

Kosmische Expansion: Das ungleichmäßige Universum

geschrieben von Andreas Potthoff | 3. Dezember 2021

Forscher untersuchen kosmische Expansion mit Methoden aus der Physik von Vielteilchensystemen / Veröffentlichung in "Physical Review Letters"

In kosmologischen Rechnungen wird fast immer angenommen, dass die Materie im Universum gleichmäßig verteilt ist. Das liegt daran, dass die Berechnungen zu kompliziert würden, würde man die Position jedes einzelnen Sterns einbauen. In Wirklichkeit ist das Universum nicht gleichmäßig. An manchen Stellen befinden sich Sterne und Planeten, an anderen herrscht Leere. Die Physiker Michael te Vrugt und Prof. Dr. Raphael Wittkowski vom Institut für Theoretische Physik und vom Center for Soft Nanoscience (SoN) der Westfälischen Wilhelms-Universität (WWU) Münster haben jetzt mit der Physikerin Dr. Sabine Hossenfelder vom Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS) ein neues Modell für dieses Problem entwickelt. Ausgangspunkt ist der Mori-Zwanzig-Formalismus, eine Methode zur Beschreibung von Systemen aus sehr vielen Teilchen mit einer kleinen Anzahl von Messgrößen. Die Ergebnisse der Studie sind in der Fachzeitschrift Physical Review Letters veröffentlicht.

Zum Hintergrund: Die von Albert Einstein entwickelte Allgemeine Relativitätstheorie (ART) ist eine der erfolgreichsten Theorien der modernen Physik. Zwei der letzten fünf Physiknobelpreise betrafen dieses Gebiet: 2017 für die Messung von Gravitationswellen, 2020 für die Entdeckung eines

schwarzen Lochs im Zentrum der Milchstraße. Eine der wichtigsten Anwendungen der ART ist die Beschreibung der kosmischen Expansion, also der Ausdehnung des Universums seit dem Urknall. Die Geschwindigkeit dieser Ausdehnung wird von der Menge an Energie im Universum bestimmt. Neben der sichtbaren Materie spielen hier – zumindest gemäß dem aktuell in der Kosmologie verwendeten „Lambda-CDM-Modell“ – vor allem die dunkle Materie und dunkle Energie eine Rolle.

„Streng genommen, ist es mathematisch falsch, den Mittelwert der Energiedichte des Universums in die Gleichungen der ART einzusetzen“, betont Sabine Hossenfelder. Die Frage ist nun, wie „schlimm“ dieser Fehler ist. Manche Experten halten ihn für irrelevant, andere sehen darin die Lösung für das Rätsel der dunklen Energie, deren physikalische Natur bislang unbekannt ist. Eine ungleichmäßige Verteilung der Masse im Universum kann sich auf die kosmische Expansionsgeschwindigkeit auswirken.

„Der Mori-Zwanzig-Formalismus wird bereits in sehr vielen Forschungsgebieten von der Biophysik bis zur Teilchenphysik erfolgreich eingesetzt, daher bot er auch für dieses astrophysikalische Problem einen vielversprechenden Ansatz“, erklärt Raphael Wittkowski. Das Team verallgemeinerte diesen Formalismus, sodass er auf die ART angewendet werden konnte, und leitete so ein Modell für die kosmische Expansion unter Berücksichtigung kosmischer Ungleichmäßigkeiten her.

Das Modell macht eine konkrete Vorhersage für die Auswirkung dieser sogenannten Inhomogenitäten auf die Geschwindigkeit der Ausdehnung des Universums. Diese weicht leicht von der Vorhersage des Lambda-CDM-Modells ab und bietet daher eine Möglichkeit, das neue Modell experimentell zu testen. „Aktuell sind die astronomischen Daten nicht genau genug, um diese Abweichung zu messen, aber die großen Fortschritte etwa bei der Messung von Gravitationswellen bieten Anlass zur Hoffnung, dass sich das ändert“, sagt Michael te Vrugt. „Außerdem lässt sich die neue Variante des Mori-Zwanzig-Formalismus auch auf

andere astrophysikalische Probleme anwenden, die Arbeit ist also nicht nur für die Kosmologie relevant.“

Finanzierung

Michael te Vrugt wird durch ein Promotionsstipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes gefördert. Sabine Hossenfelder erhält finanzielle Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, HO 2601/8-1). Die Arbeitsgruppe Wittkowski wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, WI 4170/3-1) finanziert.

Originalpublikation

M. te Vrugt, S. Hossenfelder, R. Wittkowski (2021). Moritz-Zwanzig formalism for general relativity: a new approach to the averaging problem. *Physical Review Letters* 127, 231101. DOI: 10.1103/PhysRevLett.127.231101

Links:

- Originalveröffentlichung in *Physical Review Letters*
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.127.231101>
 - AG Wittkowski an der WWU
<https://www.uni-muenster.de/Physik.TP/research/wittkowski/>
 - Dr. Sabine Hossenfelder am FIAS
<https://www.fias.science/de/fellows/detail/hossenfelder-sabine/>
-

Quelle: Pressemitteilung / Pressestelle der Universität Münster (upm)

Relativitätstheorie: Vortrag: General Theory of Relativity, Lecture 1-12 (Leonard Susskind, 2009, engl.)

geschrieben von Andreas Potthoff | 3. Dezember 2021

Zwölfteiliger Videovortrag über die Allgemeine Relativitätstheorie von Leonard Susskind.

- Modern Physics: General Theory of Relativity, Lecture 1-12 (Leonard Susskind)
- Prof. Leonard Susskind
- Stanford University, USA
- Englische Sprache, 2009

Relativitätstheorie: Vortrag: Special Relativity, Lecture 1-10 (Leonard Susskind, 2008, engl.)

geschrieben von Andreas Potthoff | 3. Dezember 2021

Zehnteiliger Videovortrag über die Spezielle Relativitätstheorie von Leonard Susskind.

- Modern Physics: Special Relativity, Lecture 1-10
(Leonard Susskind)
- Prof. Leonard Susskind
- Stanford University, USA
- Englische Sprache, 2008