

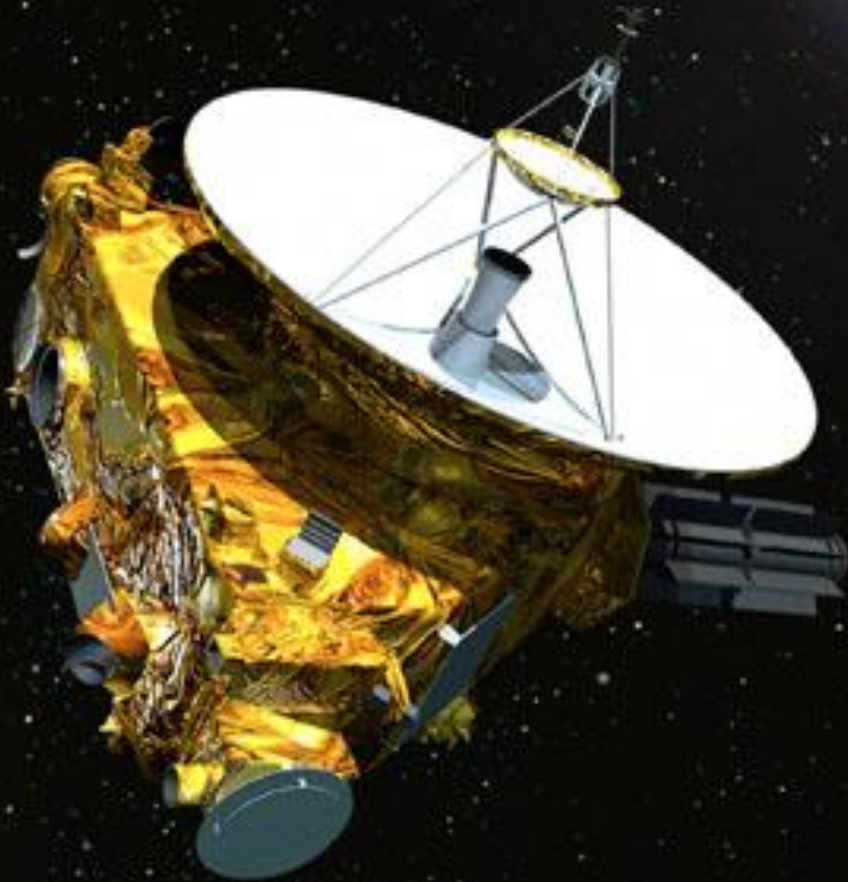


*US-Sonde New Horizons:  
Vorbeiflug an Ultima Thule  
nach Stippvisite bei Pluto*

Internationale Amateursternwarte  
Limburgerhof

Herbert Haupt  
17.03.2019

# *US-Sonde „New Horizons“*



NASA/Johns Hopkins APL/SwRI

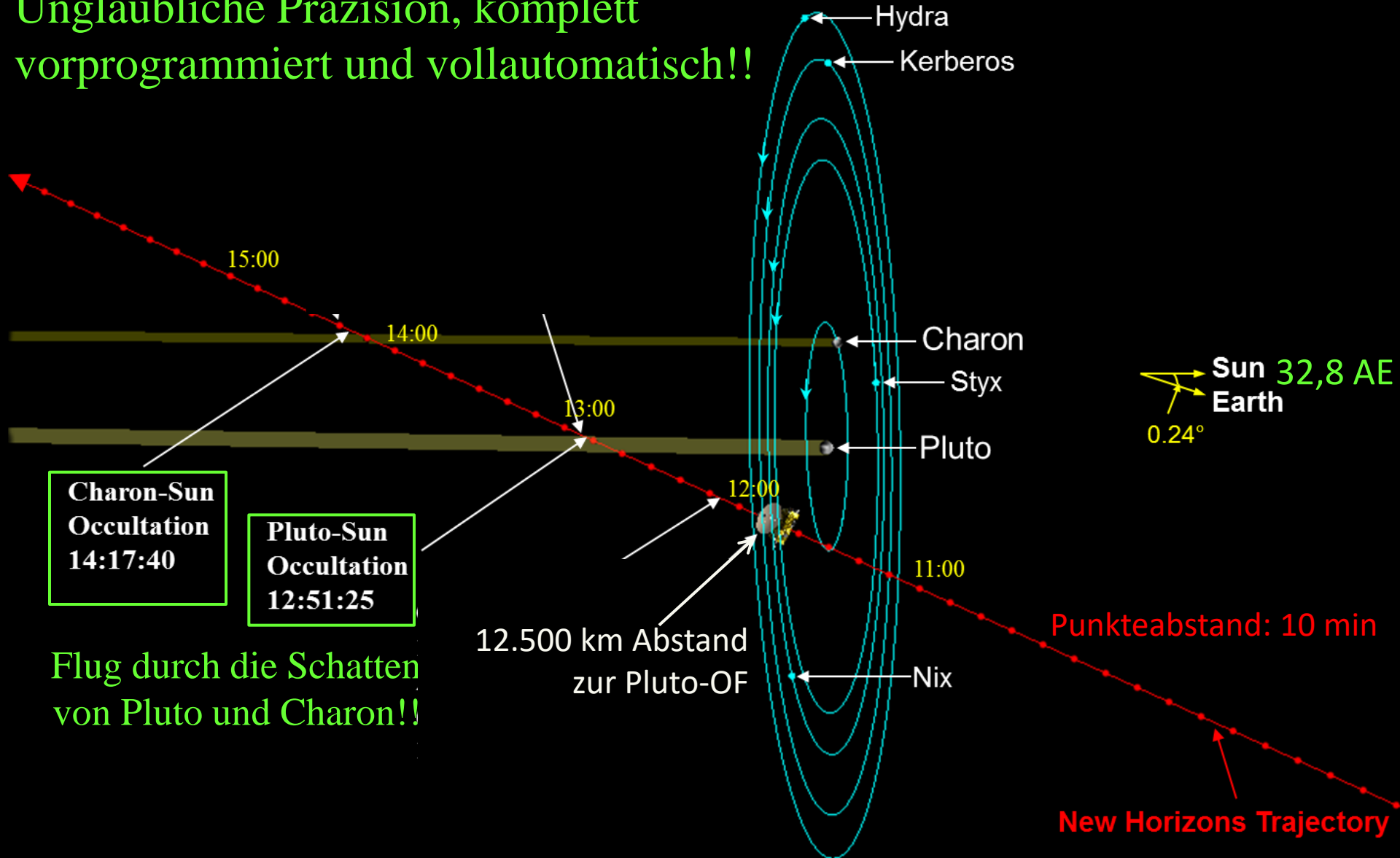
Start: 19.01.2006 mit Atlas V 551, Masse 478 kg  
Jupiter Swing-by am 28.01.2007

Ziel: Pluto im Kuiper-Gürtel und seine Monde  
Vorbeiflug am 14.07.2015

# Phasen des Vorbeifluges am Pluto-System

14. Juli 2015

Unglaubliche Präzision, komplett vorprogrammiert und vollautomatisch!!



**Charon-Sun  
Occultation  
14:17:40**

**Pluto-Sun  
Occultation  
12:51:25**

Flug durch die Schatten von Pluto und Charon!!

12.500 km Abstand zur Pluto-OF

Punkteabstand: 10 min

New Horizons Trajectory

# *Das „Herz“ von Pluto*

*„Tombaugh Regio“*

*Letzte Aufnahme  
vor der Passage*

LORRI-Kamera:

14. Juli 2015,  
10 Stunden vor  
der dichtesten  
Annäherung,

aus 450.000 km  
Entfernung

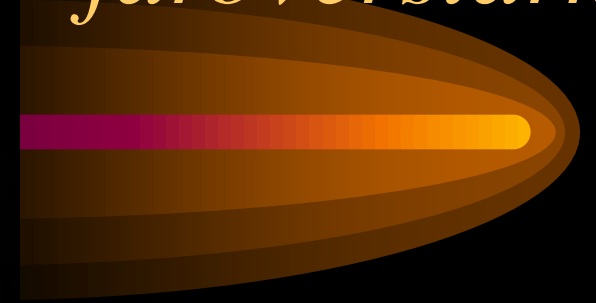
Auflösung:  
2,2 km/Bildpunkt







# *Plutos Oberfläche farbverstärkt*



Deutliche Aufteilung  
der Plutooberfläche  
von Pol zu Äquator.  
Nur das "Herz" durch-  
bricht das Muster.

Unten rechts die herzförmige Struktur:  
Die weißbläulichen Bereiche, die von der Fläche abgehen,  
sind **ehemals oder noch fließende Eisschichten.**

*15.07.2015: Erster Bildausschnitt von Pluto  
nach dem Vorbeiflug von New Horizons*

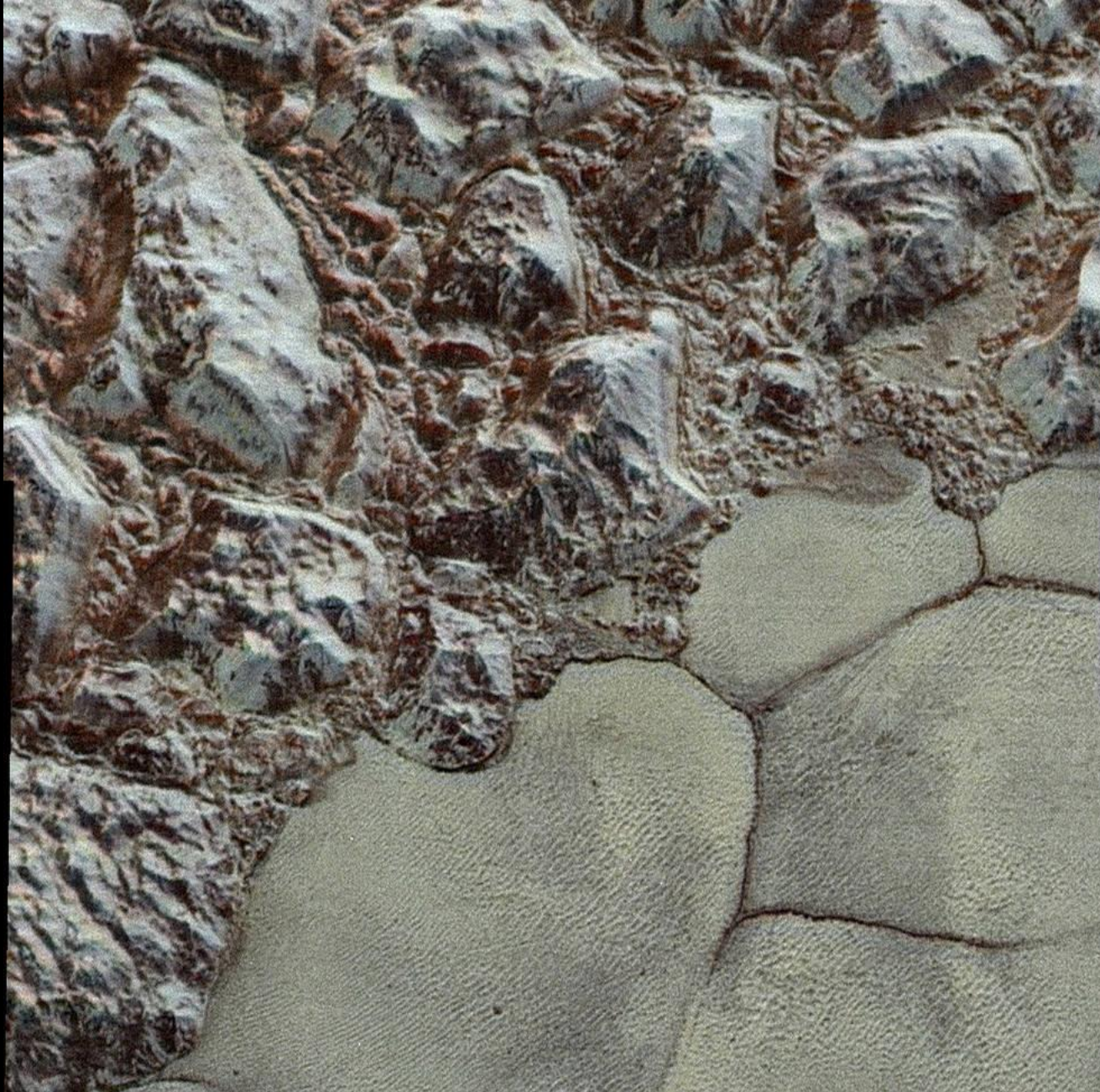


Der Ausschnitt zeigt  
Berge bis 3500 m  
aus ultrahartem Eis,  
aber keine Krater  
→ Alter < 100 Mio J

Bildbreite: ~ 80 km



# *Bisher schärfste Bilder von Pluto* 04.12.2015



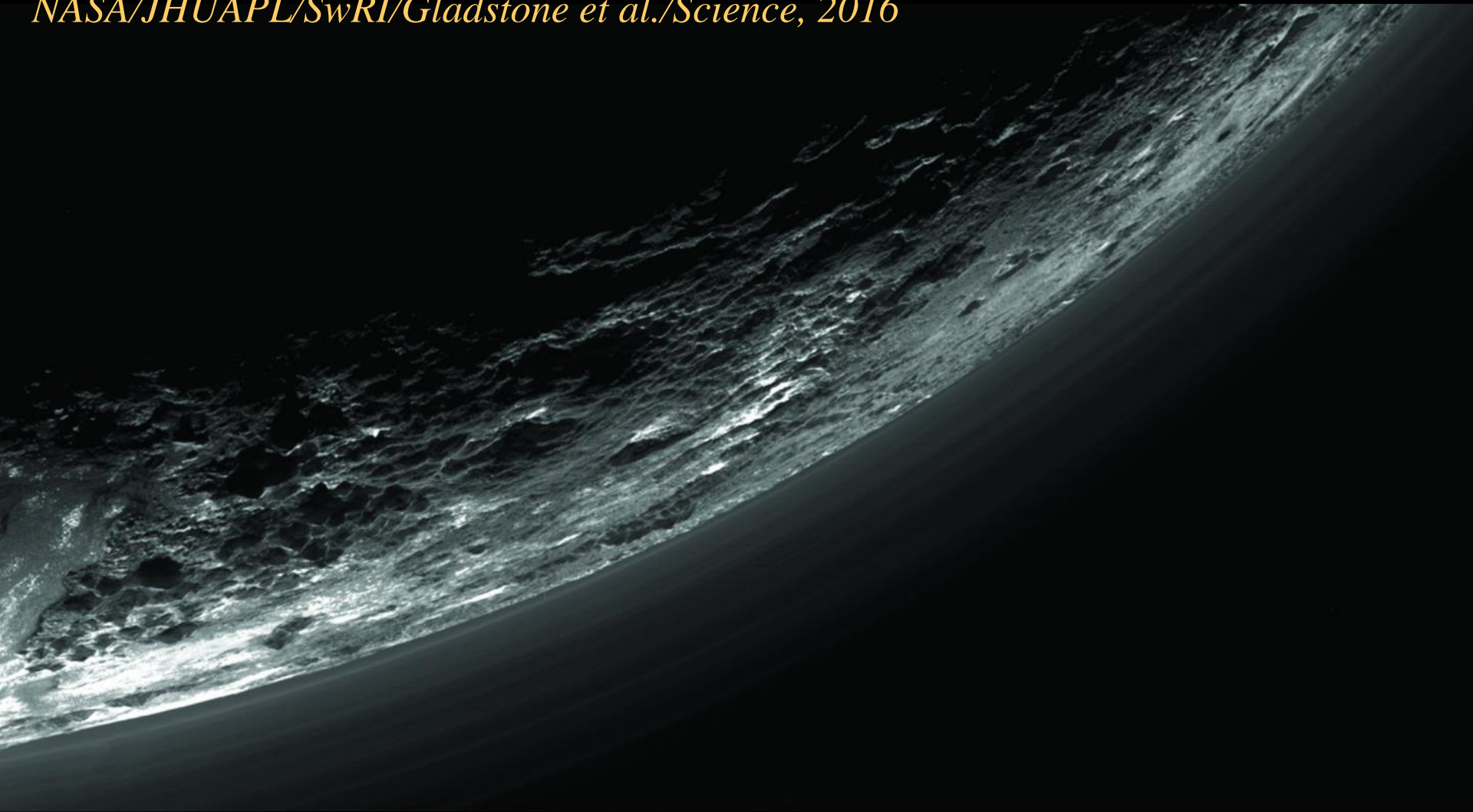
Aus ~ 17.000 km,  
15 min vor größter  
Annäherung,  
80 m/Bildpunkt,  
Bildbreite 80 km

Die rauen al-Idrisi-  
Wassereis-Berge  
treffen auf das  
Stickstoff-reiche  
Eis der sanften  
Sputnik Planum



# *Pluto und seine Atmosphäre/Dunstschleier*

*NASA/JHUAPL/SwRI/Gladstone et al./Science, 2016*



R. Gladstone, überraschend: Plutos Atmosphäre geht viel langsamer verloren, als gedacht. Ins Weltall entweicht vor allem Methan, obwohl die unteren Schichten der Atmosphäre fast vollständig aus Stickstoff bestehen!



# *Pluto / Charon: das ungleiche Paar*



Falschfarben-Komposit  
vom Vorbeiflug am 14.

Juli 2015:

Farben, Helligkeit und  
Kontrast sind identisch  
bearbeitet.

Die relativen Größen  
entsprechen der Realität.

Auffällig die rötlichen  
Regionen der beiden  
Körper (Thioline).

Sie umkreisen einander  
in doppelt gebundener  
Rotation.



# Größen- Vergleich

Tricia Albert, NASA



Durchmesser:

Erde: 12.740 km

Pluto: 2.370 km

Charon: 1.207 km

Plutos Masse:

$1,3 \times 10^{22}$  kg

$\approx 0,2 \% M_{\text{erde}}$

# *New Horizons: nächstes Ziel festgelegt ...*

... der nur ~ 45 km (4% Albedo?) große Himmelskörper 2014 MU69.

Er umrundet die Sonne in rund 300 Jahren in einem mittleren Abstand vom 44 AE.

Um ihn zu erreichen, wurden ab Oktober 2015 vier Schubmanöver mit dem Bordantrieb durchgeführt.

Mit 2014 MU69 können die Forscher ein Objekt untersuchen, das sich im Gegensatz zu Pluto und seinen Monden seit seiner Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren kaum verändert hat.

→ Es stellt somit direkt die Urmaterie dar, aus der sich Pluto und die größeren Mitglieder des Kuiper-Gürtels bildeten.



# Entdeckung von

## „Ultima Thule“

Hubble WFC3, 24.06.2014

Fünf Bilder eines schwachen, fernen Objekts in 10 Minuten Abstand, das am 1. Januar 2019 besucht werden soll:

2014 MU<sub>69</sub>.

Das Objekt hat 26,8 mag, zu schwach für irdische Teleskope.



1110113Y

NASA, ESA, SwRI, JHU/APL, and  
the New Horizons KBO Search Team

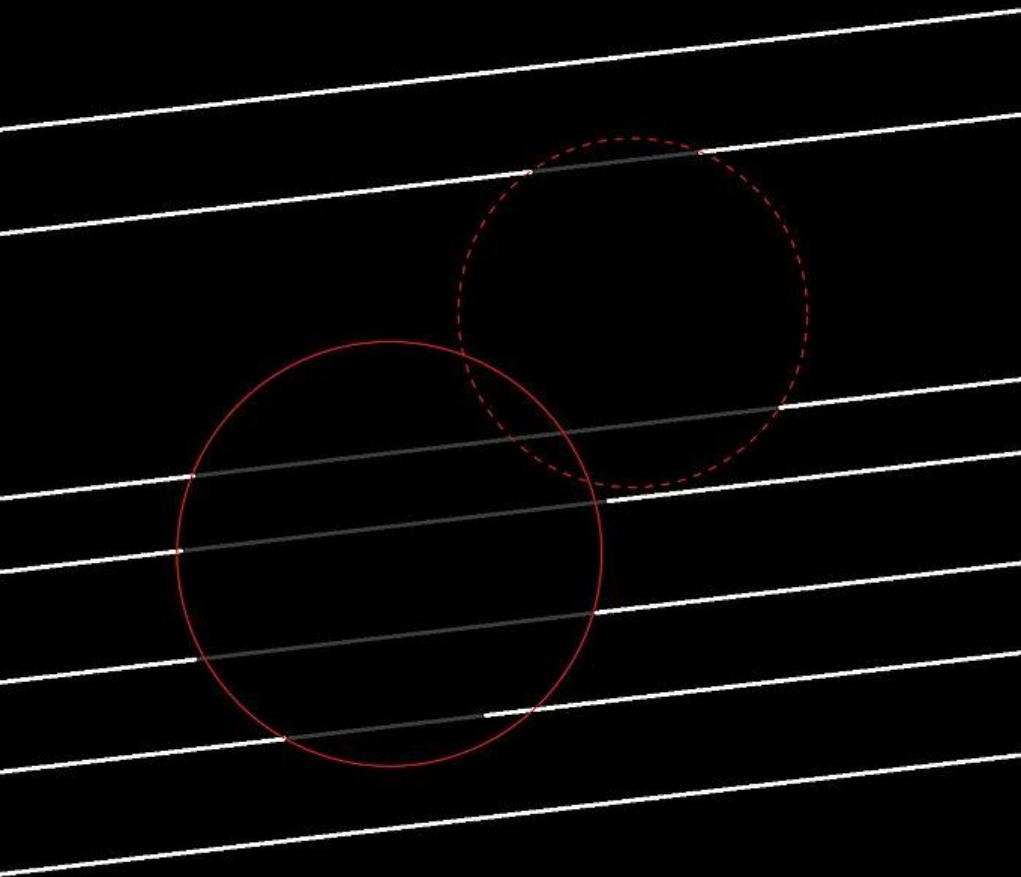


Im Vergleich zum Zwergplaneten Pluto (links) ist »Ultima Thule« (rechts) geradezu winzig. Beide Himmelskörper wurden von der Raumsonde New Horizons im raschen Vorbeiflug aus der Nähe erkundet. Die Sonde musste von Pluto aus mehr als die zehnfache Distanz Erde – Sonne zurücklegen, um Ultima Thule zu erreichen.

2014 MU69

*Größenvergleich*

# *Grobe Form durch Sternbedeckung*



5 kilometers  
3 miles

NASA/JHUAPL/SwRI/Alex Parker

2014 MU69 verdeckte am 17. Juli 2017 einen Stern im Schützen.  
Fünf der beteiligten Teleskope erfassten das Ereignis:  
so zeigte sich ein unregelmäßiger Umriss.



# Mögliche Form von „Ultima Thule“



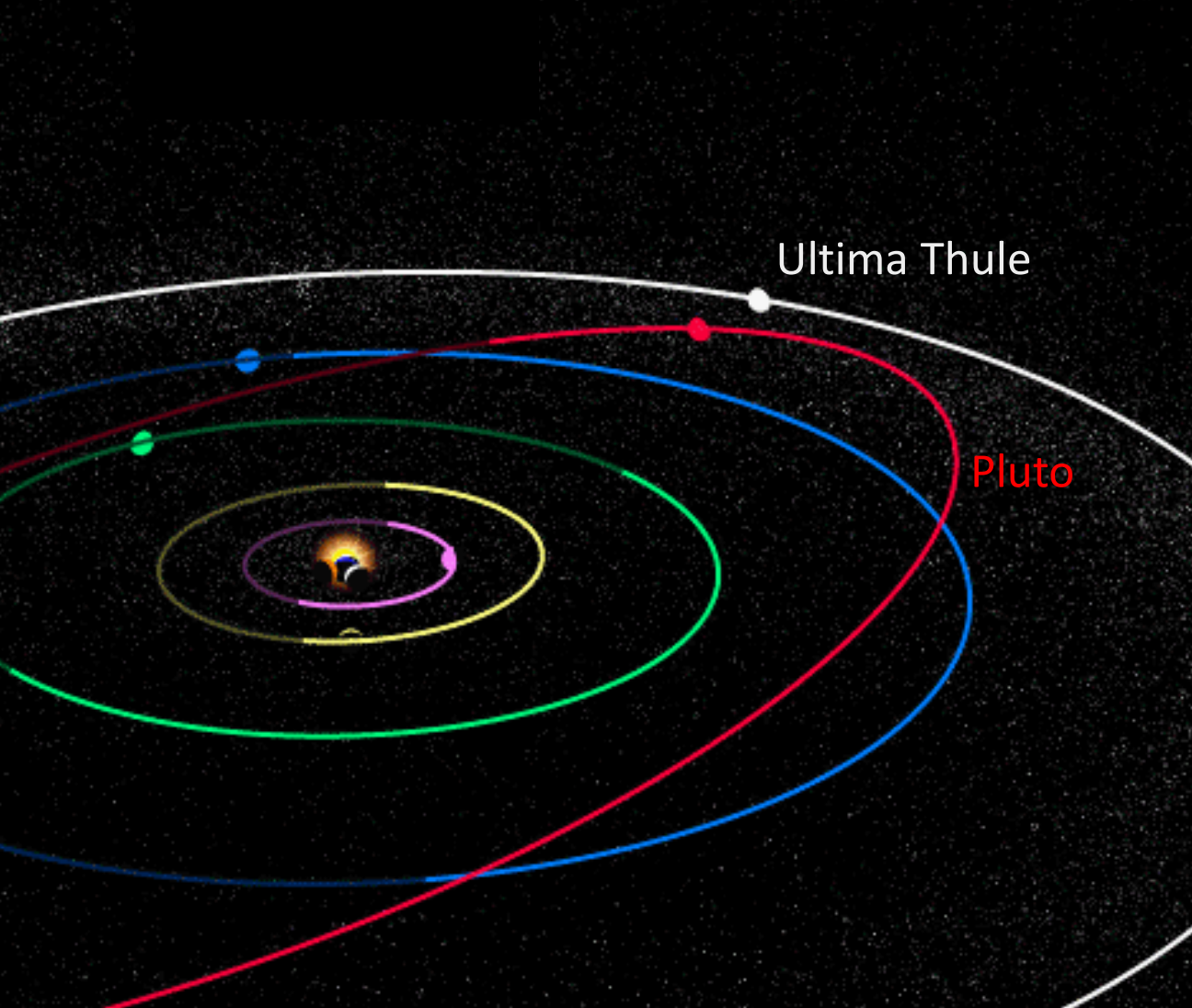
NASA / Johns Hopkins University APL/ SwRI/ Alex Parker / SuW-Grafik

**Sternbedeckungen** erlauben grobe Rückschlüsse auf die Form von Ultima Thule (links).

Künstlerische Darstellungen der möglichen Gestalt des kleinen Himmelskörpers:

als **Doppelkörper (Mitte)**, dessen Komponenten sich berühren, und als **länglichen, unregelmäßig geformten Körper (rechts)**.

# Flug von New Horizons



Start: 19.01.2006

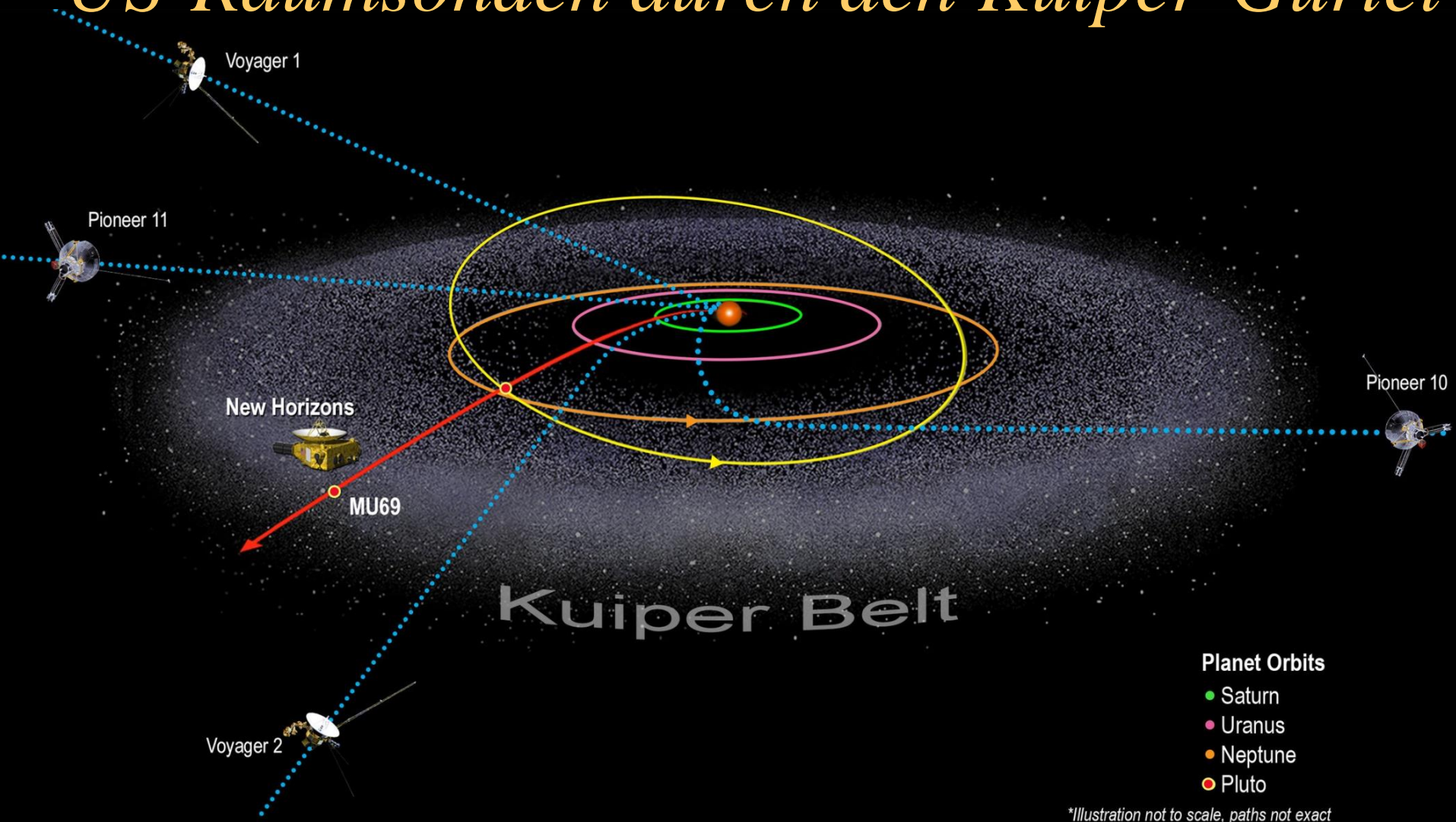
Swing-by an Jupiter:  
28.01.2007

Vorbei an Pluto:  
14.07.2015

Vorbei an Ultima  
Thule: 01.01.2019  
mit 14,3 km/sec  
in 3500 km Abstand

Präzisionsflug  
möglich auch dank  
der Daten von Gaia!

# US-Raumsonden durch den Kuiper-Gürtel

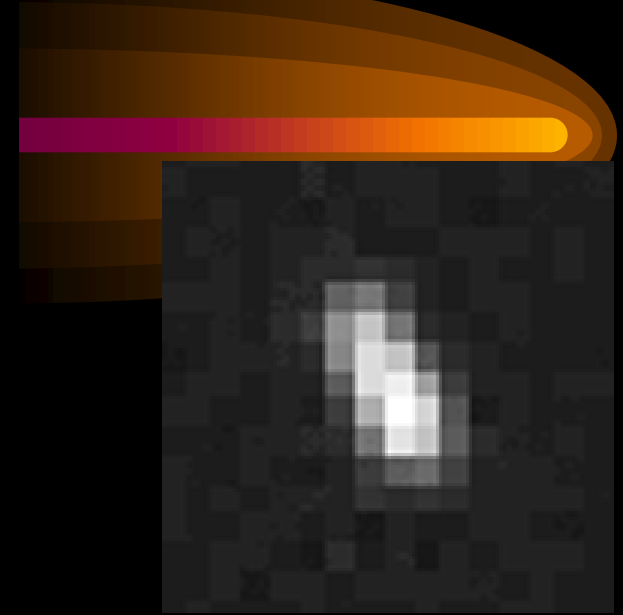


New Horizons ist die 5. Raumsonde, die den Kuiper Gürtel durchquert; aber die erste, die wissenschaftliche Studien über diese mysteriöse Region jenseits von Neptun ausführt. NASA/JHUAPL/SwRI/Magda Saina



# *New Horizons Vorbeiflug an Ultima Thule*

## *Erste Bilder 02.01.2019*



Erstes schärferes Bild von Ultima Thule  
– rechts die Drehachse des Objekts.  
→ zweigeteiltes, längliches Objekt,  
nicht ganz symmetrisch,  
etwa 32 km lang und 16 km breit.

Die Rotation von Ultima Thule: die Achse zeigt fast genau auf die Sonde!

NASA/JHUAPL/SwRI (sketch: James Tuttle Keane)

# *New Horizons historischer Vorbeiflug an Ultima Thule*



Animierter Clip aus den Bildern bei der Annäherung an den Himmelskörper mit seiner eigenwilligen Form.

Obere Reihe: scheinbare Größe; unten: normierte Größe.

Die Bilder aus Entfernungen zwischen 500.000 und 28.000 km (31.12.2018, 20 Uhr bis 01.01.2019, 5 Uhr) geben immer mehr Details preis. Außerdem sieht man, wie sich UT vor der Sonde dreht.



# *Ultima Thule im Kuiper-Gürtel*

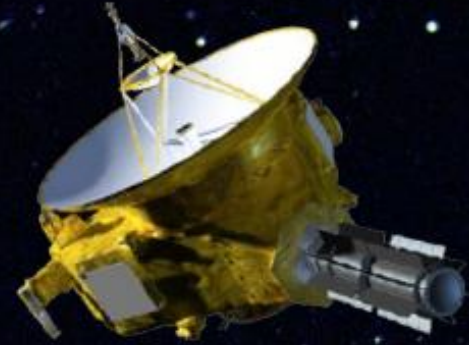


Ultima Thule 01-2019:

Abstand zur Sonne: ~ 44 AE, ~ 6,6 Mrd. km, ~ 6 Lichtstunden!

- Nur ein Zweitausendstel der irdischen Sonneneinstrahlung!
- Übertragung nur mit 2 kbit/s möglich,  
Es dauert ~ 20 Monate, bis alle Daten zur Erde gesendet sind!

# Rekord-Sonde erforscht skurrile Eiswelt am Rand des Sonnensystems



Rötliche Farbe:  
möglicherweise durch  
organische Thioline, die  
sich über Jahrmilliarden  
aus  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$   
gebildet haben.



# *Erstes scharfes Bild von Ultima Thule*



Aufnahme sieben Minuten vor der größten Annäherung, aus 7.000 km Entfernung.

→ Doppelkörper!!

Alan Stern: „Zwei komplett verschiedene Objekte, die sich erst einige Zeit umkreisten bevor sie aneinander andockten.“

Viele Details erkennbar:

Die Oberfläche ist übersät mit Einbuchtungen: Einschlagkrater oder durch den Kollaps von Bodenmaterial entstanden?

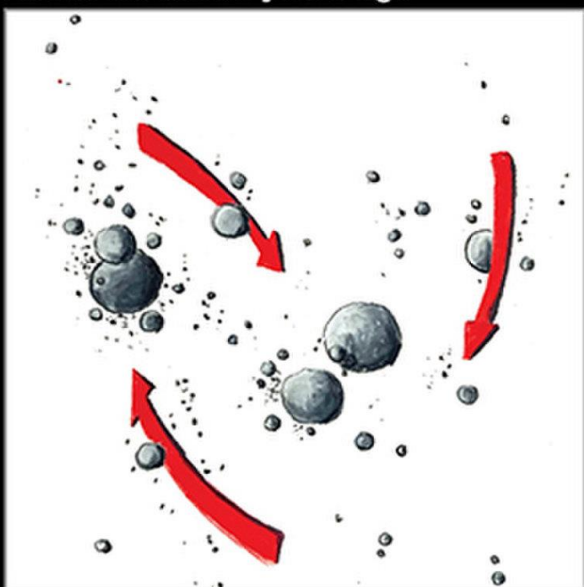
# *Ultima Thule in Zahlen*

Entdeckung	26. Juni 2014 (Hubble)
Bezeichnungen	(486958) 2014 MU <sub>69</sub> , "Ultima Thule"
Aphel- / Perihel-Distanz	7000 / 6350 Mio. km (46,5 / 42,5 AE)
Bahnexzentrizität	0,04
Bahnneigung	2,45 Grad
Umlaufszeit	300 Jahre
Rotationszeit	15 Stunden
Oberflächen-Temperatur	35 K
Max. Länge / Breite	31,7 x 19,5 km
Scheinbare Helligkeit	26,8 mag
Mittlere Dichte	~ 1 g/cm <sup>3</sup> (Asteroid / Komet)

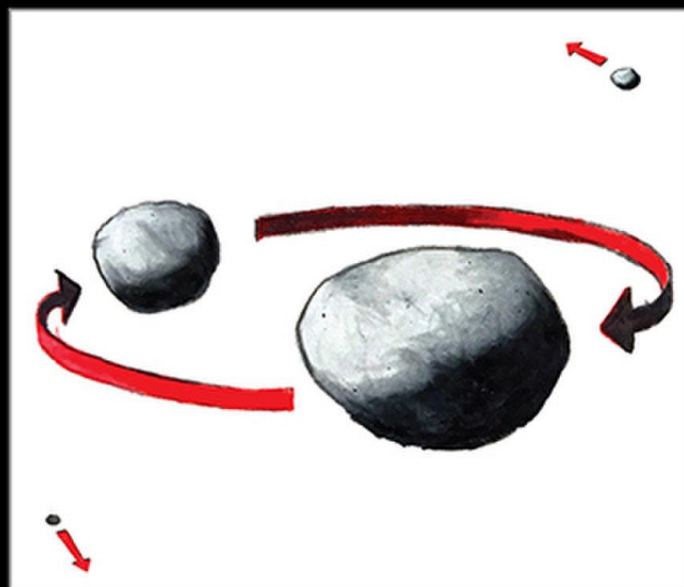
# The Formation of Ultima Thule

About 4.5 billion years ago

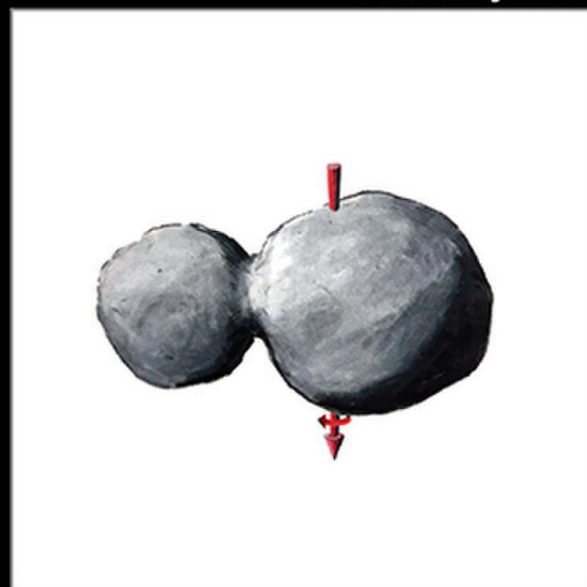
1 January 2019



A rotating cloud of small, icy bodies starts to coalesce.



Eventually two larger bodies remain: Ultima and Thule.



Ultima and Thule slowly spiral closer until they touch, forming the bi-lobed object we still see today.

NASA / JHUAPL / SwRI / James Tuttle Keane



# *New Horizons Blick zurück auf Ultima Thule*

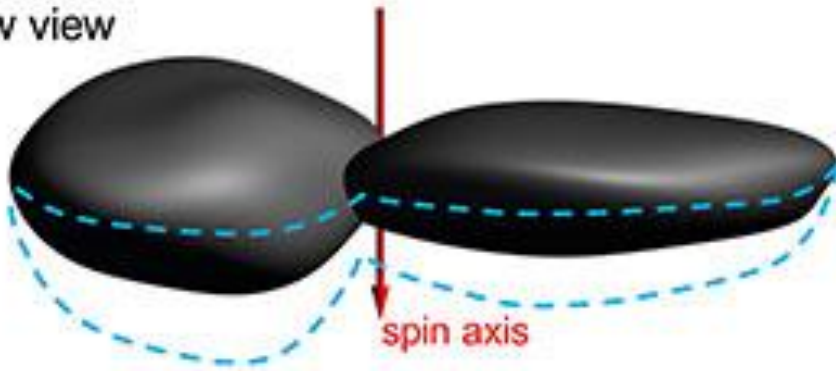


Aus dieser Ansicht abgeleitet:

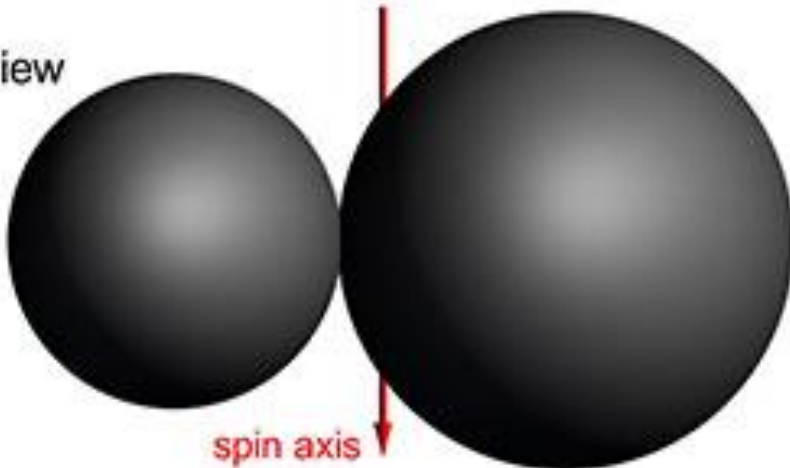
UT besteht nicht aus eher kugelförmigen Teilkörpern!

# Neu berechnetes Computermodell der Form von Ultima Thule

New view



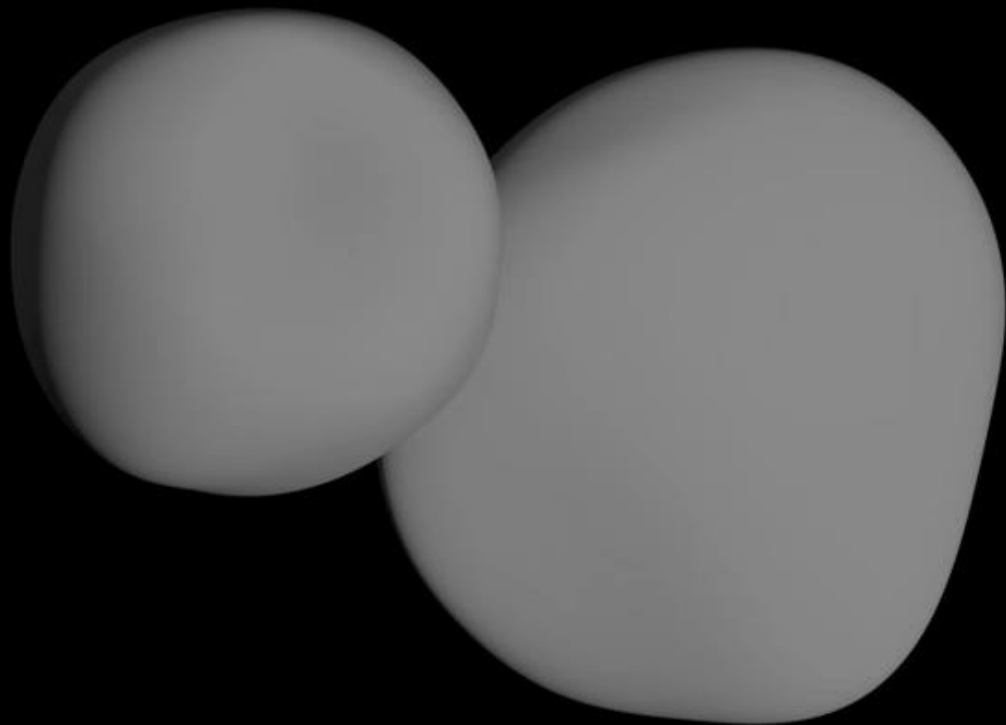
Old view



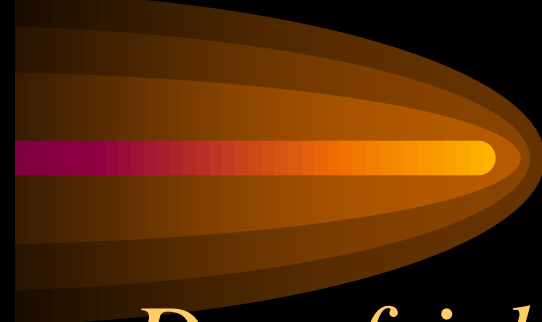
12. Februar 2019:

Neue Daten und Aufnahmen zeigen, dass Ultima Thule aus **zwei fladenförmigen Objekten** und nicht aus zwei mehr oder weniger kugelförmigen Hälften besteht.

**Noch unklar, wie diese Form entstanden ist.**

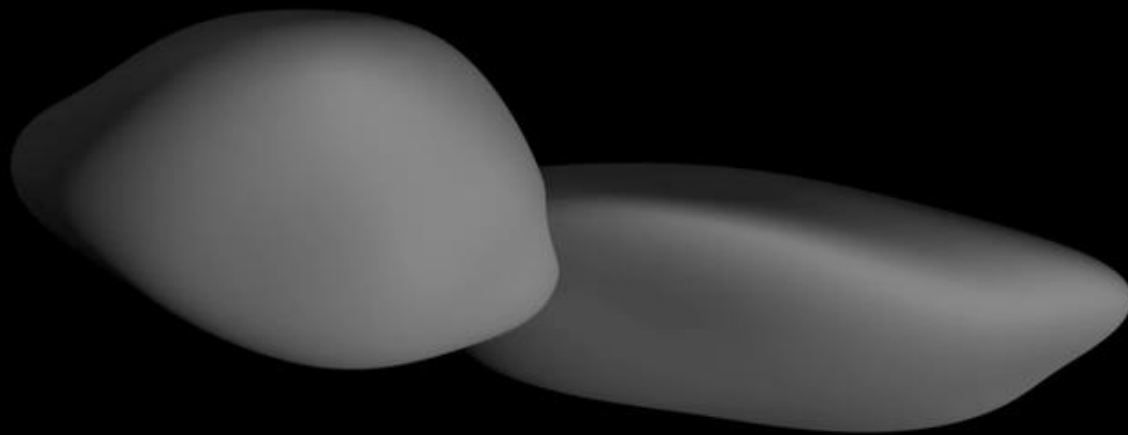


*Ultima Thule:*



*Draufsicht*

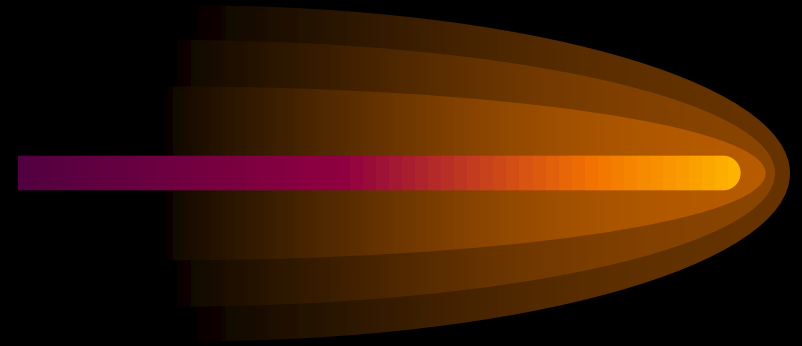
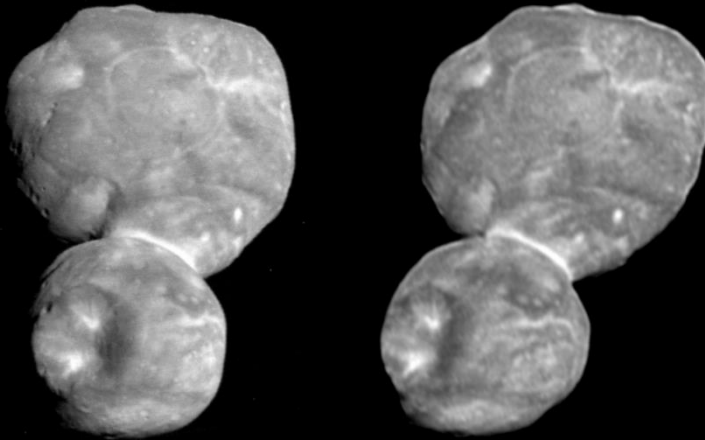
*und*



*Seitenansicht*



# *Stereo-Bild von Ultima Thule*



3D-Eindruck bei starrem  
Blick durch die Mitte!

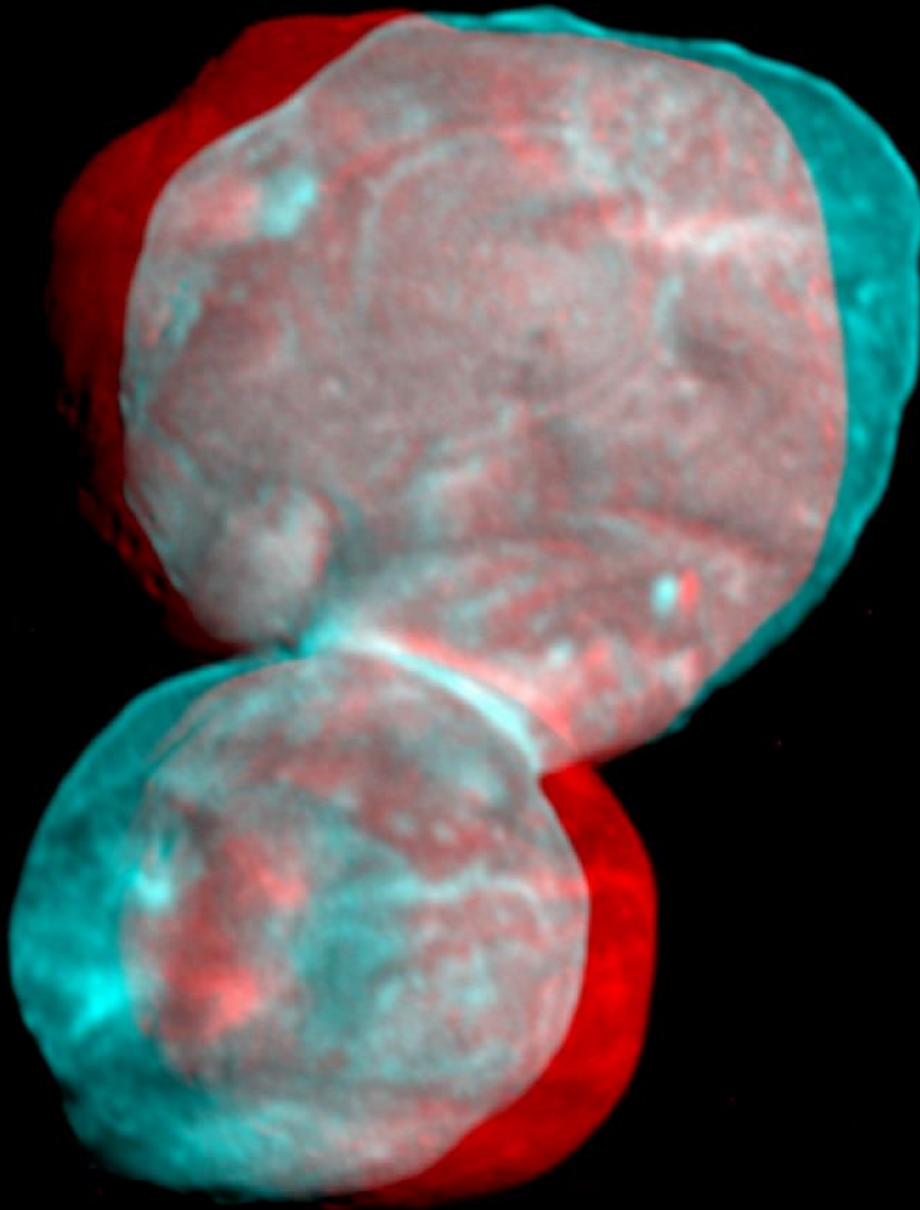
Zwei Bilder aus 28.000 und 6.000 km mit leicht verschiedenen  
Blickwinkeln zu einem 3D-Bild kombiniert:

Die große Lobe erscheint abgeflacht, die kleine eher rund.

Die aus dem Rückblick der Sonde geschlossene starke Abflachung  
beider Loben scheint übertrieben!

# *Ultima Thule* *in 3D*

*Ausgabe 3. März 2019*



Alan Stern: "These views provide a clearer picture of Ultima Thule's overall shape, including the flattened shape of the large lobe, as well as the shape of individual topographic features such as the "neck" connecting the two lobes, the large depression on the smaller lobe, and hills and valleys on the larger lobe."

# Literatur

- NASA (JPL, STScI, J. Hopkins Uni APL, SwRI,...), ESA
- <http://pluto.jhuapl.edu/Ultima/Ultima-Thule.php>
- Sterne und Weltraum, Spektrum.de
- Wikipedia
- <https://apod.nasa.gov/apod/ap190129.html>
- Tilmann Althaus: Die Welten des Pluto, SuW 12-2015, S.38
- Alan S. Stern et al.: Overview of initial results from the Reconnaissance flyby of a Kuiper Belt planetesimal: 2014 MU<sub>69</sub>, arXiv: 1901.02578, 2019
- Tilmann Althaus: Ultima Thule - New Horizons erforscht das Ende der Welt, SuW 1-2019, S.16
- Tilmann Althaus: Premiere in den Tiefen des Kuipergürtels, SuW 03-2019, S. 28





*Danke*

*In den nächsten eineinhalb Jahren wird es noch viele neue Daten und Überraschungen geben.*