

**W I S** wissenschaft  
in die schulen!

# Vorstoß zu Pluto

*Nach neuneinhalb Jahren Flug wird am 14. Juli 2015 die US-Raumsonde New Horizons dem Zwergplaneten Pluto und seinen fünf bekannten Monden einen kurzen, aber intensiven Besuch abstatten. Die Spannung bei den Planetenforschern ist groß, da nur sehr wenig über diese Himmelskörper bekannt ist.*

Von Tilmann Althaus

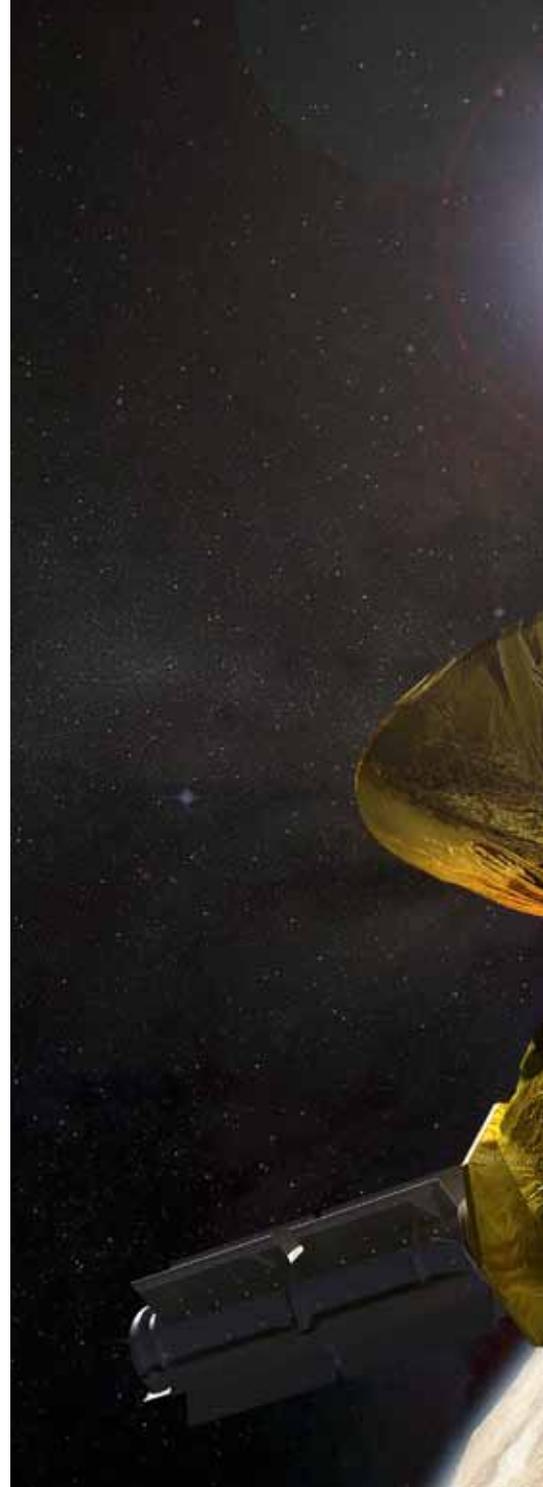
## IN KÜRZE

- New Horizons wird uns die ersten scharfen Bilder einer Gruppe fast unbekannter Welten am Rand des Sonnensystems liefern.
- Was uns die Bilder offenbaren werden, ist noch völlig offen: Gibt es vielleicht Vulkane auf Pluto, liegt Stickstoffschnee auf seiner Oberfläche?
- Die Mission von New Horizons ist eine echte Pionierleistung und wird für Jahrzehnte einzigartig sein.

**N**och sind es nur lichtschwache Punkte am Himmel, aber Mitte Juli 2015 werden wir Pluto und seine fünf Begleiter im Detail kennen lernen. Rund fünf Milliarden Kilometer, also rund die 33-fache Entfernung Erde–Sonne musste die US-Raumsonde New Horizons in neuneinhalb Jahren zurücklegen, um in die Nähe des eisigen Außenpostens unseres Sonnensystems zu gelangen (siehe Bild oben). Mit Pluto wird in diesem Jahr bereits der zweite Zwergplanet aus der Nähe erkundet, denn schon seit März 2015 umrundet die US-Raumsonde Dawn den Zwergplaneten Ceres (siehe SuW 5/2015, S. 34). Aller-

dings reicht die Antriebstechnik von New Horizons nicht aus, um in einen Orbit um Pluto einzuschwenken. Stattdessen müssen sich die Planetenforscher um Alan S. Stern vom Applied Physics Laboratory der Johns Hopkins University in Baltimore damit begnügen, Pluto und seine Trabanten in einem raschen Vorbeiflug zu erkunden. Tatsächlich erfolgt der Großteil der Messungen in einem eng begrenzten Zeitraum von zwei Tagen um den 14. Juli 2015. Auch die besten Bilder können nur in dieser kurzen Zeitspanne aufgenommen werden.

Schon im Januar 2015 wurde New Horizons aus ihrem künstlichen Winterschlaf, in dem sie sich während der meisten Zeit



Am 14. Juli 2015 wird die Raumsonde New Horizons ihre geringsten Abstände zum Zwergplaneten Pluto und seinem Mond Charon im Hintergrund erreichen.



Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute

ihrer Reise befand, endgültig aufgeweckt (siehe Kasten S. 34). Diese Hibernation diente einerseits dazu, die Geräte und Ressourcen an Bord zu schonen, aber andererseits half sie auch, Personal in beträchtlichem Umfang zu sparen. Damit konnten die Kosten der Mission deutlich verringert werden.

Seit ihrer Aktivierung ist New Horizons dabei, Pluto aus der Ferne zu beobachten. Allerdings sind die Bilder aus der frühen Annäherungsphase noch deutlich schlechter aufgelöst als diejenigen des Weltraumteleskops Hubble (HST). Erst Mitte Juni, also nach Redaktionsschluss dieser Ausgabe, werden die Aufnahmen

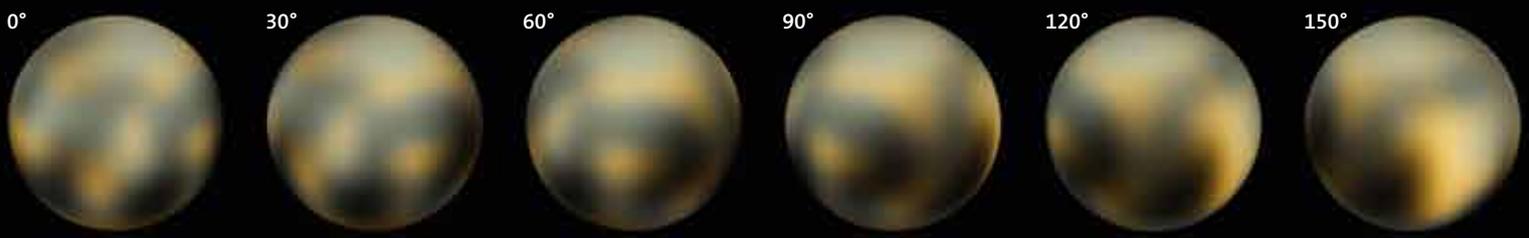
der Kamera LORRI, dem Long Range Reconnaissance Imager deutlich die Bilder vom HST in ihrer Schärfe übertreffen (siehe Kasten S. 36).

### Die Zielsetzungen von New Horizons

Die Hauptaufgabe von New Horizons ist es, Pluto und seine fünf Begleiter erstmals im Detail zu charakterisieren. Der von dieser Mission zu erwartende Datensatz wird für viele Jahrzehnte das Referenzmaterial zum Pluto-System sein, denn nachfolgende Missionen sind derzeit auch auf lange Sicht hinweg nicht geplant. New Horizons soll die Oberflächen von Pluto und seinem

bei Weitem größten Mond Charon möglichst vollständig erfassen und somit erste Einblicke in die Geologie und die Morphologie der Oberflächen ermöglichen (siehe Bildserie S. 34 oben). Dabei sollen die chemischen Zusammensetzungen beider Oberflächen qualitativ und quantitativ ermittelt werden. Auch die dünne, überwiegend aus Stickstoff bestehende Atmosphäre von Pluto ist eines der wichtigsten Studienobjekte der Mission. Hier soll die Sonde Ausschau halten nach der Zirkulation der Gashülle und eventuellen Wolkenbildungen oder Dunstschichten.

New Horizons soll Teile der Oberflächen von Pluto und Charon dreidimensional in



NASA / ESA / Marc Buie (Southwest Research Institute)

hoher räumlicher Auflösung untersuchen und mögliche geologische Aktivitäten aufspüren. Es wird nämlich vermutet, dass es auf Pluto vielleicht, ähnlich wie auf dem Neptunmond Triton, zu Ausbrüchen von Stickstoffgas aus der Oberfläche kommt, die sich als Wolken über der Oberfläche zeigen könnten. Zudem soll die Frage geklärt werden, ob Charon vielleicht ebenfalls von einer dünnen Atmosphäre umgeben ist. Auch die vier kleinen Monde sollen in möglichst großem Detail erfasst werden.

Die Planetenforscher möchten zudem ergründen, wie Pluto zu seinem im Ver-

hältnis riesigen Mond Charon kam. Ereignete sich hier in der Jugend des Sonnensystems vor rund 4,5 Milliarden Jahren eine gigantische Kollision, bei der Charon wie unser Erdmond aus den Trümmern der Kollision entstand? Sind vielleicht die vier kleinen Trabanten übrig gebliebene Zeugen dieser Katastrophe?

### Der lange Weg zu Pluto

New Horizons startete am 19. Januar 2006 von Cape Canaveral in Florida. Die Sonde verließ die Erde mit einer Geschwindigkeit von 16 Kilometern pro Sekunde (siehe

he Bild rechts). Sie war damit das bislang schnellste Objekt, das jemals von unserem Heimatplaneten fortstrebte (siehe SuW 3/2006, S. 14). Schon nach 13 Monaten Flug gelangte die Sonde in die Nähe des Riesenplaneten Jupiter und nutzte dessen Schwerefeld dazu, den Flug zu Pluto um rund drei Jahre zu verkürzen (siehe SuW 7/2007, S. 22). Vor und nach dem Vorbeiflug machte New Horizons Hunderte von Bildern des Riesenplaneten und seiner vier großen Galileischen Monde; seitdem kam keine andere Sonde mehr in die Nähe von Jupiter. Nach der Jupiterpassage be-

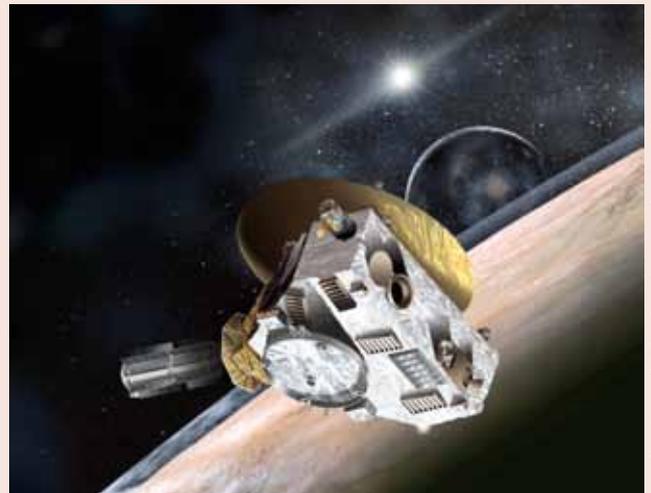
## Die Raumsonde New Horizons

**N**ew Horizons ist eine ausgesprochen kompakte Raumsonde für einen Flug in die äußersten Weiten des Sonnensystems. Ihr Zentralkörper besteht aus einem dreiseitigen Prisma mit abgestumpften Ecken und erinnert in Form und Größe an einen Konzertflügel. Die Sonde ist 2,7 Meter lang, 2,1 Meter breit und 0,7 Meter hoch. Auf ihrer Oberseite ist die 2,1 Meter große Hauptantenne für die Datenübertragung und die Kommunikation mit der Bodenstation montiert. Beim Start wog New Horizons 478 Kilogramm, wobei 77 Kilogramm auf Treibstoff und 31 Kilogramm auf die wissenschaftlichen Instrumente entfielen.

Die Lagekontrolle von New Horizons kann in zwei Modi erfolgen, zum einen spinstabilisiert, zum anderen dreiaachsenstabilisiert. Während der langen Reise zu Pluto in den Hibernationsphasen rotierte die Sonde mit rund fünf Umdrehungen pro Minute, wodurch sich sehr effektiv Treibstoff für die Lagekontrolle sparen ließ. Allerdings lassen sich in diesem Modus keine scharfen Bilder aufnehmen, so dass für den Pluto-Vorbeiflug die Sonde dreiaachsenstabilisiert sein wird. Nur dann lässt sich New Horizons, deren wissenschaftliche Instrumente starr auf dem Sondenkörper montiert sind, exakt auf ihre Zielobjekte ausrichten.

Für Bahnänderungen und die Kontrolle der räumlichen Ausrichtung ist New Horizons mit 16 Raketenmotoren ausgestattet, die Hydrazin als Treibstoff verwenden. Für größere Bahnänderungen werden vier Düsen mit je 4,4 Newton Schub eingesetzt, für die Lagekontrolle dienen zwölf Düsen mit je 0,8 Newton Schub.

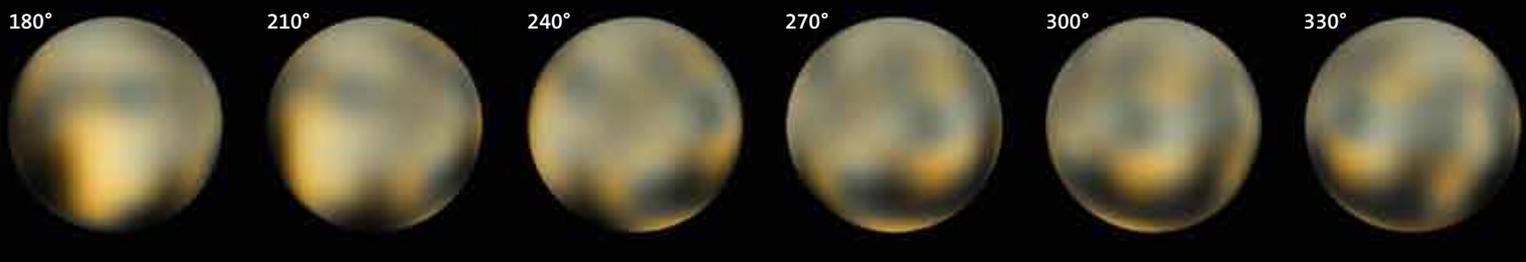
Die Energieversorgung der Sonde ist nur mit einer nuklearen Energiequelle möglich, da sich New Horizons extrem weit von der Sonne entfernt. Im Abstand von Pluto zur Sonne erreicht



New Horizons erinnert in Form und Größe an einen Konzertflügel und ist somit eine sehr kompakte Raumsonde.

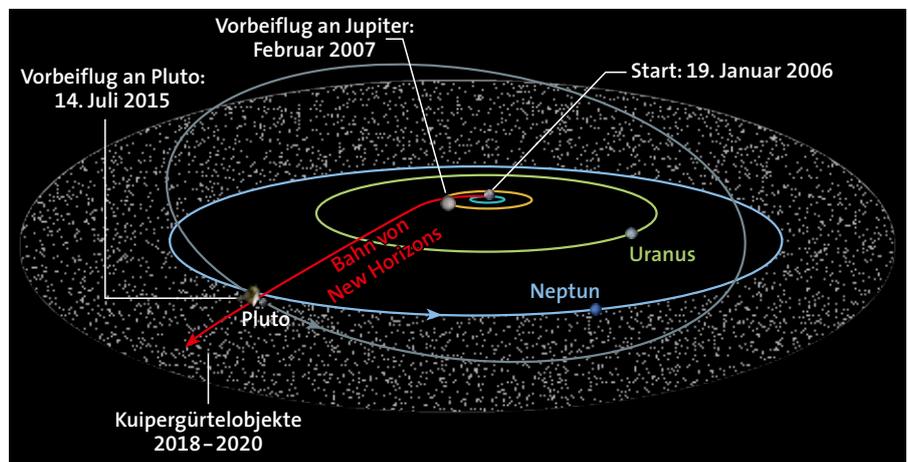
die Sonde nur etwa ein Zehntel Prozent der Einstrahlung in Erdnähe, so dass Solarzellen von vornherein als Energiequelle ausfallen. New Horizons verwendet einen thermoelektrischen Radioisotopengenerator oder RTG. Dieser nutzt die beim Zerfall des radioaktiven Isotops Plutonium-238 frei werdende Zerfallswärme und wandelt diese ohne jegliche bewegliche Teile mittels Thermoelementen direkt in elektrischen Strom um (siehe auch SuW 3/1998, S. 220). Beim Start im Jahr 2006 erzeugte der RTG eine Leistung von rund 240 Watt, beim Pluto-Vorbeiflug werden nun etwa 200 Watt zur Verfügung stehen.

Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute



Diese vom Weltraumteleskop Hubble stammenden Karten sind die derzeit besten Darstellungen der Pluto-Oberfläche. Die Karten basieren auf Bilddaten, die das HST in den Jahren 2002 bis 2003 aufnahm und 2010 einer speziellen Computerverarbeitung unterworfen wurden.

New Horizons benötigte nach ihrem Start im Januar 2006 neuneneinhalb Jahre, um ihr Ziel Pluto zu erreichen. Im Februar 2007 passierte sie dabei den Riesenplaneten Jupiter.



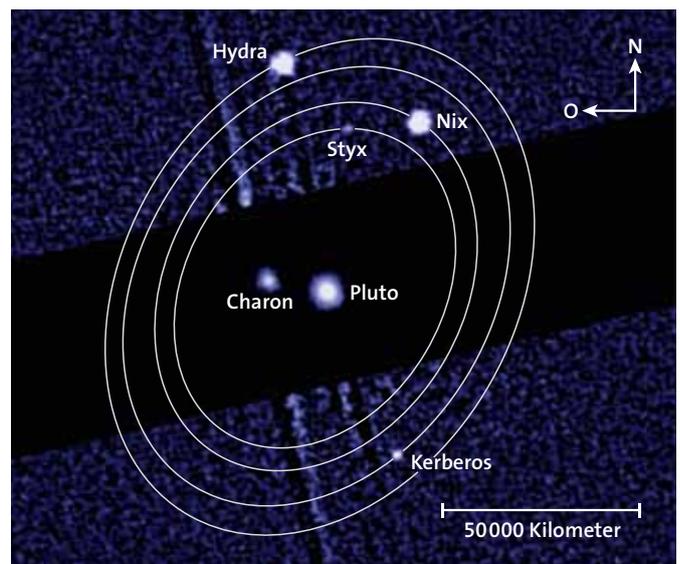
NASA / SuW-Grafik

fand sich New Horizons überwiegend in Hibernation und wurde nur zu Testzwecken aktiviert. Dabei wurde auch immer wieder der Vorbeiflug an Pluto durchgespielt, um weit im Vorfeld des eigentlichen Vorbeiflugs eventuelle Probleme zu identifizieren und zu beheben.

Da auf Grund der großen Entfernung zu Pluto nur wenig über diesen Himmelskörper bekannt ist, intensivierten die Astronomen die erdgebundene Erkundung des Zwergplaneten im Vorfeld der Mission und während des Flugs der Sonde. So wurden mehrere Beobachtungskampagnen mit dem Weltraumteleskop Hubble und terrestrischen Großteleskopen durchgeführt. Gezielt wurde nach weiteren Trabanten jenseits des seit 1978 bekannten großen Mondes Charon gesucht (siehe auch SuW 2/2009, S. 93). Im Jahr 2005 vermeldeten die Astronomen einen ersten Erfolg: Sie hatten mit dem HST zwei kleine Monde aufgespürt, die den gemeinsamen Schwerpunkt des Pluto-Charon-Systems umrunden. Ihre Durchmesser werden auf etwa 50 bis 170 Kilometer geschätzt; hierüber werden wir durch New Horizons bald sehr viel Genaueres erfahren (siehe Kasten S. 38). Die Monde erhielten die Namen Nix und Hydra.

In den Jahren 2011 und 2012 spürte wiederum das HST zwei weitere Pluto-trabanten auf. Mit geschätzten Durchmessern von 10 bis 40 Kilometern sind sie

**Das System des Zwergplaneten Pluto besteht aus sechs Himmelskörpern: Pluto und Charon bilden ein enges Paar in der Mitte, das von den vier kleinen Monden Nix, Hydra, Kerberos und Styx umrundet wird. Das Bild stammt vom Weltraumteleskop Hubble.**



NASA / ESA / Hal Weaver (JHU / APL), Alan Stern (SwRI) / HST Pluto Companion Search team

deutlich kleiner als Nix und Hydra (siehe Bild oben). Sie wurden auf die Namen Kerberos und Styx getauft. Damit stieg die Anzahl der bekannten Monde um Pluto auf fünf. Alle Objekte im Pluto-Charon-System wurden nach Göttern aus der griechisch-römischen Sagenwelt um den Herrn der Unterwelt benannt.

Während der Anflugphase behielt die Kamera LORRI das Pluto-Charon-System ständig im Blick. Dabei wurde auch nach weiteren, bislang unbekanntem Begleitern gesucht. Zudem dienen diese frühen Aufnahmen dazu, die Bahn von New Horizons für den Vorbeiflug feinzutunen und unser Wissen über die Positionen und Bahnbe-

wegungen der Objekte im Pluto-Charon-System zu verfeinern. Ein besonderes Augenmerk richten die Missionskontrolleure auf die mögliche Existenz von Staubringen um Pluto, die eine Gefahr für die Raumsonde sein würden. Da sich New Horizons bei ihrem Vorbeiflug mit einer Geschwindigkeit von rund 14 Kilometern pro Sekunde relativ zu Pluto bewegt, könnte schon die Kollision mit einem millimetergroßen Staubkorn die Sonde schwer beschädigen oder sogar völlig zerstören. Die Vorstellung eines Ringsystems um Pluto ist nicht abwegig, denn erst kürzlich wurden um die Kleinkörper Chariklo und Chiron deutliche Hinweise auf dichte

Staubbringe entdeckt (siehe SuW 6/2014, S. 18). Alle Beobachtungen mit dem HST oder irdischen Großteleskopen erbrachten aber bislang keine Belege für Plutoringe. Ab Mitte Juni 2015 werden die Aufnahmen von New Horizons alle bisherigen Bilder übertreffen. Um ganz sicherzugehen, wird die Sonde wenige Stunden vor Eintritt in den Nahbereich des Zwergplaneten einen großen Teil der kurz zuvor aufgenommenen Bilder und Messdaten zur Erde funken. So werden selbst im Katastrophenfall zumindest einige Bilder mit hoher Auflösung von Pluto und Charon zur Verfügung stehen.

Sollten kurzfristig doch noch Ringe aufgespürt werden, so ließe sich die Bahn von New Horizons durch Schubmanöver des Bordantriebs noch bis zum 4. Juli 2015 so weit abändern, dass die Sonde die Gefahrenzone vermeiden kann. Allerdings würde dies deutliche Abstriche im minutiös geplanten Beobachtungsprogramm um die dichteste Annäherung bedeuten, da sich daraus andere Abstände und Vorbeiflugzeiten an den Himmelskörpern ergeben würden.

## Der Anflug auf den Zwergplaneten

Mit der Aktivierung von New Horizons Anfang Januar 2015 begann die erste von sieben wichtigen Missionsphasen um den eigentlichen Vorbeiflug. Die erste Annäherungsphase (englisch: approach phase 1) dauerte bis zum 4. April. Dabei verringerte sich der Abstand zu Pluto von 226 Millio-

## Die Instrumente von New Horizons

New Horizons ist mit sieben wissenschaftlichen Instrumenten ausgestattet, die insgesamt 31 Kilogramm wiegen und zusammen nur 30 Watt an elektrischer Leistung benötigen. Alle Instrumente sind fest mit dem Sondenkörper verbunden.

Alice ist ein abbildendes Ultraviolett-Spektrometer und soll vor allem die dünne Plutoatmosphäre untersuchen. Das Instrument deckt einen Spektralbereich von 52 bis 180 Nanometern ab und erlaubt Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung.

Ralph ist eine Kombination aus einer Farbkamera und einem abbildenden Spektrometer. Beide Instrumente verwenden ein gemeinsames 7,5-Zentimeter-Teleskop und dienen vor allem der spektral hochauflösenden Erkundung der Oberflächen von Pluto und seinen Monden. Die Kamera verfügt über vier Farbkanäle und deckt einen Bereich von 450 Nanometern (blaues Licht) bis 1000 Nanometern (nahes Infrarot) ab. Das Spektrometer arbeitet im Infraroten im Bereich von 1250 bis 2500 Nanometern. Die Instrumente Alice und Ralph erhielten ihre Namen nach zwei Hauptfiguren einer US-Fernsehserie aus den 1950er Jahren. Es handelt sich also nicht um Akronyme.

LORRI, der Long Range Reconnaissance Imager, erkundet die Zielobjekte aus großer Entfernung. Das Gerät besteht aus einem 20,8-Zentimeter-Spiegelteleskop. Der Arbeitsbereich von LORRI liegt im Spektralbereich von 350 bis 850 Nanometern und erstreckt sich somit vom nahen Ultravioletten bis ins nahe Infrarot. LORRI wird die schärfsten Bilder von Pluto, Charon und den vier weiteren Monden liefern, allerdings nur in Schwarz-Weiß.

PEPSSI, die Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation, untersucht das nähere Umfeld von Pluto und Charon im Hinblick auf die Zusammensetzungen von Atmosphäre und Ionosphäre. Es handelt sich um ein Massenspektrometer, das die Konzentrationen von Elektronen und Protonen sowie von geladenen Atomen und Molekülen, also Ionen, misst.

Mit SWAP, Solar Wind around Pluto, sollen die Wechselwirkungen des Sonnenwinds mit Plutos Atmosphäre und Ionosphäre sowie einem eventuell vorhandenen Magnetfeld um den Zwergplaneten untersucht werden.

SDC, der Student Dust Counter, misst die Anzahl und die Größen von Staubpartikeln im Umfeld von Pluto und seinen Begleitern. Das Gerät wurde von Studenten amerikanischer Hochschulen gebaut, die das Instrument auch während der Mission betreuen.

REX, das Radio Experiment, verwendet den Bordempfänger für seine Messungen. Während der Passagen an Pluto und Charon wird von der Erde aus ein starker Radiosen-

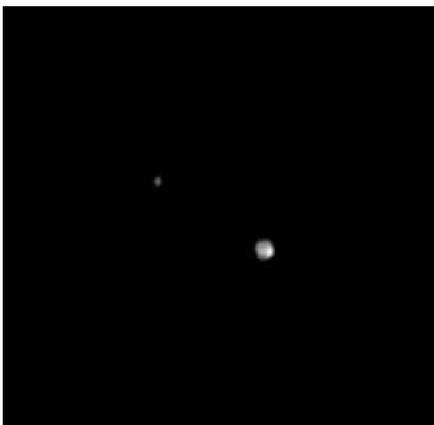
nen auf 121 Millionen Kilometer, entsprechend dem 1,5-fachen bis 0,8-fachen Abstand Erde – Sonne. Jeden Tag näherte sich New Horizons ihrem Ziel um 1,2 Millionen Kilometer an, also etwa die dreifache Entfernung Erde – Mond. Während dieser Zeit wurden nur in Abständen von Tagen bis Wochen Bilder von Pluto und seinen Monden aufgenommen, die hauptsächlich der optischen Navigation dienten.

Am 4. April 2015 begann die zweite Annäherungsphase, die bis zum 23. Juni dauern wird. Dabei verringert sich der Abstand zum Zwergplaneten von 121 Millionen auf 26 Millionen Kilometer. In diesem Zeitraum wurden die Untersuchungen der Zielobjekte stark intensiviert. Am 15. April 2015 erreichten die Bilder von Pluto und Charon eine räumliche Auflösung von 540 Kilometern pro Bildpunkt. Pluto hatte auf ihnen also einen Durchmesser von

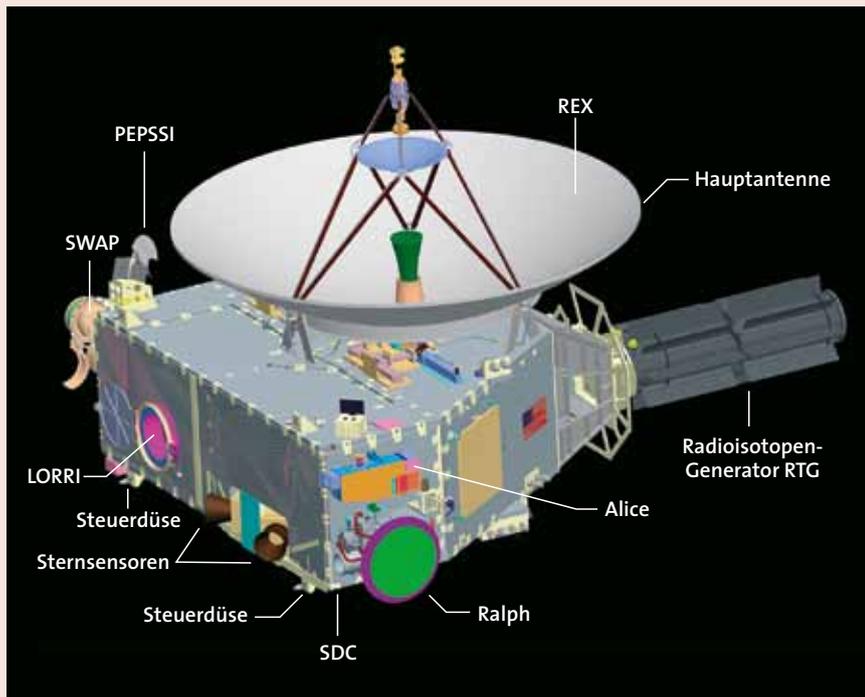
nur etwa vier bis fünf Pixeln (siehe Bild links). Durch eine spezielle Bildverarbeitung, eine Dekonvolution, ließen sich auf diesen Aufnahmen erstmals Andeutungen von Oberflächenstrukturen erkennen. Unter anderem zeigt sich eine helle Fläche am Südpol von Pluto – vielleicht eine Polkappe aus Stickstoffeis?

Die Sonde erfasste in dieser Phase Pluto und seine Monde erstmals spektroskopisch mit den Bordinstrumenten und nahm auch erste Farbbilder der Objekte auf. Zudem halten die Forscher Ausschau nach Signalen der dünnen, hauptsächlich aus Stickstoff bestehenden Plutoatmosphäre. Ende Mai 2015 erreichten die Aufnahmen der hochauflösenden Kamera LORRI eine Auflösung von 265 Kilometern pro Bildpunkt.

Ab dem 23. Juni 2015 beginnt die dritte und letzte Annäherungsphase, die unmit-



Mitte April 2015 nahm die Telekamera LORRI Bilder von Pluto und seinem Mond Charon auf, auf denen sich Oberflächenmerkmale wie eine mögliche helle Polarkappe am rechten Rand von Pluto zeigen. Der Zwergplanet war seinerzeit rund 110 Millionen Kilometer von der Sonde entfernt.



NASA / SuW-Grafik

Die Raumsonde New Horizons ist mit sieben unterschiedlichen wissenschaftlichen Instrumenten zur Untersuchung von Pluto und seinen Trabanten ausgestattet.

der mit einer reinen Trägerwelle auf die Sonde gerichtet. Auf Grund der Bewegung der Sonde in den Schwerfeldern der Zielkörper kommt es zu charakteristischen Frequenzverschiebungen durch den Dopplereffekt, die REX registriert. Aus diesen Daten lassen sich die Massen von Pluto und Charon mit hoher Genauigkeit ermitteln. Auch wenn die Erde von New Horizons aus gesehen von Pluto und später Charon bedeckt wird, werden so genannte Okkultationsmessungen durchgeführt. Hiervon erhoffen sich die Forscher Aufschluss über die Zusammensetzung, Dichte und Struktur von Plutos Atmosphäre.

telbar an den Zeitraum um die dichteste Annäherung heranreicht. In dieser Zeit verringert sich der Abstand zu Pluto von 26 Millionen auf 1,2 Millionen Kilometer. Dieser Missionsabschnitt ist gekennzeichnet durch die Übermittlung von Aufnahmen der Objekte im Plutosystem, welche die Auflösung der besten erdgebundenen Teleskope und des Weltraumteleskops Hubble übertreffen.

Noch bis zum 24. Juni 2015 überblickt LORRI das gesamte Plutosystem in einer einzigen Aufnahme, die Auflösung erreicht dann rund 120 Kilometer pro Bildpunkt. Pluto erstreckt sich auf diesen Bildern über rund 20 Pixel, Charon über etwa 10 Pixel. Die dritte Annäherungsphase endet am 12. Juli 2015 und markiert den Beginn der 48-stündigen Near Encounter Phase. Die dichteste Annäherung an Pluto wird am 14. Juli 2015 erreicht werden.

### Jetzt wird es ernst

Die Near Encounter Phase, also der Zeitraum der dichtesten Annäherung, beginnt, wenn die Entfernung zu Pluto 1,2 Millionen Kilometer unterschreitet. Den derzeitigen Plänen zufolge soll New Horizons am 14. Juli 2015 um 13:50 Uhr Bordzeit MESZ den geringsten Abstand zum Zwergplaneten erreichen (siehe Grafik S. 40). Dann trennen die Sonde 12 500 Kilometer von der Pluto-Oberfläche. Bereits 14 Minuten später erfolgt mit 28 800 Kilometer die dichteste Annäherung an Charon. Allerdings benötigen die Funksignale der Sonde 4 Stunden und 30 Minuten, um die Erde zu erreichen.

Nur in einem Zeitraum von 24 Stunden um die dichteste Annäherung wird Pluto das Gesichtsfeld der Kamera LORRI vollständig ausfüllen. Alle Bilder der dichtesten Annäherung werden wegen der langsamen Rotation des Systems nur eine

Hemisphäre sowohl von Pluto als auch von Charon erfassen. Die besten Übersichtsbilder von Pluto und Charon werden Auflösungen von rund 400 Metern pro Bildpunkt erreichen. Detailaufnahmen von kleinen Ausschnitten der Pluto-Oberfläche werden Objekte bis herab zu einer Größe von rund 35 Metern enthüllen.

Die jeweils anderen Hemisphären lassen sich rund drei Tage vor Erreichen des geringsten Abstands mit einer Auflösung von rund 38 Kilometern pro Bildpunkt fotografieren. Pluto und Charon rotieren doppelt gebunden, das heißt sowohl der Hauptkörper als auch sein größter Mond wenden sich gegenseitig immer die gleiche Seite zu (siehe Kasten S. 38). Somit rotieren Pluto und Charon jeweils in 6,4 Tagen einmal um ihre Achsen, während sie in der gleichen Zeitspanne ihren gemeinsamen Schwerpunkt umrunden. Die besten Aufnahmen der vier Kleinmonde werden Auflösungen von jeweils wenigen Kilometern pro Pixel erreichen. An Nix wird New Horizons bis auf etwa 21 000 Kilometer herankommen, an Hydra rund 75 000 Kilometer.

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 pro Sekunde (128 Byte pro Sekunde). Solche Werte erinnern an die Frühzeit der Computerkommunikation mittels Telefonmodem. Somit wird New Horizons bis zum Jahresende 2016 Daten zur Erde übertragen, wenn Pluto schon wieder in weite Ferne gerückt sein wird.

Für den Datenempfang muss die NASA wegen der großen Entfernung die 70-Meter-Antennen des Deep Space Networks einsetzen – es sind die weltweit leistungsstärksten Empfangsanlagen. Allerdings stehen die 70-Meter-Antennen nicht rund um die Uhr zur Verfügung, da sich das Deep Space Network auch um andere Planetenmissionen in den Tiefen des Sonnensystems kümmern muss. Dies trägt ebenfalls zur langen Übertragungszeit bei.

Zum Glück müssen wir aber nicht Wochen auf die Bilder von Pluto und seinen Monden warten, denn ein kleinerer Teil der Daten wird schon wenige Stunden nach der dichtesten Annäherung zur Erde gefunkt. Rund eine Woche nach der Passage

am 14. Juli 2015 dürften rund zwei Dutzend Bilder des Plutosystems zur Verfügung stehen. Das Wissenschaftlerteam von New Horizons hat versichert, es beabsichtige die Bilder so schnell wie möglich zu veröffentlichen, da das Interesse an diesem »Neuland des Sonnensystems« riesig ist.

### Der Abschied vom Zwergplaneten

Schon am 15. Juli 2015 überschreitet der Abstand der Sonde von Pluto wieder 1,2 Millionen Kilometer, nun beginnt die dreiteilige Departure Phase. Im ersten dreiwöchigen Abschnitt vom 15. Juli bis zum 4. August erhöht sich der Abstand zu Pluto von 1,2 Millionen auf 24 Millionen Kilometer. In dieser Zeitspanne blickt die Sonde mit LORRI auf Pluto für die Dauer einer gesamten Rotationsperiode des Systems zurück und untersucht mit den Instrumenten SWAP und PEPSSI den Schweif eines möglichen Plutomagnetfelds (siehe Kasten S. 36). Mit dem Instrument REX sollen die Temperaturen auf der Nachtseite von Pluto und Charon bestimmt werden. Da sich nun das Pluto-Charon-System im Gegenlicht beobachten lässt, nutzen die Forscher die Gelegenheit, nochmals nach Ringen um Pluto Ausschau zu halten. Durch das an den Ringpartikeln reflektierte Licht würden diese dann besonders hell erscheinen, wenn es sie denn gibt.

Die zweite Phase beginnt am 5. August und dauert bis zum 22. Oktober, dabei erhöht sich der Abstand zu Pluto von 24 Millionen auf 119 Millionen Kilometer. In dieser Zeit ist die Raumsonde hauptsächlich damit beschäftigt, die an Bord gespeicherten Messdaten des Vorbeiflugs nach und nach zur Erde zu übertragen. Nur noch gelegentlich wird New Horizons Bilder vom zurückbleibenden Zwergplaneten machen.

In der dritten und letzten Phase vom 22. Oktober 2015 bis zum 1. Januar 2016 vergrößert sich der Abstand zu Pluto von 119 Millionen auf 203 Millionen Kilometer. In dieser Zeitspanne sind keine Beobachtungen des Zwergplaneten mehr geplant. Nun soll die Sonde vor allem auf die Annäherung an einen weiteren kleinen Himmelskörper im Kuipergürtel vorbereitet werden.

### Wie geht es weiter?

Mittels einer ausgedehnten Suche mit dem Weltraumteleskop Hubble wurde das entsprechende Raumvolumen, das sich mit New Horizons nach dem Pluto-Vorbeiflug erreichen lässt, nach einem oder mehre-

## Was wissen wir von Pluto und seinen Monden?

Seit dem Jahr 2006 gehört der im Jahr 1930 entdeckte Pluto zur neugeschaffenen Klasse der Zwergplaneten und ist deren Prototyp. (134340) Pluto, so die offizielle Bezeichnung, weist einen mittleren Durchmesser von 2350 Kilometern auf und wird von dem 1978 entdeckten Mond Charon mit einem Durchmesser von rund 1200 Kilometern umrundet. Pluto wurde nach dem römischen Gott der Unterwelt benannt, Charon nach dem mythischen Fährmann über den Fluss Styx, die Grenze zur Unterwelt.

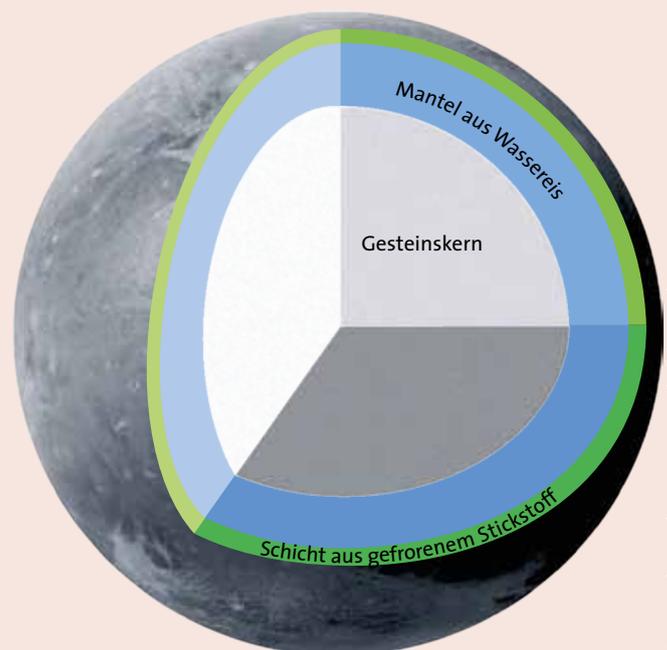
Pluto und Charon umlaufen einen gemeinsamen Schwerpunkt, der außerhalb beider Himmelskörper liegt; ihr mittlerer Abstand beträgt 22 000 Kilometer. Beide rotieren gebunden, das heißt, sie weisen sich stets die gleiche Seite zu. Da sie bei ihren Umläufen um den Schwerpunkt scheinbar starr aufeinander ausgerichtet sind, wird dies auch als Hantelrotation bezeichnet. Einem Beobachter auf Pluto erschiene Charon wie »festgenagelt« am Himmel, während sich der Himmelshintergrund bewegt. Von der anderen Plutohemisphäre aus ist Charon also niemals zu sehen. Der Schwerpunkt des Pluto-Charon-Systems liegt etwa 1200 Kilometer außerhalb von Pluto, da das Massenverhältnis von Pluto zu Charon etwa 8:1 beträgt. Zum Vergleich: Bei Erde und Mond liegt der gemeinsame Schwerpunkt rund 1600 Kilometer innerhalb des Erdkörpers und das Massenverhältnis der beiden Körper zueinander beträgt 81:1.

Pluto weist eine mittlere Dichte von rund zwei Gramm pro Kubikzentimeter auf und besteht hauptsächlich aus Wassereis und silikatischen Gesteinen; Charon ist wahrscheinlich ähnlich zusammengesetzt. Die Dichteangaben variieren in der Literatur zwischen 1,8 und 2,1 Gramm pro Kubikzentimeter. Darum gehen die Planetenforscher von einem Gehalt an silikatischem Gestein von 50 bis 70 Prozent aus. Der Eisanteil variiert demzufolge zwischen 30 und 50 Prozent. Die Masse von Pluto entspricht etwa 18 Prozent derjenigen des Erdmonds, Charon erreicht rund zwei Prozent der Mondmasse. Über den inneren Aufbau von Pluto und Charon ist kaum etwas bekannt. Theoretische Modelle sagen voraus, dass der Zwergplanet einen Kern aus Silikatgesteinen enthalten sollte, der von einem Mantel aus Wassereis umgeben ist (siehe Grafik unten).

### Helle und dunkle Flecken auf Pluto

Mit dem Weltraumteleskop Hubble gelang es im Jahr 2010, ausgeprägte helle und dunkle Flecken auf der Oberfläche von Pluto zu kartieren, deren Ursprung derzeit noch unbekannt ist (siehe Bildserie S. 34 oben). Insgesamt wirkt Plutos Oberfläche rötlich, während Charon in einem eher uniformen Grauton erscheint. Pluto wirft etwa 50 bis 70 Prozent des auftreffenden Sonnenlichts zurück. Die Oberfläche selbst besteht zum größten Teil aus gefrorenem Stickstoff, der durch organische Verbindungen verunreinigt

Über den inneren Aufbau von Pluto ist derzeit nur wenig bekannt: Die Modelle gehen von einem Gesteinskern aus, der von einem Mantel von Wassereis umgeben ist. Darüber könnte sich eine Schicht aus gefrorenem Stickstoff befinden.



NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institut / SuW-Graphic

### Die Bahndaten von Pluto und Erde im Vergleich

Parameter	Pluto	Erde	Pluto / Erde
große Halbachse (Millionen Kilometer)	5906,4	149,6	39,5
Umlaufperiode (Tage)	90465	365,26	247,68
Perihel (Millionen Kilometer)	4436,8	147,1	30,2
Aphel (Millionen Kilometer)	7375,9	152,1	48,5
mittlere Umlaufgeschwindigkeit (km/s)	4,67	29,78	0,16
Bahnneigung gegen die Ekliptik (Grad)	17,2	0,0	–
Exzentrizität der Umlaufbahn	0,249	0,017	14,90
Rotationsperiode (Stunden)	153,29	23,93	6,41

ist. Auch ließen sich in den Spektren des Zwergplaneten Hinweise auf gefrorenes Methan und Kohlenmonoxid auf der Oberfläche finden. Die mittlere Oberflächentemperatur von Pluto beträgt 33 Kelvin, beziehungsweise –229 Grad Celsius. Möglicherweise ähnelt die Oberfläche des Zwergplaneten derjenigen des Neptunmonds Triton, der bereits im Jahr 1989 von der Raumsonde Voyager 2 aus der Nähe untersucht wurde (siehe Bild unten).

Pluto umrundet die Sonne auf einer sehr exzentrischen Umlaufbahn einmal in 248 Jahren, welche die Bahn des äußersten Planeten Neptun berührt. Dennoch besteht keine Gefahr einer Kollision, da sich die beiden Himmelskörper in einer 3:2-Resonanz befinden: Während dreier Neptunumläufe um die Sonne umkreist Pluto unser Zentralgestirn zweimal. So ist sichergestellt, dass sich Neptun und Pluto niemals zu nahekommen können und die Umlaufbahn des Zwergplaneten auch über Milliarden Jahre hinweg stabil bleibt. Tatsächlich befinden sich zahlreiche kleinere Himmelskörper auf ähnlichen Bahnen wie Pluto und

### Pluto und Charon im Vergleich zur Erde

Parameter	Pluto	Charon	Erde	Pluto / Erde
Masse ( $10^{24}$ kg)	0,0131	0,0016	5,97	0,0022
Durchmesser (km)	2350	1200	12756	0,19
mittlere Dichte ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,8 – 2,1	1,8	5,51	0,33 – 0,26
Schwerebeschleunigung ( $\text{m}/\text{s}^2$ )	0,58	0,31	9,81	0,06
Fluchtgeschwindigkeit (km/s)	1,2	0,6	11,2	0,1
Anzahl Monde	5	–	1	–

### Die fünf Monde von Pluto

Mond	Charon	Nix	Hydra	Kerberos	Styx
Durchmesser (km)	1200	46–137	61–167	13–34	10–25
mittlerer Abstand zu Pluto (km)	19 600	48 700	64 750	59 000	42 000
Umlaufperiode (Tage)	6,39	24,9	38,2	32,1	20,2
Entdeckungsjahr	1978	2005	2005	2011	2012

weisen ebenfalls eine 3:2-Resonanz zu Neptun auf. Sie werden auch als Plutinos bezeichnet.

Der Zwergplanet ist von einer dünnen Atmosphäre umgeben, die am Boden einen Druck von etwa drei Mikrobar erzeugt, weniger als ein Millionstel des irdischen Luftdrucks. Die Atmosphäre besteht zum größten Teil aus molekularem Stickstoff; Beimengungen von Methan ( $\text{CH}_4$ ) wurden nachgewiesen. New Horizons soll bei ihrem Vorbeiflug genaue Profile der Atmosphäre und ihrer Zusammensetzung erstellen und Ausschau halten nach eventuellen Wolkenbildungen.



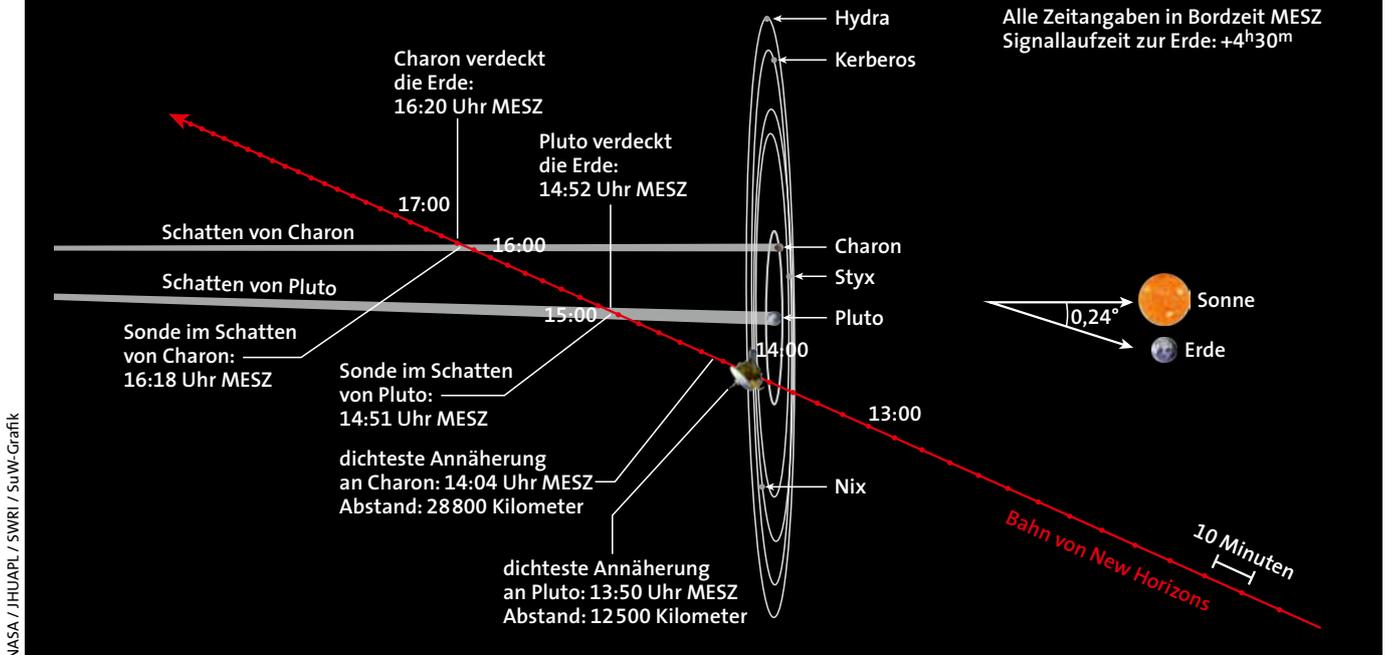
NASA / JPL-Caltech

Inwieweit ähnelt die Oberfläche des größten Neptunmonds Triton derjenigen des Zwergplaneten Pluto? Derzeit gilt Triton mit seiner Oberfläche aus gefrorenem Stickstoff als das beste Analogon zu Pluto. Das Bild nahm die Raumsonde Voyager 2 im August 1989 auf.

## Ein glatter Durchschuss durch die Zielscheibe

Wegen der großen Neigung des Plutosystems gegen seine Umlaufebene um die Sonne durchdringt New Horizons die Umgebung des Zwergplaneten wie eine Kanonenkugel die Zielscheibe. Die Sonde bewegt sich mit rund 50 000 Kilometer pro Stunde relativ zu Pluto. Am 14. Juli um 13:50 Uhr MESZ wird der geringste Abstand zu Pluto erreicht, schon 14 Minuten spä-

ter folgt Charon. Kurz nach Erreichen der geringsten Abstände zu Pluto und Charon durchfliegt New Horizons deren Schatten. Außerdem wird die Sonde von der Erde aus gesehen von beiden Himmelskörpern für wenige Minuten bedeckt. Mittels zur Erde gesandter Funkwellen sollen dabei die Atmosphären von Pluto und eventuell auch Charon im Detail untersucht werden.



NASA / JHUAPL / SWRI / SuW-Grafik

ren Zielobjekten durchmuster. Schließlich konnten die Astronomen drei kleine Kuipergürtelobjekte ausmachen, welche für die Sonde geeignet schienen. Sie erhielten die Bezeichnungen PT 1 bis PT 3; PT steht für Potential Target (englisch: mögliche Ziele). Sie umrunden die Sonne in einem mittleren Abstand von 44 Astronomischen Einheiten und haben Durchmesser zwischen 30 und 55 Kilometer.

Nachfolgende Untersuchungen zeigten, dass sich PT 2 doch nicht mit New Horizons ansteuern lässt. Hierfür wäre ein größeres Schubmanöver nötig, wofür aber an Bord

### *Nach der Passage von New Horizons wird das Plutosystem keine Terra incognita mehr sein.*

der Sonde nicht mehr genügend Treibstoff zur Verfügung steht. Die Entscheidung für PT 1 oder PT 3 wird im August 2015 nach dem Pluto-Vorbeiflug fallen.

Soll PT 1 angefliegen werden, so würde New Horizons am 1. Dezember 2015 ein Schubmanöver mit dem Bordantrieb durchführen und seine Geschwindigkeit um rund 60 Meter pro Sekunde erhöhen. Dann würde die Sonde am 2. Januar 2019 in

einem Abstand von wenigen 1000 Kilometern an PT 1 vorbeifliegen. Dabei würde die Sonde Bilder und Messdaten aufnehmen, wobei aussagekräftige Daten auch nur in einem kurzen Zeitraum von wenigen Stunden um die dichteste Annäherung anfielen.

Entscheiden sich die Missionskontrolleure dagegen für das Objekt PT 3, dann würde das Schubmanöver bereits am 1. Oktober 2015 durchgeführt und die Sonde um rund 115 Kilometer pro Sekunde beschleunigen. Die Passage des Zielobjekts würde dann am 15. März 2019 erfolgen. Während des Anflugs bis zum zweiten

Vorbeiflug wird sich New Horizons wieder überwiegend in Hibernation befinden.

Sollte New Horizons seine Pluto-Passage erfolgreich absolvieren, so wird dieser Zwergplanet neben Ceres zu den am besten erforschten Objekten seiner Klasse gehören. Auf jeden Fall wird es aufregend sein, diese Terra incognita am Rand unseres Sonnensystems zum ersten Mal kennen lernen zu dürfen.



**TILMANN ALTHAUS** ist seit 2002 Redakteur bei »Sterne und Weltraum« und betreut vor allem Themen zur Planetenforschung und Raumfahrt.

#### Weblinks



Charon umrundet Pluto:  
<http://bit.ly/1GxafOn>



Alle Rohbilder der LORRI-Kamera:  
<http://bit.ly/1cKwwAJ>

Dieser Artikel und Weblinks unter:  
[www.sterne-und-weltraum.de/artikel/1346947](http://www.sterne-und-weltraum.de/artikel/1346947)

**W I S** Didaktische Materialien:  
[www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285838](http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285838)



# ORION®



**KOSTENLOSER VERSAND AB €150\* oder €9.95 VERSANDKOSTENPAUSCHALE**  
Kostenloser Standardversand. Siehe Website für Details.

Kompaktes  
Orion® StarBlast-  
Refraktorteleskop, 62 mm  
#10149 €471.97



Apochromatischer Orion®  
ED80T CF-Triplet-Reflektor  
#9534 €1044.49



Orion® Präzisions-  
Zentrierungsadapter,  
2-auf-1,25-Zoll  
#52024 €57.83



Orion® SkyQuest™  
XT8 PLUS Dobson-  
Spiegelteleskop  
#8974 €578.40



Orion® SkyQuest™  
XT10i IntelliScope®-  
Dobson-Teleskop  
#10019 €909.72



Orion®-Teleskoptasche,  
gepolstert, 119 x 43 x 46 cm  
#15170 €135.68



Orion®-Premium-  
Zubehörsatz für Teleskope,  
32 Millimeter  
#8890 €202.15



Orion®-Mondfilter, 13 %  
Transmission, 32 Millimeter  
#5662 €22.45



Orion®  
SkyQuest™ XT6  
Classic-Dobson-Teleskop  
#8944 €348.16



Orion®  
Magnificent Mini  
AutoGuider Package  
#24781 €404.31



Orion®  
SkyQuest XT8g  
Computerized  
GoTo Dobsonian  
Teleskope  
#10134 €1179.27

*Einkaufen ist jetzt so einfach wie  
nie zuvor.*

Wenn Sie mehr über  
Produkte von Orion  
erfahren oder eine  
größere Auswahl  
entdecken möchten,  
schlagen Sie in unseren  
digitalen Online-  
Katalogen auf [www.  
OrionTelescopes.eu](http://www.OrionTelescopes.eu) nach.



## Vertrauen

Erwiesener Ruf für Innovationen, Zuverlässigkeit  
und Service... seit über 40 Jahren!

## Gutes Preis-/ Leistungsverhältnis

Erstklassige Produkte zu erschwinglichen Preisen.

## Große Auswahl

Umfangreiches Sortiment von preisgekrönten  
Produkten und Lösungen der Marke Orion.

## Kundenservice

Sie erhalten Orion Produkte auch über  
ausgewählte Händler, die eine professionelle  
Beratung und Betreuung nach dem  
Kauf anbieten.

*Die angezeigten Verkaufspreise sind aktuell  
mit Stand 28/04/15 von Orion. Bei den  
Produktpreisen ist die Mehrwertsteuer enthalten.  
Preisänderungen vorbehalten Bitte besuchen Sie  
[www.oriontelescopes.de](http://www.oriontelescopes.de), um die aktuellsten Preise  
anzuzeigen. Preise können je nach Händler und/oder  
aufgrund von Werbeaktionen abweichen.*



Orion StarMax-Mak-  
Cass-Spiegelteleskop mit  
Tischmontierung, 90 mm  
#10022 €235.84



Orion® StarBlast™  
4.5 -Spiegelteleskop,  
parallakt. Montierung  
#9798 €275.26



Parallaktische Orion®  
HDX110 EQ-G GoTo-  
Montierung mit Stativ  
#10011 €5054.04



Orion® Atlas EQ-G  
Computerized GoTo-  
Teleskopmontierung,  
computergestützt  
#24338 €1,684.67



Orion®  
SkyQuest™ XX16g  
GoTo-Dobson-  
Teleskop mit  
Gitterrohrrahmen  
#8968 €3,999.99



Orion®-  
Streulichtschutz  
f. XX16 Dobson-  
Teleskope  
(Gitterrohr)  
#15101 €171.08



Orion® SkyQuest™  
XX16g-Set mit  
gepolsterten  
Teleskoptaschen  
#15102 €471.97

Autorisierte  
Orion  
Händler

Astroshop  
[www.astroshop.de](http://www.astroshop.de)  
08191-94049-1

Teleskop-Service  
[www.teleskop-express.de](http://www.teleskop-express.de)  
089-1892870

Teleskop Austria  
[www.teleskop-austria.at/shop/](http://www.teleskop-austria.at/shop/)  
+43 (699) 1197 0808

OrionTelescopes.de

Besuchen Sie noch heute mit Ihrem  
Smartphone unsere Mobilgeräte-Website.