Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 81 (2023)
Heft: 2

Artikel: Universum aus dem Supercomputer
Autor: Vonarburg, Barbara / Feldmann, Robert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1049486

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vorgänge besser verstehen

Universum aus dem Supercomputer

Die ersten Galaxien entstanden im Zentrum von Halos aus dunkler Materie. Dies geht aus dem aktuellen Standardmodell der Kosmologie hervor. Robert Feldmann, Professor an der Universität Zürich, erstellt mithilfe von Hochleistungsrechnern Simulationen der Vorgänge im Universum.

Das Interview führte **Barbara Vonarburg**

orion *Wie sind die ersten Galaxien entstanden?*

Robert Feldmann Nach dem Urknall war die Materie im Universum fast vollständig homogen verteilt, aber nicht ganz. Es gab schon relativ früh kleine Dichteschwankungen. In den Bereichen mit etwas höherer Dichte war die Schwerkraft stärker. Deshalb wurde Materie aus der Umgebung und den Bereichen mit etwas geringerer Dichte angezogen. Die Dichteschwankungen wurden dadurch immer stärker, bis die Materie kollabierte und sich sogenannte Dark-Matter-Halos, also Dunkle-Materie-Haufen, bildeten.

orion *Diese Halos bestanden also aus dunkler Materie?*

Feldmann Ja, wie heute waren damals 85 Prozent der Materie im Universum dunkle Materie, von der wir nicht wissen, worum es sich eigentlich handelt. Nur 15 Prozent sind normale Materie, also Wasserstoff, Helium und ein paar schwerere Elemente.

Die ersten Dunkle-Materie-Haufen bildeten sich schon frühzeitig, in den ersten 100 Millionen Jahren nach dem Urknall. Anschliessend fiel dann auch das gewöhnliche Gas, das aus Wasserstoff und Helium bestand, in die Dunkle-Materie-Haufen. Zuerst heizte sich dieses Gas auf. Dann passierte etwas Neues, das sehr interessant ist: Das Gas konnte diese Temperatur in Form von Strahlung wieder abgeben. Es kühlte sich ab und konnte so immer weiter zum Zentrum des Dunkle-Materie-Haufens fallen. Dort bildete es dann die Galaxien. Wann, wie, und wie viele Galaxien gebildet wurden, verstehen wir Astrophysiker noch nicht genau. Aber dies ist der grundlegende Prozess.

orion *Mit dem James-Webb-Weltraumteleskop (JWST) wurden Galaxien entdeckt, die 600 Millionen Jahre nach dem Urknall bereits eine Masse von mehr als zehn Milliarden Sonnenmassen aufwiesen. Dies stürze das Standardmodell der Kosmologie in eine Krise, wird behauptet. Stimmt das?*

Feldmann Das bleibt abzuwarten. Nach unseren gegenwärtigen Modellen sind solche massereichen Galaxien extrem selten. Die Entdeckung mit dem JWST scheint momentan tatsächlich im Widerspruch zu unserer Theorie zu stehen. Allerdings müssen die Massen und das Alter

ZUR PERSON Robert Feldmann, Universität Zürich
Robert Feldmann ist seit 2016 Professor am Institut für Computerwissenschaften der Universität Zürich und Fachmann für computergestützte Astrophysik. Seine Forschungsgebiete sind die Entstehung und Entwicklung von Galaxien, die Strukturbildung und die physikalischen Prozesse im interstellaren Medium. Ein wesentlicher Teil seiner Forschung stützt sich auf modernste Hochleistungsrechner und Datenanalysen.

der Galaxien erst noch bestätigt werden. Die ersten Beobachtungen basieren auf sogenannten photometrischen Daten. Damit kann man nicht ausschliessen, dass einige dieser Galaxien doch später entstanden sind oder eine kleinere Masse haben. Erst wenn man das Spektrum der Galaxien anschaut, ist eine genaue Bestimmung möglich.

orion *Was, wenn die Entdeckung dieser frühen, äusserst massereichen Galaxien tatsächlich bestätigt wird?*

Feldmann Es kann sein, dass man dann die Modelle anpassen muss. Vielleicht wandeln diese frühen Galaxien kosmisches Gas viel effizienter in Sterne um. Oder es gibt Überlegungen, dass sich die sogenannte dunkle Energie im frühen Universum anders verhält als gegenwärtig angenommen. Die dunkle Energie ist keine Materie, aber auch da wissen wir – wie bei der dunklen Materie – nicht, was genau es ist. Bis jetzt können wir nicht sagen, ob diese Entdeckungen darauf hinweisen, dass wir ein grosses Loch in unserem fundamentalen Verständnis der Galaxienentstehung haben.

orion *Sie sind Mitglied des internationalen Teams, das ein JWST-Programm namens «UNCOVER» durchführt. Die Abkürzung steht für «Ultradeep NIRSpec and NIRCam ObserVations before the Epoch of Reionization», zu deutsch etwa «Hochempfindliche Beobachtungen des Universums vor der Reionisierungsepoche mit NIRSpec und NIRCam». Was ist das Besondere an diesem Programm?*

Feldmann Der Hauptunterschied zu anderen JWST-Programmen ist, dass die Beobachtung auf einen Galaxienhaufen fokussiert ist. Dieser heisst offiziell Abell 2744 und wird auch Pandora-Galaxienhaufen genannt. Wir nutzen diesen sehr massereichen Galaxienhaufen als Gravitationslinse, de facto als ein extra Teleskop, das es uns erlaubt, noch viel tiefer in den Raum zu schauen. Das heisst, wir können sehr leuchtschwache Galaxien entdecken, welche sich, von uns aus gesehen, weit hinter dem Galaxienhaufen befinden. Von den JWST-Programmen, die momentan laufen, ist «UNCOVER» wahrscheinlich dasjenige, das die frühesten Galaxien entdecken und spektroskopisch bestätigen kann.

orion *Was ist Ihre Aufgabe bei «UNCOVER»?*

Feldmann Als Theoretiker erstelle ich Modelle dieser Galaxien und schaue dann, ob die Beobachtungen und die Modelle zusammenpassen oder ob ein grosser Unterschied besteht. Der letztere Fall ist besonders interessant, da er auf eine Lücke in unserem theoretischen Verständnis hinweisen kann.

orion *Was ist der aktuelle Stand des Programms?*

Feldmann In einer ersten Phase nimmt das Programm Bilder in verschiedenen Wellenlängen auf – vom Galaxienhaufen sowie seiner Umgebung und den Galaxien, die sich hinter dem Haufen befinden und weit in der Vergangenheit existieren. Da haben wir schon erste Papers auf dem Preprint-Server arxiv.org veröffentlicht.

Die zweite Phase des Programms läuft später in diesem Jahr an. Da werden wir auch Spektren von vielen Galaxien in unserem Beobachtungsfeld messen. Die Spektren sind sehr wichtig, um Rückschlüsse auf die Eigenschaften dieser Galaxien zu ziehen.

orion *Für Ihre Arbeiten benötigen Sie grosse Rechenkapazitäten. Wo führen Sie Ihre Berechnungen durch?*

Feldmann Für die grossen Simulationen nutze ich den Supercomputer im Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) in Lugano. Zusätzlich stellt die Universität Zürich Rechenkapazitäten bereit. Der Rechenaufwand hängt von der Auflösung der Simulation ab. In der Regel simuliert man nicht nur eine einzelne Galaxie, sondern einen repräsentativen Ausschnitt des Universums mit vielen Galaxien. Je nachdem, wie gross dieser Ausschnitt ist, beträgt die Rechenzeit Stunden, einen Tag, oder auch Monate.

orion *Inwiefern verwenden Sie Methoden der künstliche Intelligenz?*

Feldmann Diese spielen eine immer wichtigere Rolle. In «UNCOVER» verwenden wir künstliche neuronale Netze und Machine-Learning-Methoden, um die Galaxieneigenschaften aus den Bildern und später auch aus den Spektren genau zu bestimmen. Wir entwickeln aber auch sogenannte Emulatoren, die es ermöglichen, den Rechenaufwand von Analysen und Simulationen zu reduzieren. Der Einsatz dieser Methoden ist eine Revolution, die alle Bereiche der Gesellschaft erfasst hat – auch die Astrophysik. <