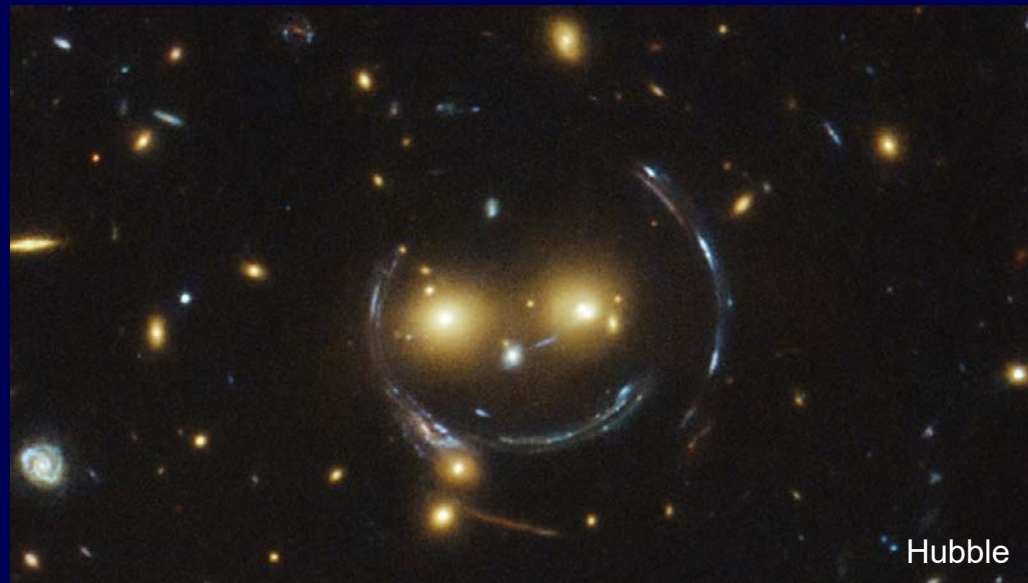


Gravitationslinsen, Quasare, Schwarze Löcher

Einsteins Teleskop in das frühe Universum
Exkurs in die Kosmologie



Hubble

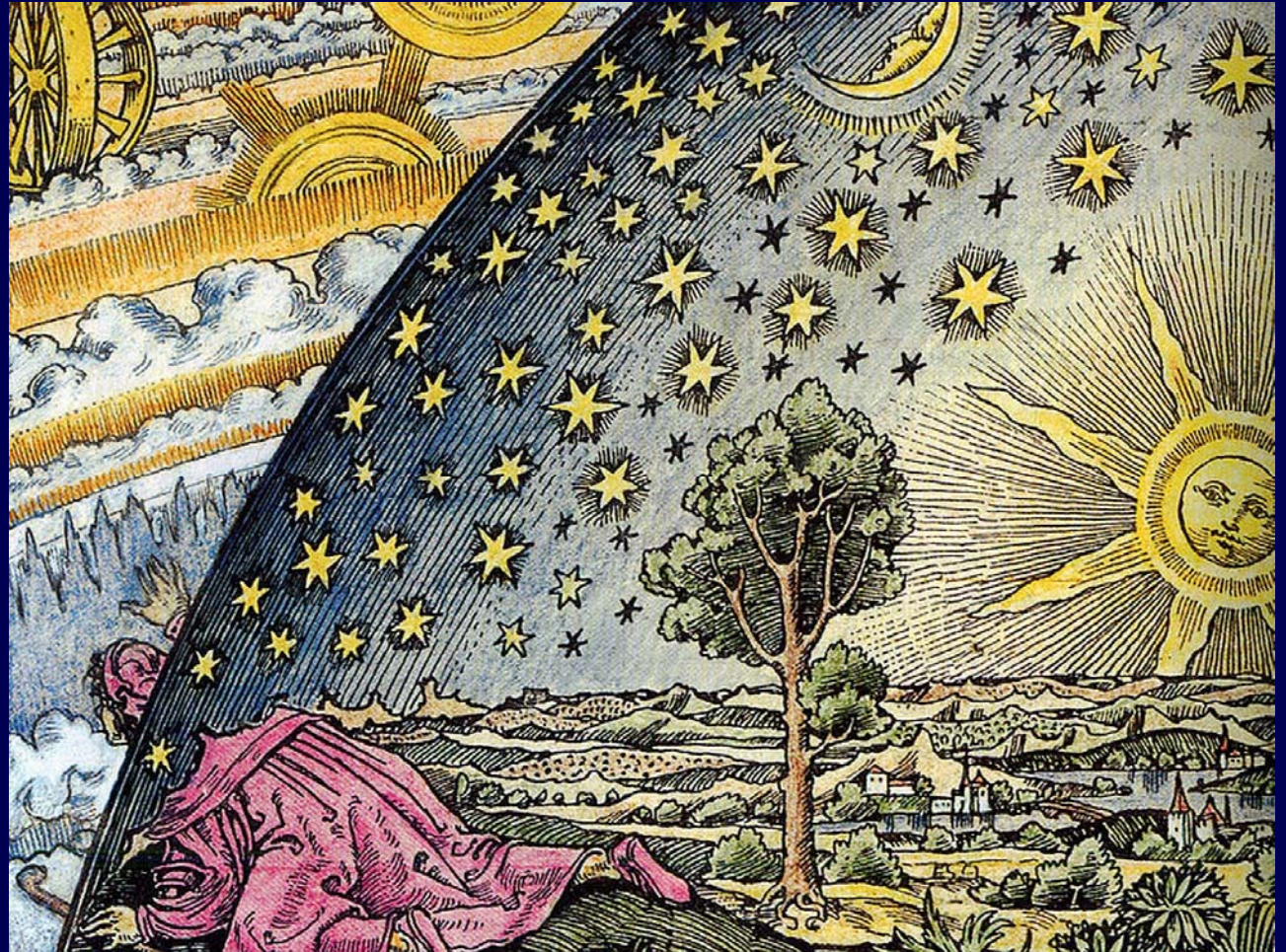
Nachthimmel – was sehen wir?

Licht als Medium der Information

Geschwindigkeit: 300.000 km/s

Unser Auge ist zu schwach für die
Details des Nachthimmels:

Erfindung des Teleskops ab 17. Jhd



Flammarions Holzstich 1888

Johannes Schedler 2019

Panther-Observatory 2000-2015

Wildon bei Graz

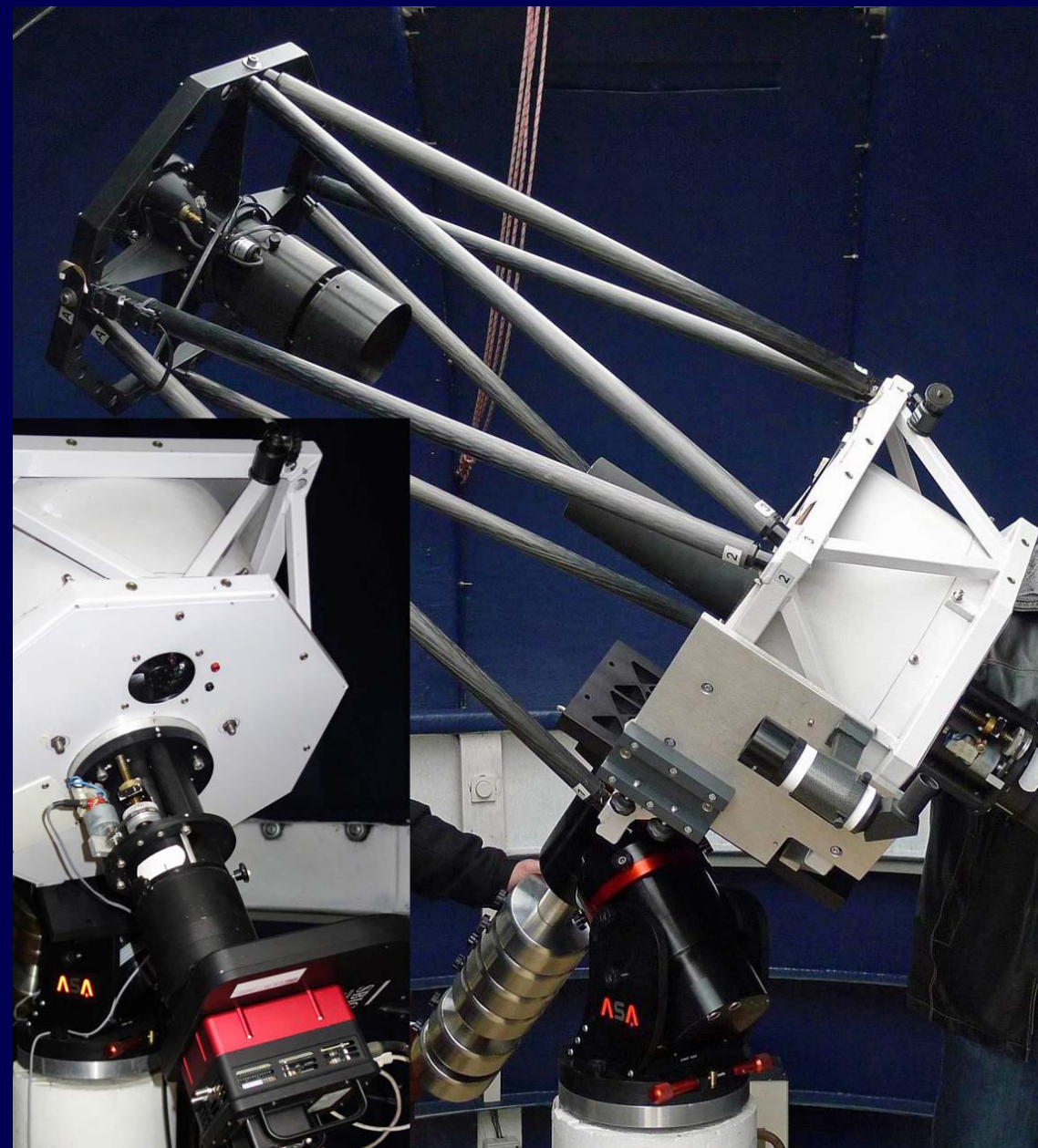
40 cm Cassegrain Spiegelteleskop

Brennweite 4 m

0,5"/Pixel Auflösung

DDM-85 Montierung

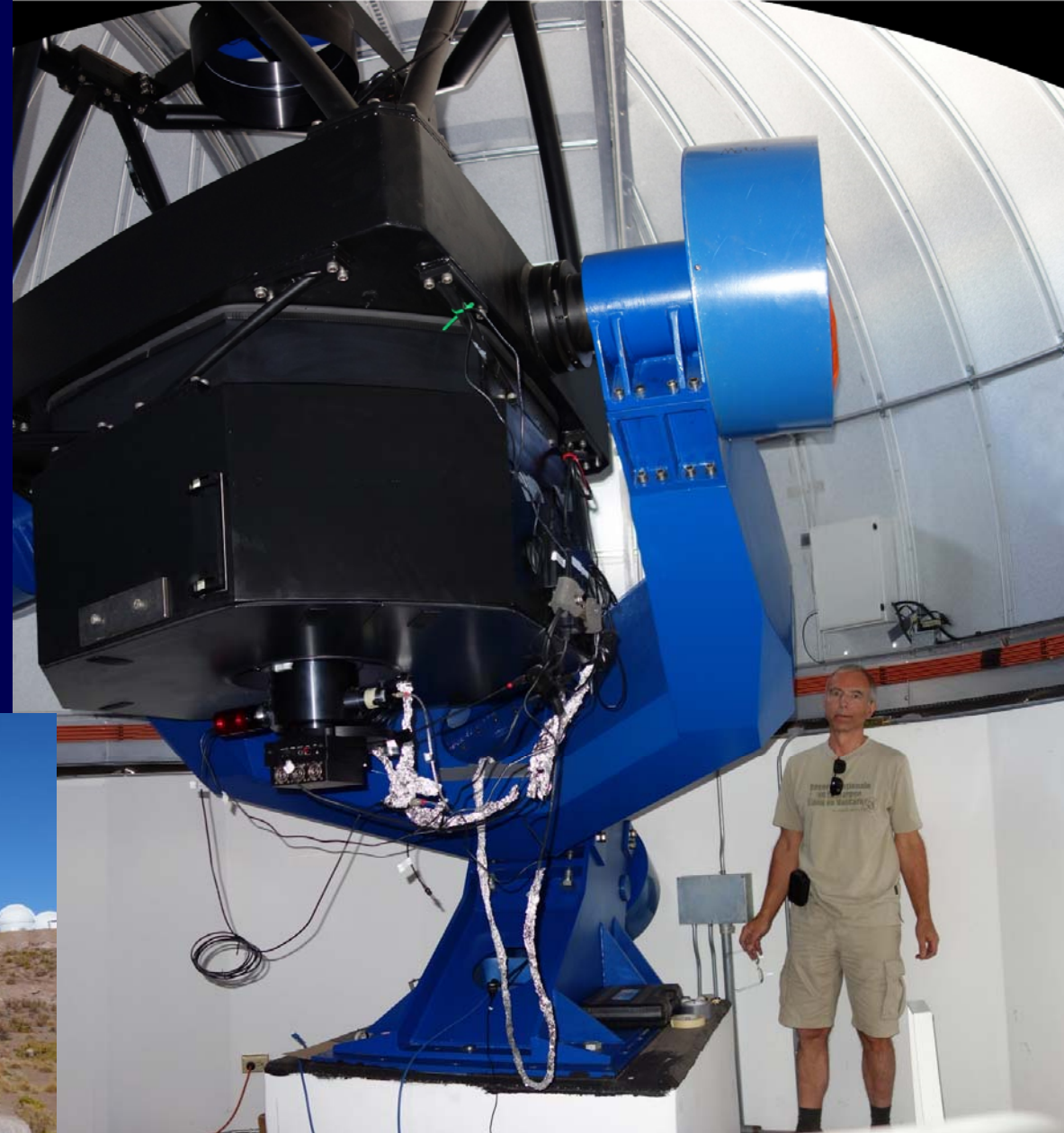
16 Megapixel CCD-Kamera



Johannes Schedler 2019

Chart32 Team ab 2013

CTIO - Cerro Tololo in Chile
2200 m Seehöhe
80 cm Cassegrain Spiegelteleskop
Brennweite 5,6 m
0,33"/Pixel Auflösung
16 Megapixel CCD-Kamera



Blanco 4m

Chart32 0.8m



Astrofotografie:

- dunkler Himmel entscheidend
- lichtstarke Optiken
- lange Belichtungen
- Nachführung wegen Himmelsdrehung



Johannes Schedler 2019

Reisen mit Lichtgeschwindigkeit

1. Ziel: Mond

Entfernung 380.000 km = 1,3 Licht-sec



2. Ziel: Sonne

Entfernung 150 Mio km = 8,3 Lichtminuten

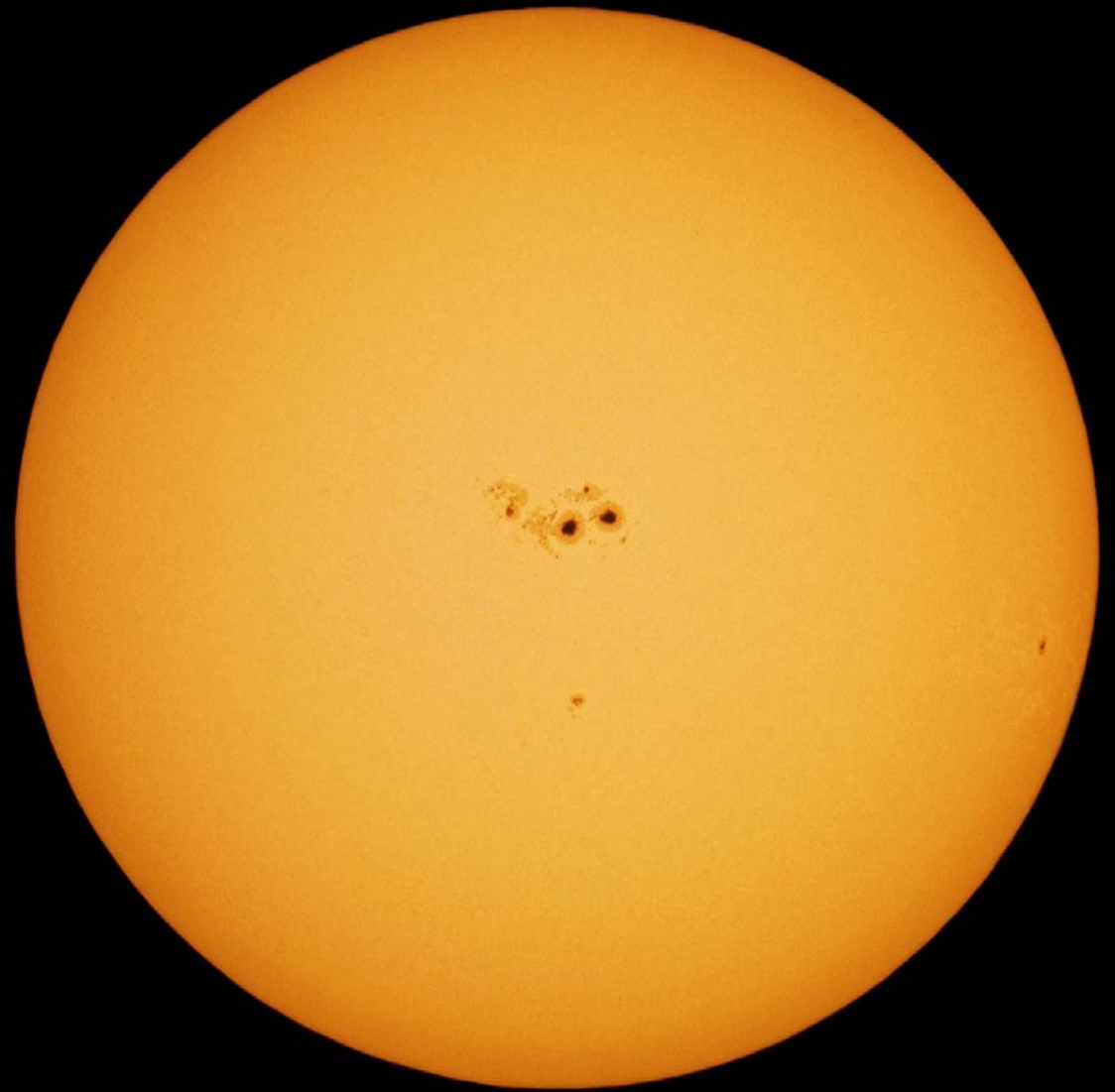
3. Ziel: Saturn

Entfernung: 1,5 Mrd km
= 1,4 Lichtstunden



Grenze Sonnensystem (Kuipergürtel)

Entfernung: 7 Lichtstunden



Ziel: Nahe Sterne

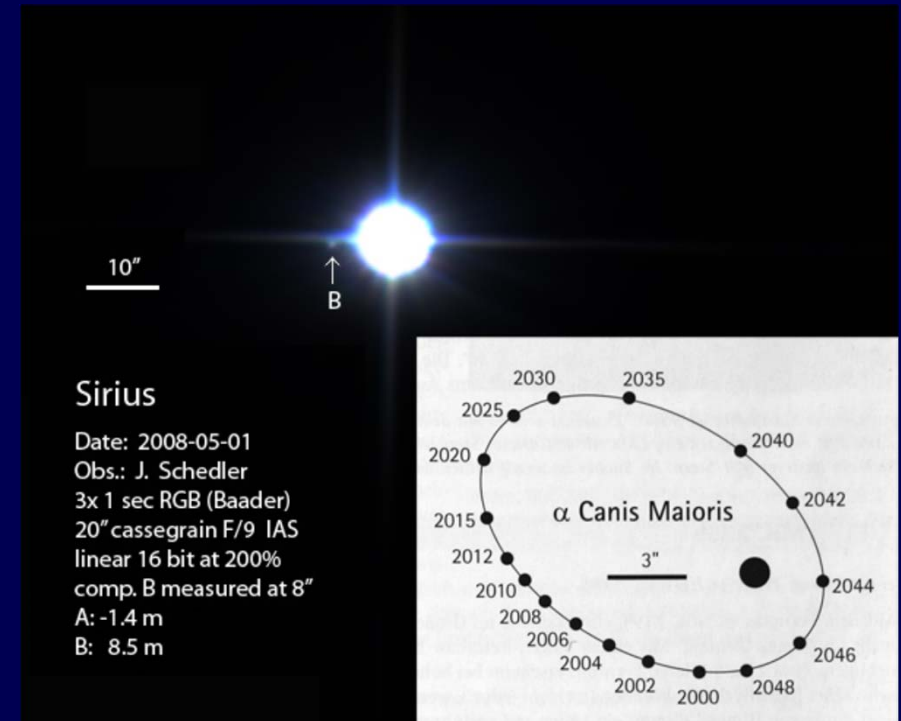
Alpha-Centauri	4,2 LJ
Sirius	8,6 LJ
Altair	17 LJ
Wega	25 LJ
Albireo	434 LJ
Beteigeuze	640 LJ
Rigel	770 LJ

Interstellare Materie:

Gase wie Wasserstoff,
Sauerstoff, Stickstoff,
Helium,
Staub



Albireo



Johannes Schedler 2019

Sternbild Orion

Geburtsstätte neuer Sterne

Links 10 s Belichtung

Rechts 4 h Belichtung

beide mit DSLR 50 mm Objektiv

Entfernung Nebel 1350 Lichtjahre



Beteigeuze



Pferdekopfnebel



Johannes Schedler 2019

Adlernebel (M 16)

Entfernung: 7000 LJ

Staub und Gas wird durch den
Sternenwind bzw. Strahlung
abgetragen



Johannes Schedler 2019

Hantelnebel (M 27)

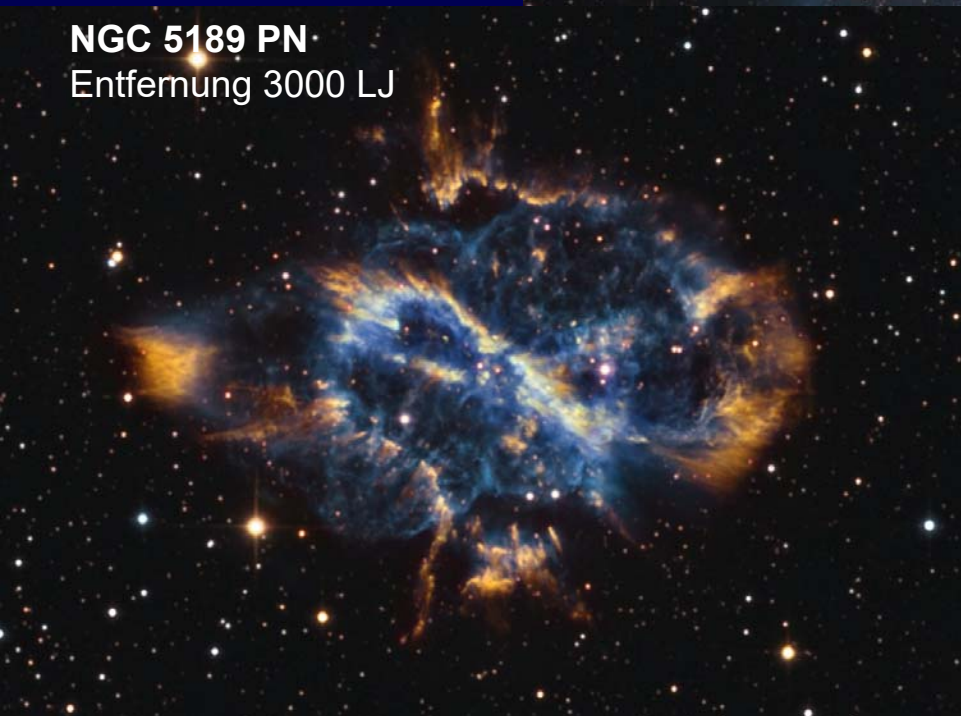
Entfernung 1400 LJ

Das Schicksal unserer
Sonne in Mrd Jahren:
„Planetarische Nebel“



NGC 5189 PN

Entfernung 3000 LJ



Eskimonebel

Entfernung: 3000 LJ



Saturnnebel

Entfernung: 2400 LJ



Johannes Schedler 2019

Massereiche Sonnen:

Supernova am Ende
des Lebenszyklus

Krebsnebel (M 1)
entstanden aus einer
Supernova im Jahr 1054
Damals taghell!

Entfernung: 6300 LJ



Große Magellansche Wolke

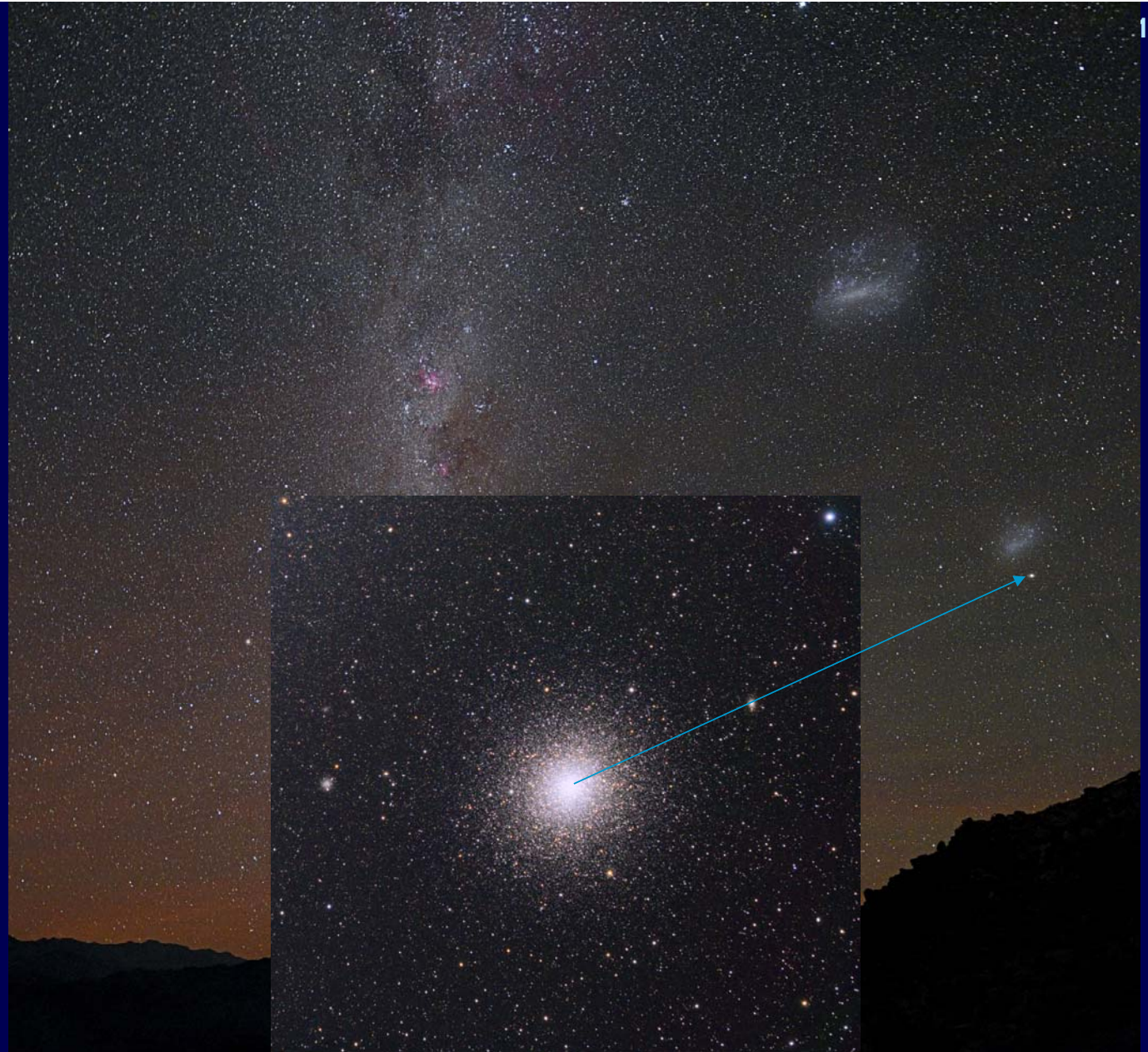
Entfernung: 170.000 LJ
15 Mrd Sterne

Kleine Magellansche Wolke

Entfernung: 209.000 LJ
5 Mrd Sterne

47-Tucanae (NGC 104)

Kugelsternhaufen
Entfernung: 17.000 LJ
500.000 Sterne



Johannes Schedler 2019

Andromeda Galaxie

Entfernung 2,5 Mio LJ
ca. 100 Mrd Sterne

Annäherung an
unsere Milchstraße
Kollision in 4 Mrd J



Dreiecksgalaixie (M33)
Entfernung: 2,8 Mio LJ

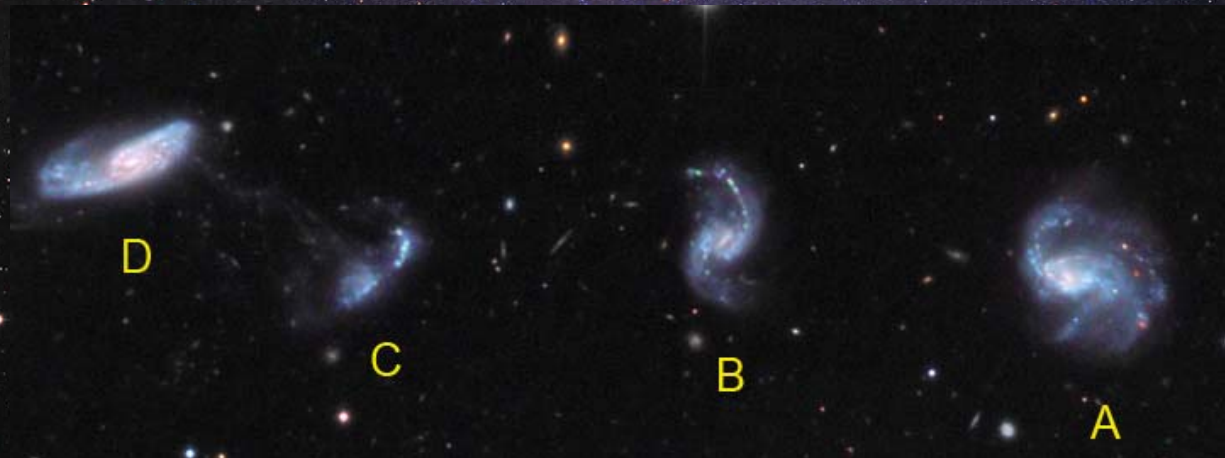




Sculptor Galaxie (NGC 253)
Abstand 11 Mio LJ

NGC 247 Galaxie
Entfernung 11 Mio LJ

Burbidge Chain
Entfernung 300 Mio LJ





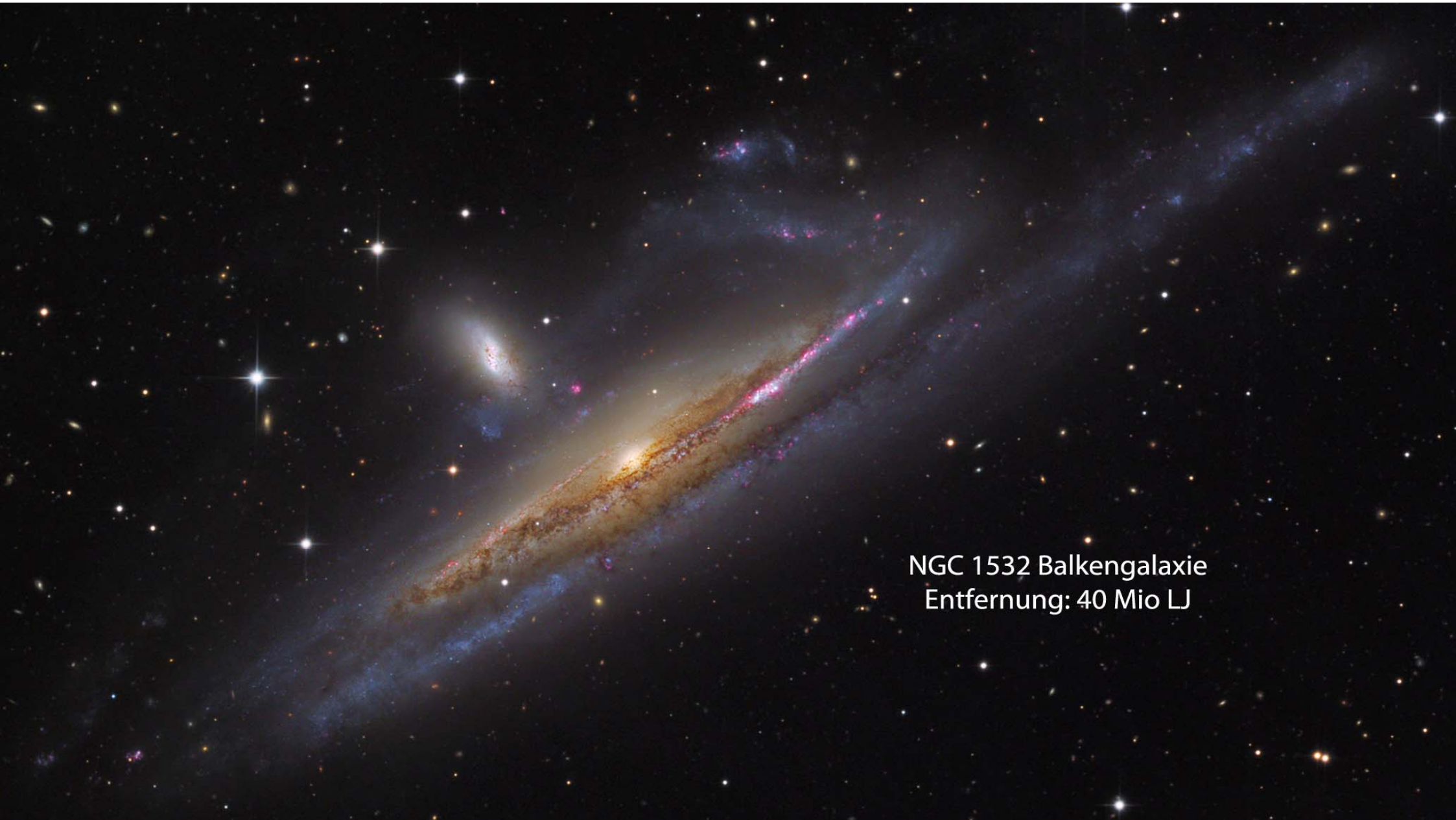
NGC 1313 Starburst Galaxie
Entfernung 14 Mio LJ

M 83 Spiralgalaxie
Entfernung 15 Mio LJ



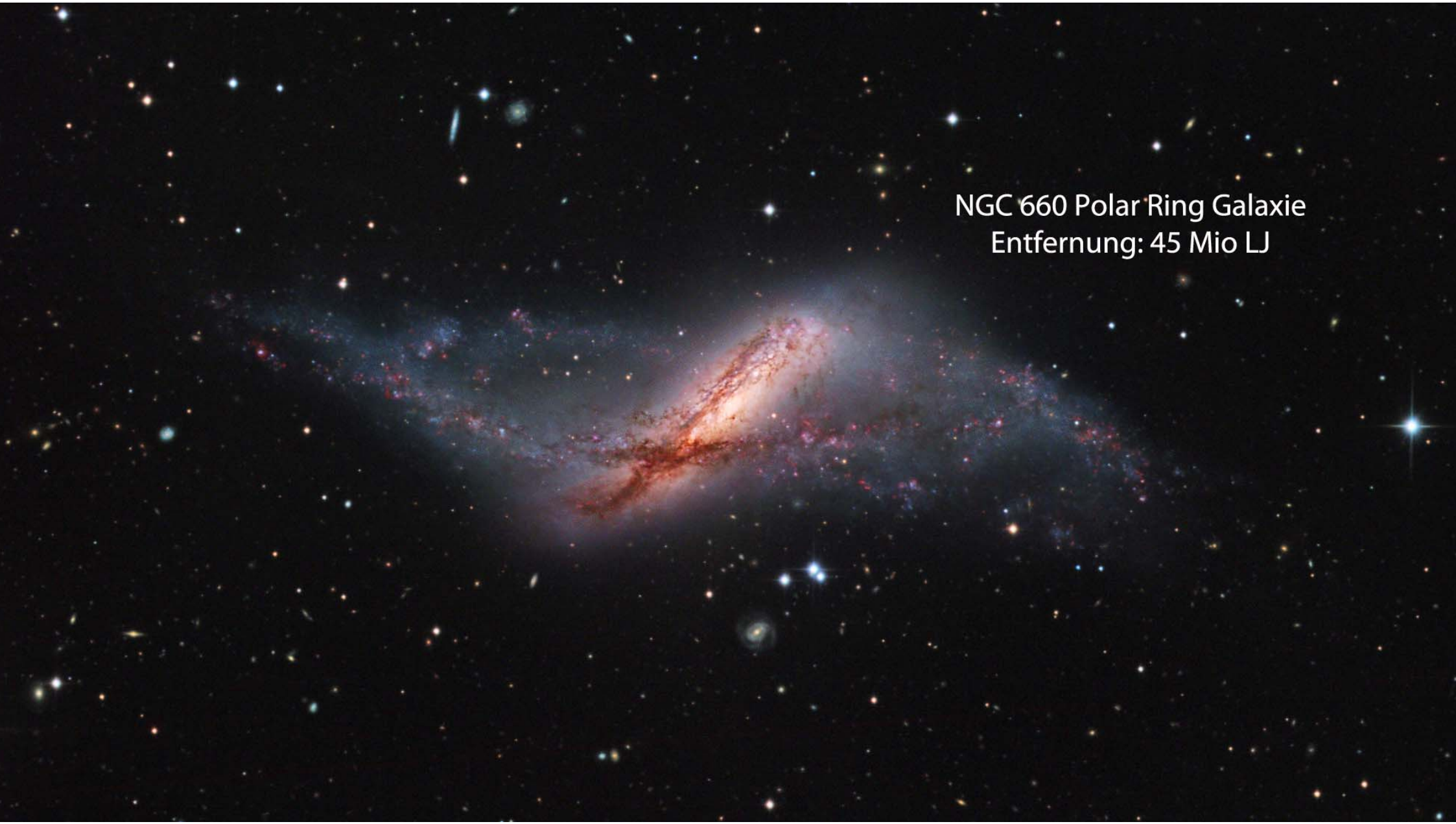
Whirlpool Galaxie (M51)
Entfernung 37 Mio LJ



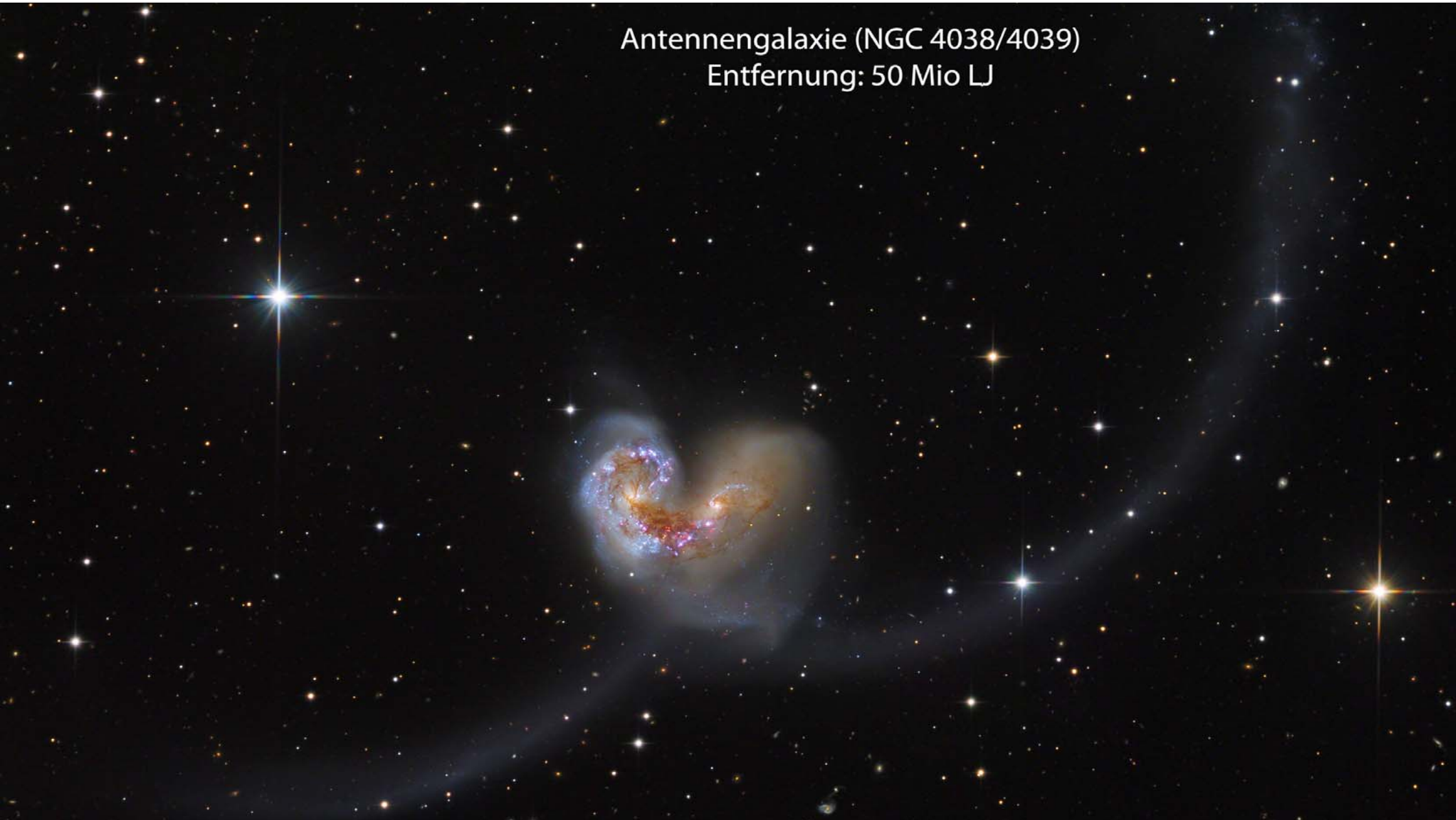


NGC 1532 Balkengalaxie
Entfernung: 40 Mio LJ

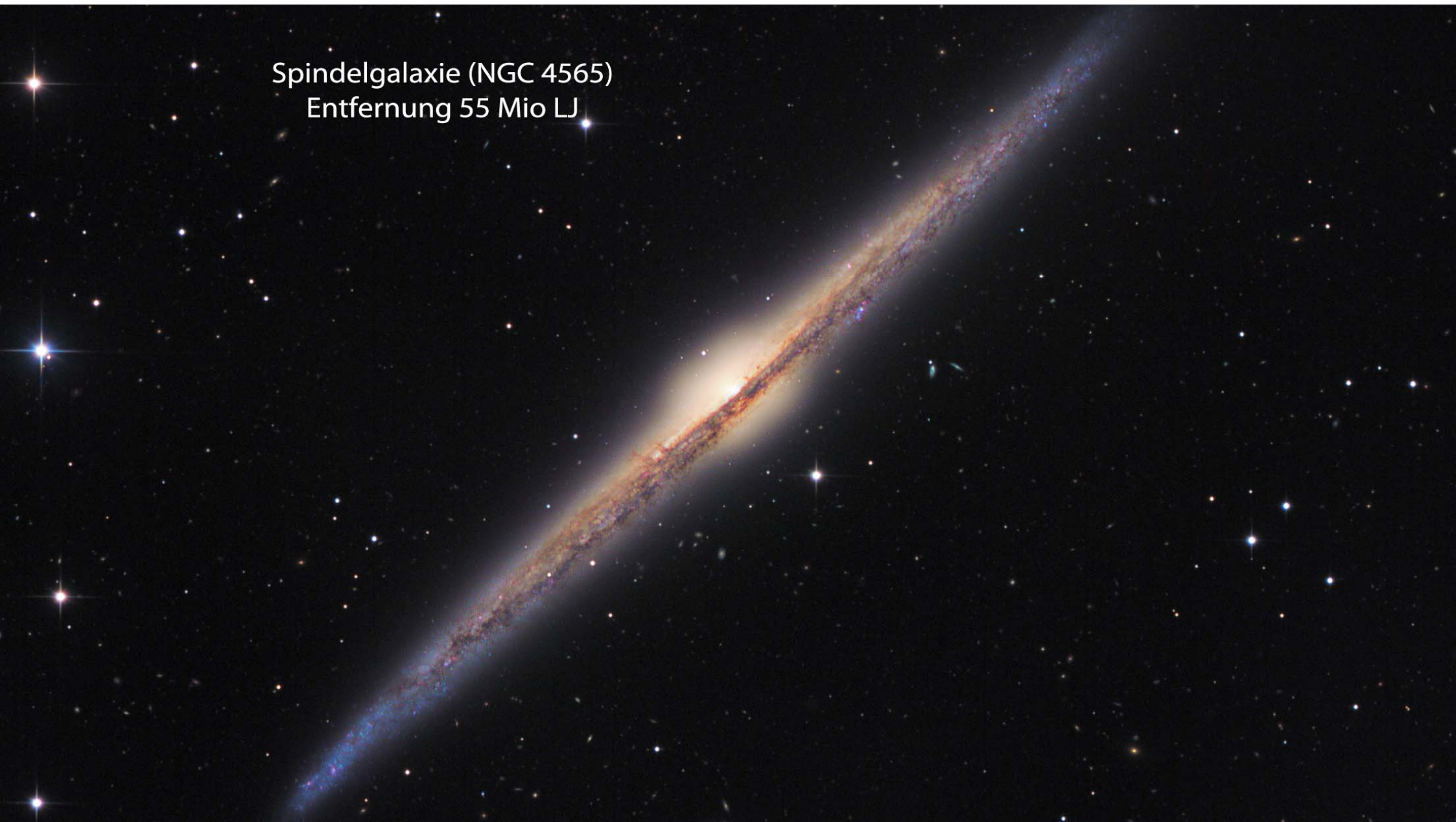
NGC 660 Polar Ring Galaxie
Entfernung: 45 Mio LJ

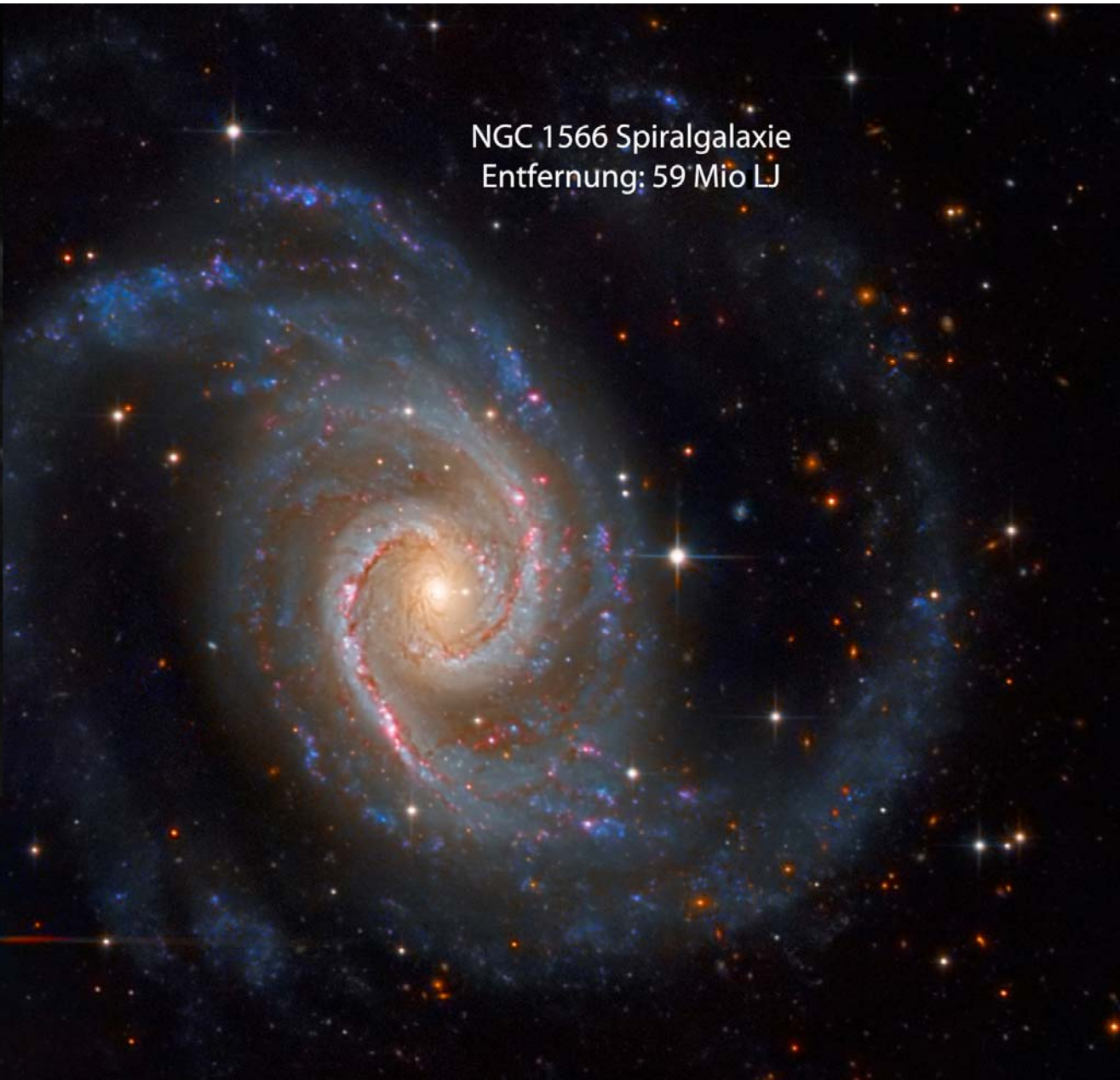
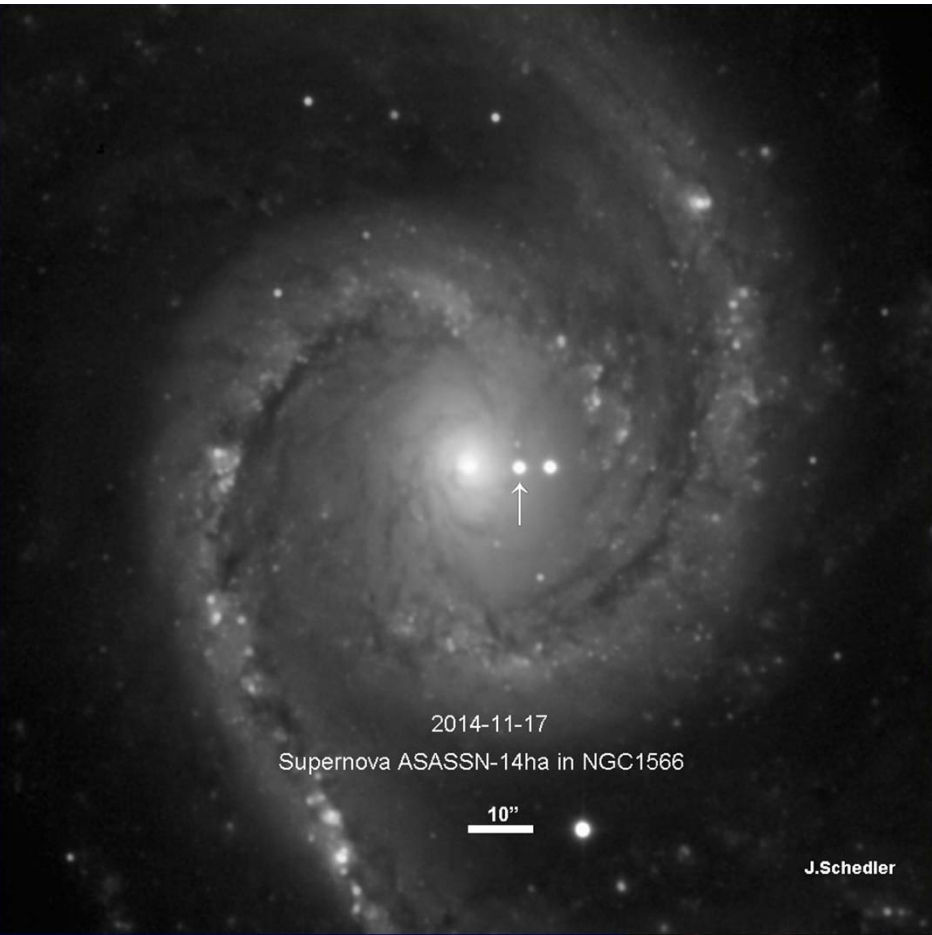


Antennengalaxie (NGC 4038/4039)
Entfernung: 50 Mio LJ



Spindelgalaxie (NGC 4565)
Entfernung 55 Mio LJ





NGC470/474 ww-Galaxien
Entfernung 107 Mio LJ

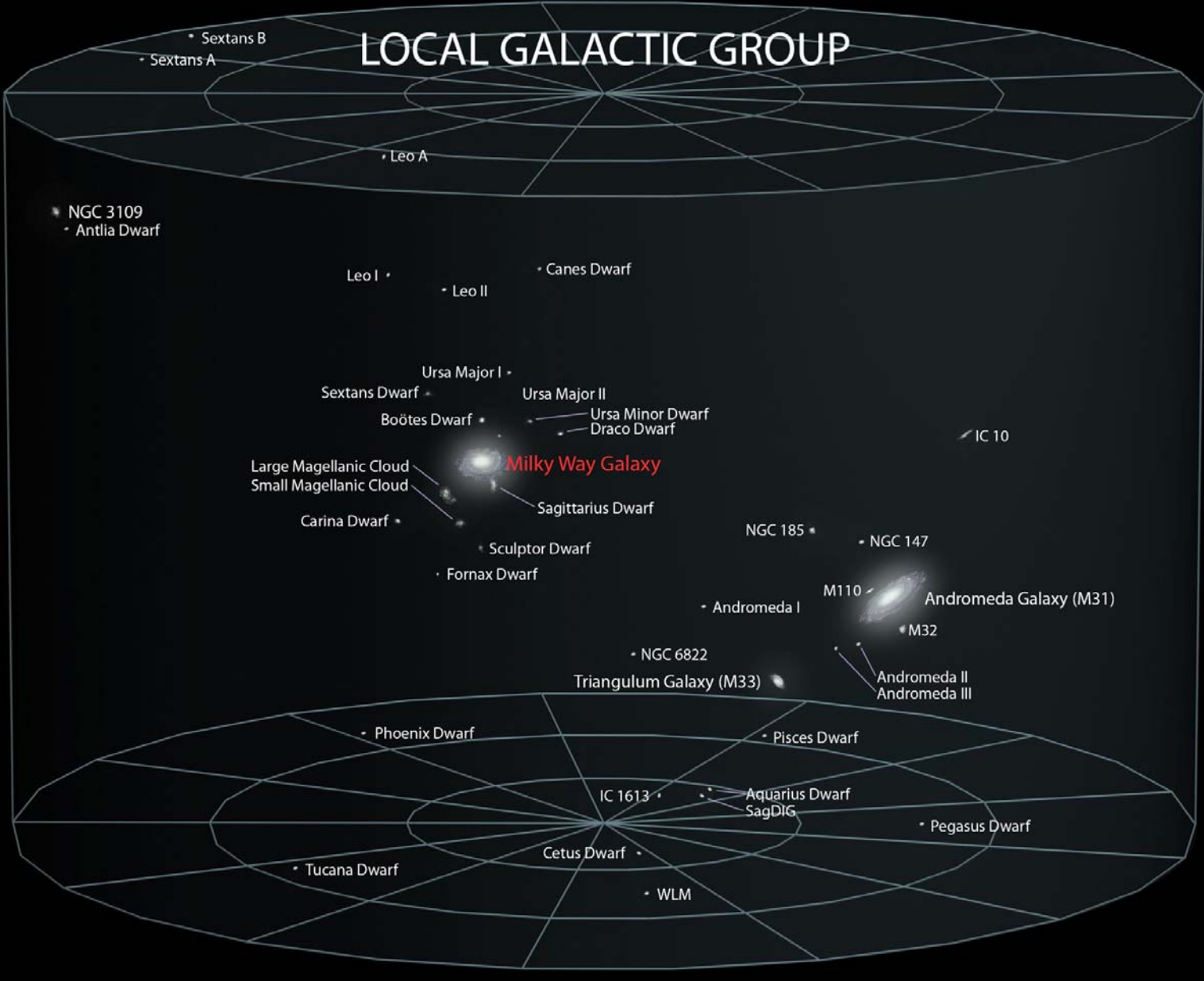


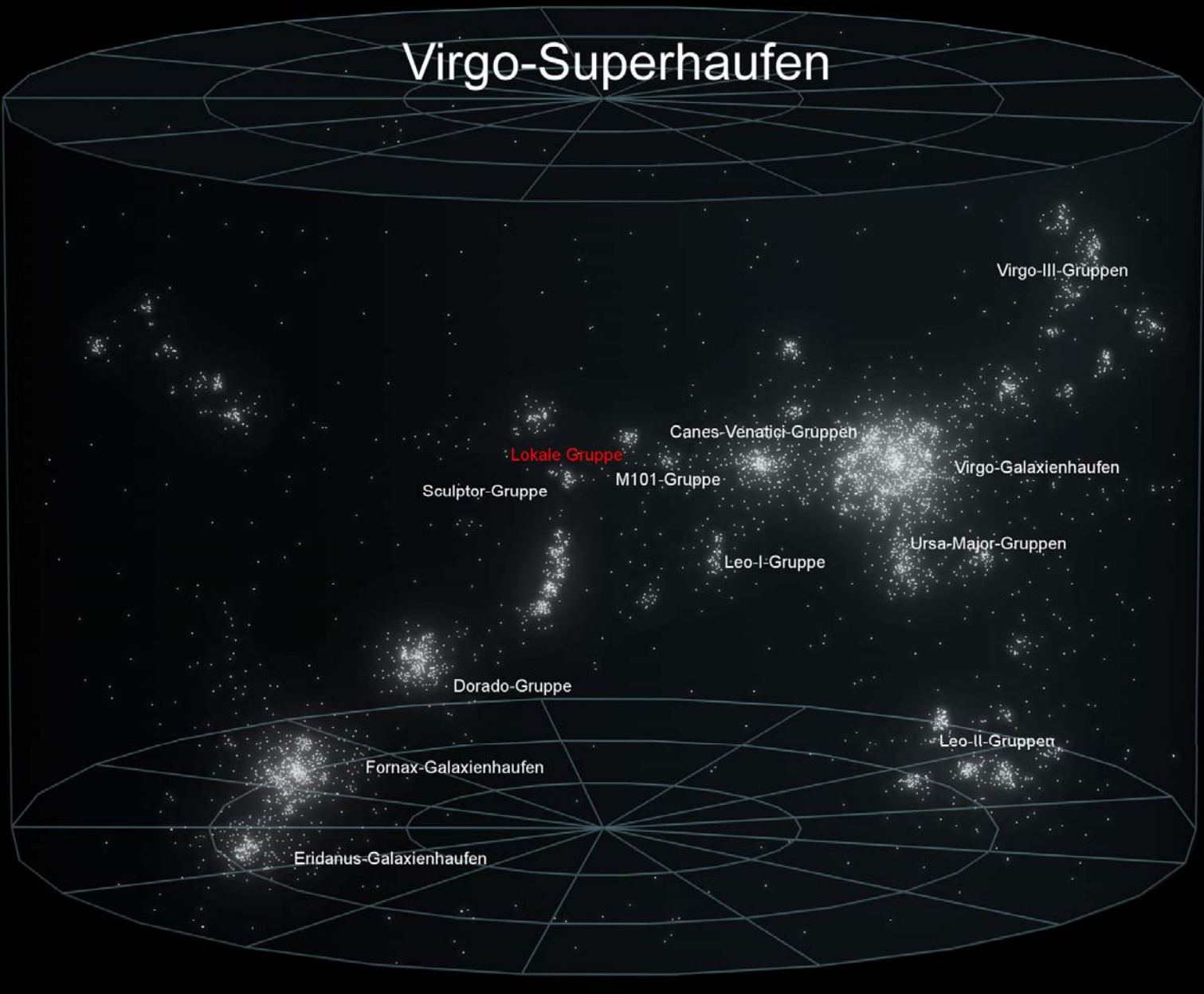


Shapley Supercluster

Entfernung 650 Mio LJ (10.000 MW)

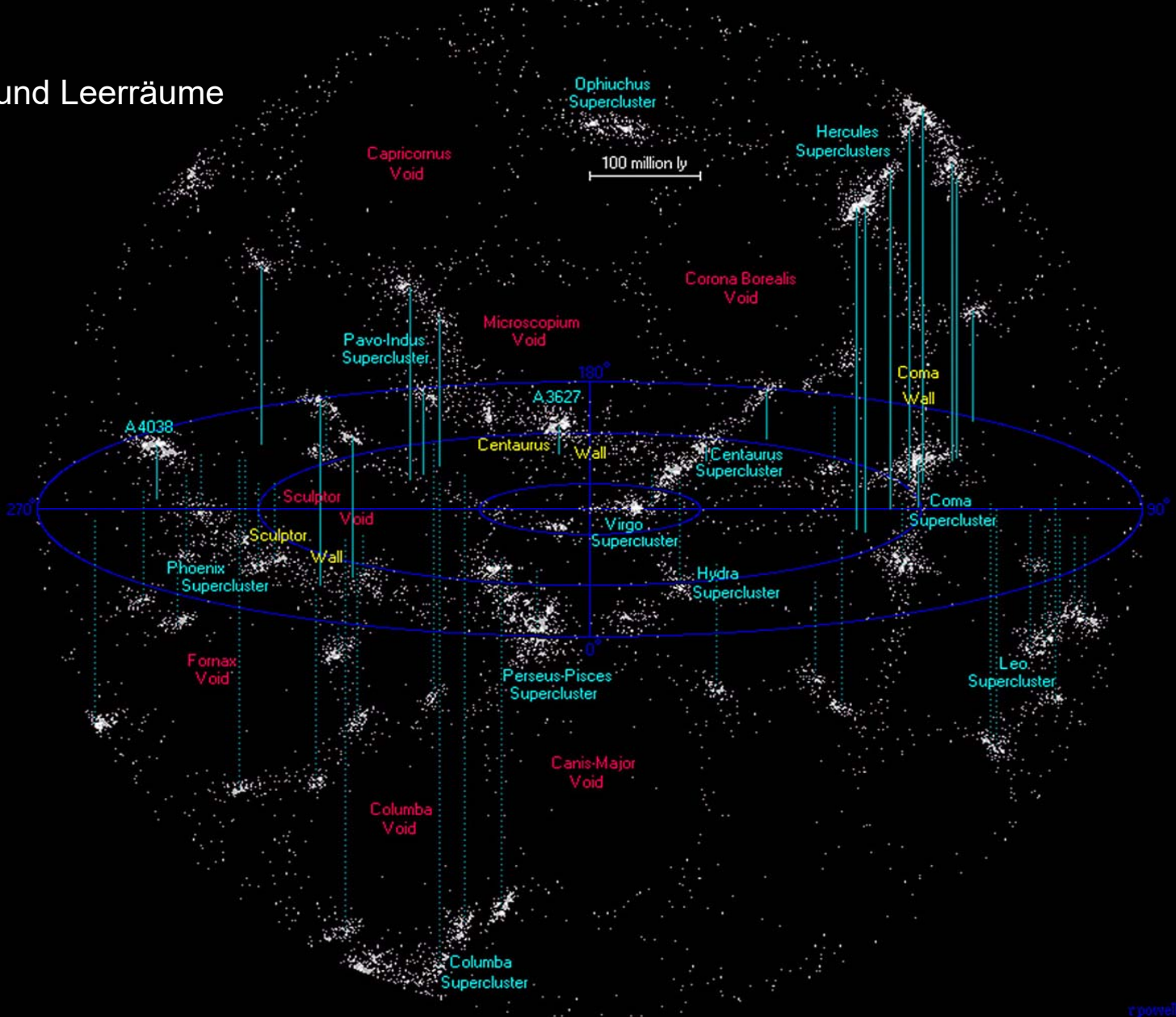
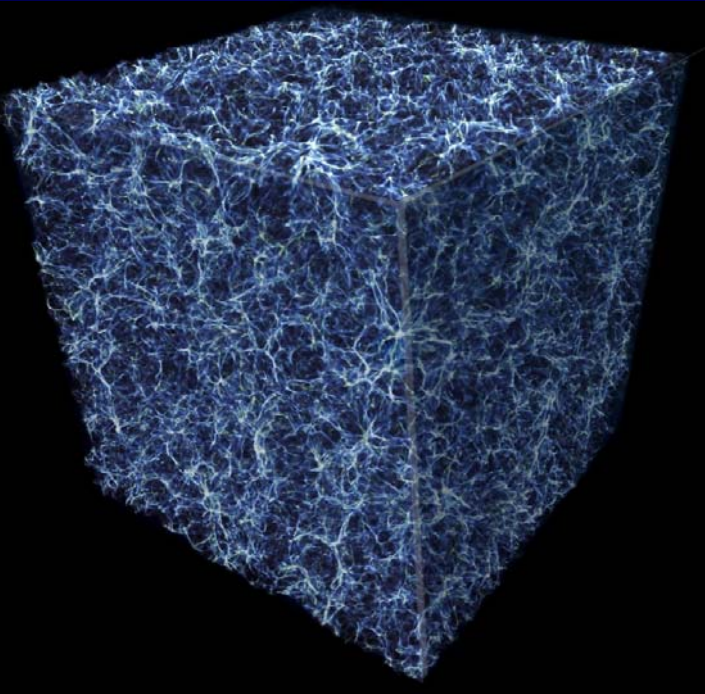
Belichtung 34 h





Superhaufen und Leerräume

Filamentstruktur des Universums



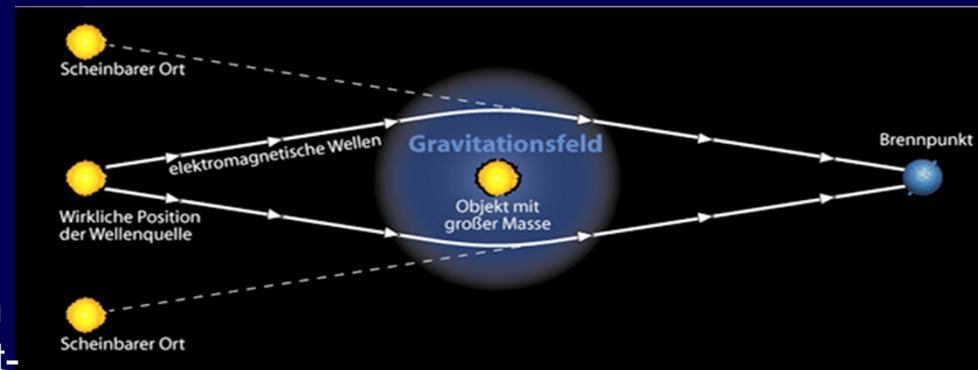
Definition Gravitationslinseneffekt

Als Gravitationslinsen bezeichnen Astrophysiker generell Objekte, die allein aufgrund ihrer hohen Masse, Strahlung signifikant abzulenken vermögen. Gemäß der Allgemeinen Relativitätstheorie krümmt Masse die Raumzeit lokal und lenkt damit die Bahnen anderer Teilchen und von Strahlung ab. Erster Nachweis bei Sonnenfinsternis 1919: 1,75“.

Albert Einstein spekulierte schon 1936 auf der Basis seiner Theorie über die Existenz von Gravitationslinsen. Er selbst hatte es nicht für möglich gehalten, dass man dies je beobachten würde. Heute ist eine Vielzahl von gelinsten Objekten bekannt.

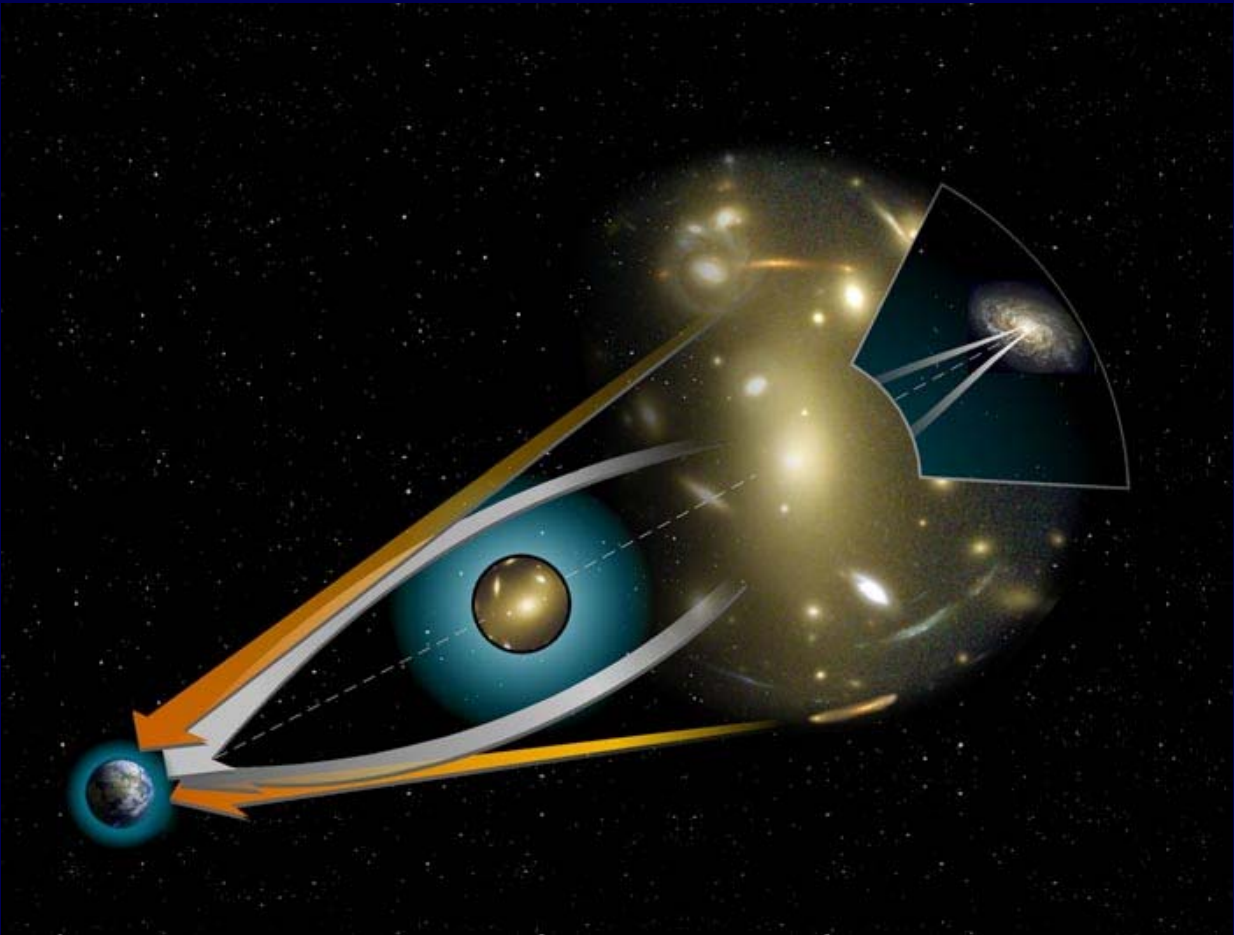
Viele Quasare und Galaxien sind darunter, die Doppelbilder, Bögen, Einsteinkreuze und Einstein-Ringe zeigen.

Auch die Effekte, die ein einzelner Stern oder stellares schwarzes Loch auf die Strahlung eines Hintergrundobjektes ausübt, können beobachtet werden. So hat man eine Reihe von massiven Objekten nachgewiesen, indem ein Einzelstern das Licht eines dahinterliegenden, wesentlich schwächeren Objektes gebündelt und so kurzzeitig verstärkt hat > Microlinseneffekt.



Wichtige Erkenntnisse zu dunkler Materie und dunkler Energie und Entwicklung des Universums werden mittels Gravitationslinsen gewonnen.

Krümmung der 4-D Raumzeit bzw. Ablenkung
des Lichtes durch Masse bzw. Gravitation



Erster fotografischer Nachweis eines Quasars (entdeckt 1979)

Der **Quasar** Q0957+561, war das erste Beispiel eines durch eine Gravitationslinse verdoppelten Objektes.

Die 2 sternförmig abgebildeten Objekte sind 6.1" voneinander entfernt und je 16,5 mag hell.

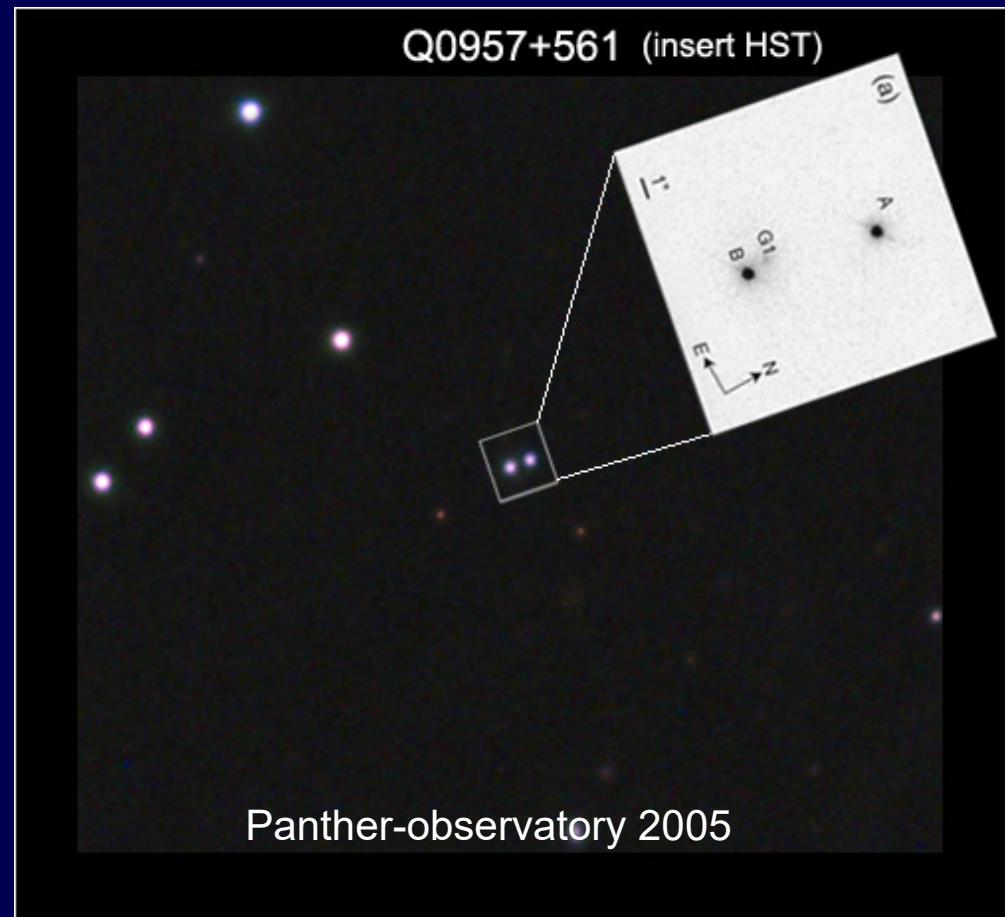
Die starke UV Strahlung wird durch die Rotverschiebung von $z=1,41$ ins blaue Licht verschoben.

Entfernung Gx als Linse: 4 Mrd LJ

Entfernung Quasar: 9 Mrd LJ

Die zwei Lichtkurven sind zueinander zeitlich um 417 Tage verschoben.

Rechts: Aufnahme von Wildon mit 40 cm Spiegelteleskop



Abell 370 Galaxienhaufen im Walfisch

Entfernung 5 Mrd LJ (Gx-Haufen)

Entf. Bögen bis $z=6,5$ (26 GLJ)

Sehr starker Gravitationsbogen 20"

2002: HCM-6A, 12.8 Mrd LJ entfernt



Vergleich Chart32 mit Hubble

Abell 1689 Galaxienhaufen in Virgo

Entfernung Haufen 2,2 Mrd LJ

Bögen bis $z = 7,6$ (27 GLJ)

Sehr viele Gravitationsbögen

Studien über dunkle Materie
und dunkle Energie



Vergleich Chart32 mit Hubble

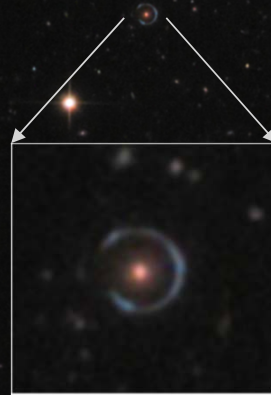
„Cosmic Horseshoe“ Einsteinring

Position: RA 11h48m33.15s DEC 19d30m03.5s

Linsengalaxie (LRG 3-757) mag_r 19 Entf. 5,2 Mrd LJ Masse 100 x MW

Einsteinring mag_b 20,3, Entf. 10,3 Mrd LJ $z = 2,38$ D 10"

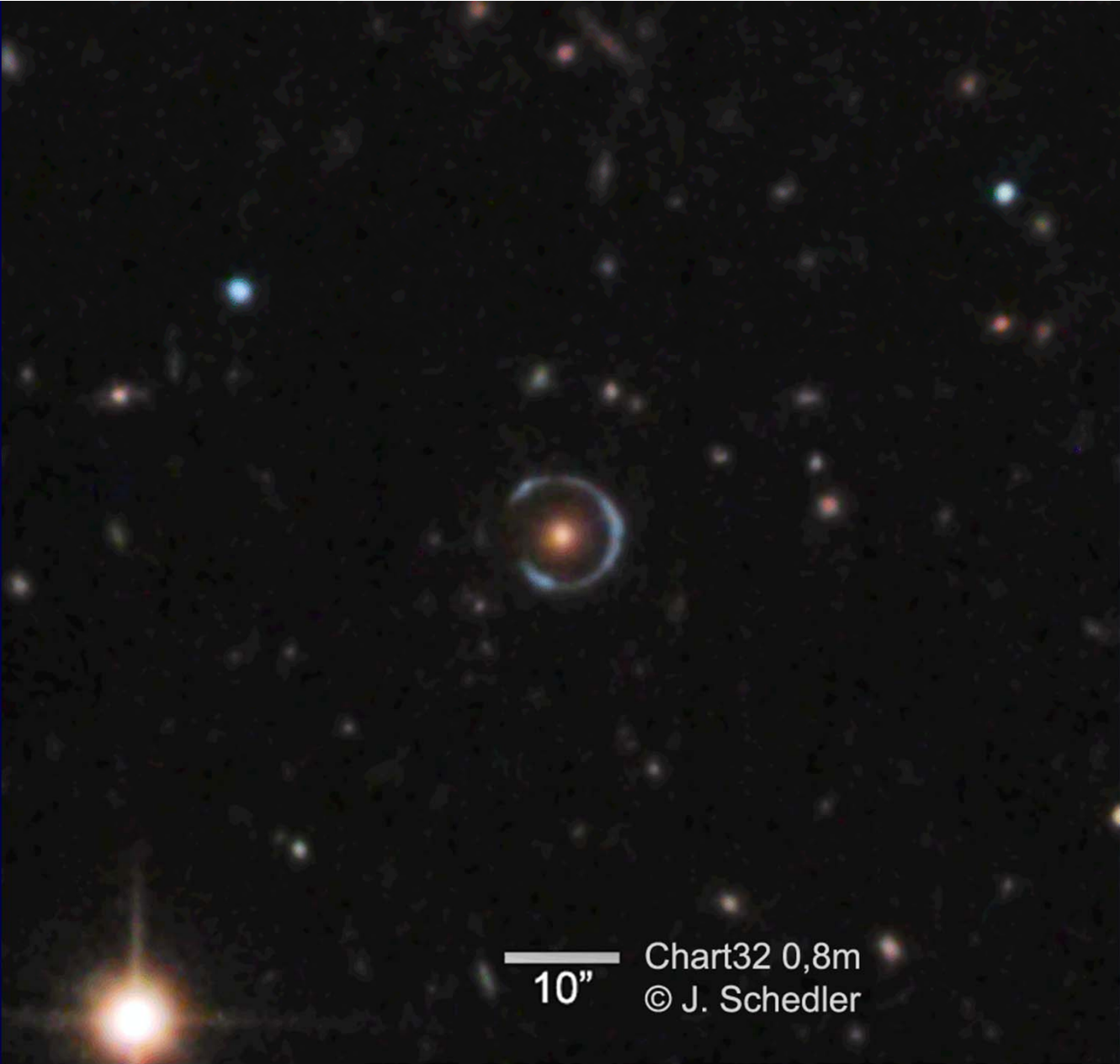
Linsenvergrößerung ca. 50 fach



Johannes Schedler 2019

Cosmic Horseshoe

Vergleich Chart32 zu Hubble



10" Chart32 0,8m
© J. Schedler

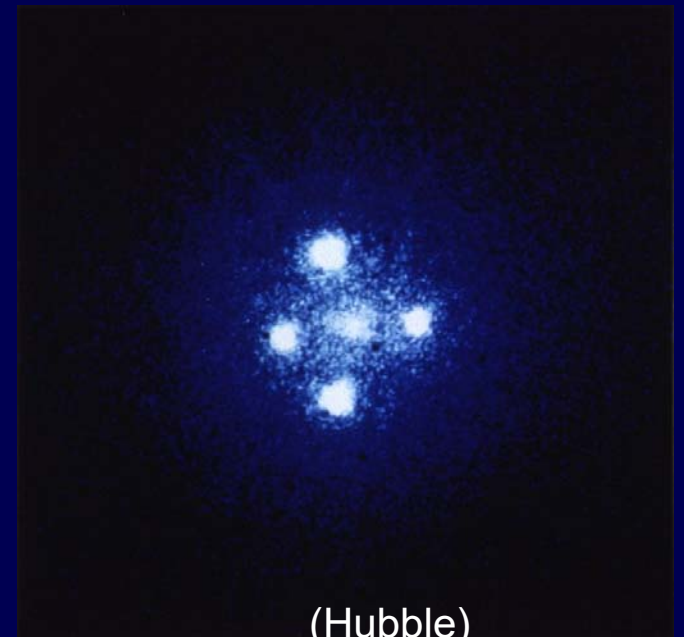
Einsteinkreuz (entdeckt 1985)

Das Einsteinkreuz, auch QSO 2237+0305, ist ein Gravitationslinsen-system im Sternbild Pegasus. Der Quasar steht von der Erde aus gesehen exakt hinter dem Kern einer etwa 400 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie PGC 69457, mit mag 15,4 die als Gravitationslinse wirkt und als Huchras Linse bekannt ist.

Durch die Gravitationslinse entstehen vier ähnlich helle Bilder des Quasars in Form eines Kreuzes mit dem Galaxienkern im Zentrum.

Die gegenüberliegenden Bilder des Quasars im Einsteinkreuz haben einen scheinbaren Abstand von 1,6 Winkelsekunden.

Helligkeit der Komponenten: mag 17,4 – 18,7



(Hubble)
RA 22:40:30
DEC 03:21:31

Johannes Schedler 2019

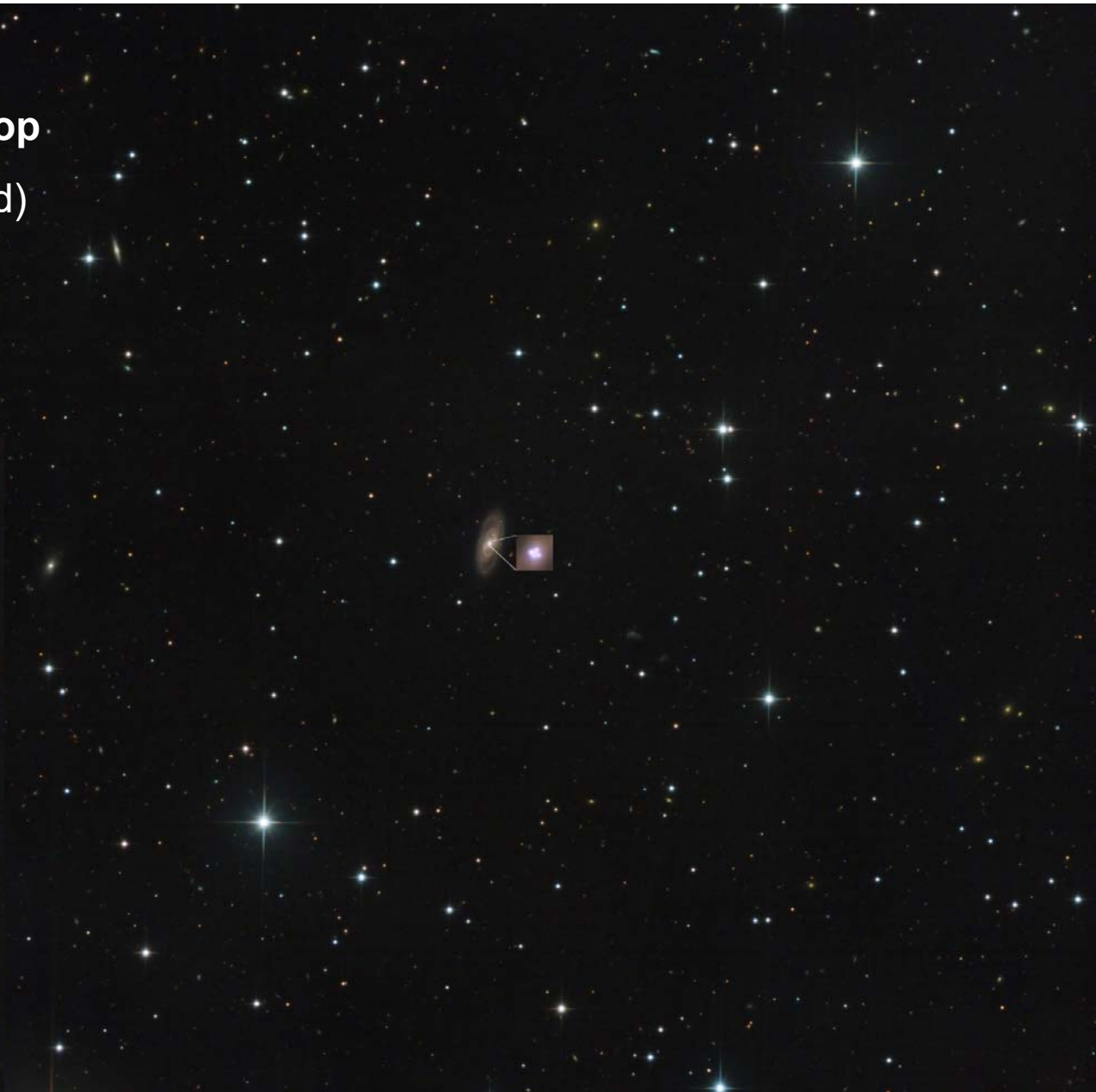
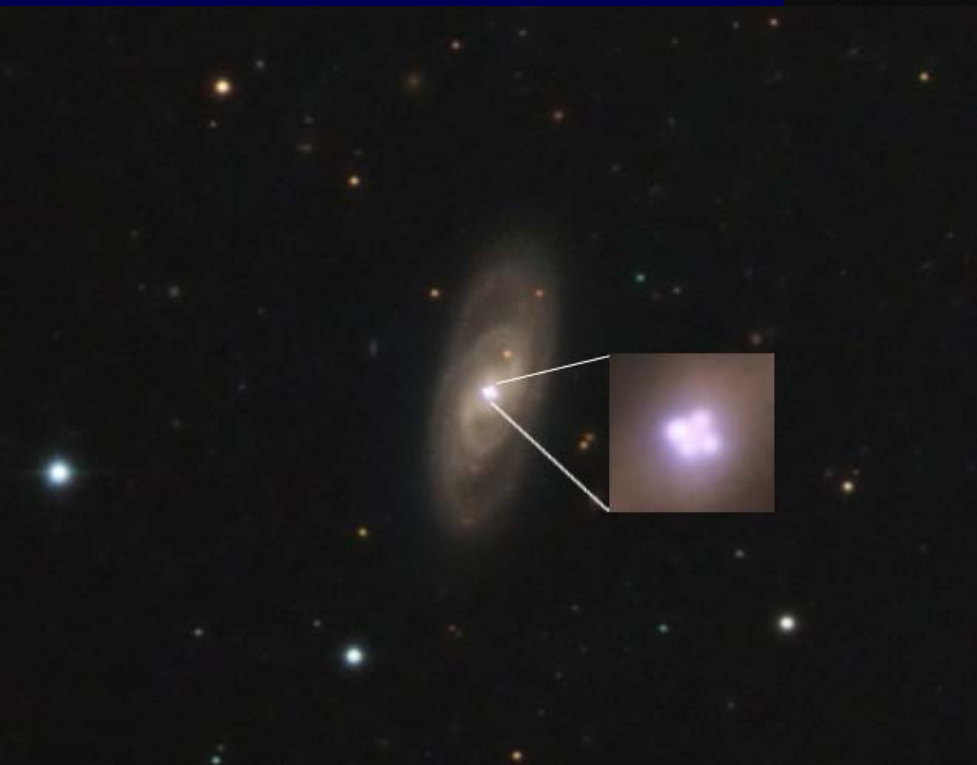
Einsteinkreuz mit Chart32 Teleskop

Quasar -4-fach abgebildet (1,2" Abstand)

Entfernung Gx-Linse: 400 Mio LJ

Entfernung Quasar: 8 Mrd LJ

Belichtung 13,7 h



Johannes Schedler 2019

Gelinste Galaxie RCGA 032727-132609

entdeckt 2010

Vordergrund: Galaxiencluster in 5,5 Mrd LJ

Hintergrundgalaxie (Mehrfachbild) in 8,8 Mrd LJ

Helligkeit Cluster mag 21.5 bis mag 24.

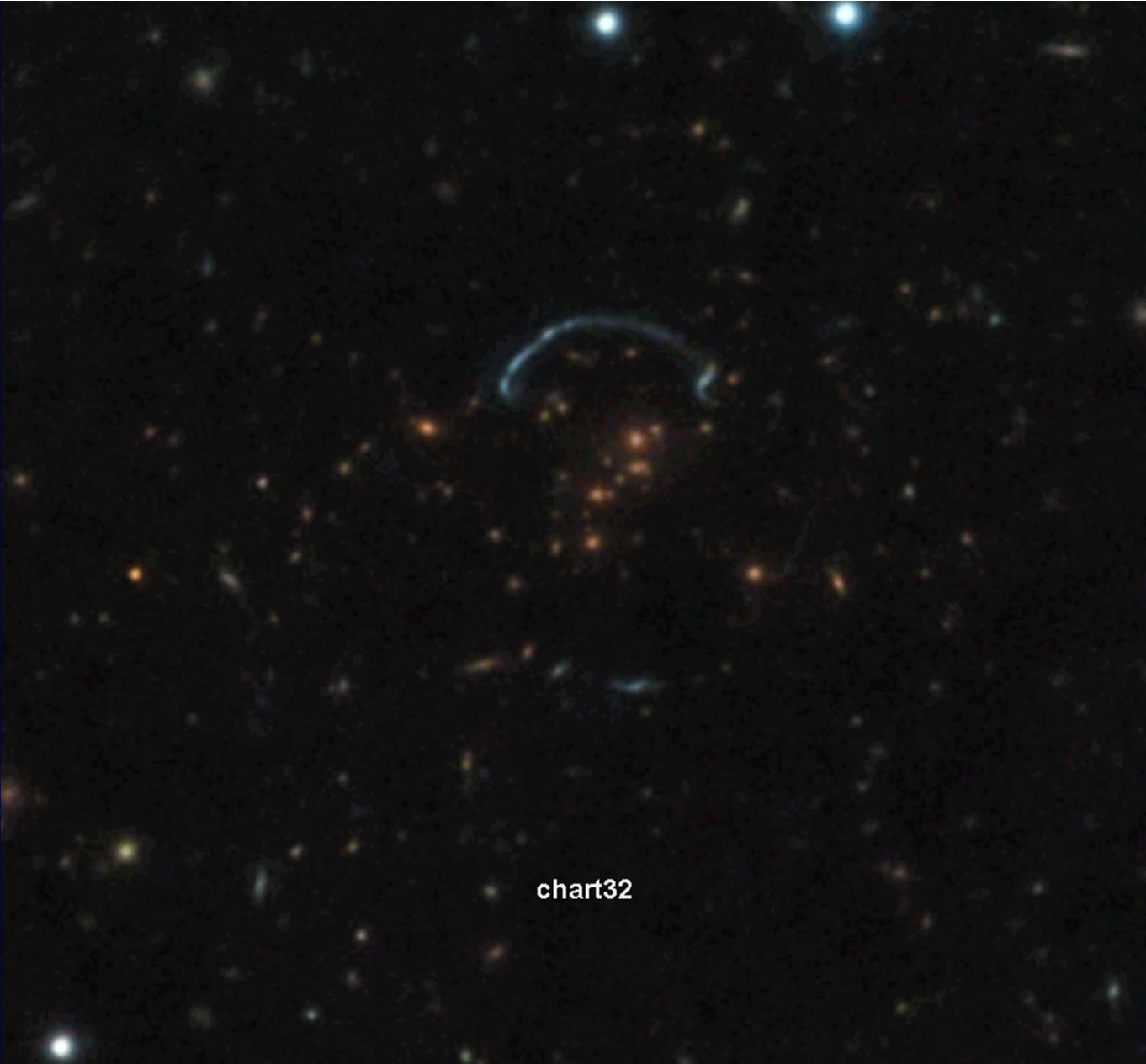
Belichtung 20 h



Johannes Schedler 2019

Gelinste Galaxie
RCSGA 032727-132609

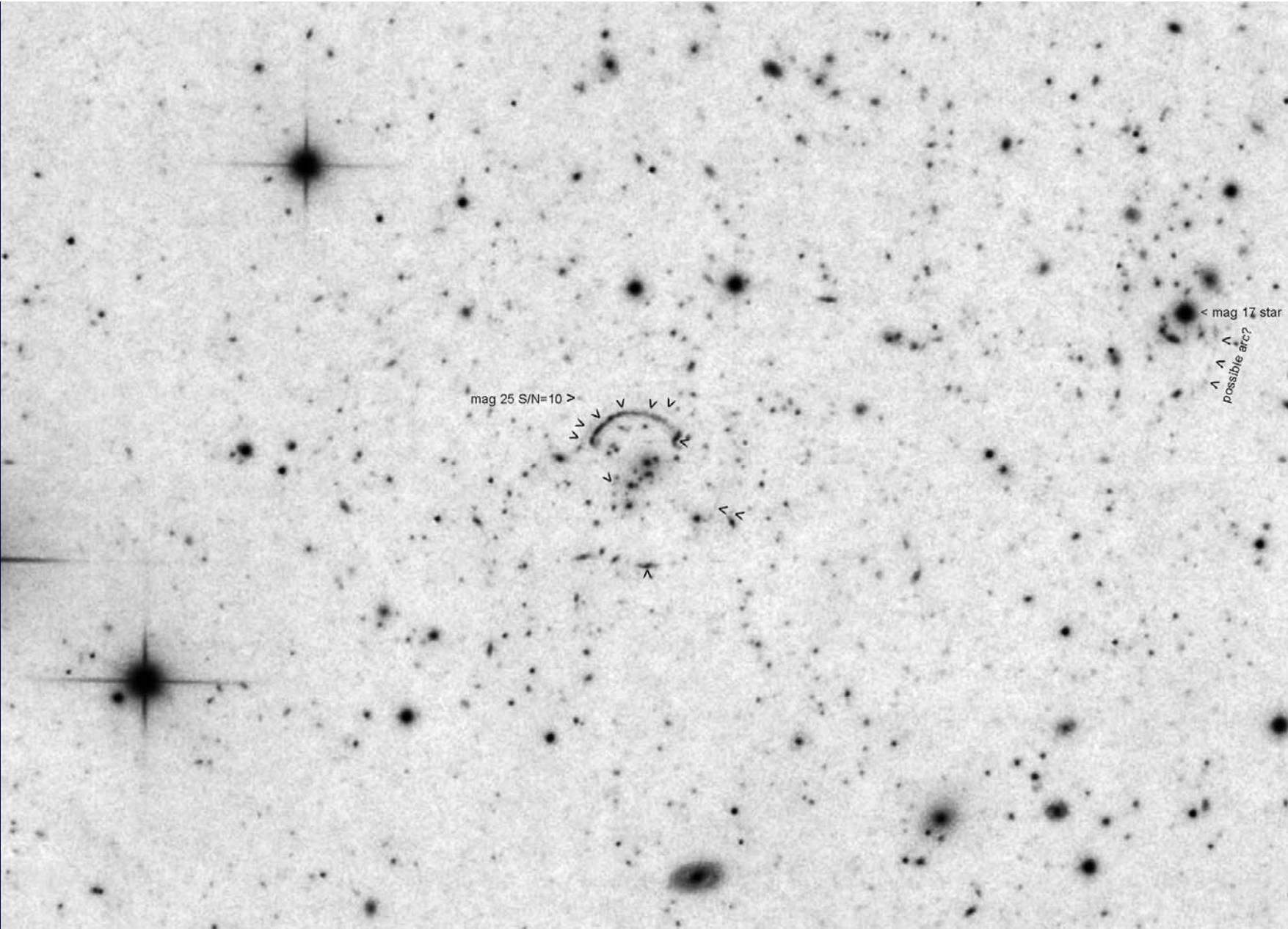
Vergleich chart32 zu Hubble



Johannes Schedler 2019

Gelinste Galaxie
RCSGA 032727-132609

Invertierte Darstellung



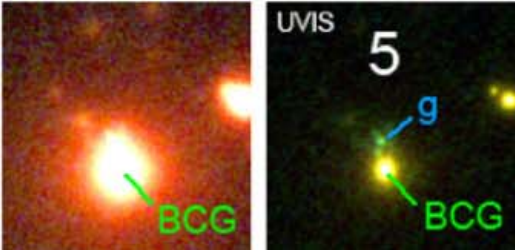
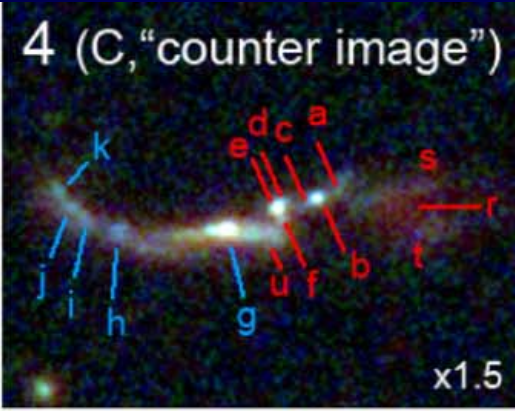
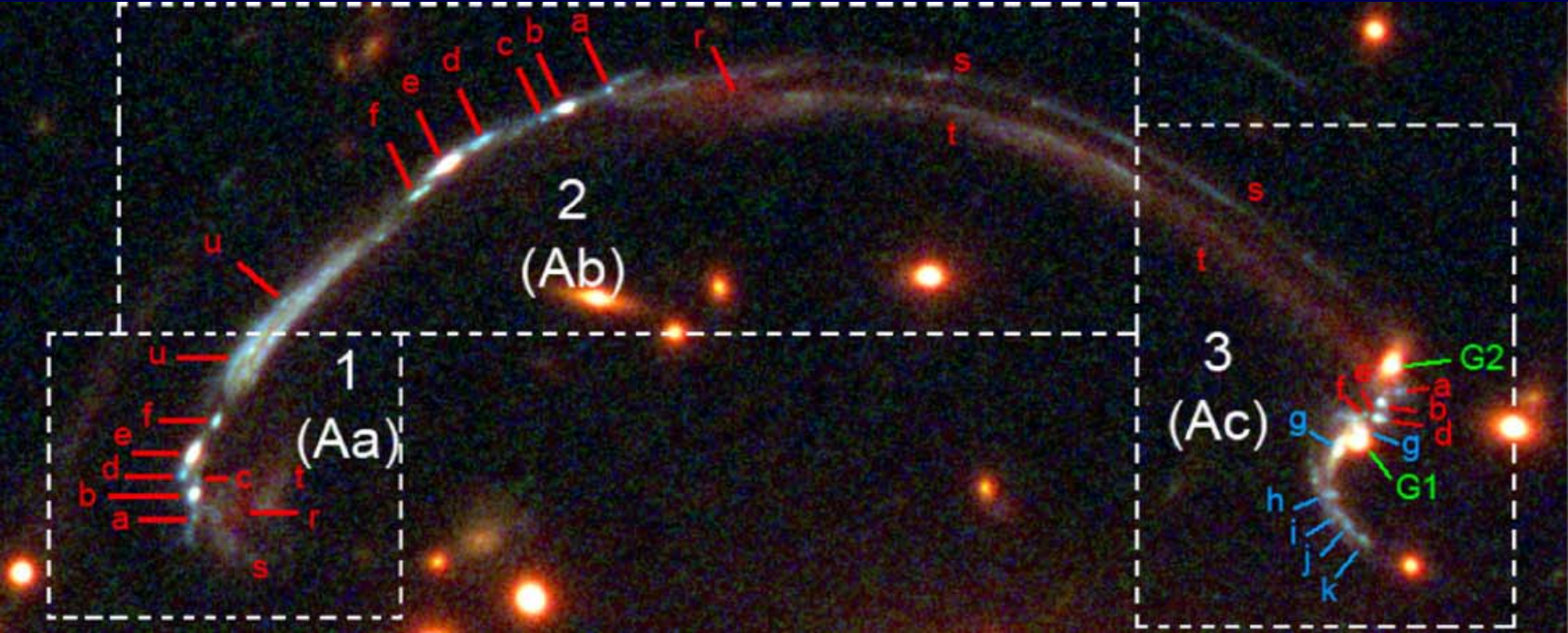
mag 25 S/N=10 >

< mag 17 star

^ ^ ^
possible arc?

Gelinste Galaxie RCGA 032727-132609

5 Gruppen von Gx - Abbildungen!



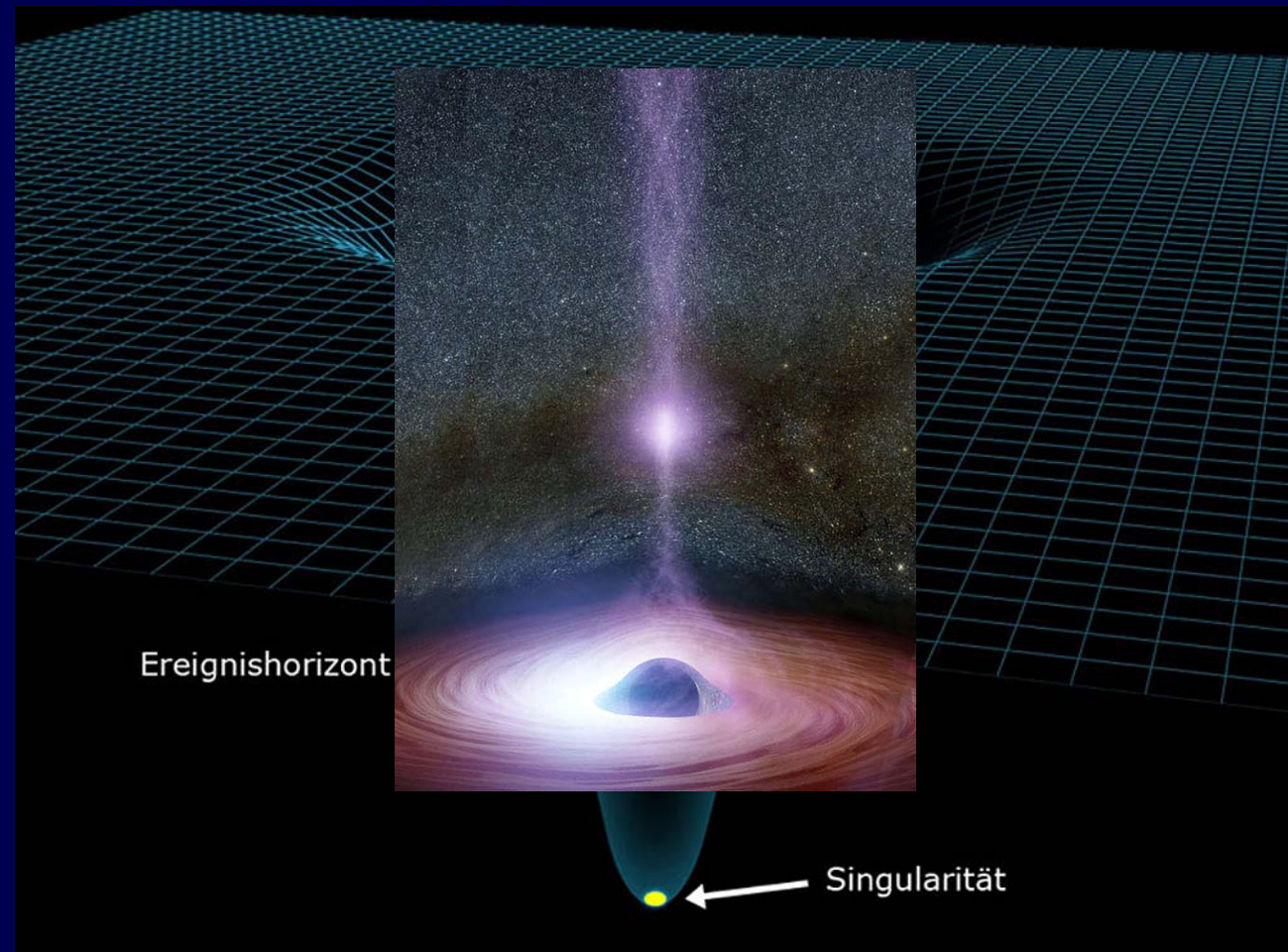
Schwarzes Loch (Black Hole)

Entsteht beim Kollaps großer Sterne:
"stellare" schwarze Löcher

Sehr große schwarze Löcher befinden
sich im Zentrum aller Galaxien

Masse ist punktförmig > Singularität

Innerhalb des Ereignishorizontes kann
kein Licht entkommen- schnelle Rotation

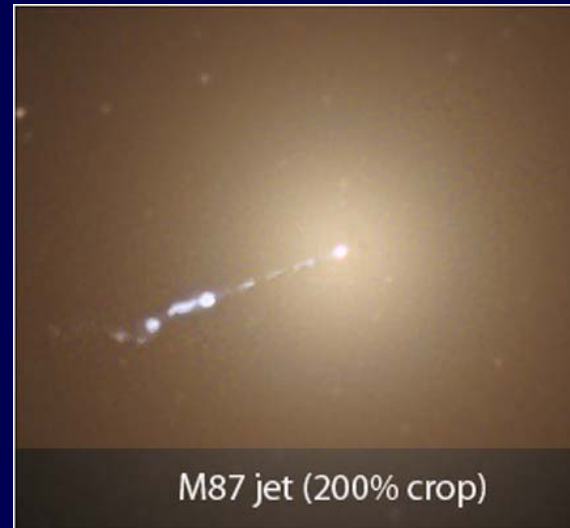


M 87 Schwarzes Loch und Jet

Elliptische Riesengalaxie, Entf. 55 M LJ

Länge Plasma-Jet 5000 LJ

Länge fotografisch 20"



M87 jet (200% crop)

chart32



Illustration schwarzes Loch

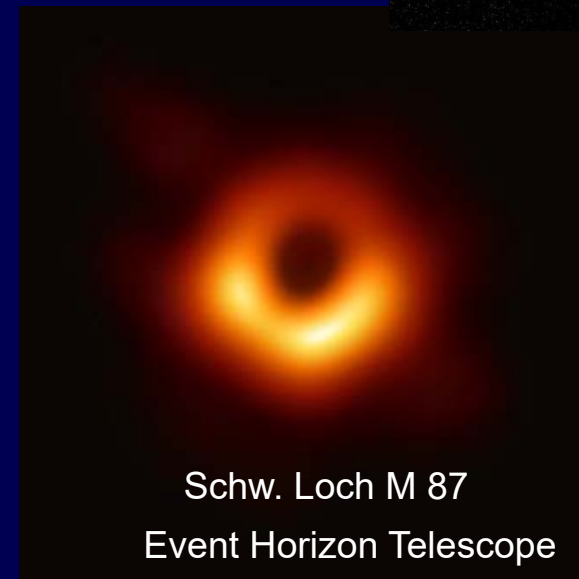
Schwarzes Loch im Zentrum mit 6,5 Mrd Sol-Massen

Durchmesser Schwarzschild Horizont: 20 Mrd km

Sichtbar: Feuerring um das schw. Loch

Erstes Foto mit über die Erde verteilten und gekoppelten 7 Radioteleskopen (rechts)

14 micro-Bogensekunden von Erde gesehen!

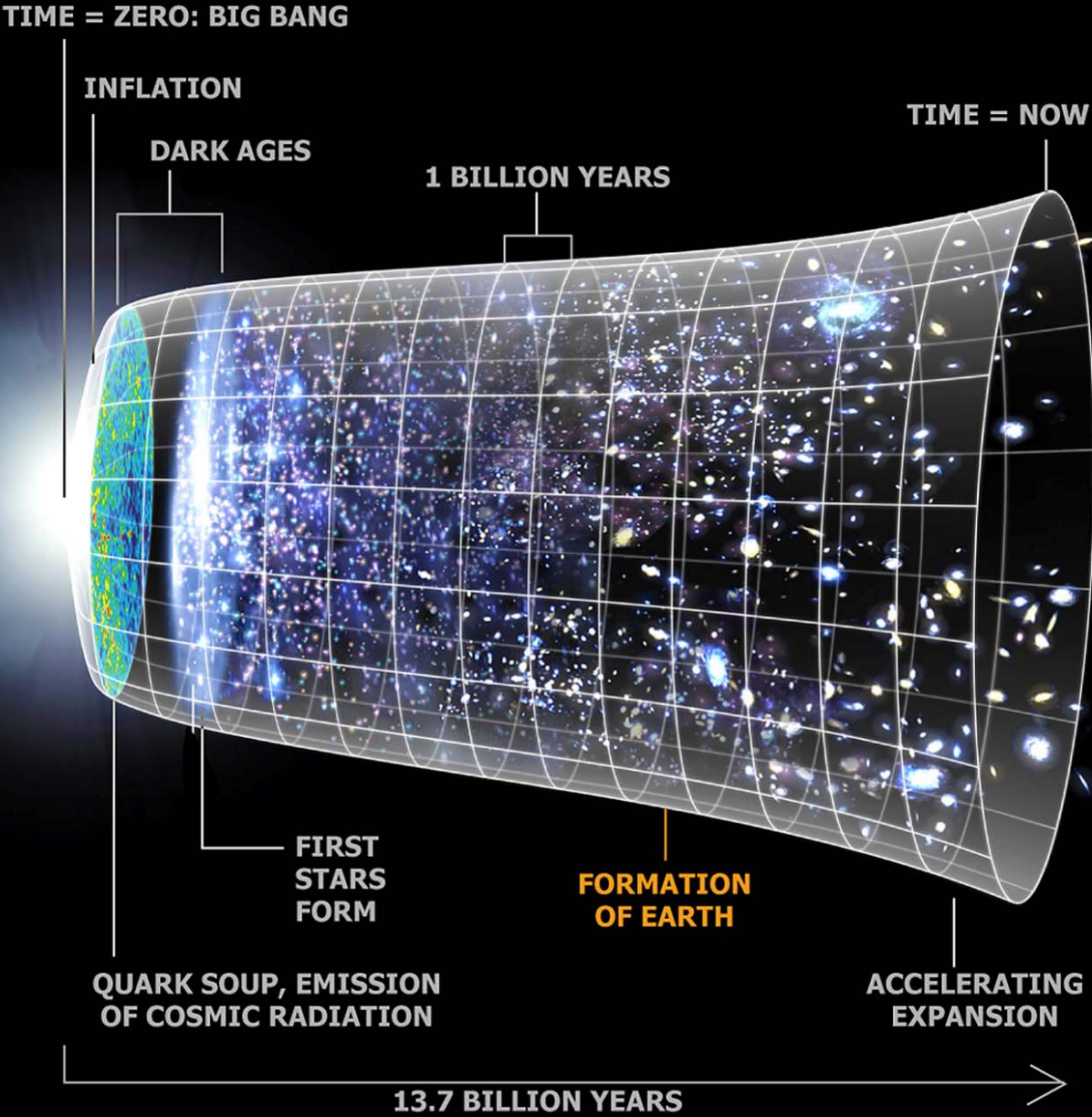
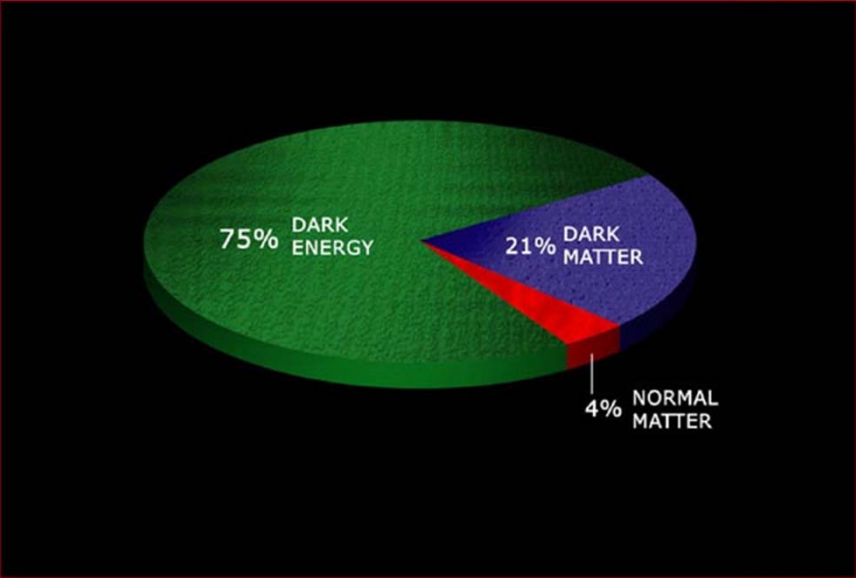


Schw. Loch M 87
Event Horizon Telescope

Kosmologie der schwarzen Löcher

Schwarze Löcher		http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_s03.html#sing						
Massenverlust Sonne	4,00E+09 kg/s	http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_g03.html#grava						
Solar mag:	-26,7	rouse@maths.ox.ac.uk						
						1 LJ= 9,46E+15 m		
Vergleich Masse	mass (kg)	Lifespan (y)	lifespan (s)	evap. rate (kg/s)	Hawking T (K)	Schw-Sch-radius (m)	density (kg/m ³)	
	1,00E+03	2,64E-15	8,33E-08	1,20E+10	1,24E+20	1,48E-24	1,31E+74	
Explosion 300 to	3,00E+05	7,13E-08	2,25E+00	1,33E+05	4,12E+17	4,44E-22	1,45E+69	1/10000 Sol
Ast, 10 m 1T !	1,00E+07	2,64E-03	8,33E+04	120	1,24E+16	1,48E-20	1,31E+66	
	1,00E+08	2,64E+00	8,33E+07	1,2	1,24E+15	1,48E-19	1,31E+64	
	1,00E+09	2,64E+03	8,33E+10	0,012	1,24E+14	1,48E-18	1,31E+62	
Ast. 100 m - instabil?	1,00E+10	2,64E+06	8,33E+13	1,2E-04	1,24E+13	1,48E-17	1,31E+60	
sichtbar	1,00E+11	2,64E+09	8,33E+16	1,2E-06	1,24E+12	1,48E-16	1,31E+58	
Asteroid 1 km	1,00E+13	2,64E+15	8,33E+22	1,2E-10	1,24E+10	1,48E-14	1,31E+54	
	1,00E+15	2,64E+21	8,33E+28	1,2E-14	1,24E+08	1,48E-12	1,31E+50	
	1,00E+18	2,64E+30	8,33E+37	1,2E-20	1,24E+05	1,48E-09	1,31E+44	
	1,00E+21	2,64E+39	8,33E+46	1,2E-26	1,24E+02	1,48E-06	1,31E+38	
Erde	5,97E+24	5,62E+50	1,77E+58	3,4E-34	2,07E-02	8,84E-03	3,67E+30	
	1,00E+27	2,64E+57	8,33E+64	1,2E-38	1,24E-04	1,48E+00	1,31E+26	
Solar	2,00E+30	2,11E+67	6,67E+74	3,0E-45	6,18E-08	2,96E+03	3,27E+19	
500 solar	1,00E+33	2,64E+75	8,33E+82	1,2E-50	1,24E-10	1,48E+06	1,31E+14	
500 000 solar	1,00E+36	2,64E+84	8,33E+91	1,2E-56	1,24E-13	1,48E+09	1,31E+08	
5E+7 solar	1,00E+38	2,64E+90	8,33E+97	1,2E-60	1,24E-15	1,48E+11	1,31E+04	
M87 Schw.Loeh	1,32E+40	6,07E+96	1,92E+104	6,9E-65	9,36E-18	1,95E+13	7,51E-01	(2xSonnensystem)
2E+10 solar	4,00E+40	1,69E+98	5,33E+105	7,5E-66	3,09E-18	5,92E+13	8,18E-02	

Exkurs in die Kosmologie



Links

Eigene Homepages: <http://chart32.de/> <http://panther-observatory.com/>

Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gravitationslinseneffekt>

Galaxienhaufen mit Grav.-Linsen: <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/430298/pdf>

Redshift calculator: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/CosmoCalc.html>

Singularität: http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_s03.html#sing

Doppel-Quasar: http://panther-observatory.com/gallery/deepsky/doc/NGC3079_Quasar.htm

Abell 370: <http://www.chart32.de/index.php/component/k2/item/124>

Abell 1689: <http://www.chart32.de/index.php/component/k2/item/300>

„Kosmisches Hufeisen“: <http://www.chart32.de/index.php/component/k2/item/312>

„Einstein Kreuz“: <http://www.chart32.de/index.php/component/k2/item/341>

System RCGSA 032727-132609: <http://www.chart32.de/index.php/component/k2/item/342>

Buchtip: **Zyklen der Zeit** von Roger Penrose (Springer)

