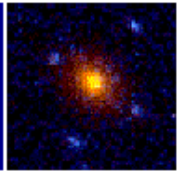
Gravitationslinsen



Physikalisches Proseminar: Astrophysik

Alexander Drichel

Gliederung

- **Vom newtonschem Relativitätsprinzip bis zur allgemeinen Relativitätstheorie.**
- **Was sind Gravitationslinsen?**
- **Anwendung des Gravitationslinseneffekts**

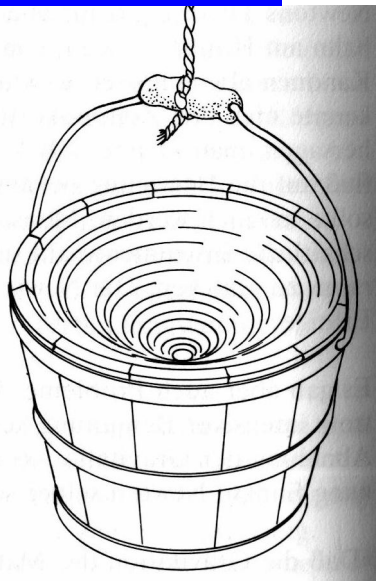
Das newtonsche Relativitätsprinzip

- **Prinzip vom absolutem Raum**
- **Prinzip von absoluter Zeit**

=> absolute Bewegung/Ruhe

- **ob in abs. Ruhe oder Bewegung, nicht durch mech. Experimente nachweisbar**
- **Unterschied von schwerer und träger Masse**

Probleme in dem newtonschen Relativitätsprinzip



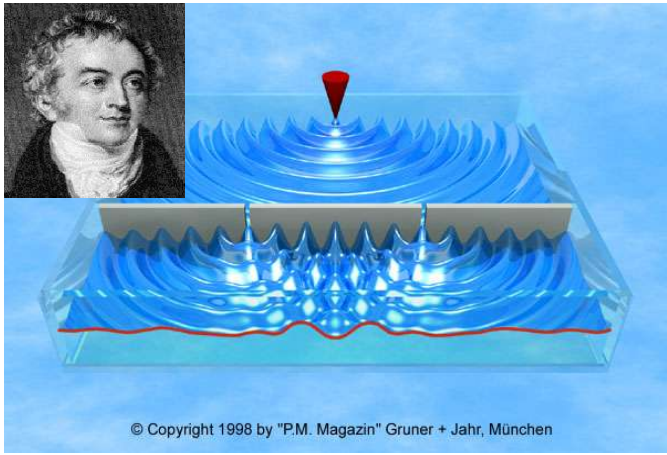
- **Problem der Gravitionskraft**
- **Problem des absoluten Raumes**

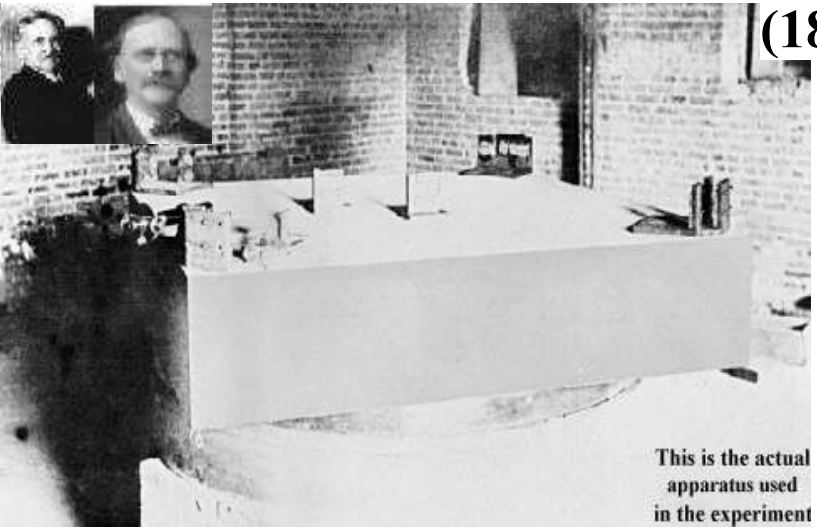
Mach

- **Widerspruch zum Newtons Dritten Bewegungsgesetz**
- **Wechselwirkung mit der übrigen Materie des Alls**

Geburt und Sturz der Lichtäther-Hypothese

- **Wellentheorie (Thomas Young)**
- **Die Lichtäther-Hypothese**
- **Michelson-Morley-Experiment (1887)**





=> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

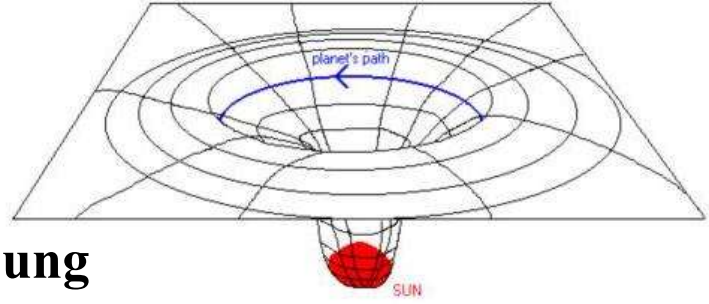
Spezielle Relativitätstheorie (1905)

- **Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze**
- **Relativität der Zeit**
- **Relativität der Länge**
- **Relativ bewegte Massen erscheinen schwerer**
- **Gleichheit von Masse und Energie** $\Delta E = \Delta m\, c^2$
- **Problem mit der Gravitation!**

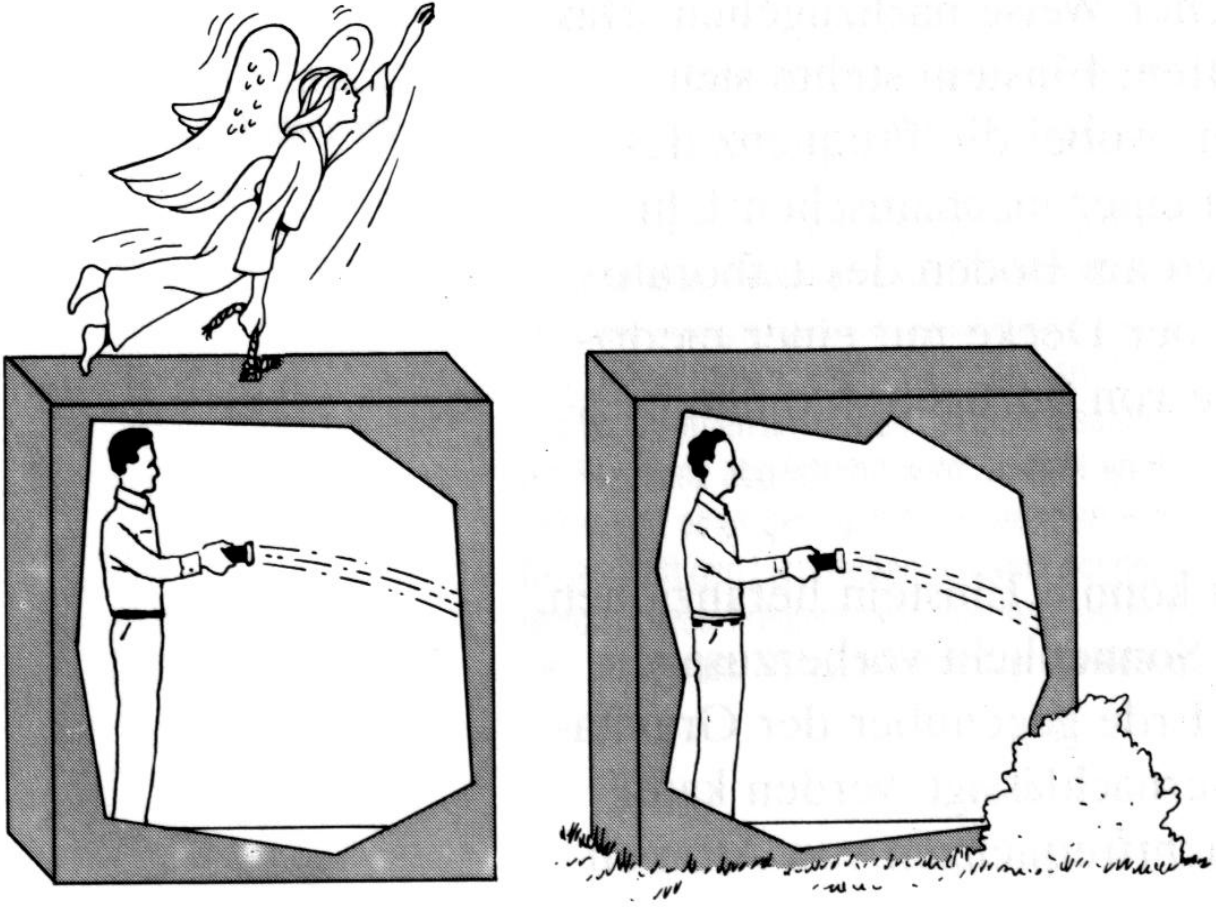
Allgemeine Relativitätstheorie (1916)

- **Gleichheit von schwerer und träger Masse**
- **kein Unterschied zwischen Beschleunigung und Gravitation**
- **kein absoluter Bewegungszustand**
- **Gravitation ist eine geometrische Eigenschaft der Raumzeit**

=> Masse krümmt die Raumzeit in ihrer Umgebung



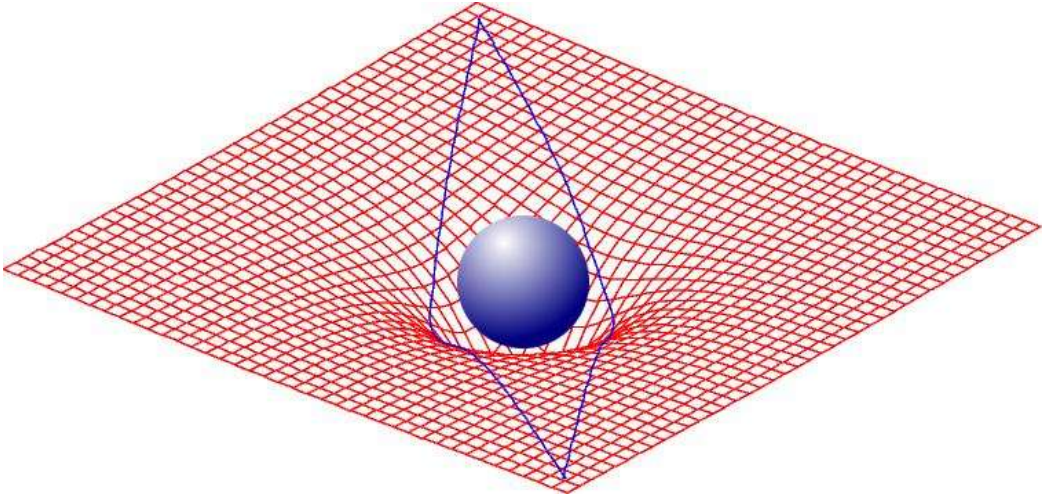
Auswirkung auf das Licht

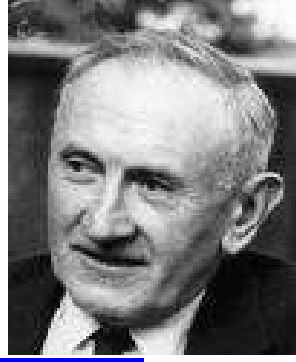


Auswirkung auf das Licht

- **Licht wird im Schwerefeld abgelenkt**

- **Licht ist im Gravitationsfeld scheinbar langsamer**



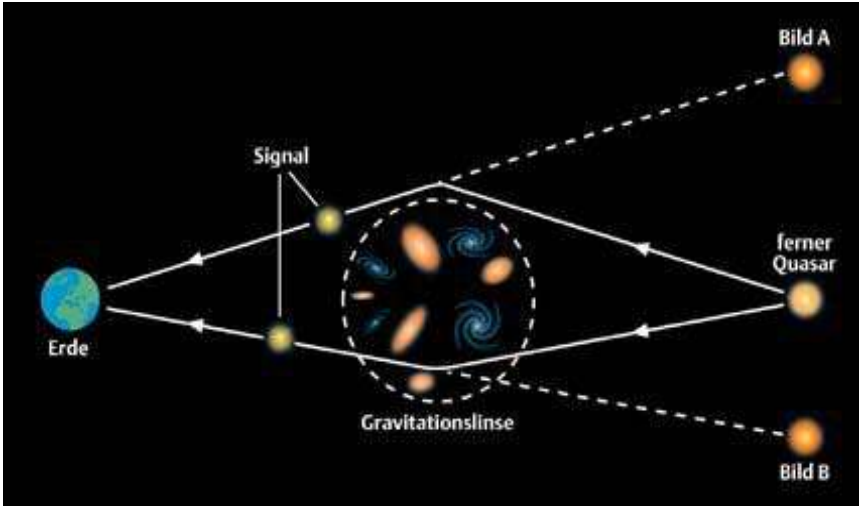


Einsteins Vorhersage "Sterne lenken das Licht der hinter ihnen liegenden Sterne ab"

Was sind Gravitationslinsen?

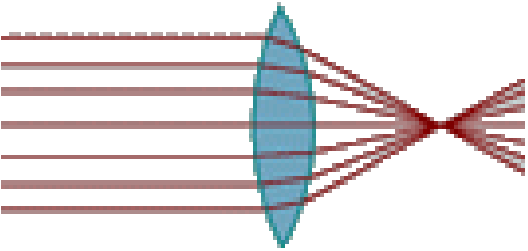
- **Gravitationslinsen sind massereiche astronomische Objekte**

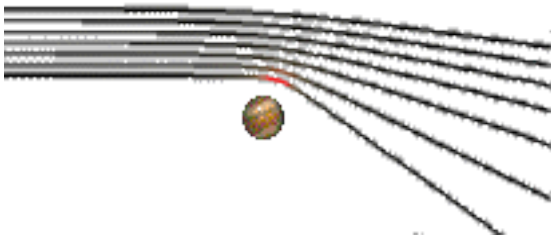
- **Gravitationslinsen lenken das Licht ähnlich wie Sammellinsen ab**



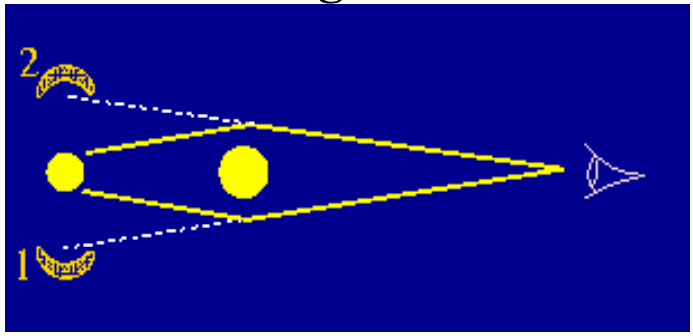
Unterschied zw. Gravitationslinsen und Sammellinsen

- Glaslinsen verursachen Farbfehler
- Gravitationslinsen haben keinen Brennpukt





- Gravitationslinsen erzeugen mehrere Bilder



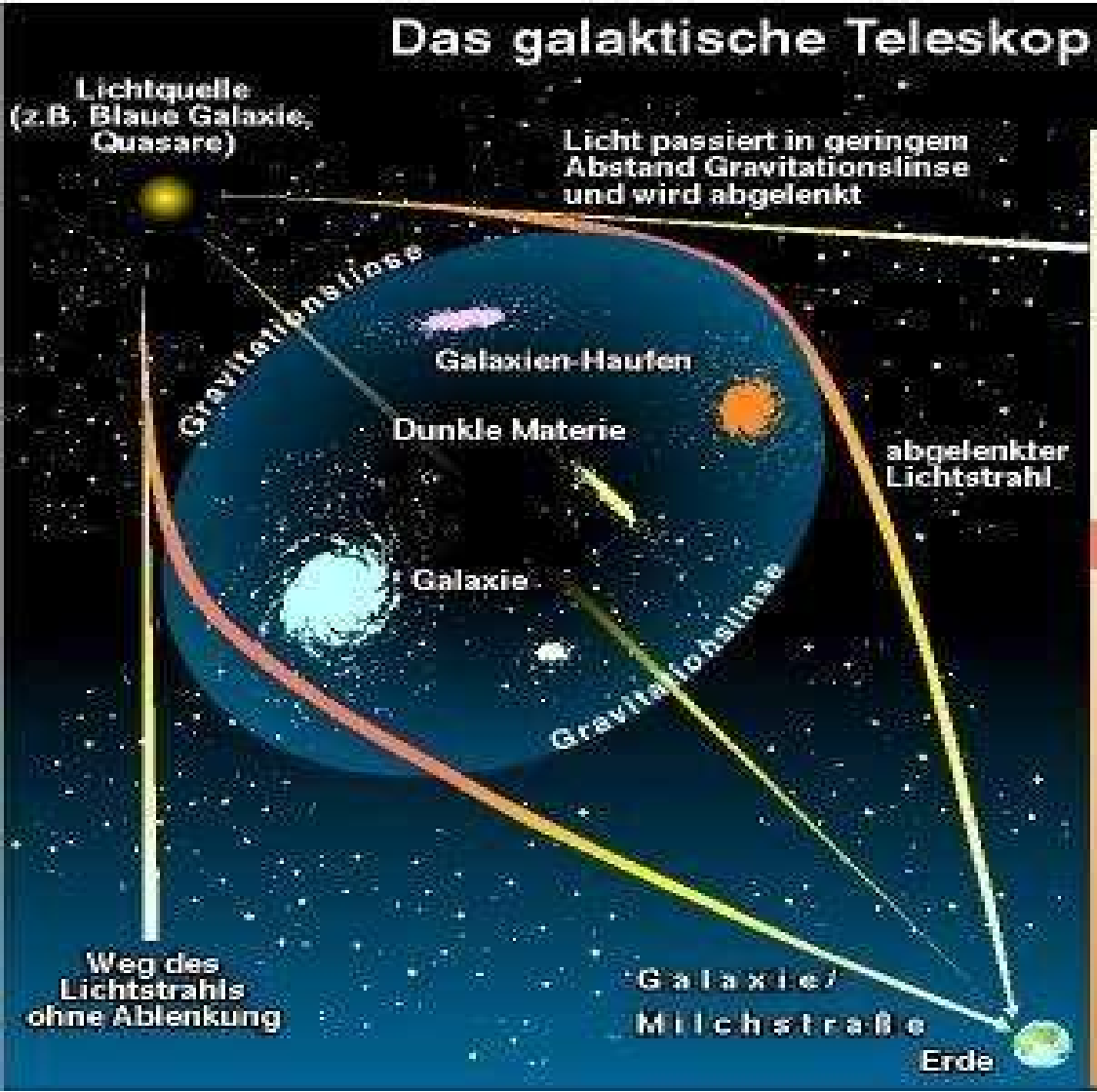
- Gravitationslinsen sind (fast immer) unsymmetrisch

Gravitationslinseneffekte

- **scheinbare Veränderung der Position eines Objektes**
- **Verstärkung oder Abschwächung der Helligkeit**
- **Verzerrung der Form (Luminous Arcs)**
- **Erzeugung von Doppel- oder Mehrfachbildern**
- **Helligkeitsschankungen erscheinen zeitversetzt**
- **Das Gegenbild ist Spiegelverkehrt**

Animation

Das galaktische Teleskop



Gravitationslinsen sind natürliche Teleskope des Universums. Sie entstehen durch massereiche Galaxien, Galaxienhaufen und Dunkle Materie.

Ihre enorme Schwerkraft (Gravitation) verursacht eine Raumkrümmung, die die Lichtstrahlen von ihrem Weg ablenkt und wie durch ein Brennglas auf die Erde bündelt.

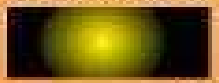
Beobachter auf der Erde sehen Phantombilder der Lichtquelle.

Mögliche Formen der Phantombilder

- Mehrfachbilder

- Verzerrungen (Einstein-Ring)

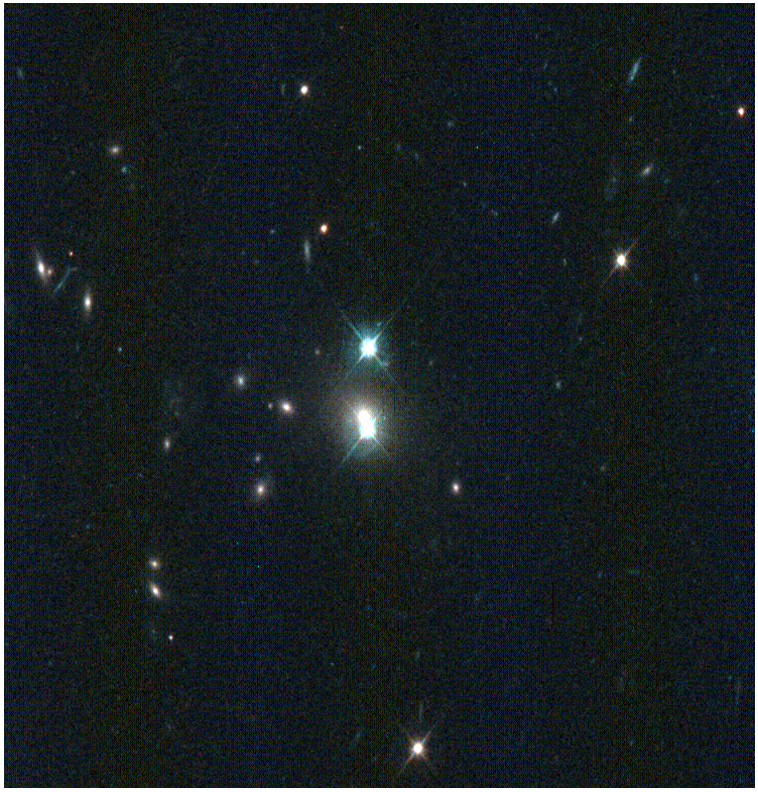
- Vergrößerung



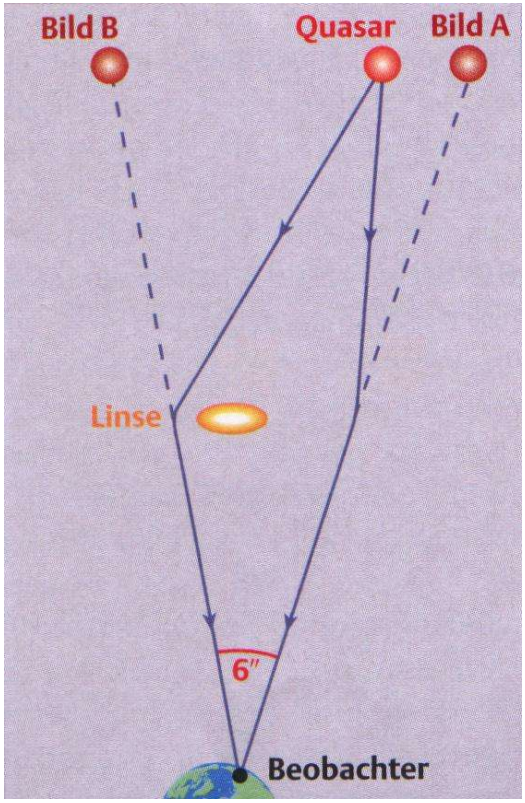
- Lichtverstärkung

dpa
Grafik 11/99

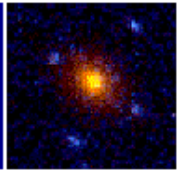
Erste Beobachtung eines Gravitationslinseneffekts



Quasar QSO 0957+561
(1979)

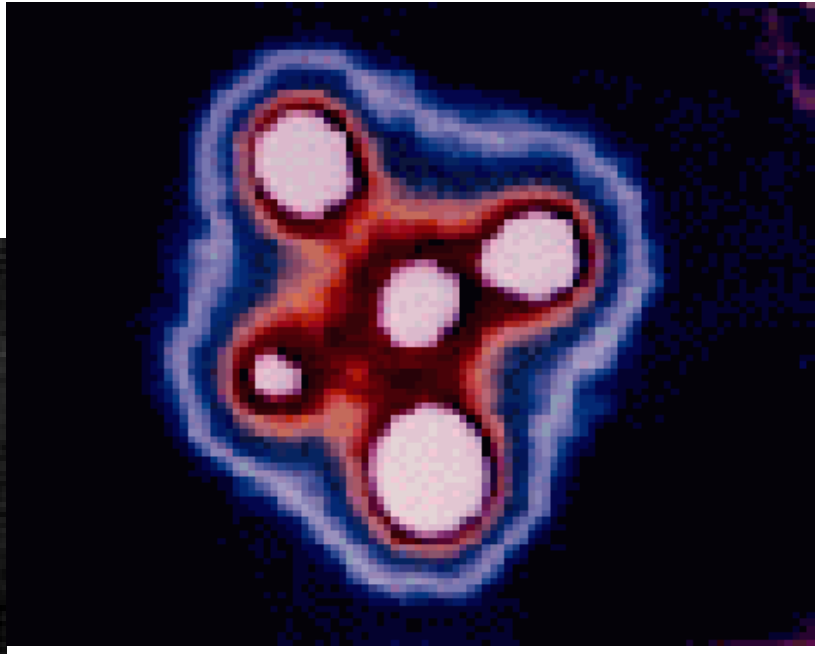


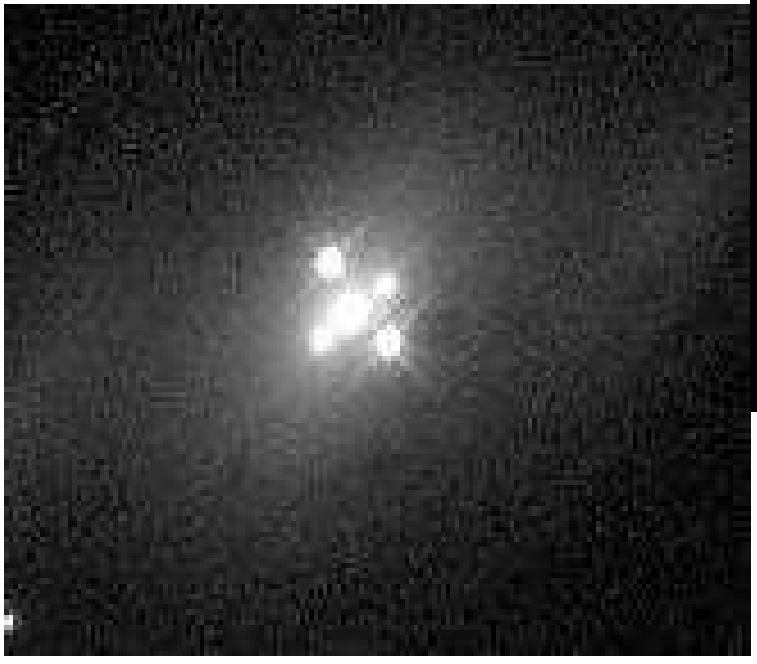
Das Einsteinkreuz

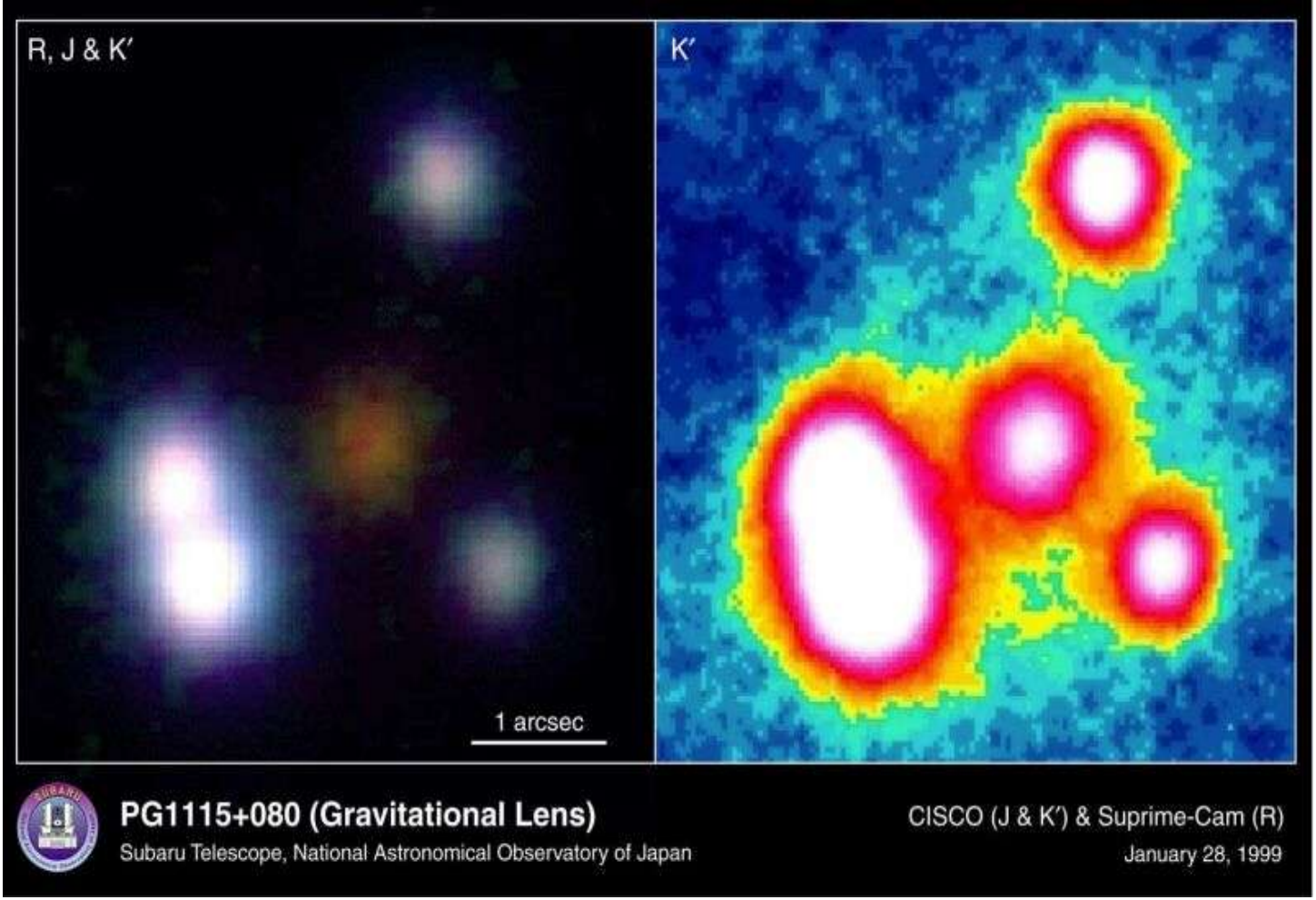


Quasar

[QSO 2237+0305]

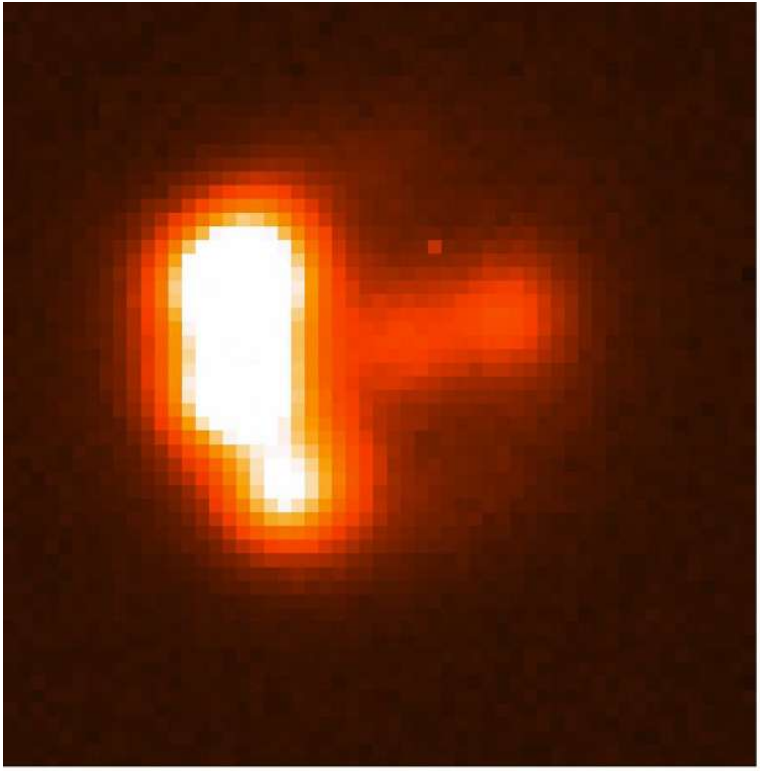


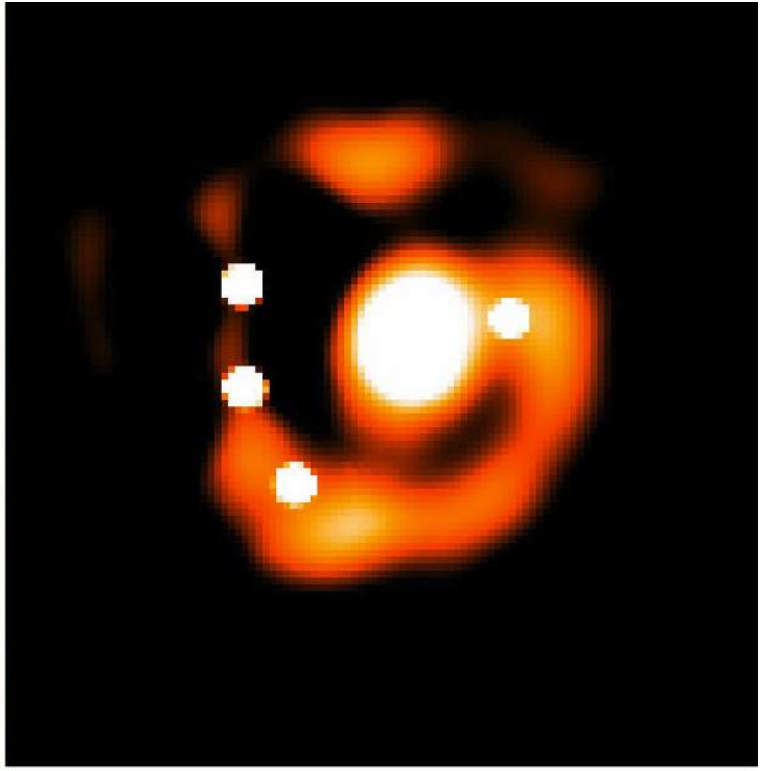




Quasar ist 10 Milliarden Lichtjahre entfernt

Galaxie(-Linse) ist "nur" 3 Milliarden Lichtjahre





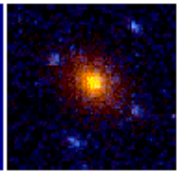
Newly Discovered Gravitational Lens System RXS J1131-1231
(ESO 3.6-m + EFOSC2)

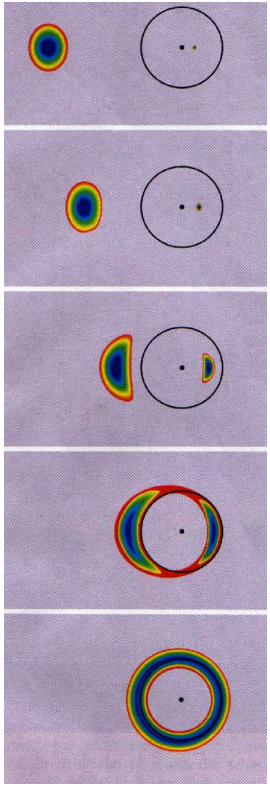
ESO PR Photo 20a/03 (16 July 2003)

©European Southern Observatory

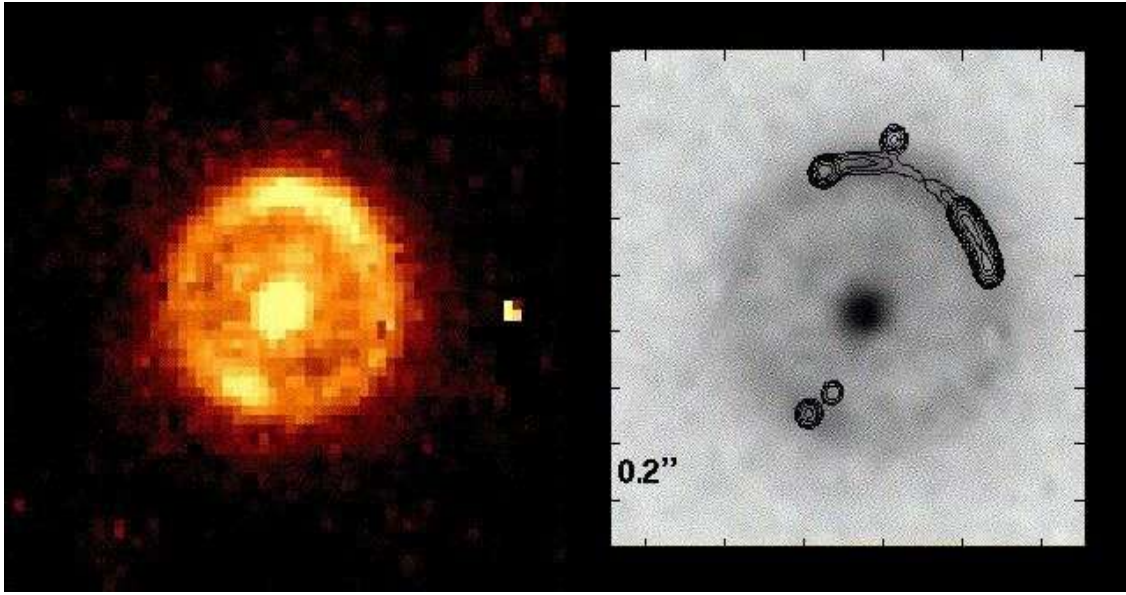
im Sternbild Crater (Becher)

Der Einsteinring

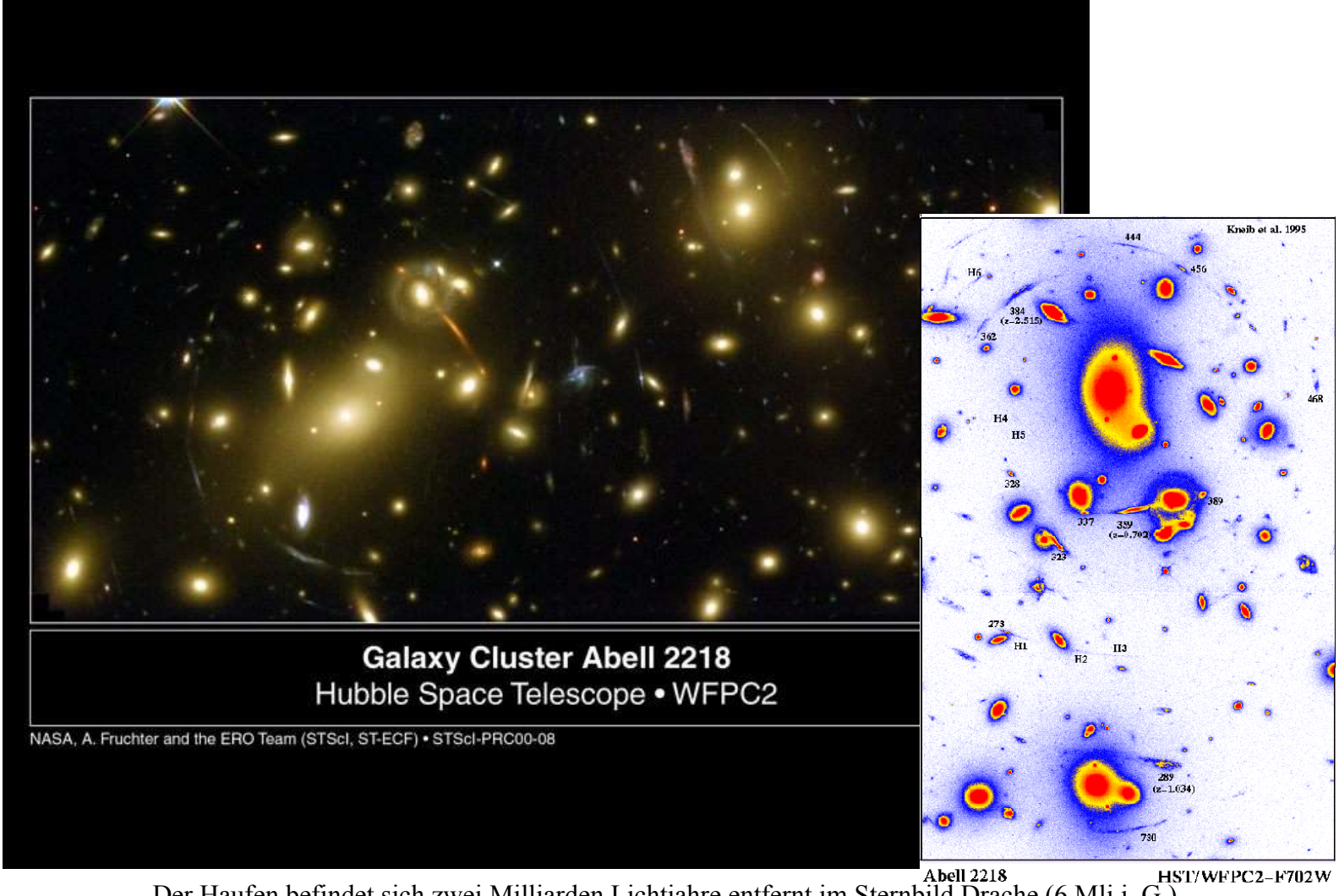




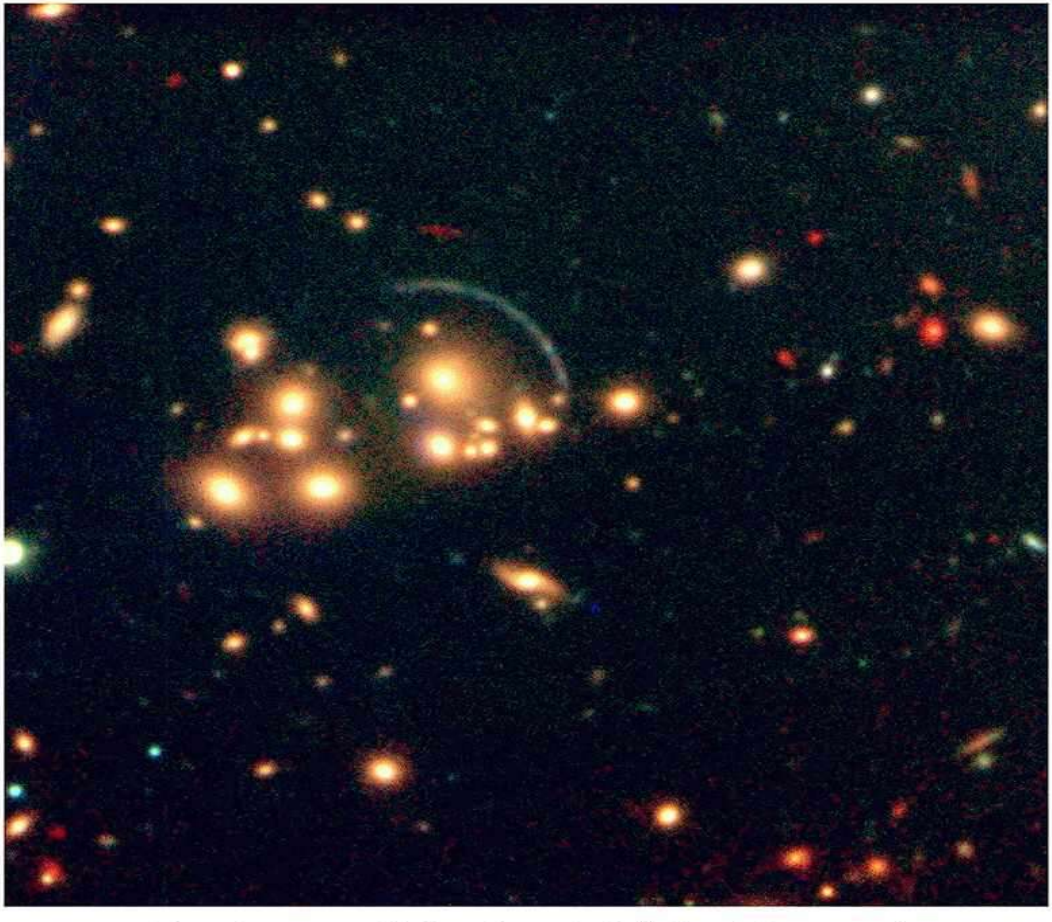
Hubble and MERLIN image of 1938+666



Animation



Der Haufen befindet sich zwei Milliarden Lichtjahre entfernt im Sternbild Drache (6 Mlj j. G.)

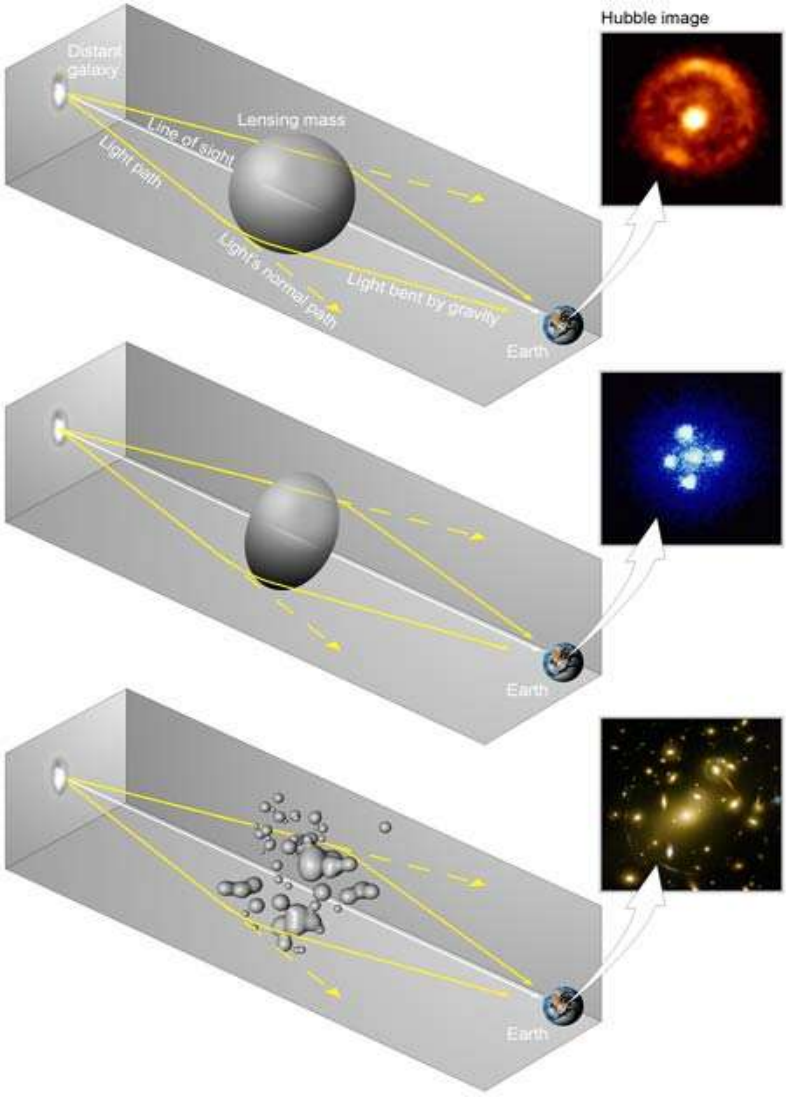


IR Colour Composite of Galaxy Cluster CL2244-02 with Gravitational Arcs
(VLT UT1 + ISAAC)

(10-12 Mlj G.)
(1986)

ESO PR Photo 46d/98 (26 November 1998)

© European Southern Observatory


Hubble image
Distant galaxy
Lensing mass
Line of sight
Light path
Light's normal path
Light bent by gravity
Earth
Earth
Earth

Wellenmodel

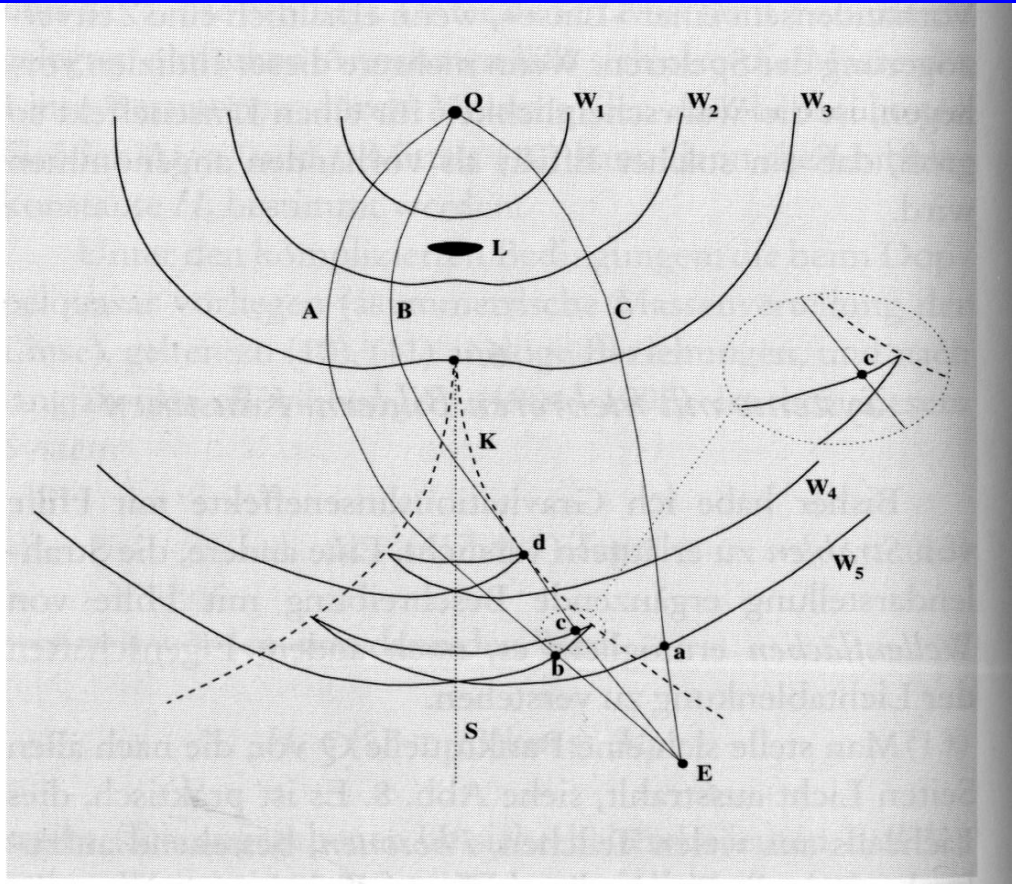


Abb. 8. Wellenflächen und Strahlen. Erläuterungen im Text.

Nachweis eines Gravitationslinseneffekts

- **Rotverschiebung gleich**
- **Spektren gleich**
- **Variabilitätsverhalten gleich**
- **Eine Galaxie(-haufen) liegt mit geringer Rotverschiebung liegt dazwischen**

Mikrogravitationslinsen

- **Was sind Mikrogravitationslinsen?**
  Linsenobjekte mit geringer Masse

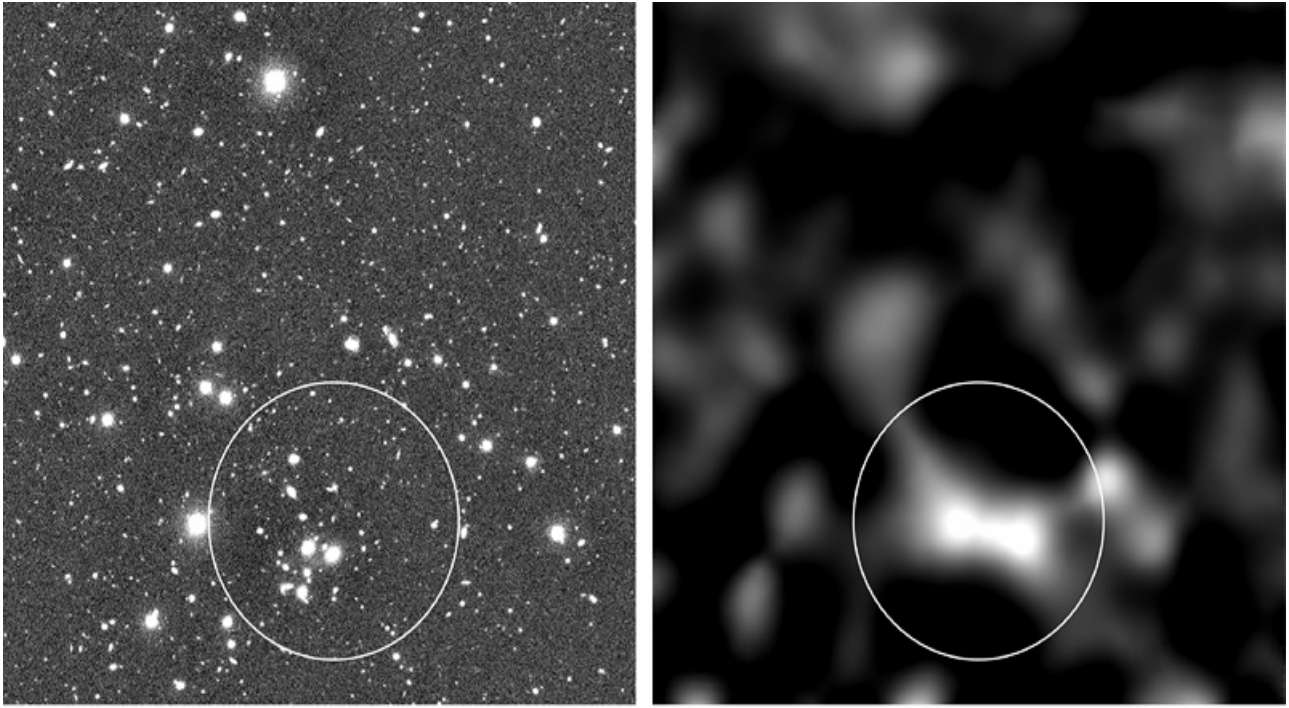
- **Nachweis von Mikrolinsen**
  Helligkeitsschankungen eines Objekts

Film

Anwendungen des Gravitationslinseneffekts

- **Suche nach Dunkler Materie**
- **Bestimmung der Hubblekonstante**
- **Bestimmung von Masse und Massenverteilung**
- **Suche nach (erdähnlichen) Planeten**

Dunkle Materie



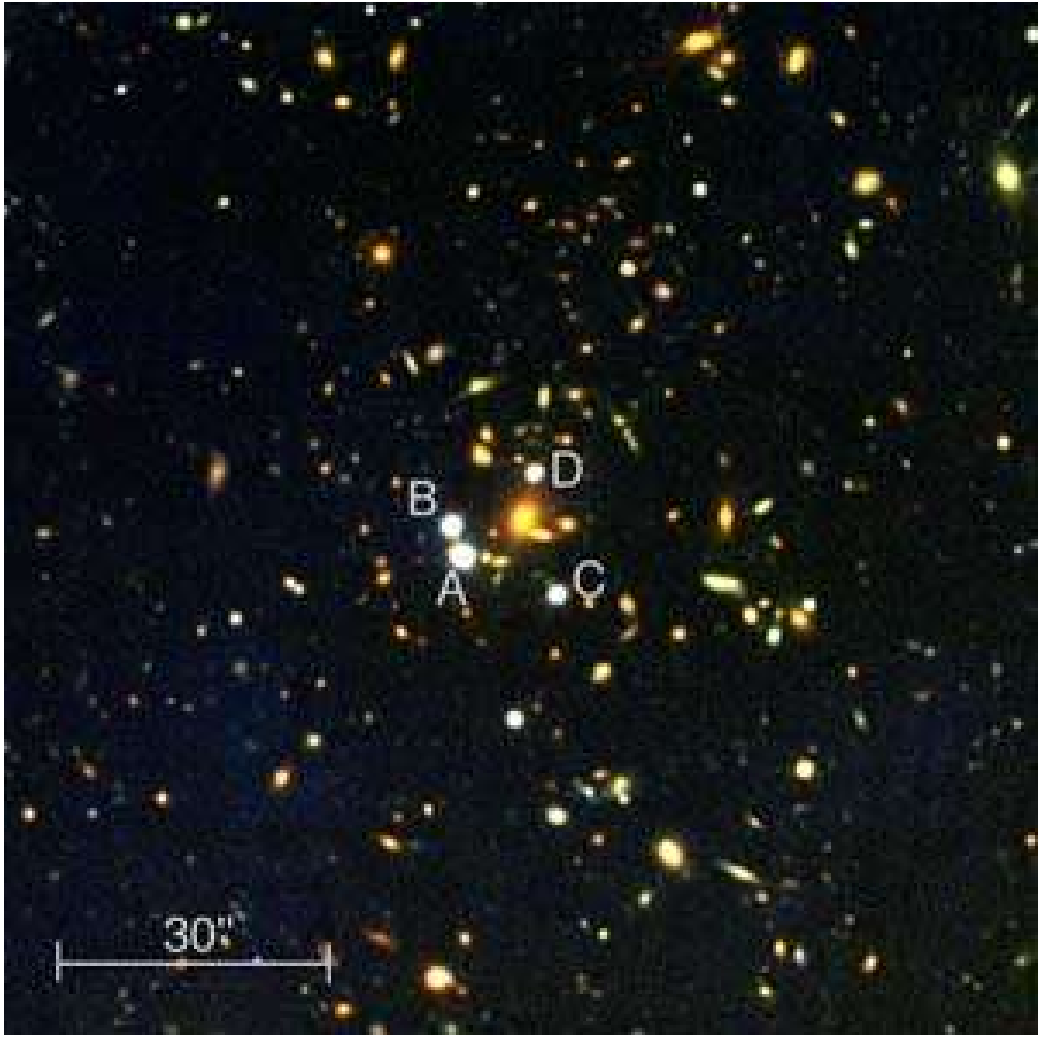
VLT Image (I-band) (VLT ANTU + FORS1)

Dark Matter Distribution (Reconstruction)

Cosmic Shear in Sky Field with Galaxy Cluster

ESO PR Photo 32/00 (1 December 2000)

© European Southern Observatory



Gravitationslinse SDSS 1004 (6,2MLj) Quasar (10MLj)

Literatur

[1] Jürgen Ehlers „Gravitationslinsen „ Carl-Friedrich-von-Siemens-Stiftung , 1999
[2] Banesh Hoffmann „Einsteins Ideen“ Spektrum, Akad. Verl. , 1997
[3] Sterne und Weltraum „Gravitation - Urkraft des Kosmos“ Heidelberg : Verl. Sterne und Weltraum, Mai 2001

(1)http://www.wissenschaft.de
(2)http://de.wikipedia.org
(3)http://hubblesite.org
(4)http://www.sdss.org/
(5)http://www.astronomy.com
(6)http://www.atnf.csiro.au
(7)http://www.wissenschaft-online.de
(8)http://www.astrothemen.de
(9)http://home.arcor.de/sannah/blue/gravli-eff.html