

Plutos schwindende Atmosphäre

Der Zwergplanet Pluto hat eine dünne Atmosphäre aus Stickstoff, die sich zeitlich verändert. Ein Teil dieser Veränderung kann aufgrund der Jahreszeiten von Pluto erklärt werden. Ein kürzlich beobachteter starker Druckabfall überrascht nun die Astronomen. Eventuell ist hier ein Hinweis, dass Plutos Atmosphäre nur vorübergehend existiert und somit als Kurzzeitphänomen am Rande des Sonnensystems gedeutet werden kann.

Peter Korevaar

Abb. 1 Plutos Atmosphäre, aufgenommen mit einer Bordkamera von *New Horizons* am 9. Oktober 2015.

Abb. 2 Pluto, fotografiert am 14. Juli 2015 von *New Horizons* aus einer Entfernung von ca. 35.000 km. (© Abb. 1 und 2: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute/Alex Parker)

Seitdem die Raumsonde *New Horizons* im Jahr 2015 den Zwergplaneten Pluto und seinen Begleiter Charon besuchte, kommen immer mehr überraschende Einzelheiten dieses einst neunten Planeten am Rande unseres Sonnensystems ans Licht. Aber ausgerechnet eine Beobachtung von der Erde aus wirft nun Fragen auf: Die Atmosphäre von Pluto scheint einen unerwarteten Druckabfall zu erleben.

Die Tatsache, dass Pluto eine Atmosphäre hat, ist an sich schon überraschend. Normalerweise haben solch kleine Objekte wegen der geringen Schwerkraft gar keine Atmosphäre. Pluto hat

einen Durchmesser von 2377 km und ist damit deutlich kleiner als unser Mond mit 3475 km, der jedoch keine Atmosphäre hat. Abb. 1 zeigt Plutos Atmosphäre, aufgenommen von einer der Bordkameras von *New Horizons* in Oktober 2015, als die Raumsonde schon an Pluto vorbei war und noch einmal einen Blick zurück warf, wobei die Sonne direkt hinter Pluto stand.

Vermuteter Ursprung von Plutos Atmosphäre

Die Atmosphäre von Pluto besteht zu fast 100 % aus Stickstoff (N_2) und die Astronomen gehen davon aus, dass dieser Stickstoff hauptsächlich aus dem Gletscher *Sputnik Planitia* stammt, siehe Abb. 2.

Der Gletscher besteht aus Stickstoffeis, welches im Vakuum sublimiert (d.h. vom festen direkt in den gasförmigen Zustand übergeht, ohne flüssig zu werden). Dieser Sublimationsprozess reichert die Atmosphäre mit Stickstoff an. Andererseits entwindet der Stickstoff in das Weltall, weil Plutos Schwerkraft zu gering ist, die Atmosphäre dauerhaft an sich zu binden. Die Sublimation des Stickstoffs ist umso stärker, je näher Pluto der Sonne ist. Pluto bewegt sich auf einer stark elliptischen Bahn um die Sonne mit einer Umlaufzeit von 248 Jahren. Im Perihel der Bahn (dies ist der Punkt der kleinsten Entfernung zur Sonne) ist Pluto knapp 30 Astronomische Einheiten (1 AE = Abstand Erde – Sonne) von der Sonne entfernt. Pluto erreichte diesen Punkt zuletzt im Jahr 1989. Seitdem bewegt sich Pluto immer weiter von der Sonne weg. Im Aphel der Bahn (dies ist der Punkt der größten Entfernung von der Sonne) wird Pluto knapp 50 AE von



Obwohl kleiner als unser Mond, besitzt Pluto eine Atmosphäre

der Sonne entfernt sein. Pluto wird aber diesen Punkt erst im Jahr 2113 erreichen. Die Sonneneinstrahlung ist dann nur etwa ein Drittel der Sonneneinstrahlung im Perihel.

Aufgrund dieser extremen Variation der Sonneneinstrahlung während des Plutojahres wird eine starke saisonale Variation des Drucks in der Atmosphäre erwartet. Im Aphel wird die Atmosphäre fast vollständig verschwunden sein (BERTRAND 2016), um sich dann in Richtung Perihel wieder aufzubauen. Detaillierte Modellrechnungen zeigen, dass Druck und Ausdehnung der Pluto-Atmosphäre, je nach Modellannahmen, zwischen 2015 und 2020 maximal sein sollten, um danach langsam wieder abzunehmen. Folglich war Plutos Atmosphäre in etwa maximal, als *New Horizons* den Planeten im Jahr 2015 erreichte und wird nun langsam wieder abnehmen, so die Erwartungen. Bisherige Beobachtungen von *New Horizons* und von der Erde aus bestätigten die stetige Zunahme der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten.

Starker Druckabfall in Plutos Atmosphäre

Japanische Astronomen (ARIMATSU 2020) überraschen nun mit Beobachtungsdaten, die zeigen, dass sich der Druck der Pluto-Atmosphäre in den letzten drei Jahren um mehr als 20% verringert haben soll. Abb. 3 zeigt (in schwarz) die früheren Messwerte zusammen mit (in rot) dem nun gemessenen, deutlich niedrigeren Wert. Diese Messungen stammen nicht von der Raumsonde *New Horizons*, sondern wurden direkt von der Erde aus gemacht. Dazu werden Sternbedeckungen verwendet, dabei zieht Pluto von der Erde aus gesehen vor einem Stern vorbei. Das Licht des Sterns scheint deshalb kurzfristig durch die Atmosphäre von Pluto und die Streuung und spektrale Veränderungen des Sternlichts durch die Atmosphäre des Pluto enthüllen chemische Zusammensetzung, Druck, Temperatur und Ausbreitung der Atmosphäre.

Der im Juli 2019 beobachtete Druckabfall von ca. 21% gegenüber ähnlichen Beobachtungen in Juli 2016 (MEZA 2019) ist wesentlich höher als von Modellen vorhergesagt. Die Messwerte haben eine Standardabweichung von ca. 2%, d.h. der tatsächliche Wert des Druckabfalls liegt mit 96% Wahrscheinlichkeit zwischen 17% und 25% (doppelte Standardabweichung). Aber sogar ein Druckabfall von nur 17% ist weitaus höher als der von Modellrechnungen vorhergesagte Wert von 2–3% von Juli 2016 bis Juli 2019

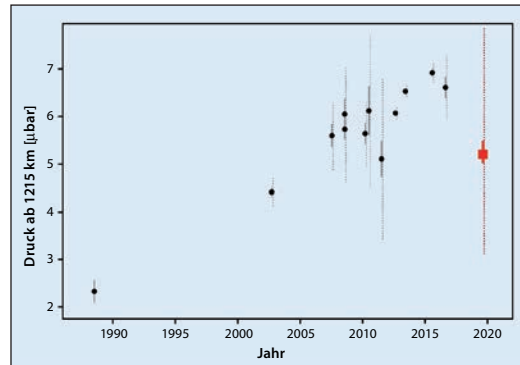


Abb. 3 Druckveränderung in der Pluto-Atmosphäre seit 1988. Der unerwartet niedrige neue Messwert ist in rot eingezeichnet. Die durchgezogenen senkrechten Linien geben jeweils die Standardabweichung an, die gestrichelten Linien die dreifache Standardabweichung. (© Figure 3 aus ARIMATSU 2020).

(BERTRAND 2018). Als mögliche Erklärung nennen die Autoren, dass der Kondensationsprozess von Stickstoff wesentlich schneller verlaufen könnte als bislang angenommen. Bei weniger Sonneneinstrahlung nimmt nicht nur die Sublimation von Stickstoffeis ab, sondern vorhandenes Stickstoffgas kondensiert auch verstärkt wieder zu Stickstoffeis.

Der Befund zeigt, dass die komplexen physikalischen Prozesse der Oberfläche und Atmosphäre von Pluto noch nicht im Detail verstanden sind. Die Modelle gehen von langen Zeiträumen aus. Dabei wird angenommen, dass der Druck in der Atmosphäre zwar aufgrund der Jahreszeiten variiert, aber durchschnittlich im Gleichgewicht zwischen Aufbau durch Sublimation und Abbau durch Schwund in das Weltall und Kondensation ist. Vielleicht ist diese Langzeitannahme falsch, denn die Astronomen sind sich einig, dass der Gletscher *Sputnik Planitia* sehr jung ist, weil er fast kraterlos ist. Folglich kann der unerwartete Druckabfall der Atmosphäre auch ein Hinweis auf ein Kurzzeitphänomen auf Pluto sein.

Es ist noch zu früh, weitreichende Schlüsse aus der Beobachtung des Druckabfalls zu ziehen. Zuvor sollte dieser durch weitere Messungen mittels Sternbedeckungen bestätigt werden. Allerdings bewegt sich Pluto von der Erde aus gesehen gerade immer weiter von der galaktischen Ebene weg und damit sind immer weniger Hintergrundsterne verfügbar, die für eine solche Beobachtung in Frage kommen. Folglich kann es noch etwas dauern, bis genauere Daten vorliegen.

Literatur

- ARIMATSU K et al. (2020) Evidence for a rapid decrease of Pluto's atmospheric pressure revealed by a stellar occultation in 2019. *Astronomy & Astrophysics*, 638, L5, <https://arxiv.org/abs/2005.09189>.
- BERTRAND T & FORGET F (2016) Observed glacier and volatile distribution on Pluto from atmospheric topography processes. *Nature* 540, 86–89.
- BERTRAND T et al. (2018) The nitrogen cycles on Pluto over seasonal and astronomical timescales. *Icarus*, 309, 277–296, <https://arxiv.org/pdf/1804.02434.pdf>
- MEZA E et al. (2019) Pluto's lower atmosphere and pressure evolution from ground-based stellar occultations, 1988–2016. *Astronomy & Astrophysics*, 625, A42, <https://arxiv.org/pdf/1903.02315.pdf>