

DUNKLE MATERIE

Die Milchstraße bildet ein spiralförmiges Muster aus Milliarden von Sternen und leuchtendem Gas (siehe auch Stele [Spiralarme]). Aber unsere Augen und Teleskope können nur einen flüchtigen Blick auf einen Bruchteil dessen werfen, was unsere Galaxie zusammenhält. Mehr als 80 % der Masse unserer Galaxie ist unsichtbar. Es handelt sich um eine geheimnisvolle Substanz, die Dunkle Materie genannt wird und noch nie direkt gemessen wurde.

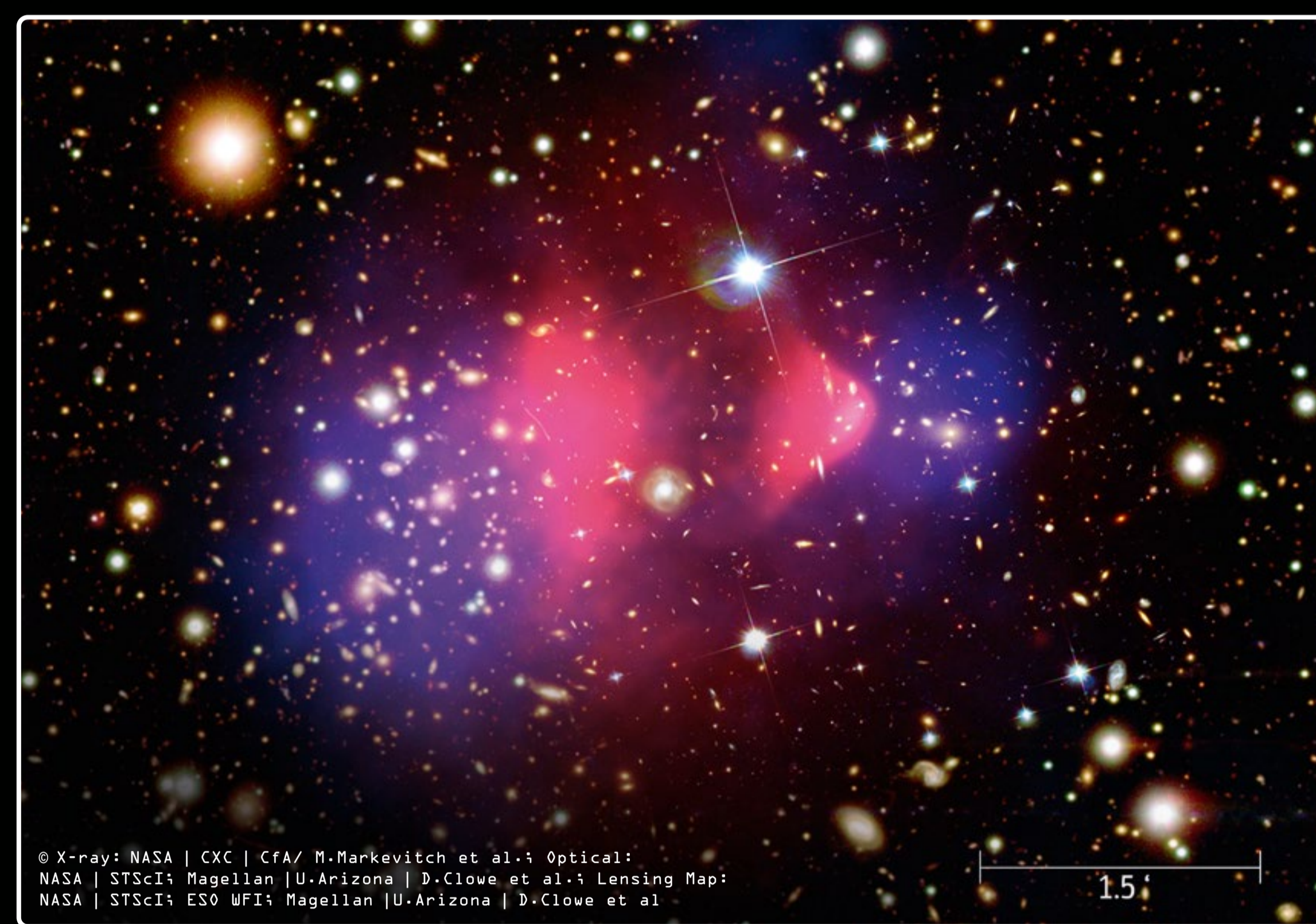
Dunkle Materie. Eigentlich müsste sie »transparente« Materie heißen, da sie das Licht auch nicht verschluckt, wie es beispielsweise bei dunklen Staubwolken der Fall ist. Wir können also durch Dunkle Materie hindurchsehen. © AIP

WIE ZEIGT SIE SICH?

Diese besondere Materie macht sich nur über die Gravitation bemerkbar, also durch ihre Anziehungskraft aufgrund ihrer Masse. Die Gravitation ist es übrigens auch, die einen Apfel auf die Erde fallen lässt, uns auf der Erde festhält, die Erde auf ihre Laufbahn um die Sonne und die Sonne um das Zentrum der Milchstraße zwingt. Forschende gehen davon aus, dass Dunkle Materie einen großen Beitrag zur gesamten Masse im Universum leistet, aber auch zur Masse einzelner Galaxien wie unserer Milchstraße. Beobachtungen zeigen, dass sich die Sterne in den Außenbereichen von Galaxien sehr schnell bewegen – sogar so schnell, dass sich die Galaxien eigentlich auflösen müssten. Da Galaxien aber stabile Gebilde zu sein scheinen, wird angenommen, dass sie in einen großen Halo aus Dunkler Materie eingebettet sind, der sie durch seine zusätzliche Masse und damit Gravitationswirkung zusammenhält.

Geschätzter Dunkle-Materie-Halo der Milchstraße
(künstlerische Darstellung) © ESO | L. Calçada

Auch bei Galaxienhaufen, riesigen Ansammlungen von Galaxien, reicht die sichtbare leuchtende Materie nicht aus, um ihren Zusammenhalt zu erklären. Deren Gesamtmasse können Astrophysikerinnen und Astrophysiker abschätzen, wenn sie beobachten, wie stark ein Galaxienhaufen das Licht dahinter liegender Objekte durch den Gravitationslinseneffekt krümmt. Hohe Materiekonzentrationen beugen nämlich das Licht von weiter entfernten Objekten wie Quasaren, die sich dahinter befinden. Und wieder liegt die Vermutung nahe, dass ein Großteil der Masse, die die Galaxien des Haufens zusammenhält, als Dunkle Materie vorliegt.

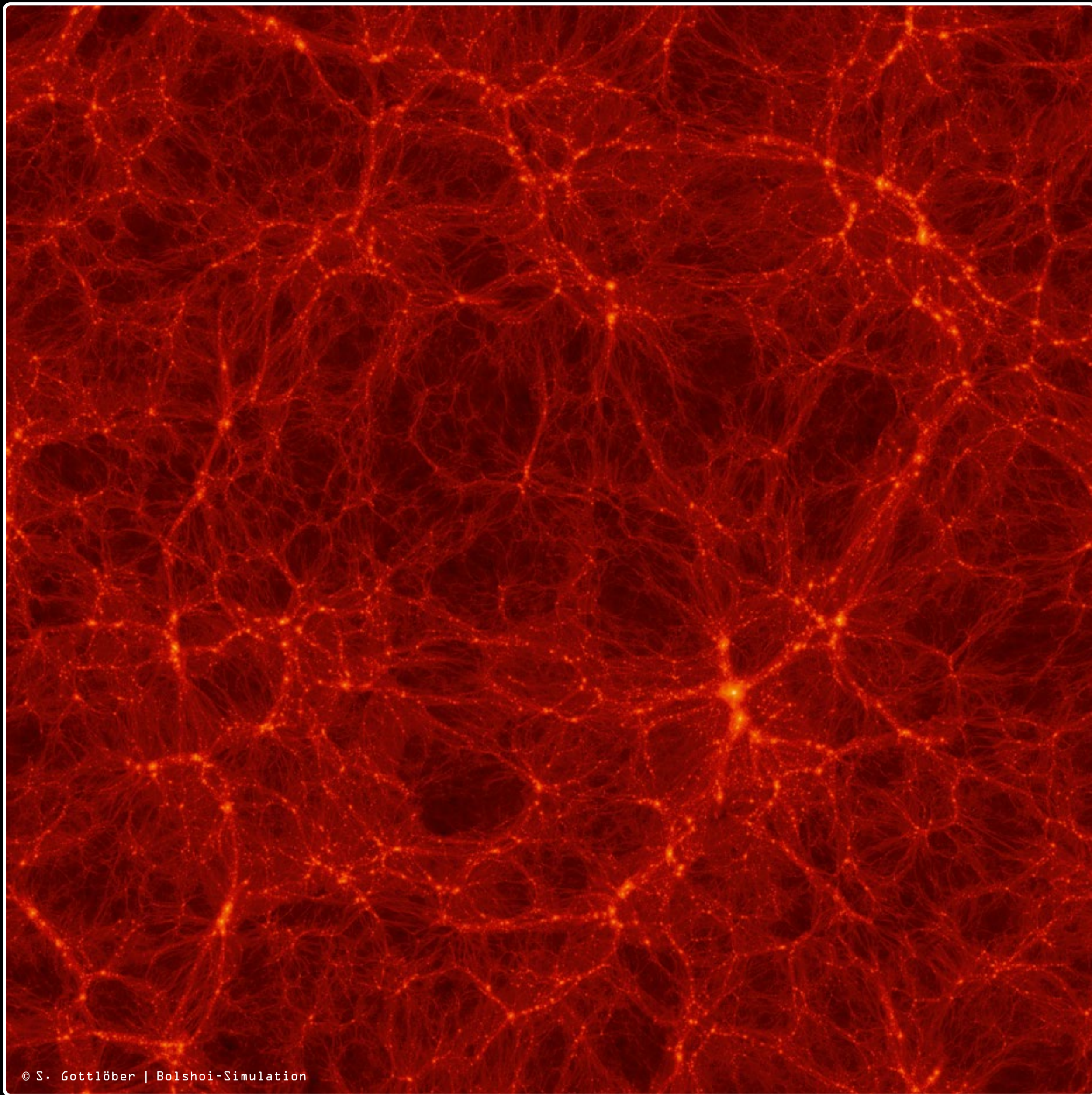


Der »Bullet-Cluster« (»Geschosshaufen«) entstand durch die Kollision zweier Galaxienhaufen. Die pinkfarbene Region zeigt das heiße Gas des Galaxienhaufens, das im Röntgenlicht mit entsprechenden Teleskopen beobachtet werden kann. Messungen der Masse des Haufens mit Hilfe des Gravitationslinseneffekts haben ergeben, dass der größte Anteil der Masse in den bläulichen Regionen liegen muss und aus Dunkler Materie besteht.



GEFÖRDERT VOM

DUNKLE MATERIE



Ein Hinweis auf diese mysteriöse Substanz stammt aus den Anfängen des Universums. Strukturen wie Galaxien und Galaxienhaufen hätten sich ohne das Vorhandensein von zusätzlicher Dunkler Materie gar nicht so schnell bilden können. Im frühen Universum wurde die normale Materie ständig durch die sie umgebende Strahlung aufgeheizt, die Dunkle Materie aber nicht. Sie konnte bereits Klumpen formen, in denen sich die gewöhnliche Materie später ansammelte und Sterne und Galaxien bildete.

Ausschnitt aus einer Computersimulation der Entstehung des Universums. Das Universum ist von einem Netz aus Dunkler Materie durchzogen. An den Verdickungen und Knotenpunkten bilden sich Galaxien und Galaxienhaufen.

WORAUS BESTEHT SIE?

Wir wissen viel genauer, was Dunkle Materie nicht ist, als wir wissen, was sie ist. Erstens ist sie dunkel, was bedeutet, dass sie nicht selbst leuchtet und nicht in der Form von Sternen und Planeten vorliegt, die wir sehen können. Die Beobachtungen zeigen, dass es im Universum viel zu wenig sichtbare Materie gibt, um den von den Beobachtungen geforderten Anteil ausmachen zu können. Zweitens liegt sie nicht in Form dunkler Wolken aus normaler Materie vor. Das ist die Materie, die aus »Baryonen« genannten Teilchen besteht, welche durch das Standardmodell der Teilchenphysik erklärt werden können. Dass diese nicht die Dunkle Materie bilden, wissen wir, weil wir baryonische Wolken durch die Absorption der sie durchdringenden Strahlung und damit ihrer Wechselwirkung mit Licht nachweisen können. Drittens handelt es sich bei Dunkler Materie auch nicht um Antimaterie. Denn wenn Materie und Antimaterie aufeinandertreffen, vernichten sie sich gegenseitig und wir müssten die dabei entstehende Gammastrahlung immer wieder überall sehen können. Das wird jedoch nicht beobachtet.

Schließlich kann man auch Schwarze Löcher als Kandidaten für Dunkle Materie ausschließen, wenn man die Anzahl der gefundenen Gravitationslinsen betrachtet. Auch die hohen Materiekonzentrationen in Schwarzen Löchern beugen das Licht von weiter entfernten Sternen, die hinter ihnen vorbeiziehen. Wir sehen allerdings nicht genug solcher Linsenereignisse, um zu folgern, dass diese Objekte den erforderlichen Beitrag der Dunklen Materie ausmachen.

Baryonische Materie könnte immer noch zur Dunklen Materie beitragen, wenn sie in Form von Braunen Zwergsternen oder in kleinen, dichten Brocken schwerer Elemente gebunden wäre. Diese Möglichkeiten werden kompakte Halo-Objekte genannt. Die am weitesten verbreitete Ansicht ist jedoch, dass die Dunkle Materie gar nicht baryonisch ist, sondern aus anderen, exotischeren Teilchen besteht, die nicht oder nur sehr schwach mit normaler Materie wechselwirken.

Im Galaxienhaufen SMACS 0723 wimmelt es von Tausenden von Galaxien. Das Bild des James-Webb-Weltraumteleskops ist am Himmel ungefähr so groß wie ein Sandkorn, das man auf Armeslänge hält, ein winziger Ausschnitt des riesigen Universums. Besonders fallen beim Betrachten die verschiedenen Bögen auf. Das starke Gravitationsfeld des Galaxienhaufens verbiegt die Lichtstrahlen von weiter entfernten Galaxien hinter ihm, so wie eine Lupe Bilder verzerrt. © NASA | ESA | CSA | STScI

