Theoretische Astrophysik

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung
GEFÖRDERT DURCH DIE Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung

100 Jahre Allgemeine Relativitätstheorie

Einstein inside

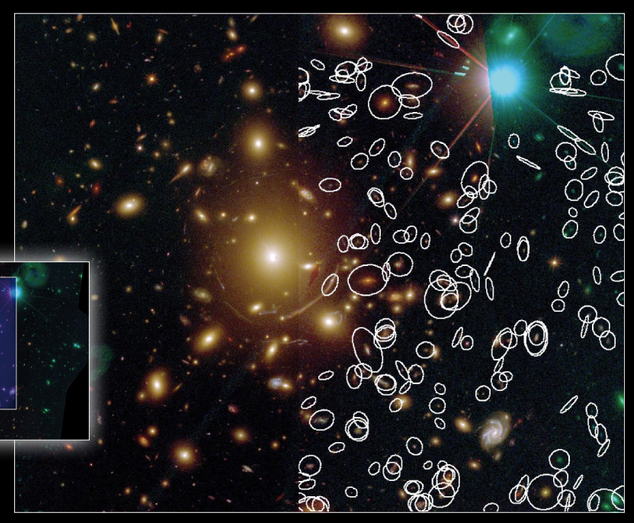
Gravitationslinsen enthüllen die Tiefen des Universums

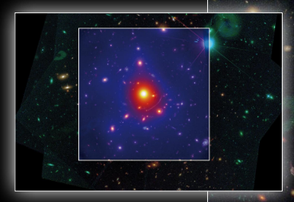
Dunkle Materie in Galaxienhaufen

Analysiert man Bilder von Galaxien, die durch Gravitationslinsen verzerrt werden, kann man die Verteilung Dunkler Materie bestimmen.

Nur ein kleiner Teil der Materie im Universum besteht aus gewöhnlicher Materie, wie wir sie aus dem Alltag kennen. Einen viel größeren Anteil macht die so genannte Dunkle Materie aus. Diese sendet kein Licht oder andere elektromagnetische Strahlung aus, ist also nicht direkt zu sehen. Mehr noch: Es gibt überhaupt keine direkte Wechselwirkung mit elektromagnetischer Strahlung, sie tritt nicht einmal als „Schatten" in Erscheinung – sie ist damit vollständig unsichtbar und kann nur indirekt nachgewiesen werden.

Rechtes Bild, 2-teilig: Links ist ein Galaxienhaufen zu sehen, rechts überlagert sind die gemessenen Bildverzerrungen eingezeichnet, aus denen die Massenverteilung rekonstruiert werden kann. Im kleinen Bild unten links ist im Hintergrund wieder ein optisches Bild des Galaxienhaufens gezeigt, überlagert darüber die rekonstruierte, farbkodierte Massenverteilung.
(Bilder: NASA, J.Merten et al)





In Galaxienhaufen ist neben der sichtbaren noch etwa zehnmal mehr Dunkle Materie vorhanden. Durch ihre Gravitationswirkung beeinflusst sie die Ausbreitung des Lichts, welches uns von dahinter liegenden Galaxien erreicht. (siehe Grafik links).

Dadurch wird das Bild dieser Galaxien verändert, ähnlich wie durch eine Sammellinse aus Glas. Analysiert man diese Veränderung, so kann man die Struktur der Gravitationslinse bestimmen, und damit auch die Verteilung der Dunklen Materie in dem Galaxienhaufen.

Universität Heidelberg
Zentrum für Astronomie (ZAH)
Institut für Theoretische Astrophysik (ITA)

Das Institut für Theoretische Astrophysik (ITA) der Universität Heidelberg entstand 1976 aus den beiden Lehrstühlen für theoretische Astrophysik. Seit 2005 ist es Teil des damals neu gegründeten Zentrums für Astronomie (ZAH).

Am ITA werden eine Reihe astrophysikalischer Themen theoretisch untersucht. Dazu gehören die Stern- und Planetenentstehung, die stellare Astrophysik, Astrochemie, Hydrodynamik und Strahlungstransport sowie die Kosmologie, insbesondere die Theorie der Strukturbildung im Dunklen Universum. Im Mittelpunkt der Forschung stehen die Fragen, wie Sterne und Planeten entstehen und sich entwickeln oder wie die Rätsel der Dunklen Materie und der Dunklen Energie entschlüsselt werden können.

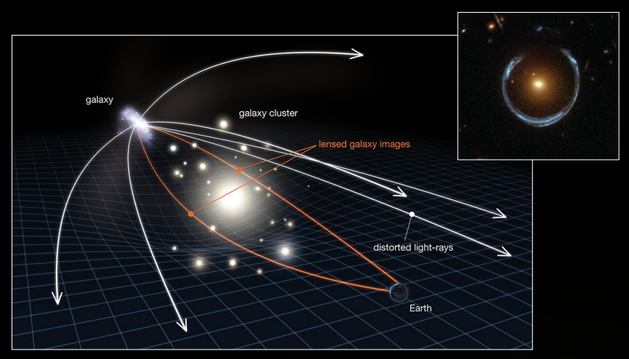
Das ITA ist an einigen nationalen und europäischen Forschungsprojekten beteiligt, darunter am SFB 881 „The Milky Way System", am Transregio-SFB TR 33 „The Dark Universe" und an der Forschergruppe 759 „The Formation of Planets". Darüber hinaus beteiligen sich Mitarbeiter des ITA an den Satellitenprojekten „Planck", „Gaia" und „Euclid".

Mehr Infos unter:
www.zah.uni-heidelberg.de
www.ita.uni-heidelberg.de

Ansprechpartner:
Prof. Dr. Matthias Bartelmann
(Institut für Theoretische Astrophysik (ITA)

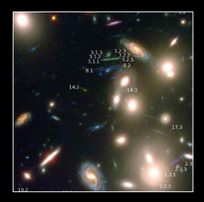
Wie funktionieren eigentlich Gravitationslinsen?
Im Prinzip wirken sie ganz ähnlich wie gläserne Sammellinsen: Alle Lichtstrahlen, die aus großer Entfernung ankommen und dabei die Gravitationslinse auf dem Weg zum Beobachter passieren, werden durch die Schwerkraft zur Linse hin gekrümmt.

Liegen womöglich massereiche Galaxiencluster exakt zwischen einer entfernten Galaxie und dem Beobachter auf der Erde, dann ist das symmetrische Phänomen „Einsteinring" möglich, da Lichtstrahlen (weiße Pfeile) allseitig und in gleicher Weise das Gravitationsfeld des Galaxienclusters umlaufen.
(Bild rechts: ESA, rechts-oben: NASA/Hubble)

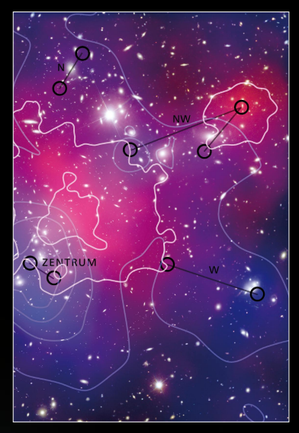


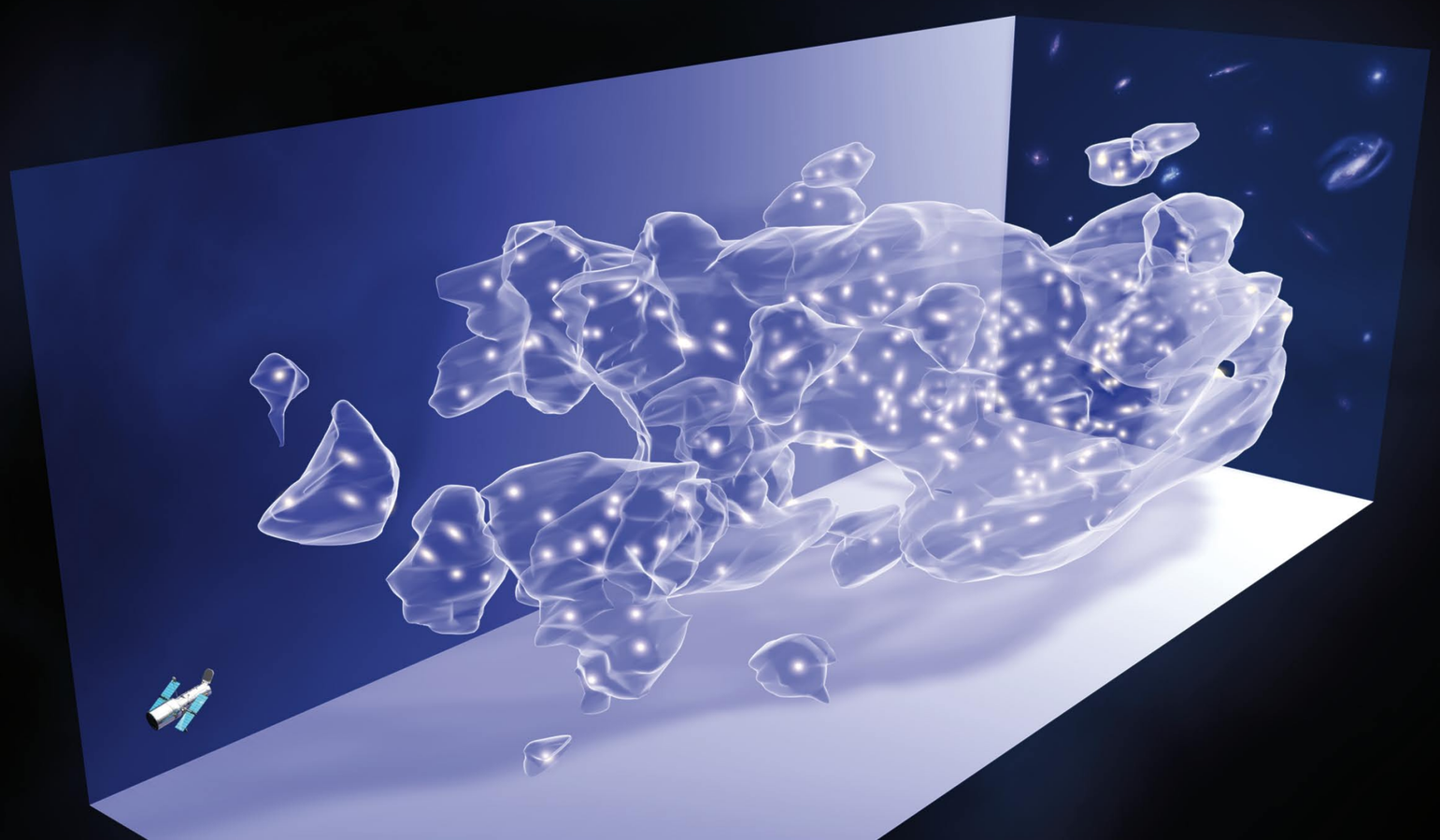
Bisher ist weitgehend unbekannt, woraus diese Dunkle Materie besteht. Sie spielt aber eine unverzichtbare Rolle bei der Entstehung und Entwicklung von Galaxien und darüber hinaus bei der Bildung von Strukturen im Universum überhaupt. Für unser Verständnis vom Universum ist es darum sehr wichtig, etwas über die Verteilung und das Verhalten der Dunklen Materie zu erfahren.

Dunkle Materie verrät sich durch ihre Gravitationswirkung – nicht nur auf andere Materie, sondern auch auf Licht.



Dunkle Materie an sich ist unsichtbar. Mit dem Wissen um den Gravitationslinseneffekt ist es möglich, die Verteilung Dunkler Materie im vorliegenden Hubble-Bild des Galaxienhaufens „Abell 2744" zu rekonstruieren und über eine Einfärbung sichtbar zu machen.
(Bild oben: LAM, Daniel et al 2014, rechts: X-ray: NASA, J.Merten et al)





Der schwache Gravitationslinseneffekt großräumiger Strukturen ermöglicht es auch, die dreidimensionale und großräumige Massenverteilung im Universum zu rekonstruieren.

(Rendering: Lars L. Christensen/ESO. Quelle: NASA, ESA, R. Massey/California Institute of Technology)

Design: www.gd90.de