

**EUGEN REICHL**

# **SPACE 2016**

DAS AKTUELLE RAUMFAHRTJAHR MIT CHRONIK 2015

**PLUTO-VORBEIFLUG  
ERWEITERT HORIZONT!**



Web: [www.space-jahrbuch.de](http://www.space-jahrbuch.de) / eMail: [space@vfr.de](mailto:space@vfr.de)

1. Auflage, Dezember 2015

Copyright © by VFR e.V., München

Alle Rechte vorbehalten

Initiator: Verein zur Förderung der Raumfahrt e.V., [www.vfr.de](http://www.vfr.de)

Herausgeber: Thomas Krieger

Organisation: Peter Schramm

Lektorat: Heimo Gnilka, Margit Drexler, Thomas Krieger,  
Peter Schramm, Eugen Reichl, Stefan Schiessl

Titelmotiv: SPACEX, Stefan Schiessl

Layout & Satz: Stefan Schiessl, [www.exploredesign.de](http://www.exploredesign.de)

ISBN: 978-3-944819-11-2

# INHALTSVERZEICHNIS

Editorial .....	4
<b>Themen im Fokus .....</b>	<b>8</b>
Zu neuen Horizonten .....	9
Der Preis der Unabhängigkeit.....	25
Die neuen Träger .....	33
Die größte Gefahr für einen Astronauten besteht darin zu ertrinken .....	51
Überraschungsbotschaft von Philae .....	61
Dragon Pad abort: Rettung von der Rampe .....	67
Private Raumfahrt: Der Reality-Check.....	75
Interstellar: Wurm Löcher, Schwarze Löcher, Logiklöcher .....	89
Deutschlands Erster .....	97
Theo Tüftlers Reise ins All .....	107
Galileo nimmt Fahrt auf .....	111
<b>Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerb .....</b>	<b>121</b>
Platz 3: „Photosolaris“ von Nadine Boos .....	122
Platz 2: „Schrottsammler“ von Jacqueline Montemurri .....	132
Platz 1: „Feindliche Übernahme“ von C. E. Jäkel .....	141
<b>Raumfahrt-Jahreschronik .....</b>	<b>152</b>
September 2014 .....	153
Oktober 2014 .....	162
November 2014 .....	173
Dezember 2014 .....	180
Januar 2015 .....	202
Februar 2015 .....	204
März 2015 .....	212
April 2015.....	227
Mai 2015 .....	232
Juni 2015.....	237
Juli 2015 .....	245
August 2015 .....	255
<b>Raumfahrt-Statistik .....</b>	<b>263</b>
Das Raumfahrtjahr 2014 – Fakten, Fakten, Fakten .....	264
Detaillierte Statistik der Weltraumstarts Januar bis Dezember 2014.....	269
Tabelle Weltraumstarts Januar bis August 2015 mit Ausblick September bis Dezember 2015.....	284
<b>Anhang .....</b>	<b>286</b>
Glossar .....	287
Bilder des Jahres .....	289

# EDITORIAL

## *Liebe Freundinnen und Freunde unseres Raumfahrtjahrbuches,*

wieder liegt ein ungemein interessantes Raumfahrtjahr hinter uns und viele spannende Ereignisse erwarten uns schon in der nächsten Zukunft. Bevor wir uns aber den Aktualitäten widmen, möchten wir zuerst ein besonderes Anliegen adressieren: Das Thema „Raumfahrt“ Kindern und Jugendlichen zu erschließen. Für diesen Versuch spannen wir in diesem Jahr unseren Themenbogen ganz besonders weit. Nebenbei vergrößern wir damit auch unsere Zielgruppe, denn diese Ausgabe von SPACE ist selbst für Zweijährige geeignet. Denen erzählen wir hier „Theo Tüftlers Reise ins All“. Für Kinder und Jugendliche ab etwa zehn Jahren gibt es den Beitrag „Die größte Gefahr für einen Astronauten besteht darin, zu ertrinken“. Es sind die ersten beiden Folgen einer siebenteiligen Serie über die Entwicklung des Raumanzugs. Sie erschien im laufenden Jahr in einer etwas verlängerten Form in den „Kosmologs“ des Spektrum-Verlages. Wenn Ihnen die Story gefällt: Wir nennen Ihnen im Artikel den Web-Link, der Sie zu den restlichen fünf Teilen führt.

Unser diesjähriger Leitartikel greift die grandiose Mission der Raumsonde New Horizons zum Zwergplaneten Pluto und seinen Monden auf. Er erzählt die wendungsvolle Geschichte dieses Vorhabens, setzt sie in Kontext zur Reise der Voyager-Raumsonden und schildert, wie es mit New Horizons in den nächsten Jahren weitergehen wird.

Auch das europäische Flaggschiff-Vorhaben Rosetta läuft noch in vollem Umfang. Im Laufe des aktuellen Berichtsjahres setzte sie die Landesonde Philae auf der Oberfläche des Kometen Churyumov-Gerasimenko ab. Wir berichten, wie es dem kleinen Lander dort erging.

Wie jedes Jahr nehmen wir in einigen Beiträgen kritisch zum Stand einzelner Raumfahrt-Themen Stellung. Und da lässt uns die Diskussion um Europas zukünftige Trägerrakete Ariane 6 keine Ruhe. Unser Feature „Der Preis der Unabhängigkeit“ hinterfragt die Sinnhaftigkeit dieses Unternehmens. Kritisch lassen wir auch die gegenwärtig auf dem weltweiten Trägermarkt laufenden Neuentwicklungen Revue passieren. Wir wagen dabei eine Markt-

prognose für das Jahr 2025, und zwar unter besonderer Berücksichtigung des immer größer werdenden Einflusses privater Raumfahrtunternehmen.

Gerade diese Unternehmen sind im zurückliegenden Jahr in der Realität des Raumfahrt-Business angekommen. Sie besteht vor allem in der nicht gerade neuen Erkenntnis, dass Raumfahrt auch nicht den allerkleinsten Fehler verzeiht. Die vier „Großen“, SpaceX, Orbital Sciences, Virgin Galactic und auch Blue Origin mussten allesamt Federn lassen. Und leider kam es auch erstmals bei einem Testflug zu einem Todesfall. Der Beitrag „Private Raumfahrt: Der Reality Check“ beschäftigt sich ausführlich damit. Dennoch gibt es bei den Privaten aber durchaus auch Erfolge und Fortschritte zu verzeichnen, wie unser Artikel „Dragon pad abort: Rettung von der Rampe“ zeigt.

Auch die Geschichte des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo nehmen wir in diesem Jahr unter die Lupe. Dieses Programm scheint nach endlosen Jahren eines zähen Auf und Ab langsam in geregelte Bahnen zu kommen. Bis jetzt war das Vorhaben alles andere als ein Ruhmesblatt für Europa. Es hatte aber dennoch gerade aus deutscher Sicht einen sehr bemerkenswerten Nebeneffekt: Den wahrhaft raketenartigen Aufstieg des einst unauffälligen Mittelständlers OHB zur Raumfahrtfirma von europäischem Format.

Wie stets befassen wir uns auch in dieser Ausgabe mit Raumfahrtshistorie. In „Deutschlands Erster“ erzählen wir die Geschichte von „Azur“, dem ersten deutschen Satelliten.

Und unsere nicht allzu ernst zu nehmende alljährliche Filmbesprechung nimmt sich dieses Mal den Hollywood-Blockbuster „Interstellar“ vor. Schon aus dem Titel „Wurmlöcher, Schwarze Löcher, Logiklöcher“ mögen Sie erkennen, wohin die Reise geht.

Seit einigen Jahren veröffentlichen wir in SPACE auch die Gewinner des Science Fiction-Kurzgeschichtenwettbewerbs des Vereins zur Förderung der Raumfahrt. Dieses Jahr sind es drei spannende Geschichten, in denen es um seltsame Begegnungen, neue Geschäftsmodelle und üble Mächenschaften geht.

Neben den Artikeln widmen wir einen wesentlichen Teil des Buches wie immer einer ausführlichen Schilderung aller Raumfahrtstarts der Berichtsperiode, die von September 2014 bis August 2015 läuft. Wir haben damit in den bislang erschienen 12 Bänden jede einzelne Mission, die seit dem 5. Januar 2003 in den Orbit oder darüber hinaus ging, ausführlich beschrieben. Nicht zuletzt wegen des Charakters einer Fachzyklopädie ist diese Buchreihe bei Bibliotheken besonders beliebt. Sollten Sie Wert auf eine vollständige Sammlung von SPACE legen: Sie können die komplette Reihe bis zurück in das Jahr 2003 zum Vorzugspreis erwerben. Damit das lückenlos möglich ist, haben wir das bis vor einer Weile vergriffene Buch SPACE 2008 wieder nachdrucken lassen.

Für die Zahlenfreaks gibt es wie jedes Jahr einen Block von 20 Seiten zur Statistik des Jahres. Und gleich im Anschluss an den Statistik-Teil das Gegengewicht: Die besten Raumfahrtbilder der Berichtsperiode.

An dieser Stelle ist auch der Platz um dem gesamten SPACE-Team zu danken. Allen voran den beiden Hauptprotagonisten Peter Schramm, dem „General Manager“ des Projektes und unserem Grafiker, Layouter und Ideengeber Stefan Schiessl, der dafür sorgt, dass dieses Werk von optisch herausragender Qualität ist, und der obendrein stets eine Druckerei findet, die das Buch schnell und günstig produziert. Reinhold Glasl organisierte auch in diesem Jahr den Science-Fiction Wettbewerb.

Dank auch an unsere Sponsoren: Sie tragen jedes Jahr einen erheblichen Teil der Erstellungskosten, die mit den Verkäufen alleine nicht zu decken wären.

Und zu guter Letzt: schauen Sie in unsere Kontakt-Ecke, wo Sie unter [www.vfr.de](http://www.vfr.de) mit der Mail-Adresse [space@vfr.de](mailto:space@vfr.de) direkt mit uns in Verbindung treten können. Oder sehen sie sich unser Internet-Portal [www.space-jahrbuch.de](http://www.space-jahrbuch.de) an, wo sie neben interessanten Dingen um das Thema Raumfahrt auch viele Informationen zu unserem Jahrbuch und sein Entstehen erhalten. Das ist auch der Ort, an dem sie die Bände vergangener Jahre nachbestellen können.

Wenn Sie Kritik haben oder Lob, Tipps oder Meinungen, ein Problem oder eine Frage zu den Inhalten, wenn Sie sich schon mal die Ausgabe für das nächste Jahr reservieren wollen oder gerne der Tochter oder dem Sohn eins der Bücher schenken wollen, auch gerne signiert: Schreiben Sie uns einfach eine Mail. Wir freuen uns auf Ihr Feedback.

Und jetzt hinein ins Raumfahrtgeschehen. Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre von SPACE 2016. Bleiben Sie uns gewogen.

*Im Namen des SPACE-Teams,*

*Ihr **Eugen Reichl***



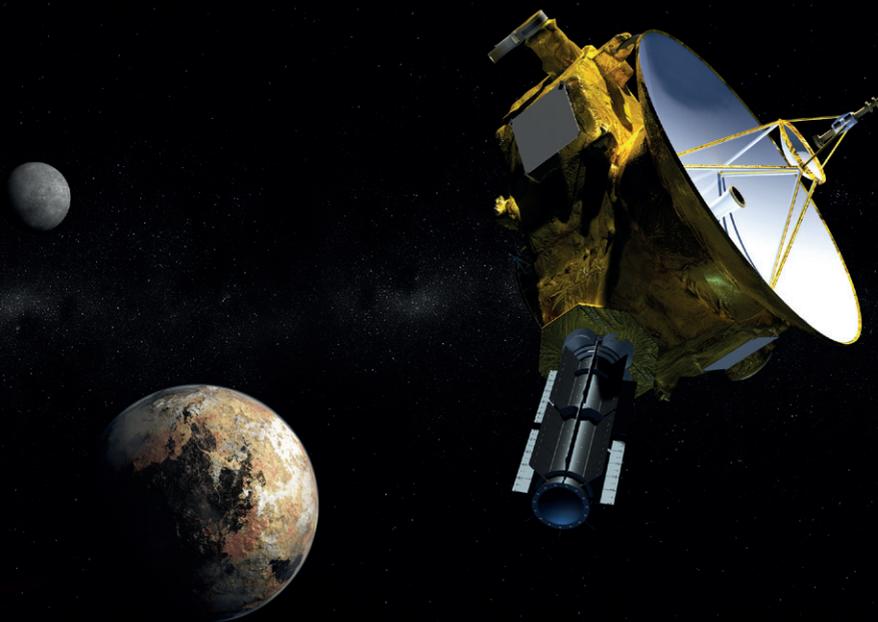
Liebe Leserin, lieber Leser,  
Haben Sie Fragen oder Anregungen zu SPACE oder möchten Sie über das Erscheinen der nächsten Ausgabe direkt informiert werden? Wir freuen uns auf Ihr Feedback. Schreiben Sie uns bitte eine eMail an [space@vfr.de](mailto:space@vfr.de).  
Herzliche Grüße, Ihr SPACE-Team

Würden Sie selbst gerne am Science-Fiction Wettbewerb teilnehmen? Für die Wettbewerbsbedingungen besuchen Sie uns auf [www.vfr.de/wettbewerb](http://www.vfr.de/wettbewerb).

# THEMEN IM FOKUS



NASA



New Horizons nähert sich Pluto und Charon. Künstlerische Darstellung.

## ZU NEUEN HORIZONTEN

Es waren nur noch acht Tage bis zur Begegnung mit Pluto, dem Ziel der neuneinhalb Jahre langen Reise von New Horizons, und die NASA stand vor dem Super-GAU der Mission. Ausgerechnet am Kulminationspunkt des viereinhalb Milliarden Kilometer langen Anflugs, ausgerechnet am Beginn der intensivsten Forschungsphase der Reise, meldete sich das Raumfahrzeug mitten in einer Datenübermittlungs-Session ab. Im Missionszentrum, am Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory in Laurel, Maryland, herrschte betretenes Schweigen. Eine Stunde und 21 Minuten kamen keine Signale mehr von der mehr als vier Lichtstunden entfernten Sonde. Und dann eine kurze Nachricht. Allerdings eine von der Art, wie sie die Projektwissenschaftler in dieser Phase der Mission am allerwenigsten brauchen konnten. New Horizons teilte der Bodenstation mit, dass sie alle Beobachtungsinstrumente abgeschaltet, den Reservecomputer aktiviert, das Raumfahrzeug in den Sicherheitsmodus gebracht hatte und jetzt auf weitere Befehle wartete.

Der Statusreport der Sonde ergab, dass das autonome Navigationssystem einen Konflikt in der Flugsoftware festgestellt hatte, den sie nicht auflösen konnte. Ihre Anweisungen für einen solchen Fall waren eindeutig: Alles abschalten, Hauptcomputer herunterfahren, Reservecomputer starten und dann bei der Bodenkontrolle nachfragen.

Noch in derselben Stunde berief die NASA ein "Anomaly Review Board" ein. Selten zuvor galt der Spruch „Time is of the essence“ mehr als in diesem Fall, denn allein die reine Signal-Laufzeit von New Horizons zur Erde und wieder zurück betrug neun Stunden. Und da war noch keine Minute für Analysen und Fehlerkorrekturen drin. Jeden Tag nähert sich das Raumfahrzeug seinem Ziel um 1,2 Millionen Kilometer. Mit jeder Stunde, die in dieser kritischen Phase verrann, gingen unersetzbare Daten verloren. Der Erfolg der Mission stand auf der Kippe. Es dauerte zwei Tage, bis Mission Control den Fehler in der Betriebssoftware identifiziert hatte. Es handelte sich dabei um einen „Bug“ in der Kommandosoftware für den bevorstehenden Vorbeiflug, der erst aufgedeckt wurde, als die Sonde diesen Befehl abrief. Der Schaden durch diese unvermutete Abschaltung blieb am Ende begrenzt. Es wurde die Erfassung der Anflug-Bildsequenz an Pluto und Charon unterbrochen, und die für diesen Zeitraum geplante Aufzeichnung von Fernerkundungsdaten von Nix und Hydra musste ebenfalls entfallen.

### **ABSCHLUSS DER „GRAND TOUR“**

Als New Horizons am 14. Juli 2015 um 13:50 Uhr mitteleuropäischer Zeit am Pluto vorbeizog, war sie nicht nur das erste Raumfahrzeug überhaupt, das den Zwergplaneten besuchte, sondern sie war damit auch das Fahrzeug, das die „Grand Tour“ abschloss, welche die Voyager-Raumsonden in den 1970er und 1980er Jahren durchführten. Die Aufgabe der Voyagers war es gewesen, jedem Planeten des Sonnensystems einen Besuch abzustatten, der nicht schon zuvor Ziel eines anderen Raumfahrzeugs gewesen war. Pluto, das muss hier erwähnt werden, galt zum Zeitpunkt des Starts von New Horizons noch als vollwertiger Planet. Eigentlich hätte bereits Voyager 1 diesen damals letzten Planeten des Sonnensystems ansteuern sollen. Doch dann wurde während des Anflugs zum Saturn im Jahre 1980 der Kurs geändert. Ein naher Vorbeiflug am Saturn-Mond Titan wurde als das wichtigere Ziel betrachtet, und objektiv gesehen war es das wohl auch. Dadurch wurde die Trajektorie aber so geändert, dass Pluto nicht länger erreicht werden konnte. Voyager 1 ver-



Raumsonde Voyager

ließ die Ebene der Ekliptik in einem Winkel von 35 Grad und besuchte nach dem keinen weiteren Planeten mehr. Für Voyager 2 stand nun die Entscheidung an, entweder Pluto zu erreichen oder aber die beiden Gasriesen Uranus und Neptun. Auch hier fiel die Entscheidung nicht schwer. Zwei Planeten, jeweils mit einem komplexen System von Monden: das war der

weitaus bessere Deal als ein kleiner Planet mit einem noch kleineren Mond, der überhaupt erst nach dem Start der Voyagers entdeckt worden war. Als Voyager 2 den Vorbeiflug und die Beobachtung von Neptun abgeschlossen hatte, blieb Pluto der einzige als Planet anerkannte Himmelskörper, der noch nicht von einer Raumsonde besucht worden war. Damit, so schien es, hatten die Voyagers ihre ursprüngliche Aufgabenstellung nun doch nicht erfüllt.

Und dann kam das denkwürdige Meeting der International Astronomical Union im August des Jahres 2006 in Prag. Pluto wurde „reklassifiziert“. Ein Euphemismus für die Tatsache, dass er „heruntergestuft“ wurde. Vom ehemals vollwertigen Planeten wurde er durch den „Prager Planetensturz“ über Nacht zum so genannten „Zwergplaneten“. Das hatte zur Folge, dass die beiden Voyagers nun plötzlich doch alle Planeten des Sonnensystems besucht hatten. War das Missionsziel der Grand Tour am Ende durch einen Verwaltungsakt doch noch erreicht worden?

## **DIE GEBURT VON NEW HORIZONS**

Doch der kleine Himmelskörper am Rande des Sonnensystems war keineswegs vergessen. In den Jahren nach den Voyagers gab es zahlreiche Missionspläne, um die Lücke zu schließen. Zwei dieser vorgeschlagenen Projekte hätten es beinahe zur Realisierung geschafft. Sie hießen „Pluto Fast Flyby“ und „Pluto Kuiper Express“. „Pluto Fast Flyby“ beinhaltete die Entsendung einer kleinen Sonde auf einer Hochgeschwindigkeitsbahn. Es musste schnell gehen, denn es war das erklärte Ziel dieses Projektes, die hauchdünne Atmosphäre des Kleinplaneten zu erforschen. Pluto bewegt sich auf einer stark elliptischen Bahn um die Sonne, und die schwache Atmosphäre entsteht nur in Sonnennähe. Bei

zunehmendem Abstand von der Sonne setzt sie sich wieder auf der Oberfläche ab. Pluto braucht für eine Umrundung unseres Heimatgestirns fast 250 Jahre. Den sonnennächsten Punkt der Bahn das Perihel, mit nur knapp 30 Astronomischen Einheiten Abstand zum Zentralgestirn unseres Planetensystems, hatte er 1989 erreicht. Den sonnenfernsten Punkt, das Aphel mit fast 50 Astronomischen Einheiten Abstand zur Sonne, wird Pluto im Jahre 2113 erreichen. Der Start von „Pluto Fast Flyby“ sollte im Jahre 2000 erfolgen, die Ankunft war für 2010 geplant, nur gut 20 Jahre vom Perihel entfernt. So erhoffte man sich, noch etwas von der Atmosphäre vorzufinden. Aber dann erhielt der Plan keine Finanzierung vom Kongress und musste aufgegeben werden.

Unverzagt begann die NASA die Planung einer Ersatzmission mit der Bezeichnung „Pluto Kuiper Express“. Diese Raumsonde sollte einen Vorbeiflug am Pluto-Charon-System durchführen und danach noch mindestens ein weiteres Objekt des Kuiper-Gürtels besuchen. Der Pluto Kuiper Express sollte 2003 oder 2004 vom Space Shuttle aus gestartet werden und den Kleinplaneten im Jahre 2012 oder 2013 erreichen. Nachdem der Shuttle in der Folge des Columbia-Unfalls aber nicht fliegen durfte, versuchte man ihn für die Delta 2 „Heavy“ als neues Startgerät umzukonstruieren. Für beide Startkonzepte musste die Sonde aber extrem leicht sein. Der „Pluto Kuiper Express“ hätte nur eine Masse von etwa 220 Kilogramm gehabt. Die Kameras an Bord hätten bei der größten Annäherung an Pluto eine Bildauflösung von nur einem Kilometer pro Bildpunkt erlaubt.

Im Jahr 2000 musste auch dieses Vorhaben aus Budgetgründen gestrichen werden. Daraufhin initiierte die NASA 2001 neue Konzeptstudien für die Pluto-Mission. Zwei Vorhaben wurden im Detail geprüft. Die eine trug die Bezeichnung POSSE (für „Pluto and Outer Solar System Explorer“), die andere hatte den Namen „New Horizons“. Das Vorhaben sollte im Rahmen der neuen „New Frontiers“-Programmlinie der NASA laufen und durfte inklusive der Kosten für die Trägerrakete und der Betriebskosten der Mission nicht mehr als 700 Millionen Dollar kosten. Im November 2001 wurde schließlich New Horizons offiziell ausgewählt. Was aber viel wichtiger war: dieses Mal erhielt das Projekt auch die notwendige Finanzierung. In den folgenden fünf Jahren bauten das Southwest Research Institute und das Johns Hopkins Applied Physics Laboratory (APL) die Raumsonde für die NASA. Ein extrem kurzer Zeitraum für eine derartige technologische Herausforderung. Das Ergebnis war eine ungemein kompakte Konstruktion mit einem Gewicht von



Der Radioisotopengenerator von New Horizons.

nur 478 Kilogramm. Die Raumsonde ist kleiner als ein Konzertflügel, 2,7 Meter lang, 2,5 Meter breit und nur 70 Zentimeter hoch. Am Ziel seiner Reise sieht New Horizons unsere Sonne nur noch als hellen Stern unter vielen anderen Sternen. Sie ist damit viel zu weit entfernt, um mit ihrer Energie Solarzellen betreiben zu können. Aus diesem Grund kam für New Horizons

nur eine nukleare Stromquelle in Frage, in Form eines mit Plutonium betriebenen thermo-elektrischen Radioisotopengenerators. Die acht Kilogramm Plutonium 238, die dafür notwendig waren, lieferten beim Start eine Leistung von etwa 250 Watt. Knapp zehn Jahre später, bei der Ankunft am Pluto-Charon System stellten sie den sieben Instrumenten an Bord noch 200 Watt zur Verfügung. Die Stromleistung nimmt im Laufe der Jahre stetig ab, denn Plutonium 238 hat eine Halbwertszeit von nur 76 Jahren.

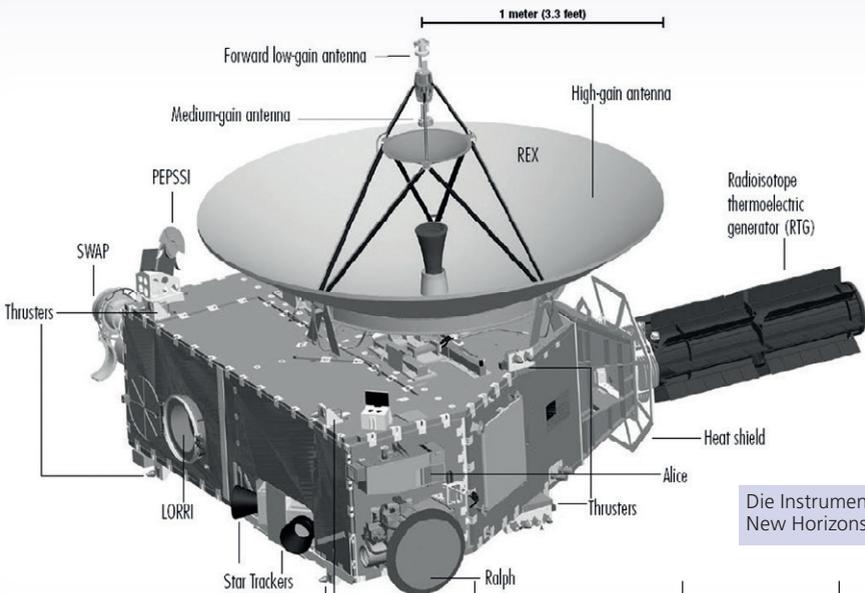
Das Raumlage-Kontrollsystem war so ausgelegt, dass New Horizons während der langen Transferzeiten drallstabilisiert wurde. Nur während der Zeiten wissenschaftlicher Arbeit und für die Kurskontrolle ging das Raumfahrzeug auf eine Dreiaachsen-Lageregelung über. Die Sonde ist dafür (und für die Durchführung von Geschwindigkeitsänderungen) mit 16 Triebwerken ausgerüstet für die insgesamt 77 Kilogramm Treibstoff zur Verfügung stehen. Vier dieser kleinen Raketenmotoren verfügen über einen Schub von 4,4 Newton, die 12 anderen leisten einen Schub von jeweils 0,8 Newton. Damit der Bordcomputer die Raumlage exakt ermitteln kann, verfügt New Horizons über zwei Sternensensoren und zwei Sonnensensoren. Das Kommunikationssystem arbeitet im X-Band. Es erlaubt der Sonde auf Höhe der Jupiterbahn noch eine maximale Datenübertragungsrate von 38 Kilobit pro Sekunde. Auf Höhe der Pluto-Bahn ist es nur noch 1 Kilobit pro Sekunde. Mit dieser niedrigen Datenrate war es offensichtlich, dass das Raumfahrzeug leistungsfähige Massenspeicher benötigte, um die beim Vorbeiflug mit den insgesamt sieben Instrumenten gewonnenen Daten zu speichern.

Und hier sind die sieben wissenschaftlichen Instrumente, die man für New Horizons auswählte. Sie wiegen zusammen 31 Kilogramm und benötigen lediglich 30 Watt an elektrischer Leistung. Es sind dies:

- ★ der Long-Range Reconnaissance Imager (LORRI), ein leistungsstarkes Spiegelteleskop mit 21 Zentimeter Öffnungsweite, zuständig für die Produktion hochauflösender Bilder. LORRI arbeitet in einem Spektralbereich zwischen 350 und 850 Nanometer, also an beiden Enden des Spektrums noch ein wenig über den mit bloßem Auge optisch sichtbaren Bereich hinaus.
- ★ die Pluto Exploration Remote Sensing Investigation (PERSI) Plattform, die ihrerseits zwei Instrumente beinhaltet, nämlich die Teleskope Ralph und Alice, die Aufnahmen in anderen Spektralbereichen machen sollen als nur im sichtbaren Licht. Ralph deckt den Bereich zwischen 450 und 2500 Nanometern ab (also vom blauen Licht bis in den fernen Infrarotbereich), Alice arbeitet in einem Bereich zwischen 52 und 180 Nanometern (also im Ultraviolettbereich). Mit ihnen sollte die Erforschung der Zusammensetzung der Pluto-Atmosphäre gelingen.



LORRI wird montiert.



Die Instrumente von New Horizons.

- ★ das Plasma and High-Energy Particles Spectrometer Suite (PAM), das seinerseits aus zwei Instrumenten besteht, nämlich SWAP (Solar Wind At Pluto) und PEPSSI (Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation), einem Massenspektrometer. Sie dienen der Bestimmung kosmischer Partikel in der Umgebung des Pluto, weiterhin ...
- ★ das Radio Science Experiment (REX), das eigentlich kein eigenes Experiment ist. Vielmehr wird hier der Bordempfänger der Raumsonde für wissenschaftliche Versuche verwendet, und schließlich...
- ★ ...der Venetia Burney Student Dust Counter (VSDC), welcher – der Name sagt es schon – die Staubpartikel-Konzentration im äußeren Sonnensystem messen soll.



Der Start von New Horizons am 19. Januar 2006.

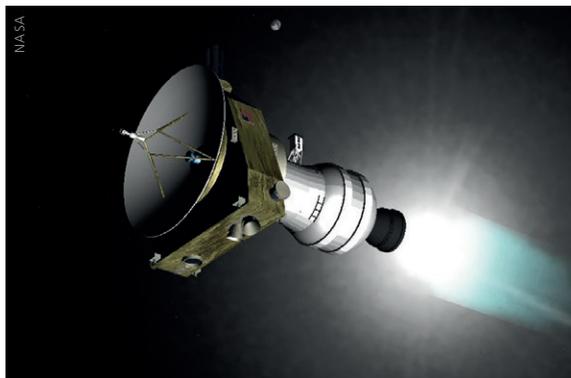
### DER BEGINN DER REISE

New Horizons wurde am 24. September 2005 mit dem Flugzeug nach Cape Canaveral geliefert. Zu diesem Zeitpunkt war der Start für den 11. Januar 2006 angesetzt, ganz zu Beginn eines 23 Tage langen Startfensters. Dieser Zeitraum war mit Bedacht gewählt, denn bei einem Start

in dieser Periode konnte man einen Vorbeiflug am Jupiter durchführen und das Schwerefeld des Riesenplaneten nutzen, um mittels eines „Schleudereffektes“ zusätzlich an Geschwindigkeit zu gewinnen. Hätte man dieses Startfenster verpasst, hätte es noch Ersatz-Startmöglichkeiten im Februar 2006 und im Februar 2007 gegeben. Doch bei diesen beiden Terminen hätte es keine Gravitations-Unterstützung durch den Jupiter gegeben. Das hätte zur Folge gehabt, dass New Horizons den Pluto erst 2018 oder 2021 erreicht hätte. Dem Startfenster des Jahres 2006 kam somit einige Bedeutung zu.

Anfang Januar kamen bei der Startmannschaft der United Launch Alliance Bedenken über den Zustand des Kerosin-Tanks der Atlas V auf. Eine genaue Inspektion wurde angesetzt, und die ersten Tage des Startzeitraums verstrichen. Schließlich wurde der Liftoff für den 17. Januar terminiert. An diesem Tag machten jedoch starke Jetstreams über Cape Canaveral den Plänen

einen Strich durch die Rechnung. So musste der Start für den 18. Januar erneut angesetzt werden. Doch auch an diesem Tag hatte die NASA kein Glück. Tiefhängende Wolken und ein Computer-Ausfall im Startkontrollzentrum verhinderten den Beginn der Mission erneut. Erst am 19. Januar klappte es schließlich. Genau um 8:00 Uhr mitteleuropäischer Zeit begann die Atlas V ihre Mission am Startkomplex 41 in Cape Cana-



Ein ATK Star 48B Feststofftriebwerk bringt New Horizons auf solare Fluchtgeschwindigkeit.

veral. Sie war in der Version 551 unterwegs, der leistungsstärksten Variante dieses Trägers. Die Basisstufe wird in dieser Version in der ersten Startphase noch von fünf zusätzlichen Feststoffboostern unterstützt. Doch selbst deren Leistung reichte nicht, um New Horizons auf die erforderliche Geschwindigkeit zu beschleunigen. Dazu wurde noch ein zusätzlicher Feststofftreibsatz des Typs ATK Star 48B benötigt. Um 8:30 Uhr war das Raumfahrzeug schließlich auf solare Fluchtgeschwindigkeit beschleunigt worden. Mit einer Rekordgeschwindigkeit von 58.536 Kilometern pro Stunde relativ zur Erde bewegte sich New Horizons aus dem Inneren Sonnensystem hinaus in Richtung Jupiter. Nie zuvor war ein Raumfahrzeug so schnell gewesen.

Nur neun Stunden nach dem Verlassen der Startrampe passierte die Sonde die Mondbahn, und schon am 27. April kreuzte sie den Orbit des Planeten Mars. Mitte 2006 erreichte sie die Ausläufer des Asteroidengürtels und konnte hier am 13. Juni einen ersten Einsatztest ihrer Instrumente vornehmen, als sie den Asteroiden 132524 APL in einer Entfernung von gut 100.000 Kilometern passierte. Am 24. August, New Horizons befand sich noch inmitten des Asteroidengürtels, gefiel es der Internationalen Astronomischen Union (IAU) bei der 26. Generalversammlung in Prag in ihrer grenzenlosen Weisheit, zum ersten Mal in ihrer Geschichte den Begriff „Planet“ zu definieren.

Das Ereignis wird von Kritikern der dabei gefundenen Definition heute gerne als der „Prager Planetensturz“ bezeichnet. Danach ist jedes astronomische Objekt ein Planet, das einen Stern oder den Überrest eines Sterns umkreist, also kein Mond ist, und zusätzlich...



New Horizons fotografiert Vulkane auf dem Jupiter-Mond Io.

- ★ ...massiv genug ist, um durch seine eigene Schwerkraft eine zumindest annähernd runde Form aufzuweisen...
- ★ ...jedoch nicht massiv genug ist, um in seinem Inneren eine spontane Kernfusion hervorzurufen, aber immerhin...
- ★ ...den Bahnbereich, den es durchkreuzt, von Planetesimalen (also quasi den Bauelementen der Planeten) gereinigt hat.

Unter dieser Definition verblieben acht Körper im Sonnensystem: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Pluto war nicht mehr dabei. Die IAU ging noch einen Schritt weiter und klassifizierte auch die verbliebenen planetenähnlichen Himmelskörper. Das waren Objekte,

- ★ die keine Monde sind und somit in einem direkten Orbit die Sonne umkreisen,
- ★ die massiv genug sind, um sich unter dem Einfluss ihrer eigenen Gravitation in einem hydrostatisches Gleichwicht zu befinden (also rund sind),
- ★ die aber nicht massiv genug sind, um ihre Orbitalbahn von Planetesimalen zu „reinigen“.

Diese neue Gruppe bezeichnete man als „Zwergplaneten“. In diese Kategorie fallen derzeit fünf Himmelskörper des Sonnensystems, nämlich: Pluto, Ceres, Haumea, Makemake und Eris. Somit ging die Reise von New Horizons nach diesem 24. August 2006 nicht mehr zum neunten Planeten des Sonnensystems, sondern nur noch zu einem seiner fünf Zwergplaneten. Damit wurde der nahe Vorbeiflug am Jupiter – zumindest für die Anhänger der reinen Lehre – zur einzigen Begegnung mit einem Planeten während der langen Reise von New Horizons.

## ZU JUPITER UND WEITER

Die fotografische Erkundung des Planeten Jupiter und seiner Monde begann bereits im September 2006 aus einer Entfernung von mehr als 290 Millionen Kilometer. In dieser Distanz wurde LORRI aktiviert. Jupiter bot die ideale Gelegenheit, alle Instrumente und die Software der Raumsonde unter realen Bedingungen zu testen. Nachdem New Horizons mit viel moderneren Instrumenten ausgerüstet war als die Pioneers, die Voyagers und die Raumsonde Galileo, die den Jupiter vor ihm erkundet hatten, gelang es der Sonde, trotz der relativ großen Vorbeiflugdistanz von 2,3 Millionen Kilometern eine große Menge Daten über den Riesenplaneten und seine Monde zu sammeln. Tatsächlich war die Datenmenge größer als die des Vorbeiflugs am Pluto, was einfach an der schieren Größe des Jupiter-Systems liegt und der viel längeren Zeitdauer, die New Horizons damit trotz der hohen Fluggeschwindigkeit darin zubringen konnte.

Die größte Annäherung an den Jupiter erfolgte um 7:44 Uhr mitteleuropäischer Zeit am 28. Februar 2007. Die Flugbahn durch den Gravitationsstrichter des Riesenplaneten war exakt berechnet. Sie beschleunigte die Sonde um weitere 14.000 Kilometer pro Stunde relativ zur Sonne, verkürzte somit die Reisezeit um drei Jahre und brachte das Raumfahrzeug zusätzlich auf den genauen Kurs zum Zwergplaneten.

Die darauf folgenden sieben Jahre verbrachte New Horizons zum größten Teil im Tiefschlaf. Zum einen, um die wissenschaftlichen Instrumente zu schonen, zum anderen, um auf der Erde mit einem minimalen Missionsteam auszukommen. Nur gelegentlich wurde die Sonde für einen kurzen Statuscheck geweckt und dann wieder abgeschaltet.

Am 8. Juni 2008 kreuzte New Horizons die Bahn des Saturn, am 18. März 2011 die des Uranus. Nur wenige Tage später verkündeten Astronomen, dass sie mit Hilfe des Hubble-Weltraumteleskopes zwei weitere, bislang unbekannte Monde in einer Umlaufbahn um den Pluto gefunden hatten. Die beiden bekamen die Namen Kerberos und Styx. Bei dieser Gelegenheit wurden auch die beiden Kleinmonde getauft, die man noch 2005, also kurz vor dem Abflug der Sonde, entdeckt hatte. Sie bekamen die Namen Nix und Hydra. Zum einen wegen ihrer Verbindung zur griechischen Mythologie um Pluto, den Gott der Unterwelt. Aber auch, weil die Namen mit den Anfangsbuchstaben der Raumsonde New Horizons begannen.

## **BEGEGNUNG MIT PLUTO UND SEINEN MONDEN**

Am 25. August 2014 überschritt New Horizons schließlich auch die Bahn des Planeten Neptun. Gut vier Monate danach weckte die NASA die Raumsonde ein letztes Mal und begann mit den Vorbereitungen für den Vorbeiflug. Am 4. Januar 2015 nahm New Horizons die Fernbeobachtung seines Zieles auf. Anfang Februar gelangen der Sonde erste Aufnahmen von Nix und Hydra, am 25. April schließlich auch erste Fotos von Kerberos und Styx.

Am 11. Mai begann New Horizons mit dem so genannten „Hazard Scan“: der Suche nach eventuell noch unentdeckten Kleinmonden, Ring- oder Staubstrukturen, die sich in der Nähe des Pluto befinden und die der Sonde möglicherweise bei ihrem Vorbeiflug gefährlich werden konnten. Eine solche Suche war mittels des Hubble Space Telescopes schon von der Erde aus durchgeführt worden, aber von nun an waren die Bilder von New Horizons bereits detaillierter und besser als die besten Bilder, die das Welt- raumteleskop aus seiner Erdumlaufbahn machen konnte.

Am 4. Juli kam es zu dem eingangs beschriebenen „Safe mode event“, der den Missionsmanagern fast das Herz stillstehen ließ. Doch der Fehler konnte noch rechtzeitig abgestellt werden, und es gingen nur wenige Daten verloren. Am 8. Juli ging die Sonde schließlich in den „Vorbeiflugmodus“. Die Zielphase der langen Reise hatte begonnen. Am 12. Juli begann die „Near Encounter Phase“. Das bedeutete auch, dass sich New Horizons nun bei Mission Control abmeldete. Was jetzt kam, benötigte ihre ganze Aufmerksamkeit. Kontakt mit der Erde zu halten – und das bedeutete, jeweils die ganze Sonde mit der fest montierten Hochgewinnantenne zur Erde auszurichten – war in dieser Phase unwichtig. Die Erde konnte warten. Und sie musste es sogar, wenn sie die wissenschaftliche Ausbeute nicht gefährden wollte. Alle sieben Instrumente waren jetzt auf Pluto, seine fünf Monde und ihre Umgebung ausgerichtet. Der Preis dafür war die Ungewissheit. Ungewissheit, ob alles an Bord nach Plan verlief.

Jetzt galt es, die chemische Zusammensetzung der Oberflächen von Pluto und Charon zu erforschen. Jetzt galt es, die Zusammensetzung der hauchdünnen Atmosphäre des Pluto zu messen. Jetzt galt es, nach neutralem Wasserstoff zu suchen, nach Kohlenwasserstoffen, nach Zyan-Verbindungen, nach Nitrilen. Jetzt war es an der Zeit, die Oberflächentemperaturen von allen fünf Himmelskörpern zu bestimmen, Albedos zu definieren, die Ionosphäre



Pluto mit leicht verstärkten Farbkontrasten.

des Pluto und ihre Interaktion mit dem Sonnenwind zu erforschen. LORRI und Ralph mussten nun mehr als 1000 Bilder von Pluto und seinen Monden aus den unterschiedlichsten Winkeln machen. Dazu drehte und wendete sich New Horizons in einer mehr als zehn Jahre zuvor geplanten Choreografie, um alle gewünschten Objekte optimal vor die Objektive zu bekommen. Jetzt galt es, die Radien der fünf Körper genau zu vermessen, ihre Orbits exakt zu bestimmen,



Charon – Plutos größter Mond.

nach weiteren Kleinmonden zu suchen und eine Charakterisierung der energetischen Partikelumgebung an Pluto und Charon vorzunehmen. Diese und viele andere komplexe Aufgaben mussten jetzt in sehr kurzer Zeit bewältigt werden. Am 14. Juli um 13:50 Uhr mitteleuropäischer Zeit trennten die Sonde nur 12.500 Kilometer von der Oberfläche des Pluto. Nur 14 Minuten später erfolgte der dichteste Vorbeiflug an Charon mit einem Abstand von 28.800 Kilometern. Nix näherte sich die Sonde bis auf 21.000 Kilometer und Hydra bis auf 75.000 Kilometer. Hatte all das geklappt? Hatte New Horizons alle ihre Aufgaben absolviert in der Zeit, in der sie keine Verbindung mit der Erde halten konnte, weil sie sich dauernd drehen und wenden musste?



Jubel beim Missionsteam

Am 15. Juli, um 2:53 Uhr mitteleuropäischer Zeit herrschte in Maryland unbeschreiblicher Jubel. New Horizons meldete sich nach 22stündiger Funkstille auf die Sekunde pünktlich und begann sofort mit der Übermittlung von Telemetriedaten: Raumlage, Kurs, Thermalhaushalt, die Anzahl der Triebwerkspulse, die sie in den vergangenen Stunden durchgeführt hatte, die Menge der Daten, die sich im Massenspeicher befanden, Temperaturen an Bord der Sonde und ähnliches. Alles deutete daraufhin, dass die Durchquerung des Pluto-Systems erfolgreich und ohne Pannen verlaufen war. Dieser erste so genannte „Kommunikations-Pass“ war nur 20 Minuten lang. Dann drehte sich New Horizons wieder weg, um mit seinen Forschungsarbeiten weiterzumachen.

Erst neun Stunden später meldete sich New Horizons erneut. Dieses Mal für eine erste längere Übertragungssitzung von sechs Stunden Dauer. Auch hierbei blieb die übermittelte Datenmenge begrenzt. Das ist kein Wunder, denn die Übertragungsrate bei dieser gewaltigen Entfernung beträgt nur 128 Byte pro Sekunde, und an Bord der Sonde befanden sich jetzt etwa 16 Gigabyte an Daten. Bei moderater Kompression dauert es 20 bis 30 Minuten, um nur ein einziges Bild zu übermitteln. Jedes hoch aufgelöste, nicht komprimierte Bild braucht Stunden für seine Übermittlung. Aber es sind ja nicht nur die Bilddaten, die für die Wissenschaftler von Interesse sind. Vier der sieben Instrumente erzeugen überhaupt keine Bilder, sondern andere Datenformate. Insgesamt wird es etwa 16 Monate dauern, alle beim Vorbeiflug gewonnenen Informationen auszulesen und zu übermitteln. Dabei gilt es zu bedenken, dass die drei großen Antennen des Deep Space Networks der NASA natürlich nicht nur für New Horizons zur Verfügung stehen, sondern

auch noch für eine nicht unerhebliche Zahl anderer Raumfahrzeuge, die derzeit im Sonnensystem unterwegs sind. Die Übermittlung des so genannten „High Priority Data Set“ war am 20. Juli abgeschlossen. Danach wurden für mehrere Wochen keine Bilder mehr übertragen, genauer: bis zum 5. September. Diese Zeit war für die Übermittlung von Daten der Instrumente SWAP, PEPSI und SDC und für den Transfer aller Referenzinformationen vorgesehen,

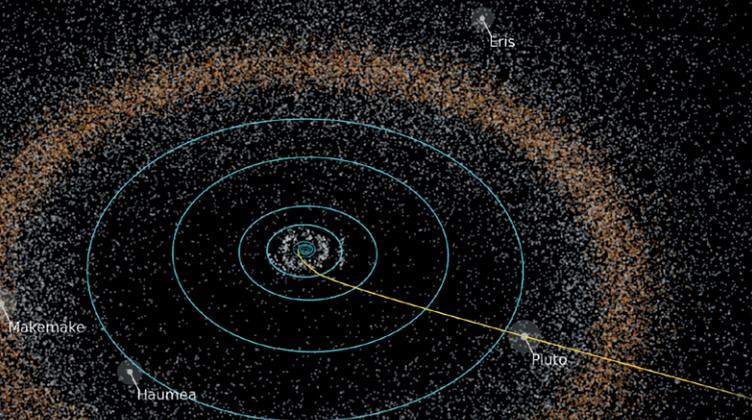


Eisgebirge auf Pluto.

welche für die Interpretation der bereits gesendeten oder später noch zu sendenden Bilddaten benötigt werden (z.B. die jeweilige Raumlage der Sonde zu jedem gemachten Bild). Zum Zeitpunkt, an dem dieser Bericht entsteht (es ist Anfang September 2015), sendete die Sonde gerade einen komprimierten Satz der gesamten Bilder, die beim Vorbeiflug entstanden sind. Alleine das dauert etwa 10 Wochen. In diesen hochkomprimierten und verkleinerten Bildern werden sich noch viele Kompressions-Artefakte befinden. Etwa ab Mitte November beginnt die Übertragung des gesamten unkomprimierten Datensatzes. Das wird etwa ein Jahr dauern.



Schroffe Eisgebirge und glatte Flächen aus gefrorenem Stickstoff und Kohlenwasserstoffen bestimmen die Oberfläche des Pluto.



Flugbahn von New Horizons in den Kuiper-Gürtel.

## HINTER DEM HORIZONT GEHT'S WEITER

Nun, da die Begegnung mit Pluto und seinen Monden vorüber ist, geht die Reise von New Horizons weiter hinaus in die Tiefen des Kuiper Gürtels. Schon zu Beginn der Missionsplanung hatte man gehofft, dass die Raumsonde noch mindestens ein weiteres Objekt in der Sphäre der Eiswaelten ansteuern könnte. Doch dafür ein geeignetes Ziel zu finden war nicht einfach. New Horizons kann es nur dann erreichen, wenn es innerhalb eines Korridors von nur eines einzigen Grades Winkelabweichung von der Flugbahn zum Pluto liegt. Mehr noch: Aufgrund der immer weiter ansteigenden Entfernung und dem gleichzeitigen Nachlassen der Energieerzeugung an Bord der Sonde darf dieser weitere Körper nicht mehr als 55 Astronomische Einheiten von der Erde entfernt sein.

Der Grund für die maximale Kursänderung von nur einem einzigen Grad liegt darin, dass nur noch wenig Hydrazin in den Tanks der Sonde übrig ist. Große Geschwindigkeitsänderungen (und damit Bahnwinkeländerungen) sind da nicht mehr drin.

Für diesen Zweck wurde eine Suchaktion mit dem Hubble Space-Teleskop durchgeführt. Am 15. Oktober 2014 hatte das Weltraumteleskop drei Objekte ausgemacht, die New Horizons nach dem Pluto-Vorbeiflug er-

reichen könnte. Alle drei sind nach ersten Schätzungen recht klein. Es sind Objekte zwischen 40 und 70 Kilometern Größe und ihr Abstand zur Sonne beträgt zwischen 43 und 44 Astronomischen Einheiten. Sie sind also etwa 10 Astronomische Einheiten weiter von der Sonne entfernt als derzeit Pluto. Die drei Objekte haben noch keinen Namen. Derzeit bezeichnet man sie als PT1, PT2 und PT3. Die Wahrscheinlichkeit, sie mit den vorhandenen Treibstoffreserven zu erreichen, beträgt 100 %, 7 % und 97 %. Sollte PT1 ausgewählt werden, also das Objekt, das auf jeden Fall für New Horizons erreichbar ist, dann würde der Vorbeiflug dort am Neujahrstag 2019 im Abstand von wenigen tausend Kilometern erfolgen. Derzeit (September 2015) sieht es tatsächlich ganz danach aus, als würde die NASA dieses Objekt zum neuen Ziel bestimmen. Es dürfte etwa 70 Kilometer groß sein und hat den Vorteil, dass es fast genau in der Ebene der Ekliptik liegt. Damit hätte man ein Alternativobjekt zu Pluto, dessen Bahn relativ steil zur Ekliptik geneigt ist. Um PT1 zu erreichen, muss New Horizons im Dezember 2015 ein Brennmanöver durchführen, mit dem sie ihre Geschwindigkeit um etwa 60 Meter pro Sekunde erhöht.

Auch der Forschungsauftrag für die Zeit danach liegt schon fest. Er wird in der weiteren Erkundung der Heliosphäre der Sonne liegen. Der Kontakt zur Sonde, wenngleich mit sehr niedrigen Datenraten, dürfte noch für eine ganze Weile bestehen. Die meisten Instrumente wird man allerdings ausschalten müssen. Wenn alles glatt geht, hofft man aber, bis in die 2030er Jahre mit New Horizons in Verbindung zu bleiben und Informationen über Strahlung und Partikeldichte aus den Außenbereichen des Sonnensystems zu erhalten. Die Daten, die New Horizons jetzt nach und nach zur Erde übermittelt, werden für sehr lange Zeit das Referenzmaterial zum Pluto-System und zu den Objekten des Kuiper-Gürtels bilden. Es mag schade sein, aber eines ist sicher: In den nächsten Jahrzehnten wird keine weitere Raumsonde mehr die Randbezirke unseres Sonnensystems erkunden.



# AKTUELLE RAUMFAHRTGESCHICHTE AUS ERSTER HAND! **BEREITS ERSCHIENEN:**



Lust auf mehr Lesestoff?

Die Reihe ist erhältlich auf [www.space-jahrbuch.de](http://www.space-jahrbuch.de).

Seit SPACE2013 sind die Jahrbücher auch als eBook verfügbar.