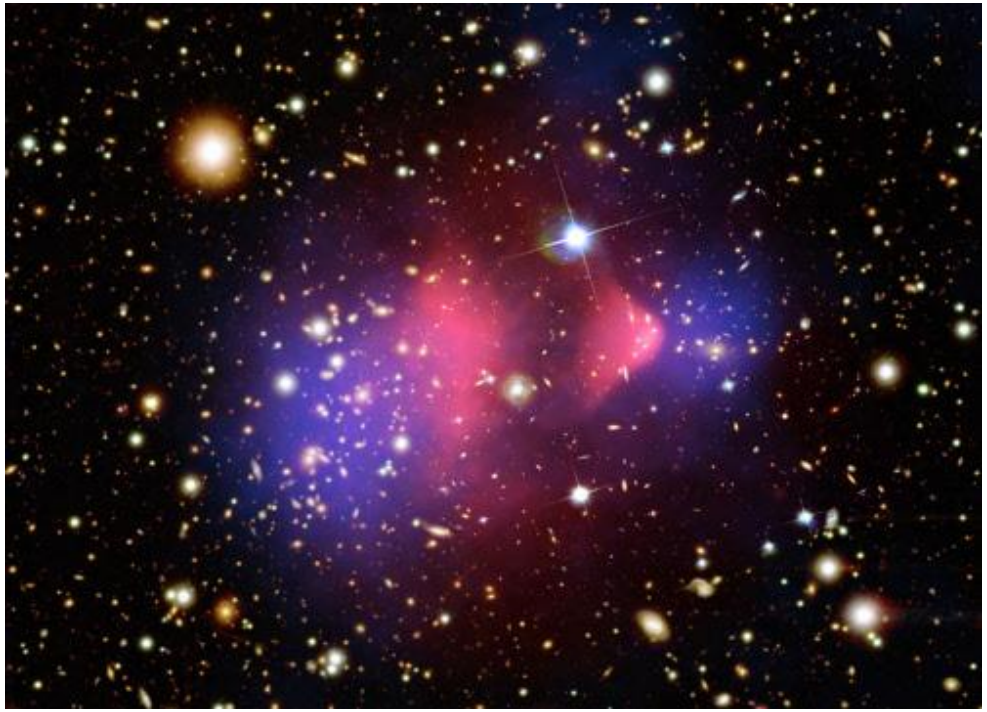
Das Rätsel der Dunklen Materie
Erhellendes aus Universum und Labor

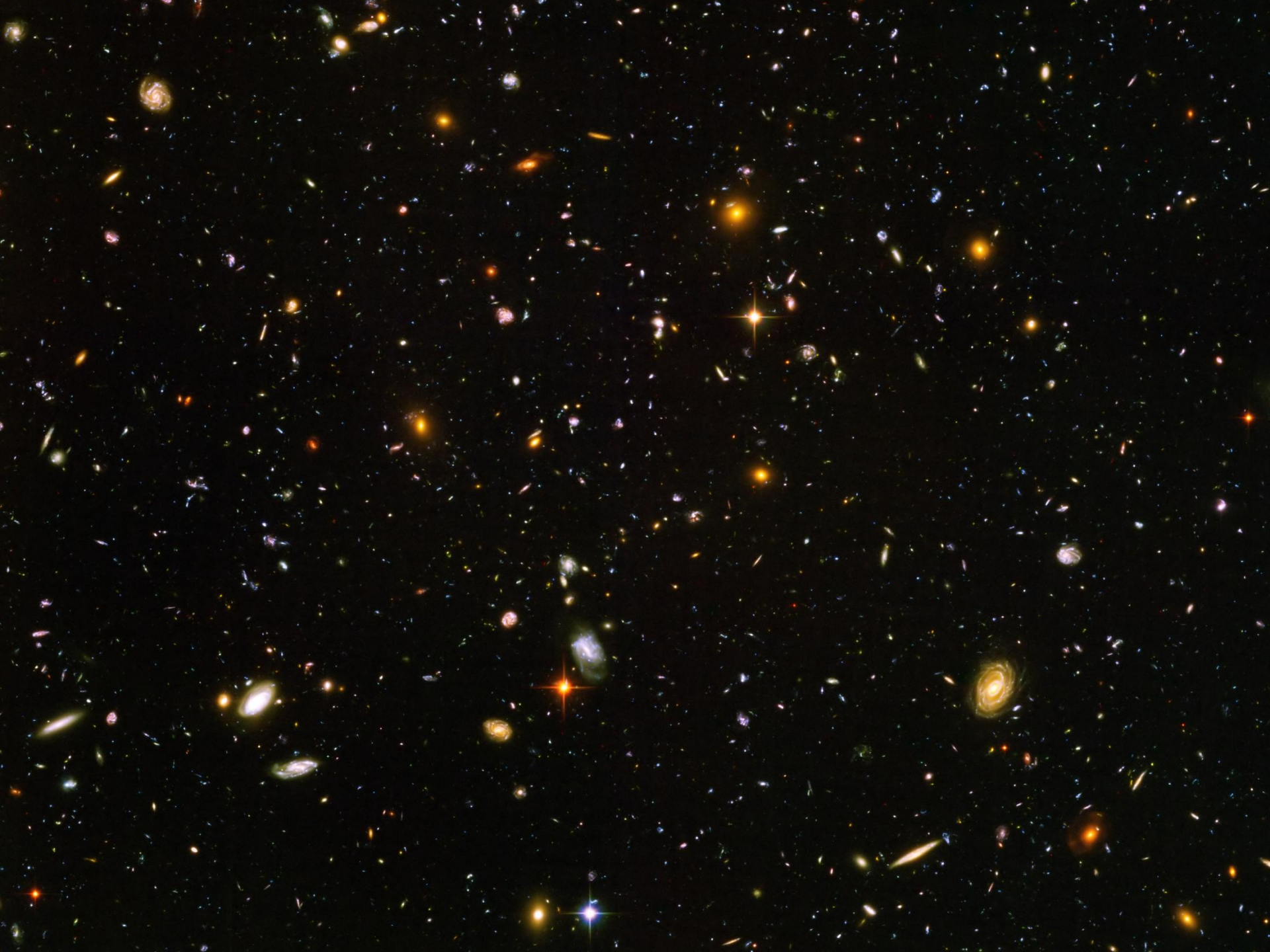


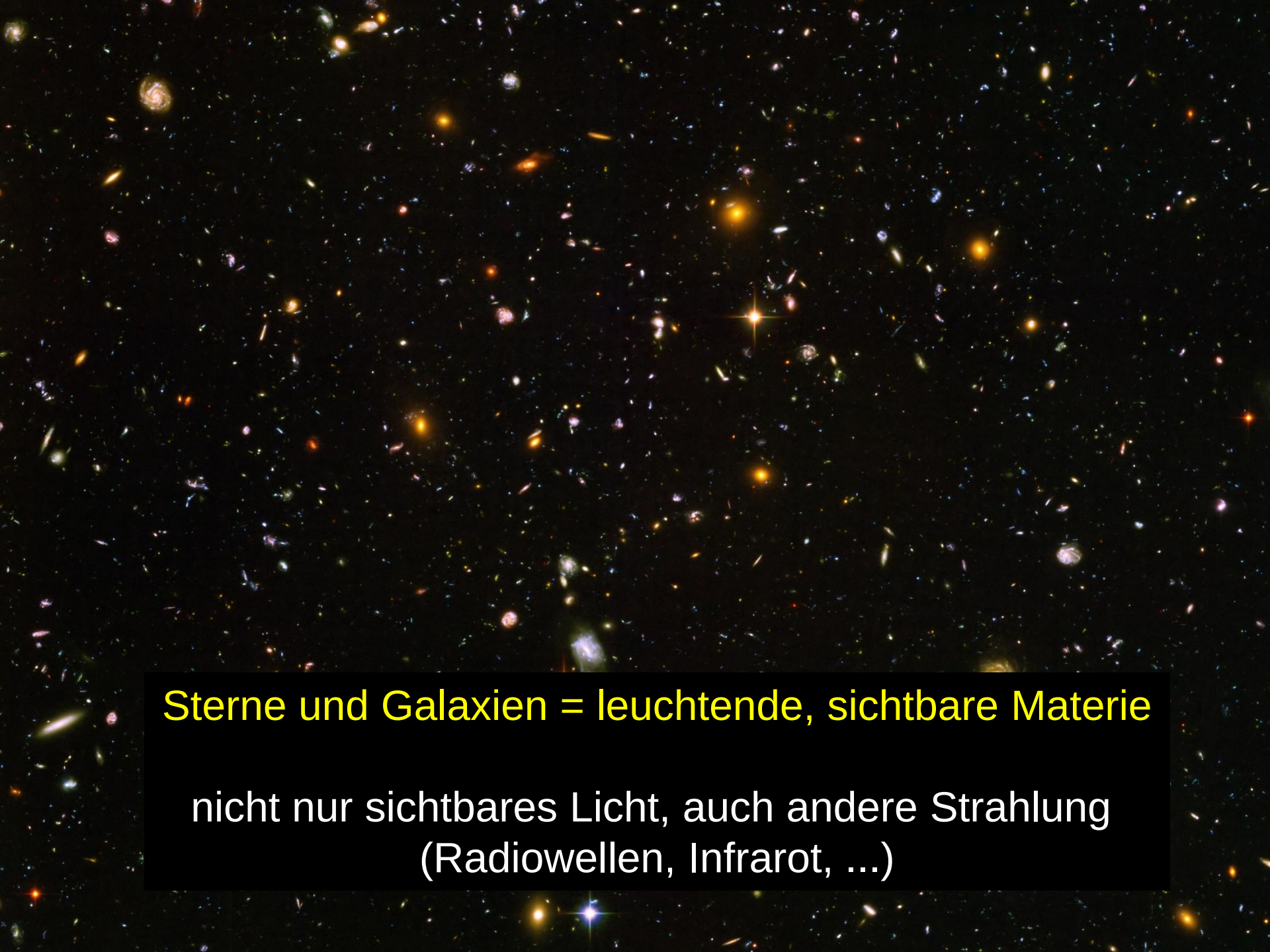
Jun. Prof. Dr. A. Straessner
TU Dresden

Lange Nacht der Wissenschaften
TU Dresden
18. Juni 2010

Einführung

- Was ist Dunkle Materie?
- Nachweis Dunkler Materie im Labor
- Suche nach Dunkler Materie am Large Hadron Collider (LHC)





Sterne und Galaxien = leuchtende, sichtbare Materie

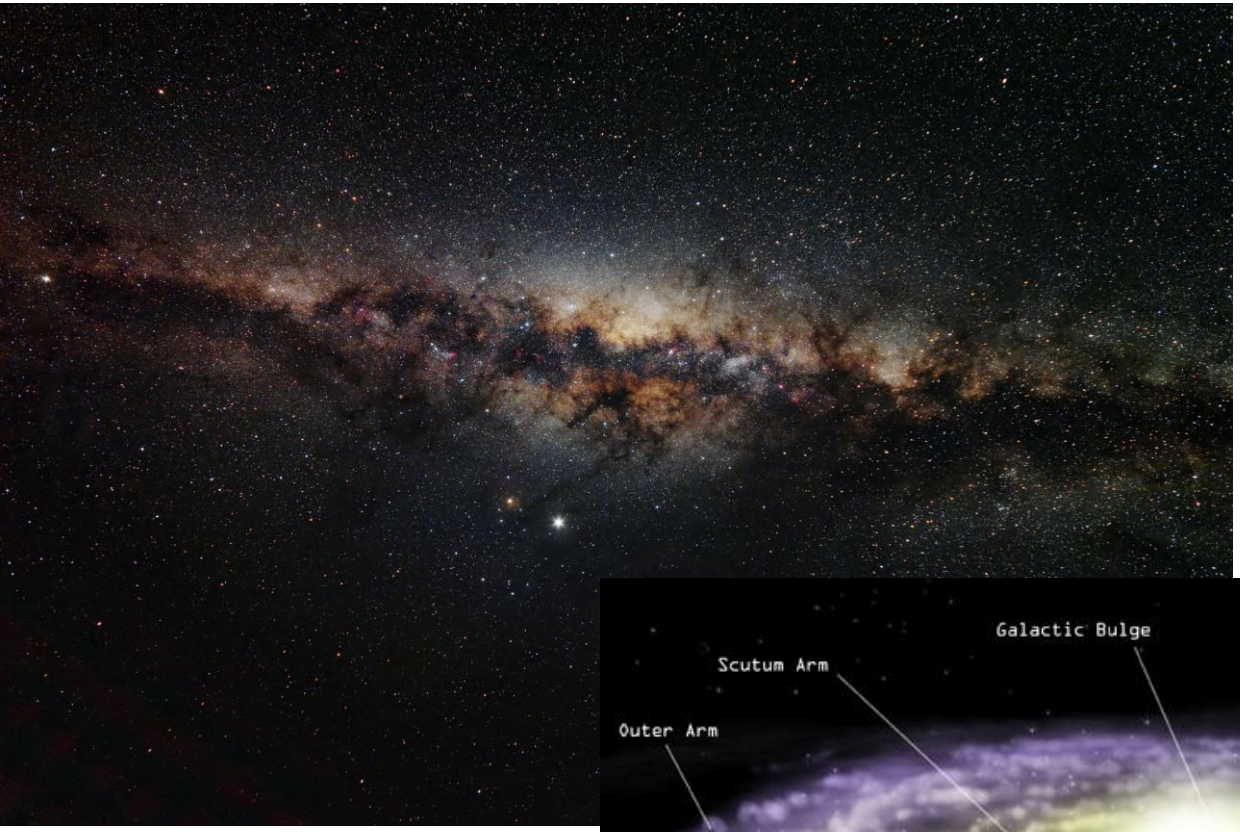
nicht nur sichtbares Licht, auch andere Strahlung
(Radiowellen, Infrarot, ...)

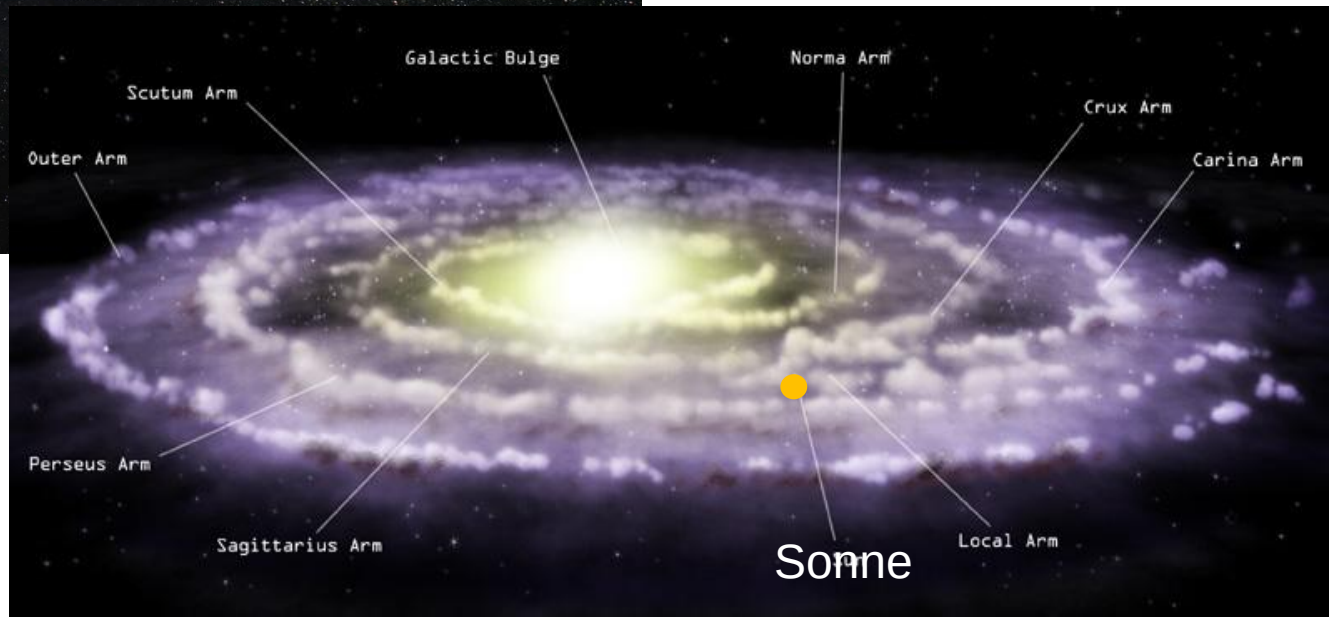
Dunkle Materie

nicht durch Strahlungsemission nachweisbar

Aber warum sollte es Dunkle Materie geben?

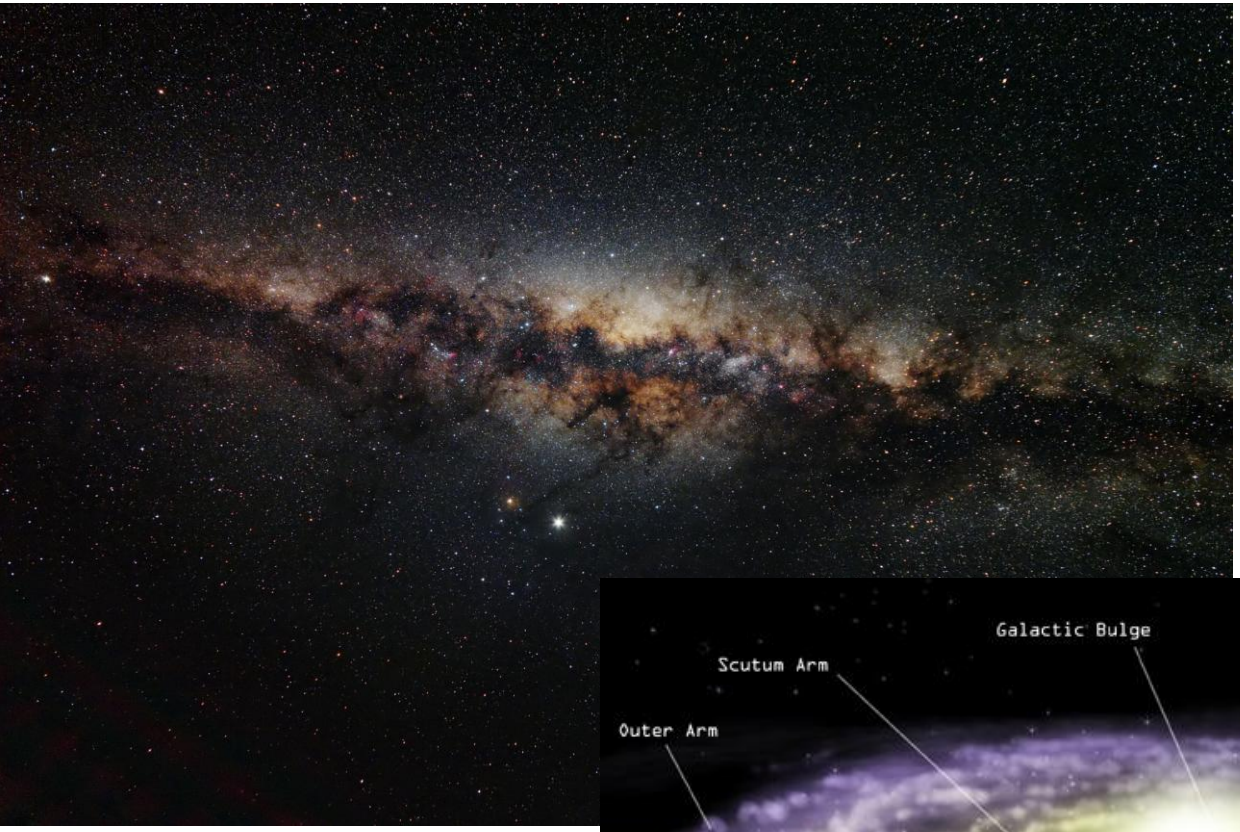
Unsere Galaxie – die Milchstrasse

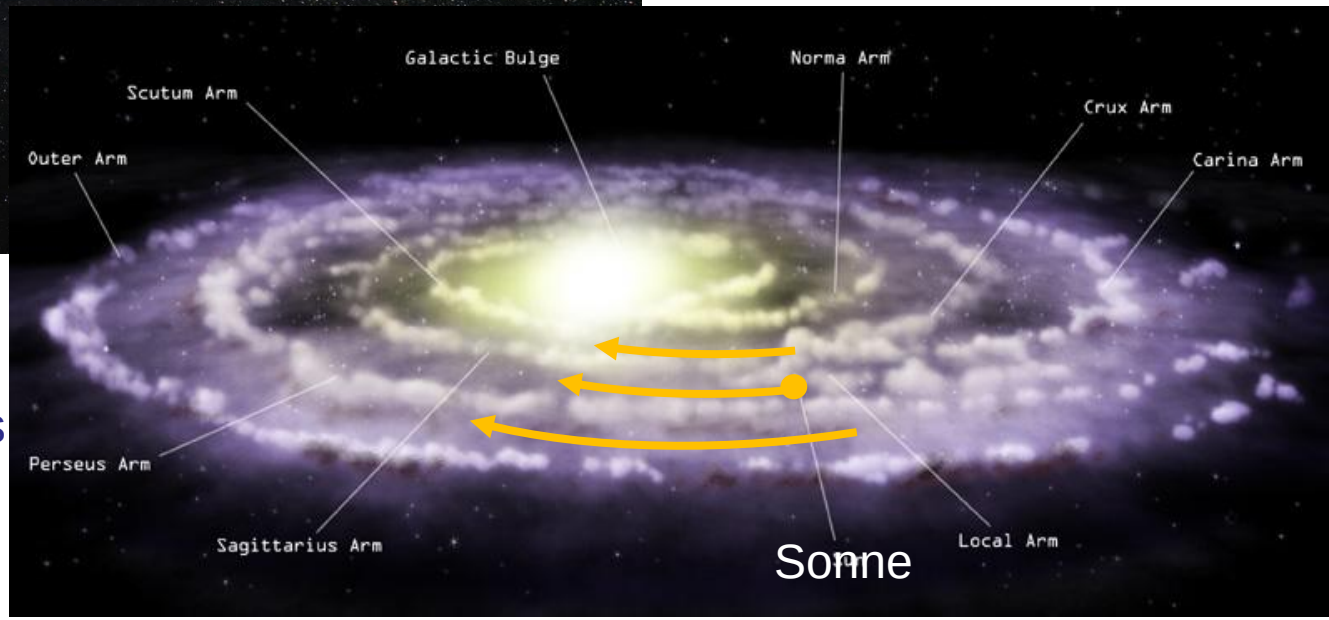




- Spiralgalaxie

Unsere Galaxie – die Milchstrasse

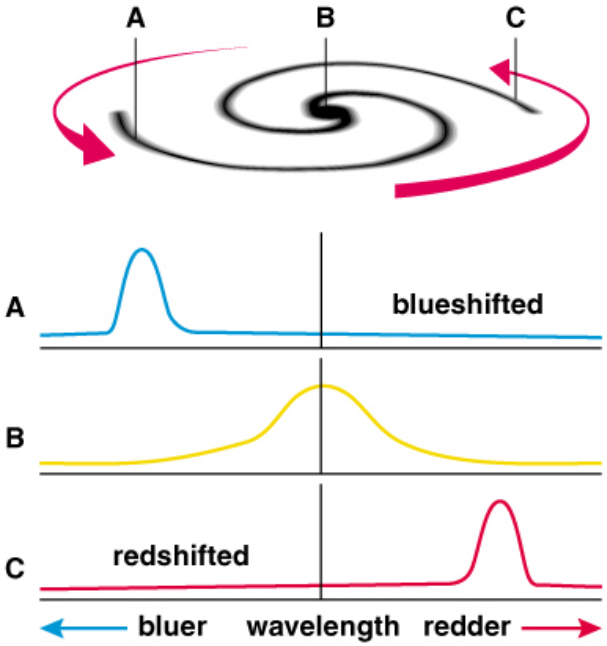




- Spiralgalaxie
- rotierende Sterne um das galaktische Zentrum

Messung der Rotationsgeschwindigkeiten

- Bestimmung der Bewegungs-Geschwindigkeit anhand des Doppler-Effekts
- Verschiebung bekannter Spektrallinien von Atomen und Molekülen

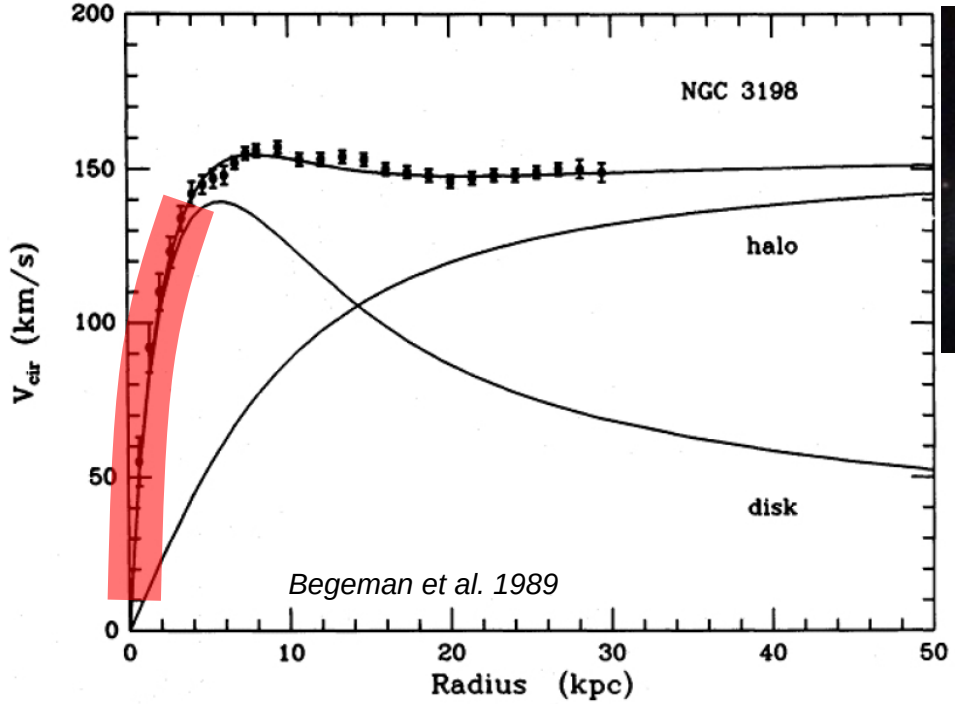


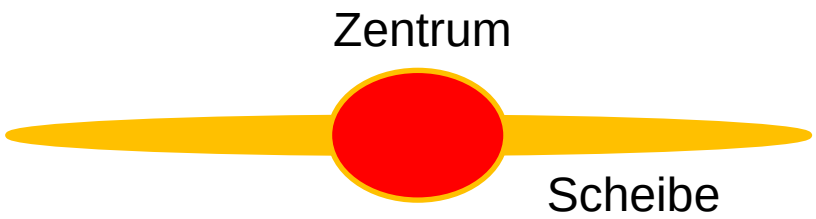
Copyright © Addison Wesley.

Galaxie NGC 3198
im Sternbild Grosser Bär

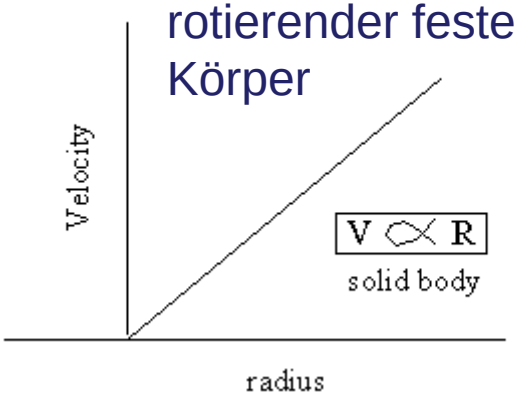
Messung der Rotationsgeschwindigkeiten

- Bestimmung der Bewegungs-Geschwindigkeit anhand des Doppler-Effekts und Verschiebung bekannter Spektrallinien von Atomen und Molekülen



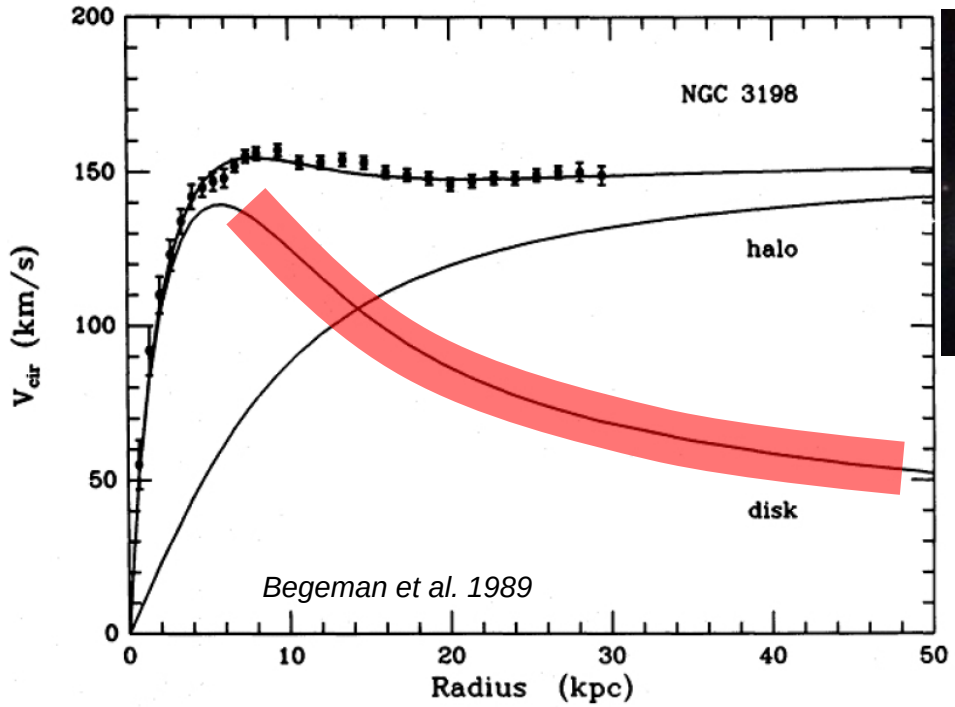


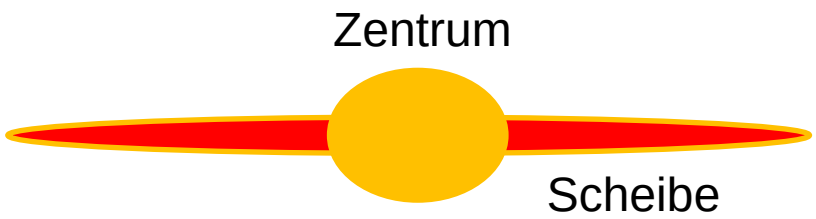
rotierender fester Körper

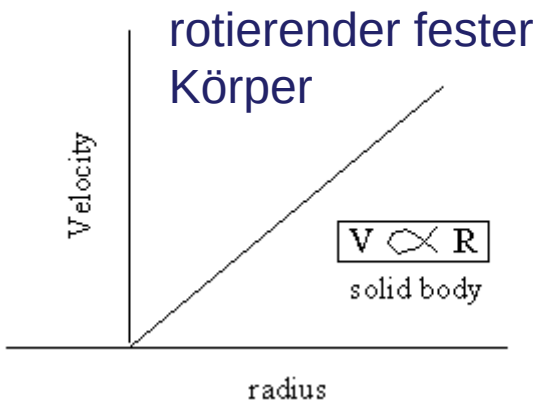


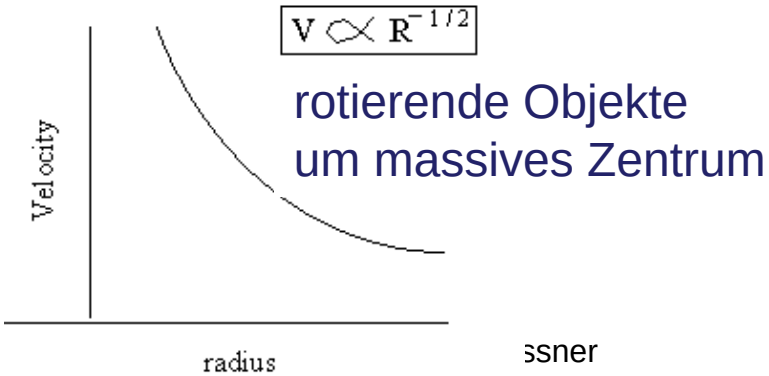
Messung der Rotationsgeschwindigkeiten

- Bestimmung der Bewegungs-Geschwindigkeit anhand des Doppler-Effekts und Verschiebung bekannter Spektrallinien von Atomen und Molekülen



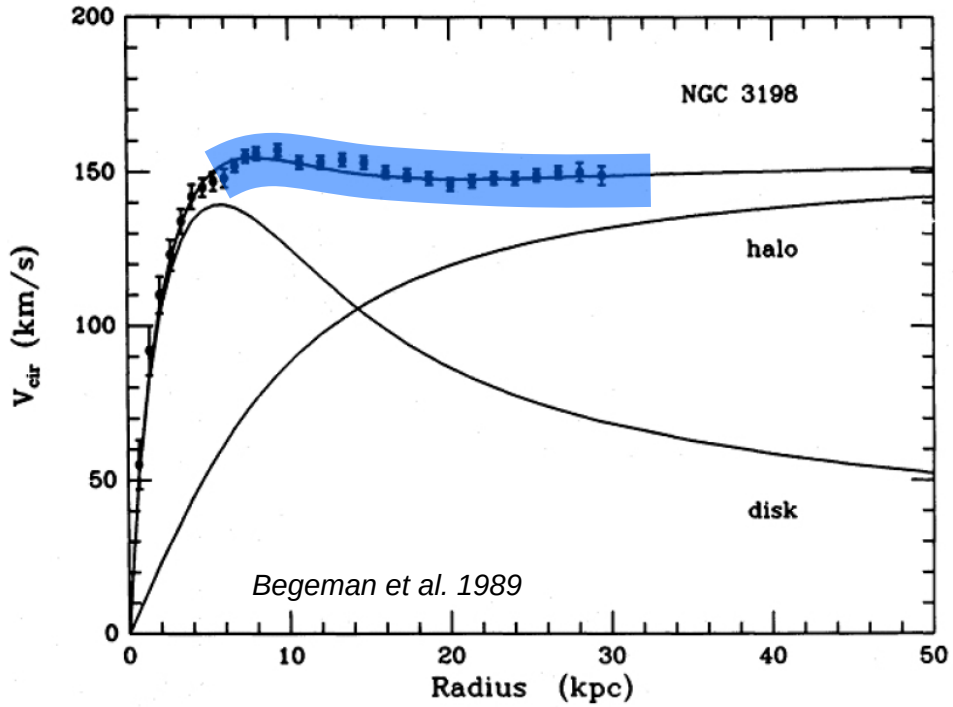


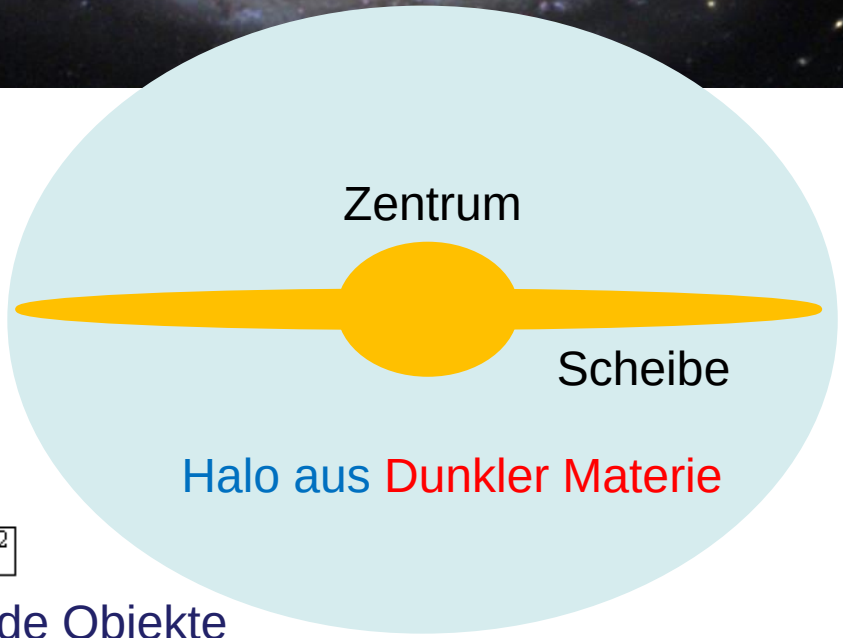


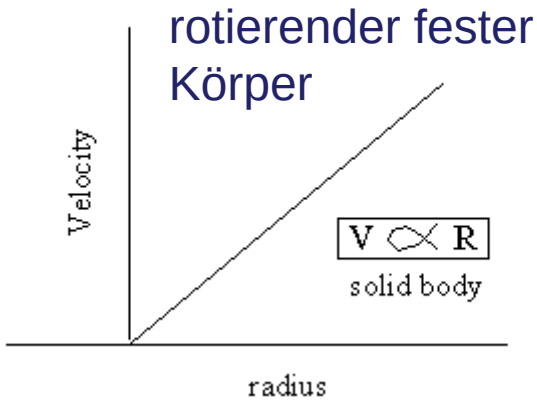


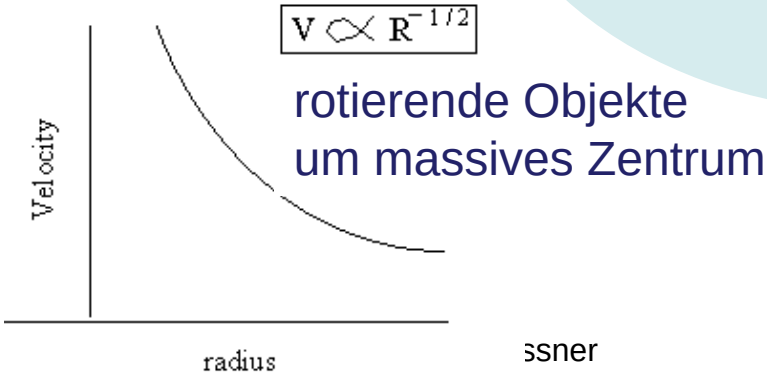
Messung der Rotationsgeschwindigkeiten

- Bestimmung der Bewegungs-Geschwindigkeit anhand des Doppler-Effekts und Verschiebung bekannter Spektrallinien von Atomen und Molekülen

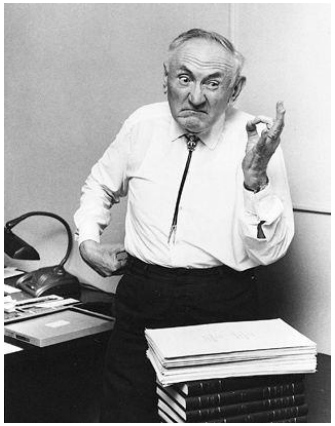




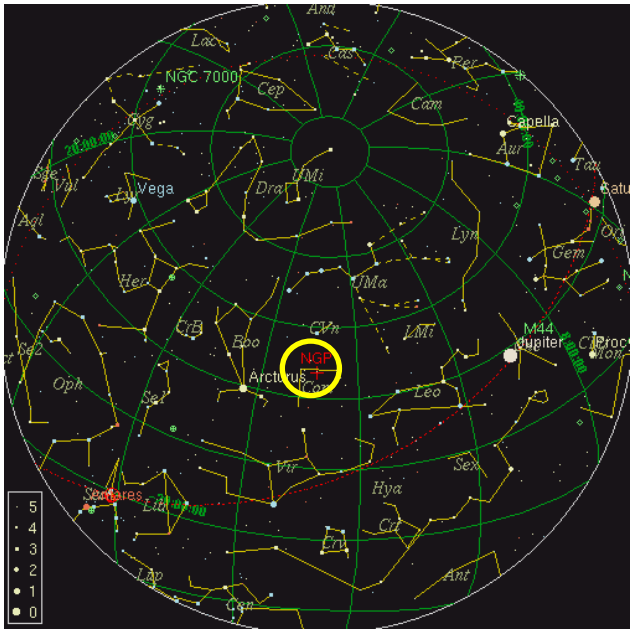


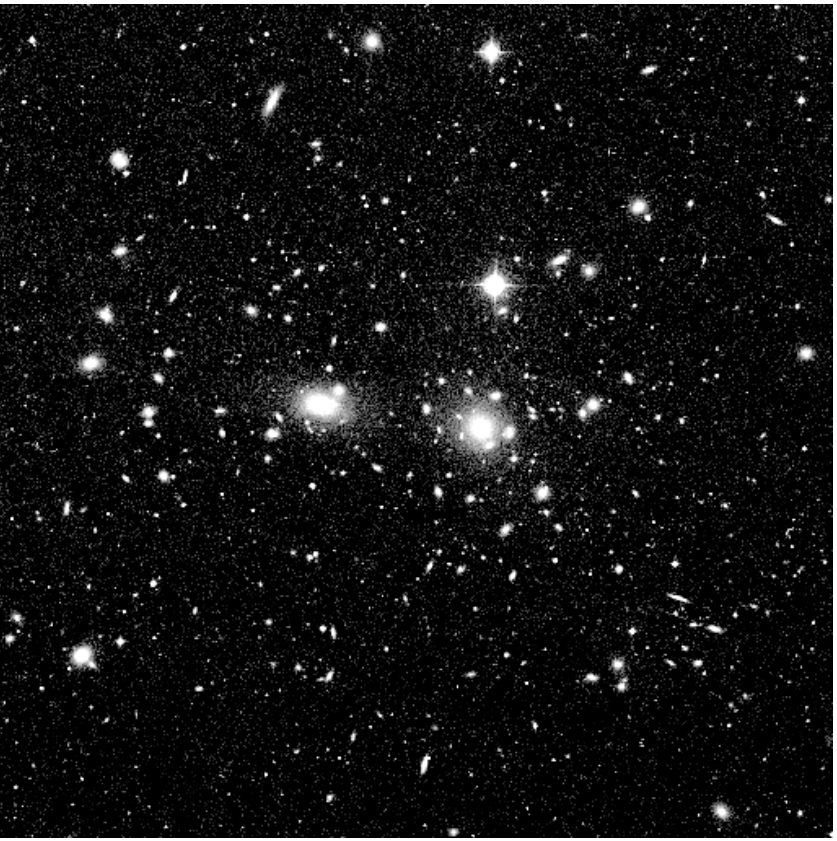


Fred Zwicky 1933



- Beobachtung von Geschwindigkeiten im Sternenhaufen Coma Berenices
- Bestimmung der Masse aller Objekte im Coma Sternenhaufen aus Bewegungsenergie und Energie der Schwerkraft





für sichtbare Sterne und Galaxien gilt:

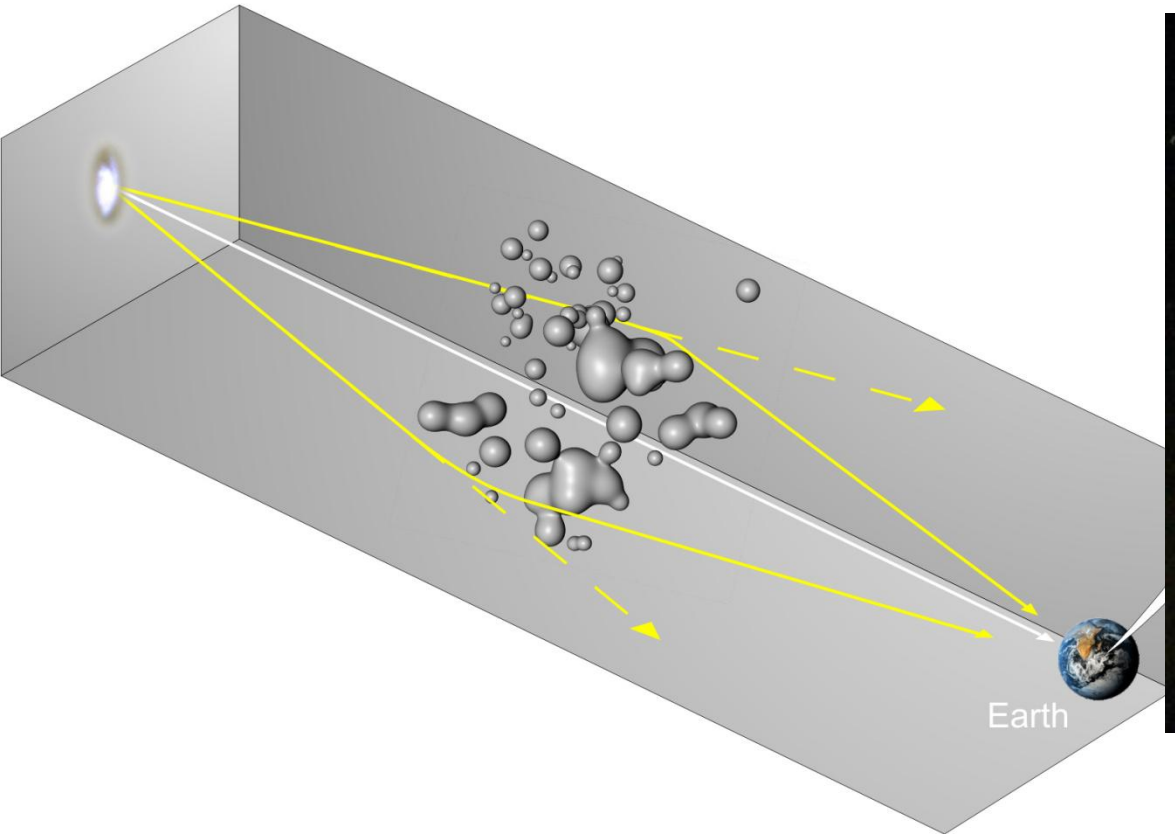
Masse ~ Leuchtkraft

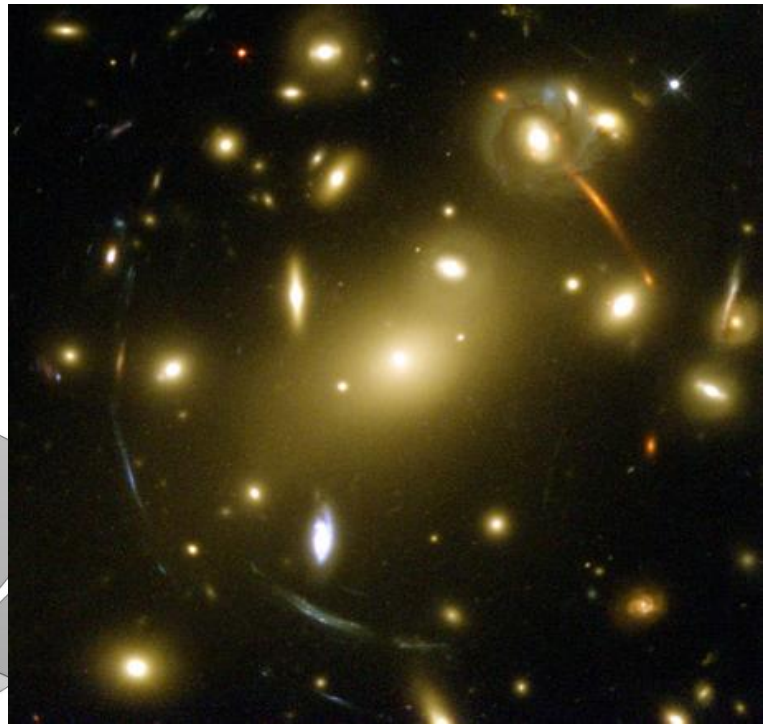
Zwicky findet eine Leuchtkraft, die 200-fach kleiner ist als erwartet!

→ Dunkle Materie

Ein weiterer Hinweis: Gravitationslinsen

- Das Licht weit entfernter Galaxien wird im Gravitationsfeld naher Galaxien und Massenverteilungen abgelenkt wie von einer optischen Linse

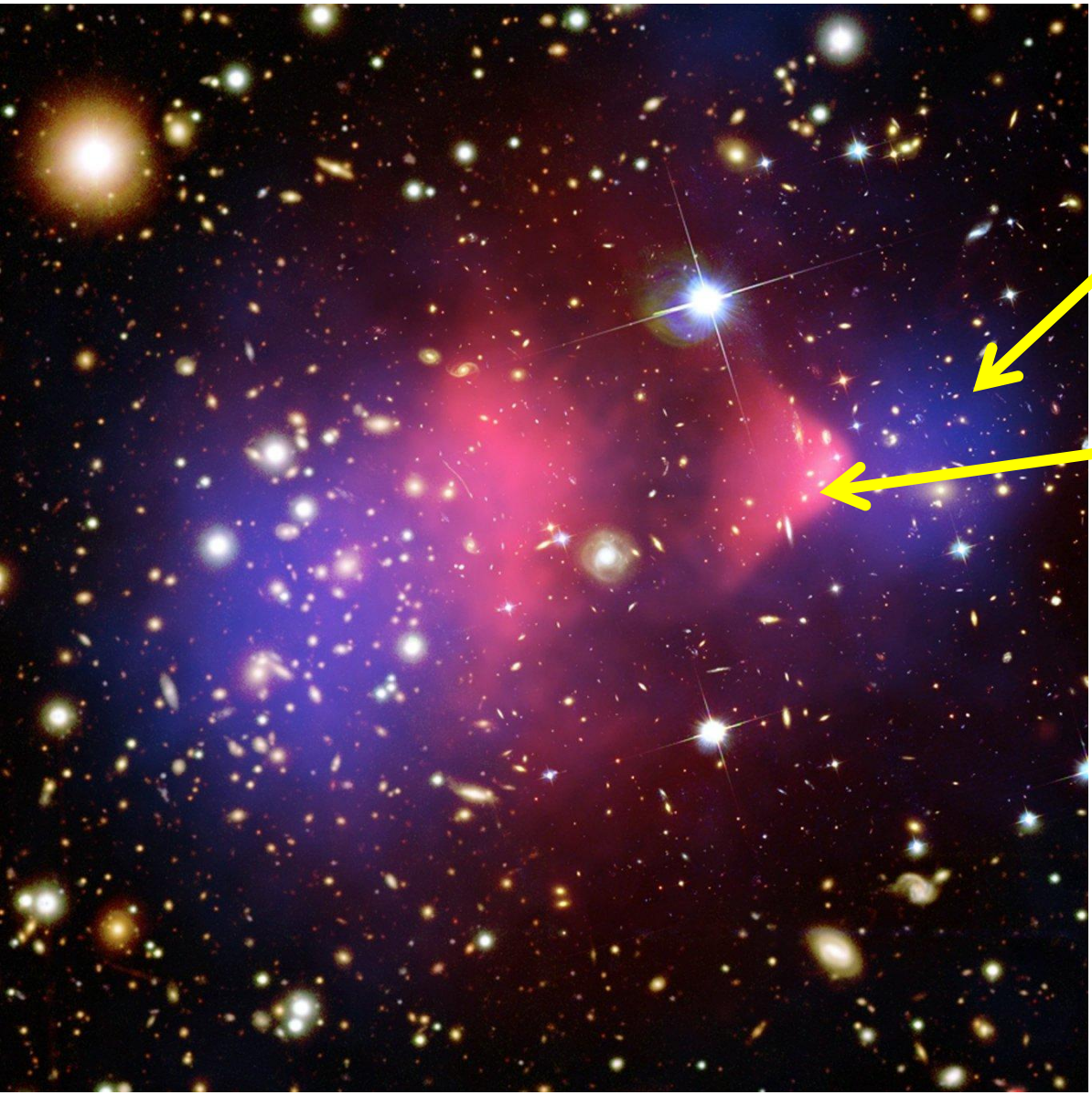




- Mit dem Hubble Space Teleskop wurden solche Gravitationslinsen genau vermessen
- Ergebnis: die Masse, die zur Ablenkung nötig ist, ist größer als von den leuchtenden Objekten erwartet

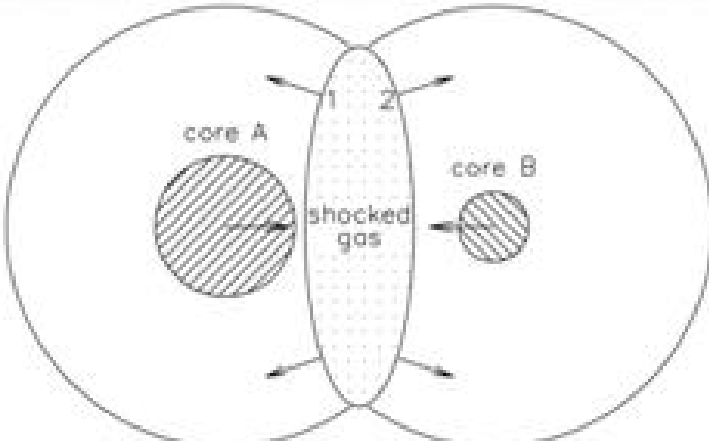
→ Dunkle Materie

Bullet Cluster – kosmische Kollision



dunkle Materie
(Gravitationslinsen)

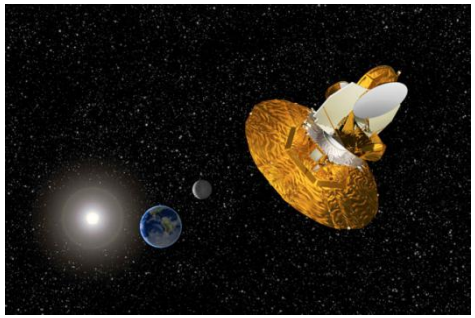
leuchtende Materie
(Gas)

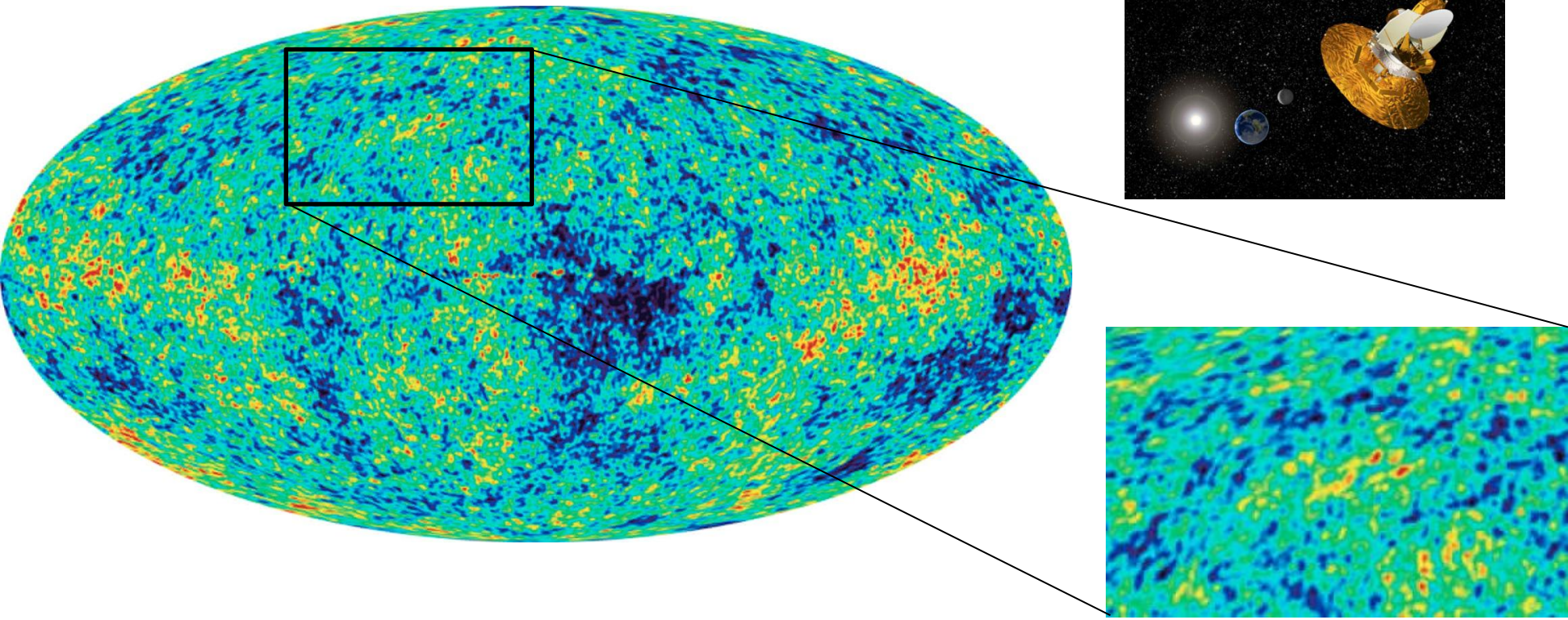


Kosmische Hintergrundstrahlung

- Strahlung, welche vom "Urknall" bei der Expansion des Universum zurückgeblieben ist
- gemessen mit WMAP Teleskop

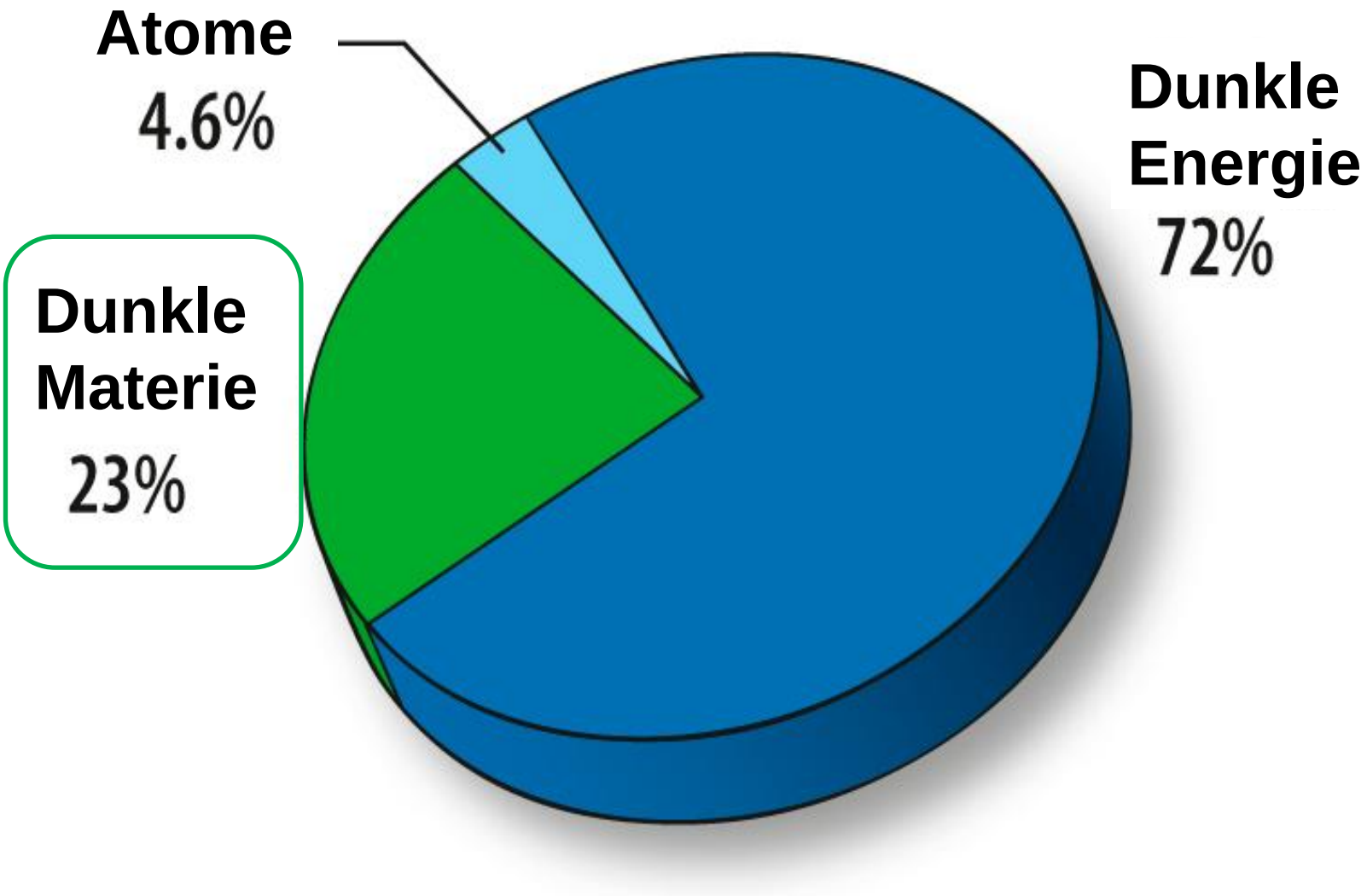
Wilkinson Microwave Anisotropy Probe



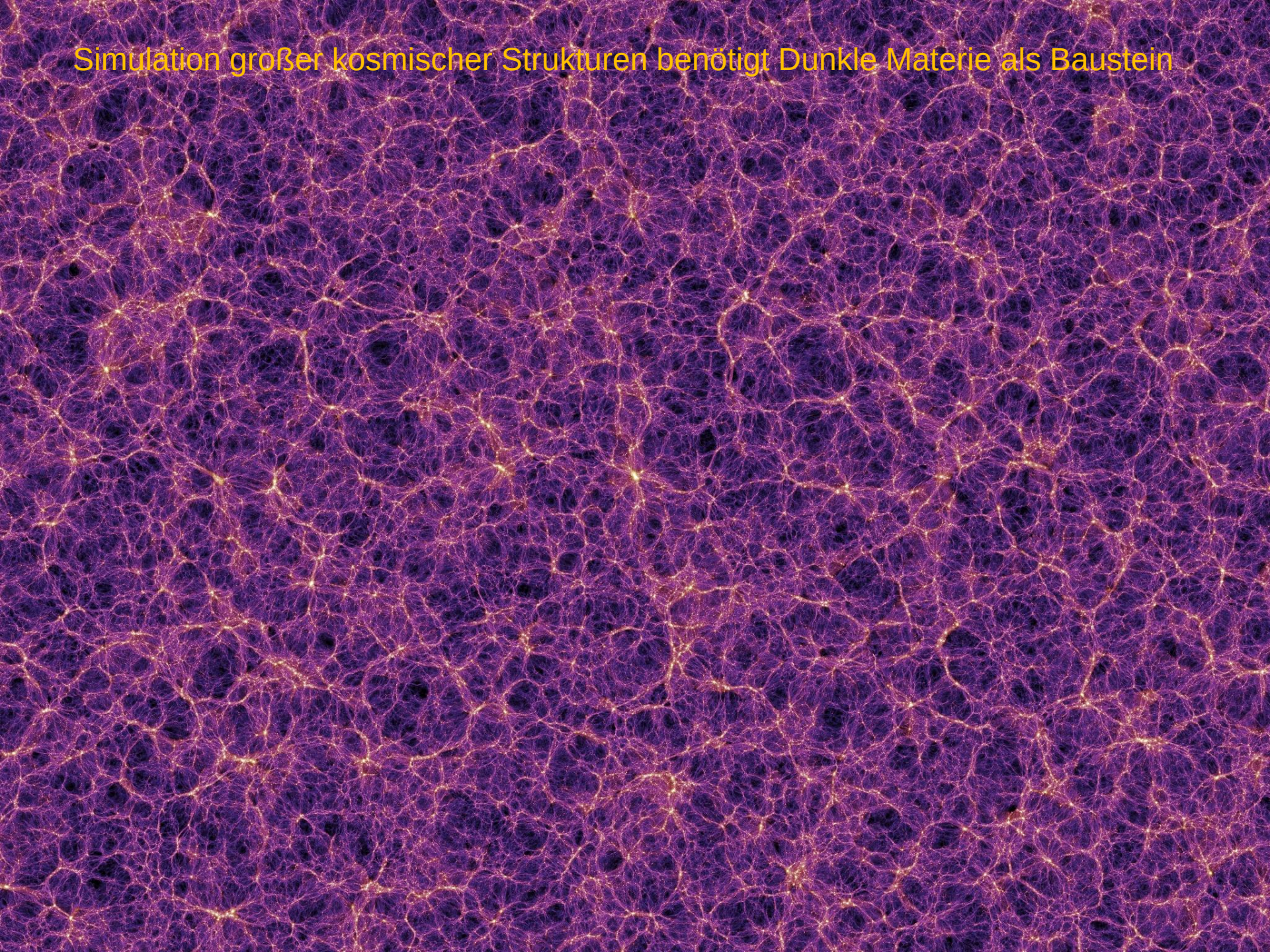


- mittlere Strahlung entspricht einer Temperatur von 2,725 ± 0, 001 Kelvin
- aus Temperaturvariationen kann man die Zusammensetzung des Universums ableiten

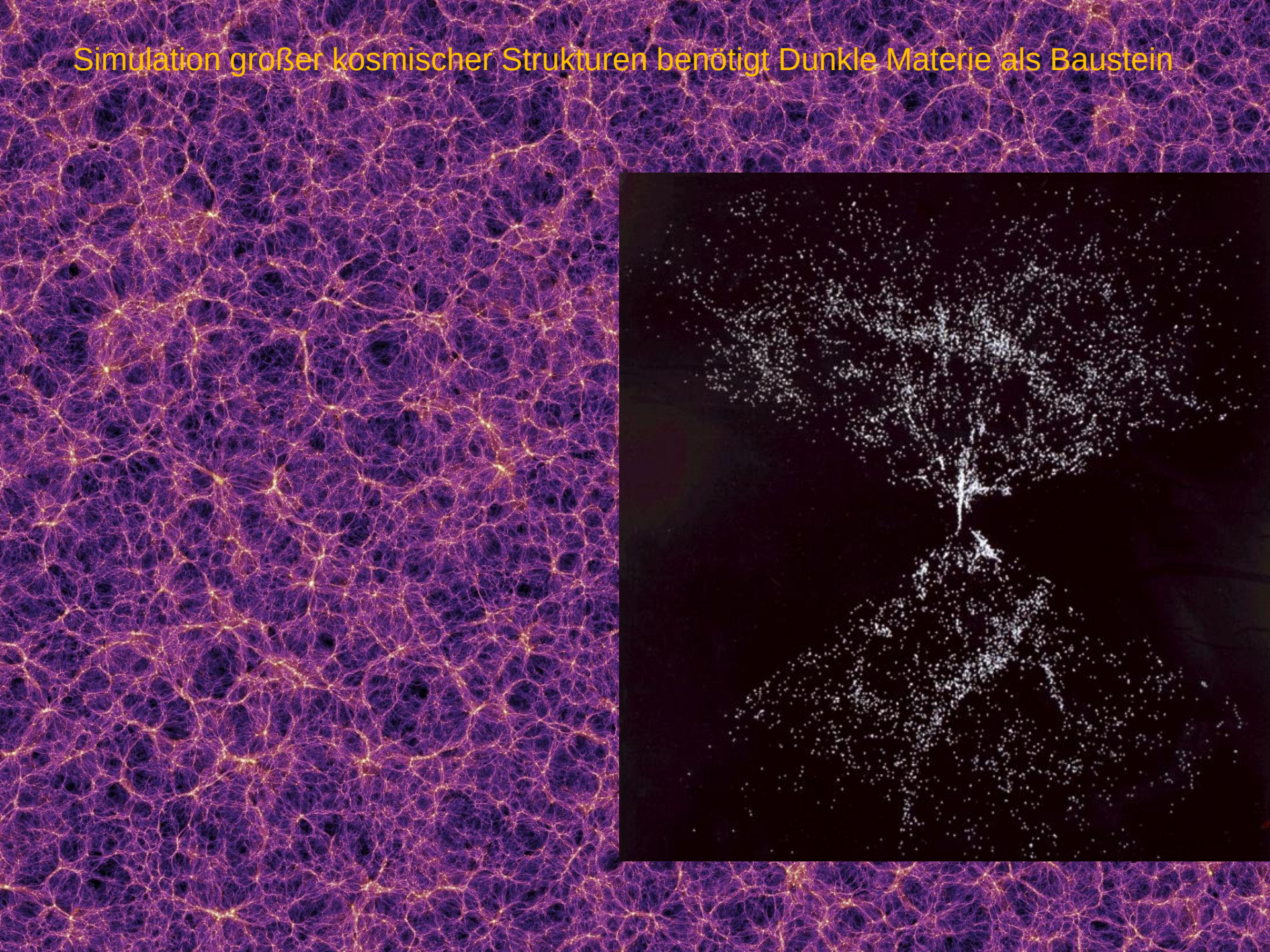
Ergebnis der Analyse



Simulation großer kosmischer Strukturen benötigt Dunkle Materie als Baustein

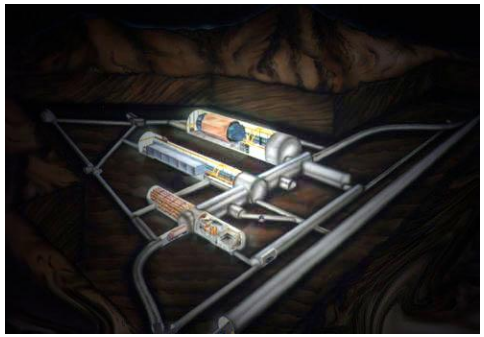


Simulation großer kosmischer Strukturen benötigt Dunkle Materie als Baustein

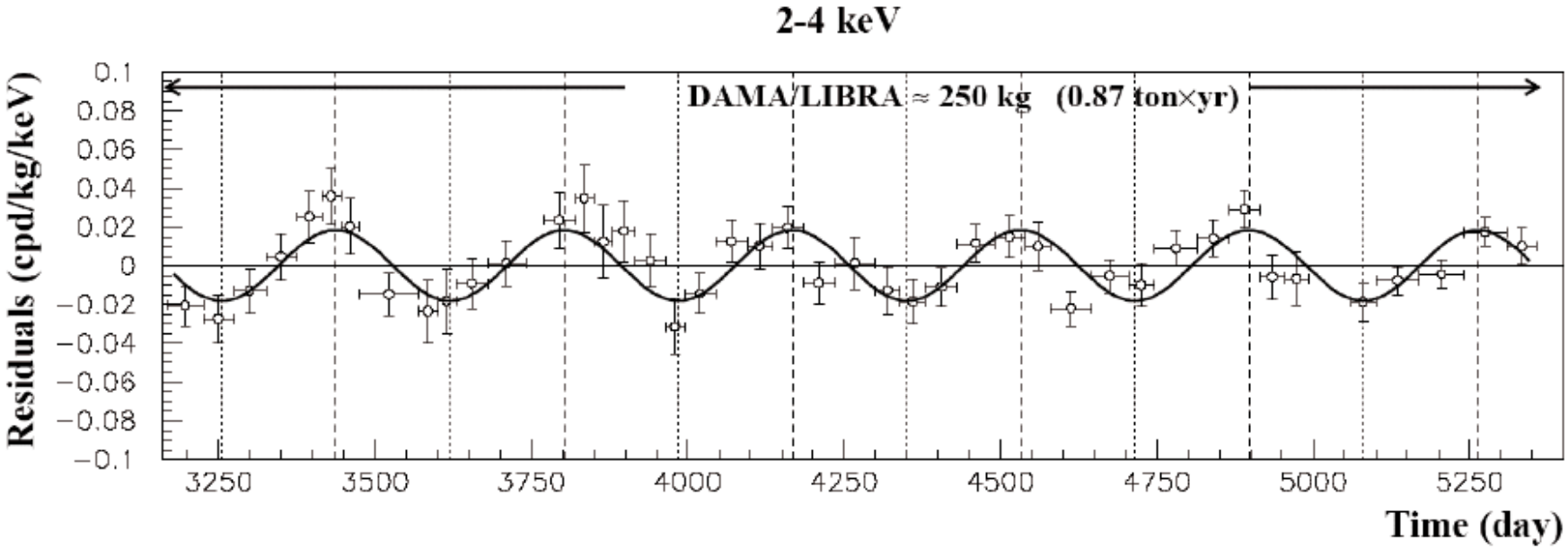


Suche nach Dunkler Materie im Labor

- Teilchendetektor aus Natrium-Iodid-Kristallen im Untergrundlabor Gran Sasso in Italien



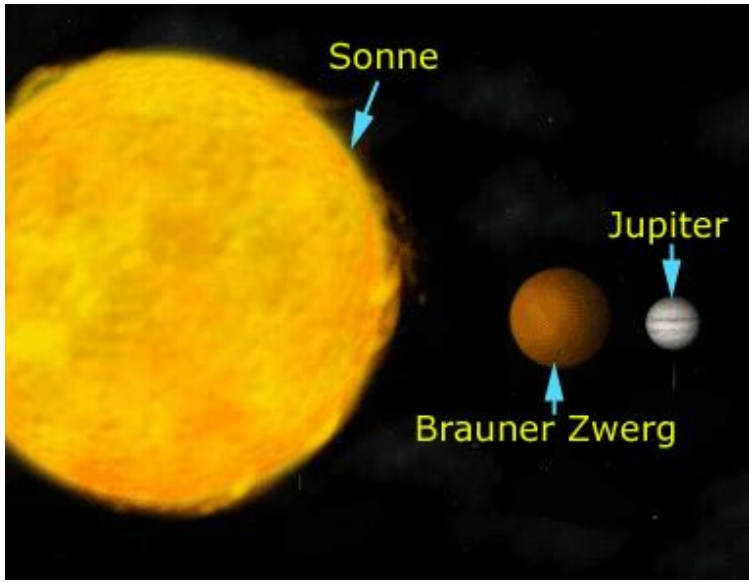
- Erde kreist um Sonne und fliegt gleichzeitig durch Hintergrund aus Dunkler Materie
- Jahreszeitliche Variation der Wechselwirkungen mit dem Teilchendetektor:



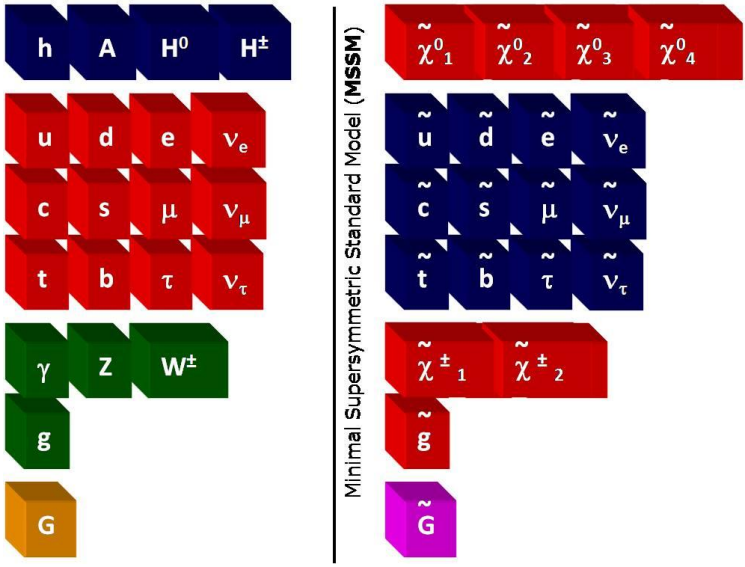
- Ergebnisse noch nicht von anderen Experimenten bestätigt

Woraus könnte Dunkle Materie bestehen?

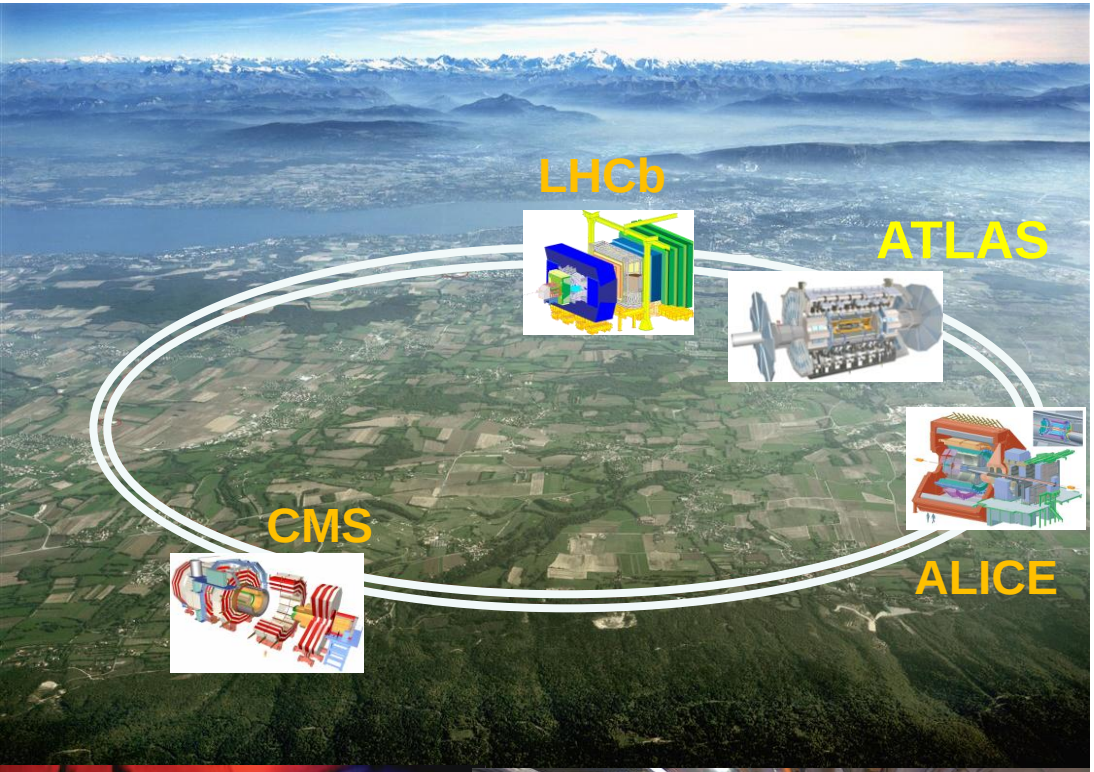
- MACHOs = Massive astrophysikalische kompakte Halo-Objekte
  - z.B. Braune Zwerge
  - nur ein kleiner Teil der dunklen Materie



- WIMPs = Weakly Interacting Massive Particles
- Schwach wechselwirkende, massive Teilchen
- Beispiel: neue, schwere Elementarteilchen
- Supersymmetrische Teilchen = Kopie bekannter Elementarteilchen

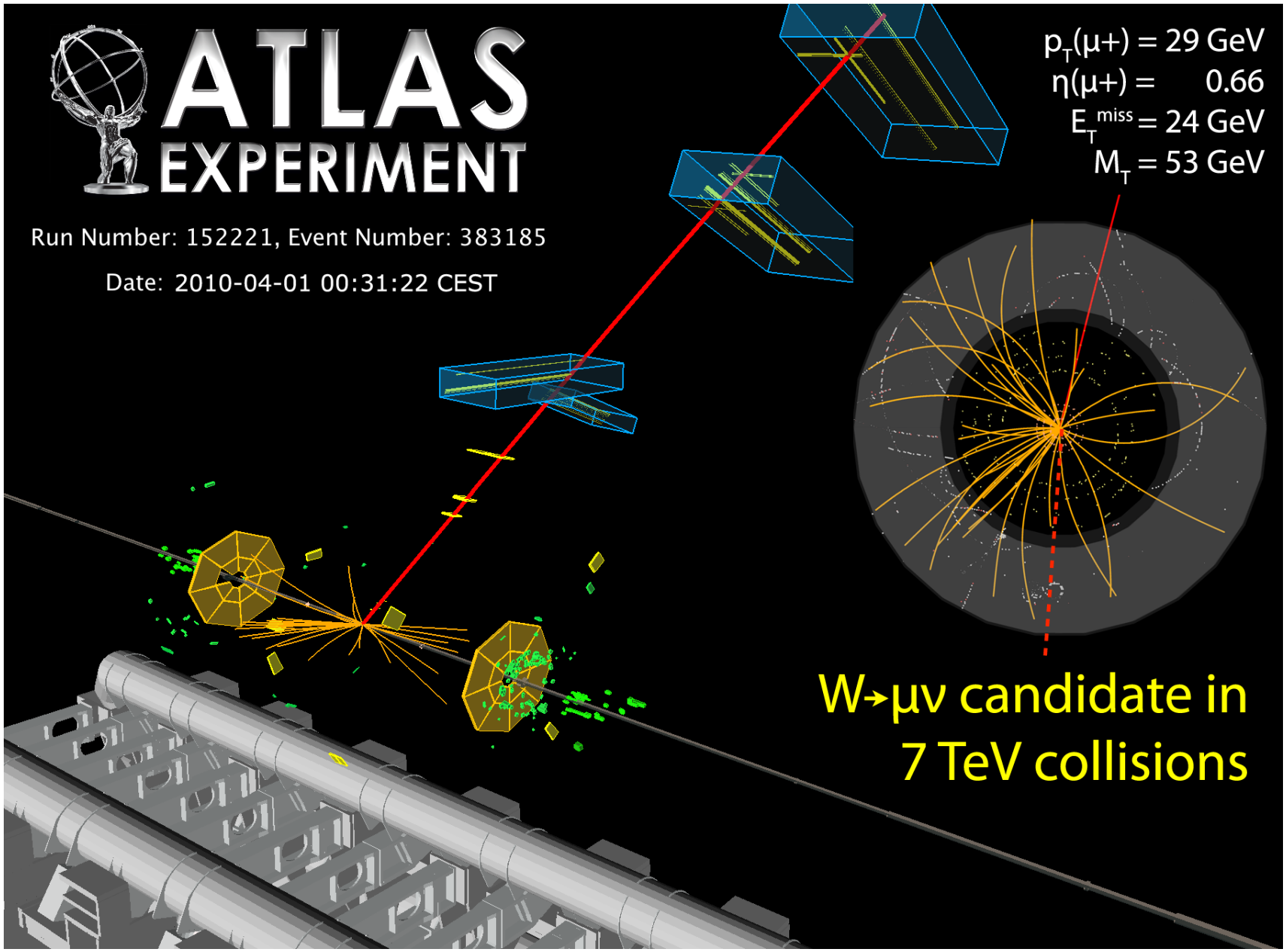


Suche nach Dunkler Materie am LHC



- Kollision von Protonenstrahlen
- sehr hohe Energie
- 14000-fache Protonmasse kann in neue Elementarteilchen umgewandelt werden
- 4 große Teilchendetektoren

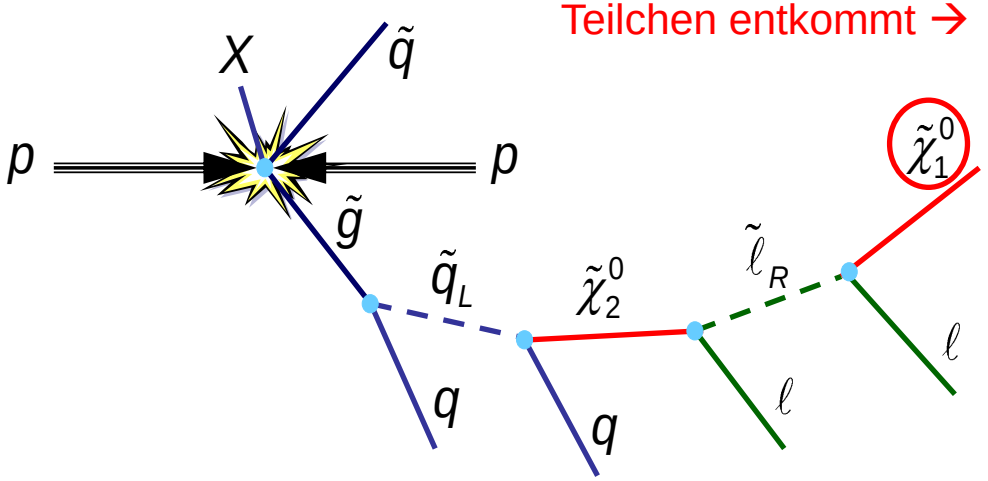
Bekannte Elementarteilchen schon gefunden



Neue Elementarteilchen werden gesucht

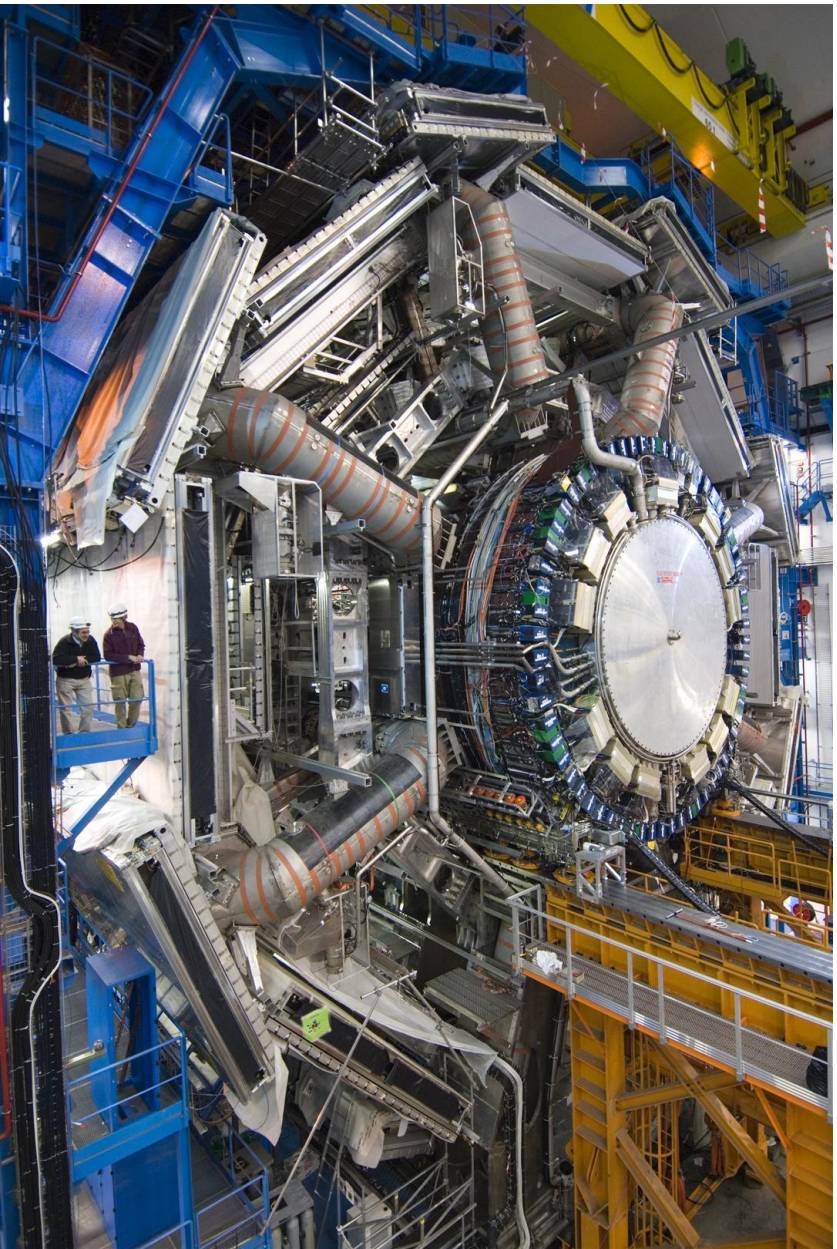
- Wie kann man Kandidaten für Dunkle Materie finden?
- Diese Teilchen wechselwirken quasi nicht mit dem Detektor - "Neutralino"
- "fehlende Energie" ist der Schlüssel

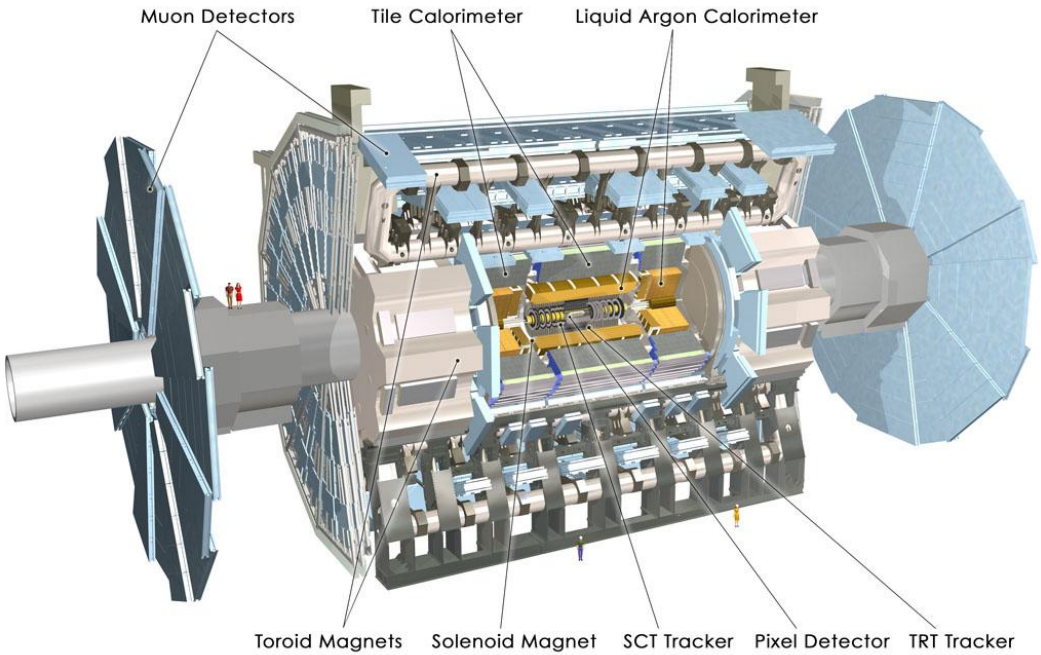
Teilchen entkommt → fehlende Energie



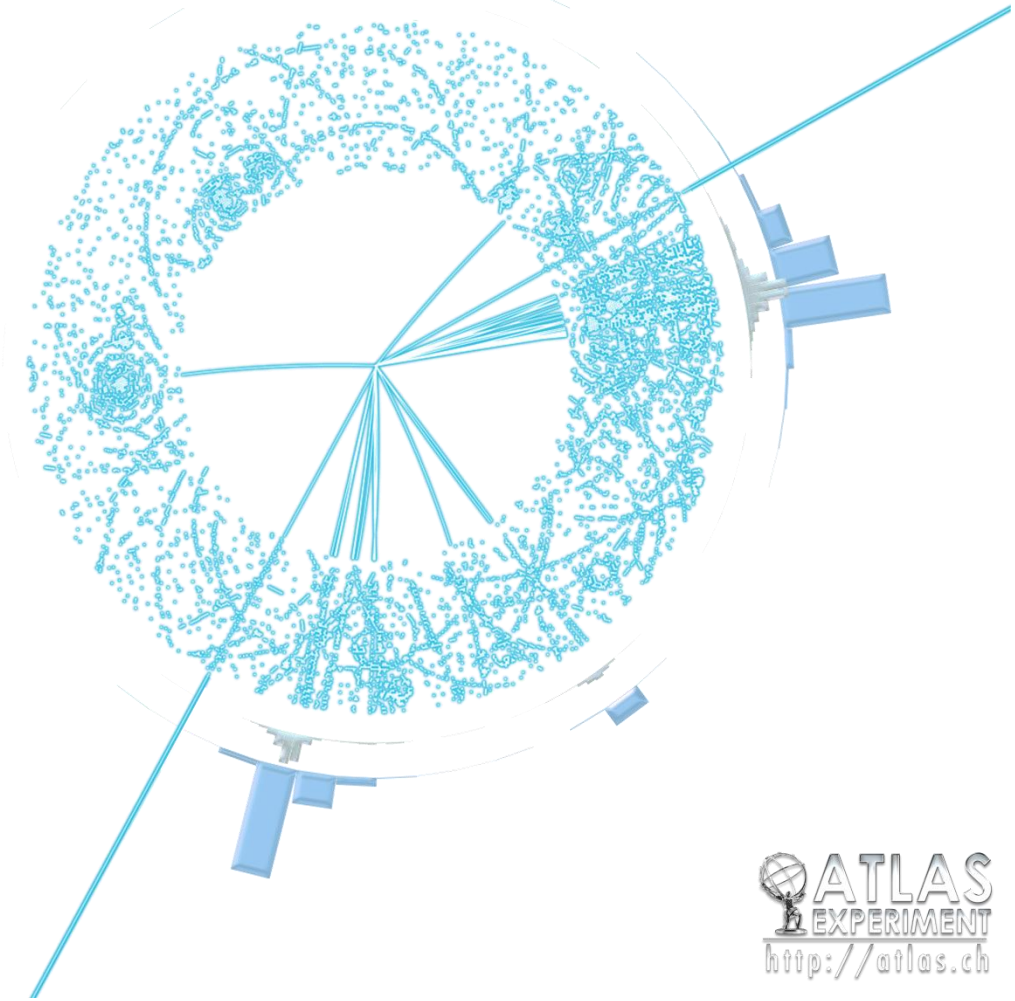
Teilchendetektor ATLAS

- Detektor deckt Raumwinkel so komplett wie möglich ab





Ein Beispiel-Ereignis



- Datennahme am LHC: 2009-2011, 2013-2016, 2020-2030
- Entdeckung supersymmetrischer Teilchen von 500-facher Protonmasse möglich schon im Jahr 2011...

Zusammenfassung

- Viele Hinweise auf Dunkle Materie in Kosmos und Weltall
- Genaue Eigenschaften noch unbekannt
- Suche nach Dunkler Materie auch in Laborexperimenten auf der Erde
- Entdeckung von Kandidaten für Dunkle Materie am LHC möglich schon in den nächsten Jahren
- mehr Informationen in der heutigen Ausstellung und Aktuelles unter: www.atlas.ch