

Das Bildnis des schwarzen Lochs

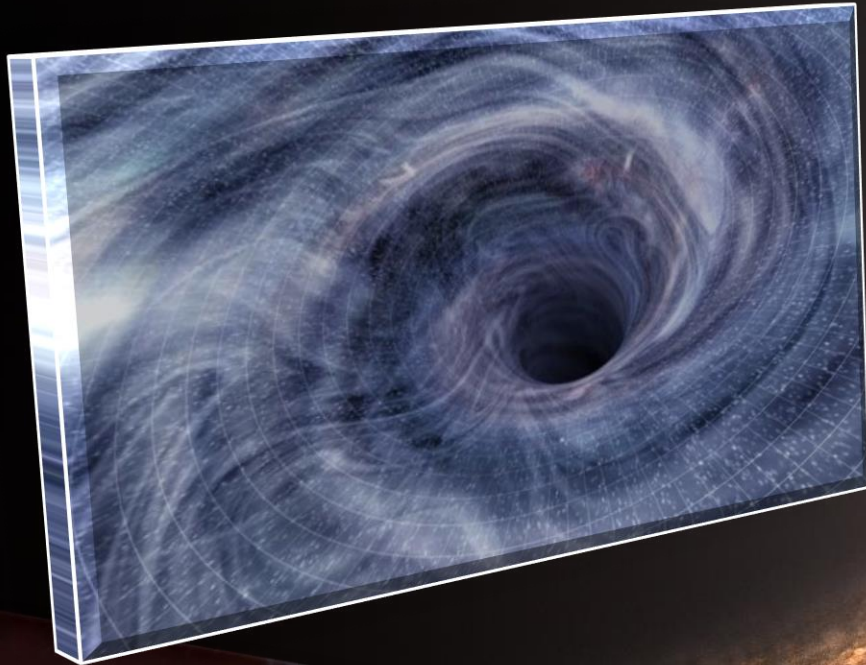
*ASTRONOMIE AM FREITAG AM 7. APRIL 2017
IM PHYSIKALISCHEN VEREIN IN FRANKFURT AM MAIN*

MATTHIAS HANAUSKE

*FRANKFURT INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES
JOHANN WOLFGANG GOETHE UNIVERSITÄT
INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
ARBEITSGRUPPE RELATIVISTISCHE ASTROPHYSIK
D-60438 FRANKFURT AM MAIN
GERMANY*

*Credits to Luciano Rezzolla, Oliver Porth, Christian Fromm,
Ziri Younsi, Yosuke Mizuno, Hector Olivares, Arne Grenzebach,
Heino Falke, Michael Kramer and Horst Stöcker*

Wie sieht ein schwarzes Loch aus?



Was sind schwarze Löcher?

... und wie können wir sie wahrnehmen?

MANFORD, WASHINGTON
BOSTON, LOUISIANA



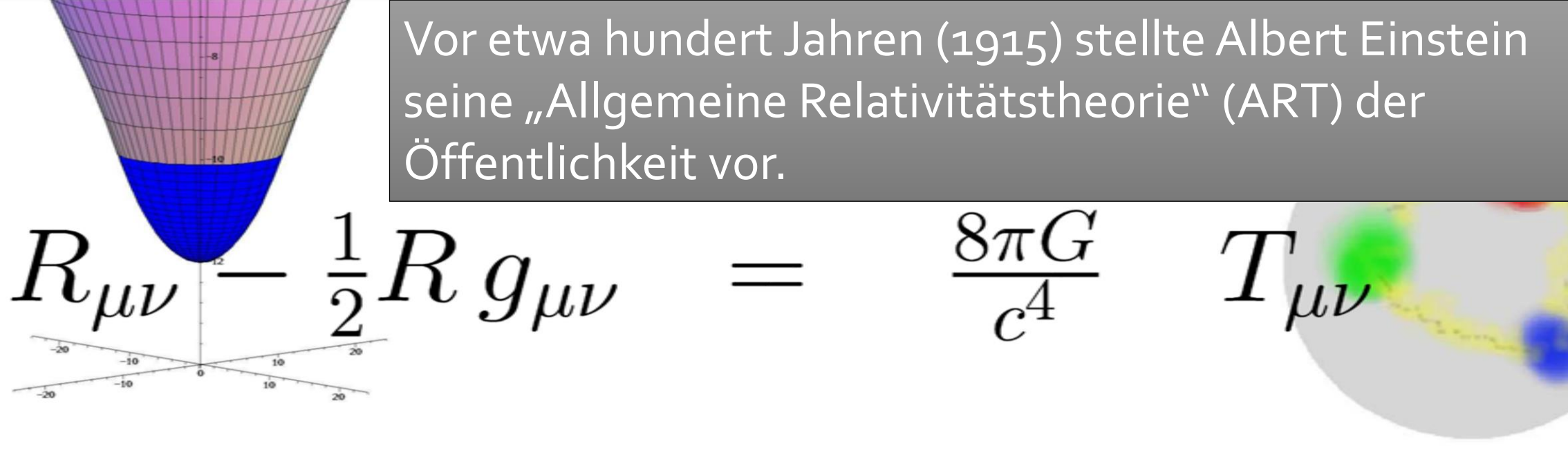
... und was sind Wurm Löcher?

Wie sieht das schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie aus?



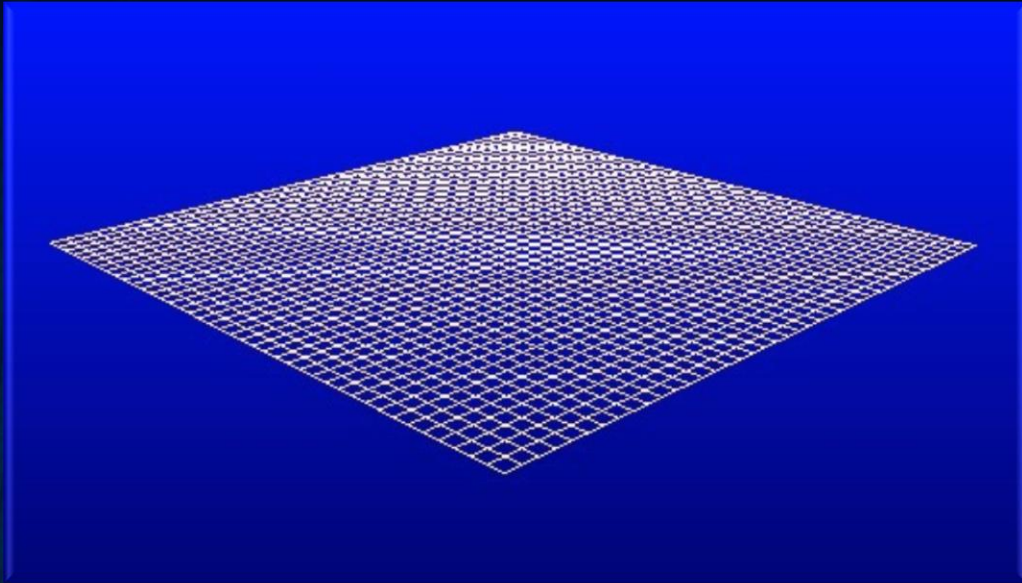
Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie

Vor etwa hundert Jahren (1915) stellte Albert Einstein seine „Allgemeine Relativitätstheorie“ (ART) der Öffentlichkeit vor.


$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

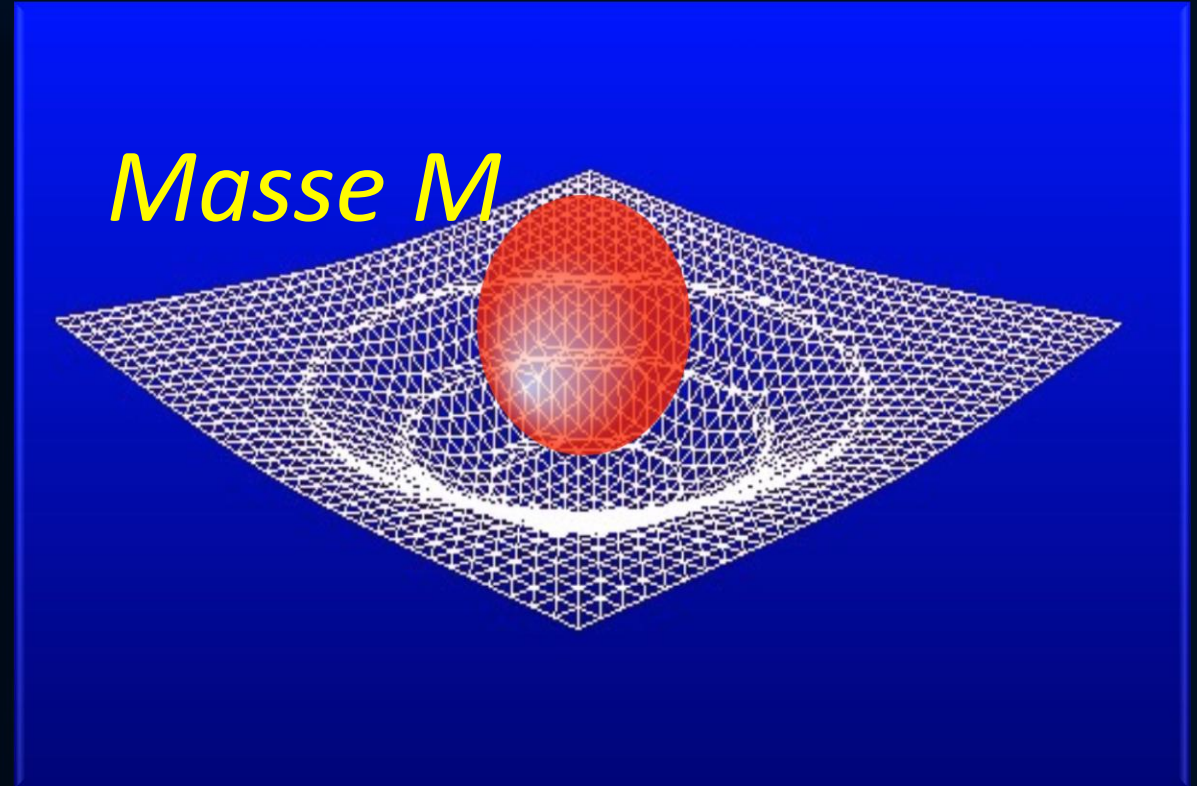
Die ART ist eine sehr revolutionäre Theorie. Sie besagt, dass jegliche Energieformen (z.B. Masse eines Körpers) die „Raumzeit“ verbiegen und durch diese Krümmung des Raumes und der Zeit die Gravitation (Schwerkraft) resultiert. -> Raumzeit-Krümmung = Energie

Was ist Raumzeit-Krümmung?



Flache Raumzeit

Raumzeit ohne Materie und Energie hat keine Krümmung



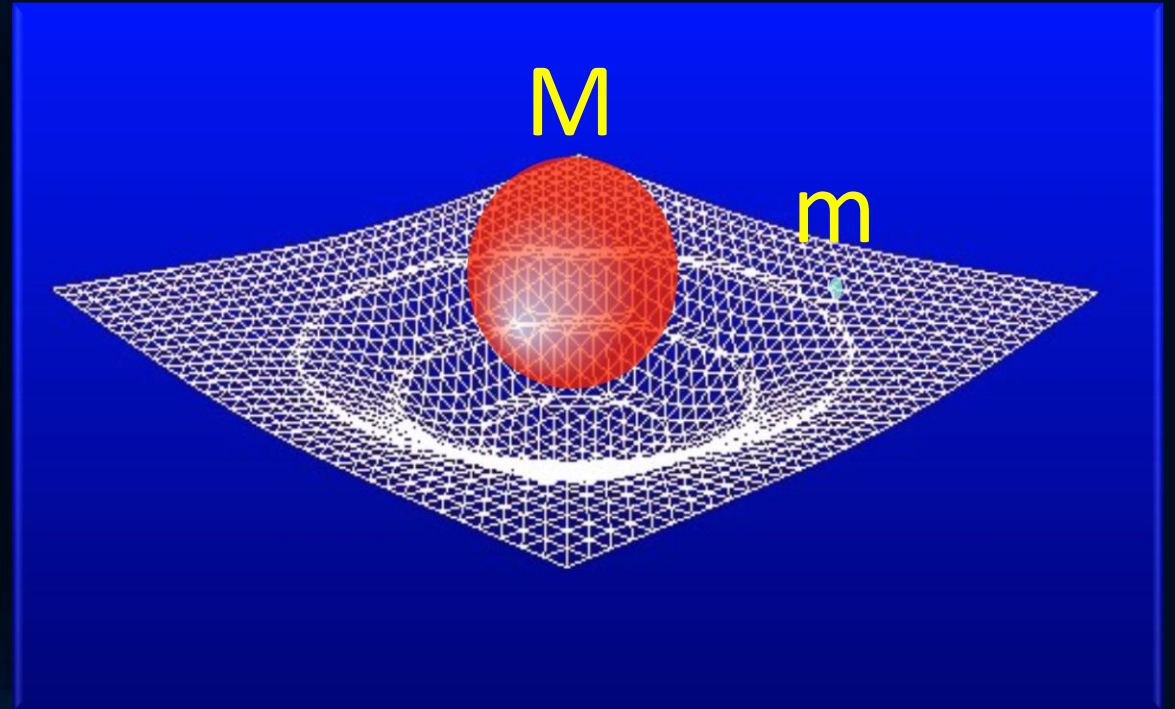
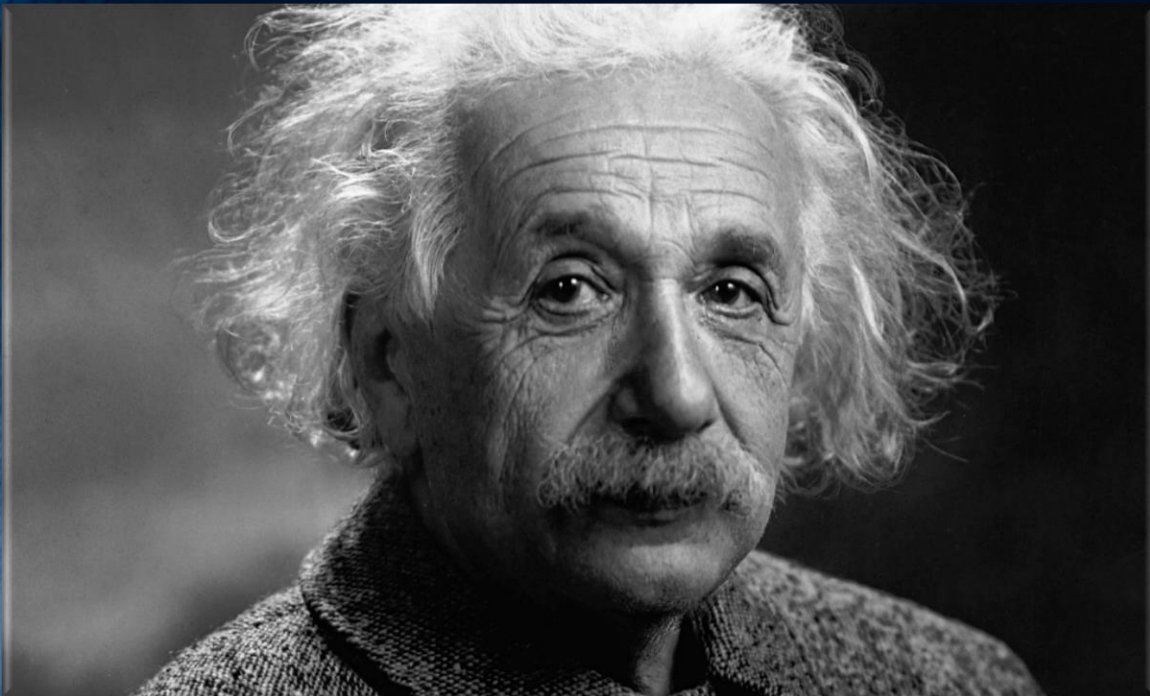
Gekrümmte Raumzeit

Raumzeit mit Materie verbiegt sich

Raumzeit-Krümmung ist Gravitation?

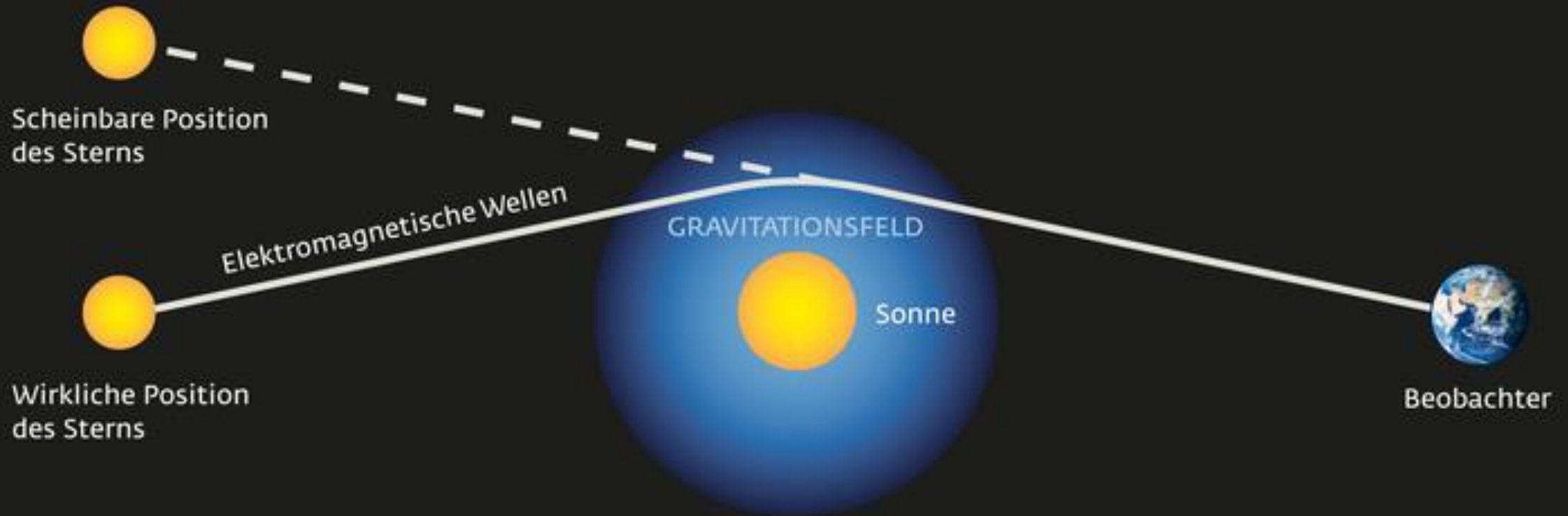
Betrachten wir einen Objekt kleiner Masse m das um ein Objekt großer Masse M kreist (z.B. Erde um die Sonne)

Einstein: Die Krümmung der Raumzeit, verursacht durch die große Masse, bestimmt die Umlaufbahn des kleinen Körpers und ist ursächlicher Grund der gravitativen Wechselwirkung



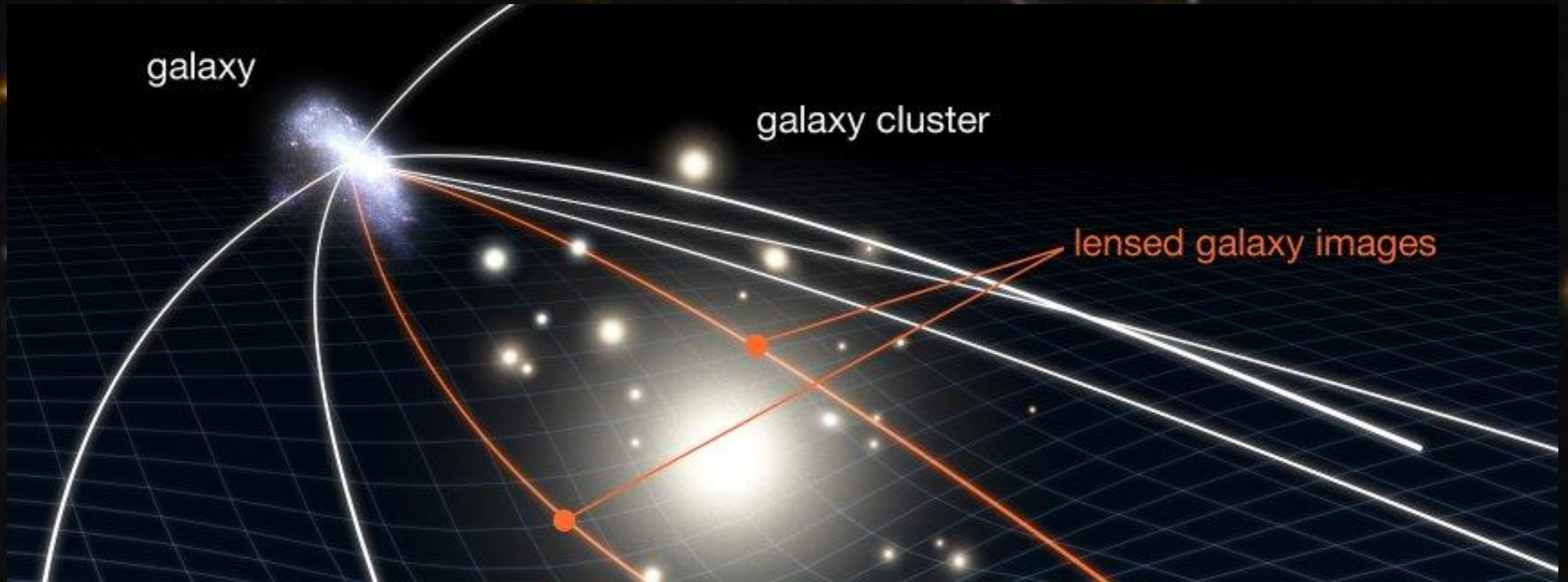
Erste Bestätigung der ART: Sonnenfinsternis 1919

Aufgrund des extrem revolutionären Charakters der ART glaubten viele Physiker zunächst nicht an Einsteins Theorie. Das änderte sich schlagartig im Jahre 1919:



Der Gravitationslinsen-Effekt

Der besprochene Gravitationslinsen-Effekt kann auch mehrfache Bilder des gleichen Objektes erzeugen:

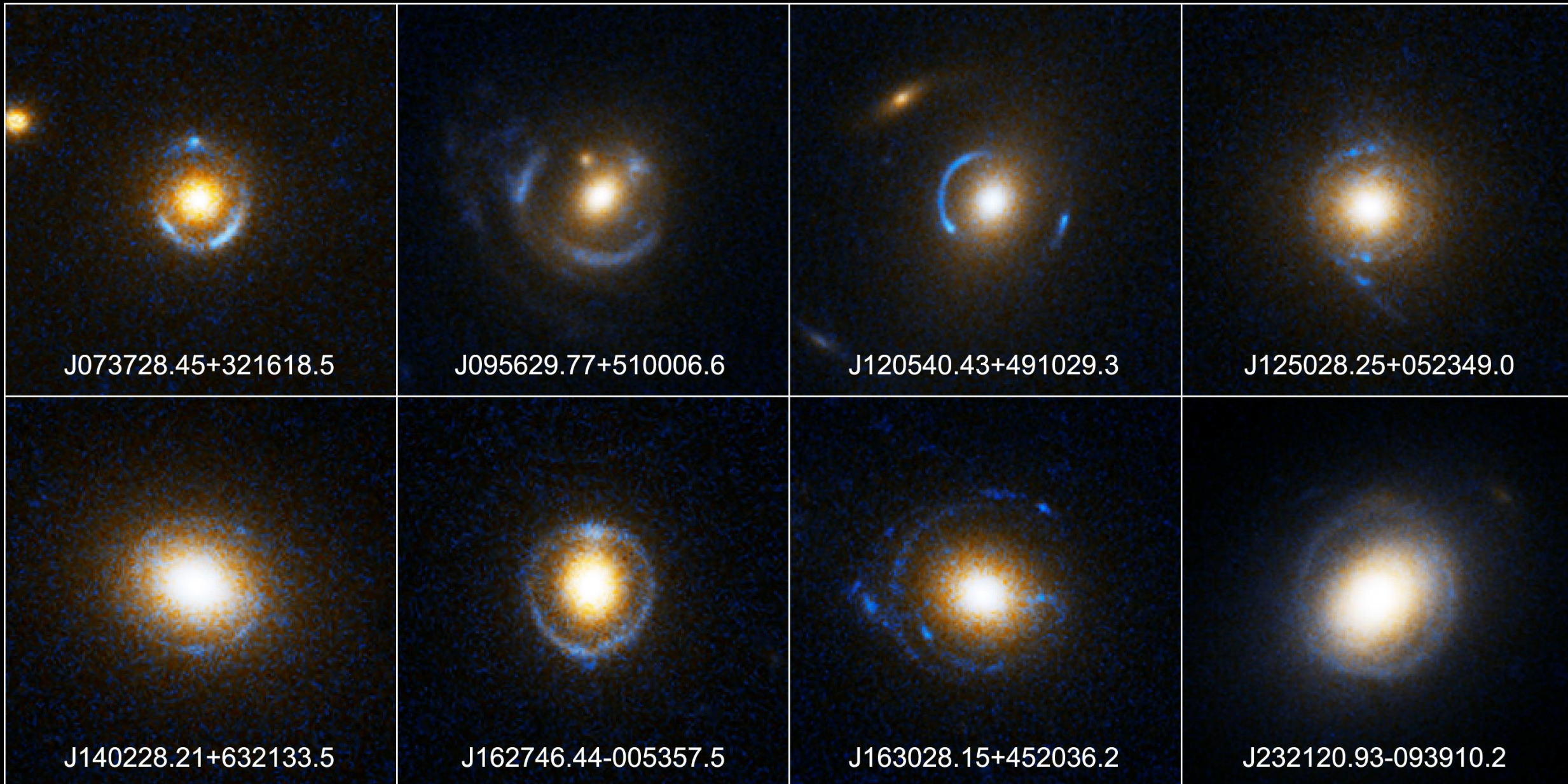


Der Einstein-Ring

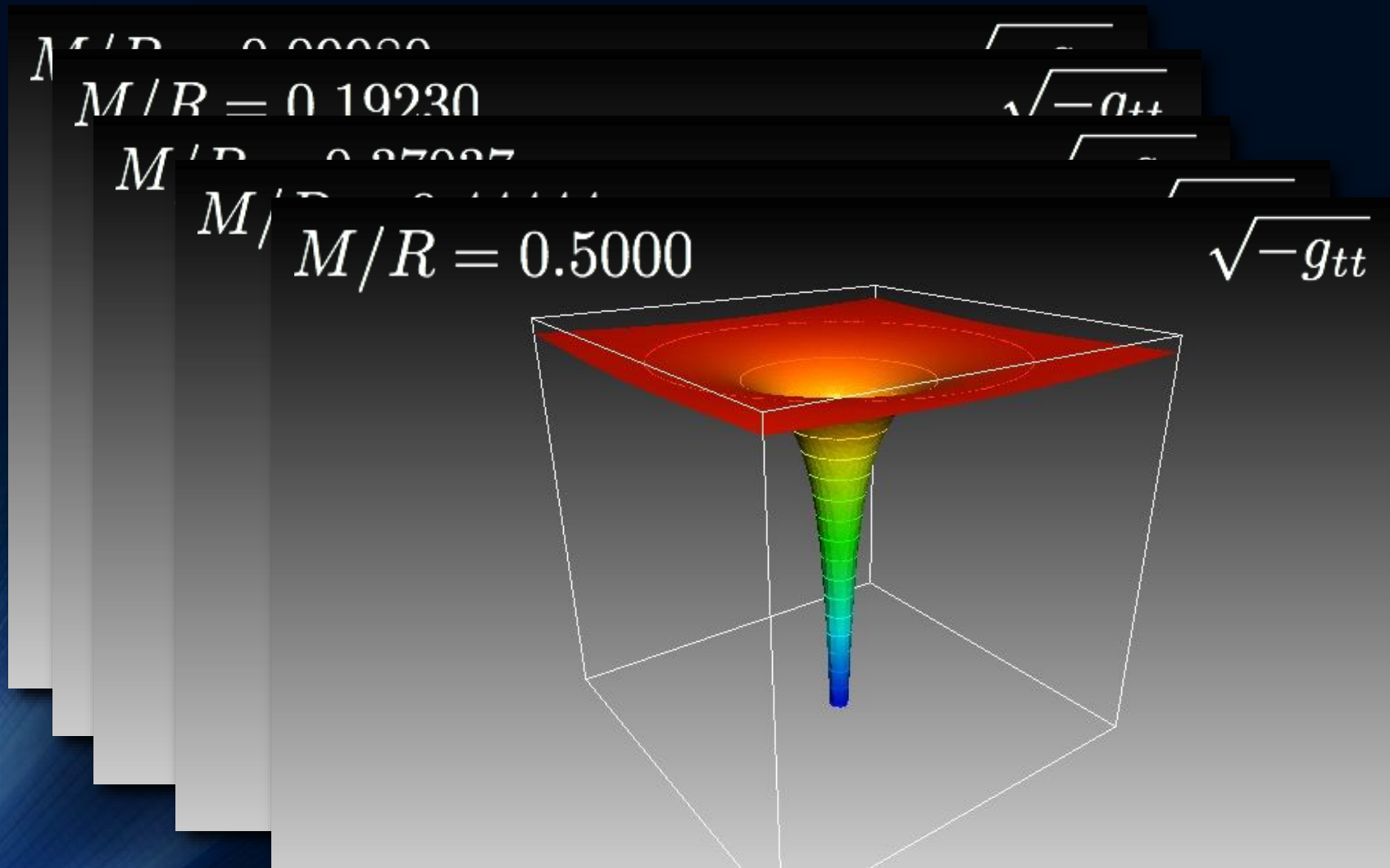


LRG 3-757: im Jahre 2007 mit dem Hubble Space Teleskop aufgenommen

Weitere Einstein-Ringe



Was sind schwarze Löcher?



Wir sind über den Grenzwert gekommen und haben ein schwarzes Loch erzeugt!

Grenzwert der Krümmung: Stabile Objekte (Neutronensterne) sind nicht mehr möglich

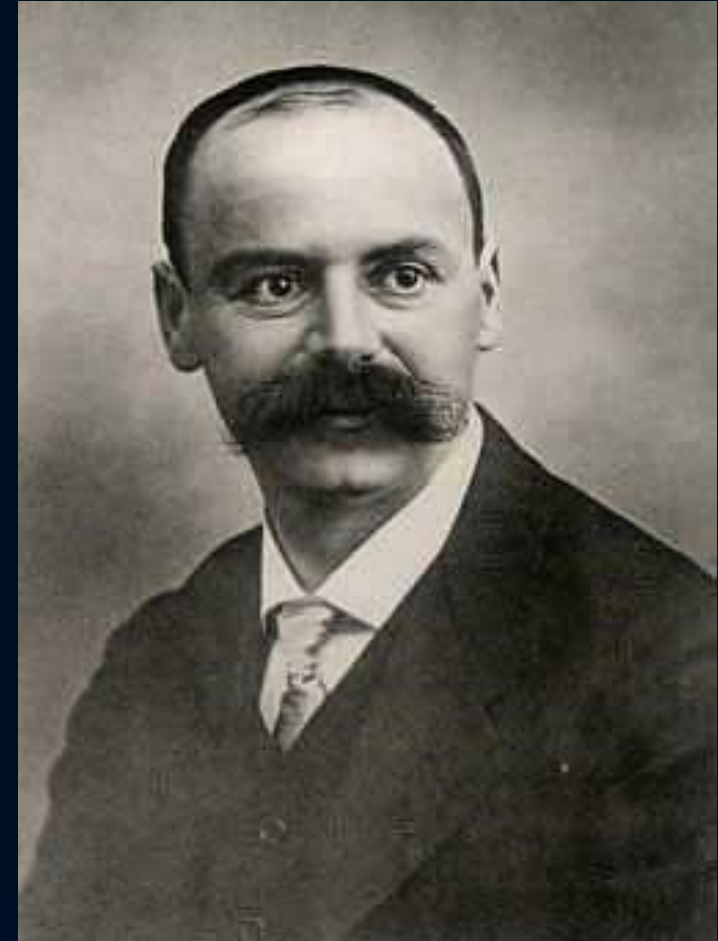
Die Schwarzschild Lösung

1915 Einsteins Gravitation:
Krümmung der „Raumzeit“

1916 Karl Schwarzschild:

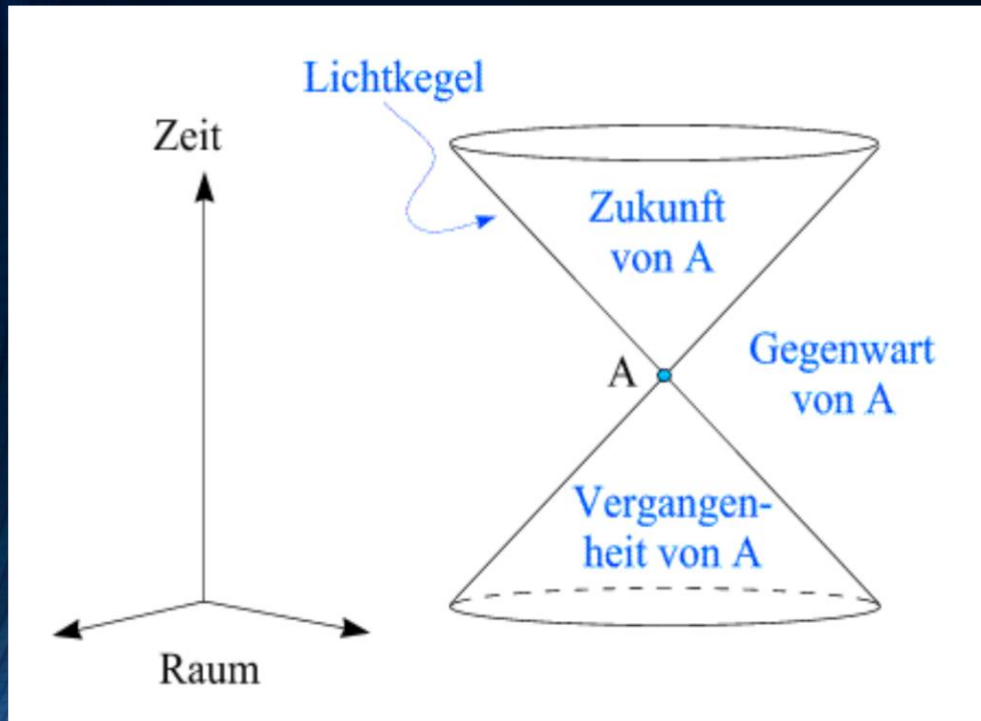
... geboren 1873 in Frankfurt nahe dem Haus der Rothschild's. Erste Lösung der ART – drei Monate nach Einsteins Artikel! Aussenraummetrik eines nichtrotierenden schwarzen Loches.

Schwarzschild stirbt einen Monat später an einer Infektion die er sich an der russischen Front einfing...



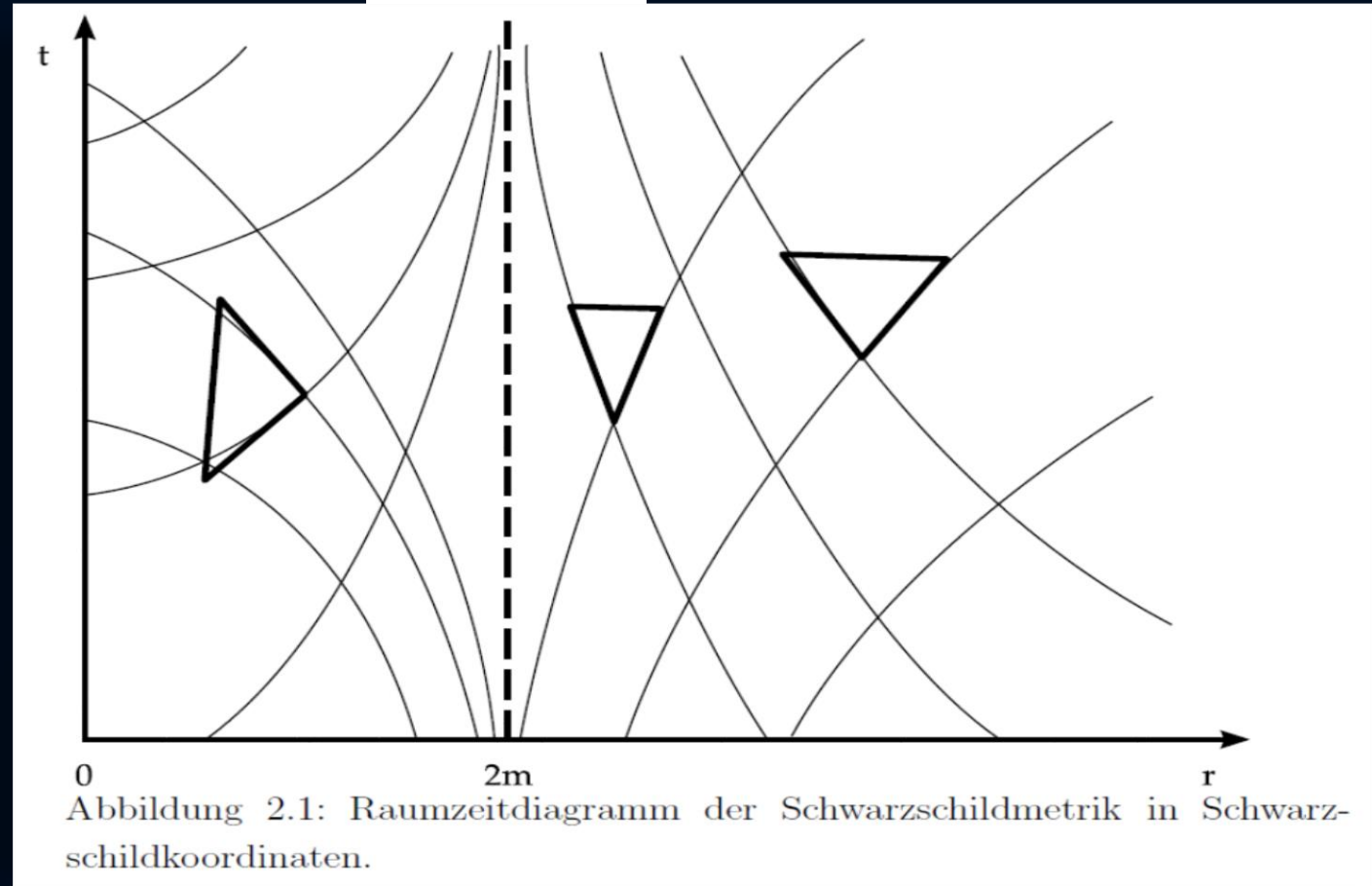
Raumzeit-Diagramm eines schwarzen Loches

Sichtweise ruhender Beobachter im Unendlichen



Raumzeit-Struktur
im flachen Raum

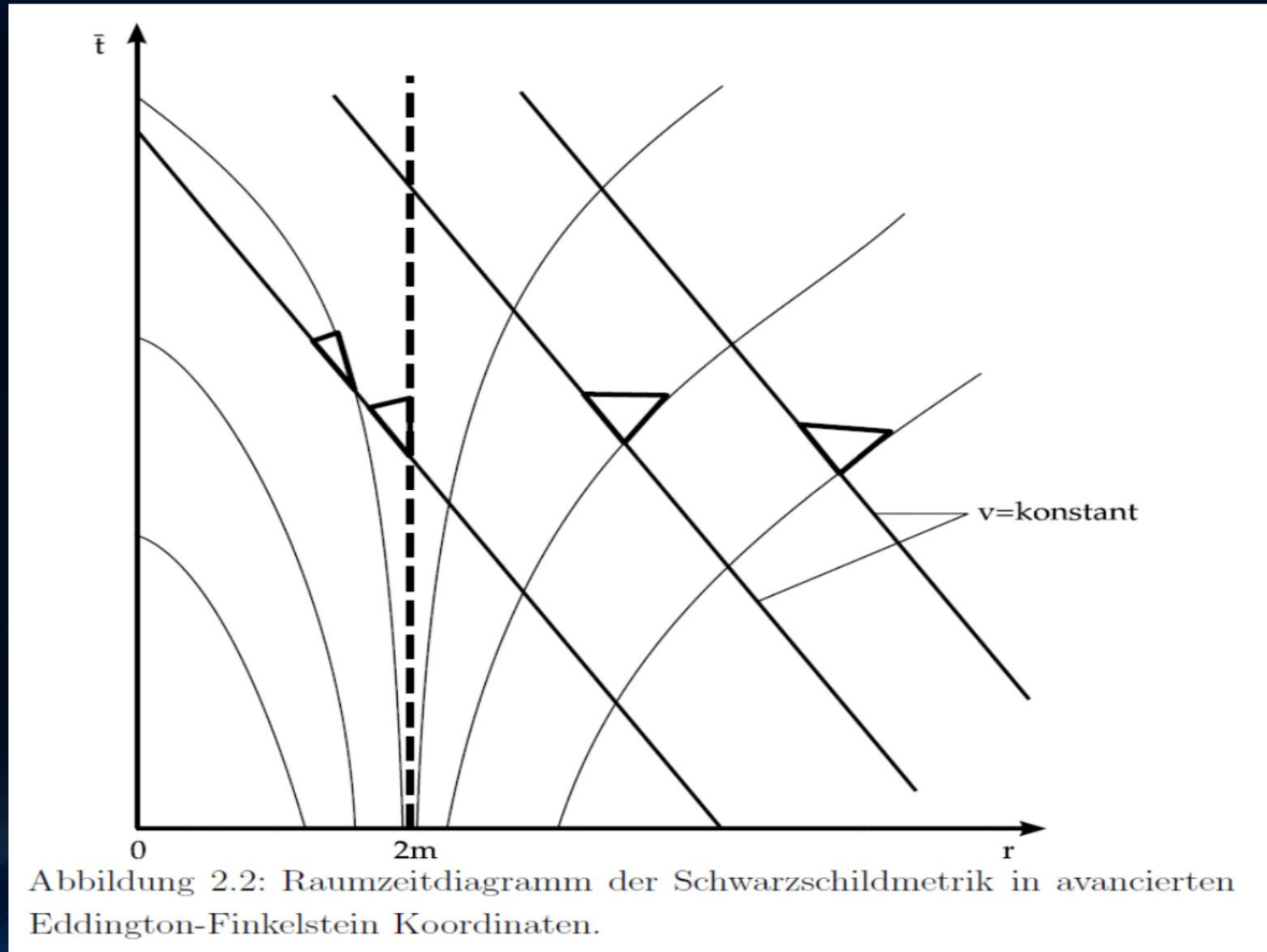
Ereignis-
horizont



Raumzeit-Struktur um ein schwarzes Loch

Raumzeit-Diagramm eines schwarzen Loches

Sichtweise eines in das schwarze Loch fallenden Beobachters



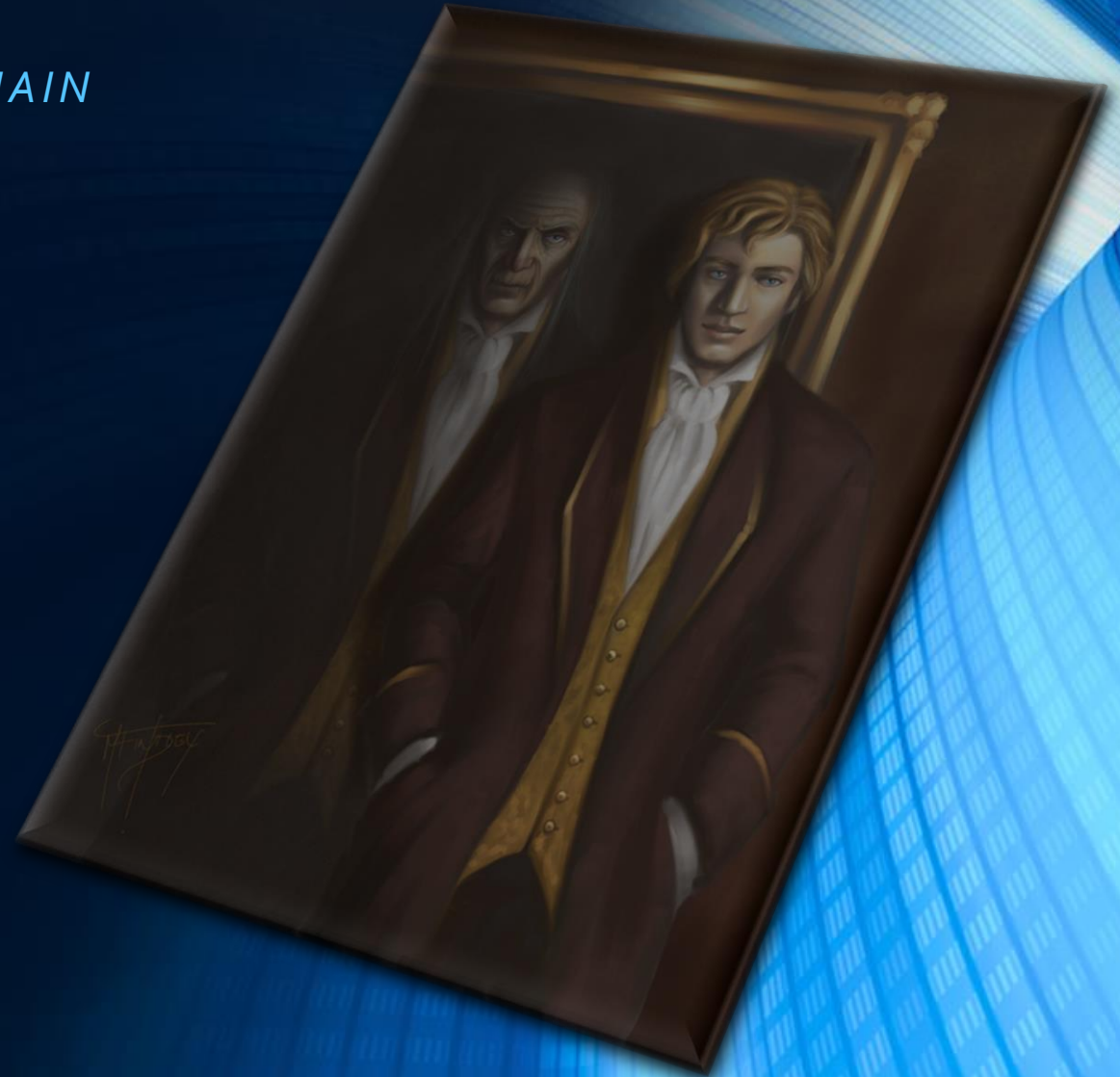
Das Bildnis des schwarzen Lochs

*ASTRONOMIE AM FREITAG AM 7. APRIL 2017
IM PHYSIKALISCHEN VEREIN IN FRANKFURT AM MAIN*



Oscar Wilde

Das Bildnis des
Dorian Gray



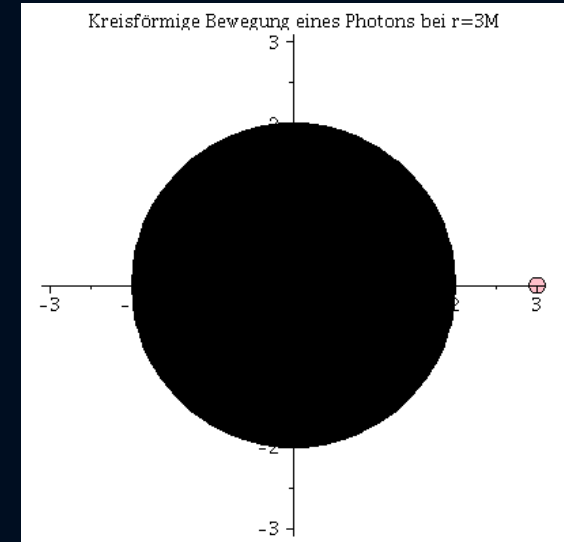
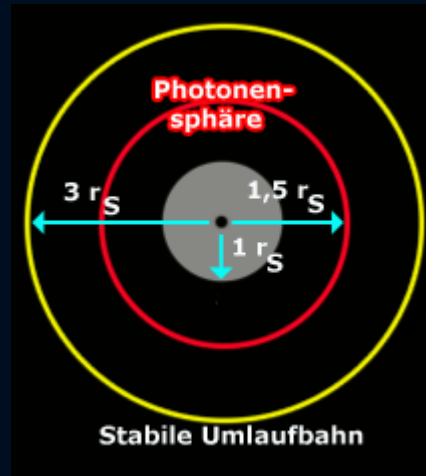
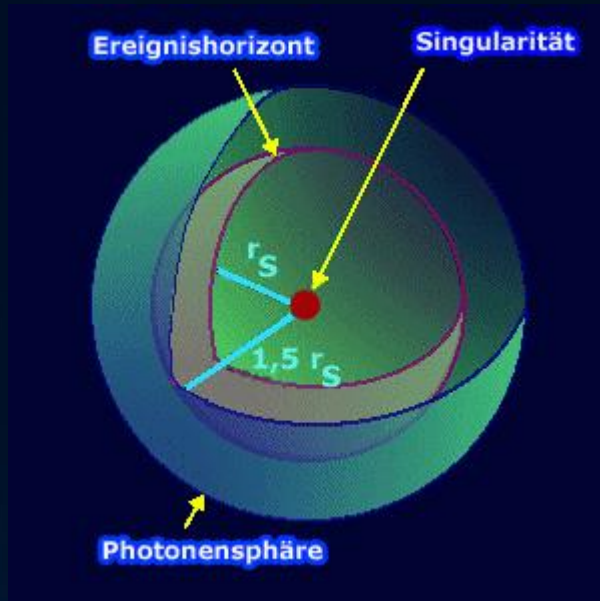
Ereignis- horizont



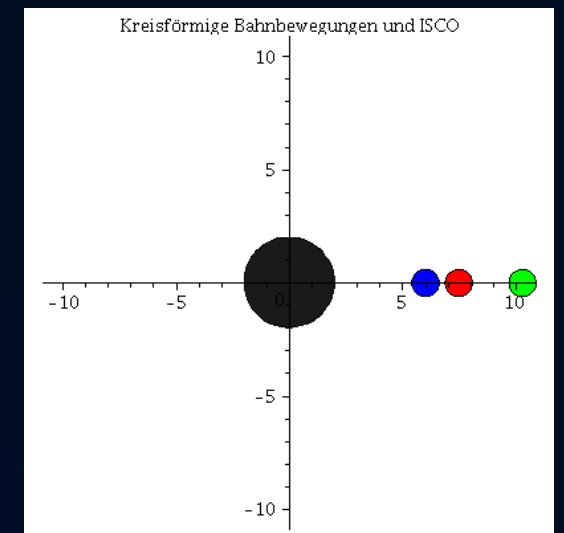
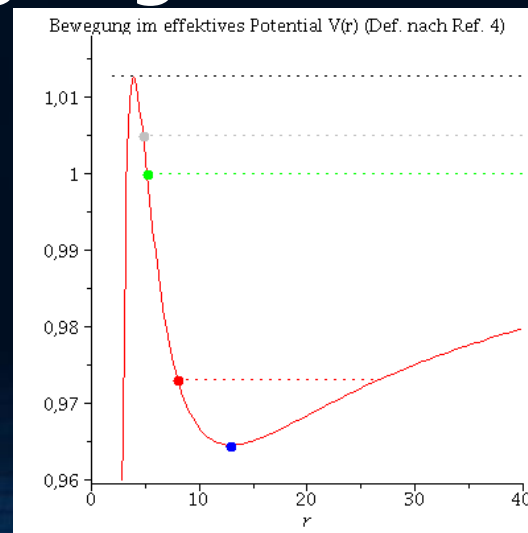
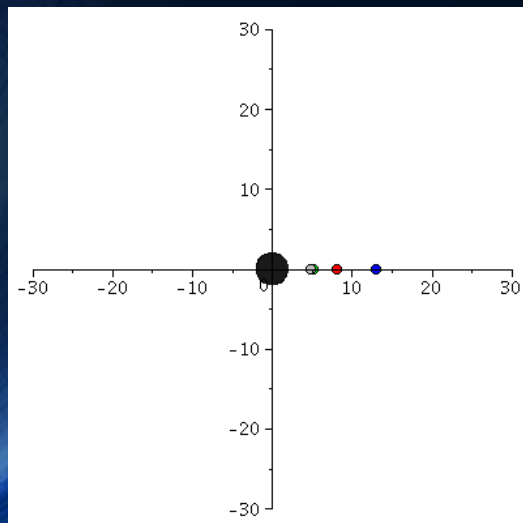
Für den äusseren Beobachter friert das Bild des Körpers, der in das schwarze Loch fällt, am Ereignishorizont ein. Der Körper selbst übertritt jedoch die Grenze und fällt weiter in die echte Singularität im Ursprung.

Dorian Gray wird in das schwarze Loch der moralischen Abründe gezogen und übertritt eine Grenze von der aus er nicht mehr zurück kann.

Die Photonen-Sphäre eines schwarzen Loches



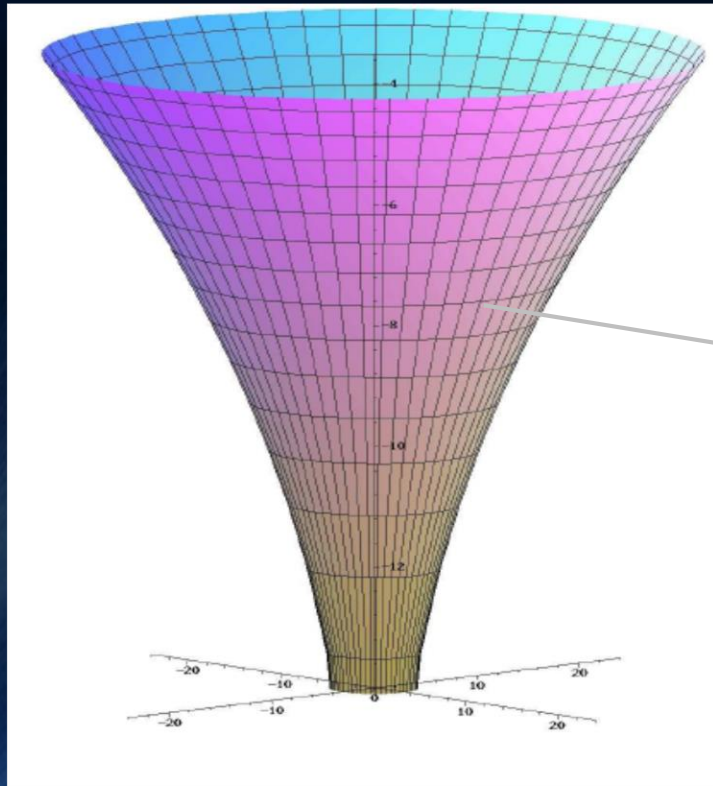
Geodätische Bewegungen um ein schwarzen Loches



Das Bildnis des schwarzen Loches

(die wohl beste Veranschaulichung der wesentlichen Eigenschaften eines schwarzen Loches)

Der Raumzeit-Trichter im Reichstagsgebäude



Das Bildnis des schwarzen Loches

(die wohl beste Veranschaulichung der wesentlichen Eigenschaften eines schwarzen Loches)



Ereignishorizont

Ereignishorizont

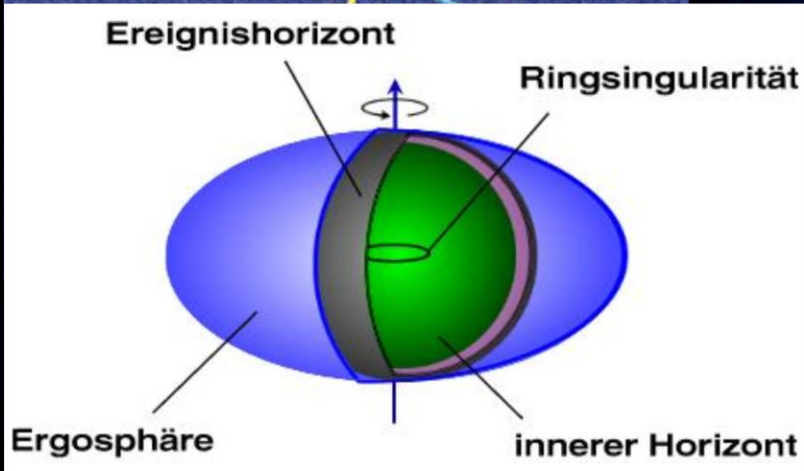
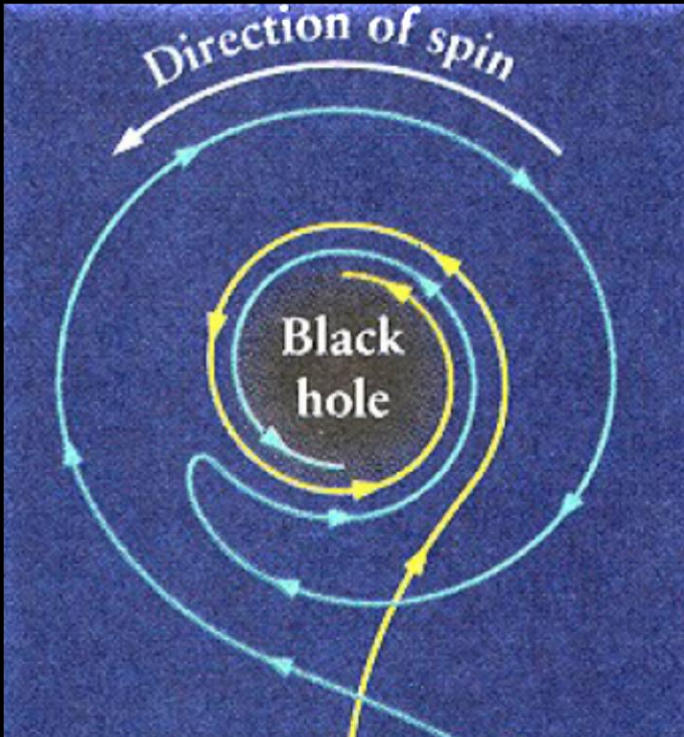
Echte Singularität

Das Bildnis des schwarzen Loches

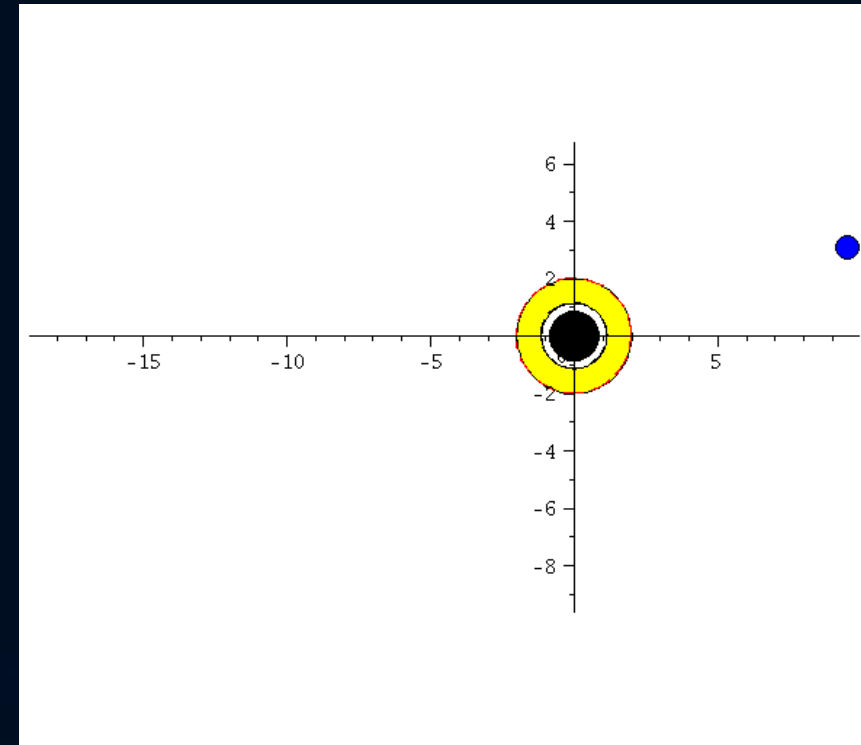
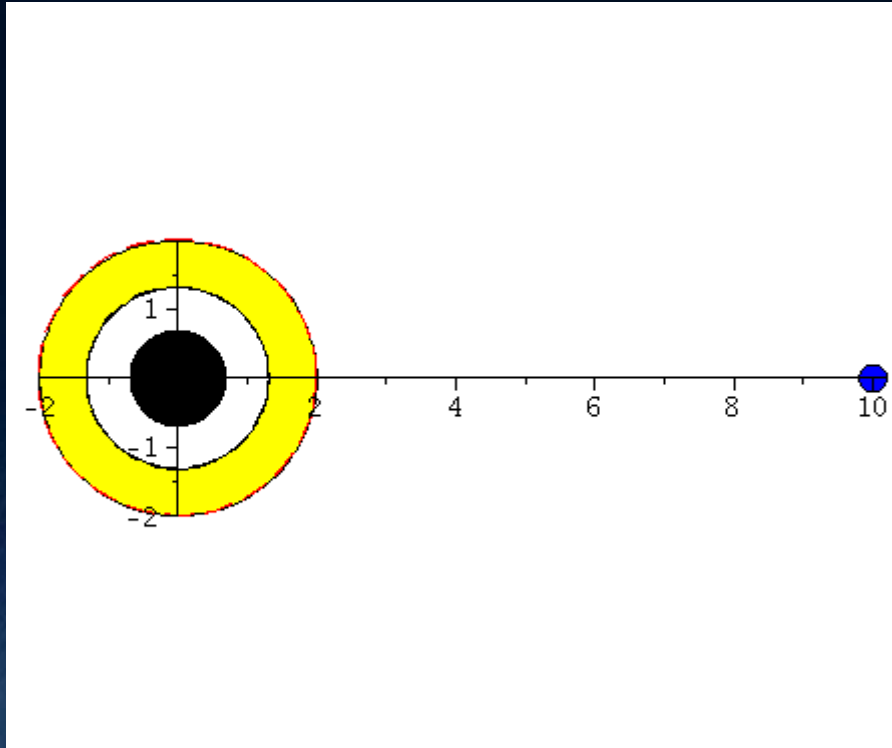
(die wohl beste Veranschaulichung der wesentlichen Eigenschaften eines schwarzen Loches)




Rotierende schwarze Löcher



Rotierende schwarze Löcher





*3D-Movie erstellt von
Dr. Ziri Younsi*

Das schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie





2009

Gaswolke fällt in das Schwarze Loch

Wie sieht das schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie aus?



Das EU-Projekt **BlackHoleCam**
L.Rezzolla, H.Falke und M.Kramer

Black hole cam is a European funded project, which is a partner in the Event Horizon Telescope and not a separate network!

Für das Foto eines Schwarzen Lochs: Ein Teleskop so groß wie die Erde

Bonn. Die Theorie ist 100 Jahre alt, der Begriff genau 50: Schwarze Löcher. Gesehen hat sie noch keiner. Nun sollen Fotos gemacht werden. Vor allem vom Schwarzen Loch im Zentrum unserer Milchstraße, genannt Sagittarius A*, und einigen Artgenossen in fernerer Galaxien. Federführend mit dabei ist das Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR). In diesen Stunden beginnen die Beobachtungen.

Event Horizon Telescope



1 von 13

Das internationale ALMA-Teleskop (oben) steht in 5000 Meter Höhe in den chilenischen Anden. Es besteht aus 66 „Schüsseln“ zwischen 7 und 12 Metern Durchmesser. Sie empfangen Wellen im Millimeter- und Submillimeterbereich.

Schmahl
Gartengeräte * Werkzeuge
www.schmahl-koblenz.de


Katholisches Klinikum
Koblenz - Montabaur

Ihre Fragen, Hinweise oder Kritik



Onliner vom Dienst:
Marcus Schwarze
Anzeigen:
0261/98362003
Abo: 0261/9836 2000
Red.: 0160/97829699
Mail | Twitter | Brief

 **E-Paper**

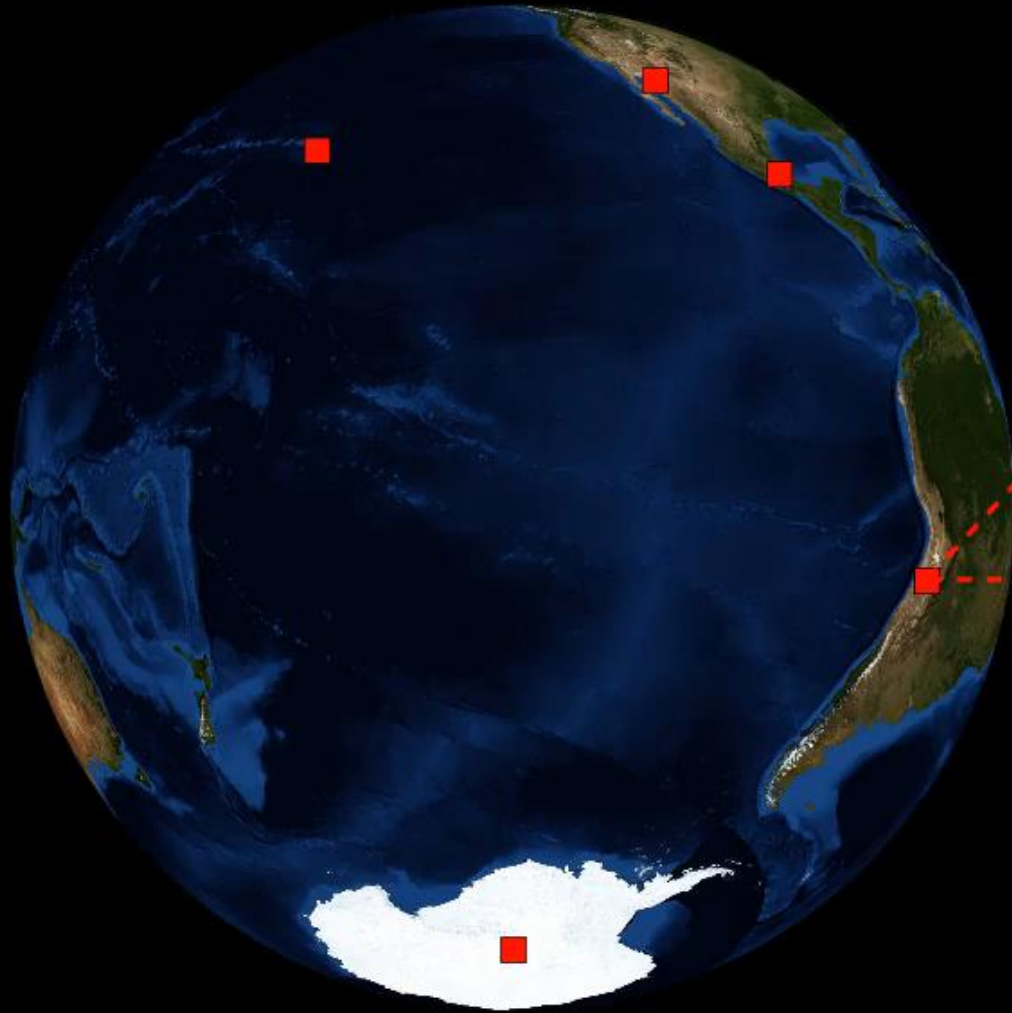
Die Lokalausgaben
der Rhein-Zeitung



News aus Ihrer Region - Lokalteil wählen



Event Horizon Telescope



Atacama Large
Millimeter Array (ALMA)



Coordinates: $23^{\circ} 01' 09''\text{S}$, $67^{\circ} 45' 12''\text{W}$

Diameter: 12m

Create a virtual radio telescope
the size of the earth, using the
shortest wavelength

International collaboration project of Very Long Baseline Interferometry (VLBI)
at mm (sub-mm) wavelength

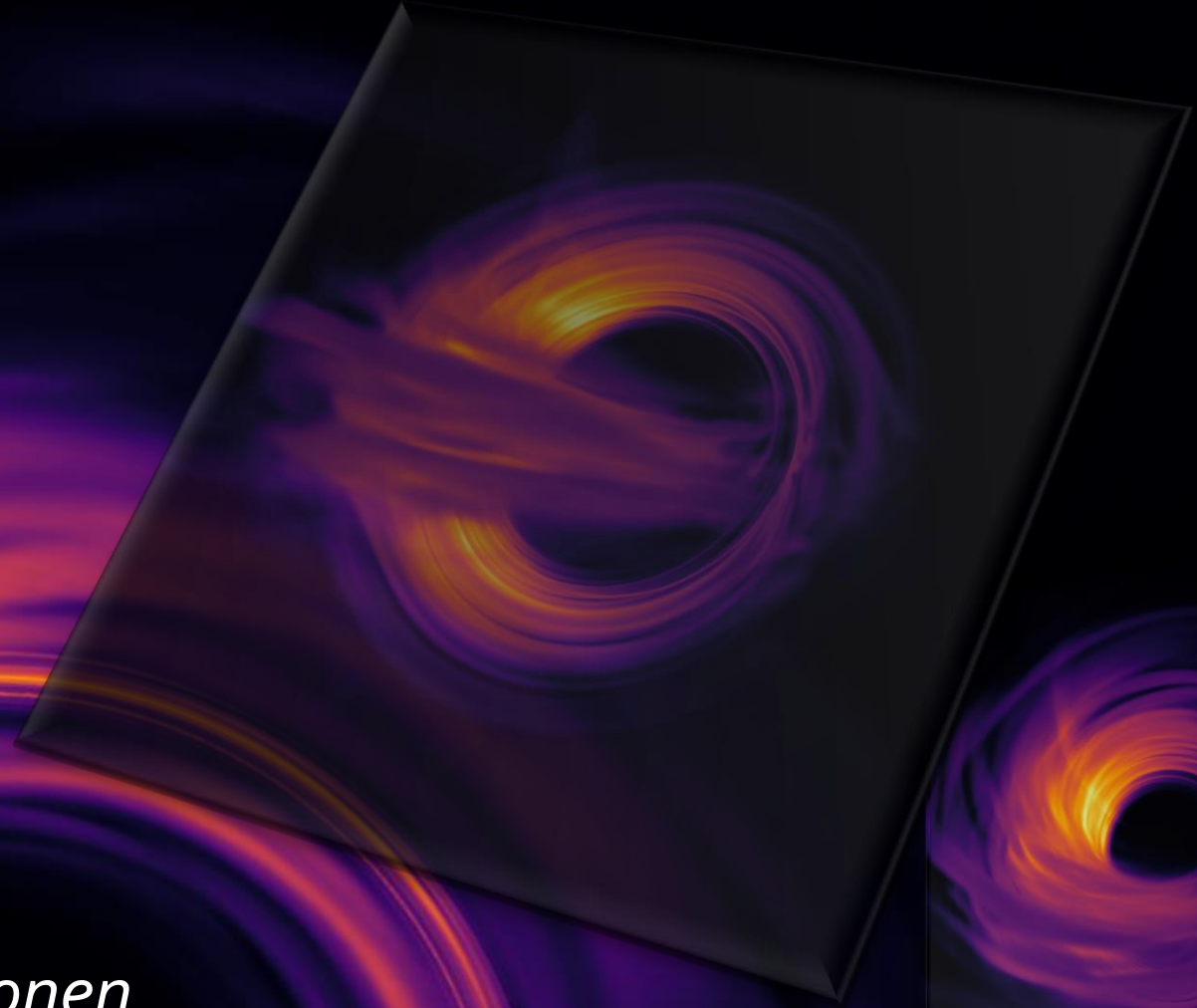
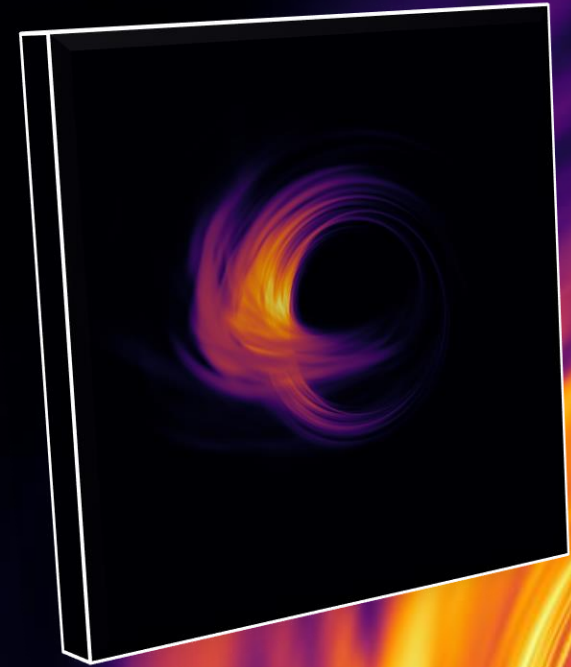
*Python-Animation erstellt
von Dr. Christian Fromm*

Bilder von zwei schwarzen Löchern werden erwartet

	M87	Sgr A*
Mass (M_{sun})	$3-6 \times 10^9$ (?)	4×10^6
Distance	16 Mpc	8.5 kpc
Luminosity	10^{44} erg/s	10^{36} erg/s
Mdot (M_{edd})	10^{-4}	10^{-8}
BH Spin Axis	Gal disk?	10-25 deg los
@ the BH?	Maybe	Yes
B field @ BH	60-130 G	10-100 G
Scattered?	No	yes
Shadow Size	640 AU	0.5 AU
Shadow Angle	20-40 μas	52 μas
GM/c ³	8 hrs	20 sec
Jet Power	$10^{42}-10^{43}$ erg/s	?

Das Bildnis des schwarzen Loches

(wie wird das wirkliche Bildnis des schwarzen Loches im Zentrum der Milchstrasse aussehen?)



*Simulationen
erstellt von
Dr. Ziri Younsi*

Alternative Theorien der ART

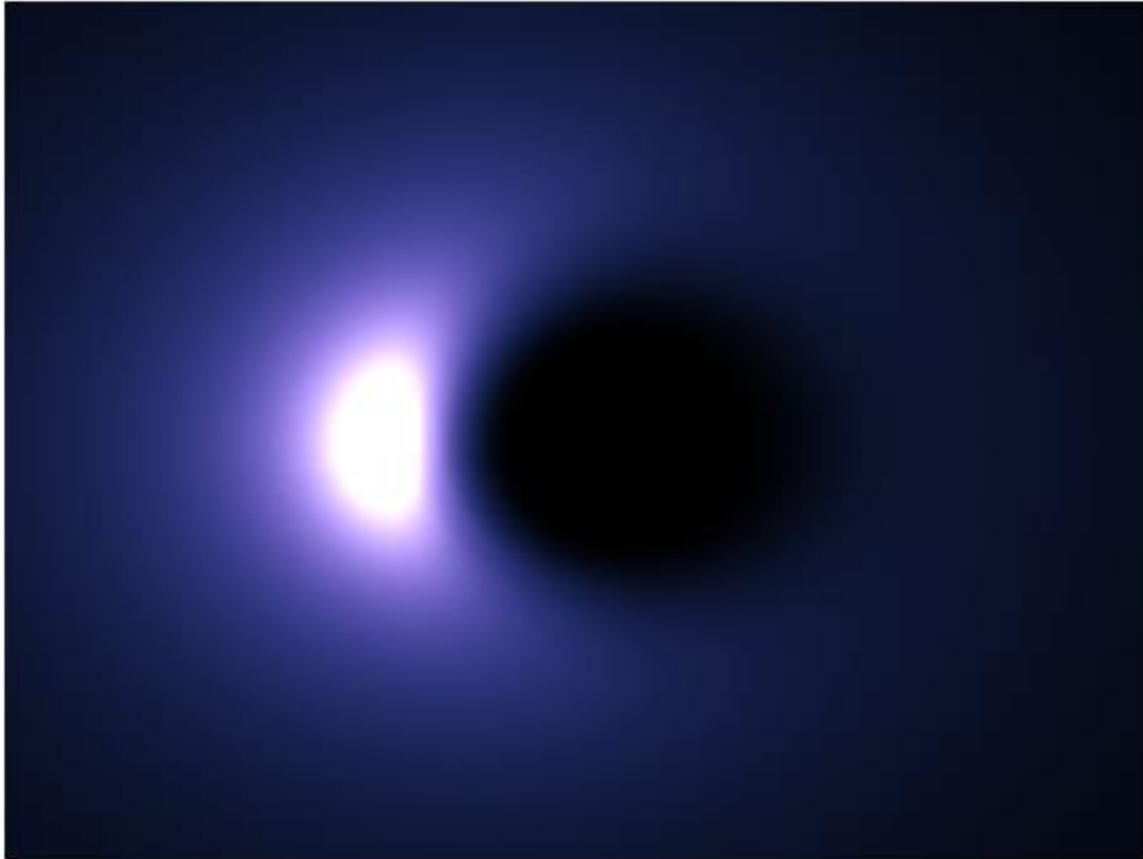


Figure 7: Luminous counter-clockwisely rotating accretion disk around an extremal Kerr black hole (standard GR), see [32]. The inclination angle is 40 degrees. The intensity is color-coded and grows from black (zero emission) over blue to white (maximum emission). On the left-hand side, the bright beaming feature due to Doppler blueshift is clearly visible. The black hole's horizon is seen in the middle of the image.

Experimental tests of pseudo-complex General Relativity

T. Schönenbach¹, G. Caspar¹, Peter O. Hess^{1,2},
Thomas Boller³, Andreas Müller⁴, Mirko Schäfer¹ and Walter Greiner¹

¹*Frankfurt Institute for Advanced Studies, Johann Wolfgang Goethe Universität,
Ruth-Moufang-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main, Germany*

²*Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, Circuito Exterior, C.U.,
A.P. 70-543, 04510 México D.F., Mexico*

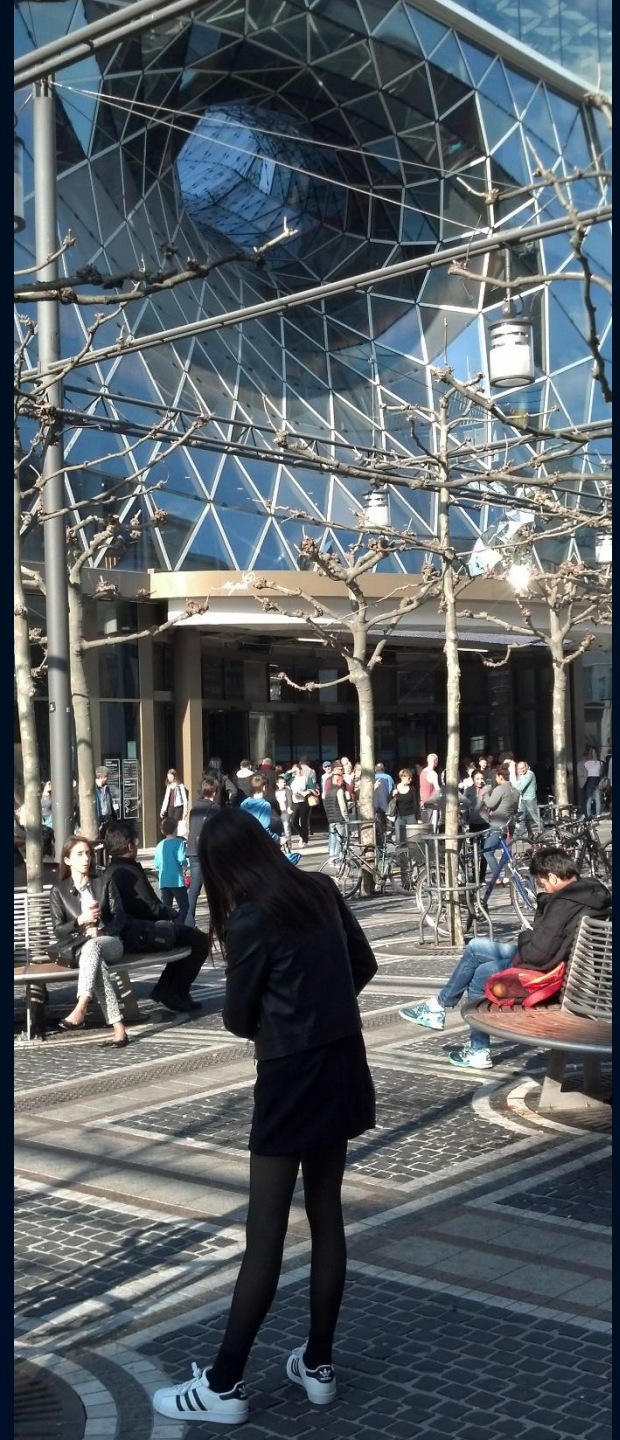
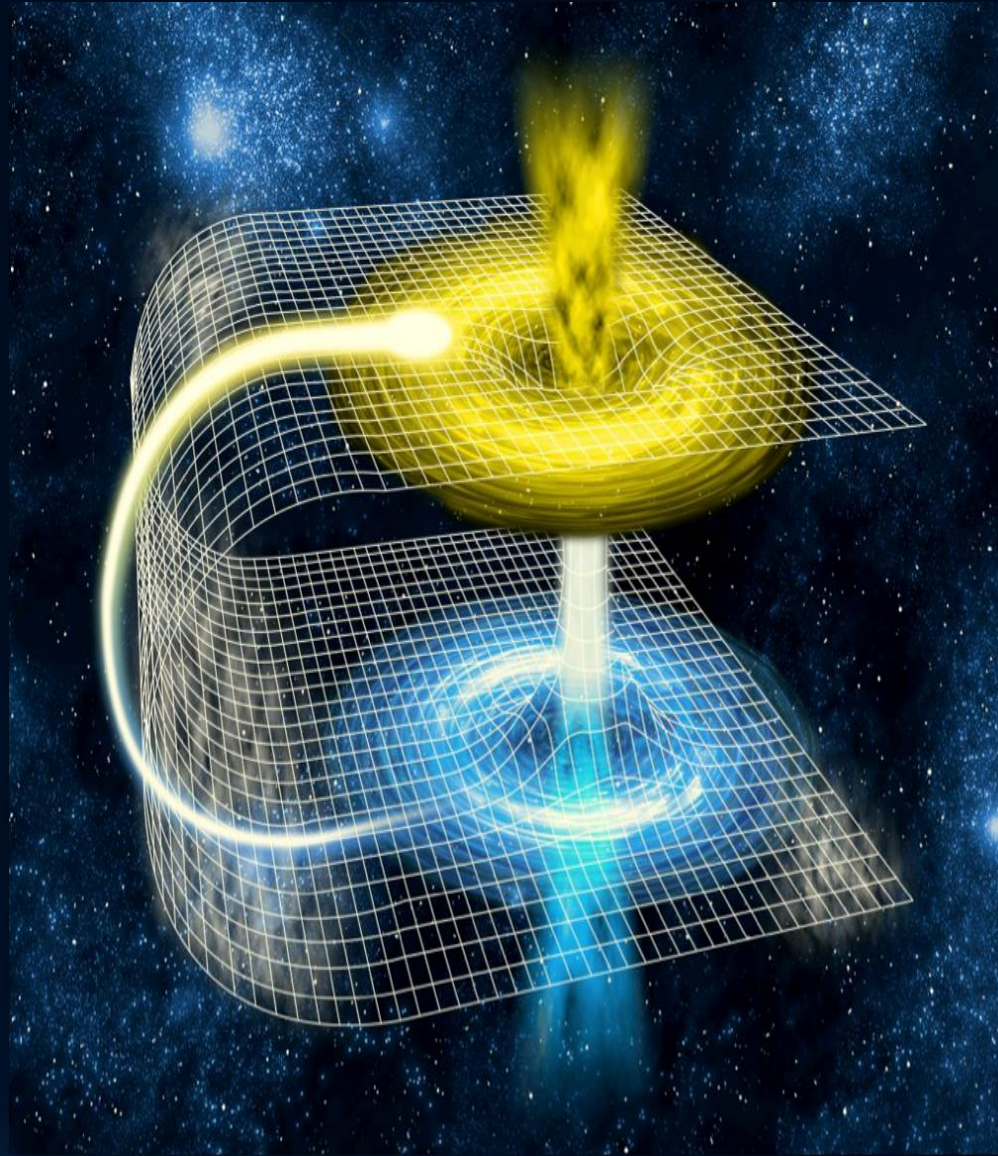
³*Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics,
Giessenbachstrasse, 85748 Garching*

⁴*Excellence Cluster Universe, TU München,
Boltzmannstrasse 2, 85748 Garching*

December 17, 2012

Das Bildnis des schwarzen Loches
sieht ein wenig anders aus

Wurmlöcher





Das Wurmloch in MyZeil







Google Earth

50°06'55.02" N 8°40'46.92" O Höhe 109 m - sichthöhe 309 m

1984

Europäische Zentralbank – Wurmloch – Börse Frankfurt

