Dunkle Materie

PHYSIK & ENERGIE · GRUNDFRAGEN DER PHYSIK

Stellen Sie sich vor, Sie wiegen eine Kiste und stellen fest, dass sie fünfmal so schwer ist wie alles, was Sie hineingepackt haben. Sie schütteln sie, schauen hinein, durchleuchten sie, und finden nichts. So ungefähr geht es der Astronomie seit fast hundert Jahren mit dem Universum. Galaxien und Galaxienhaufen verhalten sich, als enthielten sie ein Vielfaches der Masse, die man sieht. Was diese Masse ist, weiß niemand.

Man nennt sie Dunkle Materie, und das „dunkel“ ist dabei eher ein Eingeständnis als eine Beschreibung. Sie leuchtet nicht, sie schluckt kein Licht, sie macht sich nur durch ihre Schwerkraft bemerkbar. Wir erklären, warum Physiker trotzdem ziemlich sicher sind, dass es sie gibt, wie sie danach suchen und was ein rätselhaftes Signal vom September 2026 damit zu tun hat.

Galaxien, die sich zu schnell drehen

Die erste Spur fand 1933 der Schweizer Astronom Fritz Zwicky. Er maß, wie schnell sich die Galaxien im Coma-Haufen bewegen, und stellte fest, dass sie viel zu schnell sind. Bei der Masse, die man sehen konnte, hätte der Haufen längst auseinanderfliegen müssen. Zwicky schloss daraus, dass es dort sehr viel mehr unsichtbare, „dunkle“ Materie geben müsse als leuchtende [1]. Ernst genommen wurde er damals kaum.

Das änderte sich in den Siebzigerjahren durch die amerikanische Astronomin Vera Rubin. Zusammen mit Kent Ford maß sie, wie schnell Sterne und Gaswolken in verschiedenen Abständen um das Zentrum von Spiralgalaxien kreisen, zuerst beim Andromedanebel [2], später bei Dutzenden weiteren Galaxien [3]. Nach den Gesetzen der Schwerkraft sollten die äußeren Bereiche, wo kaum noch Sterne sind, langsamer kreisen, so wie Neptun langsamer um die Sonne läuft als die Erde. Stattdessen blieb die Geschwindigkeit bis weit nach außen nahezu gleich (Abb. 1).

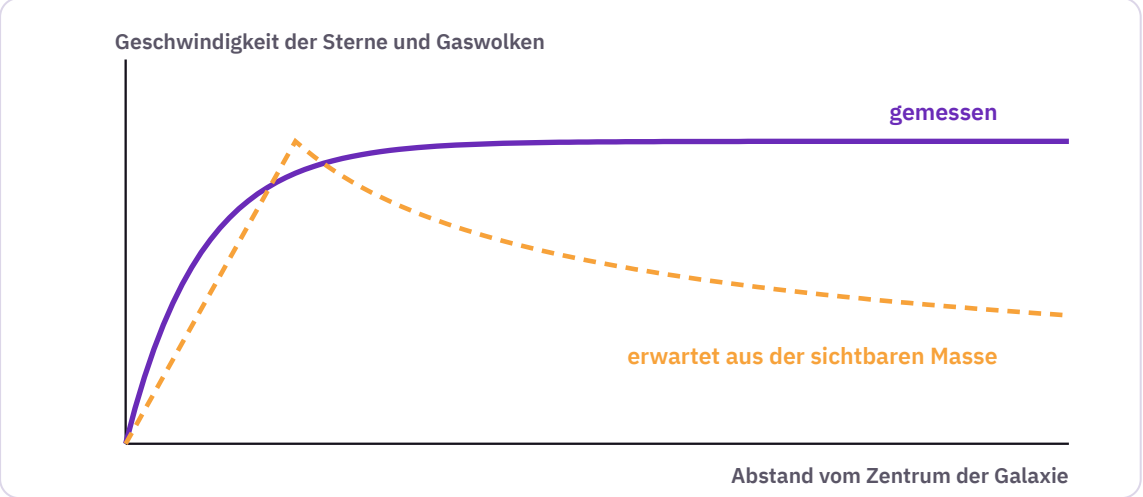


Abb. 1: So sehen Rotationskurven von Spiralgalaxien typischerweise aus. Schematische, eigene Darstellung nach den Messungen von [3].

Die einfachste Erklärung: Jede Galaxie steckt in einem riesigen, unsichtbaren Halo aus Materie, der weit über die sichtbare Scheibe hinausreicht und sie mit seiner Schwerkraft zusammenhält.

Ein Zusammenstoß als Beweisstück

Man könnte einwenden, dass vielleicht nicht eine unsichtbare Masse fehlt, sondern dass die Schwerkraft auf großen Entfernungen anders funktioniert, als Newton und Einstein dachten. Solche Theorien gibt es, und sie werden ernsthaft erforscht. Ein besonders starkes Argument dagegen liefert der sogenannte Bullet-Haufen, zwei Galaxienhaufen, die vor langer Zeit durcheinandergeflogen sind.

Das heiße Gas der beiden Haufen, das den größten Teil ihrer gewöhnlichen Materie ausmacht, ist dabei zusammengestoßen und in der Mitte steckengeblieben. Man sieht es im Röntgenlicht. Wo die meiste Masse sitzt, kann man unabhängig davon messen, weil schwere Massen das Licht dahinterliegender Galaxien ablenken. Das Ergebnis: Der Großteil der Masse sitzt nicht beim Gas, sondern ist ungebremst weitergeflogen [4]. Was immer dort ist, wechselwirkt kaum mit gewöhnlicher Materie und auch kaum mit sich selbst. Mit einer bloß veränderten Schwerkraft lässt sich das nur schwer erklären.

Wie viel davon gibt es?

Am genauesten lässt sich die Menge aus dem ältesten Licht des Universums bestimmen, der kosmischen Hintergrundstrahlung, die der Satellit Planck vermessen hat. Nach der Auswertung von 2018 besteht das Universum nur zu knapp 5 Prozent aus gewöhnlicher Materie, also aus allem, was Atome hat: Sterne, Gas, Planeten, Menschen. Gut 26 Prozent sind Dunkle Materie, und der Rest, rund 68 Prozent, ist Dunkle Energie, die die Ausdehnung des Universums beschleunigt [5]. Auf jedes Kilogramm gewöhnlicher Materie kommen also

mehr als fünf Kilogramm Dunkle Materie. Mehr über das frühe Universum und die Hintergrundstrahlung steht in unserem Artikel über den Urknall.

Ein Teilchen, das niemand kennt

Wenn es Dunkle Materie gibt, woraus besteht sie? Gewöhnliche Materie kann es nicht sein, denn deren Gesamtmenge ist durch die Hintergrundstrahlung und die Häufigkeit leichter Elemente gut bekannt. Auch die Neutrinos, die bekannten unsichtbaren Teilchen, kommen nicht infrage, weil sie zu leicht und zu schnell sind. Die meisten Physiker vermuten deshalb ein bisher unbekanntes Elementarteilchen, und hier kommt die Quantenphysik ins Spiel. Zwei Kandidaten sind besonders beliebt.

WIMPs, schwach wechselwirkende massive Teilchen, wären etwa so schwer wie ein Atomkern oder schwerer. Sie würden gelegentlich gegen einen Atomkern stoßen und ihm einen winzigen Rückstoß versetzen. **Axionen** dagegen wären extrem leichte Teilchen, die sich in starken Magnetfeldern in Photonen umwandeln könnten. Nach ihnen sucht man mit hochempfindlichen Quantensensoren, die einzelne Photonen im Mikrowellenbereich registrieren können.

Die Jagd unter der Erde

Die empfindlichsten Detektoren für WIMPs stehen tief unter der Erde, wo die kosmische Strahlung abgeschirmt ist. Das Experiment LZ in einem ehemaligen Goldbergwerk in South Dakota, rund anderthalb Kilometer unter der Oberfläche, enthält zehn Tonnen extrem reines, flüssiges Xenon. Stößt ein Teilchen gegen einen Xenonkern, entsteht ein winziger Lichtblitz. Bis Dezember 2025 hatte LZ in 417 Messtagen kein Dunkle-Materie-Signal gefunden, dafür aber die bisher schärfsten Grenzen für leichte WIMPs gesetzt. Nebenbei registrierte der Detektor Neutrinos aus dem Inneren der Sonne, ein Zeichen dafür, wie empfindlich er ist [6].

Im September 2026 meldete das LZ-Team dann etwas Ungewöhnliches. In einer erweiterten Auswertung älterer Daten fand es ein einzelnes Ereignis, das sich mit bekannten Störquellen nur schwer erklären lässt. Stammte es von Dunkler Materie, müsste das Teilchen mindestens etwa 200-mal so schwer sein wie ein Proton. Die statistische Signifikanz liegt bei 2,6 Sigma, für eine Entdeckung braucht man 5. Der Sprecher des Experiments, Rick Gaitskell, sagte ausdrücklich, man behaupte nicht, Dunkle Materie gesehen zu haben [7]. Weitere Daten werden zeigen, ob sich das Signal erhärtet oder wieder verschwindet. Solche Ausreißer hat es in der Geschichte der Physik oft gegeben, und die meisten haben sich als Zufall oder unentdeckte Störung herausgestellt. Aber eben nicht alle.

Was bleibt

Dunkle Materie ist eines der größten offenen Rätsel der Physik. Die Hinweise auf ihre Existenz sind zahlreich und kommen aus ganz verschiedenen Richtungen, von rotierenden Galaxien über kollidierende Haufen bis zum Nachglühen des Urknalls. Und doch hat niemand sie je direkt nachgewiesen. Vielleicht ist sie ein Teilchen, das wir in den nächsten Jahren finden. Vielleicht ist sie etwas, an das noch niemand gedacht hat. Sicher ist nur, dass das Universum, das wir sehen, nur ein kleiner Teil dessen ist, was es gibt.

Zum Weiterlesen

Eine kurze Geschichte der Zeit

Stephen Hawking · Klett-Cotta, 2025 · ISBN 978-3-608-98895-6

Der Klassiker über das Universum, seine Bausteine und die großen offenen Fragen, zu denen die Dunkle Materie gehört.

Bei Amazon ansehen*

* Werbelink: Kaufen Sie über diesen Link, erhalten wir von Amazon eine kleine Provision, am Preis ändert sich für Sie nichts. Mehr Empfehlungen auf unserer Seite Bücher zur Quantenphysik.

Quellen

1. F. Zwicky: *Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln.* In: Helvetica Physica Acta 6 (1933), S. 110–127.
2. V. C. Rubin, W. K. Ford Jr.: *Rotation of the Andromeda Nebula from a Spectroscopic Survey of Emission Regions.* In: The Astrophysical Journal 159 (1970), S. 379–403, doi:10.1086/150317.
3. V. C. Rubin, W. K. Ford Jr., N. Thonnard: *Rotational properties of 21 SC galaxies with a large range of luminosities and radii, from NGC 4605 (R = 4kpc) to UGC 2885 (R = 122 kpc).* In: The Astrophysical Journal 238 (1980), S. 471–487, doi:10.1086/158003.
4. D. Clowe u. a.: *A Direct Empirical Proof of the Existence of Dark Matter.* In: The Astrophysical Journal 648 (2006), S. L109–L113, doi:10.1086/508162.
5. Planck Collaboration: *Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters.* In: Astronomy & Astrophysics 641 (2020), A6, doi:10.1051/0004-6361/201833910.

6. Brown University: *LZ experiment sets new record in the hunt for dark matter, glimpses neutrinos from the sun's core.* 8. Dezember 2025. brown.edu.
7. Lawrence Berkeley National Laboratory: *LZ Sees Surprising Result in Search for Dark Matter.* 1. September 2026. newscenter.lbl.gov.

Zitiervorschlag

```
quanten.de: Dunkle Materie. Stand: Oktober 2026. URL:
https://quanten.de/dunkle_materie.html (PDF:
https://quanten.de/pdf/dunkle_materie.pdf)
```

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

Weiterlesen: Schwarze Löcher · Quantengravitation · Das Higgs-Boson · Quantensensoren

---

Online-Fassung mit aktualisierten Quellen: https://quanten.de/dunkle_materie.html