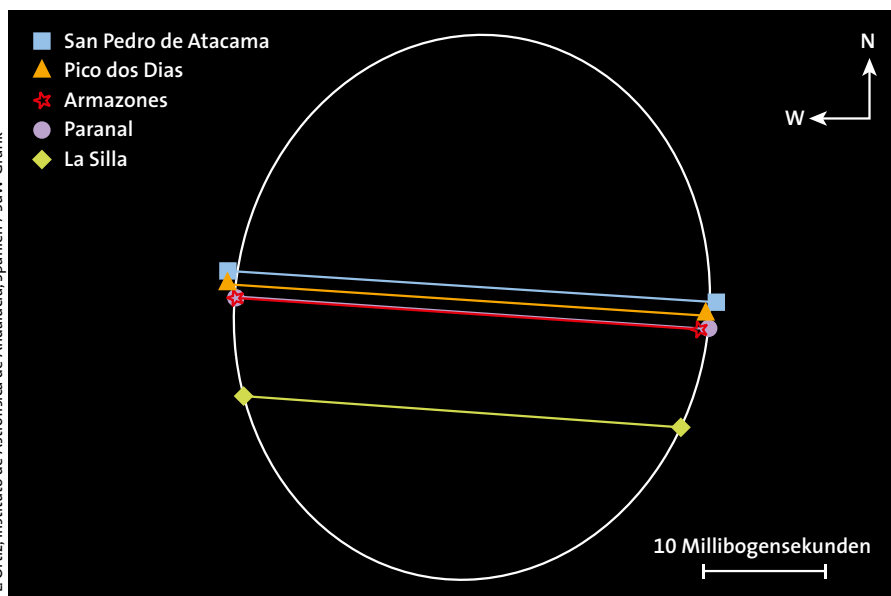




Mehrere Observatorien erfassten die Zeitpunkte, zu denen der Stern hinter dem Zwergplaneten Makemake verschwand und wieder auftauchte. Die durch diese Messpunkte gelegte Ellipse entspricht der wahrscheinlichsten Form des Himmelskörpers.

ZUM NACHDENKEN

(136472) Makemake



Jenseits der Neptunbahn liegt das Reich der Objekte des Kuipergürtels. In solcher Distanz zur Sonne erreicht wahrlich nicht mehr viel Sonnenenergie die Oberfläche der Transneptune.

Aufgabe 1: Man berechne die Solarkonstante S_{Mm} von Makemake im Perihel $q_{\text{Mm}} = 38,5$ AE und im Aphel $Q_{\text{Mm}} = 52,8$ AE. Die Sonnenleuchtkraft ist $L_{\odot} = 3,846 \cdot 10^{26}$ W, 1 AE = $1,486 \cdot 10^{11}$ m.

Aufgabe 2: Welche Gleichgewichtstemperatur T_{Mm} erreicht Makemake im Perihel und im Aphel bei seiner Albedo $A_{\text{Mm}} = 0,77$? Sein mittlerer Radius sei $R_{\text{Mm}} = (a_{\text{Mm}} b_{\text{Mm}})^{1/2}$ mit den beiden Halbachsen $a_{\text{Mm}} = 1502$ km/2 und $b_{\text{Mm}} = 1430$ km/2 des als ellipsoid gedachten Körpers. **Hinweis:** Makemake absorbiert Sonnenlicht mit seiner Querschnittsfläche πR_{Mm}^2 und gemäß seiner Albedo: $P_a = \pi R_{\text{Mm}}^2 (1 - A_{\text{Mm}}) S_{\text{Mm}}$. Über die gesamte Oberfläche strahlt er gemäß der Gleichgewichtstemperatur Energie ab: $P_e = 4 \pi R_{\text{Mm}}^2 \sigma T_{\text{Mm}}^4$. Wenn keine weiteren Energiequellen im Spiel

sind, dann gilt $P_a = P_e$, woraus sofort die Temperatur folgt.

Aufgabe 3: Welche Temperatur stellt sich im Aphel ein, wenn die Albedo dunkler Stellen auf der Oberfläche nur $A_d = 0,12$ beträgt?

Aufgabe 4: Die Obergrenze für den Methandruck an der Oberfläche von Makemake liegt bei $p_{\text{Mm}} = 4$ nbar. Man bestimme die daraus folgende Maximalmasse m_{CH_4} an Methan in einer für den Nachweis zu dünnen Atmosphäre.

Hinweis: Es gilt: $m_{\text{CH}_4} g_{\text{Mm}} = p_{\text{Mm}} 4 \pi R_{\text{Mm}}^2$. Die Oberflächenbeschleunigung ist $g_{\text{Mm}} = G M_{\text{Mm}} / R_{\text{Mm}}^2$, die mittlere Dichte $\rho_{\text{Mm}} = 1,7$ g/cm³ und $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ m³ kg⁻¹ s⁻². AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. März 2013** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern **Preise** verlost: siehe S. 119

ner Schneeoberfläche. Bereits 2010 mit dem Weltraumteleskop Herschel durchgeführte Infrarotmessungen hatten sogar noch höhere Albedowerte ergeben. Allerdings fand Herschel auch sehr dunkle und damit etwas wärmere Bereiche auf Makemakes Oberfläche.

Die Herschel-Ergebnisse passen sehr gut mit den Erkenntnissen aus der Sternbedeckung zusammen. Die Kombination der beiden Messungen lässt noch eine weitere Schlussfolgerung zu: Eigentlich hatte man bei Makemake eine dünne Atmosphäre vermutet, ähnlich derjenigen von Pluto, aber die beobachtete scharfe Schattenbegrenzung spricht dagegen.

Auf Makemake kommt Methaneis besonders häufig vor. Durch die Sonnenstrahlung werden die dunklen Gebiete seiner Oberfläche geringfügig aufgeheizt. Dort, wo auf Makemake die Sonne im Zenit steht, dem subsolaren Punkt, reicht die Erwärmung möglicherweise aus, dass das Methaneis in die Gasphase übergeht und dort eine lokal begrenzte Atmosphäre entsteht. In den kälteren Regionen würde das Methan wieder ausfrieren. Damit ließe sich das extrem hohe Reflexionsvermögen des Zwergplaneten erklären und auch, weshalb es keine globale Atmosphäre gibt.

Makemake hat also keine Atmosphäre und es ließ sich auch kein Mond nachweisen. Durch die Sternbedeckung und die Messungen mit Herschel sind seine Charakteristika inzwischen gut bekannt. Dieses Projekt ist auch ein schönes Beispiel für wichtige Beiträge durch Kleinteleskope mit weniger als einem Meter Durchmesser: Nur durch das Zusammenspiel von engagierten Amateuren mit den Spezialisten des Herschel-Weltraumobservatoriums wurde dieses Projekt erst möglich.

THOMAS MÜLLER promovierte am MPI für Astronomie über thermophysikalische Modellierungen von Kleinplaneten. Er ist Spezialist für die Interpretation von Infrarotmessungen von Sonnensystemobjekten und arbeitet im Herschel-PACS Instrument-Team am MPI für extraterrestrische Physik.

Literaturhinweis

Ortiz, J. L. et al.: Albedo and atmospheric constraints of dwarf planet Makemake from a stellar occultation. In: Nature 491, S. 566-569, 2012 doi: 10.1038/nature11597