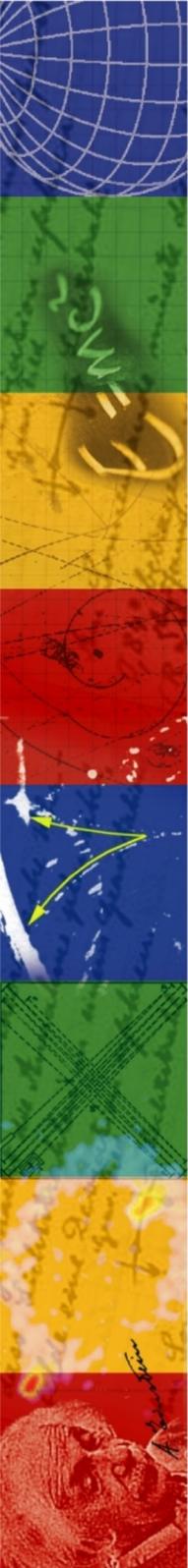


Hands on Particle Physics

International Masterclasses

WIMP's & Co

Der Dunklen Materie auf der Spur



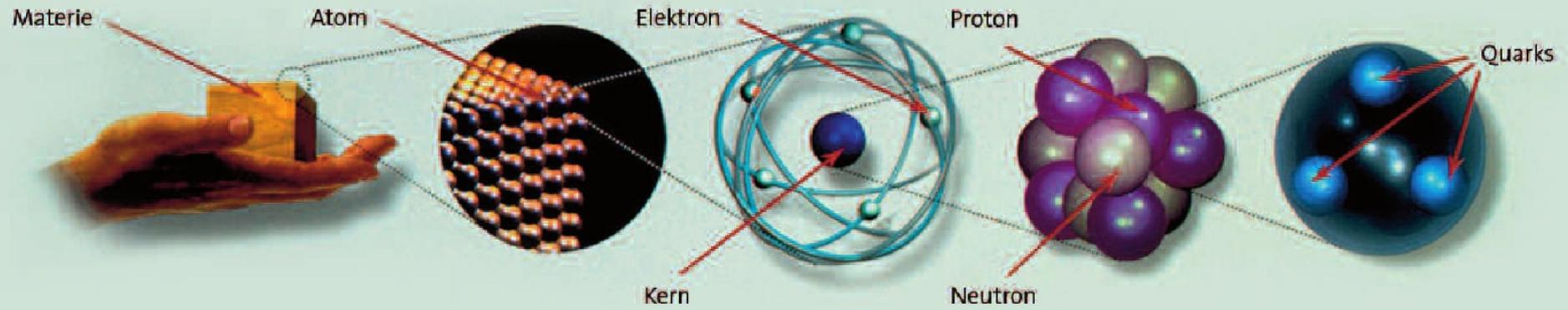
Übersicht

- Was ist Materie?
- Warum muss es Dunkle Materie geben?
- Was kann Dunkle Materie sein?
- Wie will man Dunkle Materie nachweisen?
- Fazit

Was ist Materie?



Was ist Materie?



Materie ist alles, was aus Elementarteilchen aufgebaut ist.

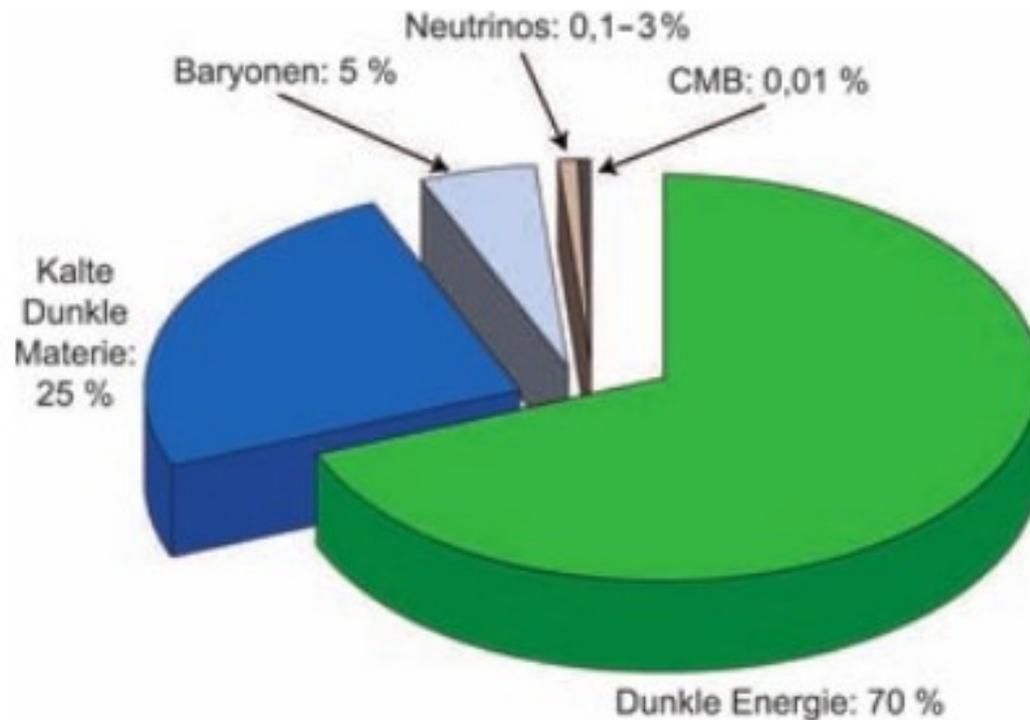
Die Elementarteilchen

	Quarks				Leptonen			
	Ladung +2/3		Ladung -1/3		Ladung -1		Ladung 0	
1. Familie	Up	u	Down	d	Elektron	e	e-Neutrino	ν_e
2. Familie	Charm	c	Strange	s	Myon	μ	μ -Neutrino	ν_μ
3. Familie	Top	t	Bottom	b	Tauon	τ	τ -Neutrino	ν_τ
	Gravitation							
	Schwache Wechselwirkung							
	Elektromagnetische Wechselwirkung							
	Starke Wechselwirkung							

Die baryonische Materie (= die „normale Materie“) besteht aus Quarks, die Protonen und Neutronen bilden. Sie wechselwirkt mit elektromagnetischer Strahlung => wir können sie sehen.

Wie viel Materie gibt es?

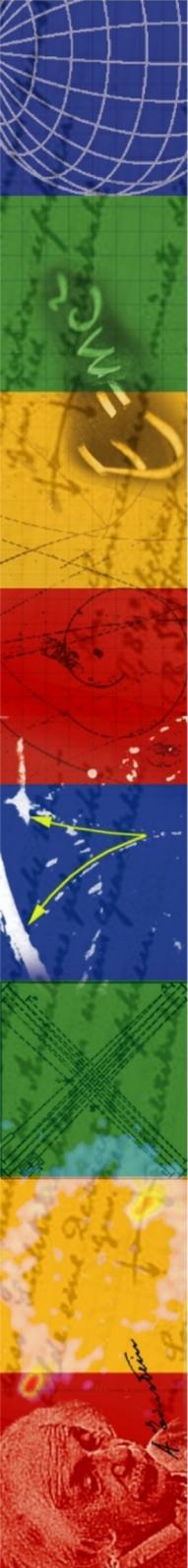
- Es gibt mehr Materie als wir sehen können



- 70 % Dunkler Energie
- 25 % Dunkler Materie
- 5 % „normale Materie“ (z. B. Atome)

Warum muss es Dunkle Materie geben?

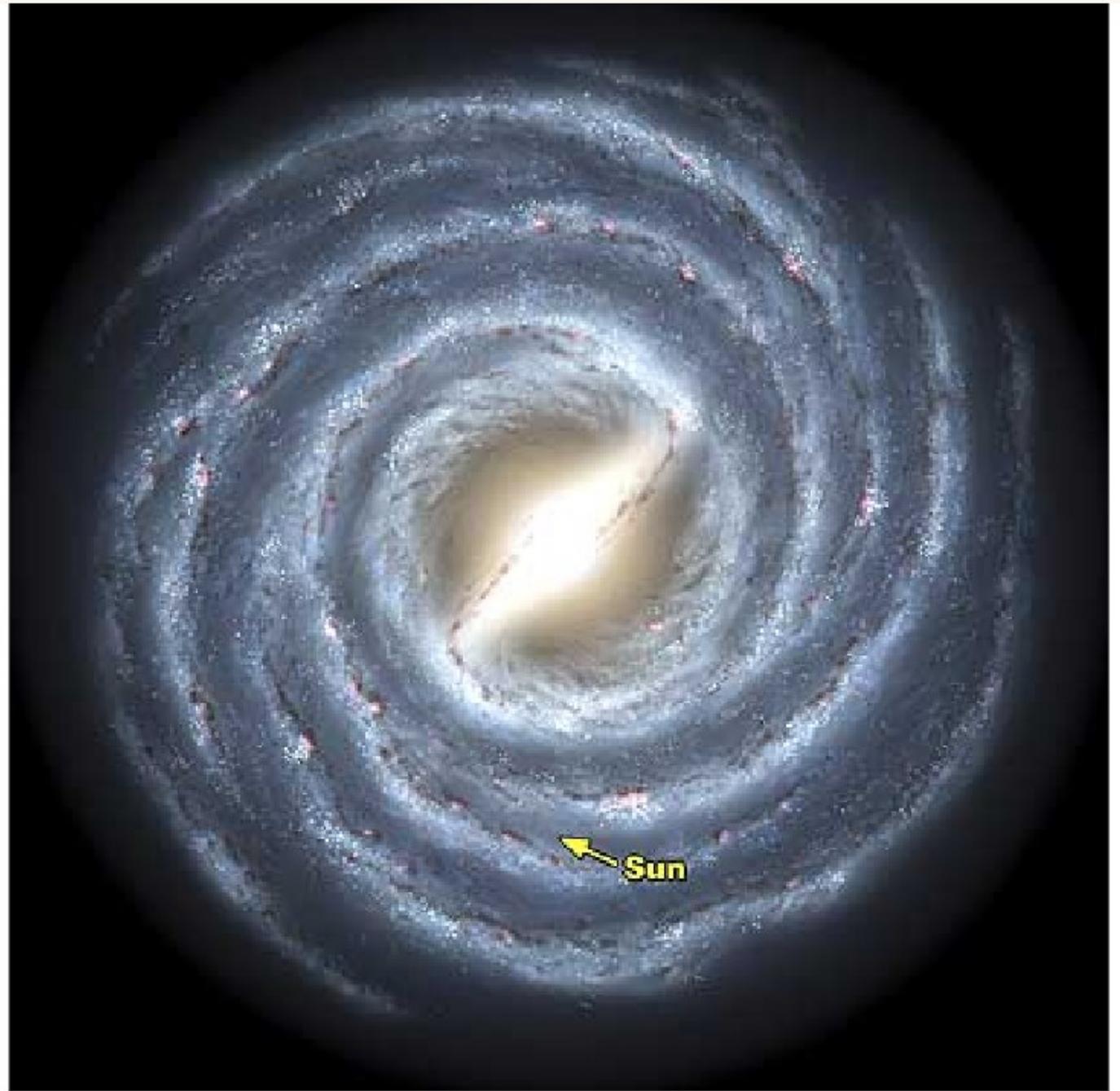




Erste Hinweise

- 1933: Fritz Zwicky bemerkt, dass der Coma-Haufen nicht durch die Gravitationswirkung seiner sichtbaren Bestandteile allein zusammengehalten werden kann. Er stellte fest, dass das 10-fache der sichtbaren Masse notwendig ist, um den Haufen zusammen zuhalten
- Ab 1962 hat die Astronomin Vera Rubin die Umlaufgeschwindigkeiten von Sternen in Spiralgalaxien untersucht und die Notwendigkeit von Dunkler Materie bestätigt

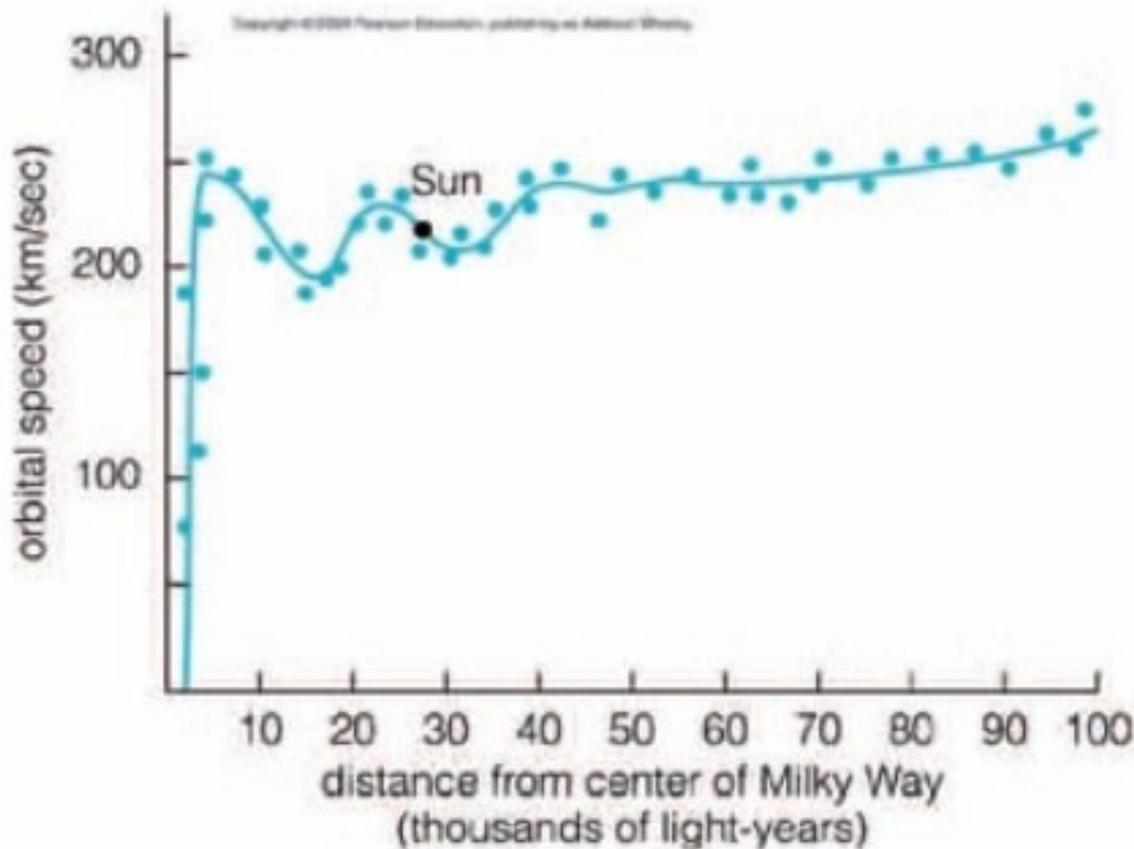
Unsere Milch- strasse



NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech)

W. Thurow, IKTP, TUD

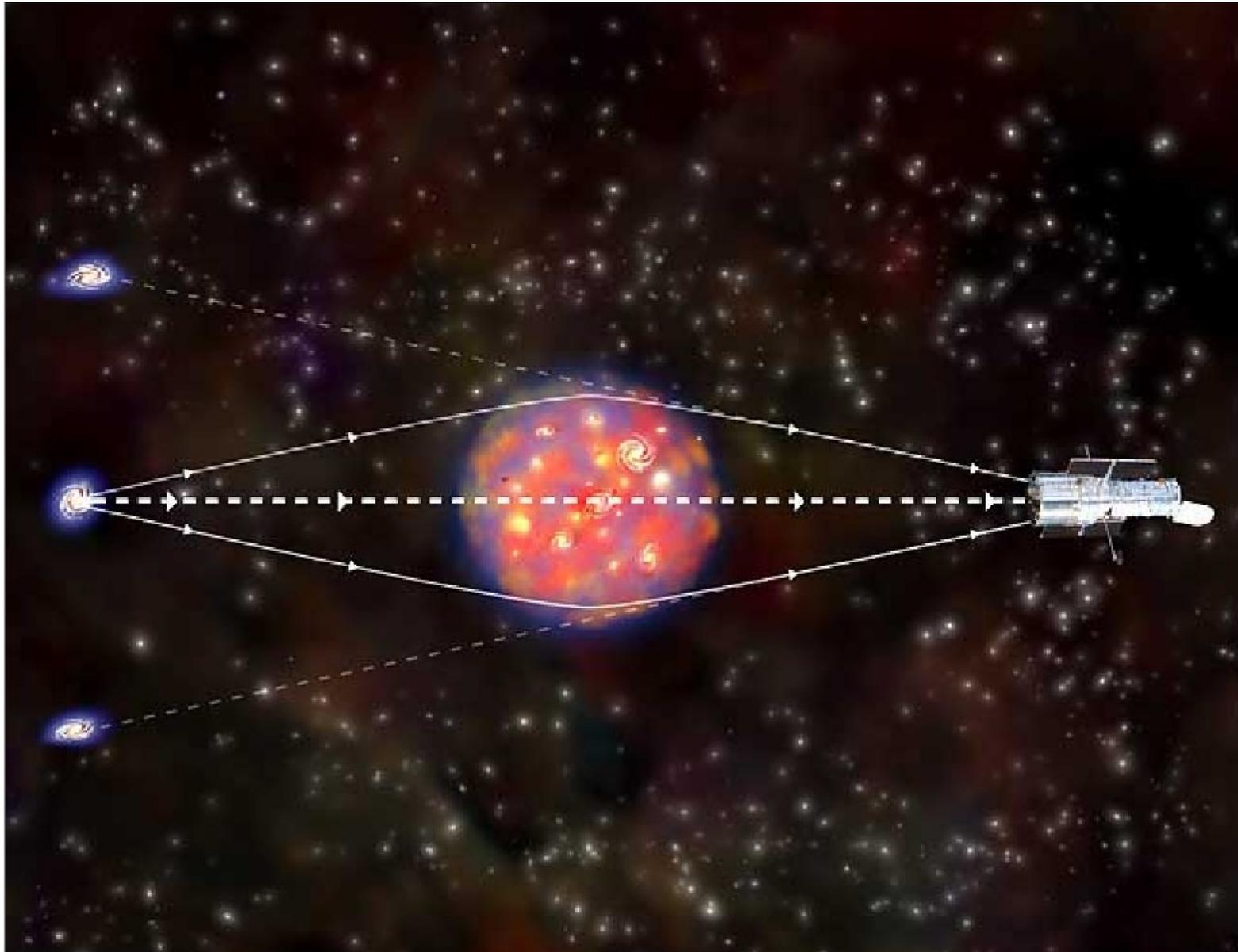
Rotationskurven



Umlaufgeschwindigkeit von Gas und Sternen um das Zentrum der Milchstrasse.

Die in den Aussenbereichen nahezu konstant bleibende Umlaufgeschwindigkeit ist ein deutlicher Hinweis für dunkle Materie weit über die sichtbaren Bereiche der Galaxis hinaus.

Gravitationslinsen



NASA/CXC/M. Weiss

W. Thurow, IKTP, TUD

Gravitationslinsen

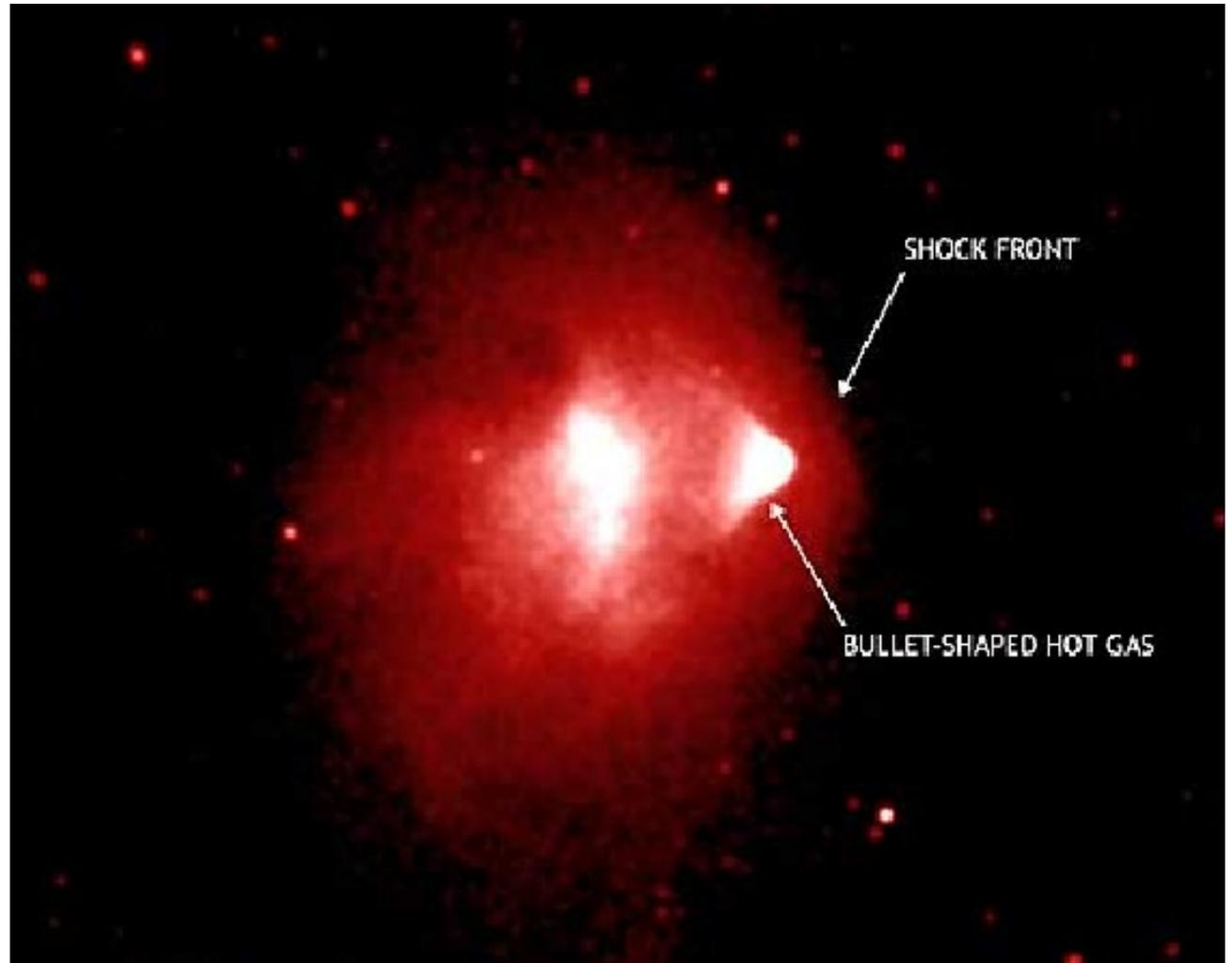


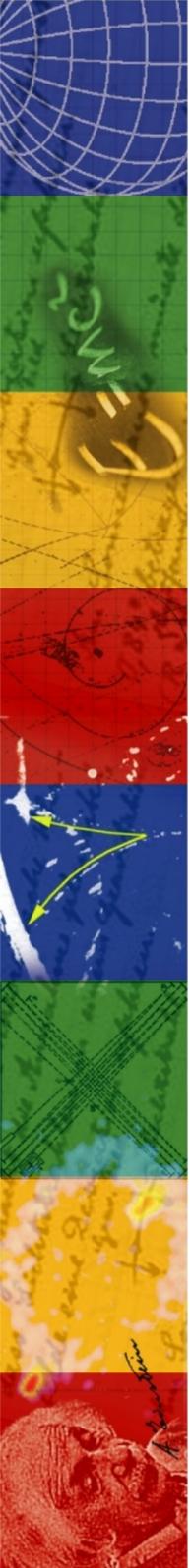
(Foto: NASA/ESA)

Der Galaxienhaufen Abell 2218 wirkt als Gravitationslinse. Die dahinter liegenden Galaxien erscheinen deshalb sichelförmig. Mit Aufnahmen dieser Art kann von der Stärke der Linsenwirkung auf die Masse der Galaxie geschlossen werden.

Bullet-Cluster

Links befindet sich der massivere der beiden Haufen. Dieser wurde vor etwa 160 Millionen Jahren vom kleineren Haufen durchquert.

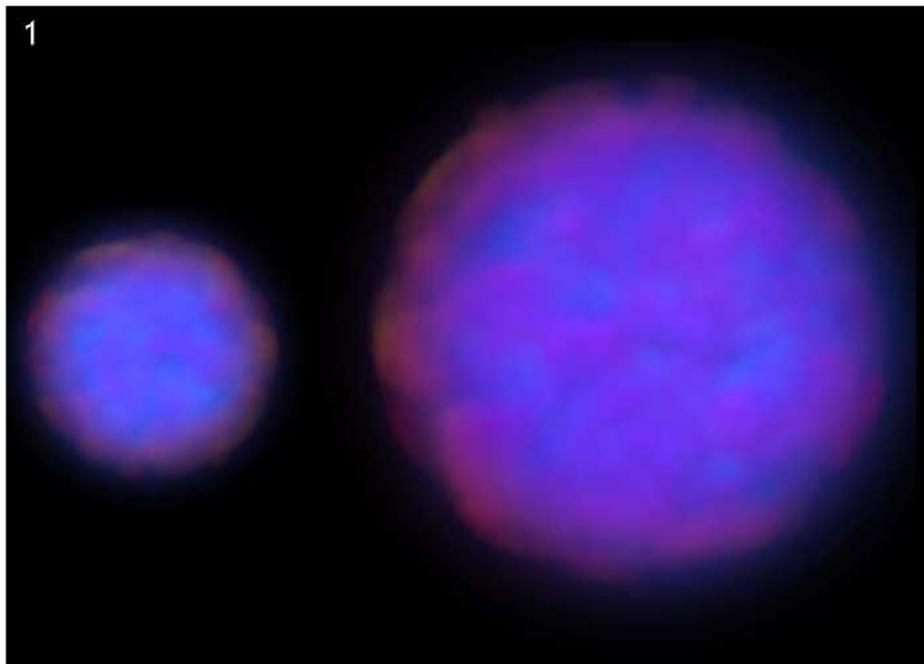
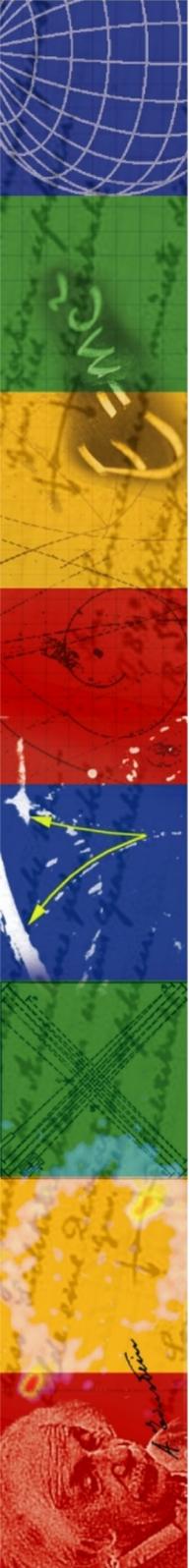




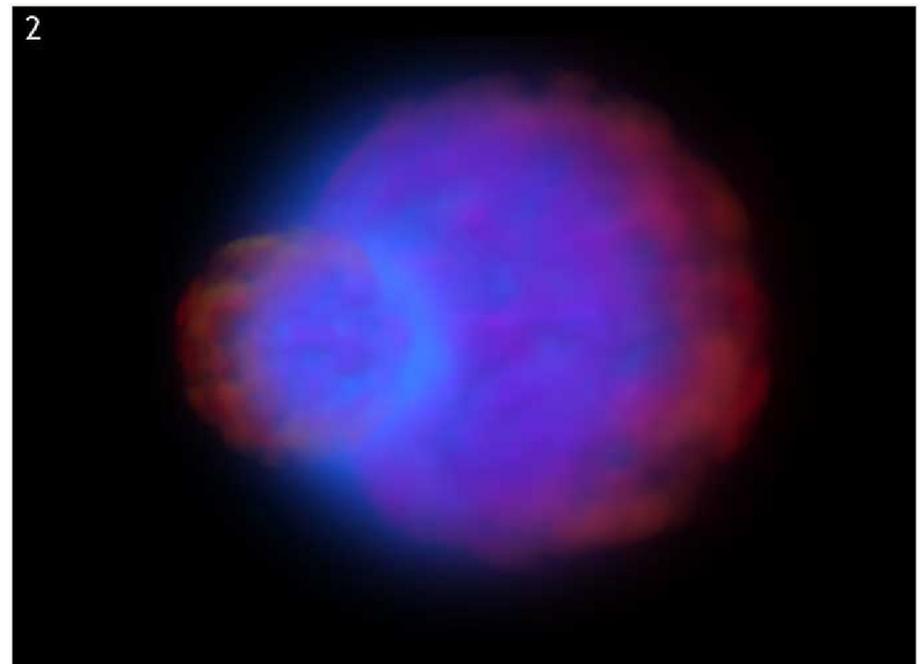
X-ray: NASA/CXC/CfA/M.Markevitch

Rot: heißes Gas; Blau: Dunkle Materie

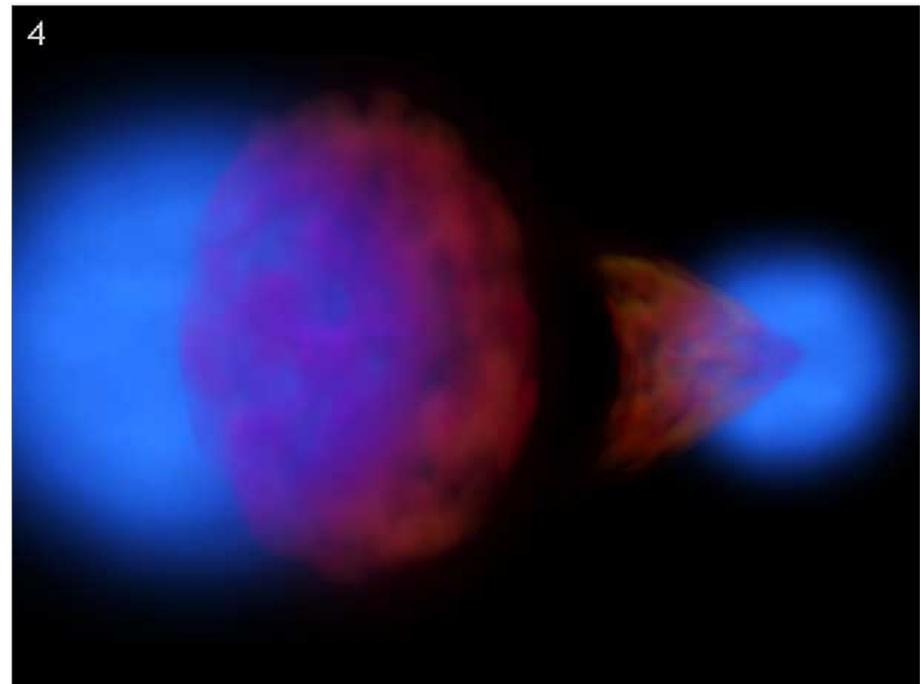
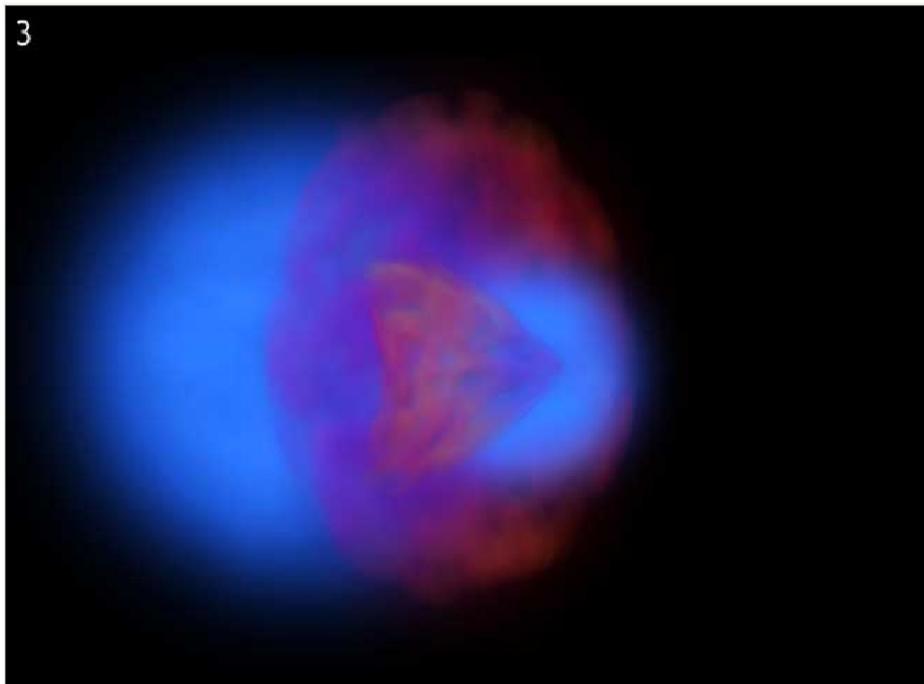
W. Thurow, IKTP, TUD



NASA/CXC/M. Weiss



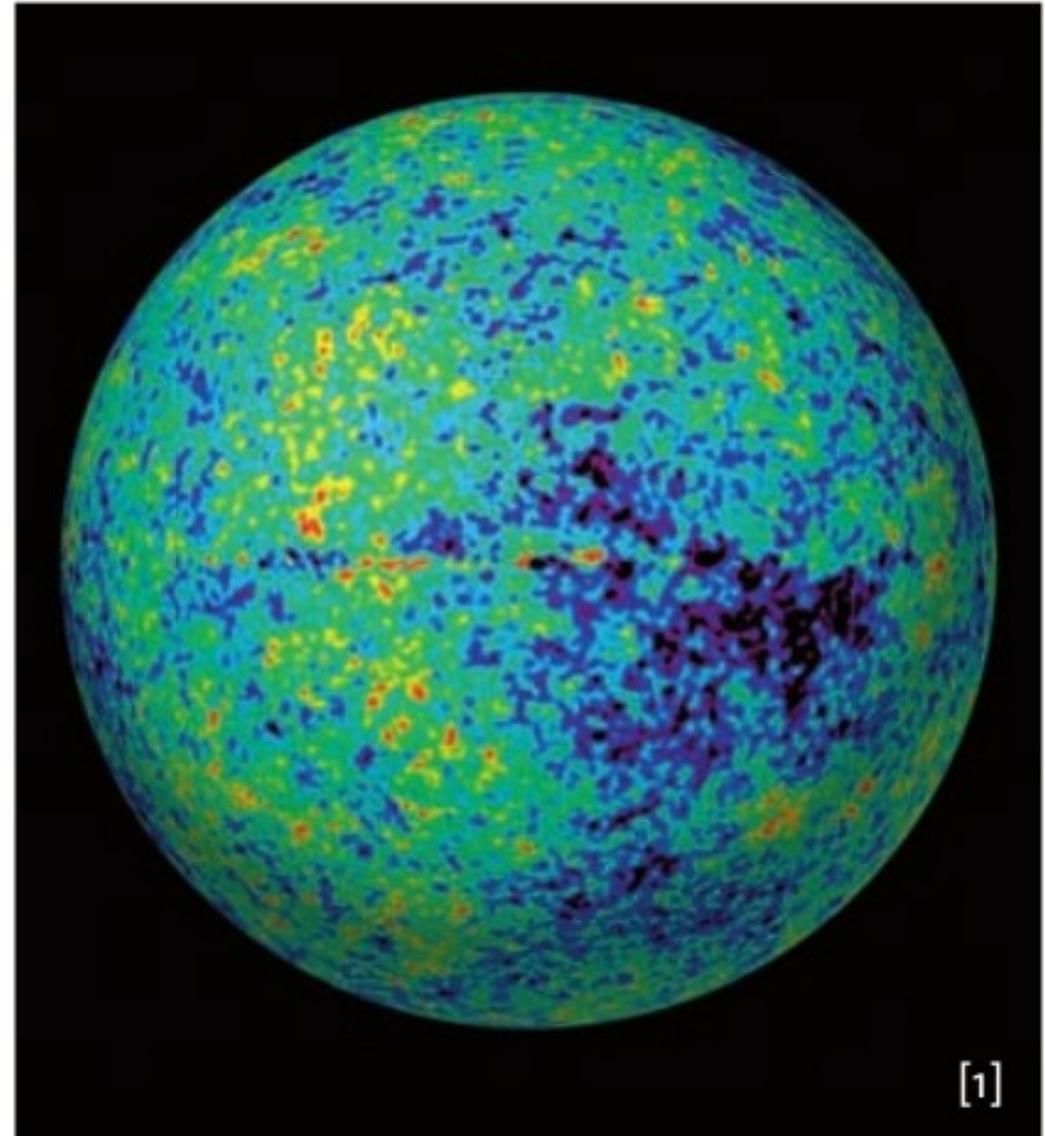
NASA/CXC/M. Weiss



NASA/CXC/M

Die Hintergrundstrahlung

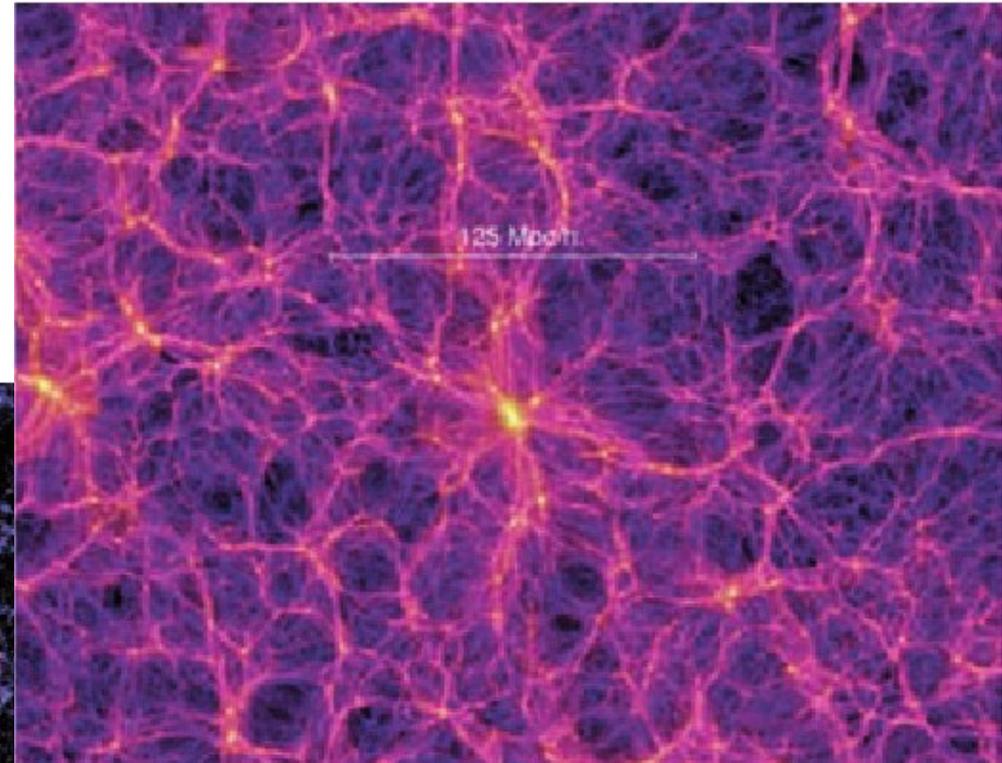
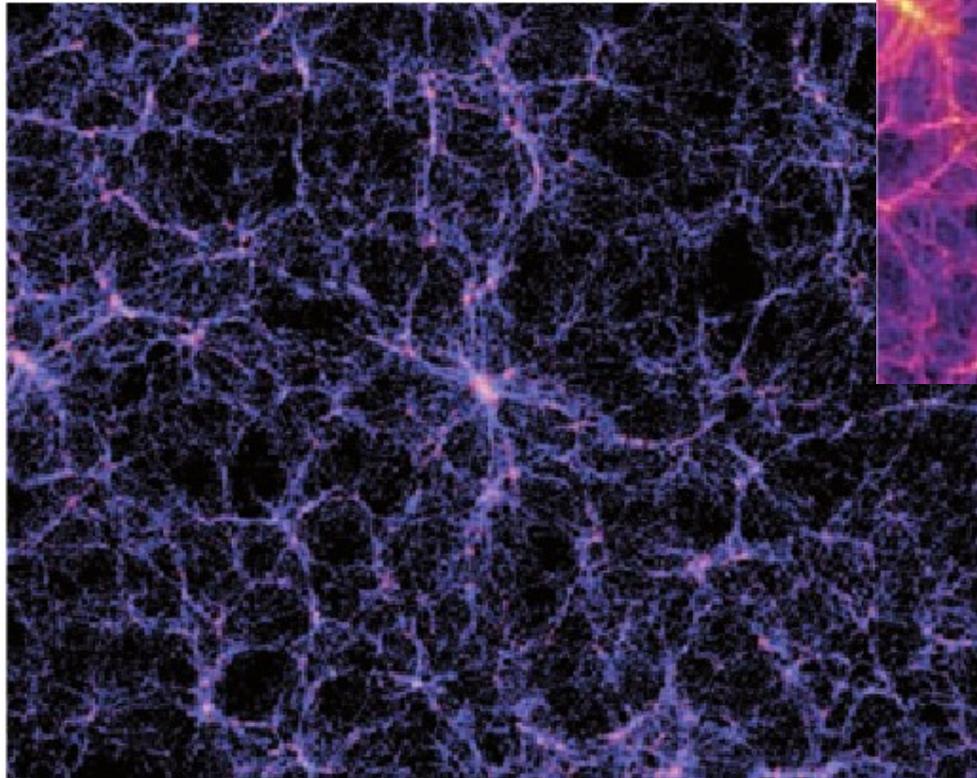
- Beträgt $2,73\text{K} \pm 0,0002\text{K}$
- Dichteschwankungen 360.000 Jahre nach dem Urknall lassen sich aus der kosmischen Hintergrundstrahlung ablesen
- Die verstärkten sich zu den heute beobachteten Strukturen (Galaxien, Galaxienhaufen)



(NASA/WMAP Science Team)

Großräumige Strukturen

Simulation der großräumigen
Struktur der Dunklen Materie

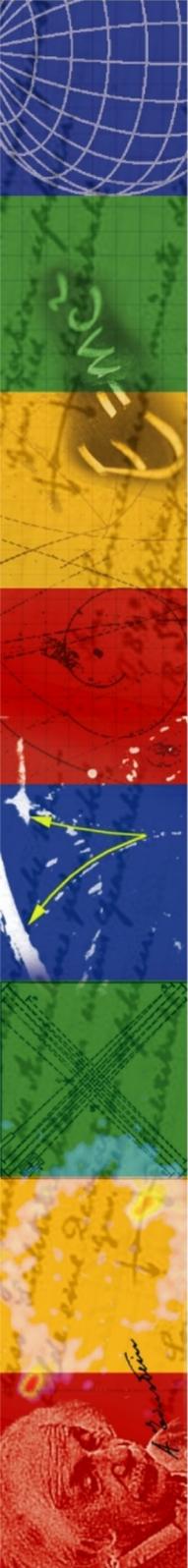


(VIRGO Konsortium)

Vorausgesagte Verteilung
der leuchtenden Materie

Was kann Dunkle Materie sein?

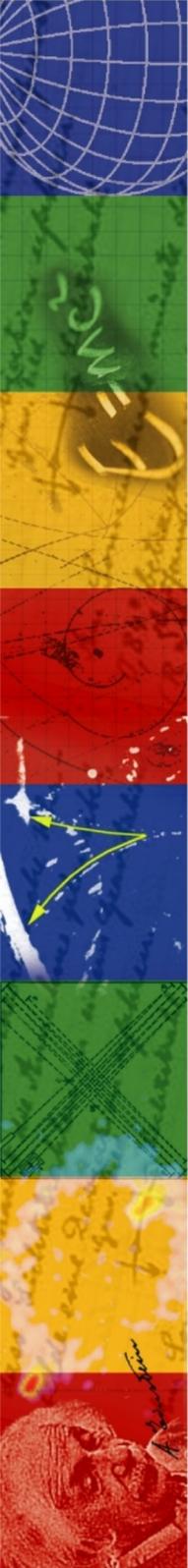




MACHO's

- Massive Astrophysical Compact Halo Objects
- Das sind massive, aber nicht leuchtende Objekte, die aus normaler Materie bestehen
- Auch die kann man mit dem Gravitationslinseneffekt finden
- Es gibt jedoch nicht genug von ihnen um ausreichend Dunkle Materie zu bilden

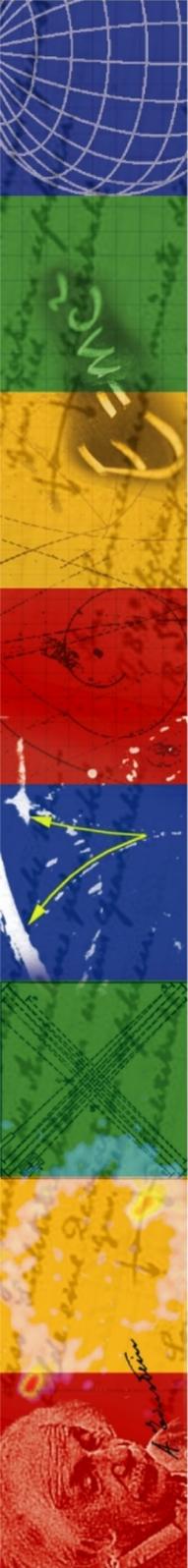
=> sind nicht die gesuchte Dunkle Materie



Neutrinos

- Haben eine Masse
- Wechselwirken nicht elektromagnetisch
- Wechselwirken nur schwach
- ABER: sie sind zu leicht um die Strukturblidung des Universums richtig zu erklären

=> sind auch nicht die Dunkle Materie



WIMP's

- **Weakly Interacting Massive Particles**
- Sind bisher nur postulierte Teilchen, die nicht elektromagnetisch, sondern nur schwach wechselwirken und massiv sind
- Sie gehören nicht zu den bekannten Elementarteilchen, sondern sind durch Theorien vorausgesagt

=> könnten alle Aspekte der Dunklen Materie gut erklären – wenn es sie gibt!

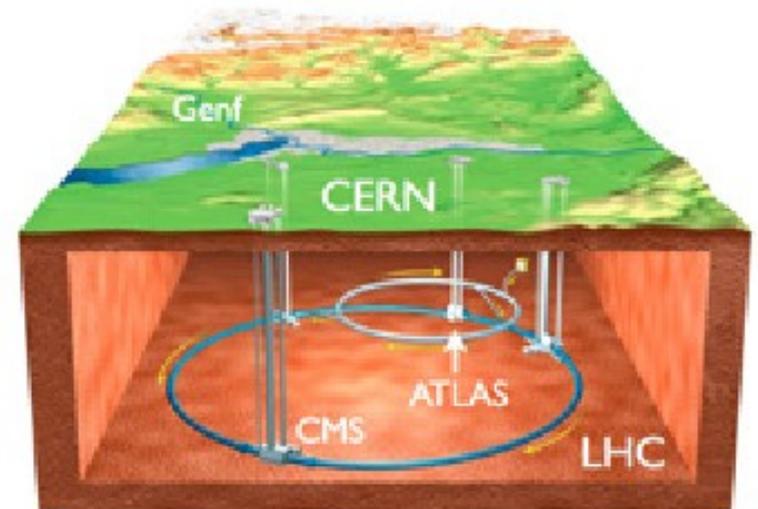
Wie will man Dunkle Materie nachweisen?



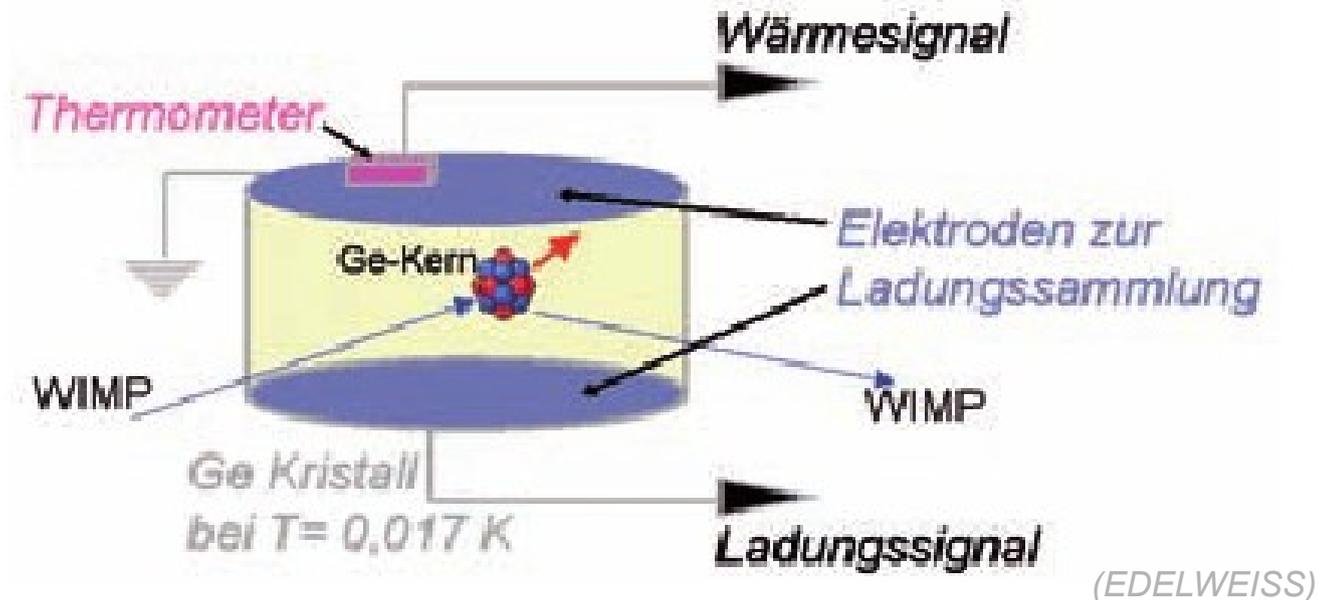
Direkter Nachweis

Es gibt zahlreiche Experimente, die versuchen Dunkle Materie direkt nachzuweisen...

- Zum einen gibt es Detektoren, die Wechselwirkungen mit der Dunklen Materie in unserer Galaxis messen wollen
- Zum anderen gibt es den LHC, der diese Teilchen erzeugen und dann vermessen könnte



Detektoren



- WIMP's könnten über Stöße mit Atomkernen nachgewiesen werden
- Dabei gibt das WIMP Energie an den Kern ab, die in Form von Wärme messbar ist

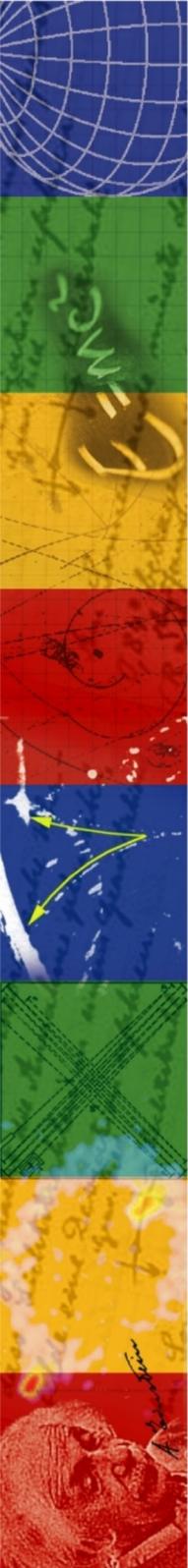
Probleme

- Es wird nur sehr wenig Ereignisse geben
- Es wird viel mehr radioaktive Zerfälle im Detektor geben, als Stöße mit WIMP's



Fazit





Fazit

- Dunkle Materie aus WIMP's kann alle Beobachtungen gut erklären

Aber: bisher nur Theorien

- Der genaue Ursprung der Dunklen Materie ist noch nicht bestimmt

Danke für die Aufmerksamkeit



Und wozu ist das nun gut?

„Dass ich erkenne was die Welt
Im Innersten zusammenhält“
(Goethe)

