

Wie das Zentrum der Milchstraße entstand

7.8.2026 - | Leibniz-Gemeinschaft

Eine hochmoderne Simulation zeigt erstmals, dass Sternhaufen und Sternscheiben in Galaxien gemeinsam wachsen. Die Ergebnisse werfen neues Licht auf die Entstehungsgeschichte unserer Milchstraße.

Mithilfe einer hochmodernen Galaxiensimulation gewann ein Team unter der Leitung des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP) neue Einblicke in die Prozesse, die die Zentren von Galaxien im gesamten Universum prägen und die Entstehungsgeschichte der Milchstraße bestimmen. Die Studie zeigt, dass Sternhaufen und Sternscheiben im innersten Zentralbereich von Galaxien keine voneinander unabhängigen Strukturen sind, sondern eng miteinander wachsende verknüpfte Komponenten. Sie werden durch Gas gespeist, das von der stellaren Balkenstruktur der Galaxie nach innen geleitet wird und durch die Akkretion massereicher Sternhaufen weiter geformt. Die Simulation zeigt erstmals direkt den evolutionären Zusammenhang zwischen der Entstehung der zentralen Sternhaufen und nuklearer Sternscheiben.

Die Entstehung und Entwicklung von Galaxienkernen zu verstehen gehört zu den faszinierendsten Herausforderungen der Astrophysik. Die neue Studie hat zum Ziel, die physikalischen Prozesse aufzudecken, die zur Entstehung zweier auffälliger Strukturen führen, die die Schwarzen Löcher im Zentrum der meisten Galaxien umgeben: Kernsternhaufen und nukleare Sternscheiben. Erst im letzten Jahrzehnt wurden solche galaktischen Strukturen in der Milchstraße und in extragalaktischen Systemen beobachtet. Da aus den Beobachtungsdaten kein eindeutiger Zusammenhang zwischen ihren Massen und Größen hervorging, wurden die beiden Strukturen als Ergebnisse getrennter Entstehungsprozesse angesehen. Der Entstehungsprozess ist jedoch noch nicht verstanden, und bislang fehlten realistische Simulationen.

Diesem langjährigen Rätsel geht nun eine neue Galaxiensimulation aus dem SMUGGLE-Ring-Projekt auf die Spur, indem sie eine neue neue Perspektive eröffnet und damit eine Brücke zwischen Theorie und Beobachtungen bildet. In einem Artikel, der als „Letter to the Editor“ in der Fachzeitschrift „Astronomy & Astrophysics“ angenommen wurde, zeigt das Team um AIP-Forscher Dr. SungWon Kwak erstmals, dass eine vollständig selbstkonsistente, hochauflösende hydrodynamische Simulation einer milchstraßenähnlichen Balkengalaxie auf natürliche Weise sowohl einen Kernsternhaufen als auch eine nukleare Sternscheibe bilden und deren Wachstum über Milliarden von Jahren hinweg verfolgen kann.

Die Simulation deckt auf, dass der Balken der Galaxie bei diesem Prozess eine zentrale Rolle spielt. „Unsere Simulation verdeutlicht dies, indem sie zeigt, wie der galaktische Balken wie ein kosmisches Förderband wirkt, das Gas nach innen leitet, so dass beide Strukturen gleichzeitig aus genau demselben Reservoir versorgt werden“, erklärt SungWon Kwak. Während sich Gas im zentralen Bereich ansammelt, erzeugt die Rückkopplung sterbender Sterne Schockwellen, die wiederholt neue Phasen der Sternentstehung auslösen. Im Laufe von mehreren Milliarden Jahren sammeln sich in diesen zentralen Strukturen Sterne mit einer Gesamtmasse von Hunderten von Millionen Sonnenmassen.

Einer der wesentlichen Vorteile der Simulation besteht darin, dass sie es Forschenden ermöglicht, Prozesse zu beobachten, die in realen Galaxien nicht direkt sichtbar sind. Astronomische Beobachtungen liefern lediglich eine Momentaufnahme einer Galaxie zu einem Zeitpunkt. Die Simulation hingegen verfolgt die Entwicklung der Galaxie über vier Milliarden Jahre hinweg, sodass

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Entstehung des Balkens beobachten können, den Gaszufluss nach innen verfolgen, Ausbrüche der Sternentstehung überwachen und studieren können, wie sich die zentrale Sternscheibe im Laufe der Zeit vom Zentrum aus nach außen ausdehnt.

Die Ergebnisse erklären auch, warum es bisher so schwierig war, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Kernsternhaufen und nuklearen Sternscheiben nachzuweisen. „Die scheinbar fehlende Verbindung bedeutet nicht, dass sich die Sterne selbst grundlegend in Alter, chemischer Zusammensetzung oder Bewegung unterscheiden“, erklärt Dr. Cristina Chiappini, ebenfalls Wissenschaftlerin am AIP und Mitautorin der Studie. Stattdessen zeigt die Simulation, dass sich die strukturelle Beziehung zwischen den beiden Komponenten im Laufe der Zeit auf natürliche Weise entwickelt. Während langer Phasen stetigen Wachstums driften die relativen Massen und Größen des Sternhaufens und der Scheibe allmählich auseinander. Infolgedessen können die Kernsternhaufen und nuklearen Sternscheiben von Galaxien bemerkenswert unterschiedlich erscheinen, wenn sie in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung beobachtet werden, selbst wenn der zugrunde liegende Wachstumsmechanismus derselbe ist.

Bei dieser Erkenntnis spielte auch die Einbeziehung einer realistischen Dynamik der Dunklen Materie in die Simulation eine entscheidende Rolle. „Frühere Studien stützen sich auf feste Hintergrundpotenziale für den galaktischen Balken und die Halos aus Dunkler Materie. Doch die realistische Behandlung der Wechselwirkungen zwischen Sternen und einem Dunkle-Materie-Halo, der in unserem Modell durch Teilchen repräsentiert wird, ermöglicht es uns, einen realistischen Balken zu bilden, der sich im Laufe der Zeit entwickelt und dann auf natürliche Weise Kernstrukturen bildet“, erklärt Dr. Ivan Minchev, Mitautor der Studie. „Darüber hinaus zeigt unser Modell auch eine ‚dunkle Lücke‘ um den Balkenbereich herum, die in vielen Beobachtungen gefunden wurde und als Beweis für die Wechselwirkung zwischen Sternen und Dunkler Materie durch die Rotation des Balkens gilt.“

Das Szenario wird noch faszinierender, da in der Simulation ein besonders massereicher Sternhaufen mit etwa 30 Millionen Sonnenmassen spiralförmig in das galaktische Zentrum hineinrast und mit dem Kernsternhaufen verschmilzt. Interessanterweise wurden bei den jüngsten Beobachtungen solche massereichen Sternhaufen innerhalb des Balkens von NGC 1365 erfasst, von denen einige voraussichtlich spiralförmig in das Zentrum der Galaxie hineinschwingen und mit dem Kernsternhaufen der Galaxie verschmelzen. Solche Verschmelzungsereignisse können die Masse und Größe des Kernsternhaufens innerhalb kurzer Zeit verändern. Dies macht die gemeinsame Entwicklungsgeschichte der galaktischen Zentren komplexer, aber auch interessanter, da in den Kernsternhaufen der Galaxien ein supermassives Schwarzes Loch lauert. Folglich könnten diese Verschmelzungsereignisse Spuren in der Masse des supermassereichen Schwarzen Lochs hinterlassen, wodurch sich der Zusammenhang zwischen den galaktischen Komponenten grundsätzlich erweitern ließe und wir zukünftige Beobachtungen besser interpretieren könnten.

Originalpublikation

SungWon Kwak, Mathias Schultheis, Ivan Minchev, Cristina Chiappini, Woong-Tae Kim, Seungwon Baek, Federico Marinacci, Mark Vogelsberger, Laura V. Sales, Hui Li, and Matthias Steinmetz (2026): SMUGGLE-Ring: Evolutionary link between nuclear star cluster and nuclear disk, A&A

Weitere Informationen und Kontakt

Pressemitteilung des Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)

<https://www.leibniz-gemeinschaft.de/ueber-uns/neues/forschungsnachrichten/forschungsnachrichten-single/newsdetails/neue-simulation-erklaert-die-entstehung-des-galaktischen-zentrums>