

Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es  
gut?

# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Ein junger Astronom stürmt in das Büro seines Chefs.

“Herr Professor! Herr Professor! Es ist schrecklich. Ich habe es gerade gesehen! Meine Güte!!”

*“Ganz ruhig. Was ist denn passiert? Sollten sie nicht gerade den Himmel beobachten?”*

“Das habe ich getan. Und dabei habe ich es gesehen!!”

*“Was gesehen?”*

“Herr Professor, das Universum! Es verhält sich nicht so, wie unsere Theorie ist vorhersagt. Unsere Theorie, sie ist... sie ist... sie ist FALSCH!!!”

*“Was? Das kann nicht sein. Das DARF nicht sein. Nicht unsere Theorie. Nicht unsere schöne Theorie!”*

“Aber ich habe es doch gesehen!”

**Florian Freistetter, Astronom und ein exzellenter Wissenschaftskommunikator erzählte mal diese fiktive Geschichte.**

# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Es ist menschlich, dass wer Jahre und manchmal Jahrzehnte der Verfeinerung einer eleganter Theorie geopfert hat, versucht bei einer drohenden Falsifikation die Theorie zu retten.

# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Es ist menschlich, dass wer Jahre und manchmal Jahrzehnte der Verfeinerung einer eleganter Theorie geopfert hat, versucht bei einer drohenden Falsifikation die Theorie zu retten.

Zwei Beispiele:

# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Es ist menschlich, dass wer Jahre und manchmal Jahrzehnte der Verfeinerung einer eleganter Theorie geopfert hat, versucht bei einer drohenden Falsifikation die Theorie zu retten.

Zwei Beispiele:

- Mit der Newtonschen Gravitationstheorie unerklärliche Periheldrehung des Merkur
- Der radioaktive Beta-Zerfall verletzte das Energieerhaltungssatz.

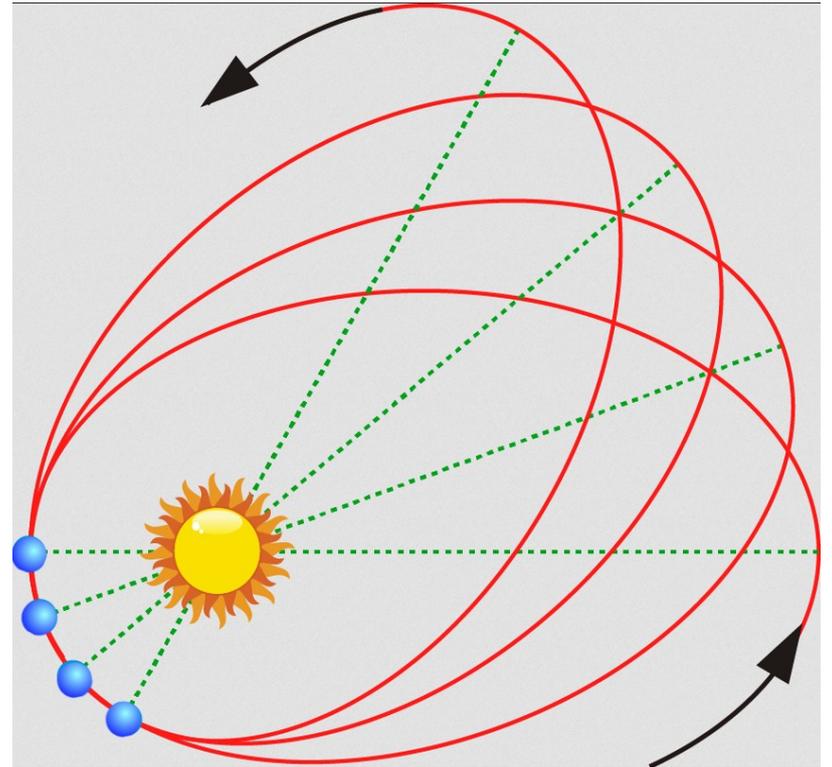
# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

## Periheldrehung des Merkur

Als Mitte des 19. Jahrhunderts festgestellt wurde, dass die Periheldrehung des Merkur (530 Bogensekunden pro Jahrhundert, ca. 1/4 Winkelausdehnung des Vollmondes) etwas stärker ausfiel als erwartet – nämlich um  $43''$  – hat man u.a. nach einem noch nicht entdeckten Planeten gesucht, der diese Diskrepanz erklären könnte.

Der Planet hat sogar einen Namen bekommen – **Vulkan** (Mr. Spock lässt grüßen:).

Die korrekte Lösung des Problems hat erst die allgemeine Relativitätstheorie geliefert.



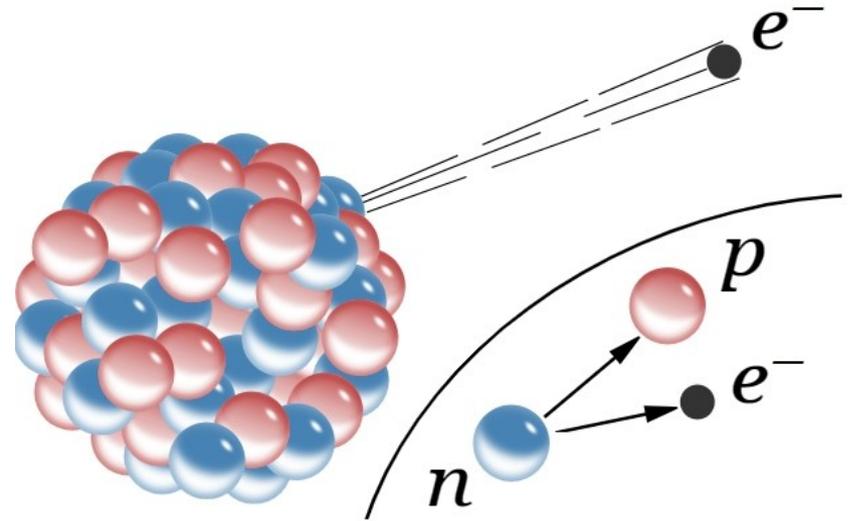
# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

## Radioaktiver Beta-Zerfall

Beim Beta-Zerfall verwandelt sich ein Neutron in einem Atomkern in ein Proton, und es wird ein Elektron ausgesandt (z.B.  $C^{14} \rightarrow N^{14}$ ).

Wenn am Zerfall tatsächlich nur zwei Teilchen beteiligt waren – nämlich das Neutron und das Elektron – dann müsste nach dem Energieerhaltungssatz die Energie der Elektronen stets die gleiche sein.

Stattdessen beobachtete man aber, dass die Elektronen ganz verschiedene Energien ausweisen konnten.

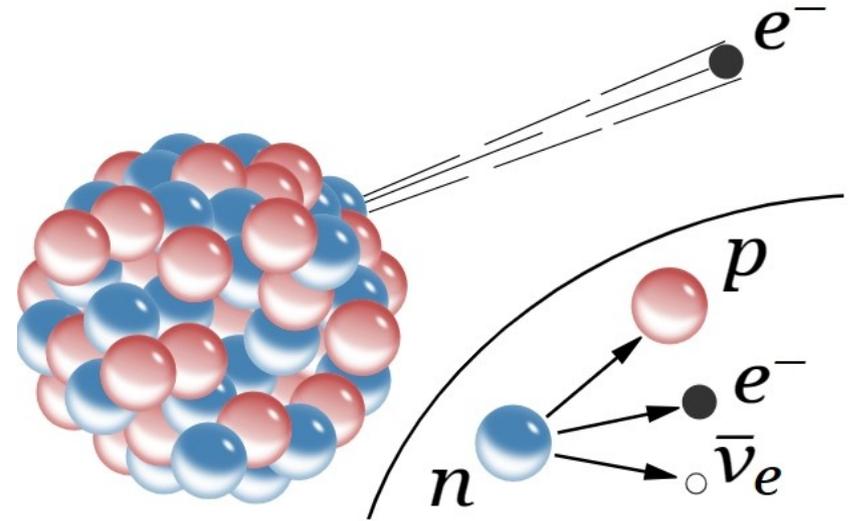


# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

## Radioaktiver Beta-Zerfall

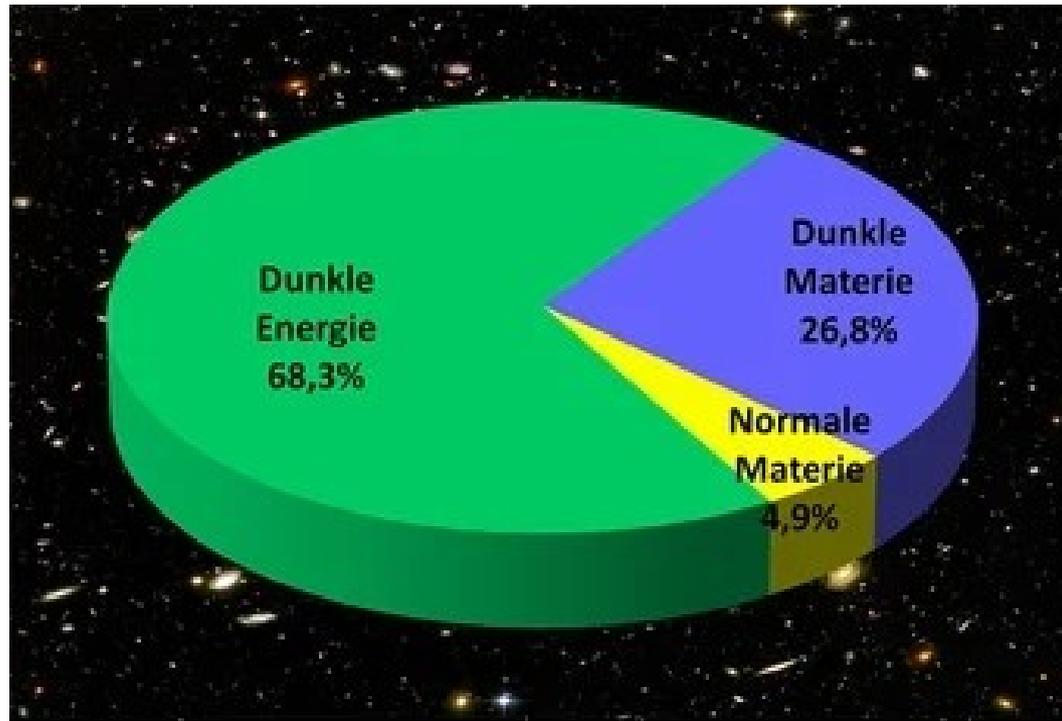
Das hat die Leute sehr verwirrt für über 10 Jahre. Wolfgang Paulis knapper Brief am 4. Dezember 1930, überschrieben mit „Liebe Radioaktive Damen und Herren“, schlägt erstmals jenes Teilchen vor, das später von Enrico Fermi auf den Namen „Neutrino“ getauft wurde. Erst im Jahr 1933 präsentierte Pauli seine Hypothese einem breiteren Publikum.

Die erste Beobachtung des Neutrinos gelang erst 23 Jahre später, 1956.



# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Zusammensetzung des heutigen Universums aus normaler Materie (4,9%), Dunkler Materie (26,8%) und Dunkler Energie (69,3%).



# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

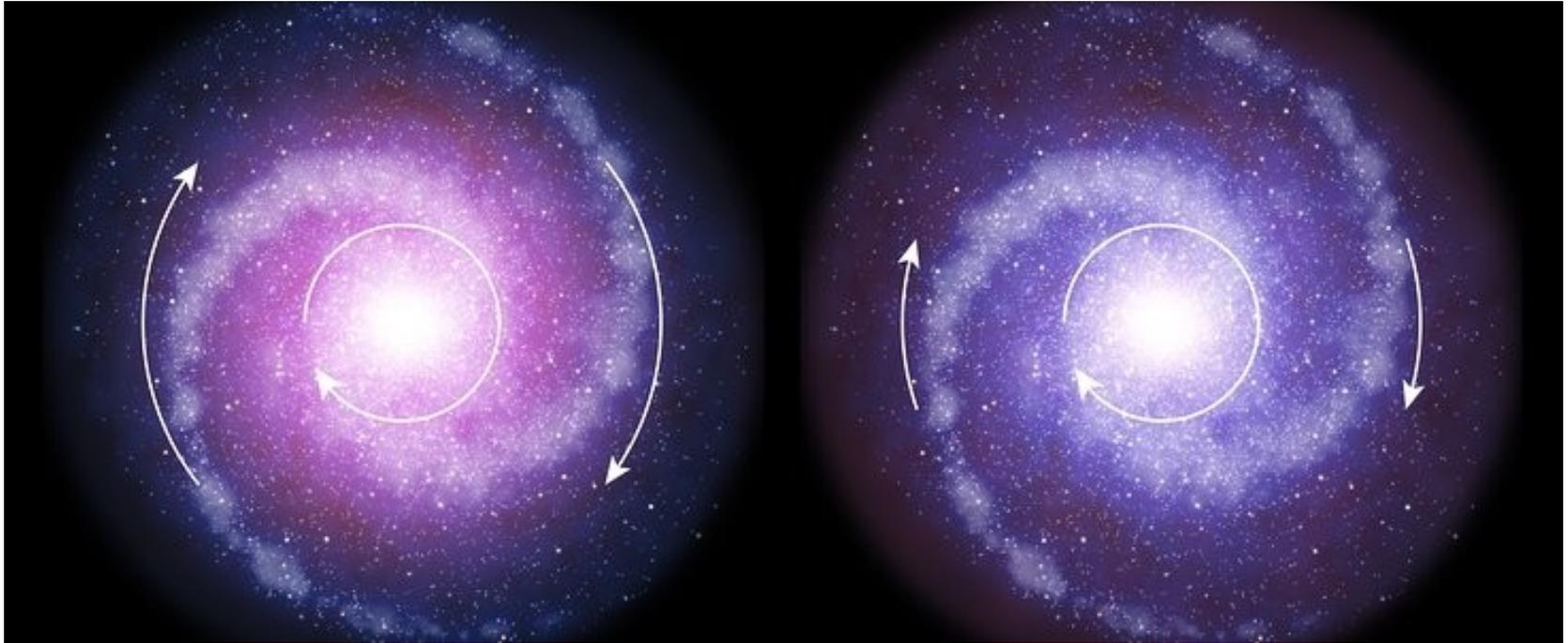
Astronom Fritz Zwicky stellte 1933 fest, dass die Masse aller Sterne in dem von ihm untersuchten Sternhaufen summierte sich auf nur wenige Prozent des Gewichts, das nötig wäre, um die Sterne in den Sternhaufen zusammenzuhalten.

Die „fehlende Masse“ wird heute **Dunkle Materie** genannt. Das Adjektiv „dunkel“ ist irreführend.

Dunkle Materie emittiert, absorbiert oder reflektiert kein Licht. Seine Anwesenheit ist nur durch seine Anziehungskraft auf sichtbare Materie im Weltraum bekannt.

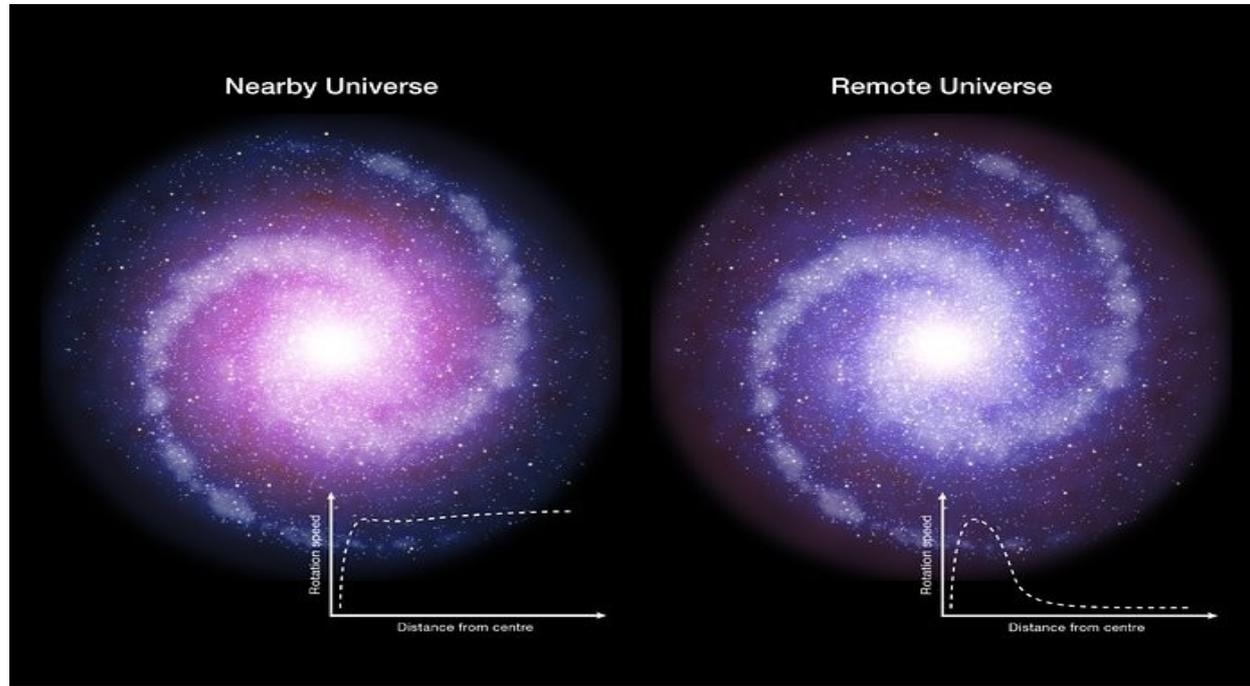
# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Erste Untersuchungen der Wissenschaftlerin Vera Rubin in den 1970er Jahren zeigten, dass die Galaxien nicht wie Planeten im Sonnensystem rotieren (die Bahngeschwindigkeit nimmt nach außen schnell ab).



# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Schematische Darstellung von rotierenden Scheibengalaxien im fernen Universum und heute. Beobachtungen deuten darauf hin, dass Scheibengalaxien im frühen Universum von Dunkler Materie weniger beeinflusst wurden.



# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

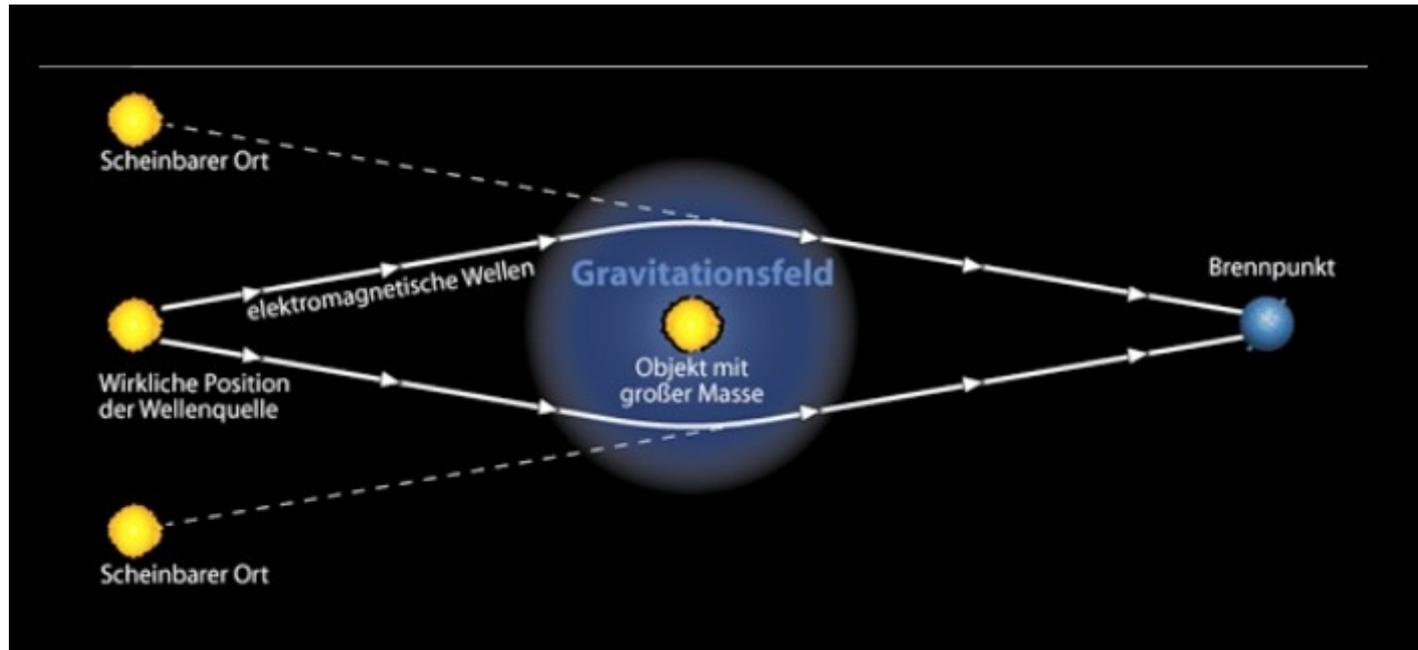
## **Modifizierte Dynamik** statt Dunkler Materie

Statt einer Erklärung durch zusätzliche nicht sichtbare Masse wurde 1983 vorgeschlagen, dass sich die beobachteten Rotationskurven auch durch eine Änderung der newtonschen Bewegungsgesetze darstellen ließen (modifizierte newtonsche Dynamik – MOND Theorie).

# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

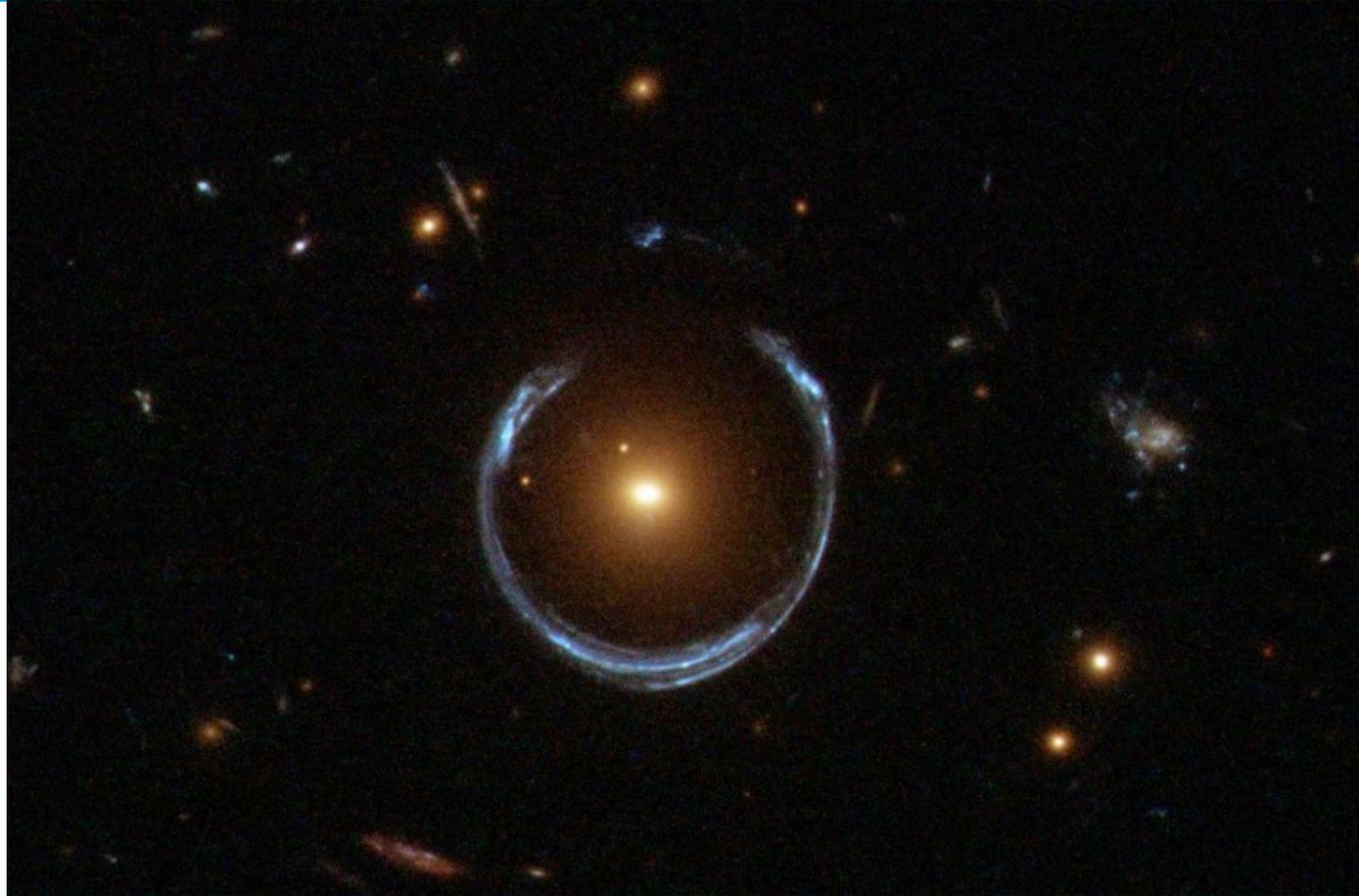
Andererseits gibt es den **Gravitationslinseneffekt**.

Masse krümmt den Raum und Lichtstrahlen folgen dieser Raumkrümmung. Große Massen können also ähnlich wirken wie die Linsen aus Glas um den Weg von Lichtstrahlen zu ändern.



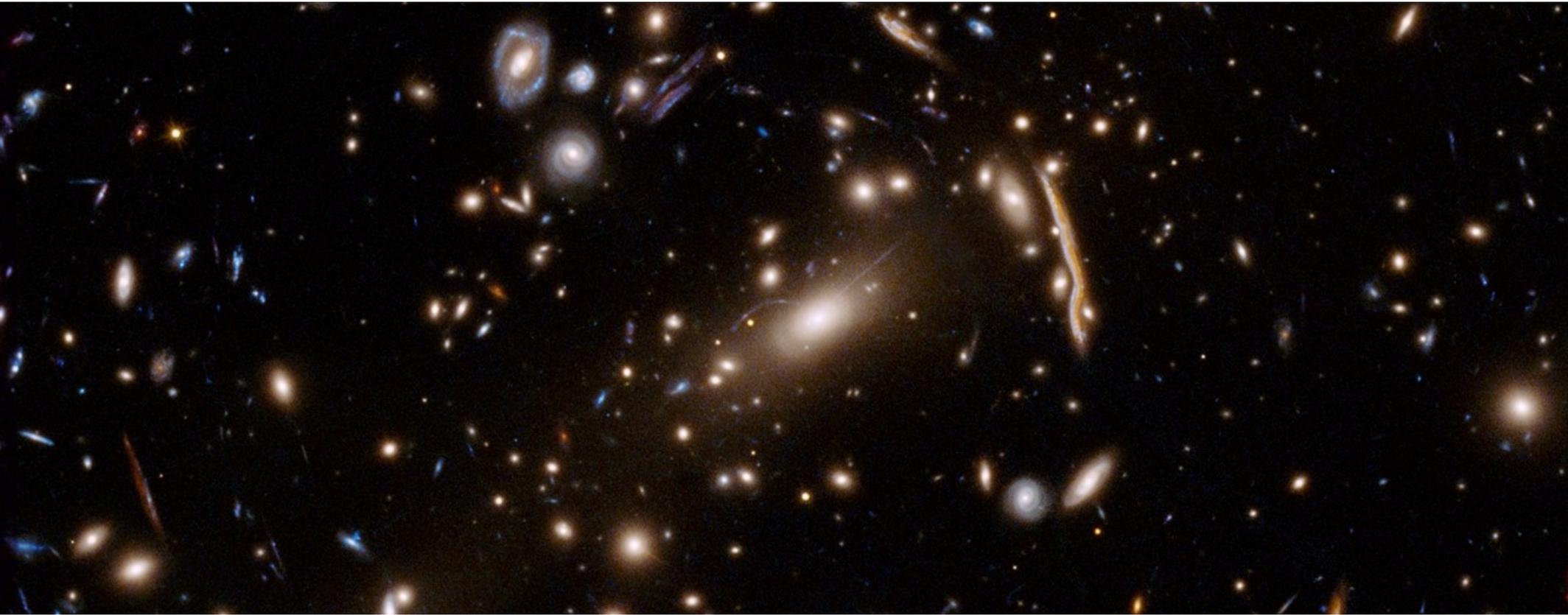
# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Reales Gravitationslinseneffekt



# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

Reales Gravitationslinseneffekt



# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

## Dunkle Energie

### Entfernungsbestimmung in der Astronomie

- Geometrische Parallaxe (gemessen erst 1838. Astrometriesatellit »Gaia« - tagtäglich werden die Positionen von rund 40 Millionen Sternen erfasst).
- Cepheiden - Sterne, die ihre Helligkeit verändern. Hubble konnte sie in fernen Galaxien vermessen.
- Supernovae-Explosionen vom Typ Ia als Standardkerzen. Die Standardkerzen haben uns unter anderem verraten, dass sich der Raum seit dem Urknall immer schneller aufgebläht. Eine »Dunkle Energie« wird dafür verantwortlich gemacht.  
Nobelpreis für Physik 2011 für die Entdeckung der beschleunigten Expansion des Universums durch Supernovabeobachtungen.

# Dunkle Materie, dunkle Energie – wozu ist es gut?

## Dunkle Energie

soll die beschleunigte Ausdehnung (Expansion) des Universums erklären.

