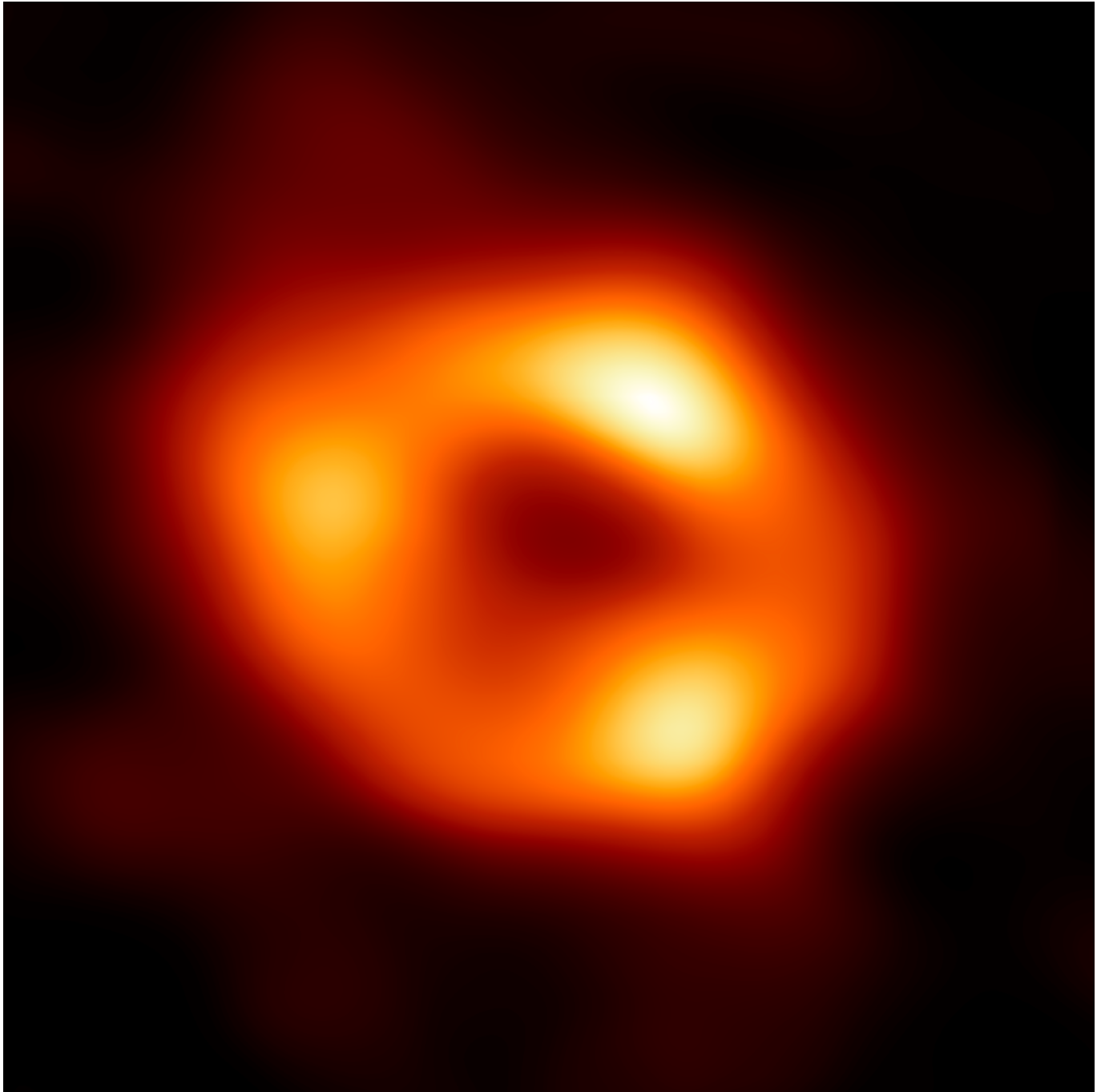


# Beweging rond zwart gat slecht voorspelbaar

**De banen van 27 sterren die ronddraaien op kleine afstand van het zwarte gat in het centrum van onze Melkweg, zijn zo chaotisch dat onderzoekers niet betrouwbaar kunnen voorspellen waar ze over zo'n 500 jaar zijn, zo blijkt uit nieuwe simulaties.**

*Bron: persbericht NOVA.*



**Afbeelding 1. Het zwarte gat in de Melkweg.** De banen van de sterren die het dichtst rond dit zwarte gat draaien, zijn erg moeilijk te voorspellen. Foto: Event Horizon Telescope Collaboration.

Het simuleren van 27 sterren en hun wisselwerking onderling en met het zwarte gat, is gemakkelijker gezegd dan gedaan. Eeuwenlang was het bijvoorbeeld onmogelijk om van meer dan twee elkaar beïnvloedende sterren of planeten de bewegingen precies te voorspellen. Pas in 2018 ontwikkelden Leidse onderzoekers een computerprogramma waarin afrondingsfouten geen rol meer spelen in de berekeningen. Daarmee konden ze van [drie](#)

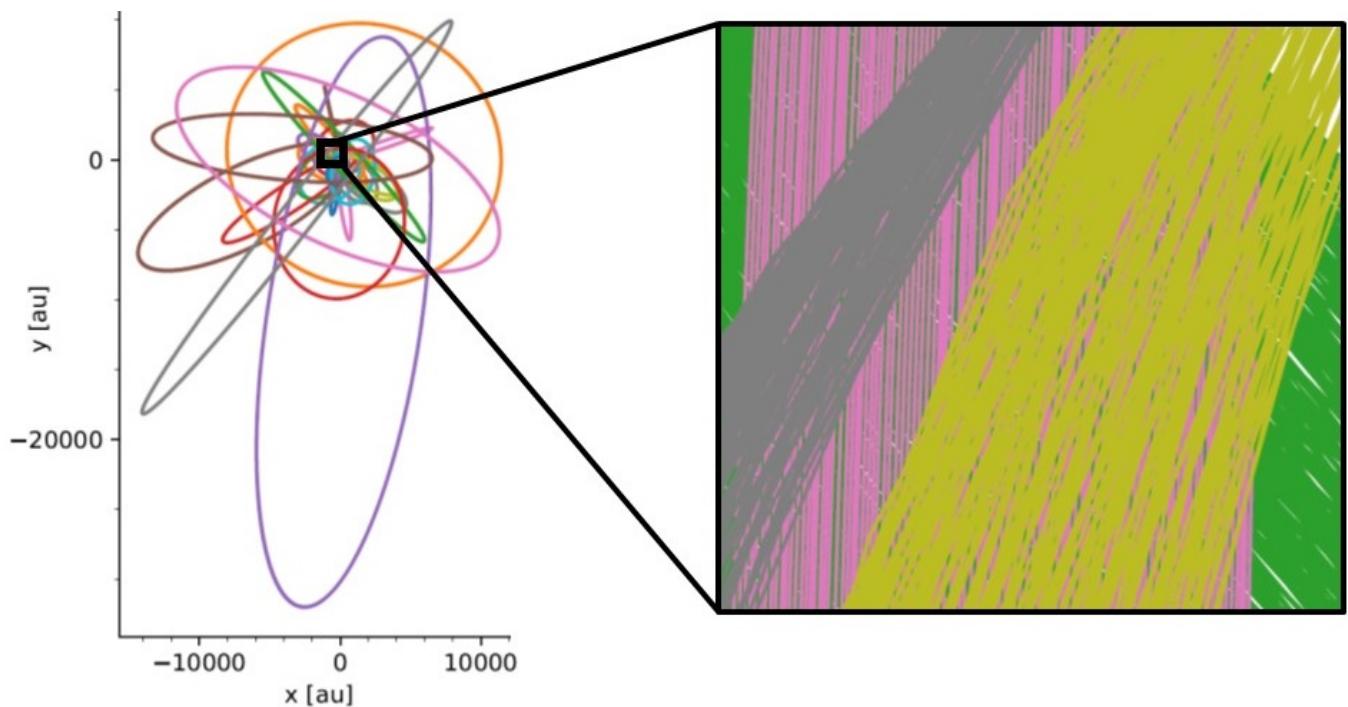
[fictieve sterren hun bewegingen doorrekenen](#). Nu hebben de onderzoekers hun programma uitgebreid zodat het overweg kan met [27 sterren](#) die voor astronomische begrippen rakelings langs het [zwarte gat in het](#) centrum van de Melkweg bewegen.

De simulaties van de 27 zware sterren en het zwarte gat zorgden voor een verrassing. Alhoewel de sterren in hun baan om het zwarte gat blijven, blijkt dat door de onderlinge wisselwerking tussen de sterren de banen chaotisch zijn. Dat houdt in dat kleine verstoringen, veroorzaakt door die onderliggende wisselwerkingen, de banen van de sterren veranderen. Deze veranderingen groeien exponentieel en zorgen er op de lange termijn voor dat de sterbanen niet meer kunnen worden voorspeld.

## Zwart gat geeft schok door

“Al na 462 jaar kunnen we de banen niet meer betrouwbaar voorspellen. Dat is werkelijk verbazingwekkend kort,” zegt sterrenkundige [Simon Portegies Zwart](#) (Universiteit Leiden). Hij contrasteert de situatie met ons zonnestelsel, waarin bewegingen pas na 12 miljoen jaar niet meer betrouwbaar te voorspellen zijn. “Het is dus in de omgeving van het zwarte gat 30.000 keer zo chaotisch als bij ons, en dat hadden we helemaal niet verwacht. Het zonnestelsel is zo’n 20.000 keer kleiner, bevat miljoenen keren minder massa en heeft slechts acht relatief lichte objecten die rond de zon draaien in plaats van 27 zware rond het zwarte gat, maar dat had, als je het vooraf aan mij gevraagd zou hebben, niet zo veel moeten uitmaken.”

Volgens de onderzoekers ontstaat de chaos elke keer ongeveer op dezelfde manier. Er zijn steeds twee of drie sterren die elkaar dicht naderen. Dat zorgt voor onderling duwen en trekken tussen de sterren. Dit leidt weer tot iets andere sterbanen. Het zwarte gat waar alle sterren omheen draaien, wordt vervolgens een beetje weggeduwd, en dat voelen de andere sterren dan weer. Op deze wijze werkt een kleine interactie tussen twee sterren door in de beweging van alle 27 sterren in de centrale cluster.



**Afbeelding 2. De beweging van 27 sterren.** Simulatie van de beweging van de sterren rond het zwarte gat in het centrum van de Melkweg. Links zijn de banen te zien van de sterren. Deze banen zijn voor 10.000 jaar doorgerekend. Het lijkt of de sterren niet van hun baan afwijken. Rechts is een stukje ingezoomd in de buurt van het drukke middelpunt. Daar wordt duidelijk dat de sterren binnen hun baan behoorlijke variaties kennen. De gele baan bijvoorbeeld schommelt in die 10.000 jaar in een gebied van veertig keer de afstand van de aarde naar de zon. Afbeelding: Simon Portegies Zwart et al.

## Inzoomen op omloopbaan

“We laten onze simulatie steeds 10.000 jaar lopen. Als je dan vanaf een afstandje naar de sterren kijkt, lijkt het of ze allemaal in dezelfde banen blijven,” zegt [Tjarda Boekholt](#), in 2015 gepromoveerd bij Portegies Zwart en nu werkzaam aan de Universiteit van Oxford. “Pas als je inzoomt op een stukje van een omloopbaan worden de chaotische variaties zichtbaar. Deze variaties kunnen veertig astronomische eenheden omvatten – dat is veertig keer de afstand tussen de aarde en de zon.”

De onderzoekers vergelijken de chaos bij het zwarte gat met het fietsen door de stad. Je weet ongeveer hoe lang je er over doet om ergens te komen, maar hoe lang precies is niet te voorspellen. Als er een brug open staat waar je op moet wachten, of wanneer iemand voor je fiets springt, kun je zomaar minuten later aankomen. “En zo is het ook een beetje met de

sterren rond het zwarte gat,” zegt Portegies Zwart. “Je weet dat er geregeld onverwachte gebeurtenissen plaatsvinden, en die zorgen voor een exponentiële verandering die we nu kunnen meten. Het gevolg is dat het centrum van de Melkweg met het zwarte gat en de 27 sterren die er een baan omheen hebben, na 462 jaar niet meer voorspelbaar is. We kunnen de posities en snelheden van die sterren dan niet meer betrouwbaar voorspellen.”

Voor Portegies Zwart en zijn collega's is niet zozeer het getal van 462 jaar van belang. “Die 462 jaar is natuurlijk erg kort, maar ons gaat het erom dat we als sterrenkundigen anders moeten kijken naar wat er rond een zwart gat gebeurt dan voorheen,” aldus Portegies Zwart. “Tekend is ook dat ik met Tjarda Boekholt een woordenlijst ben gaan aanleggen met definities, want er waren gewoon geen termen die dit nieuwe type chaotisch gedrag dat we observeerden accuraat omschrijven.”

## Punctuated chaos

De onderzoekers noemen het fenomeen ‘punctuated chaos’, ofwel onderbroken chaos. De term is geïnspireerd op de evolutiebiologie waar het omgekeerde plaatsvindt: het zogeheten [punctuated equilibrium](#). Dat begrip wordt gebruikt als het gaat over de evolutie binnen een soort, waar vaak sprake is van een langdurig evenwicht dat maar heel sporadisch schoksgewijs onderbroken wordt.

“Voorheen wist je niet of de chaos in simulaties een echt natuurkundige oorsprong had, of dat het kwam door afrondingsfouten en andere problemen met de berekeningen,” zegt mede-auteur [Douglas Heggie](#), gepensioneerd wis- en sterrenkundige aan de Universiteit van Edinburgh en pionier op het gebied van het [N-lichamenprobleem](#) voor sterren. “We hebben de simulaties en de achterliggende berekeningen op allerlei manieren op de pijnbank gelegd. Onze resultaten blijven staan als een huis. We kunnen nu echt uitspraken doen over het chaotisch gedrag van systemen met meerdere sterren. Dat is prachtig.”

## Publicaties

[Punctuated chaos and indeterminism in self-gravitating many-body systems](#). Tjarda Boekholt, Simon Portegies Zwart en Douglas Heggie. International Journal of Modern Physics D.

[Punctuated chaos and the unpredictability of the Galactic center S-star orbital evolution](#).

Simon Portegies Zwart, Tjarda Boekholt en Douglas Hoggie. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.