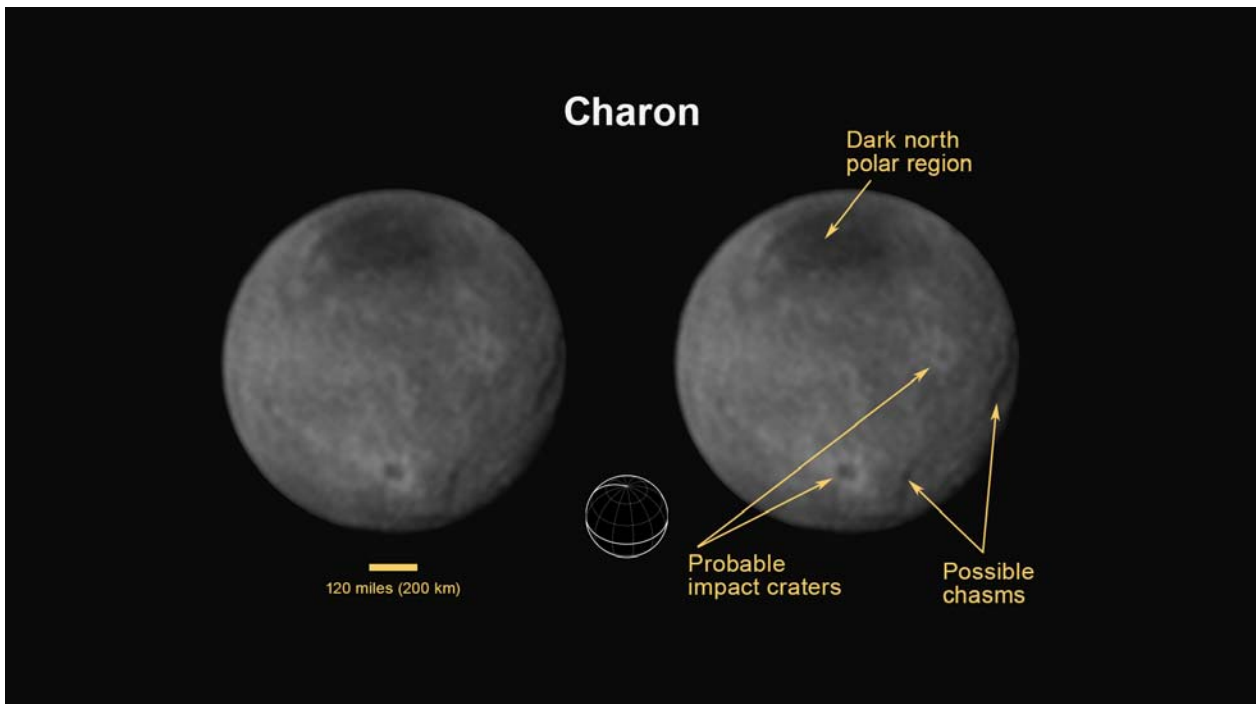
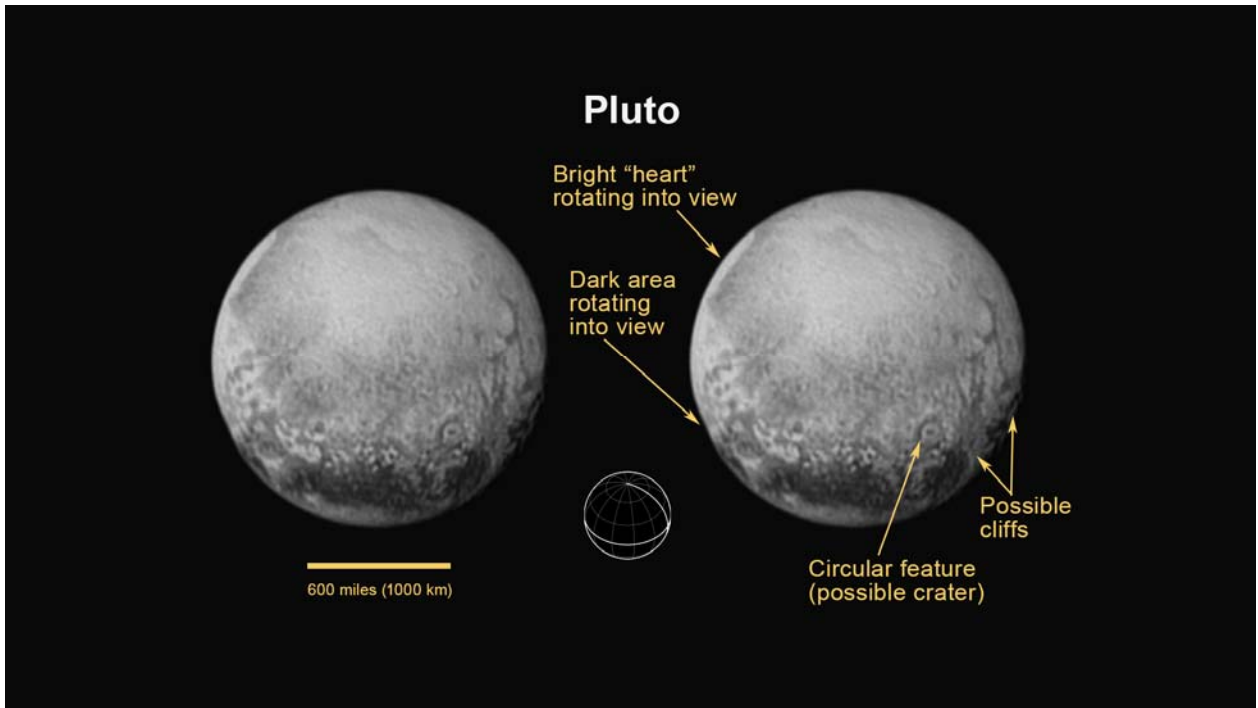
die bis vor kurzem besten Pluto-Fotos (Hubble-April 2010)

Bis zum 24. 06. überblickte die Sondenkamera noch das gesamte Plutosystem in einer einzigen Aufnahme, die Auflösung erreichte zu diesem Zeitpunkt ca. 120 km /Pix (*Pluto 20 Pix / Charon 10 Pix*).



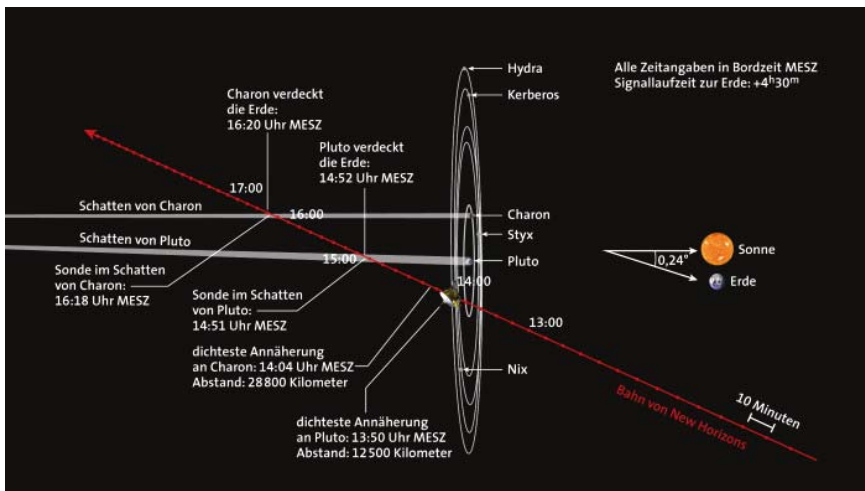
Charon u. Pluto (11.07.2015 aus 4 Mio. km Entfernung) Komposit-Bild: New Horizons /NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

Am 12.07.2015 schließlich hatte sich New Horizons Pluto bis auf 1,2 Mio. km angenähert. Die „**near encounter phase**“ (*48-stündiger Zeitraum der größten Annäherung am 13. u. 14.07.2015*) begann. Zur Sicherheit wurden kurz zuvor noch alle bereits aufgenommenen Bilder u. Messdaten zur Erde gefunkt, damit den Wissenschaftlern bei Zerstörung der Sonde während des Vorbeiflugs zumindest einige hoch aufgelöste Bilder zur Verfügung stünden.



Pluto u. Charon am 11.07.2015 aus einer Entfernung von 2,4 Mio. km

Fotos: New Horizons / NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute



NASA / JHUAPL / SWRI / SuW-Grafik

Infolge der großen Neigung des Pluto-Systems gegen seine Bahnebene „durchschoss“ die Sonde die Umgebung des Zwergplaneten wie eine Kanonenkugel (50.000 km/h relativ zu Pluto) die Zielscheibe. **Am 14. 07.2015** um 13:50 Uhr

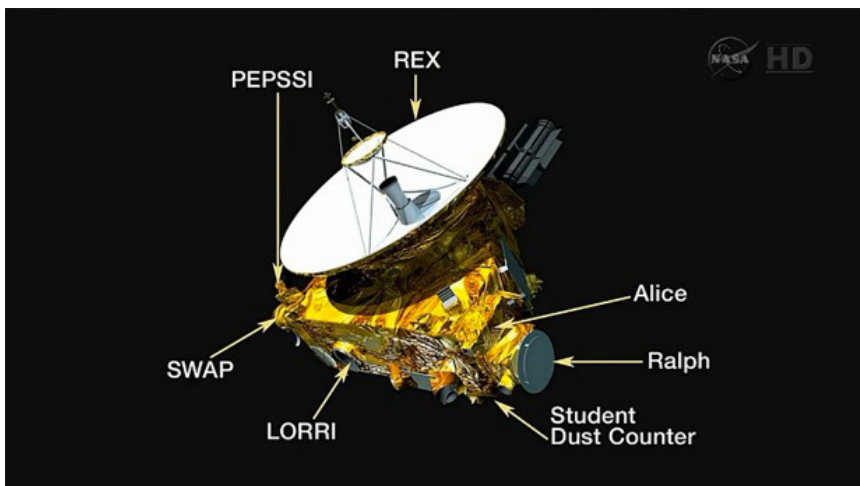
MESZ erreichte sie mit **12.430 km** den **geringsten Abstand zu Pluto**, **14 Min. später näherte sie sich Charon bis auf 28.800 km**. Kurz danach wurde New Horizons von der Erde aus gesehen von beiden Himmelskörpern für wenige Minuten bedeckt. Mittels zur Erde gesandter Funkwellen wurden dabei die Atmosphären von Pluto und - falls vorhanden - von Charon untersucht.



14.07.2015: Pluto verdeckt die Sonne u. zeigt seine Atmosphäre; Foto: New Horizons / NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

Um 14:51 Uhr MESZ durchflog die Sonde den Schatten von Pluto, um 16:18 Uhr jenen von Charon u. erlebte dabei zwei Sonnenfinsternisse. In dieser Gegenlichtsituation gelangen Fotografien der sich in zwei unter-

schiedlichen Schichten bis in eine Höhe von 130 km erstreckenden Pluto-Atmosphäre. Deren Druck beträgt infolge der enorm niedrigen Temperaturen auf Pluto nur 5 Millionstel des atmosphärischen Drucks auf der Erde. Die UV-Strahlung der Sonne spaltet das vorhandene Methan, dadurch bilden sich komplexere Kohlenwasserstoffe wie Ethylen u. Acetylen bis hin zu Tholinen, die sich auf der Plutooberfläche ablagern u. die rote Färbung verursachen.



NASA-Grafik

New Horizons hat **sieben wissenschaftliche Instrumente** mit einem Gesamtgewicht von **31 kg** an Bord. Sie benötigen insgesamt 30 Watt an elektrischer Leistung. Diese liefert ein thermoelektrischer Radioisotopengenerator (*RTG*), der die beim Zerfall des radioaktiven Isotops Plutonium 238

(11 kg davon befinden sich an Bord) frei werdende Zerfallswärme über Thermoelemente in elektrischen Strom umwandelt. Derzeit sind noch 200 Watt Leistung verfügbar.

Alice: **abbildendes Ultraviolett-spektrometer** zur Untersuchung der dünnen Plutoatmosphäre

Ralph: Kombination aus einer **Farbkamera** u. abbildendem **Spektrometer**, beide nutzen ein 7,5-Zentimeter-Teleskop zur spektral hochauflösenden **Erkundung der Oberflächen von Pluto u. seinen Monden**. Alice u. Ralph erhielten ihre Namen von den beiden Hauptfiguren einer US-Fernsehserie der 1950er Jahre.

LORRI: Long Range Reconnaissance Imager (**Kamera mit einem 20,8 cm-Spiegelteleskop u. einem Arbeitsbereich vom nahen Ultraviolett bis ins nahe Infrarot**). LORRI liefert die schärfsten Bilder von Pluto, Charon und den vier kleinen Monden.

PEPSSI: Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation zur Untersuchung des Umfeldes von Pluto u. Charon im Hinblick auf die **Zusammensetzung von Atmosphäre u. Ionosphäre** (*Massenspektrometer: Messung der Konzentration von Elektronen, Protonen u. Ionen (geladenen Atomen u. Molekülen)*).

SWAP: Solar Wind around Pluto zur Untersuchung der **Wechselwirkungen des Sonnenwinds mit Plutos Atmosphäre u. Ionosphäre u. Magnetfeld**.

SDC: Student Dust Counter zur Messung von Anzahl u. Größe der **Staubpartikel im Pluto-Umfeld** (*konstruiert u. betrieben von Studenten amerikanischer Hochschulen*).

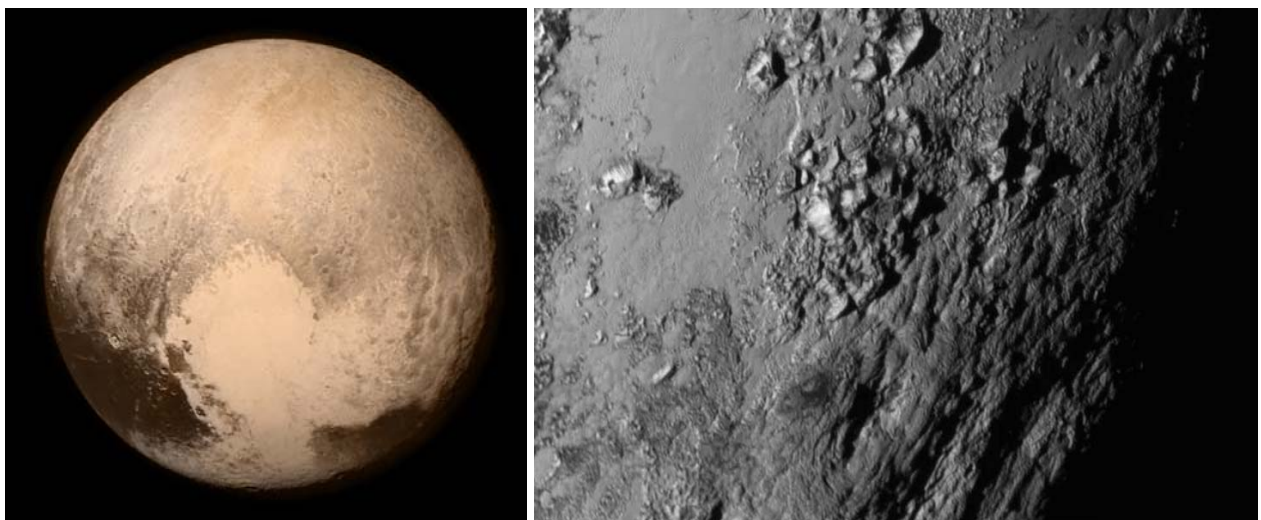
REX: Radio Experiment; während der Pluto- u. Charon-Passagen wurde von der Erde aus ein starker Radiosender mit einer reinen Trägerwelle auf die Sonde gerichtet. Auf Grund der Bewegung der Sonde in den Schwerfeldern der Zielkörper kam es zu charakteristischen Frequenzverschiebungen (*Dopplereffekt!*), die REX registriert hat. Aus den Daten lassen sich die **Massen von Pluto und Charon** mit hoher Genauigkeit **ermitteln**. Während die Erde von New Horizons aus gesehen von Pluto und später von Charon bedeckt wurde, führte man darüber hinaus **Okkultationsmessungen** durch und erhielt dadurch die bereits oben kurz angesprochenen Aufschlüsse über die Zusammensetzung, Dichte und Struktur von Plutos Atmosphäre.

Nur in einem Zeitraum von 2 Std. um die größte Annäherung füllte Pluto das Gesichtsfeld der Kamera LORRI vollständig aus. Wegen der langsamen Rotation des Systems (*6,4 Tage*) konnten die Aufnahmen jeweils nur eine Hemisphäre von Pluto und Charon erfassen. Die besten Übersichtsbilder erreichten dabei Auflösungen von rund 400 m/Pix. Detailaufnahmen von kleinen Ausschnitten der Plutooberfläche stellen Objekte bis 35 m/Pix dar. Die jeweils anderen Hemisphären wurden rund drei Tage vor dem Vorbeiflug mit einer Auflösung von rund 38 km/Pix fotografiert.

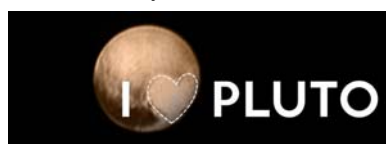
Die besten Aufnahmen der vier Kleinmonde erreichten Auflösungen von einigen km/Pix. Dem Mond Nix (*42 x 36 km*) näherte sich New Horizons bis auf etwa 21.000 km, den Mond Hydra (*55 x 33 km*) passierte die Sonde in einer Entfernung von 75.000 km.

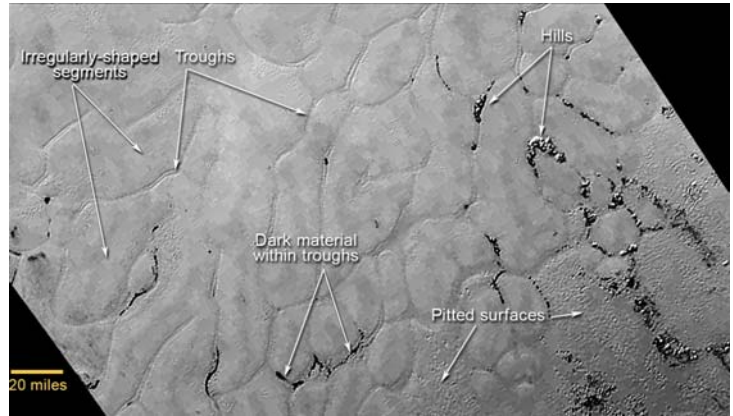
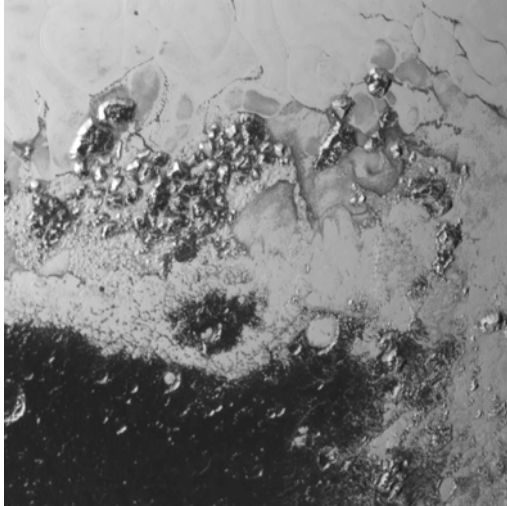
Der allergrößte Teil der während der **near encounter phase** gewonnenen **Messdaten und Bilder wird in zwei Massenspeichern mit je acht Gigabyte Kapazität** an Bord der Sonde gespeichert und erst nach und nach in den Wochen und Monaten nach dem Vorbeiflug zur Erde gefunkt. Dies geschieht mit einer maximalen Datenübertragungsrate von 1024 Bit/s (*128 Byte/s*), einer Geschwindigkeit, die an die Frühzeit der Computerkommunikation mittels Telefonmodem erinnert. Die Übertragung der vollständigen Daten wird bis zum Jahresende 2016 dauern. Die ersten unmittelbar nach der Passage zur Erde übermittelten Daten wurden 7-fach komprimiert u. können nur erste Eindrücke vermitteln. Sie benötigten 4 ½ Std. bis zur Erde u. wurden dort von den **70-m-Antennen des Deep Space Network der NASA** empfangen.

Nachfolgend einige - allerdings noch stark komprimierte erste Bilder:



Plutos „Herz“ (aus 768 tkm Entfernung u. Details daraus aus 77 tkm Entfernung): die Norgay Montes in der Tombaugh Regio (3,5 km hohe Eisberge, Furchen, vereiste Ebene); beide Fotos: 14.07.2015 New Horizons/NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute



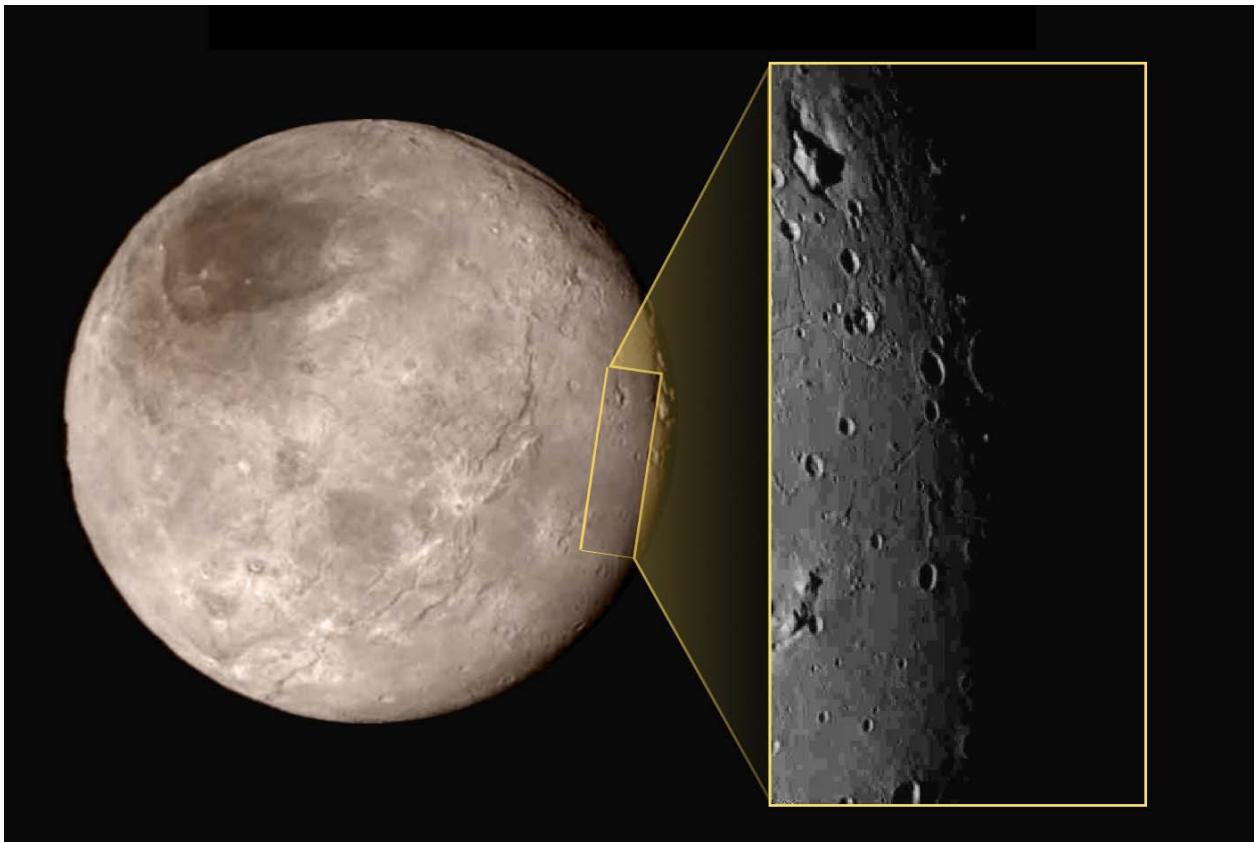


Tombaugh-Regio (Übergang von den Bergen zu den Eisebenen (li.) zum Sputnik Planum (re.))



Nix (aus 165 tkm Entfernung)
Hydra (aus 231 tkm Entfernung)

Nachfolgend: Charon (13./14.07.2015) überraschend junge Oberfläche aus felshart gefrorenem Wassereis, diagonal eine 1.000 km lange Schneise mit Klippen u. Tälern ähnlich dem Mariner Valley auf Mars, oben rechts nahe dem Rand eine 7-9 km tiefe Schlucht, auf dem aus 79.000 km Entfernung aufgenommenen Detailfoto oben links ein offensichtlich unter dem Druck des großen Brockens eingebrochene Oberfläche



alle Fotos: New Horizons/NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

Plutos Größe wurde durch New Horizons um 20 km nach oben korrigiert. Mit einem Durchmesser von 2.370 km ist er etwas größer als Eris u. somit das größte derzeit bekannte Objekt im Kuipergürtel.

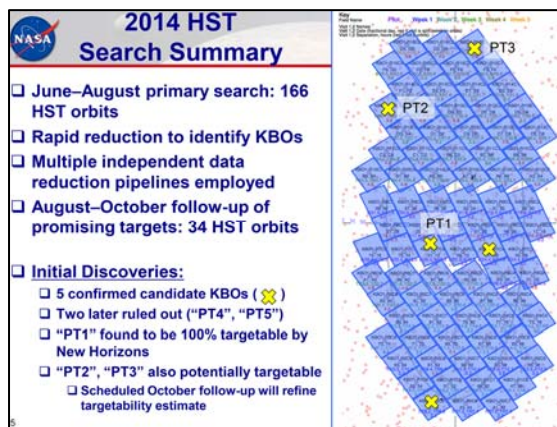


Charon, Pluto, Mond u. Erde im Größenvergleich (Wikipedia Commons)

Am 15.07. hatte sich New Horizons schon wieder 1,2 Mio. km von Pluto entfernt. Am 04.08. waren es bereits 24 Mio. km. In dieser Zeitspanne hat die Sonde für die Dauer einer gesamten Rotationsperiode auf das Pluto-System zurück geblickt u. mit den Instrumenten SWAP u. PEPSSI den Schweif eines möglichen Magnetfeldes von Pluto untersucht. REX hat die Temperaturen auf der Nachtseite von Pluto und Charon bestimmt. Zudem wurde im Gegenlicht nochmals nach Ringen um Pluto Ausschau gehalten. Durch das an den Ringpartikeln reflektierte Licht müssten ggf. vorhandene Ringe dann besonders hell erschienen sein. Bis zum Redaktionsschluss lag noch kein belastbares Ergebnis hierzu vor.

Bis zum 22.10.2015 wird die Entfernung der Sonde zum Pluto auf 119 Mio. km angewachsen sein. Sie wird hauptsächlich damit beschäftigt sein, die an Bord gespeicherten Messdaten der Pluto-Passage nach und nach zur Erde zu übertragen. Weitere Beobachtungen des Zwergplaneten sind aus dieser Entfernung nicht mehr geplant. Die Sonde wird auf die Annäherung an einen weiteren kleinen Himmelskörper im Kuipergürtel vorbereitet.

Mit dem Hubble-Weltraumteleskop wurde das Raumvolumen, welches sich mit New Horizons nach dem Pluto-Vorbeiflug erreichen lässt, nach einem oder mehreren Zielobjekten durchmustert. Dabei wurden drei kleine Kuiper-Belt-Objects (*KBO's*) ausgemacht. Sie erhielten die Bezeichnungen PT 1 bis PT 3 (*PT = potential target = mögliches Ziel*), haben Durchmesser zwischen 30 und 55 km u. umrunden die Sonne in einem mittleren Abstand von 44 AE.



Für die Ansteuerung von PT 2 hat New Horizons nicht mehr genügend Treibstoff, dieses Objekt schied daher aus. Die Entscheidung für PT 1 oder PT 3 war bis Redaktionsschluss noch nicht gefallen. Soll PT 1 angefliegen werden, so würde New Horizons am 01.12.2015 ein Schubmanöver durchführen und seine Geschwindigkeit um rund 60 m/s erhöhen. Sie würde PT 1 dann am 02.01.2019 in einem Abstand von wenigen tausend Kilometern passieren. Bei einer Entscheidung für PT 3 müsste bereits am 01.10.2015 ein Schubmanöver durchgeführt werden, welches die Sonde um 115 m/s beschleunigt.

Der Vorbeiflug am Zielobjekt würde dann am 15.03.2019 erfolgen.

Während des Weiterflugs wird New Horizons wieder in Hibernation versetzt. Auf die wissenschaftlichen Detail-Ergebnisse der Mission müssen wir noch eine Weile warten. Die Andromeda wird zu gegebener Zeit darüber berichten.

Sondervorträge zum Pluto-Charon-Vorbeiflug im LWL-Planetarium

Während der Pluto-Passage der NASA-Sonde New Horizons am 14.07.2015 fand im Planetarium Münster ein sehr informativer Sondervortrag statt, in dem dessen Leiter Dr. Björn Voss mit den Mitteln der Planetariumstechnik nicht nur die Flugbahn, die Instrumente der Sonde und die Missionsziele erklärte, sondern den zahlreich erschienenen Interessenten auch die „Degradierung“ Plutos zum Zwergplaneten erläuterte. Die Erforschung des in unserem Sonnensystem wohl einzigartigen Doppelsystems Pluto-Charon stehe zugleich stellvertretend für die vielen anderen Kuipergürtel-Objekte, von denen New Horizons voraussichtlich noch ein weiteres erkunden werde.

Am 16.07.2015 gab es dann noch eine zweite Planetariums-Veranstaltung, die aufgrund des großen Besucherandrangs erst mit 20-minütiger Verspätung beginnen konnte. Dr. Björn Voss u. der Münsteraner Planetologe Prof. Dr. Harald Hiesinger erläuterten die ersten inzwischen zur Erde übermittelten Bilder New Horizons aus dem Pluto-System. Zwei tolle Vortragsabende aus aktuellem Anlass. Den Referenten sei auch an dieser Stelle für ihre Initiative u. ihr Engagement herzlich gedankt. Das war spannende Astronomie live.

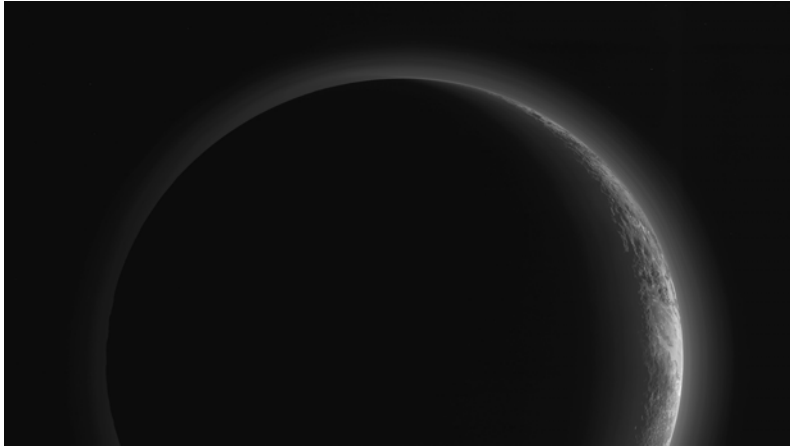
New Horizons: Neues von Pluto, Charon u. den 4 Kleinmonden

von Hans-Georg Pellengahr

(Sternfreunde Münster, Andromeda-Heft 3/2015, S. 14-18)

Während der „**near encounter phase**“ (48-stündiger Zeitraum der größten Annäherung an Pluto u. Charon am 13. u. 14.07.2015) „durchschoss“ die Raumsonde New Horizons mit einer Relativgeschwindigkeit von 50.000 km/h (= 8-fache Geschwindigkeit des mit 6.300 km/h neuesten Leo-2 -Panzergeschosses) die Umgebung der Doppel-Zwergplaneten. **Am 14. 07.2015** um 13:49 Uhr MESZ erreichte sie mit **12.430 km** den **geringsten Abstand zu Pluto**, 14 Min. später näherte sie sich **Charon bis auf 28.800 km**. Während der Pluto- u. Charon-Passagen wurde von der Erde aus ein starker Radiosender mit einer reinen Trägerwelle auf die Sonde gerichtet. Aufgrund der Bewegung der Sonde in den Schwerfeldern der Zielkörper kam es zu charakteristischen Frequenzverschiebungen (*Dopplereffekt*), aus denen sich deren Massen mit hoher Genauigkeit ermitteln ließen. Während die Sonne von New Horizons aus gesehen von Pluto u. später von Charon für wenige Minuten bedeckt wurde, führte man darüber hinaus Okkultationsmessungen durch, um Aufschluss über Zusammensetzung, Dichte u. Struktur von Plutos Atmosphäre zu erlangen.

Inzwischen wissen wir, dass Plutos Masse etwa 18 % der Masse des Erdmondes ausmacht. Charons Masse beläuft sich auf 11,6 % derjenigen Plutos.



14.07.2015: Die von Pluto verdeckte Sonne „durchleuchtet“ dessen Atmosphäre.

New Horizons erlebte beim Durchfliegen der Schatten von Pluto und Charon zwei Sonnenfinsternisse. In dieser Gegenlichtsituation gelangen Fotografien der Pluto-Atmosphäre mit Nebelschichten in Höhe von 50, 80 und sogar noch 130 km.

Alan Stern, Principal Investigator der Mission, und sein Team vom Southwest Research Institute in Boulder, California, zeichnen in einer ersten wissenschaftlichen Veröffentlichung (s. *Spektrum Newsletter vom 16.10.2015*) ein einzigartiges Bild von Pluto: eine unglaubliche Mischung von Gesteinen u. Strukturen, die durch unterschiedlichste geologische Prozesse entstanden sind und sich im Lauf der Jahreszeiten verändern. Im Innern Plutos vermuten sie radioaktive Zerfallsprozesse, die tektonische Aktivitäten auslösen u. deren Hitze flüchtige Bestandteile verdampfen lässt. Diese gasen an der Oberfläche aus und bilden einen Teil der dünnen Atmosphäre.

Die UV-Strahlung der Sonne sowie schnelle in die Plutoatmosphäre eindringende kosmische Teilchen brechen die Methan- u. Stickstoffmoleküle auf und wandeln sie um in komplexere kohlenwasserstoffhaltige Moleküle wie Ethylen, Acetylen u. Tholine (*organ. Moleküle, die als Vorläufer für die Bausteine des Lebens gelten*). In kälteren Atmosphäreschichten gefrieren diese Moleküle zu Eisteilchen und bilden Dunstschleier. Wenn sich Pluto auf seinem 248 Jahre dauernden Umlauf der Sonne annähert, findet ein gewisser Auftauprozess statt, bei dem sich weitere Gase bilden. In Sonnenferne gefrieren die Gase wieder und „schneien“ zurück auf den Zwergplaneten.

Plutos Atmosphäre leuchtet bläulich, weil die Dunstpartikel - *wie in der Erdatmosphäre* - das Sonnenlicht streuen. Infolge der enorm niedrigen Temperaturen beträgt Plutos Atmosphärendruck nur 5 Millionstel des Drucks auf der Erde.

Die während des nahen Vorbeiflugs gewonnenen Messdaten und Bilder wurden in zwei Massenspeichern mit je 8 GB Kapazität an Bord der Raumsonde abgelegt. Die ersten unmittelbar nach der Passage zur Erde übermittelten Bilder waren 7-fach komprimiert u. konnten daher nur erste Eindrücke vermitteln. Im Andromeda-Heft 2/2015 wurden einige dieser Aufnahmen vorgestellt.

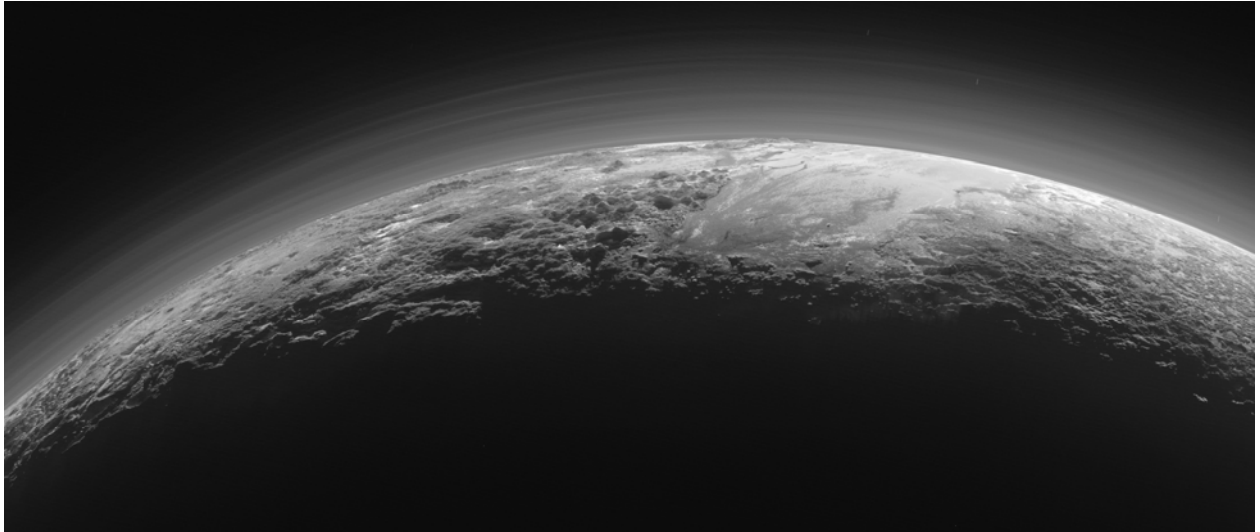
Seit Anfang September 2015 übermittelt New Horizons nun alle während des Vorbeiflugs gewonnenen Bilder u. Daten in unkomprimierter Form. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit, die an die Frühzeit der Computerkommunikation mittels Telefonmodem erinnert (*maximal 1024 Bit/s = 128 Byte/s*). Die vollständige Übermittlung aller Daten wird daher voraussichtlich bis zum Jahresende 2016 dauern. Derzeit sind die Daten 4,8 Std. bis zur Erde unterwegs, wo sie von den 70-m-Antennen des Deep Space Network der NASA empfangen werden.

Fast täglich werden auf der Missions-Homepage der NASA neue Aufnahmen u. inzwischen auch erste daraus abgeleitete Forschungsergebnisse veröffentlicht.

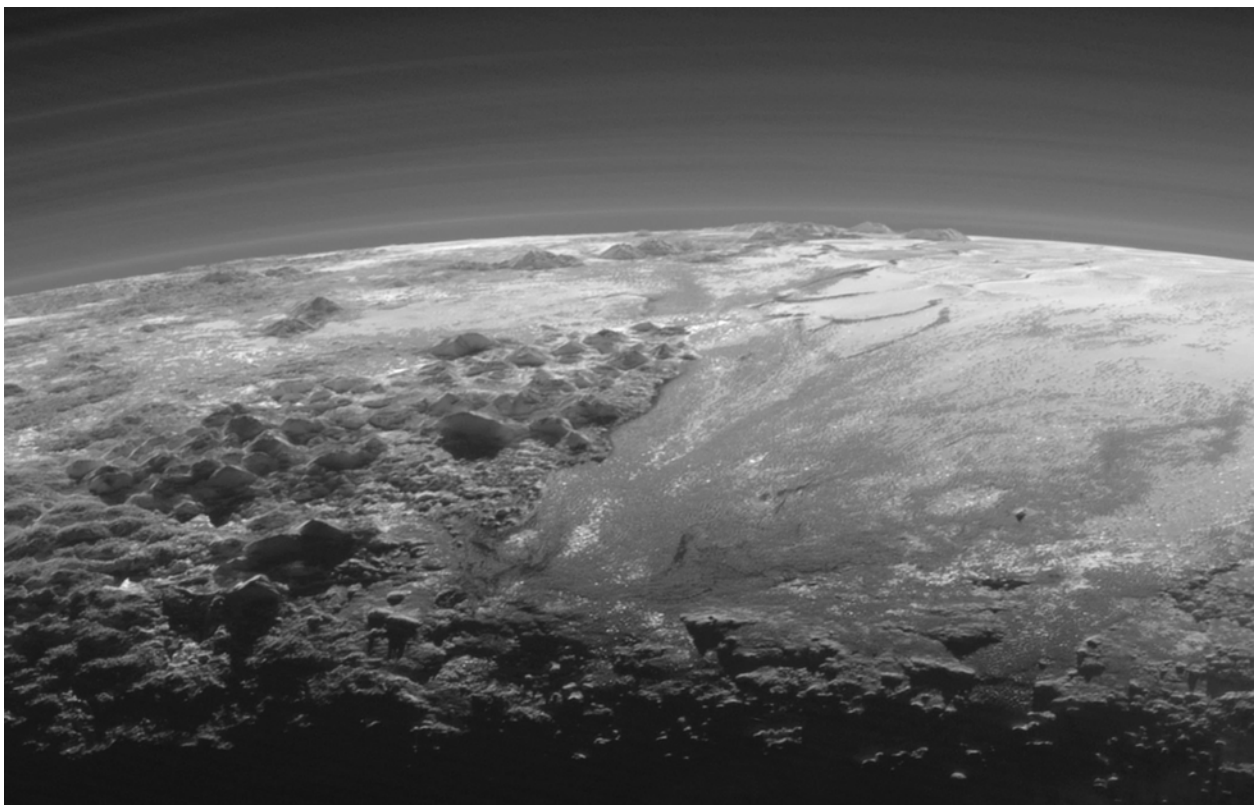
<http://pluto.jhuapl.edu/Multimedia/Science-Photos/index.php>

Die nachfolgenden Bilder mögen davon erste Eindrücke vermitteln. Die Pluto-Sichel nahm die Raumsonde ca. ¼ Std. nach ihrer dichtesten Annäherung aus einer Entfernung von 18.000 km auf. Im Licht der tief stehenden Sonne tritt das Relief der Oberfläche des Zwergplaneten beson-

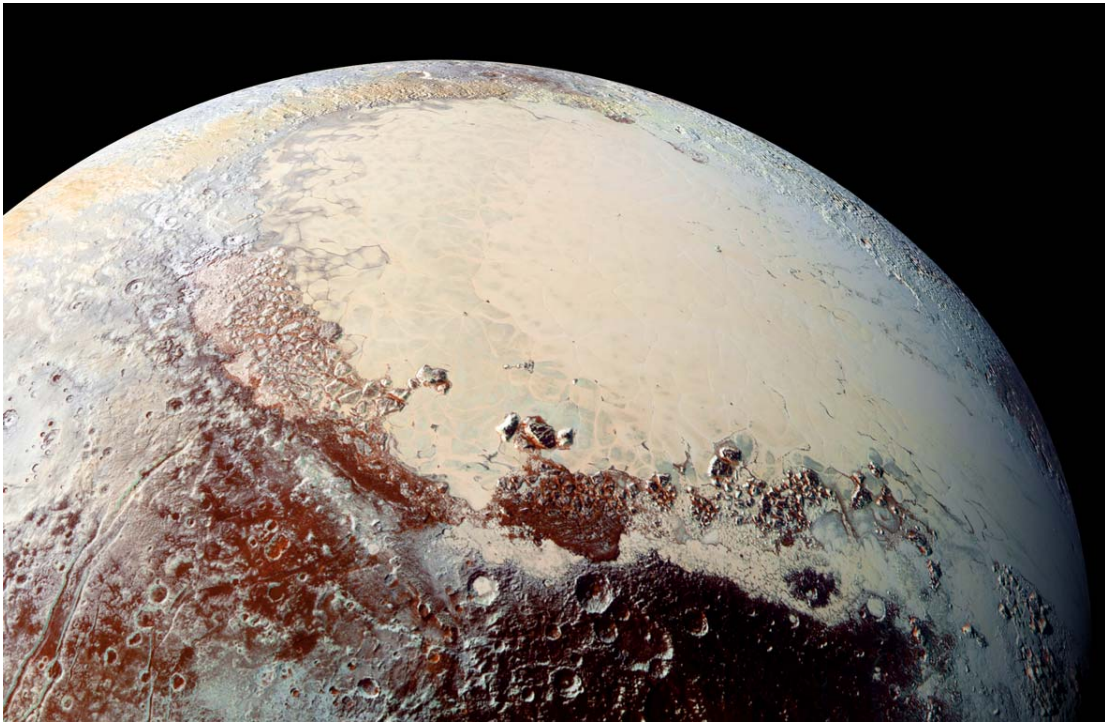
ders deutlich hervor, ebenso die auf ein dynamisches Wettergeschehen hin deutenden Dunstschichten in der Plutoatmosphäre.



Deutlich zeigt sich der Unterschied zwischen den zerklüfteten, bis 3.500 m hohen (Eis-) Bergen und der als **Sputnik Planum** bezeichneten Ebene. Dort gibt es offensichtlich Gletscher aus gefrorenem Stickstoff, die wie irdische Eiszungen langsam strömen. Diese sehr flache u. völlig kraterlose Region dürfte geologisch relativ jung sein.

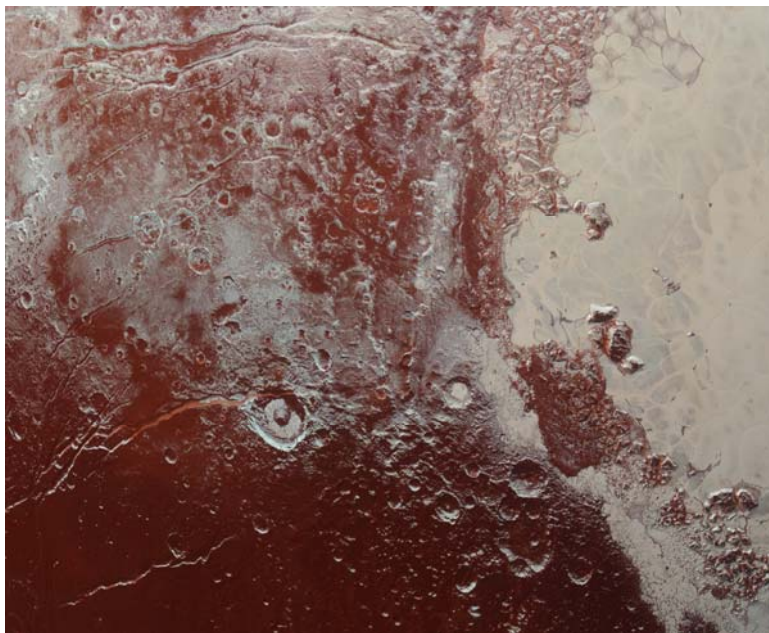


In der Vergrößerung lassen sich die Fließtexturen deutlich erkennen: Das Material hat sich ganz offensichtlich über lange Zeiträume hinweg plastisch deformiert. verformt sich möglicherweise sogar noch heute. Spektroskopische Daten zeigen, dass die Ebene vorwiegend aus gefrorenem Stickstoff mit Beimengungen von Kohlenmonoxid und Methan besteht. Dieses Eisgemisch bleibt bei der auf Pluto herrschenden Temperatur von -230°C plastisch, kann also gletscherähnlich fließen u. Einschlagkrater tatsächlich rasch überdecken. Links der Bildmitte erheben sich aus der Ebene die **Norgay Montes**, am Horizont ragen die **Hillary Montes** auf.



Die vorstehende ebenfalls aus 18.000 km Entfernung ($1,3 \text{ km/Pix}$) gewonnene Aufnahme gewährt einen Überblick über die gesamte schon auf den ersten Pluto-Bildern aufgefallene herzförmige **Tombaugh Regio mit der Ebene Sputnik Planum**. Sie simuliert den Überflug aus einer Höhe von 1.800 km und erstreckt sich über 1.800 km.

Unterhalb der hellen Sputnik-Ebene liegt die stark vernarbte von großen Einschlagkratern (*wohl überwiegend aus der Zeit des großen Bombardements u. daher 4 Mrd. Jahre alt*) übersäte **Cthulhu-Regio**. Der dunkelrote Überzug besteht vornehmlich aus herab „geschnitten“ Tholinen. Diese haben weiten Regionen des Zwergplaneten ihre gelbe bis rötliche Einfärbung verliehen.



Der dunkelrote Überzug besteht vornehmlich aus herab „geschnitten“ Tholinen. Diese haben weiten Regionen des Zwergplaneten ihre gelbe bis rötliche Einfärbung verliehen.

Etwas links davon, ebenfalls an Sputnik Planum angrenzend, finden sich neben Kratern zahlreiche Rillen bzw. Grabenbrüche. In diesen wurde teilweise Wassereis nachgewiesen.

Auf der nachfolgend verlinkten Stereoaufnahme dieser Region sind

steile bis zu 1.600 m tiefen Geländeeinbrüche zu erkennen.

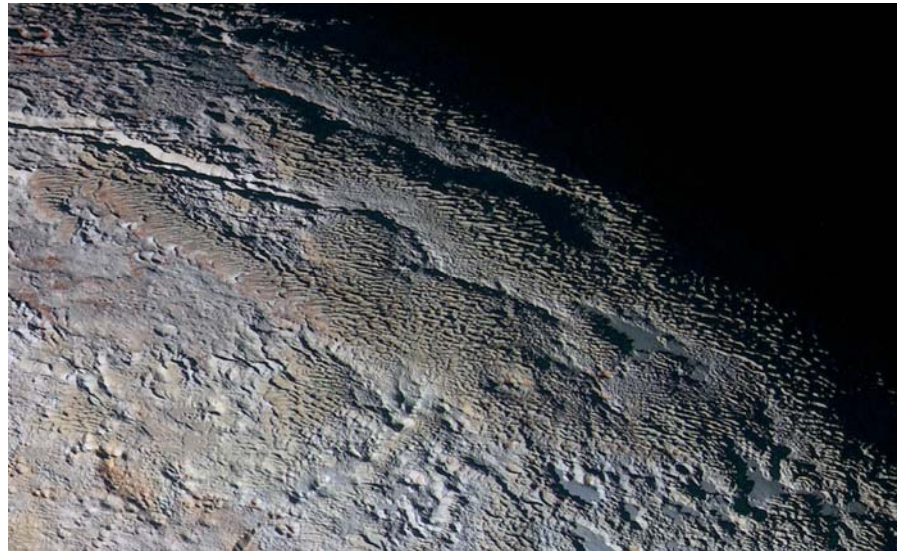
http://pluto.jhuapl.edu/Multimedia/Science-Photos/image.php?page=1&gallery_id=2&image_id=332

Auf der in hoher räumlicher Auflösung aufgenommenen Pluto-Hemisphäre haben die Wissenschaftler insgesamt 1.070 Krater in unterschiedlichsten Erhaltungszuständen gezählt. Manche zeigen gut erhaltene Formen und dürften demnach relativ jung sein, andere scheinen durch Einflüsse aus dem Inneren des Zwergplaneten ihre Form verändert zu haben. Auffällig ist, dass ungewöhnlich wenige kleinere Krater vorhanden sind. Dies könnte ein Hinweis auf die Zusammensetzung des Kuipergürtels sein und bedeuten, dass es dort weniger kleine Objekte gibt als bisher

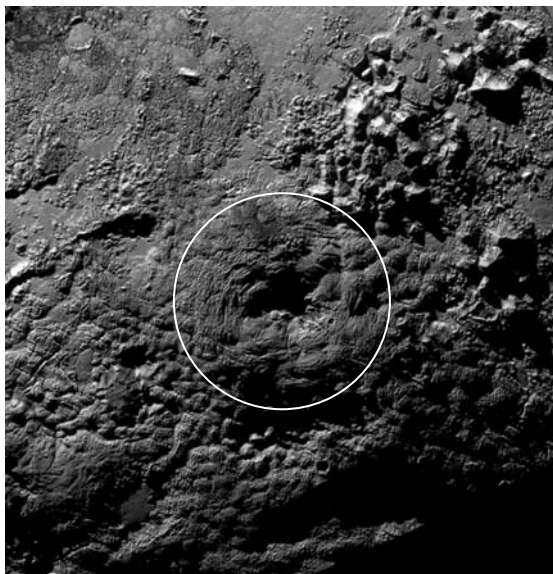
angenommen. Bislang ging man davon aus, dass die großen KBO's durch Kollisionen und Verschmelzungen von kleineren Objekten mit Durchmessern von 1 km oder weniger entstanden sind. Nun erscheinen auf Modelle wahrscheinlicher, bei denen sich Objekte von deutlich über zehn Kilometern unmittelbar in dieser Größe gebildet haben.

Tartarus Dorsa (Bildbreite 530 km / 1,3 km/Pix)

Die östlich der Tombaugh-Regio entdeckten „Schlangenhautähnlichen“ parallel verlaufenden lang gezogenen Gebirgrücken weisen bizarre Oberflächenstrukturen auf. Die klingenartigen Grate könnten im Lauf der Zeit durch wiederholtes Gefrieren, quasi durch eine Art Reifbildung entstanden sein.



Pluto u. Charon haben offensichtlich unerwartet komplexe Entwicklungen durchlaufen. Deren Enträtselung steht noch ganz am Anfang. Und beide weisen bis in ihre jüngere Vergangenheit - möglicherweise sogar noch heute - geologische Aktivitäten auf.



Wright Mountain - ein Kryovulkan?

Bei dem 3,2 km hohen Wright Mountain mit einer Grundfläche von 160 km und einem 56 km messenden Caldera-artigen Einbruch-loch - eine der neuesten Entdeckungen auf Pluto - könnte es sich evtl. um einen Eisevulkan handeln, der dereinst eine Mischung aus flüssigem Wasser und Eis mit Beimengungen von Stickstoff, Ammoniak und Methan gefördert hat. Da Ammoniak den Schmelzpunkt von Wassereis beträchtlich absenkt, muss man sich diese Mischung breiartig ähnlich sulzigem Schnee bei Tauwetter vorstellen. Die Interpretation als Kryovulkan ist aber nur eine erste noch nicht weiter abgesicherte Interpretation.

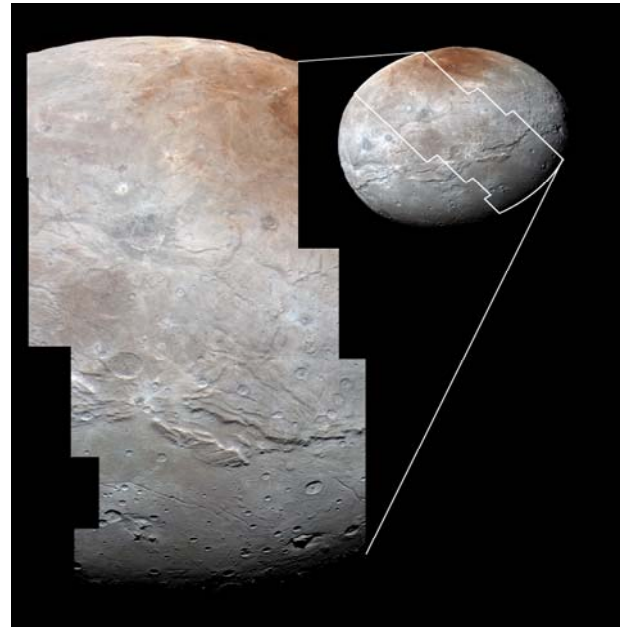
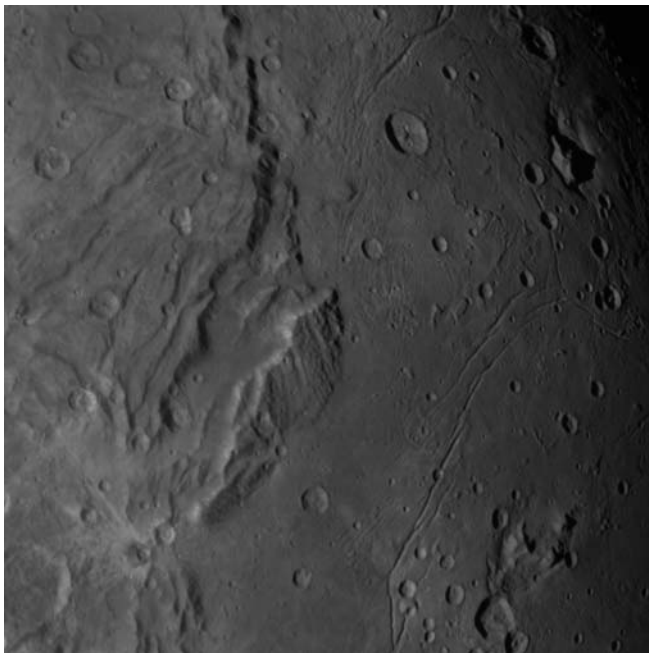


Nebenstehendes Bildkomposit von Pluto u. Charon gibt deren Größenverhältnis zueinander maßstabsgerecht wieder.

Bereits die erste Nahaufnahme von Charon, noch aus einer Entfernung von 466.000 km (*Auflösung 5 km/Pix*), zeigte eine überraschend junge und vielfältige Oberfläche: eine mehr als 1.000 km lange Schneise mit Klippen und Tälern etwas unterhalb der Bildmitte, eine den oberen rechten Rand durchschneidende 7-9 km tiefe Schlucht und eine rätselhafte dunkle Nordpolregion.



Erste Hypothesen vermuten hinter der dunkelroten Nordpolkappe entwichene und auf Charon ausgefrorene Partikel aus der Pluto-Atmosphäre. Die Schneise unterhalb des Äquators könnte das Ergebnis eines Krustenaufbruchs infolge Gefrierens eines darunter befindlichen Ozeans sein.



Ein riesiger tief in Charons Oberfläche eingesunkener Brocken belegt, dass die Kruste des Mondes recht elastisch war bzw. noch ist.



Mindestens 2 von Plutos Kleinmonden scheinen ähnlich wie der Komet Churyumov-Gerasimenko durch Kollision von zwei Körpern entstanden zu sein.

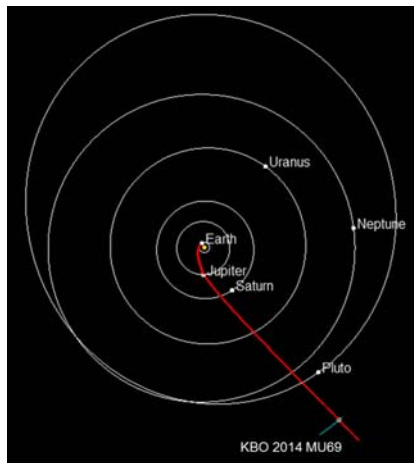
Die 4 Kleinmonde „eiern“ relativ irregulär auf ihren Bahnen. Ursache hierfür dürfte das inhomogene Schwerfeld der im Abstand von weniger als 20 tkm umeinander bzw. um einen gemein-

samen Schwerpunkt 1.200 km über der Plutooberfläche kreisenden Doppel-Zwergplaneten Pluto u. Charon sein.

New Horizons nächstes Ziel

Mit dem Hubble-Weltraumteleskop wurde in einem 300-stündigen Beobachtungsprogramm (*186 Erdorbits*) das Raumvolumen, welches sich mit New Horizons nach dem Pluto-Vorbeiflug erreichen lässt, nach möglichen Zielobjekten durchgemustert. Ende August 2015 fiel die Zielentscheidung für PT 1 (*eines von 3 potential targets / möglichen Zielen*). Die Bahn des KBO 2014 MU69, ist gegenüber der Ekliptik um $2,5^\circ$ geneigt und nur mäßig elliptisch. Ihr Perihel liegt bei 42,2 AE, das Aphel bei etwas über 46 AE, der mittlere Sonnenabstand des Objektes beträgt 44 AE (*6,58 Mrd. km*) und liegt etwa 1,6 Mrd. km jenseits der Plutobahn. Für einen Sonnenumlauf benötigt 2014 MU69 etwa 300 Jahre.

Noch ist die Fortsetzung der Mission über 2016 (*Beendigung der Datenübermittlung aus dem Plutosystem*) hinaus nicht von der NASA genehmigt, die Chancen für eine entsprechende Missionsverlängerung stehen aber recht gut, zumal New Horizons die zur Erreichung dieses weiteren Ziels notwendigen 4 Schubmanöver inzwischen erfolgreich durchgeführt hat, sich also bereits auf dem richtigen Kurs befindet. Die letzte 20-minütige Zündung des Bordantriebs erfolgte am 4.11.2015. Seit Mitte Oktober wurde die Bahngeschwindigkeit der Sonde durch diese Manöver um 57 m/s (*205 km/h*) erhöht. Relativ zur Sonne bewegt sie sich mit 14 km/s (*51.000 km/h*).



Am 01.01.2019 wird New Horizons das etwa 45 km messende KBO 2014 MU69 in einem Abstand von weniger als 10.000 km passieren, Bilder und Messdaten gewinnen, aufzeichnen und zur Erde übermitteln. Mit dem Vorbeiflug an diesem kleinen geologisch weitgehend unveränderten KBO möchten die Wissenschaftler ein Stück Urmaterie unseres Sonnensystems untersuchen.

New Horizons ist aktuell etwa 34,8 AE (*5,2 Mrd. km*) von der Erde und auch schon wieder 1 AE (*150 Mio. km*) von Pluto entfernt. Obwohl die Sonde täglich eine Strecke von 1,224 Mio. km zurücklegt, wird sie noch etwas mehr als 3 Jahre bis zu ihrem neuen Ziel unterwegs sein.

Alle Fotos: New Horizons / NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute - Folgendes Pluto-Bildmosaik ist unbedingt lohnenswert anzuschauen.

http://pluto.jhuapl.edu/Multimedia/Science-Photos/pics/P_COLOR2_enhanced_release.jpg