

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

# Erste Details von

## New Horizons erkundet das vielfältige System des Zwergplaneten

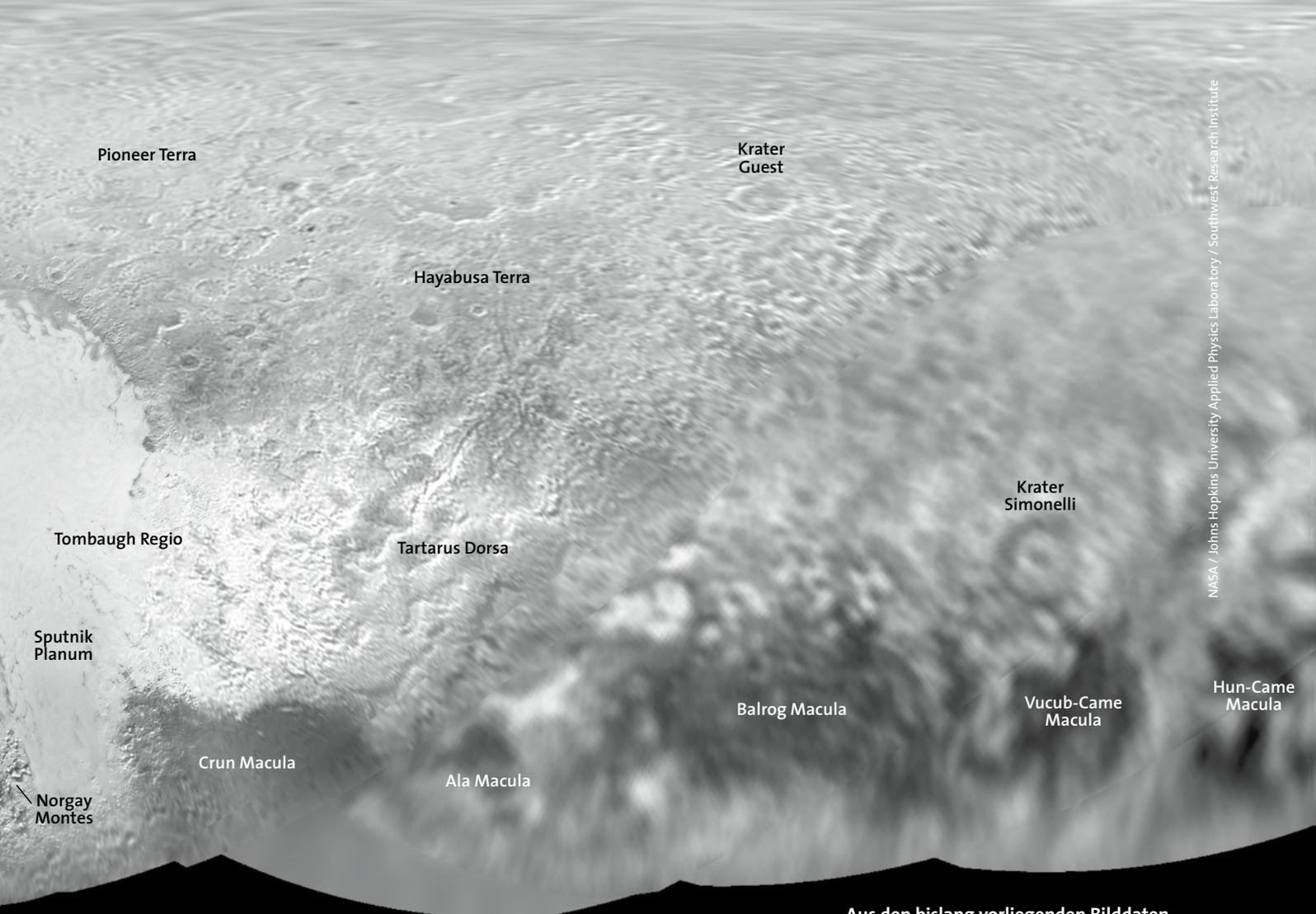
*Mit dem historischen Vorbeiflug von New Horizons an Pluto und seinen fünf Monden am 14. Juli 2015 kann die US-Raumfahrtbehörde NASA einen grandiosen Erfolg verbuchen. Die Raumsonde übermittelte faszinierende Messdaten und Bilder vom Plutosystem.*

Von Tilmann Althaus

**M**it Händen zu greifen war die Anspannung der beteiligten Wissenschaftler und Missionskontrolleure im Kontrollzentrum von New Horizons an der Johns Hopkins University (JHU) in Baltimore am Abend des 14. Juli 2015: Ihre Sonde sollte sich nach 22 Stunden geplanter Funkstille nach ihrer dichten Passage des Plutosystems zurückmel-

den. Pünktlich um 20:53 Uhr Ortszeit (02:53 Uhr MESZ am 15. Juli 2015) trafen die sehnlichst erhofften Funksignale ein, die bestätigten, dass New Horizons den Vorbeiflug heil überstanden hatte. Die Sonde funkte für rund 15 Minuten Daten zur Erde, die über ihren technischen Zustand und denjenigen ihrer sieben wissenschaftlichen Instrumente Auskunft gaben. Alle Werte belegten ein störungs-

frei arbeitendes Raumfahrzeug. Vor allem beruhigte die Forscher, dass die beiden Hauptdatenspeicher, für die Zeit des Starts im Jahr 2006 sehr fortschrittliche Solid-State-Disks (SSD) mit je acht Gigabyte, die zu diesem Zeitpunkt erwartete Menge an Daten enthielten. Nach diesem kurzen Funkkontakt schwenkte New Horizons ihre Instrumente zurück auf das rasch zurückweichende Pluto-Charon-



NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute

# Pluto

Aus den bislang vorliegenden Bilddaten von New Horizons konnte diese Karte der Plutooberfläche erstellt werden. Die Bildmitte dominiert die herzförmige Tombaugh Regio, der Süden von Pluto lag beim Vorbeiflug im Dunkel der Polarnacht. Wegen der langsamen Rotation von Pluto konnte die andere Hemisphäre des Zwergplaneten nur mit deutlich geringerer Auflösung erfasst werden und erscheint daher unscharf.



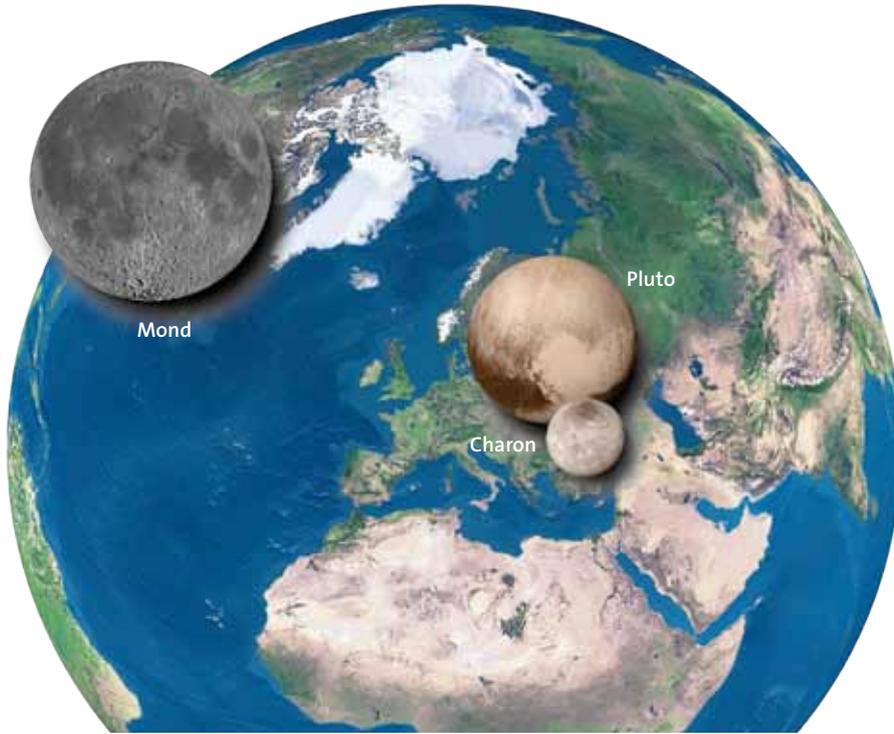
Animation des rotierenden Zwergplaneten Pluto:  
<https://goo.gl/OpoAIU>

System, um weitere Messdaten und Bilder aufzuzeichnen.

Jubel brandete im Applied Physics Laboratory an der JHU auf, die Menschen sprangen von ihren Sitzen, schwenkten US-Fähnchen und beglückwünschten sich. Auf jeden Fall waren die Daten an Bord. Nun war es nur noch eine Frage der Geduld, bis die ersten Ergebnisse eintreffen würden, denn New Horizons hatte ihr dicht gedrängtes Beobachtungsprogramm offenbar perfekt und ohne Störungen abgespult.

Zehn Tage davor hatten bei den Missionsverantwortlichen alle Alarmglocken geschallt, als die Sonde am 4. Juli 2015 urplötzlich in einen Sicherheitsmodus (englisch: safe mode) schaltete. Ein Pro-

grammierfehler hatte dafür gesorgt, dass der Bordcomputer bei der Datenverarbeitung überlastet war. Er aktivierte daraufhin sein identisches Ersatzgerät, wodurch der Sicherheitsmodus ausgelöst wurde. Dabei wurden alle nicht essenziellen Geräte einschließlich der wissenschaftlichen Instrumente abgeschaltet und die Sonde wartete auf Instruktionen von der Bodenstation. So war immerhin für drei Tage der Messbetrieb unterbrochen, womit etwa ein Prozent der während des Anflugs geplanten Messungen und Fotos ausfielen. Wäre so etwas in der kritischen Phase um die dichteste Annäherung passiert, dann wäre ein Großteil der für den Missionserfolg zwingend notwendigen Beobachtungen ausgefallen.



**Pluto und Charon sind im Vergleich zu Erde und Mond kleine Himmelskörper. Pluto erreicht mit 2370 Kilometern etwa zwei Drittel des Durchmessers des Erdmonds und hat rund 18 Prozent seiner Masse.**

New Horizons erreichte am 14. Juli 2015 um 13:49 Uhr MESZ Bordzeit mit nur 12470 Kilometern ihren geringsten Abstand zu Pluto und war damit etwa 70 Kilometer näher als geplant. Die Sonde war dabei 72 Sekunden zu früh dran, da sie sich relativ zu Pluto geringfügig schneller bewegte als erwartet. Dass nach einer Flugzeit von neuneinhalb Jahren und einer Reisedistanz von rund fünf Milliarden Kilometern, also der rund 33-fachen Distanz Erde–Sonne, nur eine so winzige Abweichung vom Flugplan auftrat, zeugt vom hohen Können und der präzisen Arbeit der Missionskontrolleure der NASA, die ihresgleichen sucht. Nur die Europäische Raumfahrtbehörde ESA kann mit ihrer aktuellen Mission Rosetta zum Kometen Tschurjumow-Gerasimenko und dem Vorbeiflug der Sonde Giotto am

Kometen Halley im Jahr 1986 mit etwas Vergleichbarem aufwarten.

Um das Optimum aus der äußerst knapp bemessenen Zeit um die größte Annäherung an Pluto und seine Monde herauszuholen, hatten die Missionsplaner schon vor langer Zeit beschlossen, dass New Horizons völlig autonom arbeiten sollte und während dieser Phase nicht im Funkkontakt zur Erde stehen würde (siehe SuW 7/2015, S. 32). Da alle sieben Instrumente fest am Sondenkörper montiert sind und über keine Mechanismen zum Schwenken verfügen, musste New Horizons jeweils auf das zu beobachtende Ziel – Pluto und seine Monde – ausgerichtet werden. Dabei war es aber nicht möglich, die Hauptantenne gleichzeitig in Richtung Erde zu orientieren. Ein Ein-

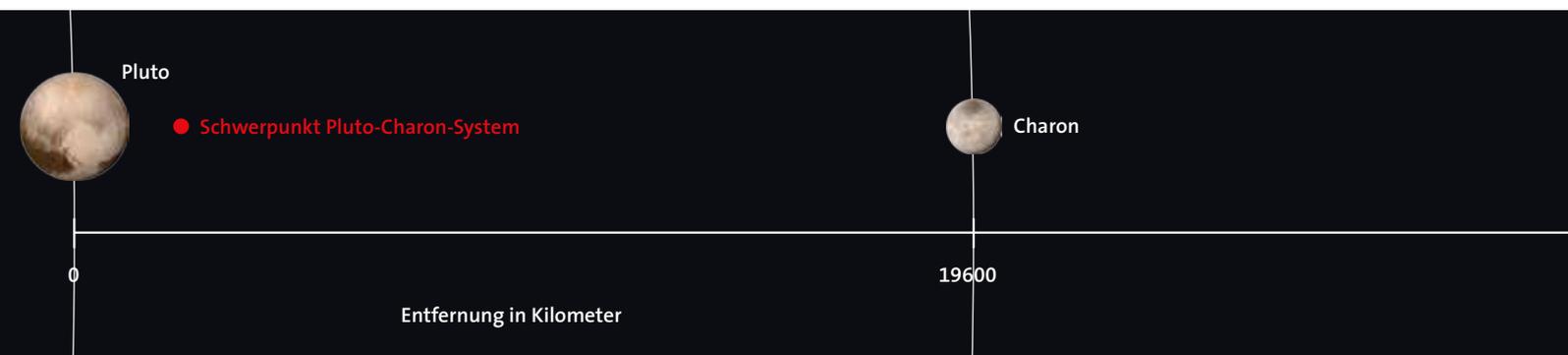
greifen von dort aus wäre sowieso sinnlos gewesen, denn für die Strecke von Pluto zur Erde und zurück benötigten die mit Lichtgeschwindigkeit reisenden Funkwellen rund neun Stunden. Somit waren alle Beteiligten für rund 22 Stunden zum Abwarten, Bangen und Hoffen verdammt.

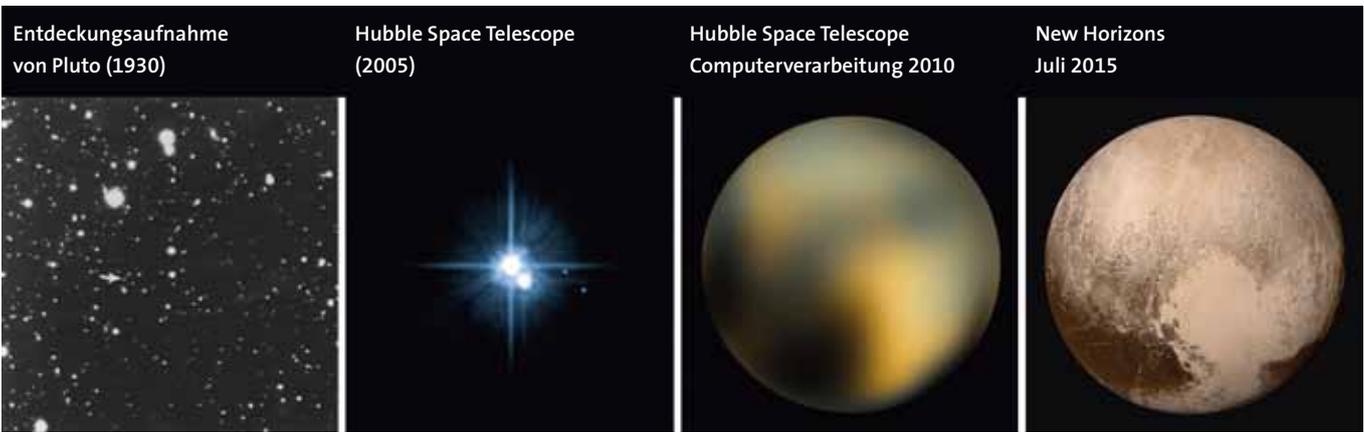
### Plutos großer Auftritt

Rund zehn Stunden nach der ersten Rückmeldung am 15. Juli 2015 stieg die Spannung erneut an: Die Sonde begann mit der Übertragung der ersten Bilder und Messwerte, von denen einige ausgewählte Ergebnisse noch am gleichen Abend der staunenden Presse und der interessierten Öffentlichkeit weltweit vorgestellt wurden. Zeigten sich schon in den Bildern, die von New Horizons im Vorfeld des Vorbeiflugs übermittelt hatte, viele interessante Dinge, so übertrafen die Detailfotos von Pluto alle Erwartungen (siehe S. 36).

Auf den Bildern aus der Anflugphase war eine helle Region entdeckt worden, deren Umrisse an ein Herz erinnerten. Sie wurde von den Projektwissenschaftlern von New Horizons kurze Zeit später inoffiziell Tombaugh Regio genannt – nach dem US-Astronomen Clyde Tombaugh (1906–1997), der den Zwergplaneten im Jahr 1930 im Rahmen einer systematischen Suche nach transneptunischen Planeten aufspürte.

Die Detailbilder enthüllten nun, dass sich in der hellsten Region dicke Schichten aus Eis befinden, an deren Rand steile Berge aufragen. Diese nach dem Erstbesteiger des Mount Everest Tenzing Norgay nun Norgay Montes genannten Berge sind bis zu 3500 Meter hoch und müssen aus Wassereis bestehen. Bei einer Zusammensetzung aus anderen Eisarten wäre das Material trotz seiner mittleren Temperatur von –230 Grad Celsius zu weich, um daraus Berge solcher Höhe und Steilheit zu formen. In diesem Bereich sieht man also auf die aus Wassereis bestehende Kruste des Zwergplaneten.





Lowell Observatory / NASA-STScI / Johns Hopkins University  
 Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute /  
 SuW-Grafik

### Charon und Kleinmonde im Blick

Auch Charon, Plutos bei Weitem größter Mond, machte auf den Bildern mächtig Eindruck bei den Wissenschaftlern. Auf ihm zeigten sich große Brüche, zahlreiche Einschlagkrater und eine dunkle Polkappe am Nordpol. Die Bruchzonen, die sich auf der Oberfläche des Mondes teilweise über mehr als 1000 Kilometer erstrecken, belegen eine innere geologische Aktivität (siehe Bild S. 30 oben). Offenbar wurde die Kruste von Charon über weite Strecken stark gedehnt, so dass sie schließlich einriss und sich lang gestreckte Grabenbrüche ähnlich dem Oberrheingraben in Südwestdeutschland bildeten. Allerdings sind diese Gräben mehrere Dutzend Kilometer breit und bis zu neun Kilometer tief. Einer der Gräben wurde am Rand der Mondscheibe fotografiert und erscheint dabei vor der Schwärze des Weltraums als eine tiefe Kerbe.

Vielleicht entstanden diese Brüche, als das Innere von Charon gefror, während der 1205 Kilometer große Himmelskörper nach und nach auskühlte und das in seinem Inneren befindliche Wasser schließlich zu Eis erstarrte. Dabei hätte es sich ausgedehnt und die Kruste bis zum Bruch gestreckt. Sowohl Charon als auch Pluto bestehen zu einem großen Teil aus Wassereis, wobei der Anteil je nach Modell zwischen 30 und 50 Prozent betragen könnte.

Die schon aus großem Abstand aufgefallene dunkle Polkappe des Mondes entpuppte sich aus der Nähe als eine dünne Schicht aus Kohlenwasserstoffen, die möglicherweise durch vulkanische Aktivitäten des Mondes entstanden war. In dem dunklen Gebiet lassen sich ältere Einschlagkrater und Bruchstrukturen erkennen, deren Formen durch die dunkle Oberflächenschicht kaum verändert werden. Das Areal erhielt die inoffizielle Bezeichnung Mordor nach der vulkanischen Region in der Fantasy-Erzählung »Herr der Ringe«.

Auch von den vier Kleinmonden machte New Horizons Aufnahmen (siehe Bild S. 30 unten). Kurz vor Redaktionsschluss dieser Ausgabe trafen erste Bilder von den Monden Nix und Hydra ein, die Einzelheiten ihrer Formen und Oberflächen erkennen lassen. Die beiden Monde stellten sich als unregelmäßig geformte Objekte heraus, die an Kartoffeln erinnern. Nix ist ein eiförmiger Himmelskörper und erstreckt sich über eine Länge von 42 Kilometern. Die maximale Breite liegt bei rund 36 Kilometern. Auf ihm zeigt sich ein ovaler Fleck, der rötlich erscheint, wohingegen der restliche Himmelskörper eher hellweiß ist. Der Fleck könnte ein größerer Einschlagkrater sein. Nix reflektiert etwa 45 Prozent des auftreffenden Sonnenlichts. Hydra ist noch unregelmäßiger geformt als Nix.

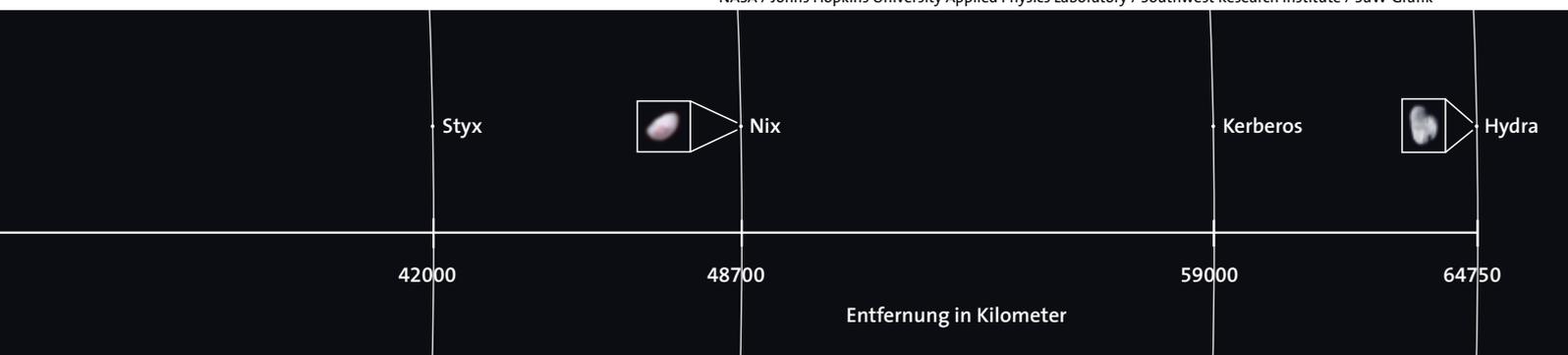
Von einem schwachen beweglichen Lichtpunkt vor dem Hintergrund des Sternenhimmels im Jahr 1930 wurde unser Bild des Zwergplaneten im Lauf der Jahrzehnte durch immer leistungsfähigere Teleskope und Aufnahmeverfahren stetig besser, bis uns schließlich New Horizons Pluto in seiner vollen Pracht enthüllte.



Pluto im Lauf der Jahrzehnte:  
<https://goo.gl/FWcc1u>

Das aus sechs Himmelskörpern bestehende System des Zwergplaneten Pluto ist recht kompakt. Pluto und Charon umrunden in einem Abstand von rund 20 000 Kilometern zueinander den gemeinsamen Schwerpunkt, der sich etwa 1200 Kilometer oberhalb der Plutooberfläche befindet. Deutlich weiter draußen umrunden die vier kleinen Monde Styx, Nix, Kerberos und Hydra den Schwerpunkt. Alle Objekte sind im richtigen Maßstab sowohl bei der Größe als auch den Abständen zueinander dargestellt.

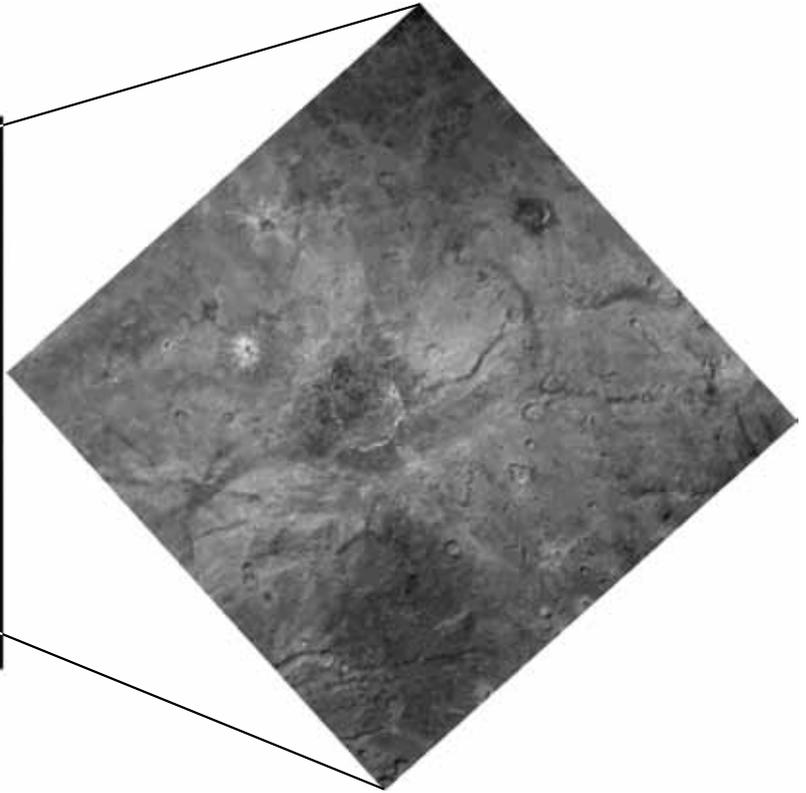
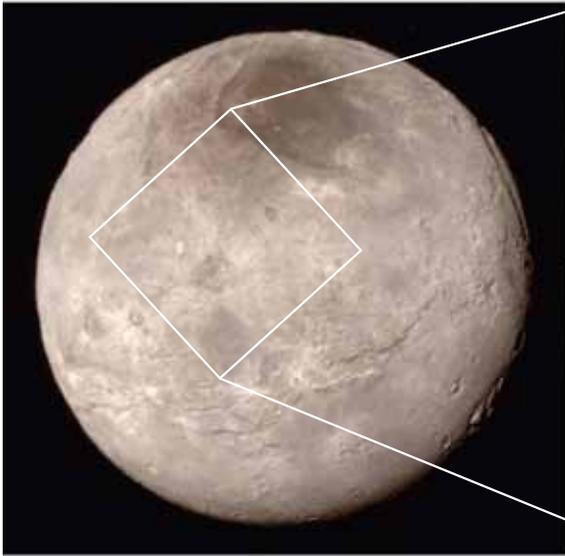
NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute / SuW-Grafik



Charon in Rotation:  
<https://goo.gl/vTfEc1>



NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute



**Links:** Aus einer Entfernung von 466 000 Kilometern nahm New Horizons den Pluto-Mond Charon mit einem Durchmesser von 1205 Kilometern auf. Auf seiner Oberfläche finden sich zahlreiche Einschlagkrater und eine dunkle Fläche am Nordpol. Deutlich lässt sich ein System aus Grabenbrüchen erkennen, das sich rund 1000 Kilometer über die Oberfläche zieht. Am rechten Rand des Mondes zeigt sich bei etwa »2 Uhr« eine Bruchlinie als tiefe Kerbe.

**Rechts:** Ein Rohbild der Charon-Oberfläche lässt Details der Grabenbrüche und einen großen Einschlagkrater erkennen. Die Aufnahme entstand aus einer Entfernung von rund 100 000 Kilometern und wurde stark komprimiert übertragen. Daher enthält sie noch viele Bildartefakte.

Sie ist nach den bisherigen Auswertungen etwa 55 Kilometer lang und bis zu 40 Kilometer breit. Auf ihrer Oberfläche finden sich zahlreiche Einschlagkrater. Von den kleineren Monden Kerberos und Styx liegen bisher noch keine Bilder vor.

New Horizons übermittelte bis zum 20. Juli 2015 eine erste Auswahl an Bildern und Messdaten, von denen nach und nach weitere Einzelheiten veröffentlicht wurden. Seit dem 21. Juli konzentrieren sich die Übertragungen der Sonde auf die Messdaten der nicht bildgebenden Instrumente, deren Auswertung länger dauert. Die Bildübertragung wurde hierfür bis Mitte September 2015 unterbrochen.

Die bis dato zur Erde übermittelten Bilder stellen nur etwa zwei bis drei Prozent der an Bord gespeicherten Aufnahmen dar und wurden teilweise stark komprimiert,

um Datenvolumen und damit Übertragungskapazität zu sparen. Somit finden sich auf vielen Fotos deutliche Artefakte der verlustbehafteten Kompression (siehe Bild oben). Sie war notwendig, um in den wenigen Tagen nach dem Vorbeiflug überhaupt eine signifikante Auswahl an Aufnahmen für die neugierigen Wissenschaftler und die hochgespannte Öffentlichkeit zur Erde funken zu können.

New Horizons übertrug ihre Daten zunächst mit einer äußerst geringen Rate von 128 Byte pro Sekunde, ab Ende Juli 2015 konnte die Datenrate dann auf 256 Byte pro Sekunde verdoppelt werden. Obwohl für den Empfang der Daten von New Horizons die drei 70-Meter-Antennen des Deep-Space-Networks der NASA mit Vorrang zum Einsatz kommen, wird es voraussichtlich bis Ende 2016 dauern, bis das letzte an Bord gespeicherte Bit vom Vorbeiflug die Erde erreichen wird.

Dies sind die derzeit besten Aufnahmen der beiden Kleinmonde Nix und Hydra. Der rötliche Fleck auf Nix könnte ein Einschlagkrater sein. Auf Hydra sind mehrere Einschlagkrater zu erkennen.



NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute

### Wie aktiv sind Pluto und Charon?

Schon während der Vorstellung der Bilder auf mehreren Pressekonferenzen drängte sich die Frage in den Vordergrund, ob sowohl Pluto als auch Charon innere geologische Aktivität aufweisen, die noch heute andauert (siehe Bild S. 26). Auf den Detailfotos der Plutooberfläche, die nach und nach veröffentlicht wurden, zeigten sich große Areale, die völlig frei von Einschlagkratern sind. Dies gilt insbesondere für den hellsten Teil von Tombaugh Regio, der sich als eine weit gehend glatte Ebene



# Ein Triplet-Apo für fantastische Astrofotos

2490,-



omegon

## 104/650 ED-Apochromat

- » Triplet-Objektiv mit FPL-53 und FPL-51 Elementen
- » farbreine Abbildung und herausragender Kontrast
- » 2"/1,25" Reduzierung und M74 Gewinde
- » Field Flattener optional für nur 200,- Aufpreis (statt 279,-)



Sicherer Transport  
in mitgelieferter  
Alubox



2,9" Crayford-  
Okularauszug mit  
Diagonal-Zahntrieb  
und 1:10 Mikrofokus

45634

Direkt zum Produkt durch Eingabe der Artikelnummer ins Suchfeld auf Astroshop.de!

omegon

### Proteus 120 MCI



349,-  
249,-

- » Hoheempfindlicher Aptina Chip (monochrom)
- » großes Bildfeld und hohe Auflösung
- » inkl. ST 4 Autoguider Port

44975

omegon

### Capture CCD Sets



449,-

- » Hoheempfindlicher CCD-Chip
- » Extrem kurze Belichtungszeiten
- » Einfacher Anschluss an das Teleskop durch 1,25" Anschluss
- » In S/W- oder Farb-Variante erhältlich

45309, 45310

omegon

### Reducer 0,5-fach



49,90

- » Zum Einschrauben in Filtergewinde
- » Vergrößern Sie das Bildfeld Ihrer Webcam
- » Nutzen Sie den Reducer visuell mit einem Okular

33219

omegon

### Off-Axis Guider



149,-

- » Für punktförmige Astrofotos
- » Spart Gewicht: Wiegt nur 200g
- » Einfacher Anschluss an das Teleskop durch 2" Anschluss

33139

omegon

### Field Flattener



299,-  
279,-

- » Bildfeldebhnung für Refraktoren
- » Geeignet für Teleskope von f/4 bis f/8
- » M48 Gewinde für vollständige Ausleuchtung von 2"

43761

omegon

### 2" Projektionsadapter



99,-

- » Verwendung auch vieler 1,25" Okulare mit größeren Durchmessern möglich
- » "Zoom-Effekt" dank Änderung des Projektionsabstandes
- » Ringklemmung über zwei Schrauben verhindert Verkippungen

33220



- » Alle Marken
- » 3.000 m<sup>2</sup> Lager, viele Artikel sofort lieferbar
- » Persönliche Beratung vor Ort, am Telefon und per E-Mail
- » Service auch nach dem Kauf
- » Eigene Werkstatt mit optischer Bank

### Kontakt

**Telefon**  
+49 8191 94049-1

**E-Mail**  
service@astroshop.de

**Adresse**  
Astroshop.de - c/o nimax GmbH  
Otto-Lilienthal-Straße 9 · 86899 Landsberg  
Direkt an der A96 und B17, ca. 30min von Augsburg und München.

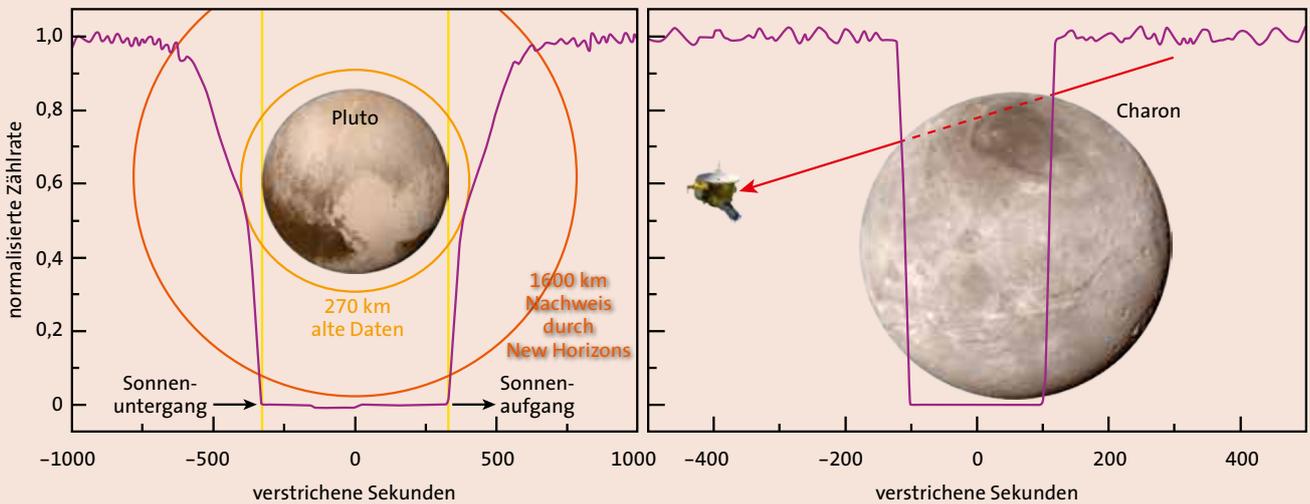
**Öffnungszeiten**  
Montag - Freitag  
09:00 Uhr - 12:30 Uhr / 13:30 Uhr - 17:00 Uhr  
jeden ersten Samstag im Monat  
10:00 Uhr - 16:00 Uhr

Damit wir uns genug Zeit für Sie nehmen können, rufen Sie bitte immer vor Ihrem Besuch bei uns an und vereinbaren einen Termin.  
*Vielen Dank*

## Die Atmosphäre von Pluto

Kurze Zeit nach der größten Annäherung an Pluto trat die Raumsonde New Horizons in den Schatten von Pluto (links) und später von Charon (rechts) ein. Sie beobachtete dabei mit dem Ultravioletspektrometer Alice die Sonne, wie sie von den beiden Himmelskörpern bedeckt wurde. Bei Pluto zeigte sich ab einem Abstand von 1600 Kilometern zur Oberfläche eine

deutliche Verringerung der ultravioletten Strahlung der Sonne, sie verstärkt sich ab einer Höhe unterhalb von 270 Kilometern. Schließlich bedeckt der feste Planetenkörper die Sonne. Beim Austritt wiederholte sich das Schauspiel in umgekehrter Reihenfolge. Bei Charon fand sich dagegen keinerlei Atmosphäre, hier wurde die Sonne ohne vorherige Verdunklung ausgeblendet.



aus einer Mischung von verschiedenen Eisarten herausstellte. Nach dem ersten künstlichen Erdsatelliten erhielt sie den inoffiziellen Namen Sputnik Planum (siehe S. 36). Untersuchungen mit den abbildenden Spektrometern Alice und Ralph zeigten, dass die Oberfläche von Sputnik Planum eine Mischung aus gefrorenem Stickstoff ( $N_2$ ), Methan ( $CH_4$ ) und Kohlenmonoxid ( $CO$ ) ist (siehe SuW 7/2015, S. 36). Tatsächlich konnte nur in diesem Gebiet der Plutooberfläche gefrorenes Kohlenmonoxid mit den Spektrometern nachgewiesen werden, überall sonst fehlt es.

Am Rand von Sputnik Planum zeigen sich Strukturen, die auf ein langsames Fließen wie bei irdischen Gletschern schließen lassen. Es sind schlierenartige Formen, die nur durch eine plastische Deformation zu Stande kommen können. Tatsächlich sind gefrorene Mischungen aus den genannten Gasen trotz der sehr niedrigen Temperatur von rund  $-230$  Grad Celsius auf Pluto so weich, dass sie selbst bei der im Vergleich zur Erde kleinen Schwerebeschleunigung auch schon bei geringen Höhenunterschieden zu fließen beginnen.

Die Oberfläche von Sputnik Planum ist in rundliche polygonale Strukturen unterteilt, die zwischen 20 und 30 Kilometer groß sind. Dazwischen befinden sich

schmale Gräben, die teilweise sehr dunkles Material enthalten. An manchen Stellen der Eisdecke zeigen sich Tausende von kleinen länglichen Gruben, die den betroffenen Gebieten ein angeätztes Aussehen verleihen. Möglicherweise sind hierfür Sublimationsvorgänge verantwortlich, also das direkte Verdampfen von gefrorenen Gasen. Während der dichtesten Annäherung von Pluto an die Sonne, als der Zwergplanet von 1979 bis 1999 unserem Zentralgestirn näher war als der äußerste Planet Neptun, lagen die Oberflächentemperaturen um bis zu  $20$  Grad Celsius höher als heute. Durch diese Erwärmung konnte sich ein Teil der in Sputnik Planum ausgefrorenen Gase in die Atmosphäre verflüchtigen.

Am westlichen Rand von Sputnik Planum erfasste New Horizons eine dunklere Region, in der sich zahlreiche gut erhaltene Einschlagkrater finden. Manche von ihnen enthalten eine Füllung aus hellem Eis, andere lassen gut erhaltene Zentralberge erkennen. Offenbar ist Sputnik Planum eine geologisch sehr junge Region, die auf einer deutlich älteren Kruste aufliegt. Wie diese Eismassen aber dorthin gekommen sind, ist ein großes Rätsel. Eine Möglichkeit wäre, dass es trotz der dünnen Atmosphäre von Pluto zur Kondensation von verschiedenen Arten von Schnee kommt,

der sich über lange Zeiträume hinweg an manchen Gebieten der Oberfläche ablagert. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass die Eismassen in flüssiger Form aus dem Inneren von Pluto an die Oberfläche kamen. Damit ließen sich auch die beobachteten Fließvorgänge erklären.

Betrachtet man die hoch aufgelösten Globalaufnahmen von Pluto genauer, so lassen sich auf der Oberfläche neben zahlreichen Einschlagkratern in unterschiedlichen Erhaltungszuständen auch Bruchlinien ausmachen, die sich über Hunderte von Kilometern erstrecken (siehe S. 36). Auch auf Pluto hat es wie auf Charon Dehnungsvorgänge in der Kruste gegeben, wodurch es zu Brüchen kam. Die Bruchlinien sind aber offenbar relativ alt, denn sie sind immer wieder von Einschlagkratern überlagert.

### Ist die Oberfläche von Pluto wirklich jung?

Manche der Wissenschaftler von New Horizons vertreten die Ansicht, dass Pluto überwiegend eine geologisch sehr junge Oberfläche hat, die in vielen Regionen weniger als 100 Millionen Jahre alt ist. Dies entspräche nur etwa zwei Prozent des Alters des Sonnensystems von 4,57 Milliarden Jahren. Allerdings stellt sich die Frage, ob Pluto und Charon wie die Himmelskörper

per innerhalb der Bahn des äußersten Planeten Neptun überhaupt das so genannte Späte Schwere Bombardement (englisch: late heavy bombardment) erlebt haben. Vor etwa 3,9 Milliarden Jahren kam es im Sonnensystem zu einer extrem erhöhten Häufigkeit von Einschlägen kleinerer Himmelskörper auf die Oberflächen der erdähnlichen Planeten und der Monde der Gasriesen. Auch die Gasplaneten selbst erhielten viele Treffer, aber davon blieben natürlich keine Spuren zurück (auch die Einschlagspuren der Fragmente von Komet Shoemaker-Levy 9 im Jahr 1994 waren innerhalb von wenigen Monaten von Jupiters Wolkenoberfläche verschwunden).

Von dieser Zeit zeugen auf den Welten mit fester Oberfläche Tausende von Einschlagkratern, denen besonders die atmosphärenlosen Himmelskörper wie der Mond oder Merkur ihr kratervernarbtes Aussehen verdanken. Als Ursache nehmen viele Forscher ein »Großreinemachen« des Sonnensystems nach der Bildung der Planeten an. Insbesondere die massereichen Gasriesen fegten mit ihrer Schwerkraft die übrig gebliebenen Relikte der Planetenentstehung davon, die daraufhin entweder in Richtung Sonne drifteten oder in die kalten und dunklen Außenbezirke des Sonnensystems verbannt wurden. Dabei stießen viele der Objekte mit den Planeten und ihren Monden zusammen und hinterließen Krater. Während dieser

## *Auf Pluto und Charon gab es Dehnungsvorgänge in den Krusten, die auf eine innere geologische Aktivität deuten.*

Zeit könnten Uranus und Neptun durch gravitative Wechselwirkungen untereinander und mit den kleineren Körpern ihre Bahnen getauscht haben. Uranus wanderte dabei nach innen, während der etwas massereichere Neptun zum äußersten Planeten wurde.

Dabei wurde auch Pluto in einer 3:2-Resonanz zu Neptun gefangen. Sie hat bis heute Bestand und bewahrt den Zwergplaneten vor einer fatalen Kollision mit dem Gasriesen. Eine 3:2-Resonanz bedeutet, dass Neptun drei Umläufe um die Sonne vollführt, während Pluto diese in der gleichen Zeit zweimal umläuft. Es stellt sich dabei die Frage, ob Pluto schon früh nach außen befördert wurde und daher nicht mehr mit so vielen kleineren Himmelskörpern zusammenstieß. Somit könnte auch eine Oberfläche mit einer eher geringen Anzahl an Einschlagkratern

ein hohes Alter von mehreren Milliarden Jahren aufweisen. Erst wenn alle Bilddaten von New Horizons verlustfrei übertragen sind, sollte es möglich sein, anhand der Einschlagkrater eine Altersstatistik zu erstellen. Dann ließe sich das Alter der Oberflächen von Pluto und Charon wesentlich sicherer ermitteln.

### **Pluto bedeckt die Sonne**

Kurz nach der dichtesten Annäherung trat New Horizons in den Schatten des Zwergplaneten ein und beobachtete mit dem Ultraviolett-Spektrometer Alice, wie die Sonne hinter Pluto verschwand (siehe Kasten S. 32). Dabei maß das Instrument kontinuierlich die Stärke der eintreffenden Sonnenstrahlung. Ergebnis: Schon in einem Abstand von 1600 Kilometern zur Oberfläche machte sich die dünne, überwiegend aus Stickstoff mit Beimengungen von Methan bestehende, bereits aus Teleskopbeobachtungen bekannte Atmosphäre des Zwergplaneten durch eine geringfügige Abnahme der Intensität bemerkbar.

Damit stellte sie sich als wesentlich ausgedehnter heraus, denn erdgebundene Messungen hatten eine Obergrenze bei etwa 270 Kilometer über der Oberfläche ergeben. Ab hier verstärkte sich die Abnahme der solaren Strahlung deutlich, bis die Sonne hinter dem Himmelskörper verschwand. Dies wiederholte sich in umgekehrter Reihenfolge, als die Plutokugel

die Sonne nach wenigen Minuten für New Horizons wieder freigab. Die große Ausdehnung der Gashülle lässt sich mit der geringen Schwerkraft des Zwergplaneten erklären, die nur rund sechs Prozent der irdischen Schwerkraft beträgt. Pluto kann seine Atmosphäre nicht auf Dauer festhalten, trotz der geringen Temperaturen entweichen die Gase nach und nach ins All.

Auch bei Charon beobachtete Alice eine Bedeckung der Sonne. In den bislang vorliegenden Daten zeigen sich aber keinerlei Hinweise auf eine Atmosphäre. Die Sonne verschwindet sehr schnell hinter dem Trabanten, ohne zuvor abgeschwächt zu werden. Die Ein- und Austritte der Sonne verliefen auch bei Charon praktisch spiegelbildlich (siehe Kasten S. 32).

Bei der Passage von Plutos Schatten und auch danach blickte die Sonde auf die Nachtseite des Planeten, die von einem

## **Canon EOS 700Da & 1200Da für die Astrofotografie!**

Ob mit Kameraobjektiv oder am Teleskop: Modifizierte Canon EOS DSLR Kameras bieten Ihnen einen einfachen Einstieg in die Astrofotografie!



### **Die Vorteile im Überblick:**

- etwa fünffach höhere Empfindlichkeit bei H-alpha und SII
- Infrarot Blockung der Kamera bleibt vollständig erhalten
- kein Einbau eines teuren Ersatzfilters
- mit Astronomik OWB-Clip-Filter uneingeschränkt bei Tag nutzbar
- auch ohne Computer am Teleskop einsetzbar
- 14 Bit Datentiefe im RAW-Format
- 18 Megapixel
- bei der 700Da: Erhalt des EOS Integrated Cleaning System
- bei der 700Da: Dreh- und schwenkbarer Bildschirm
- kompatibel mit vielen gängigen Astronomieprogrammen
- voller Erhalt der Herstellergarantie



Weitere Modelle auf Anfrage im Angebot. Wir bauen auch Ihre bereits vorhandene Kamera um!

**Canon EOS 700Da € 769<sup>00</sup>\***

**Canon EOS 1200Da € 549<sup>00</sup>\***

\* Tagespreis vom 24. Juli 2015

**astro-shop**

Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg

Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94

www.astro-shop.com

hell leuchtenden Ring umgeben war (siehe Bild unten). Hier zeigte sich die dünne Plutoatmosphäre durch das von ihr gestreute Sonnenlicht besonders deutlich. Ähnliche Erscheinungen haben Raumsonden schon beim Saturnmond Titan und bei der Venus beobachtet, die allerdings über sehr dichte Atmosphären verfügen.

In der Plutoatmosphäre machten die Forscher mehrere Dunstschichten aus. Eine befindet sich etwa in 50 Kilometer Höhe über der Oberfläche, eine weitere in 84 Kilometer Höhe. Noch bis in eine Höhe von etwa 130 Kilometern zeigten

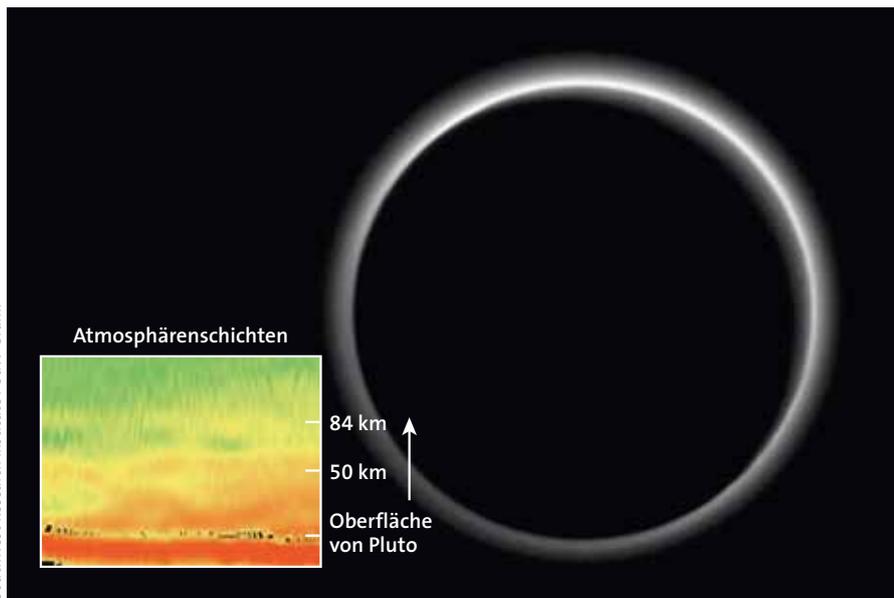
sich dünne Dunstschleier. Die hohen Aerosolschichten waren für die Forscher eine Überraschung, denn theoretische Modelle hatten im Vorfeld des Vorbeiflugs vorausgesagt, dass sie in der Plutoatmosphäre nur etwa bis in Höhen von 30 Kilometern auftreten sollten. Darüber sei die Dichte der Gashülle zu gering und die sie aufbauenden Moleküle und Atome bewegen sich zu schnell, sind also zu warm, um Dunstschichten zu erlauben. Hier ist also von theoretischer Seite noch einiges zu tun, um die Beobachtungen zu verstehen.

Die Forscher vermuten, dass die Dunstschichten Stoffe wie Ethan und Acetylen enthalten, die durch fotochemische Reaktionen in der Plutoatmosphäre entstehen. Die ultraviolette Strahlung der Sonne spaltet die in der Atmosphäre vorhandenen Beimengungen von Methan, dem einfachsten Kohlenwasserstoff, und sorgt somit dafür, dass sich die entstehenden Bruchstücke zu größeren organischen Molekülen zusammenschließen können. Dies ist insofern erstaunlich, da die Sonne nur mit einem 900stel der Intensität in Erdnähe an Plutos Himmel leuchtet. Die Kohlenwasserstoffe reagieren noch weiter, bis sich schließlich riesige Makromoleküle bilden, die als Tholine bezeichnet werden. Diese kondensieren in den tieferen und kalten Schichten der Plutoatmosphäre zu feinen Partikeln, die nach und nach auf die Oberfläche des Zwergplaneten absinken. Viele Tholine haben eine ausgeprägte rötlich-braune Farbe, wodurch sich möglicherweise die rötliche Färbung der Plutooberfläche erklären ließe. Diese verleiht dem Zwergplaneten ein Erscheinungsbild, das deutlich an den Mars erinnert – der aber durch oxidiertes Eisen, also Rost, seine Farbe erhielt.

### Mit Radiowellen die Plutoatmosphäre sondieren

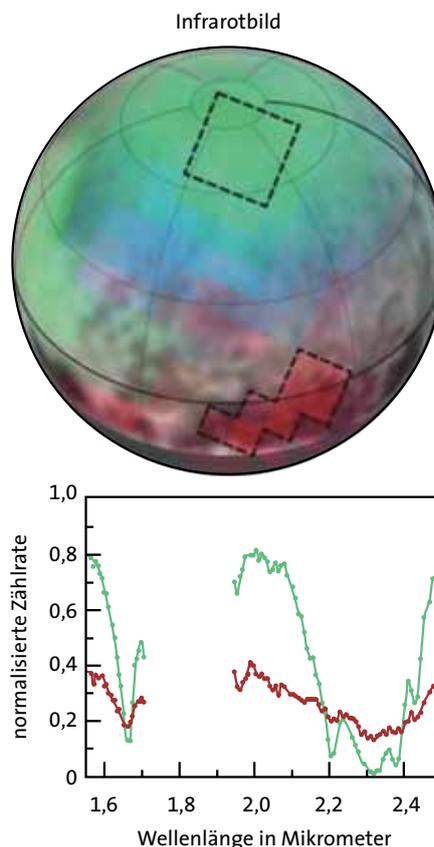
Eine bislang einzigartige Messmethode, um die Dichte der Plutoatmosphäre zu bestimmen, nutzte das Experiment REX, als Pluto und Charon von New Horizons aus gesehen hintereinander die Erde bedeckten. Das »Radio EXperiment« empfing Radiowellen, die von der Erde aus mittels zweier Antennen des Deep-Space-Networks der NASA mit einer Sendeleistung von 80 Kilowatt in Richtung Pluto gesandt wurden. REX verwendete die Hauptantenne von New Horizons, um das schwache Signal von der Erde zu empfangen und registrierte dabei die Veränderungen, welche die Funkwellen beim Durchdringen der Plutoatmosphäre erfuhren. Daraus ließ sich der Luftdruck auf der Plutooberfläche berechnen, er beträgt weniger als 0,01 Millibar, also etwa ein Hunderttausendstel des irdischen Luftdrucks. Damit ist er nur etwa halb so hoch, wie es vorige erdgebundene Messungen ergeben hatten. Normalerweise werden solche Durchdringungsexperimente genau umgekehrt durchgeführt, in dem die betreffende Raumsonde bei einer Bedeckung durch das Zielobjekt mittels ihrer Hauptantenne

NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute / SuW-Grafik

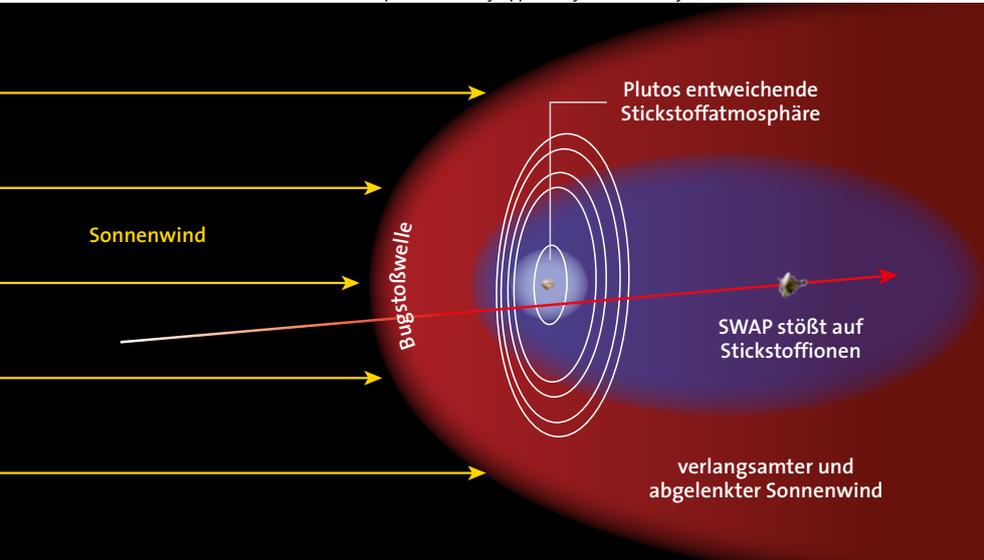


Die dünne Atmosphäre von Pluto leuchtete im gestreuten Licht, als New Horizons einige Stunden nach der dichtesten Annäherung am 15. Juli 2015 auf die Nachtseite des Zwergplaneten blickte. Eine spezielle Bildverarbeitung enthüllt zwei Dunstschichten in 50 und 84 Kilometer Höhe über der Plutooberfläche (Inset).

Mit dem Infrarotspektrometer Ralph wurde die Oberfläche von Pluto in vielen infraroten Wellenlängen erfasst. Im Diagramm unten sind zwei ausgewählte Gebiete als Spektrum wiedergegeben, die grüne Linie bezieht sich auf das quadratische Gebiet oben in Polnähe, die rote auf die verwinkelte Region am Äquator. In der grünen Kurve zeigen sich ausgeprägte Absorptionslinien von Methan, das an der Oberfläche ausgefroren ist. Bei der roten Linie sind die Banden sehr viel schwächer, diese Region enthält nur wenig Methan.



NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute / SuW-Grafik



Wie ein riesiger Komet zieht der Zwergplanet Pluto einen langen Schweif aus Stickstoffionen hinter sich her. Der Sonnenwind trifft auf das von Pluto abströmende Stickstoffgas und wird dabei abgebremst und um den Zwergplaneten herumgelenkt. Zudem wird der Stickstoff durch die ultraviolette Strahlung der Sonne elektrisch aufgeladen. Der Druck des Sonnenwinds sorgt dafür, dass sich aus den Stickstoffionen ein langer Schweif ausbildet. Seine Länge ist unbekannt, könnte aber mehrere Millionen Kilometer betragen.

ne eine unmodulierte Trägerwelle genau bekannter Frequenz und Stärke sendet, die dann auf der Erde mit großen Antennen empfangen wird. New Horizons ist die erste Raumsonde, welche hierfür auf einen Sender auf der Erde setzte.

Mit dem Massenspektrometer PEPSSI wurden schon fünf Tage vor dem Vorbeiflug erste Stickstoffionen aus der Plutoatmosphäre nachgewiesen, als New Horizons noch rund sechs Millionen Kilometer vom Zwergplaneten entfernt war. Aus den beim Vorbeiflug gemessenen Werten ergibt sich, dass Pluto rund 140 Kilogramm Stickstoff pro Sekunde in den umgebenden Weltraum abgibt. Die Stickstoffmoleküle ( $N_2$ ) werden durch die ultraviolette Strahlung der Sonne in ihre Atome aufgespalten und dabei elektrisch aufgeladen, also ionisiert.

Diese treten daraufhin in Wechselwirkung mit dem Sonnenwind, einem von unserem Zentralgestirn ausgehenden schnellen Strom aus Ionen. Dabei bildet sich vor dem Himmelskörper eine Bugstoßwelle aus, wo die schnellen Partikel aus dem Sonnenwind abgebremst und um den Zwergplaneten herum abgelenkt werden. Über Milliarden von Jahren hinweg könnte Pluto seit seiner Entstehung so eine bis zu 300 Meter mächtige Schicht aus gefrorenem Stickstoff ins All verloren haben. Vermutlich wird der Stickstoff aus seinem Inneren nachgeliefert und sichert so den Bestand der dünnen Plutoatmosphäre.

Der Druck des Sonnenwinds sorgt zudem dafür, dass der von Pluto abströmende Stickstoff einen langen Schweif bildet, der sich über mehrere Millionen Kilometer hinter dem Zwergplaneten erstreckt (siehe Grafik oben). In dieser Hinsicht

ähnelt Pluto einem riesigen Kometen. Vergleichbare Schweife fanden sich auch schon bei der Venus und dem Mars. Nach dem Vorbeiflug kreuzte New Horizons diesen Schweif in einem Abstandsbereich von 77 000 bis 109 000 Kilometern zu Pluto und untersuchte ihn mit den Instrumenten PEPSSI und SWAP (siehe SuW 7/2015, S. 36). Noch ist nicht geklärt, ob Pluto ein eigenes Magnetfeld aufweist. Dies wäre ein Beleg für einen im Inneren zumindest teilweise aufgeschmolzenen Zwergplaneten. Dazu müssen auch noch die Messungen des Schwerfelds bei der dichtesten Annäherung ausgewertet werden, die Rückschlüsse auf den inneren Aufbau zulassen.

### Auf zu einem neuen Ziel!

Wie geht es nun weiter mit New Horizons? Am 30. Juli 2015 machte die Sonde ihre letzten Bilder des schon wieder weit entfernten Zwergplaneten, um sich danach hauptsächlich auf die Übertragung der an Bord gespeicherten Messdaten zu konzentrieren. Für Navigationszwecke wird die Sonde gelegentlich Bilder von Pluto und Charon aufnehmen, sie werden dann aber nur noch als leuchtschwache Punkte erscheinen. Im August 2015 werden die Verantwortlichen der Mission entscheiden, zu welchem weiteren, kleinen Mitglied des Kuipergürtels New Horizons fliegen wird – zwei stehen zur Wahl. Im Frühjahr 2019 soll New Horizons ein Objekt mit einem Durchmesser von rund 50 Kilometern aus der Nähe erkunden, dafür müssen aber bei der NASA noch die dafür benötigten Finanzmittel beantragt und genehmigt werden. Angesichts des grandiosen Erfolgs bei Pluto dürfte dies wohl kein ernsthaftes Problem mehr darstellen. ©



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

### Literaturhinweise

**Althaus, T.:** New Horizons auf dem Weg zu Pluto. In: Sterne und Weltraum 3/2006, S. 14 – 15

**Althaus, T.:** New Horizons: Stippvisite im Jupitersystem. In: Sterne und Weltraum 7/2007, S. 22 – 23

**Althaus, T.:** Vorstoß zu Pluto. In: Sterne und Weltraum 7/2015, S. 32 – 40

Alles Wissenswertes zu Pluto einschließlich der Rohbilder finden Sie unter: <http://pluto.jhuapl.edu/>

Dieser Artikel und Weblinks unter: [www.sterne-und-weltraum.de/artikel/1358894](http://www.sterne-und-weltraum.de/artikel/1358894)

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

**AstroViews 14:  
New Horizons  
erreicht Pluto**  
<http://www.sterne-und-weltraum.de/astroviews14>