

Kosmos, Raum und Zeit

Dunkle Materie und Dunkle Energie

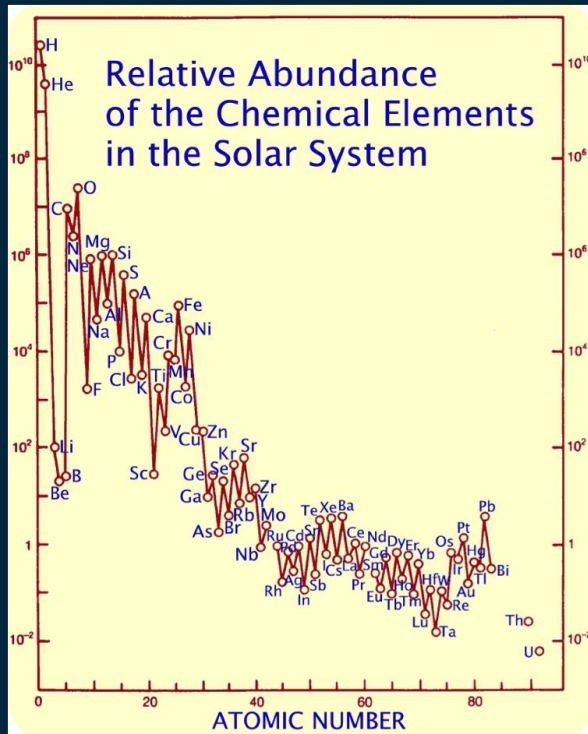
Dominik J. Schwarz

Universität Bielefeld

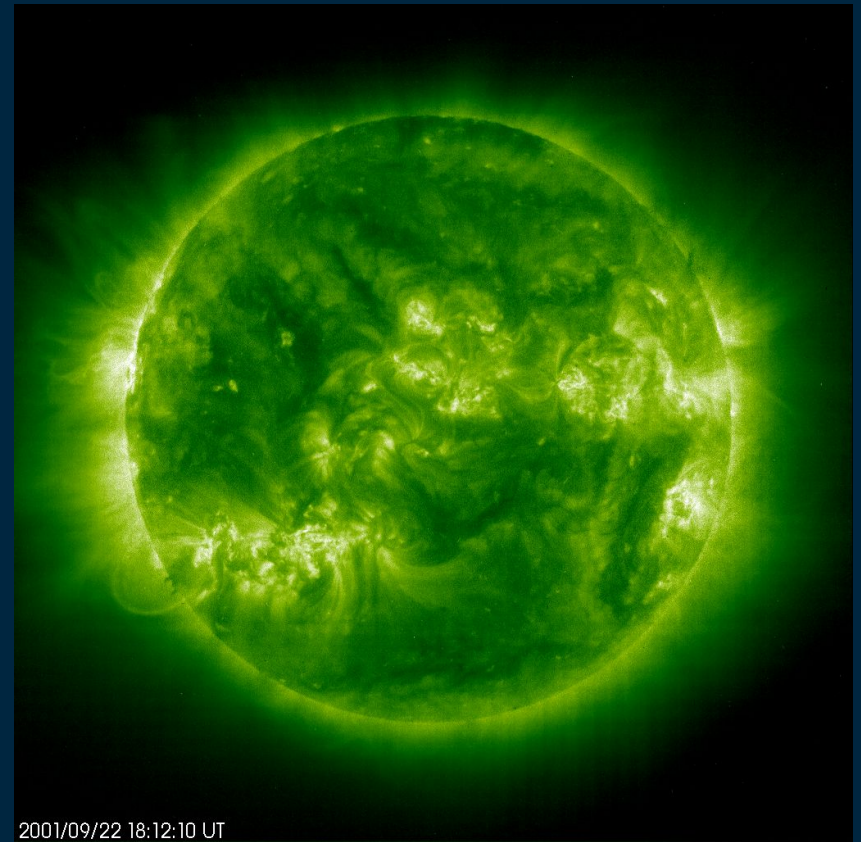
Herbstakademie Physik 2009

Oktober 2009

Woraus besteht das Sonnensystem?

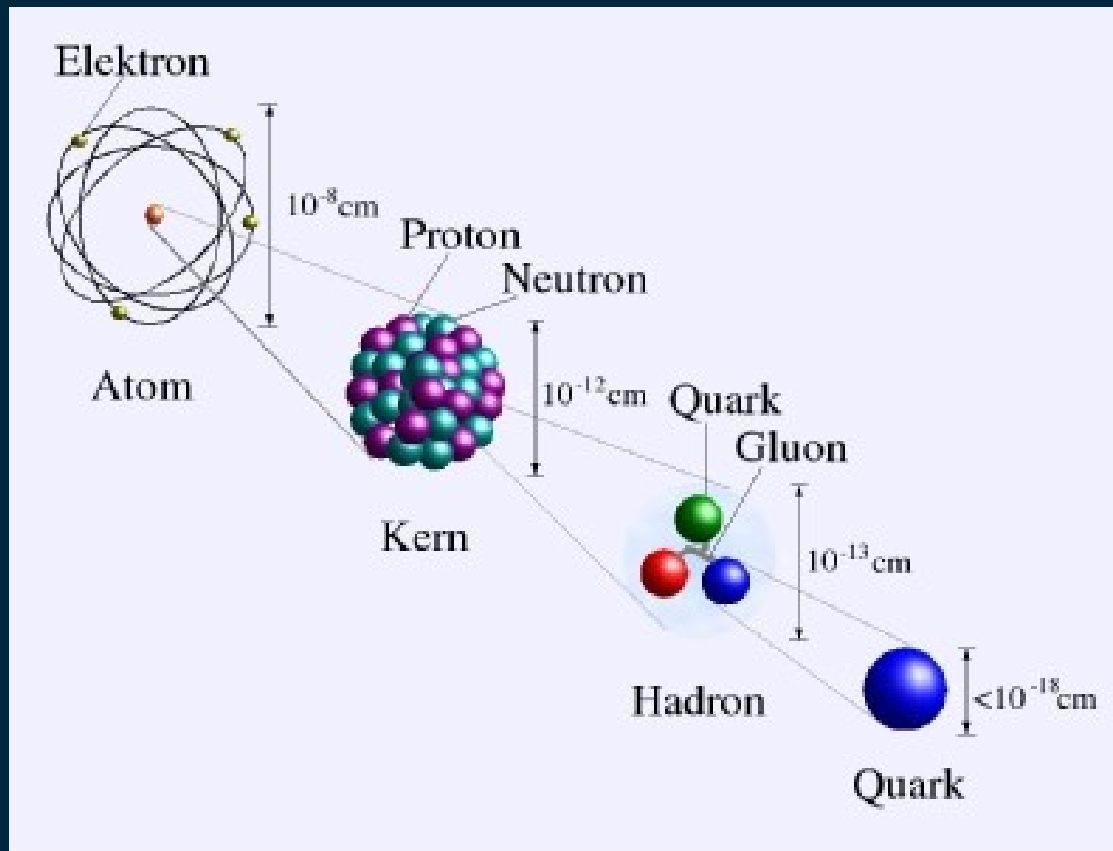


92% Wasserstoff, 8% Helium
<1% „Metalle“ (O,C,N,...)



FeXII-Röntgenstrahlung der Sonne
SOHO ESA & NASA

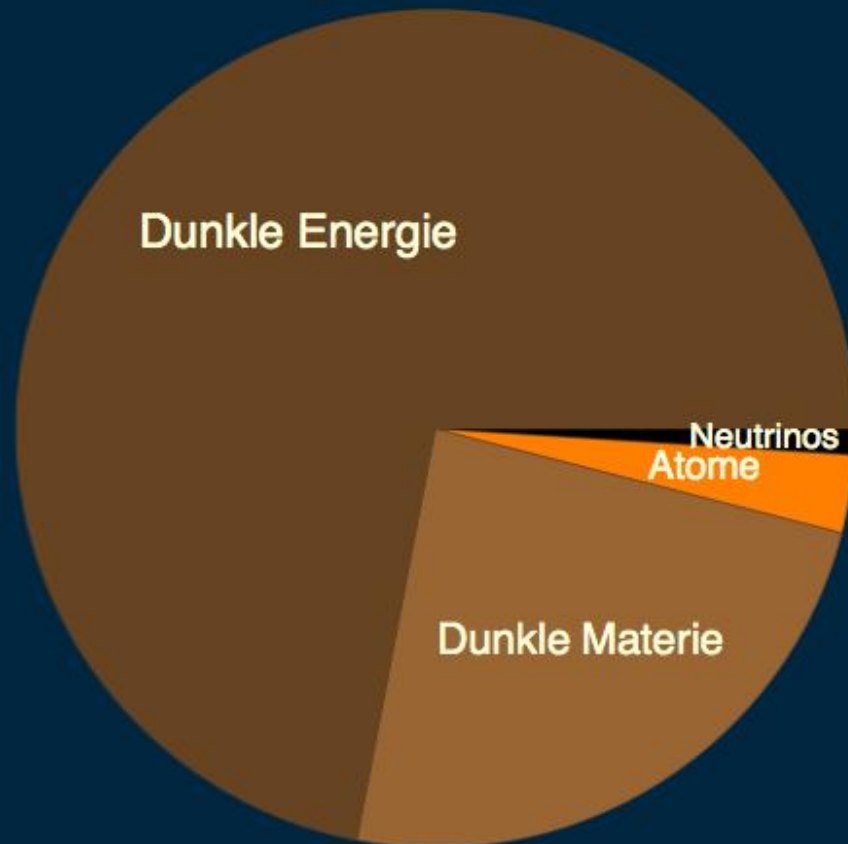
Kleinste Bausteine der Welt



ELEMENTARY PARTICLES

Quarks	<i>u</i> up	<i>c</i> charm	<i>t</i> top	Force Carriers
	<i>d</i> down	<i>s</i> strange	<i>b</i> bottom	
Leptons	<i>ν_e</i> electron neutrino	<i>ν_μ</i> muon neutrino	<i>ν_τ</i> tau neutrino	<i>Z</i> Z boson
	<i>e</i> electron	<i>μ</i> muon	<i>τ</i> tau	<i>W</i> W boson
	I II III Three Generations of Matter			

Bestandteile des Universums

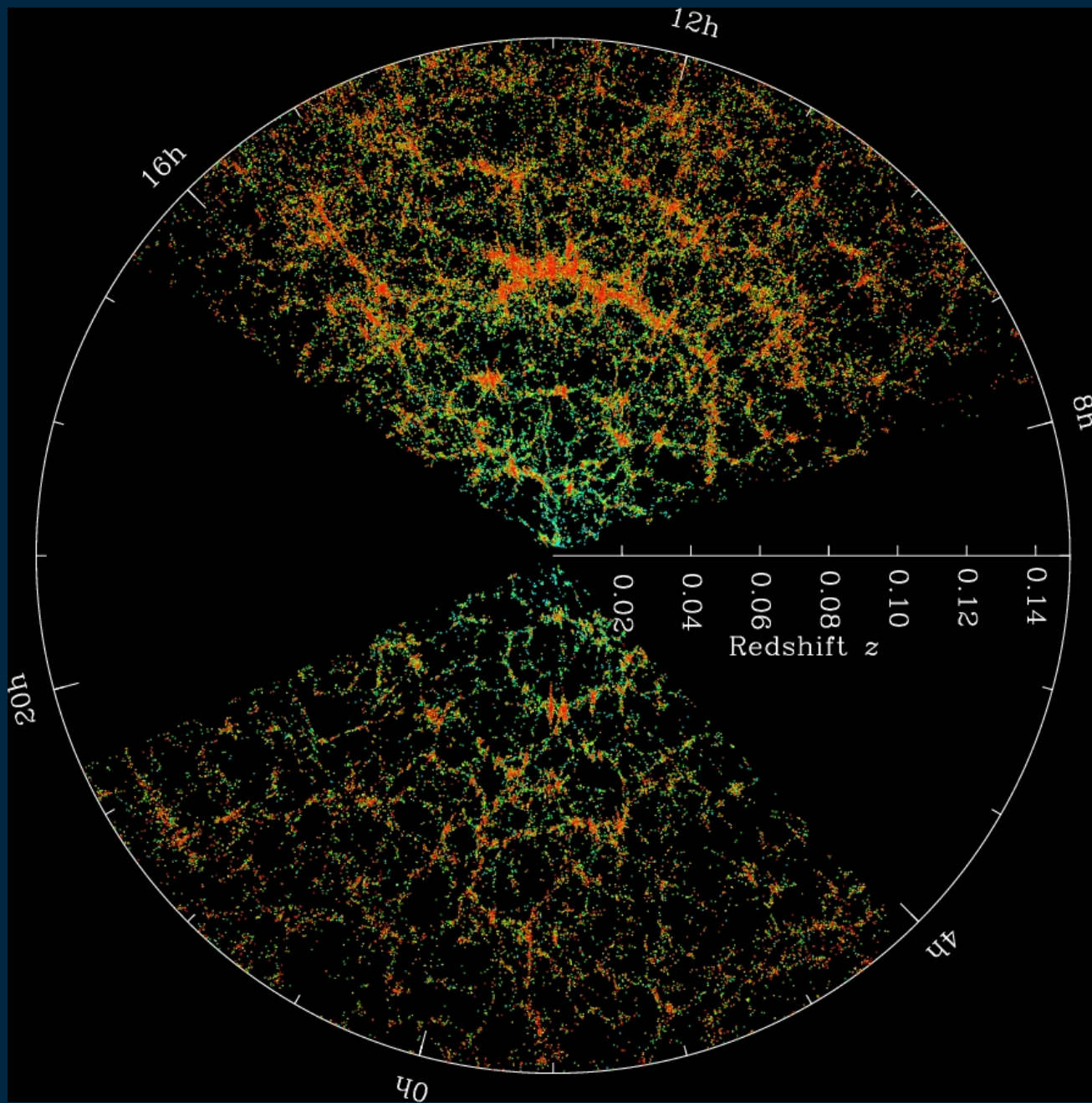


4% Atome, 96% unbekannt (dunkel)

Was beobachten wir am Himmel?



Hubble Ultra Deep Field - Infrared

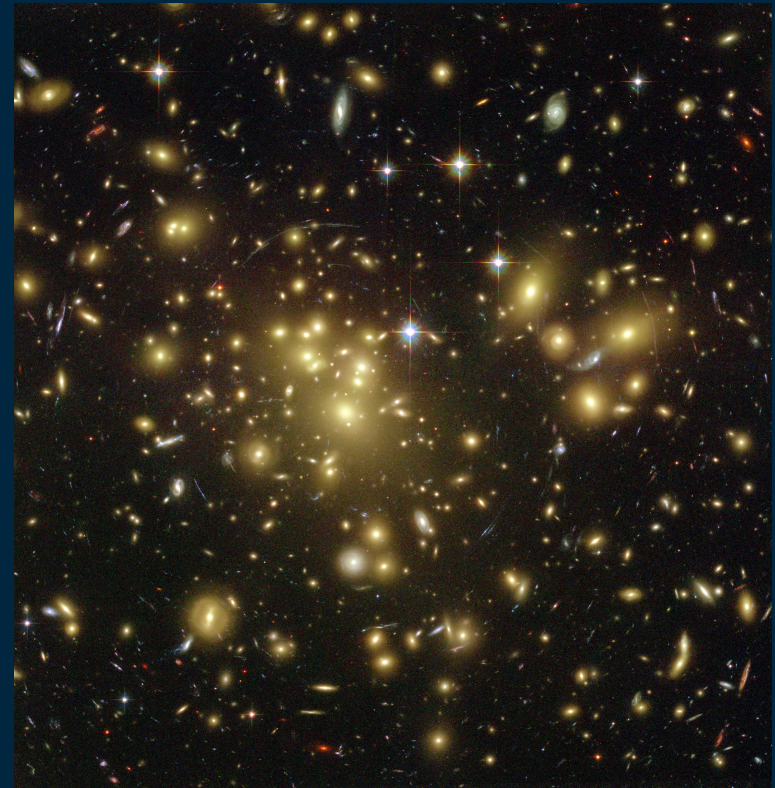


Kosmische Struktur SDSS

Galaxien, Galaxiengruppen und Galaxienhaufen

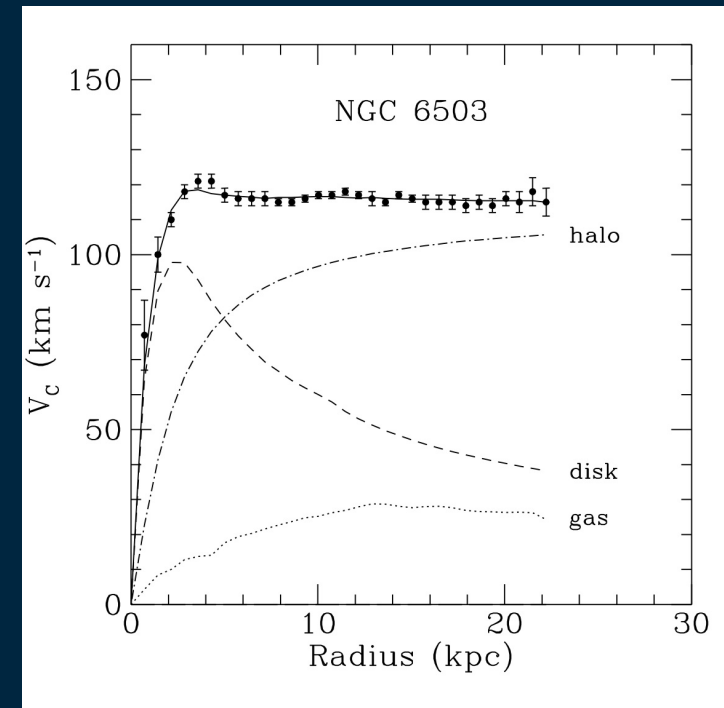


NGC 1232 (VLT ESO)



A1689 (HST NASA)

Bewegung von Sternen und Gaswolken in Galaxien



$$\text{Geschwindigkeit} = \sqrt{G \cdot \text{Masse} / \text{Abstand}}$$

1 kpc = 3000 Lichtjahre

Dunkle Materie



„bullet cluster“

Dunkle Materie

Existenz folgt aus Beobachtungen von Galaxien und Galaxienhaufen

- schwer ($v < v_{\text{Flucht}}$)
- keine elektromagnetische oder starke Wechselwirkung
- stabil (Alter des Universums ~ 15 Milliarden Jahre)

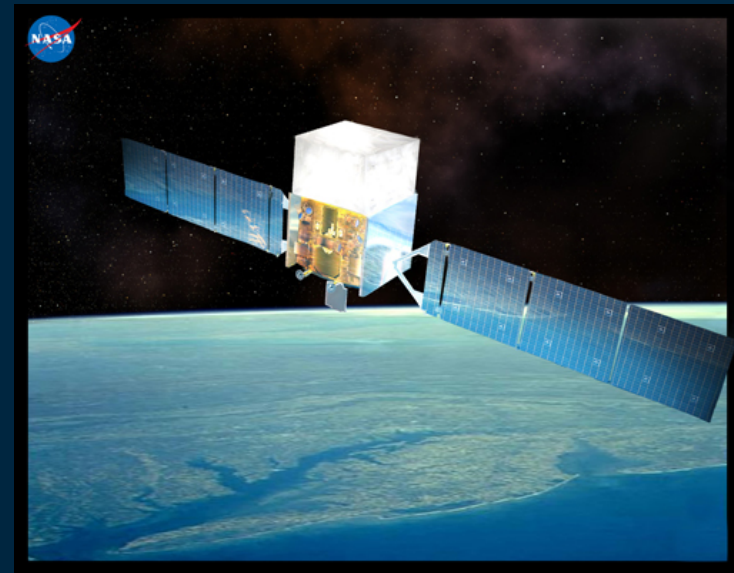
Im Labor wurden solche Teilchen noch nie gefunden!

Suche nach dunkler Materie



Erzeugung im Labor

Large Hadron Collider am CERN



Indirekte Beobachtung

z.B. Fermi (NASA)

Suche im Untergrundlabor

z.B. im Gran Sasso Massiv

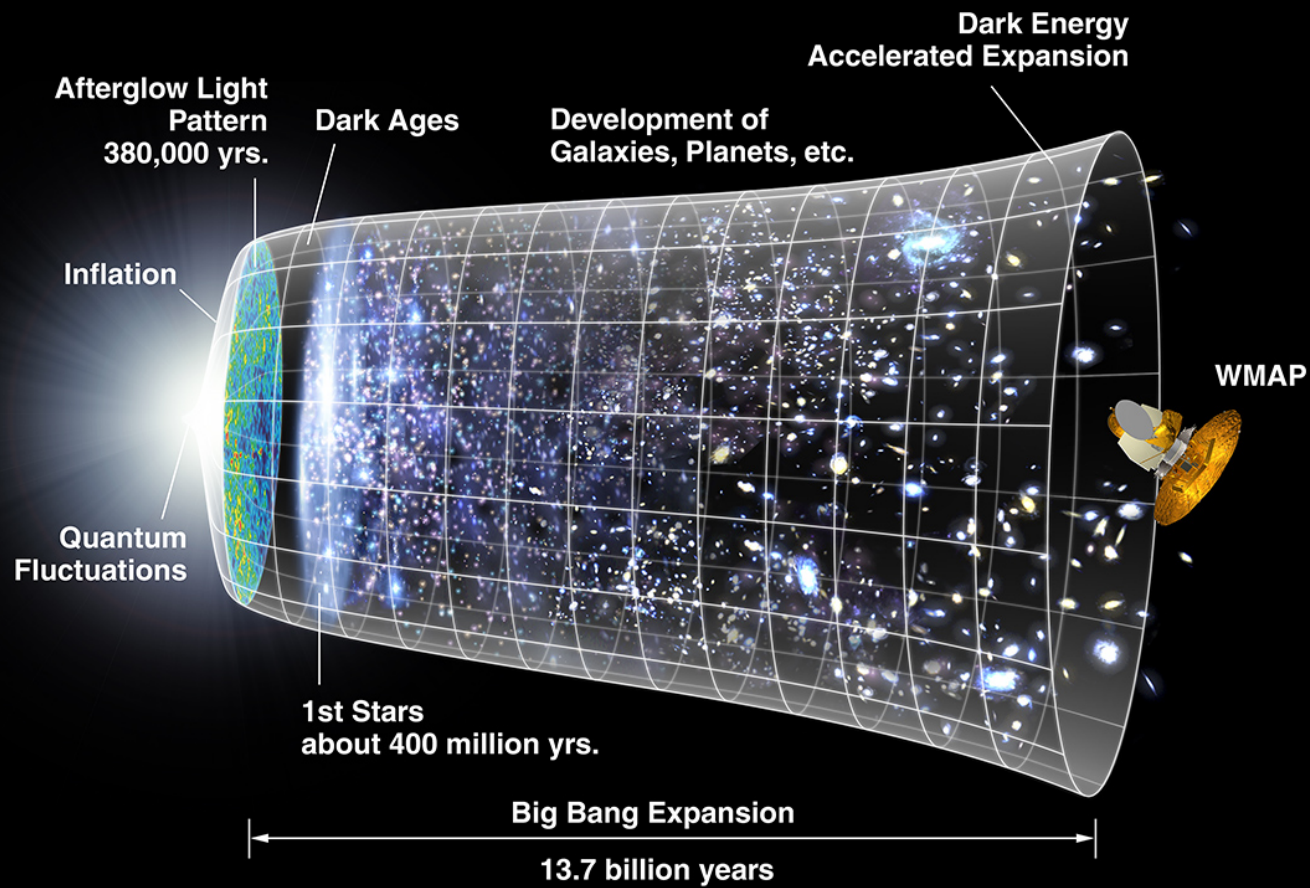
Wieviel Materie/Energie gibt es im Universum?

- Planeten & Sterne: Atomkerne & Elektronen
- Galaxien & Galaxienhaufen: 15% Atome, 85% dunkle Materie

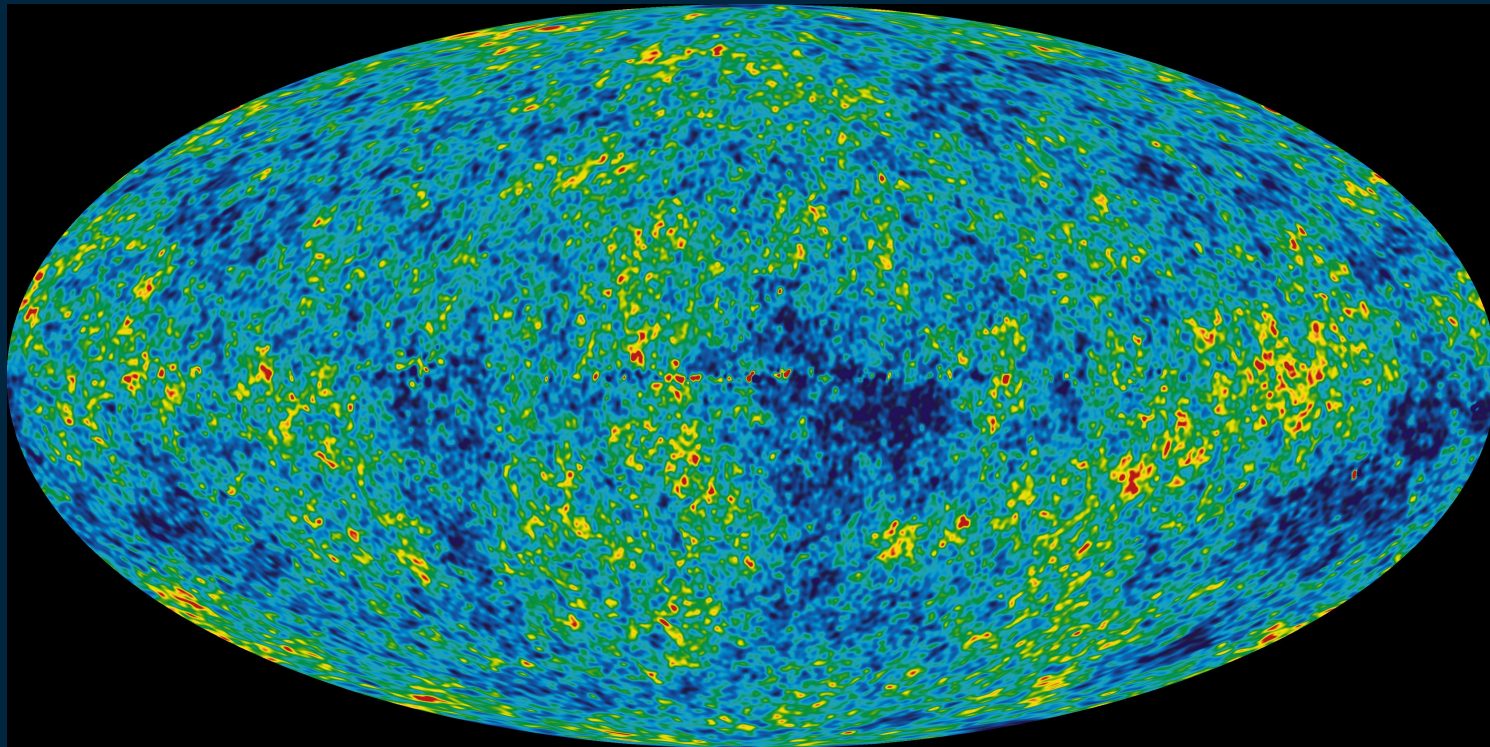
Einstein's allgemeine Relativitätstheorie:

Krümmung = (G/c^2) Masse/Volumen

Krümmung des Universums: Vermessung kosmischer Mikrowellen



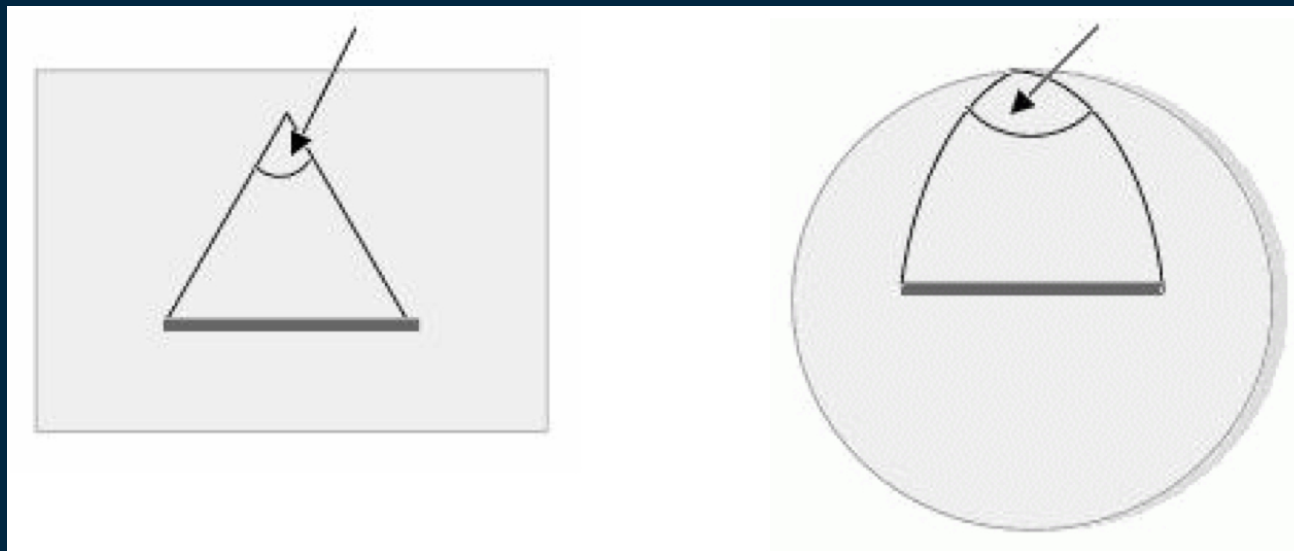
Kosmische Mikrowellenstrahlung



WMAP NASA

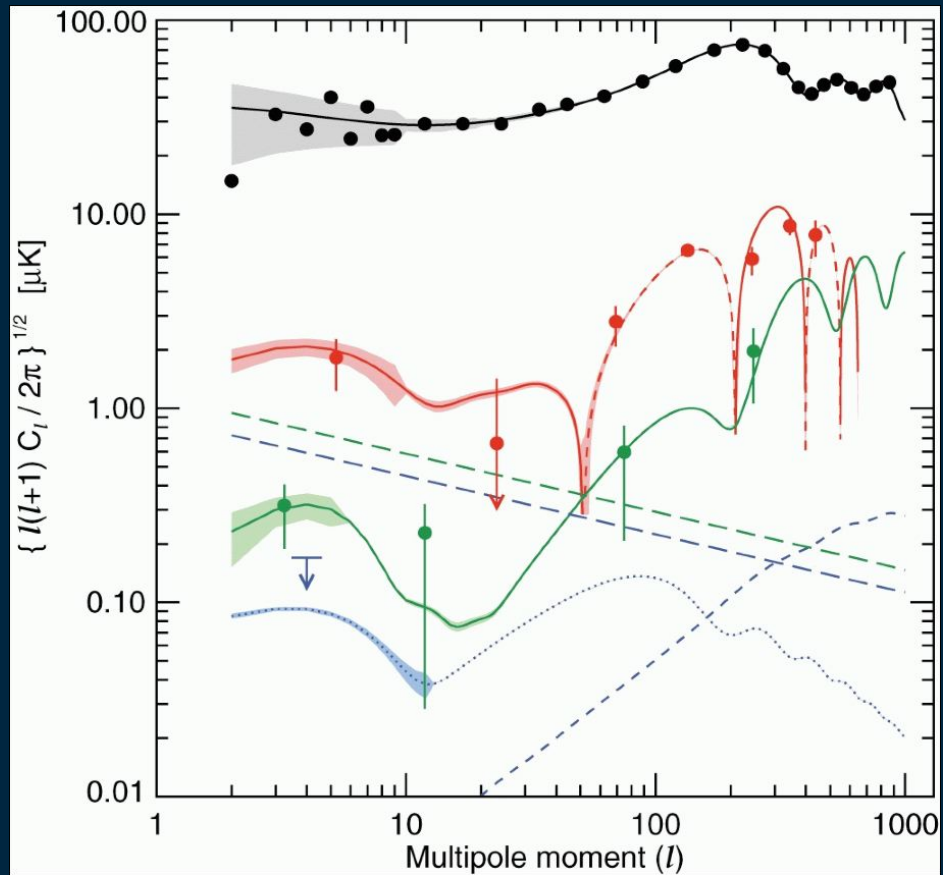
Messung der Geometrie des Universums

Messung eines Winkels und aller Seitenlängen eines Dreiecks
Längen aus Grundfrequenz des Kosmos und Alter des Universums



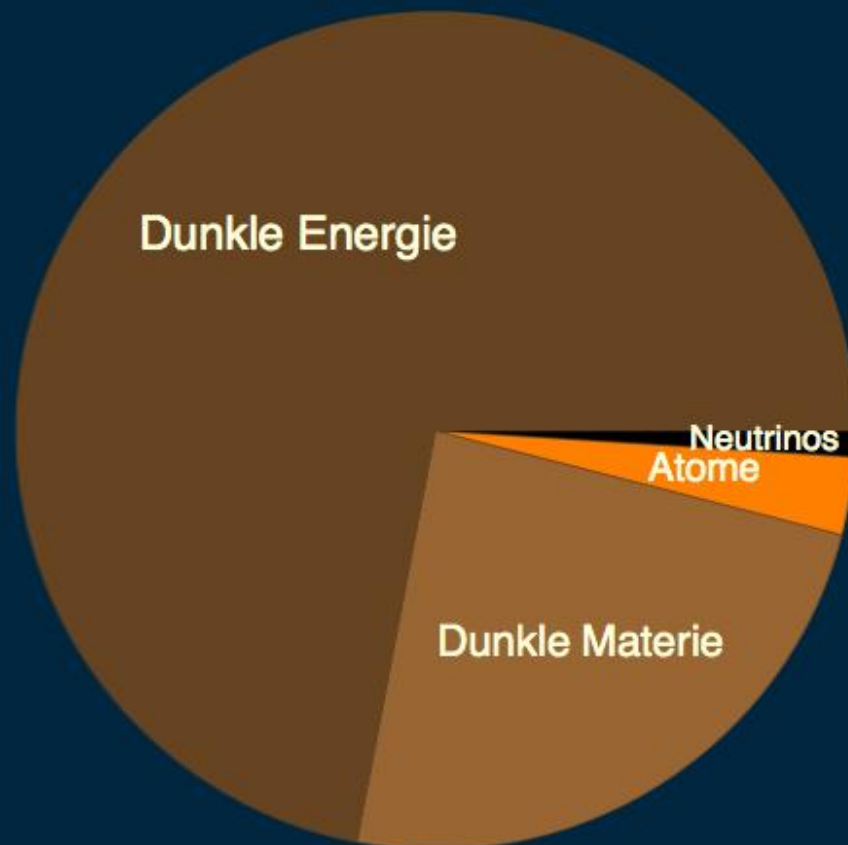
liefert Krümmung, Gesamtdensität folgt aus Einstein-Gleichung

Kosmische Mikrowellenstrahlung



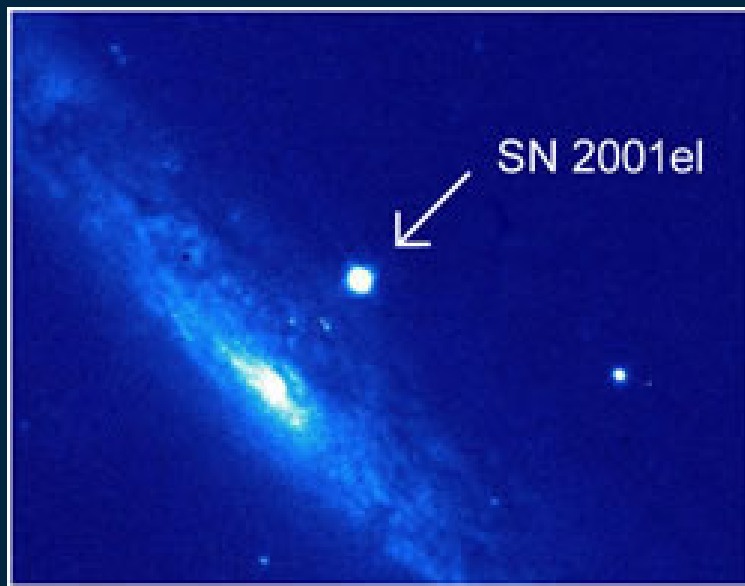
WMAP NASA

Bestandteile des Universums



4% Atome, 96% unbekannt (dunkel)

Dunkle Energie



Supernova Typ Ia



beschleunigte Expansion

Astroteilchenphysik und Kosmologie in Bielefeld

Frühes Universum

Dunkle Materie

Dunkle Energie

Strukturen im Universum

Herbstakademie Physik 2009

Kosmos, Raum und Zeit

Dunkle Materie und Dunkle Energie

Danke für Ihr Interesse!

Dominik J. Schwarz