



Pressemitteilung

Wie ein taumelnder Spielzeugkreisel: Überraschende Neuigkeiten vom Röntgenpulsar Her X-1

Internationales Forschungsteam unter Führung der Universität Tübingen wertet erste direkte Messungen der Polarisation von Röntgenquellen durch das Weltraumteleskop IXPE aus

Dr. Karl Guido Rijkhoek
Leiter

Janna Eberhardt
Forschungsredakteurin

Telefon +49 7071 29-76788
+49 7071 29-77853

Telefax +49 7071 29-5566
karl.rijkhoek[at]uni-tuebingen.de
janna.eberhardt[at]uni-tuebingen.de

www.uni-tuebingen.de/aktuell

Tübingen, den 03.11.2022

Gleich die erste direkte Messung der Polarisation eines Röntgenpulsars, eines rotierenden magnetisierten Neutronensterns, durch das Weltraumteleskop IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) stellte bisherige Modelle solcher Systeme in Frage. Der Polarisationsgrad des Röntgenpulsars Hercules X-1 war viel niedriger als theoretisch vorhergesagt, sodass die Vorstellungen der Astrophysiker von der Geometrie und Struktur der Materieflüsse grundlegend überdacht werden müssen. Den neuen Erkenntnissen zufolge liegen die Drehachse und die magnetische Achse des Neutronensterns, als auch die Richtung des Drehimpulses in diesem Doppelsternsystem, nicht in einer Linie, sodass das Objekt sich taumelnd wie ein Kreisel bewegt. In der Fachzeitschrift *Nature Astronomy* ist dazu eine Studie eines großen internationalen Teams erschienen. Hauptautoren sind Dr. Victor Doroshenko vom Institut für Astronomie und Astrophysik der Universität Tübingen und Dr. Juri Poutanen von der finnischen Universität Turku.

Röntgenpulsare haben Durchmesser von nur etwa zehn Kilometern, sind aber schwerer als die Sonne und haben ein Magnetfeld, das mehrere Milliarden Mal stärker ist als alle Magnetfelder, die wir auf der Erde kennen. Sie bilden ein Doppelsternsystem mit einem normalen Stern, der Materie über ein Magnetfeld wie über einen Trichter in die Polregionen des Pulsars überfließen lässt. Dies zur Freisetzung immenser Energien und macht Röntgenpulsare zu sehr hellen Quellen am Röntgenhimmel.

Bisherige Modelle überdenken

Nun liefert die IXPE-Mission, die zu Beginn dieses Jahres startete, eine neue Perspektive auf diese Objekte. IXPE ist die erste Pioniermission, bei der polarisierte Röntgenstrahlen von Himmelsobjekten gemessen werden können. „Her X-1 war der erste Röntgenpulsar, der von IXPE beobachtet wurde. Wir waren sehr überrascht, dass dabei nur eine niedrige

Polarisation beobachtet wurde, was unsere theoretischen Vorhersagen über den Haufen warf. Wir haben das noch nicht verstanden“, sagt Victor Doroshenko. Der durchschnittliche Polarisationsgrad von circa 8,6 Prozent, der von IXPE mit hoher Genauigkeit gemessen wurde, sei viel niedriger als die erwarteten circa 80 Prozent, die durch theoretische Arbeiten vorhergesagt waren. „Eine solch große Diskrepanz impliziert, dass bisherige Modelle des Strahlungstransports in stark magnetisierten Plasmen, die sich an den Polen der Neutronensterne sammeln, und unsere Ideen bezüglich der Geometrie und Struktur der Emissionsregion in Her X-1 – und wahrscheinlich weiterer Pulsare – im Licht der IXPE-Ergebnisse grundlegend überdacht werden müssen“, setzt Juri Poutanen hinzu.

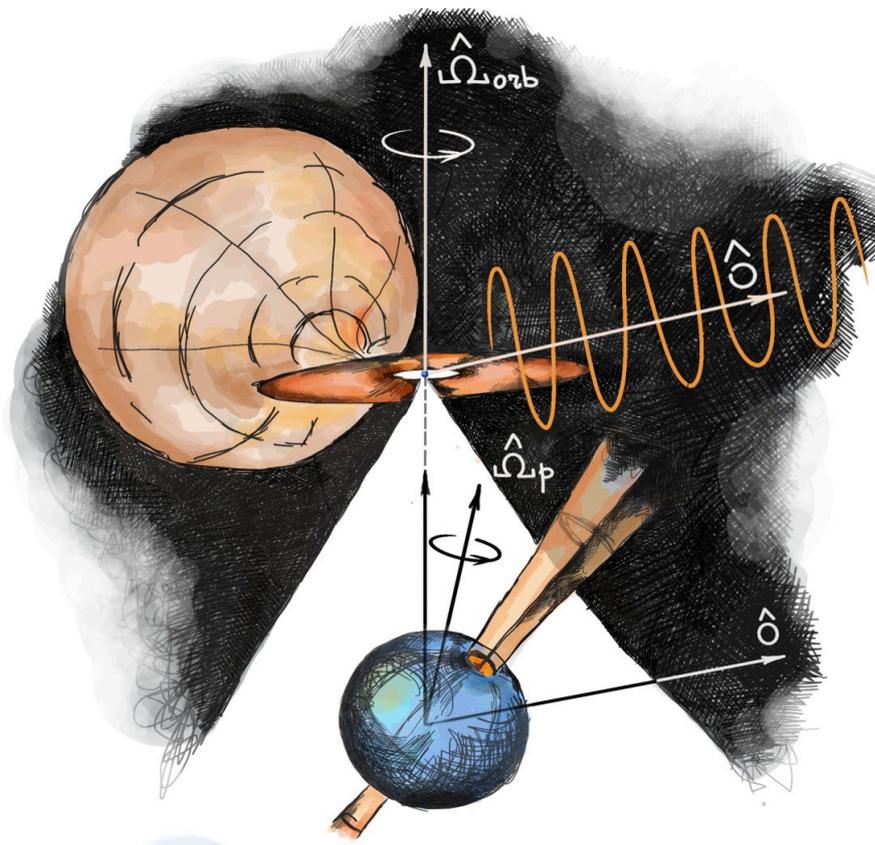
„Ich habe Her X-1 fast mein ganzes Leben lang untersucht, und er überrascht mich immer wieder“, sagt Professor Rüdiger Staubert vom Tübinger Institut für Astronomie und Astrophysik und einer der Koautoren der Studie. „Es ist der erste Röntgenpulsar, bei dem wir das magnetische Feld des Neutronensterns direkt messen konnten. Und es ist eines der meistuntersuchten Objekte seiner Art. Aber wir sind noch weit davon entfernt, es völlig zu verstehen“, sagt Staubert.

Ultimativer Beleg steht noch aus

Trotz aller neuen Rätsel betrachtet das Forschungsteam die neuen Ergebnisse als grundlegende Erkenntnisse. „Erstmals seit der Entdeckung von Röntgenpulsaren vor fünf Jahrzehnten war es möglich, durch das Studium der Änderungen des Polarisationswinkels mit der Phase der Eigendrehung den Winkel zwischen der Drehachse und der magnetischen Dipolachse zu messen. Diese Informationen benötigen wir, um die Emission aus solchen Objekten zu modellieren“, erklärt Doroshenko. „Diese röntgenpolarimetrischen Beobachtungen haben wir mit früheren optischen polarimetrischen Messungen kombiniert. So konnten wir belegen, dass die Drehachse des Pulsars nicht in einer Linie mit dem Bahndrehimpuls liegt. Das deutet – wie auch andere frühere Beobachtungen – darauf hin, dass der Neutronenstern taumelt wie ein auslaufender Spielzeugkreisel.“

Der ultimative Beleg dafür werde später in diesem Jahr erwartet, wenn IXPE den Röntgenpulsar Her X-1 in einer anderen Phase seines 35-Tage-Zyklus beobachten soll, berichtet Professor Andrea Santangelo vom Tübinger Institut für Astronomie und Astrophysik. „IXPE startet gerade erst jetzt das neue Beobachtungsfenster der Röntgenpolarimetrie und ebnet den Weg für die nächste Generation von Röntgenpolarimetern. Es ist erst der Anfang eines großen Abenteuers“, setzt er hinzu.

Der Imaging X-ray Polarimetry Explorer (IXPE) wurde zu Beginn dieses Jahres an Bord einer Falcon-9-Rakete von Cape Canaveral aus ins All geschossen und kreist nun 370 Meilen (600 Kilometer) über dem Äquator. Die Mission ist eine Kooperation zwischen der NASA und der Agenzia Spaziale Italiana mit Partnern und Wissenschaftlern in zwölf Ländern. Gesteuert wird die Weltraummission von Ball Aerospace, die ihren Sitz in Broomfield, Colorado, in den USA hat.



Skizze des Doppelsternsystems von Hercules X-1: Ein Geberstern transportiert Materie über eine Akkretionsscheibe in den winzigen Neutronenstern im Zentrum der Scheibe. Der Neutronenstern ist vorne in Blau vergrößert dargestellt. Die IXPE-Daten erlaubten die Messung der Winkel zwischen allen relevanten Achsen und ergaben, dass die Drehachse unerwarteterweise nicht mit der Richtung des Drehimpulses der Doppelsternbahn in einer Linie steht. Abbildung: Alexander Mushtukov.

Pressemitteilung der NASA:

https://www.nasa.gov/mission_pages/ixpe/news/2022/powerful-neutron-star-s-behavior-surprises-ixpe-researchers.html

Publikation:

Doroshenko, V., Poutanen, J., Tsygankov, S.S. *et al.* Determination of X-ray pulsar geometry with IXPE polarimetry. *Nature Astronomy*, 24. Oktober 2022, <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01799-5>

Kontakt:

Dr. Victor Doroshenko, Prof. Dott. Andrea Santangelo
 Universität Tübingen
 Institut für Astronomie und Astrophysik
 Abteilung Astronomie und Hochenergieastrophysik
 Telefon +49 7071 29-74980 (Doroshenko), +49 7071 29-76128 (Santangelo)
 doroshv[at]astro.uni-tuebingen.de