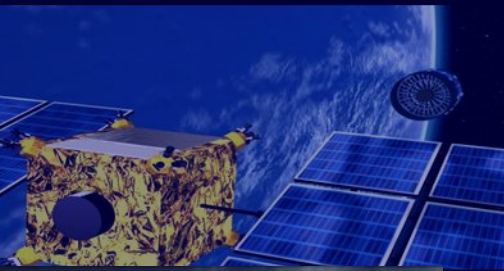


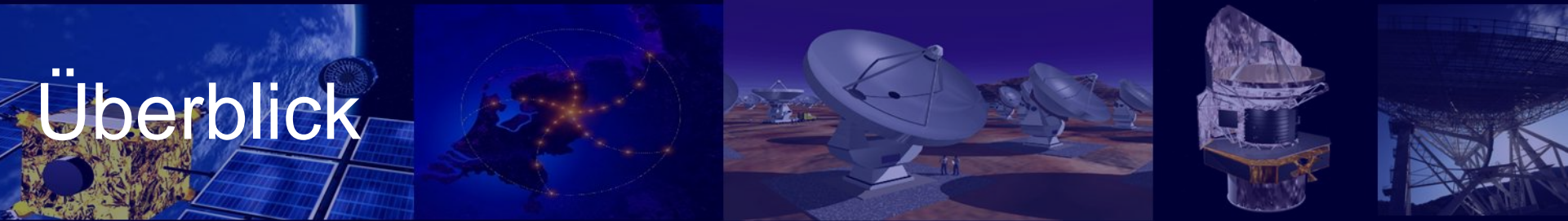
Multifrequenz-Beobachtungen in der Astronomie

Sommersemester 2007



Themen & Daten

- 19.04.: Überblick
- 04.05.: Grundlagen: Teleskope
- 18.05.: Durchmusterungen
- 01.06.: Deep Fields in „bunt“ Teil I
- 15.06.: Deep Fields in „bunt“ Teil II
- **29.06.: „Multifrequenzrätsel“**
- 13.07.: Multifrequenzkampagnen (Mrk 501, etc.)
- 27.07.: Virtual Observatories & die Multifrequenz-Zukunft



Überblick





Aktuelles!!

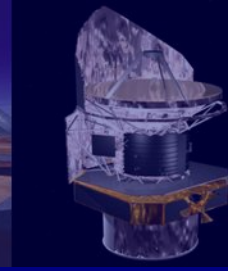
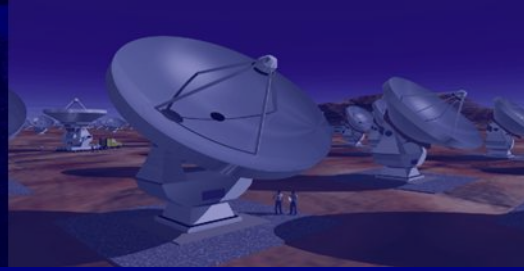
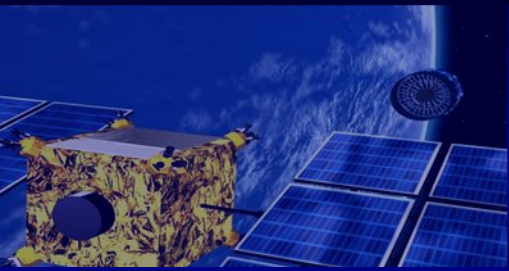
-  Hubble
-  Kugelsternhaufen
-  Dunkelwolke
-  Neues Beobachtungsverfahren für Begleiter

Nachtrag zur letzten Vorlesung:

-  Blau- und Rotverschiebungen in Lokaler Gruppe
-  Neue Simulation: Kollision von Andromeda und Milchstraße
-  Dunkle Materie & Wechselwirkung

Das „Multifrequenzrätsel“ Eta Carinae

-  Sternentstehungsgebiete – Interstellares Medium – Riesenblasen – Kosmischer Staub
-  Hubble feiert Geburtstag: Jubiläumsbilder des Carinanebels
-  Multifrequenz-Beobachtungen Eta Carinae
-  Theorien



Aktuelles



Hubble Space Telescope

NASA sets Hubble mission launch date

HOUSTON, June 7 (UPI) -- NASA has targeted **Sept. 10, 2008** for the launch of the fifth and final space shuttle servicing mission to the Hubble Space Telescope.

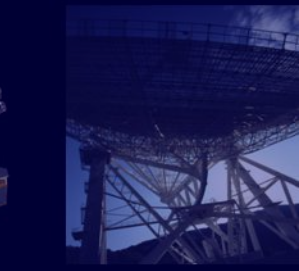
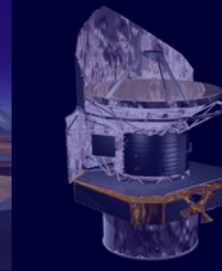
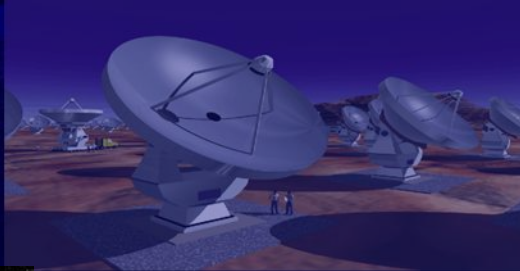
National Aeronautics and Space Administration officials in Houston said space shuttle Atlantis will transport seven astronauts to repair and upgrade the orbiting observatory during the 11-day mission. The servicing is designed to allow Hubble to operate through **2013**.

Mission planners have been working since last fall, when the flight was announced, to determine the best time in the shuttle launch schedule to support the needs of Hubble while minimizing the impact to International Space Station assembly.

NASA also will support a "launch on need" flight during the Hubble mission. In the unlikely event a rescue flight became necessary, space shuttle Endeavour would be launched for the Kennedy Space Center.

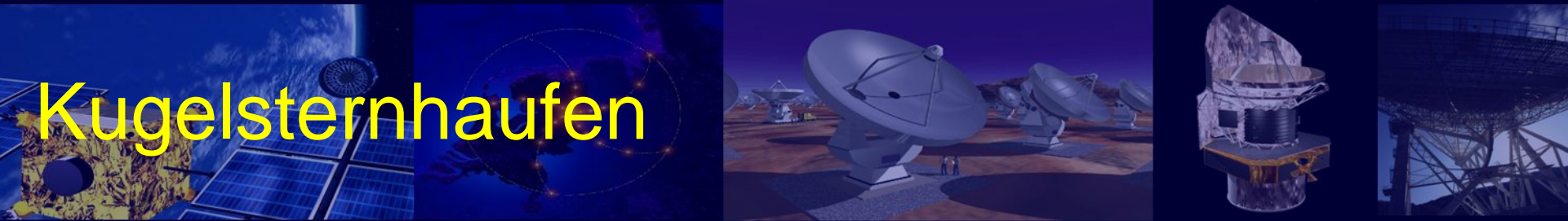
NASA said shuttle missions beyond the Hubble flight are still being assessed. The shuttles are to be retired when construction of the space station is completed.

The Hubble Space Telescope is an international cooperative project between NASA and the European Space Agency.



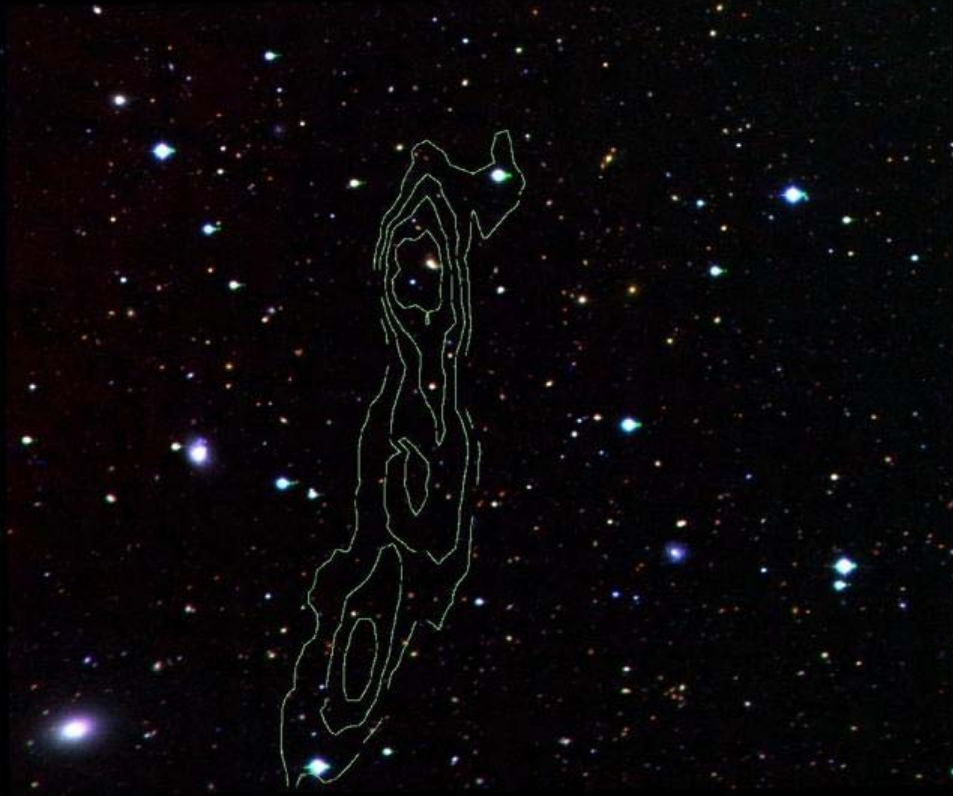
- 150 Kugelsternhaufen in unserer Galaxie
- NGC 2808 ist mit 1 Mio Sterne einer der massereichsten
- Kugelsternhaufen im Sternbild Schiffskiel
- Scheinbare Helligkeit: +6.2mag
- Wurde vermutlich zusammen mit einer Zwerggalaxie von der Milchstraße eingefangen; hat vielleicht den Großteil seiner Masse dabei verloren

Kugelsternhaufen



- Kugelsternhaufen als ideales Laboratorium zum Studium der Sternentwicklung: Sterne sollen alle zur gleichen Zeit, aus dem gleichen Material entstanden sein, sich über Milliarden Jahre nebeneinander entwickelt haben = Basis von vielen Studien von stellaren Populationen
- Hauptgrund für die Annahme, daß es nur eine Sternengeneration geben kann: sämtliches Gas wird durch die Strahlung der ersten Sterne weggeblasen
- Neue Beobachtung: Sterne aus *drei verschiedenen Generationen* in einem Kugelsternhaufen (NGC 2808), alle in den ersten 200 Mio Jahren der Existenz des Haufens geboren
- Mögliche Erklärungen:
 - blauer werdende Farbe von Sternengeneration zu Sternengeneration kann sich durch einen jeweils höheren Heliumanteil der Sterne erklären; Phasen von Sternentstehung können durch Supernova-Explosionen der Vorgängergenerationen angeregt werden
 - Einer der massereichsten Sternhaufen: konnte vielleicht Gas für weitere Generationen halten
 - Ist gar kein Kugelsternhaufen sondern sieht nur so aus (Überreste einer Zwerggalaxie)
- 10 weitere Kugelsternhaufen für HST auf der Beobachtungsliste

Dunkelwolke

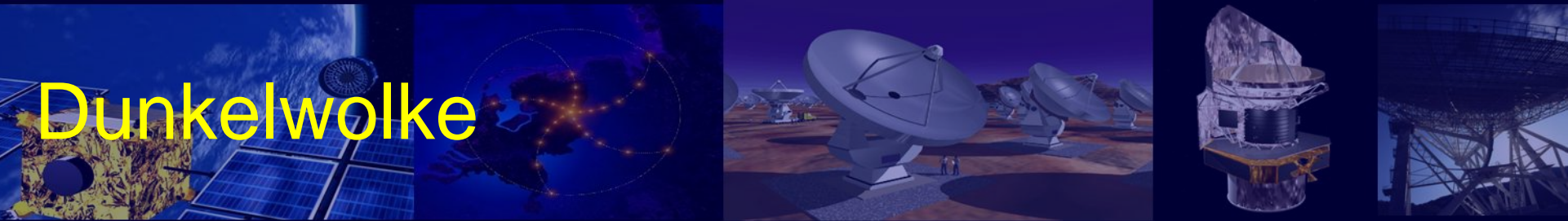


**Radioteleskope Arecibo und Lovell
Detektieren Wasserstoffwolke**

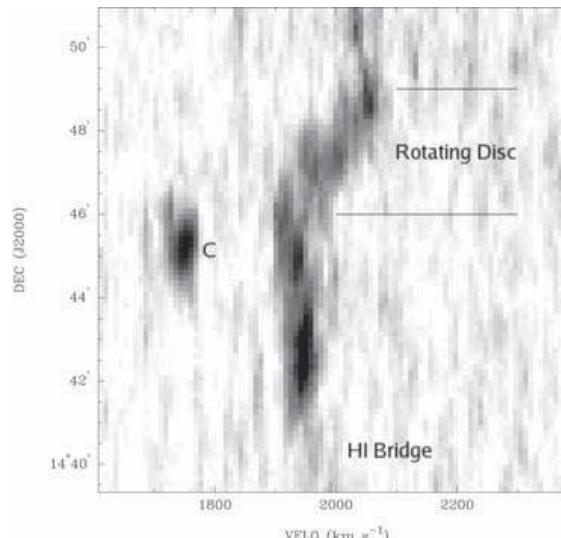
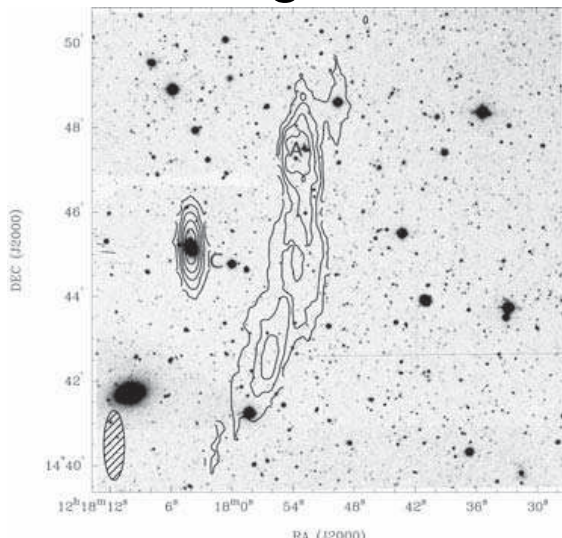
Grün: neutraler Wasserstoff, Westerbork

- 2005: Entdeckung einer großen Gaswolke im Virgo-Galaxienhaufen (Radio und Hubble); VIRGOHI 21 Kandidat für Dunkelmaterie-Galaxie?
- Aus Radiobeobachtungen der Rotation der Wolke: Gesamtmasse abschätzen, enthält 100x mehr Dunkle als normale Materie ($10^{10} - 10^{11}$ Sonnenmassen), nur 2×10^8 Sonnenmassen an neutralem Wasserstoff detektiert
- Jetzt: erneute Untersuchung

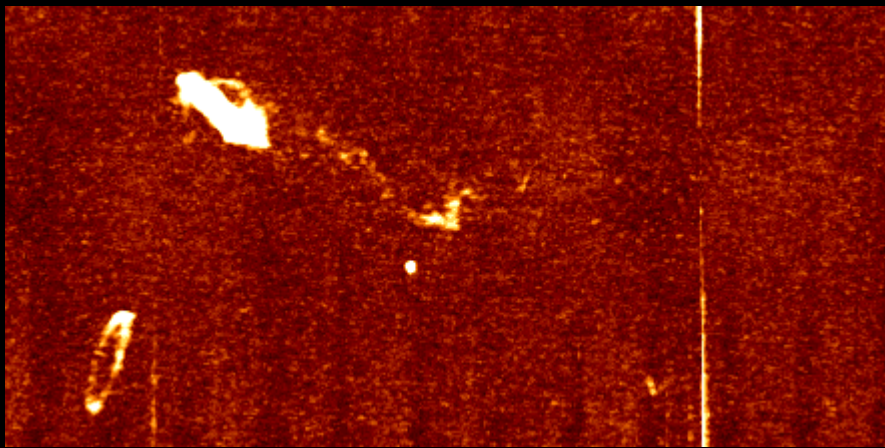
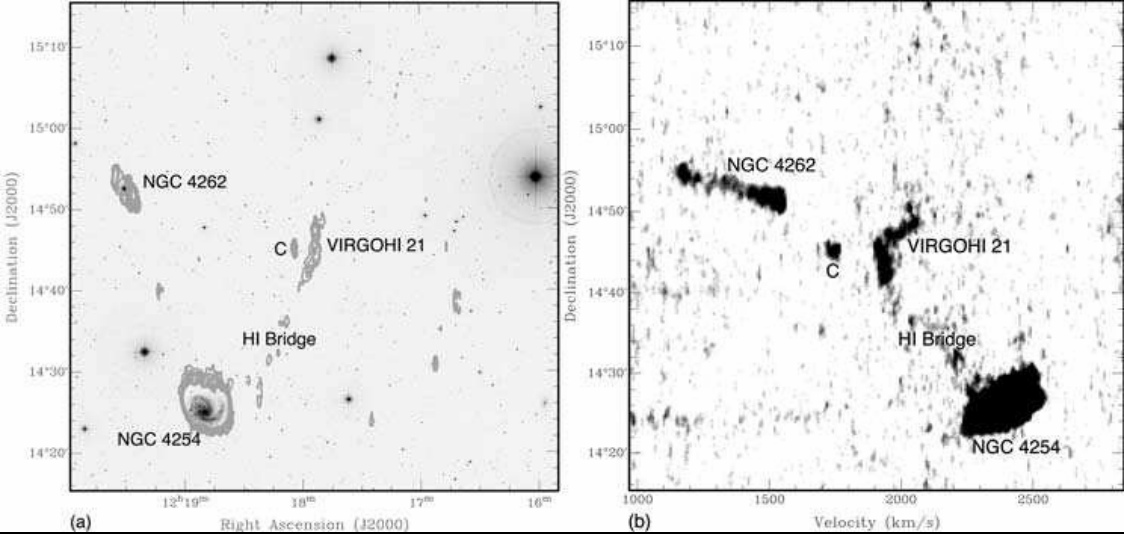
Dunkelwolke



- u.U. Materie, die aus der nahe gelegenen Galaxie NGC 4254 bei einer Begegnung mit einer weiteren Galaxie herausgerissen wurde; dann hätten auch Sterne mitgerissen werden können ...
 - WW vor 10^8 Jahren, einarmige Morphologie
- 281 Sterne im Bereich der Wolke: entspricht der zu erwartenden Anzahl der Sterne im intergalaktischen Raum des Virgo-Haufens: die Wolke enthält keine eigenen Sterne!!



Dunkelwolke



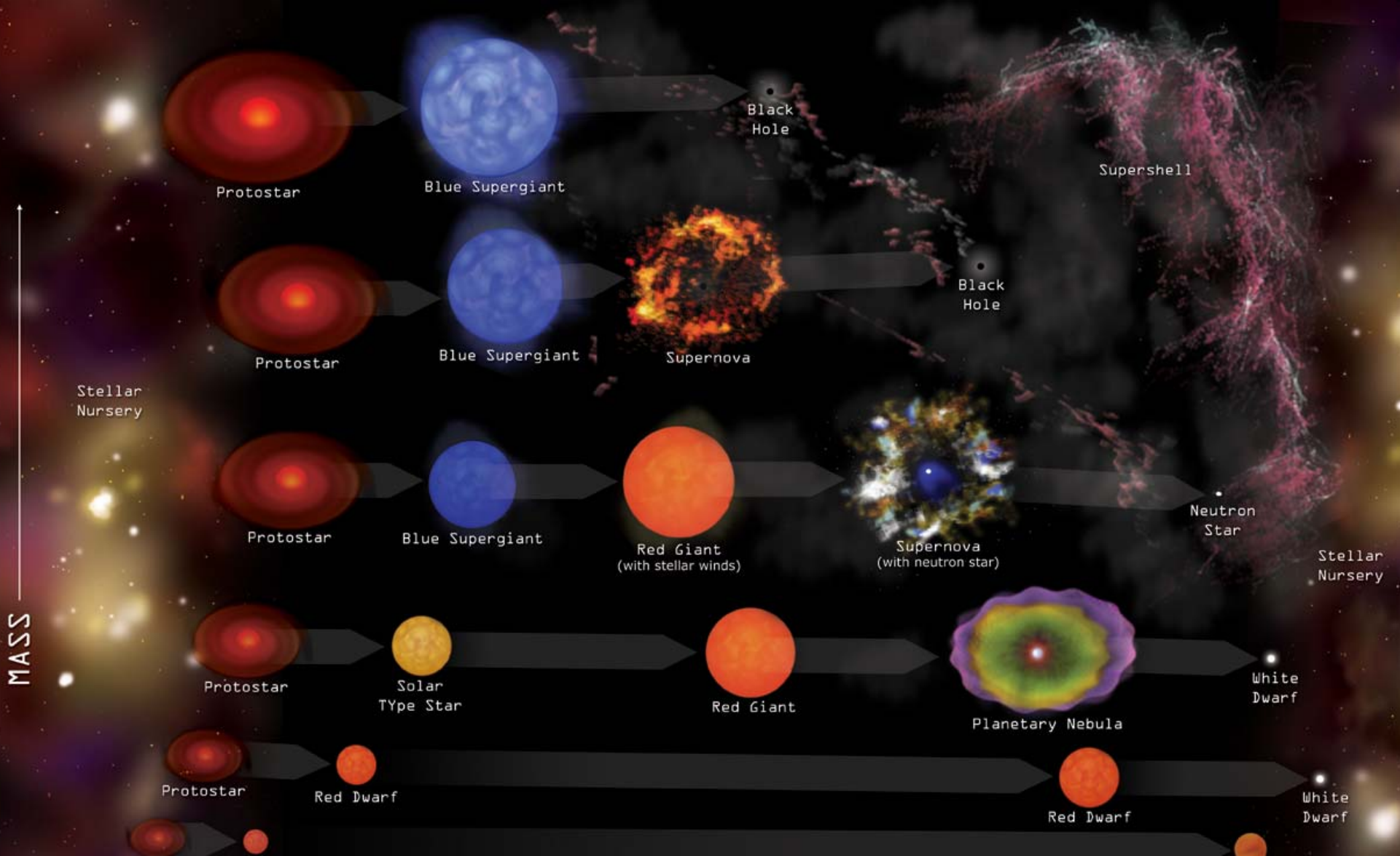
Ansteigende Geschwindigkeit nach oben

Neues Verfahren für „Begleiter“

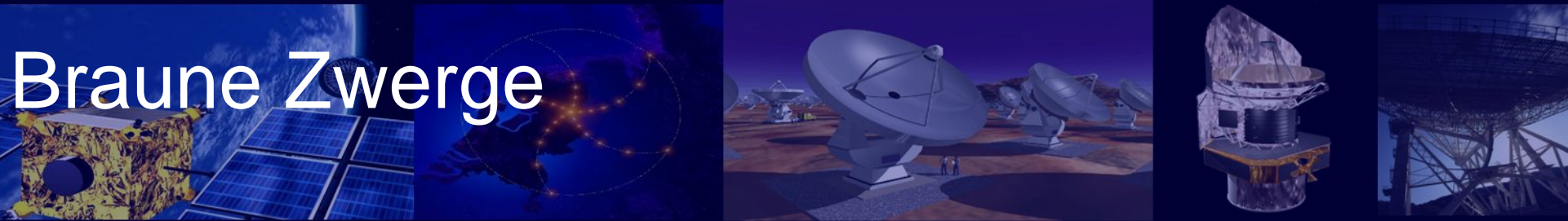


- Problem: leuchtschwache Objekte in der Nähe von hellen Objekten zu beobachten! Überstrahlung
- Kandidaten: z.Bsp. Extrasolare Planeten, Braune Zwerge
- Prinzip: Abbildungsfehler des Teleskops ändern sich in Abhängigkeit von der Wellenlänge, jedoch nicht die Position des leuchtschwachen Begleiters; SINFONI am VLT kann durch die Beobachtung in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen und durch die Bestimmung von Spektren und Position feststellen, welches Objekt die Position behält
- Beispiel: AB Doradus C: Vierfachsystem bestehend aus zwei Paaren, 48 Lichtjahre von der Erde entfernt im Sternbild Schwertfisch, AB Doradus A ist der junge Hauptstern der Gruppe (85% der Masse unserer Sonne), AB Doradus C ist ein leuchtschwacher Begleiter (10% der Masse von A, kühler roter Zwerg)

Sternentwicklung

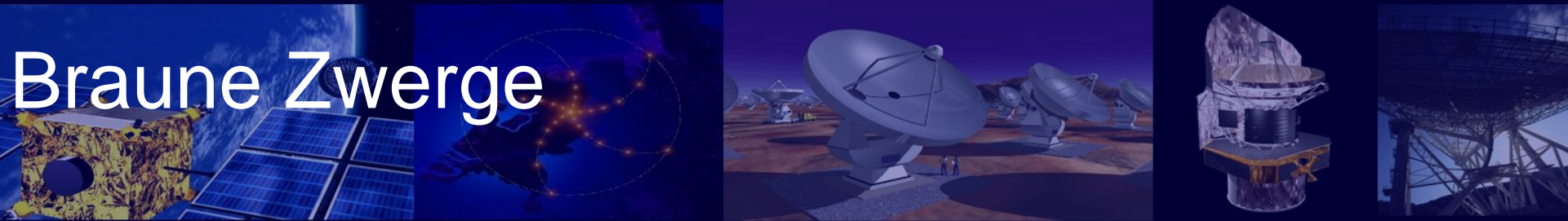


Braune Zwerge



- Damit die Fusion von Wasserstoff zu Helium einsetzt, muss eine Temperatur von mindestens 3 Mio K im Zentrum eines Sterns herrschen
- Mindestmasse dafür: 75fache Jupitermasse = 7% der Sonnenmasse
- Braune Zwerge verfehlen diesen Mindestwert (weniger als 60 Jupitermassen)
- Postuliert aber nicht gefunden
- Namensgebung 1975 durch Jill C. Carter; irreführend, da sie rötlich leuchten
- 1995: erster Nachweis
- Dutzende identifiziert,
 - wieviele gibt es??
 - In welchem Massenbereich?
 - Lückenloser Übergang zwischen Sternen und Riesenplaneten
- Problem: sie leuchten kaum ..
- Entstehen wie Sterne und Planeten durch gravitativen Kollaps einer Gaswolke

Braune Zwerge

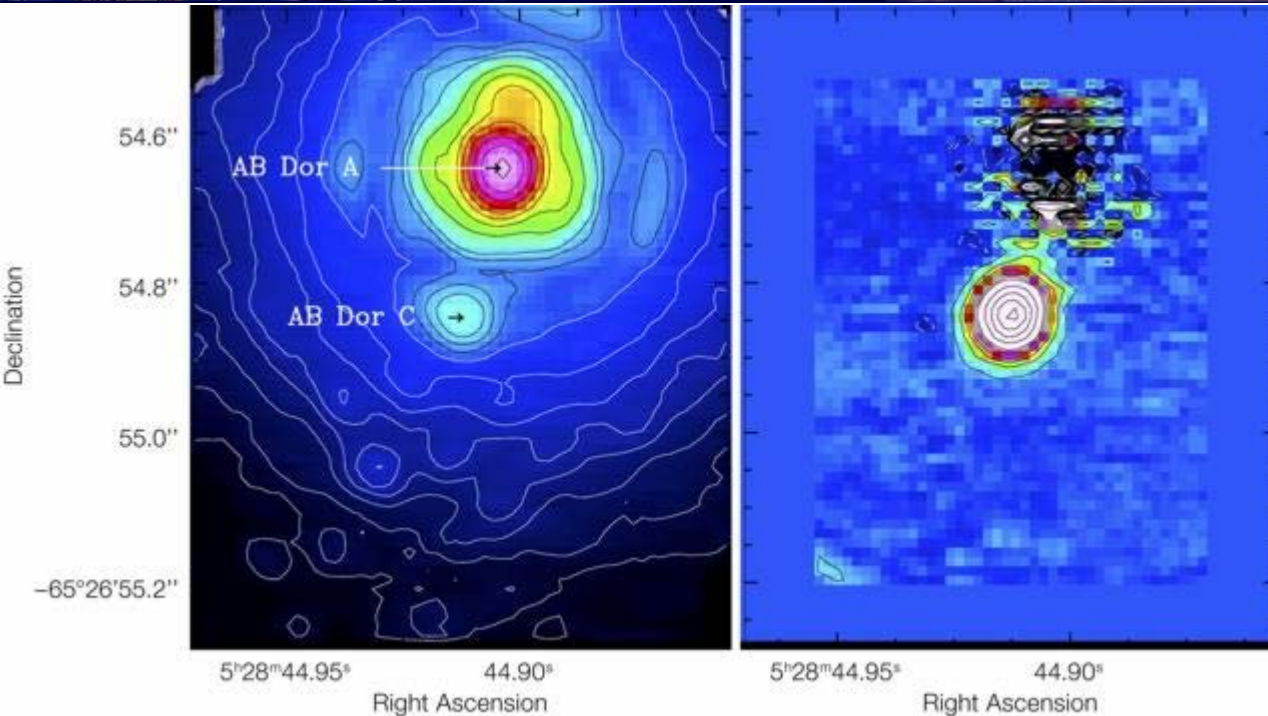


- Durch das Zusammenziehen wird Gravitationsenergie in Wärmeenergie umgewandelt -> Infrarotstrahlung
- Schrumpfen stoppt irgendwann, Energiequelle versiegt, beginnt abzukühlen, Infrarotstrahlung läßt nach
- Bedeutender Anteil an Dunkler Materie??
- Suchstrategie: kurz nach ihrer Entstehung sind sie am hellsten und am ehesten zu finden -> die lichtschwächsten und röttesten (kühlsten) Objekte in jungen Sternhaufen ... Problem: sie von Sternen geringer Masse zu unterscheiden
- Erfolgreiche Methode: das Vorhandensein von Lithium im Spektrum
 - Übersteigt die Temperatur im Zentralbereich einen bestimmten Wert, so haben die Wasserstoffkerne so viel kinetische Energie, daß sie die vorhandenen Lithiumkerne zerstören; in Braunen Zwergen, in denen niemals Kernfusion einsetzt, bleibt der ursprüngliche Lithiumvorrat komplett erhalten -> erste Entdeckung im 120 Mio Jahre alten Haufen der Plejaden

Braune Zwerge

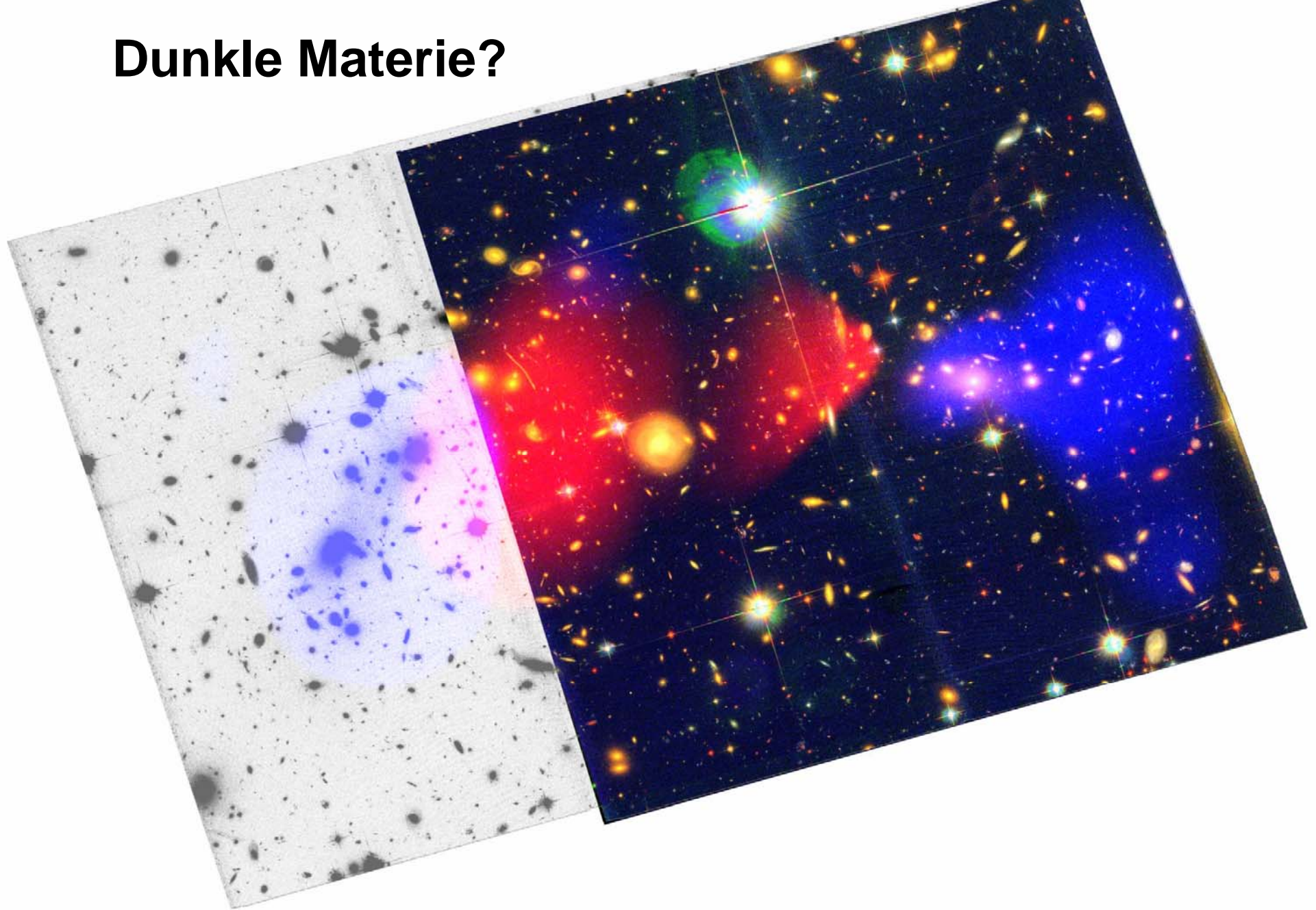
- Weitere Methode: Begleiter von nahen massearmen Sternen, Strahlung der Primärkomponente muß ausgeblendet werden: Gliese 229B, ein Millionstel der Leuchtkraft der Sonne, Oberflächentemperatur unter 1000 K, 30-40 Jupitermassen
- Aus Zählung in den Plejaden auf Milchstraßensystem hochrechnen: 100 Milliarden Braune Zwerge – Masse aber gering (kein maßgeblicher Anteil an Dunkler Materie)
- Doppelsysteme aus Braunen Zwergen
- Ähnliche Häufigkeit von Braunen Zwergen und massearmen Sternen
- Grenze zwischen Planeten und Braunen Zwergen bei 13 Jupitermassen

Neues Verfahren für „Begleiter“



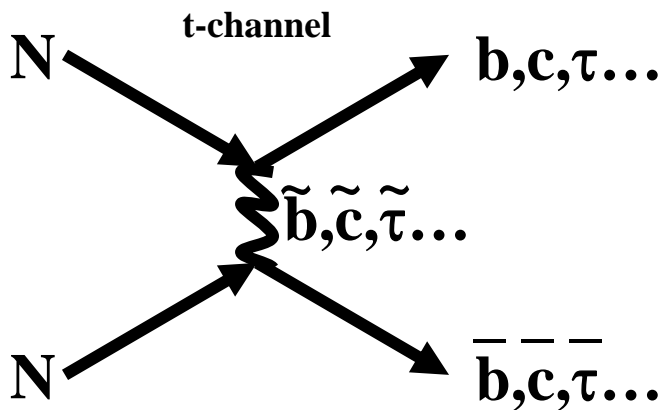
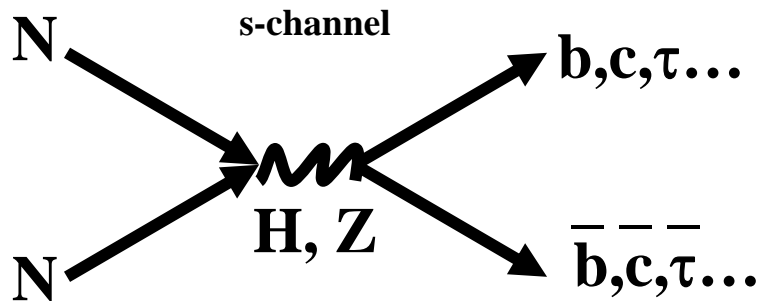
- Ziel der Beobachtungen: Temperaturbestimmung für C, der einzige Stern seiner Art, für den eine exakte Masse bekannt ist
- Rote Zwerge liegen mit ihrer Masse im Grenzbereich zu Braunen Zwergen, wird in einer Milliarde Jahre einen nuklearen Fusionsprozess zünden

Dunkle Materie?

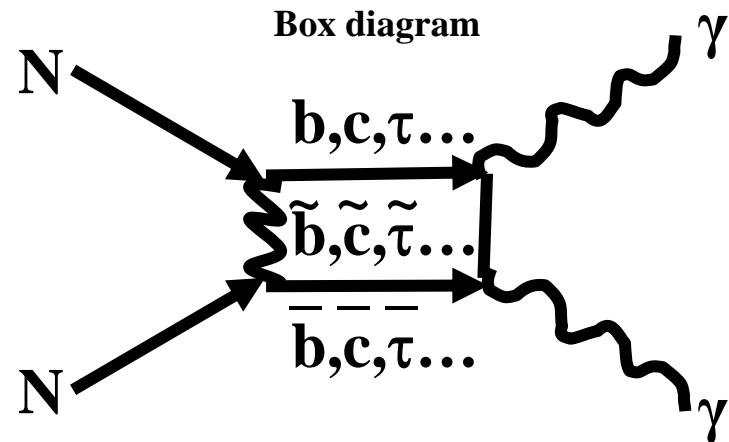


WIMP Annihilation Processes

Tree level:

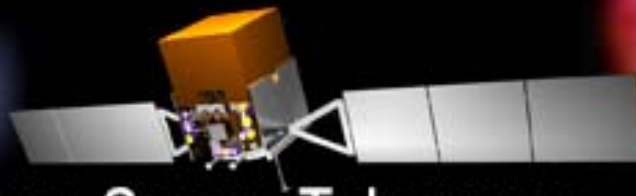


Loop diagrams:

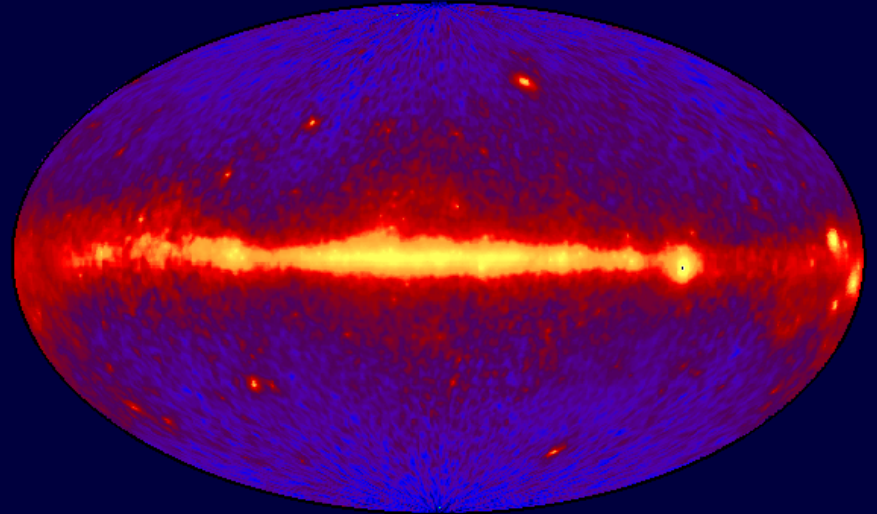


GLAST

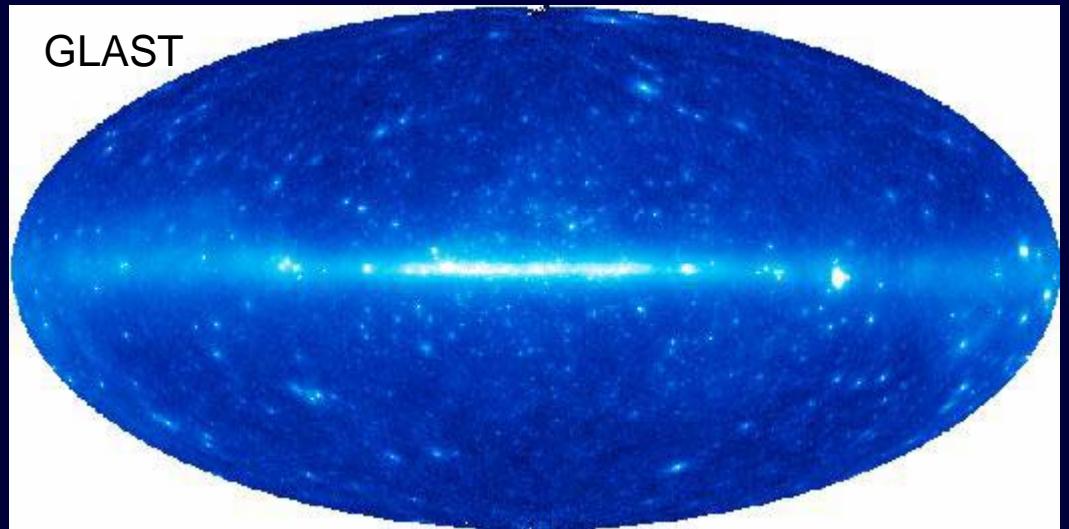
The Gamma-ray Large Area Space Telescope



EGRET

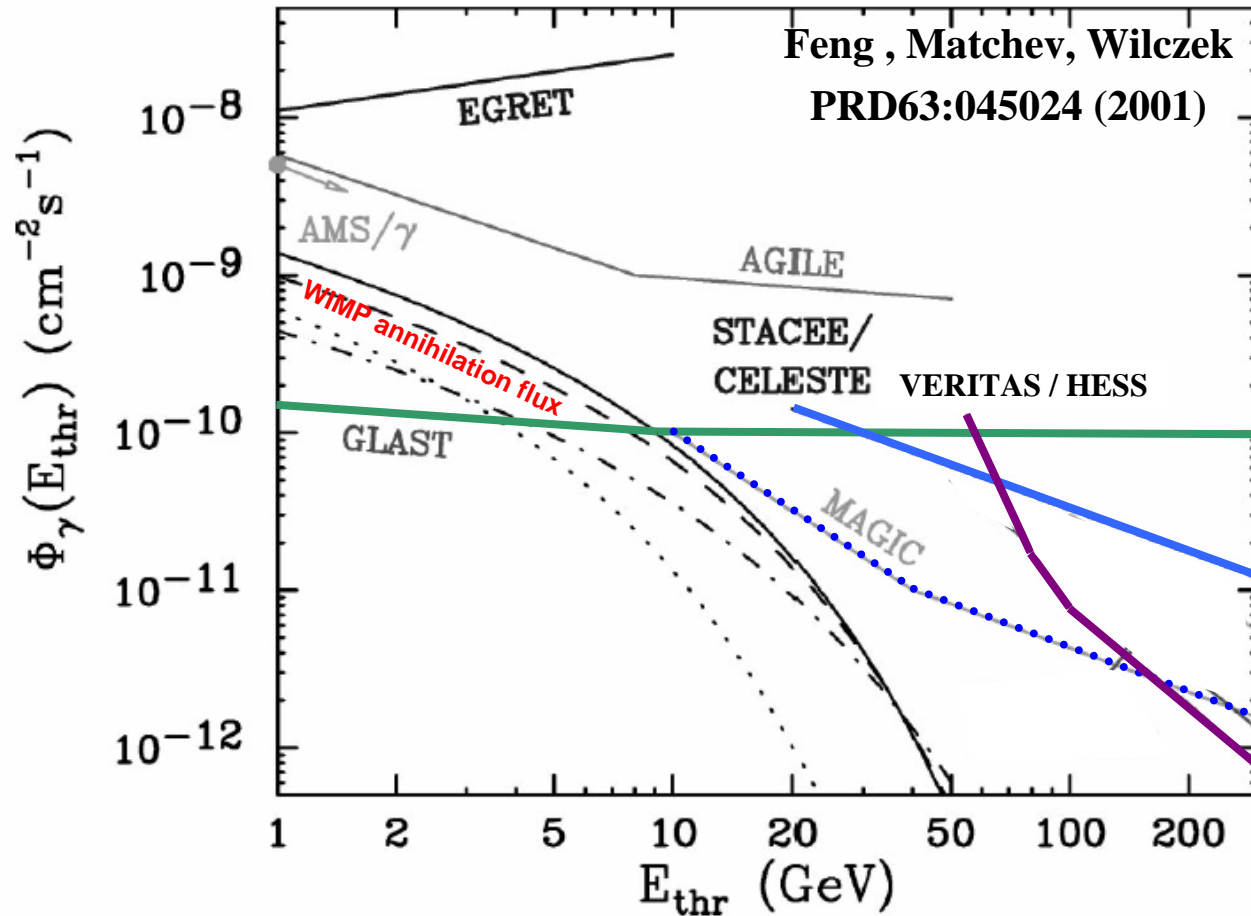


GLAST

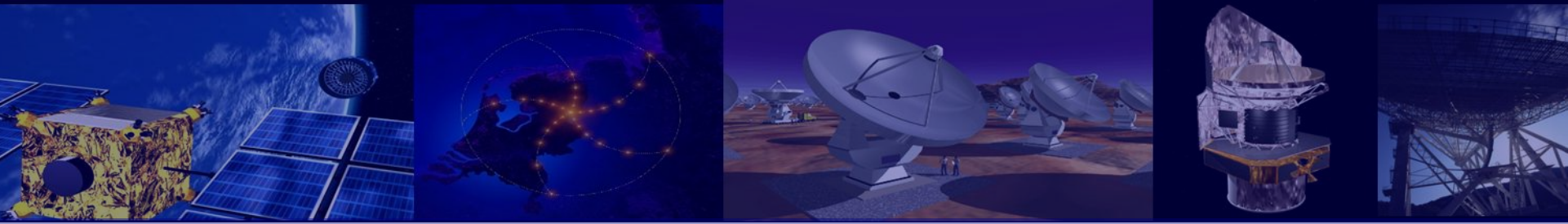


LAT All-Sky Map ($E > 100$ MeV, 1 year) Simulated, S. Digel

Space versus ground based telescopes



- **GLAST is superior for continuum radiation**
- **GLAST provides a list targets for ACT's**
- **ACT's are more sensitive in the WIMP line region**

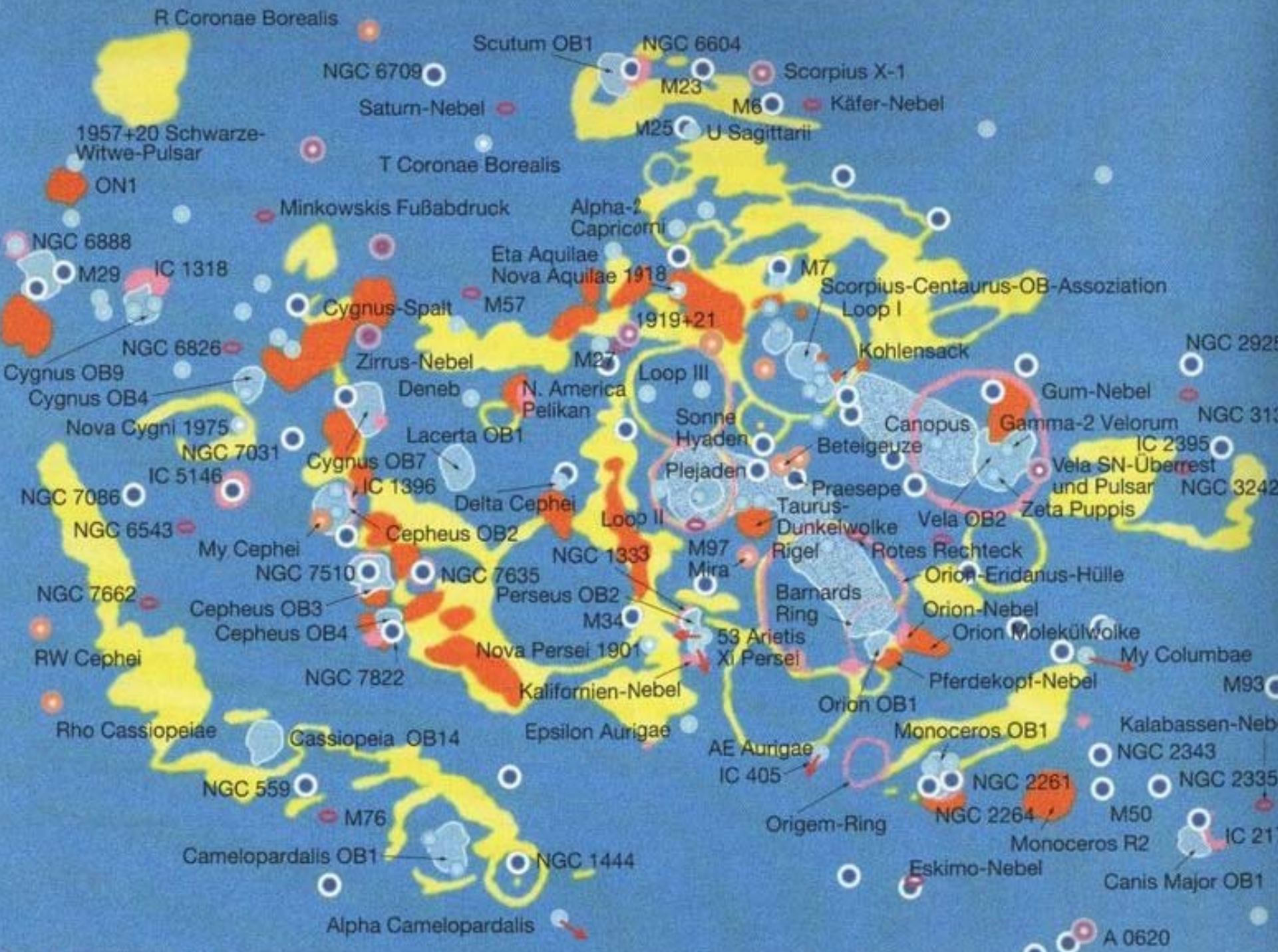


Nachtrag letzte Vorlesung

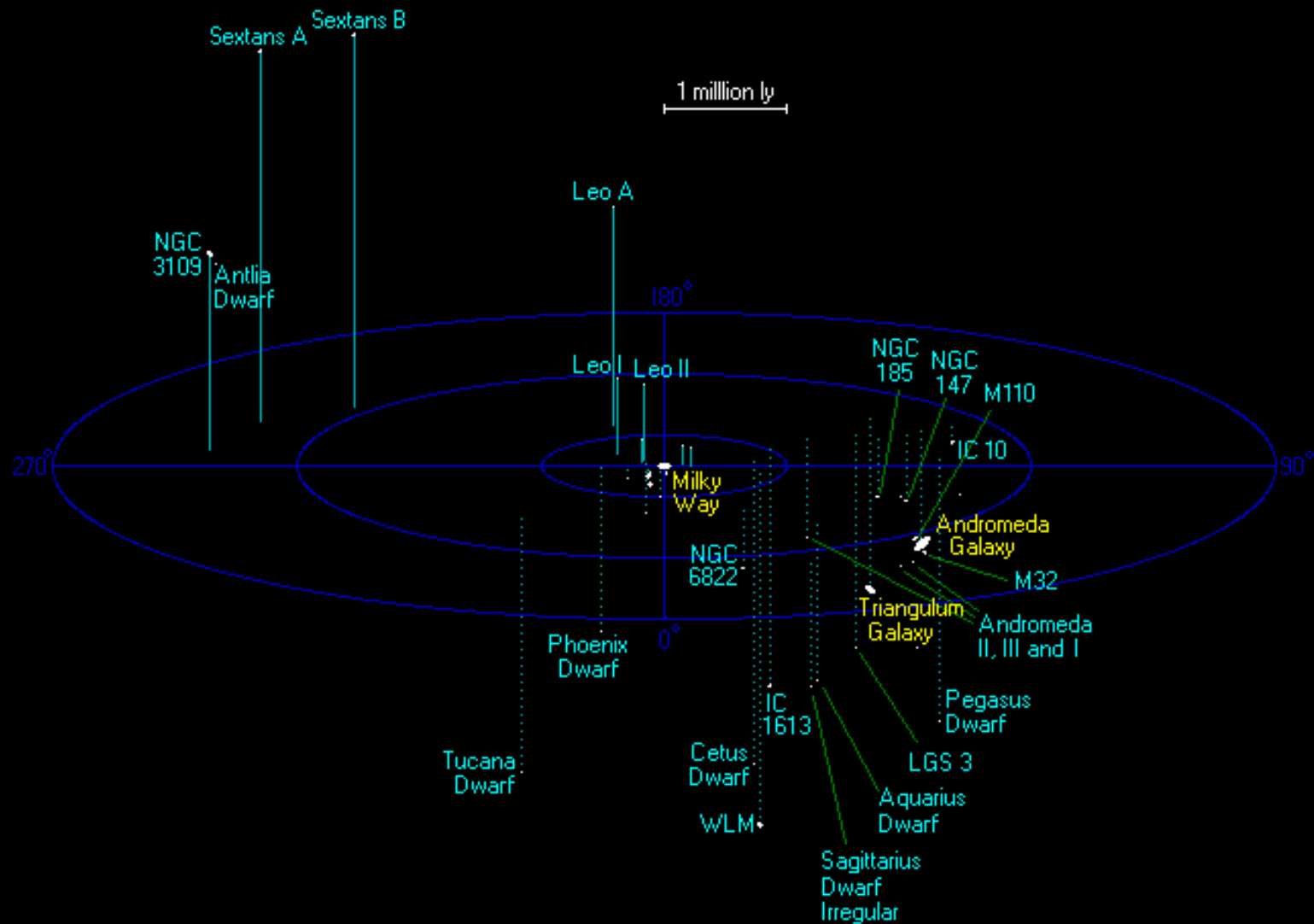
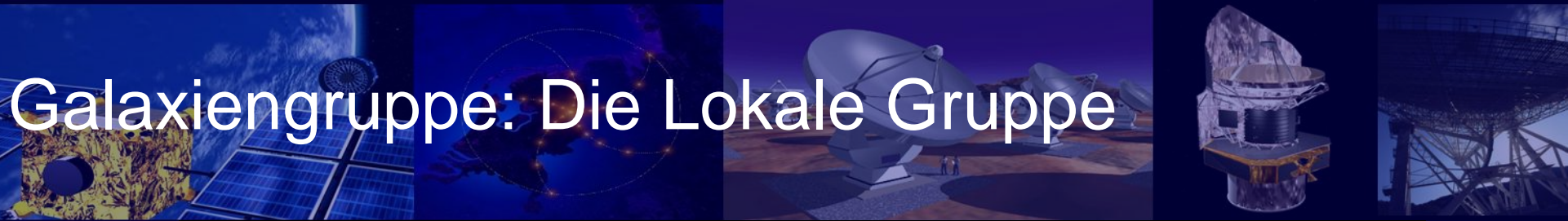
Rot- und Blauverschiebung in der Lokalen Gruppe

Mögliche Wechselwirkung der Dunklen Materie

Kollision Milchstraße & Andromeda: „Milomeda“



Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe





Lokale Gruppe

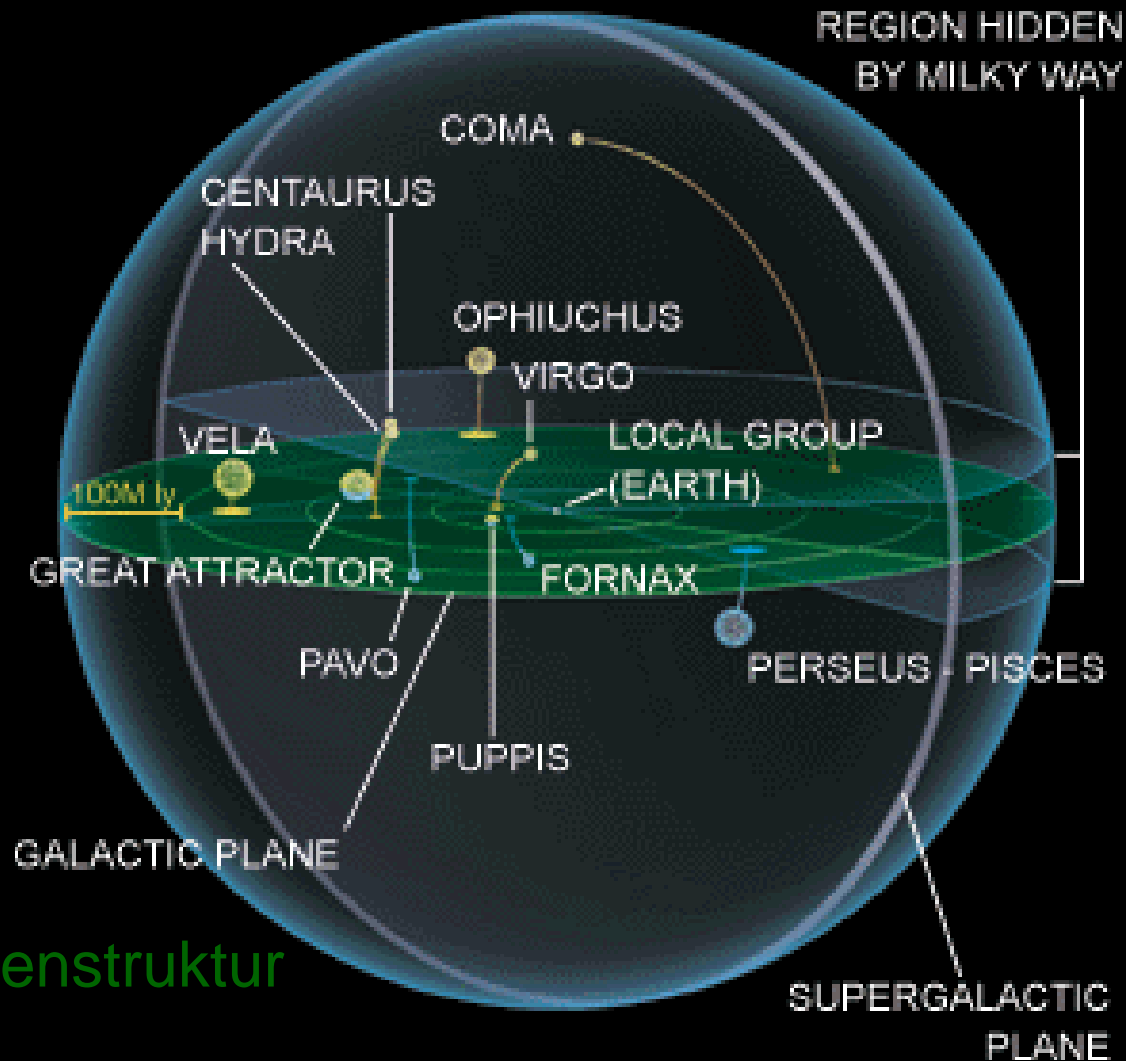
Name	d [kpc]	D [kpc]	V [mag]	M_V [mag]	Typ
Milchstraße	8	30	—	−20	S(B)bc
Sagittarius-Zwerggalaxie	24	3	4.0	−13.4	dSph
Große Magellansche Wolke	49	10	0.5	−18.0	SBm/Irr
Kleine Magellansche Wolke	58	5	1.5	−17.3	Irr
Ursa-Minor-System	66	1	10.3	−8.9	dSph
Sculptor-System	79	1	8.5	−11.1	dSph
Draco-System	82	1	10.9	−8.8	dSph
Sextans-System	86	1	10.3	−9.5	dSph
Carina-System	101	1	10.9	−9.3	dSph
Fornax-System	138	2	7.6	−13.2	dSph
Leo I-System	250	1	10.1	−11.9	dSph
Phoenix-System	445	1	13.2	−10.1	dIrr
NGC 6822	490	3	9.1	−15.2	dIrr
NGC 185	620	3	9.1	−15.5	dE
NGC 147	725	3	9.4	−15.1	dE
Andromedanebel = M31	770	45	3.5	−21.0	Sb
M 32	805	3	8.1	−16.7	dE
NGC 205	815	5	8.1	−16.6	dE
M 33	840	17	7.0	−17.6	Sc
IC 5152	1590	3	11.2	−14.8	dIrr



Lokale Gruppe

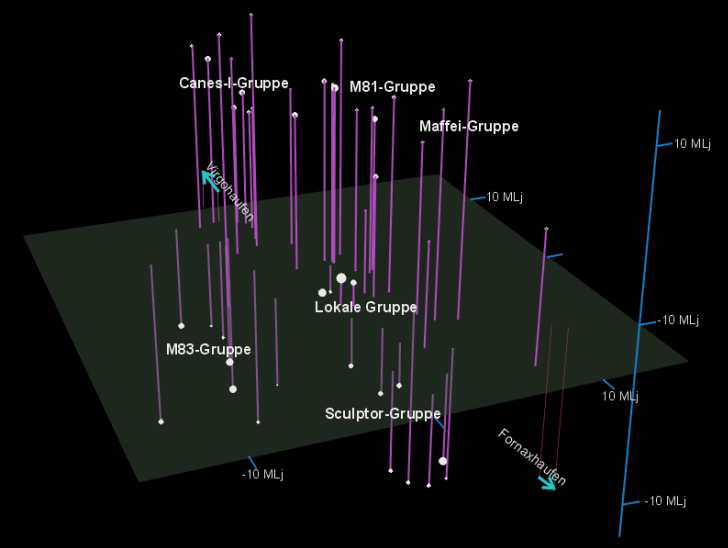
- 'Lokale Gruppe': <1 Mpc
- viele unabhängige Begleiter
- derzeit 46 Galaxien bekannt
- M31, MW, M33, LMC, SMC, Zwerggalaxien
- aus Radialgeschwindigkeiten: gravitativ gebunden
 - LMC: $+84$ km/s, SMC: -43 km/s, M31: -120 km/s
- nicht stabil, verdichtet sich
 - dynamische Reibung
 - Kollisionen/Verschmelzungen

Großskalige Strukturen



3d Haufenstruktur

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe



- Die Lokale Gruppe: hochgradig dynamisch und hat sich im Lauf der Vergangenheit häufig geändert
- Ständig neue Entdeckungen neuer Mitglieder, besonders nahe der galaktischen Ebene aufgrund des Staubs
- Einige Galaxien extrem leuchtschwach, erst jüngst detektierbar
- Momentaner Zustand: temporäres Gebilde

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe

Galaxy	RA	Dec	Type	m_v	dim	RV	Dist
WLM	00:02.0	-15:28	IB(s) IV-V	10.9	12 x 4	- 42	3400
IC 10	00:20.4	+59:18	KBm?	10.3	7.3 x 6.4	- 83	4200:
Cet dw	00:26.1	-11:02	dSph/E4	14.4			2800
NGC 147	00:33.2	+48:31	dE5 pec	9.5	15.0 x 9.4	+ 89	2400
And III	00:35.4	+36:31	dSph/E2	13.5p	4.5 x 3.0		2900:
NGC 185	00:39.0	+84:20	dE3 pec	9.2	14.5 x 12.5	+ 39	2300
M110	00:41.3	+41:41	E5 pec	8.5	19.5 x 12.5	- 1	2900
And VIII	00:42.3	+40:37	dSph pec	9.1	45 x 10	-250	2700:
M 32	00:42.7	+40:52	E2 (cE2)	8.1	11.0 x 7.3	+ 35	2900
M 31	00:42.7	+41:16	SA(s)b I-II	3.4	185.0 x 75.0	- 59	2900
And I	00:45.7	+38:00	dSph/E3 pec ?	13.2	2.5 x 2.5		2900:
SMC	00:51.7	-73:14	SB(s)m pec	2.3	280 x 160	- 30	210
And IX	00:52.9	+43:12	dSph	16.2	5		2900:
Scl dw	01:00.0	-33:42	dSph/E3 pec	10.5p		+162	300:
LGS 3	01:03.8	+21:53	Irr	15.4p	2		3000:
IC 1613	01:05.1	+02:08	IAB(s)m V	9.2	20.0 x 18.5	-125	2900:
And X	01:06.6	+44:48	dSph	16.1	7		2900:
And V	01:10.3	+47:38	dSph	15.9			2900:
And II	01:16.4	+33:27	dSph/E0	13.5	3.6 x 2.5		2900:
M 33	01:33.9	+30:39	SA(s)cd II-III	5.7	67.0 x 41.5	+ 3	3000
Phe dw	01:51.1	-44:27	Irr	13.1	4.9 x 4.1		1600:
For dw	02:39.9	-34:32	dSph/E2	8.1	12.0 x 10.2		500
UGCA 92	04:32.0	+63:36	Irr ? S0 ?	13.8	2.0 x 1.0	+ 66	4700
LMC	05:19.7	-68:57	SB(s)m	0.1	650 x 550	+ 13	179
Car dw	06:14.6	-50:58	dSph/E3	20.9	23.5 x 15.5		360
CMA dw	07:15	-28	Irr		720		25
Leo A	09:59.4	+30:45	IBm V	12.9	5.1 x 3.1		2500
Sex B	10:00.0	+05:20	Ir+ IV-V	11.8	5.1 x 3.5		4700

RA, Dec:
Rektaszension und Deklination für die Epoche 2000

Type: Klassifikation

m_v: scheinbare visuelle Helligkeit

Dim: Winkelgröße

RV: Radiale Geschw. bzgl. des galaktischen Zentrums in km/s

Dist: Entfernung in 1000 Lj

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe

Galaxy	RA	Dec	Type	m_v	dim	RV	Dist
NGC 3109	10:03.1	-26:09	Ir+ IV-V	10.4	16.0 x 2.9	+131	4500
Ant dw	10:04.1	-27:20	dSph/E3	14.8	2.0 x 1.5		4600
Leo I	10:08.5	+12:18	dE3	9.8	9.8 x 7.4		900
Sex A	10:11.1	-04:43	Ir+ V	11.9	5.9 x 5.0		5200
Sex dw	10:13.2	-01:37	dSph/E3	12.			320
Leo II	11:13.5	+22:10	dSph/E0 pec	12.6	12.0 x 11.0		750
GR 8	12:58.7	+14:13	Im V	14.5	1.2 x 1.1	+165	7900:
UMi dw	15:08.8	+67:12	dSph/E4	10.9	41.0 x 26.0		240
Dra dw	17:20.1	+57:55	dSph/E0 pec	9.9	51.0 x 31.0		280
Milky Way	17:45.6	-28:56	SAB(s)bc I-II ?		-	0	28
SagDEG	18:55	-30:30	dSph/E7			+168	88
SagDIG	19:30.1	-17:42	IB(s)m V	15.5	2.9 x 2.1		4200
NGC 6822	19:44.9	-14:49	IB(s)m IV-V	9.3	15.5 x 13.5	+66	1800
Aqr dw	20:46.8	-12:51	Im V	13.9	2.3 x 1.2		3400
Tuc dw	22:41.7	-64:25	dSph/E5	15.7	2.9 x 1.2		3200
UKS2323-326	23:26.5	-32:23	Irr	13.9	1.5 x 1.2		4700
And VII	23:27.8	+50:35	dSph		2.5 x 2.0		2600
Peg dw	23:28.6	+14:45	Im V	13.2	5.0 x 2.7		3000:
And VI	23:51.7	+24:36	dSph	11.2	3.5 x 3.5		2800

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe

Possible further members:

UGCA 86	03:59.9 +67:08	Irr ? S0 ?	13.5	0.8 x 0.7	+262	6200
IC 5152	22:06.1 -51:17	IAB(s)m IV	10.6	4.9 x 3.0	+30	5800

Willman 1 10:49.4 +51:03 dSph? GC ? 15.3 1.75 147

UMa I 10:34.9 +51:55 dSph 330

UMa II 08:51.5 +63:08 dSph 14.3 815

Vir Stream 12:24 -01.1 dSph 30 x 10 30

CVn I 13:28.1 +33:33 dSph 13.9 8.4 x 5.0 730

Boo dw 14:00.0 +14:30 dSph 13.6 13.0 x 8.7 200

Leo T 09:34.9 +17:03 dSph 16.0 1.4 x 1.4 1370

Com dw 12:27.0 +23:54 dSph 14.5 5.0 x 2.5 143

CVn II 12:57.2 +34:19 dSph 15.1 3.0 x 2.1 490

Her dw 16:31.0 +12:48 dSph 14.7 8.0 x 6.0 460

Leo IV 11:32.9 -00:32 dSph 15.9 3.3 x 2.5 520

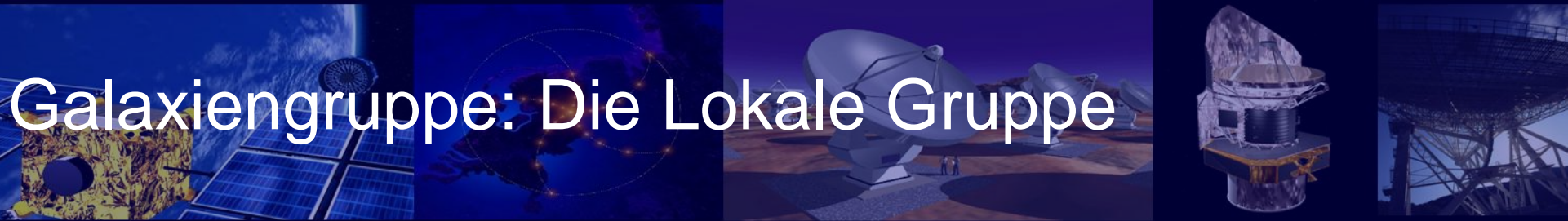
And XI 00:46.3 +33:48 dSph 0.5 2900:

And XII 00:47.4 +34:22 dSph 0.55 2900:

And XIII 00:51.8 +33:00 dSph 0.5 2900:

And XIV 00:51.6 +29:41 dSph 2900:

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe



Nearby Non-Member (?) Galaxies

Galaxy	RA	Dec	Type	m_v	dim	RV	Dist
NGC 55	00:14.9	-39:11	Sc/SB(s)m	8.8	32.4 x 5.6	+129	7000
NGC 404	01:09.4	+35:43	E0	10.1	4.4 x 4.1	+178	8000:
Cam A	04:25.3	+72:48	Irr	14.8	3.7 x 2.1		6500::
NGC 1569	04:30.8	+64:51	Irp+ III-IV:	11.2v	2.9 x 1.5	+ 87	7500::
NGC 1560	04:32.8	+71:53	Sd	11.5v	9.8 x 2.0	+151	7500::
Argo dw	07:05.3	-58:31	Irr	14.2	3.5 x 1.7	+554	12000:
UGC 9128	14:15.9	+23:03	Irp+	14.4	1.7 x 1.3	+154	
And NE	00:52.0	+44:06	Ir?				2900:

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe

- Die Magellanschen Wolken und Leo I waren früher mit der Andromeda Galaxie zusammen, die sich nahe der Milchstraße gebildet hatte aber dann abgedriftet war
-
- Die Magellanschen Wolken wurden vor 6 Milliarden Jahre von der Milchstraße eingefangen; Leo I wurde ausgestoßen auf eine hyperbolische Bahn und wird sich in den nächsten Milliarden Jahren aus der Lokalen Gruppe entfernen
- Die Magellanschen Wolken sind durch Gravitation gebunden und werden durch dynamische Reibung irgendwann mit unserer Milchstraße verschmelzen
- Milchstraße und Andromeda werden verschmelzen

Galaxiengruppe: Die Lokale Gruppe



- Virgohaufen wird die Lokale Gruppe auf sich zu beschleunigen und irgendwann wird die Lokale Gruppe in den Virgohaufen fallen und damit verschmelzen
- Virgohaufen (mit 2000 Mitgliedern) bremst alle Galaxien um uns herum und erzeugt einen Materiestrom zum Virgohaufen (*Virgo-centric flow*)
- Lokale Gruppe erfährt Beschleunigung von 100-400 km/sec auf den Virgohaufen zu
- Virgohaufen kann aufgrund seiner enormen Masse seine Mitglieder auf sehr hohe Eigenbewegungen bringen: 1500 km/sec bzgl. Haufenzentrum
- Einige Galaxien im Virgohaufen, die sich in unserer Richtung bewegen zeigen die höchsten Blauverschiebungen die je für Galaxien gemessen wurden: IC 3258 nähert sich uns mit 517 km/sec
- Entsprechend auch die Rotverschiebungen: NGC 4388 mit 2535 km/sec

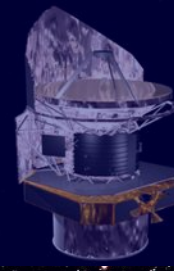
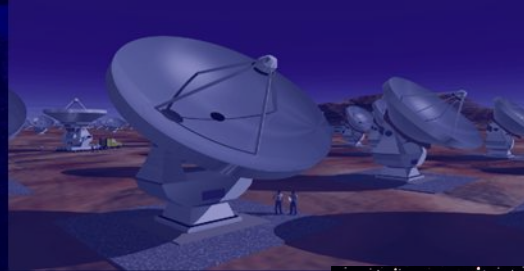


Milchstraße & Andromeda

- Milchstraße und Andromeda (M31) sind die beiden größten Mitglieder der Lokalen Gruppe (ca. 40 Mitglieder)
- Milchstraße und Andromeda bewegen sich mit ca. 120 km/s aufeinander zu
- Beide sind nah zueinander entstanden in frühen dichten Phasen des Universums, bewegten sich dann auseinander und nähern sich jetzt wieder an
- Problem
 - mit Bestimmung der transversalen Geschwindigkeit von Andromeda
 - Mit der Bestimmung der Masse in der Lokalen Gruppe: gravitationell gebunden??
- Vorausgesetzt: Lokale Gruppe gravitationell gebunden und Andromeda bewegt sich auf Milchstraße : sie werden kollidieren
- Mit wichtiger Rolle der massiven Halos aus Dunkler Materie

Lokale Gruppe

- Eigenständig: M31 (Andromeda; Sb)
 - Abstand: 770 kpc, Größe: 45 kpc
 - Leuchtkraft: $M_V = -21$
 - Geschwindigkeit: -120 km/s
 - Kollision mit MW
- ebenfalls Begleiter:
 - NGC 205 (dE)
 - M32 (dE)
- Eigenständig: M33 (Sc)
 - Abstand: 840 kpc, Größe: 17 kpc
 - Leuchtkraft: $M_V = -17.6$



M31, M32, NGC205



M33

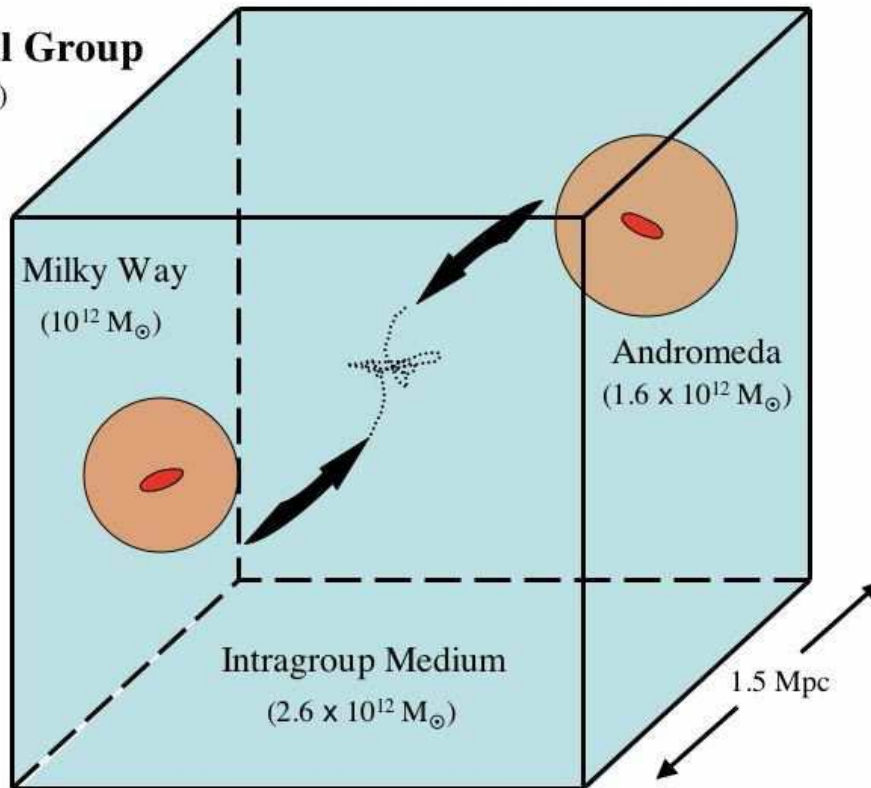


Andromeda Galaxy (M31)

Milchstraße & Andromeda

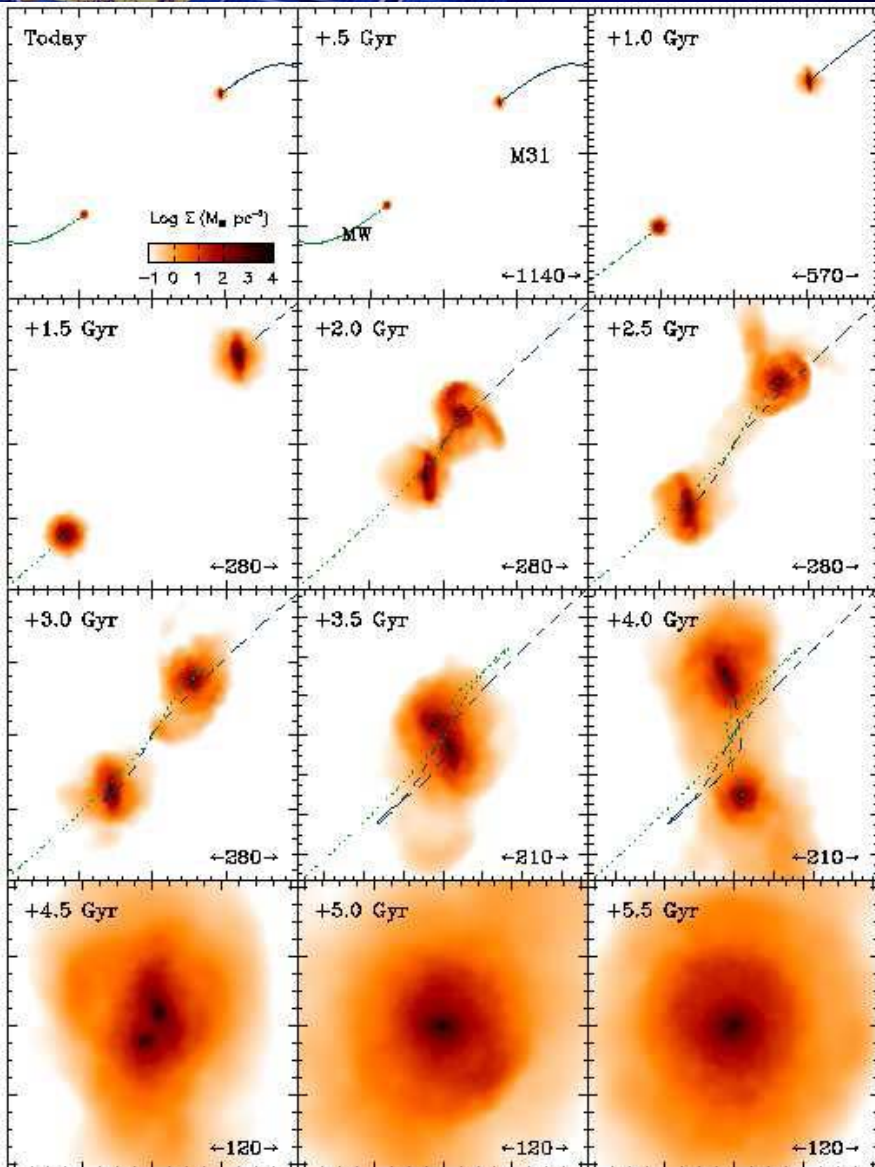
The Local Group

(5 Gyr Ago)



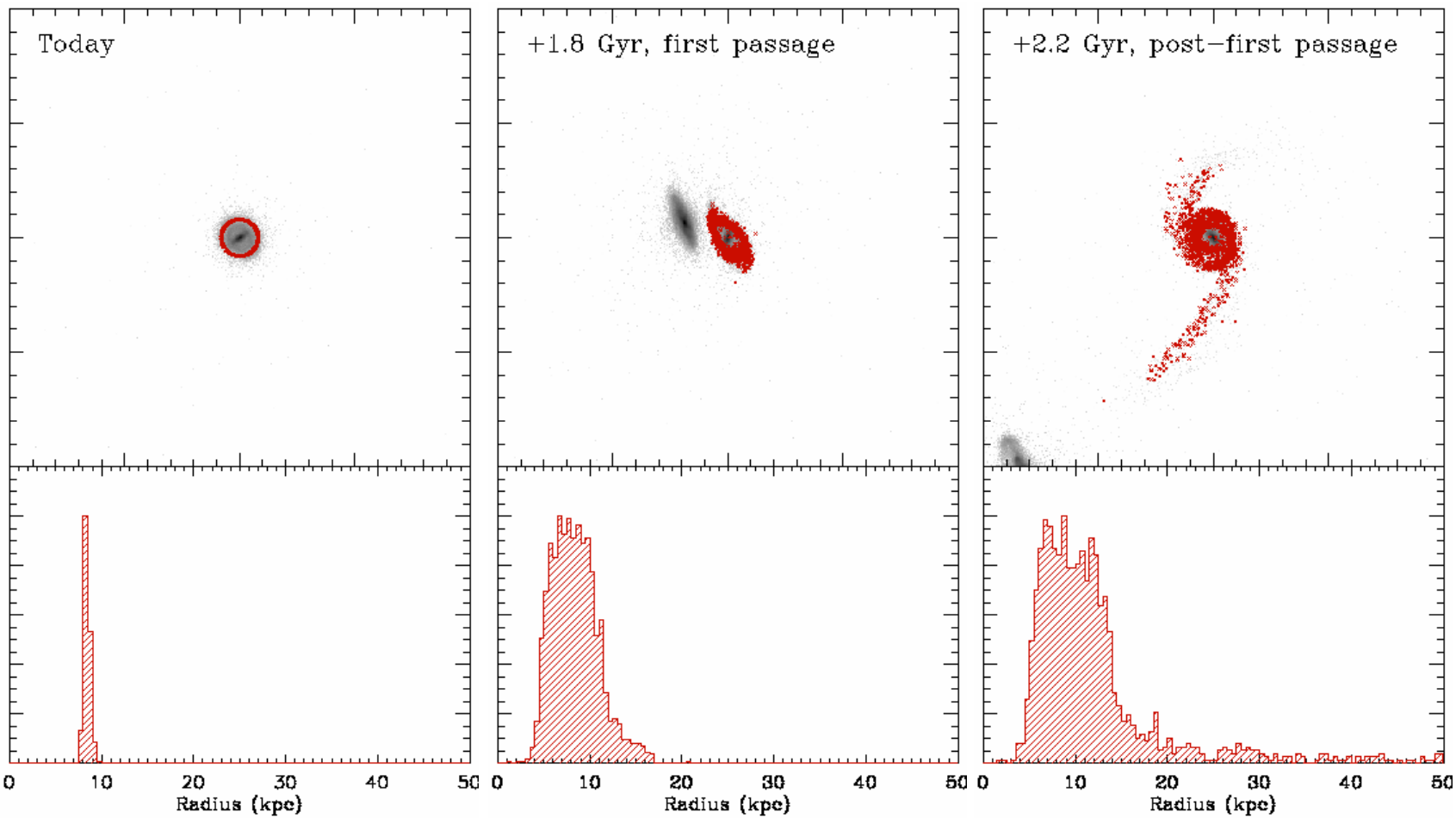
- Zusätzliche Annahme: gesamte Masse der Lokalen Gruppe in Milchstraße & Andromeda; Annahme falsch, daher zusätzliches „Intragroup Medium“ angenommen (diffus und ausgedehnt)
- Das gesamte Lokale Gruppen Medium ist konstanter Dichtekubus von 1.5 Mpc aus Dunkler Materie und Gas
- N-Körper Simulationen mit einem hydrodynamischen Code; Sternentstehung und Feedback werden berücksichtigt ...

Milchstraße & Andromeda

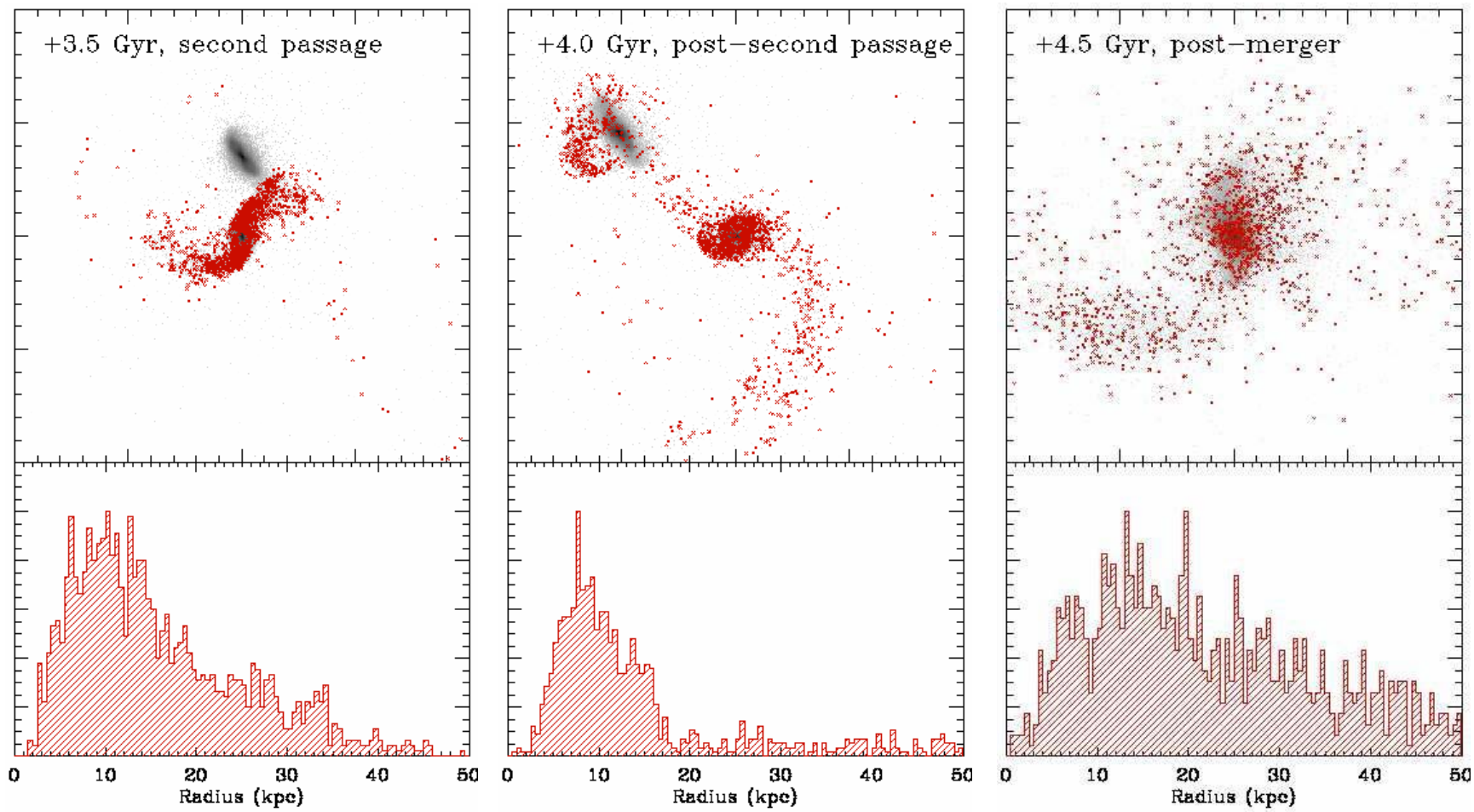


- Schicksal der Erdbewohner: abhängig von Entwicklung der Sonne, von einer möglichen Veränderung des Erdbahnradius, der Möglichkeit interstellaren Reisens ...
- Position der Sonne in der Simulation verfolgen, Phase der Orbitalbewegung wird nicht berücksichtigt
- Wahrscheinlichkeit, daß dies Sonne weiter weg als 20kpc vom Milchstraßenzentrum landet, steigt mit dem Wechselwirkungsprozess
 - Erstes Aufeinandertreffen: 12%
 - Zweites „ „ : 30%
 - Drittes : 48%
 - Am Ende :68%
- 54% Wahrscheinlichkeit, daß sie am Ende bei einem Abstand >30 kpc sein wird

Milchstraße & Andromeda



Milchstraße & Andromeda

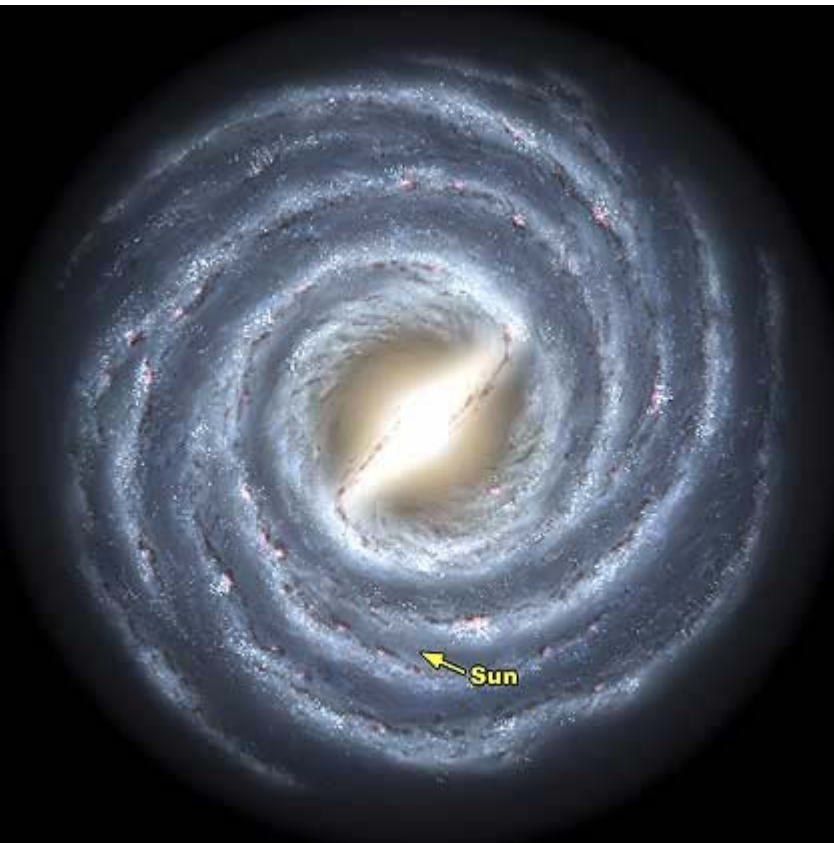


Milchstraße & Andromeda

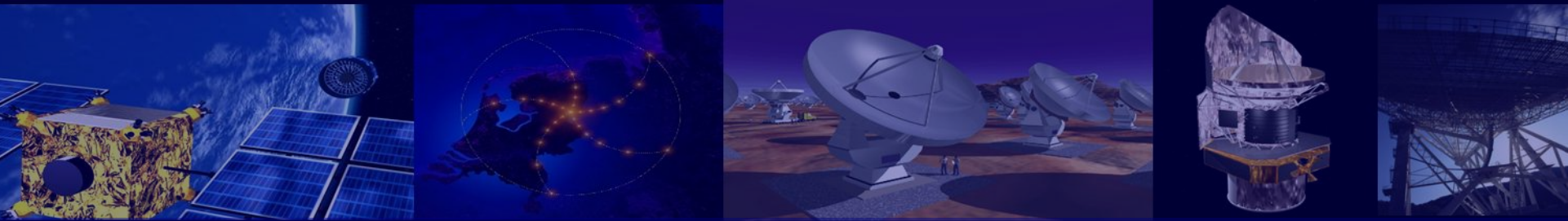


- Unerwartete Möglichkeit taucht in den Simulationen auf:
 - Sonne könnte an Andromeda gebunden werden – statt in der Milchstraße – noch bevor die beiden verschmelzen
 - Nur bei 2.7% der Kandidaten-Sonnen beobachtet: unwahrscheinlich
- Sternentstehungsrate:
 - Während gesamter Entwicklung der Lokalen Gruppe nimmt die Sternentstehungsrate permanent ab-> es wird kein ULIRG entstehen; beide Scheiben in der Endphase gasarm und damit keine Möglichkeit für starburst
- Entsteht ein Quasar?
 - Wenn 1% des Gases von einem Schwarzen Loch akkretiert wird, ein Quasar (vielleicht) könnte entstehen,

Milchstraße & Andromeda

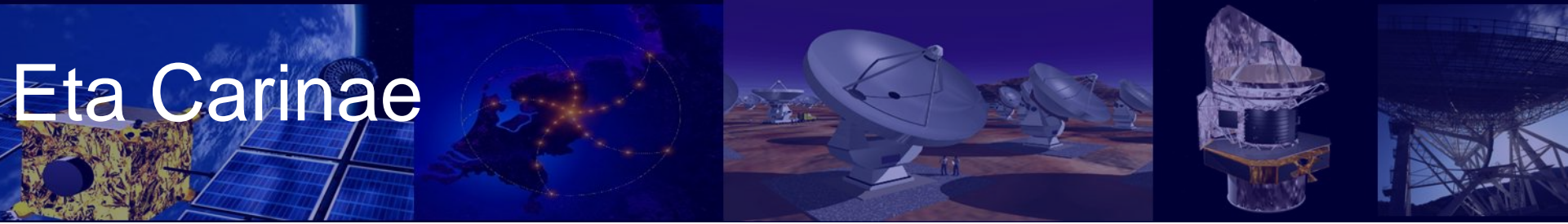


- Erste Kollision in ca. 2 Milliarden Jahren, in 5 Milliarden Jahren wird neues Sternsystem entstanden sein
- Neue Ergebnisse für unser Sonnensystem: Sonne und Erde werden wahrscheinlich in die Außenbezirke der neuen Galaxie geschleudert (100 000 Lichtjahre vom Zentrum der Galaxie)
- Band der Milchstraße wird „zerfleddert“, Sterne aus ihren Bahnen geworfen
- Sonne zu heiß (alternder Roter Riese): irdische Ozeane verdampft
- Neue Galaxie wird eine elliptische Galaxie sein mit der Form eines Rugby-Balls
- Loeb:“ Das ist der erste meiner Fachartikel, der eine Chance hat, in fünf Milliarden Jahren zitiert zu werden.



„Multifrequenzrätsel“ Eta Carinae

Eta Carinae



- Empfehlenswerte Seite zum Thema:
<http://etacar.umn.edu/>
- Alternative Namen:

Eta Carinae =

Eta Argus, Eta Navis, Eta Roburis

(old constellation names; all three were used during 19th C).

HR 4210 (Yale Bright Star Catalog; HR originally meant "Harvard revised photometry").

HD 93308 (Henry Draper Catalog of spectral types, Harvard Annals early 20th C).

SAO 238429 (Smithsonian Astrophysical Observatory positional catalog, 1960s).

CPD -59 2620 (Cape Photographic Durchmusterung, early 20th C).

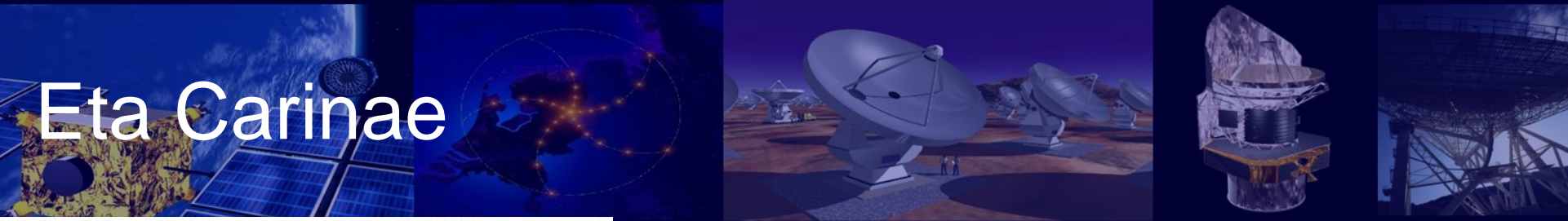
IRAS 10431-5925 (InfraRed Astronomical Satellite survey, 1980s).

PPM 339408 (A fairly modern positional catalog).

TYC 8626-2809-1 (Tycho positional catalog (Hipparcos/Tycho)).

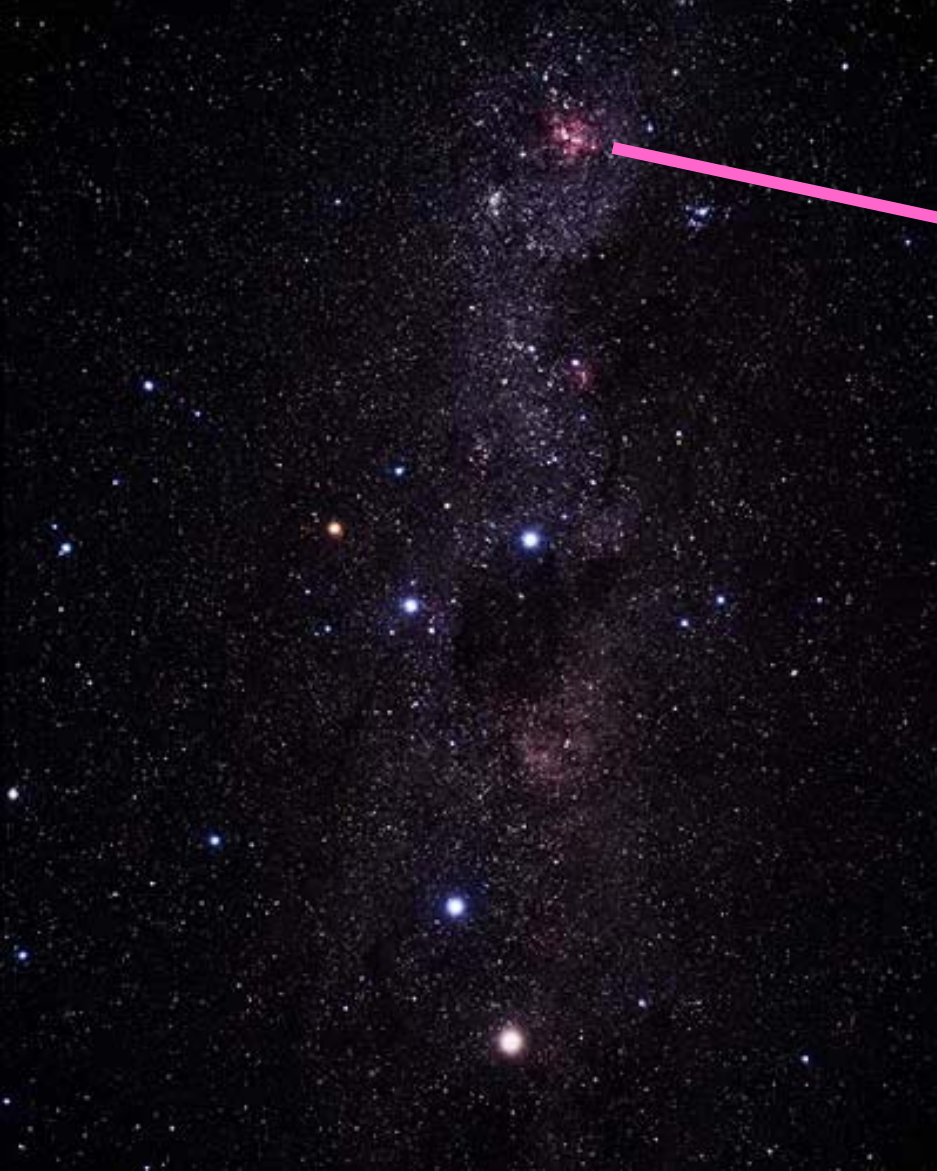
Hen 3-481 (Henize, emission-line objects).

Eta Carinae



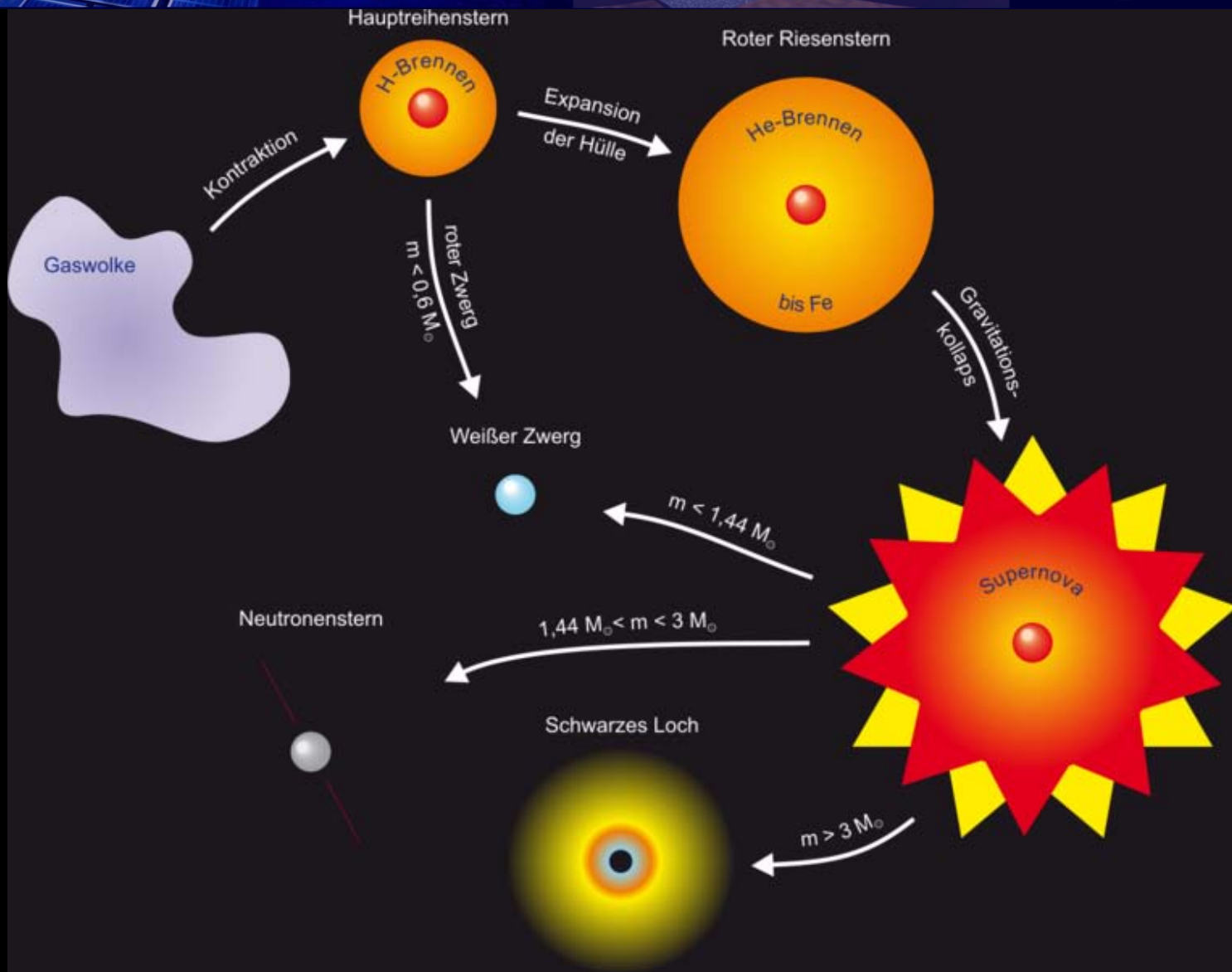
- Ein veränderlicher, sehr massereicher Stern (100 bis 150 Sonnenmassen)
- Strahlt mit der 4-5 Miofachen Leuchtkraft der Sonne
- Liegt im südlichen Sternbild Carina, dem Schiffskiel
- Entfernung: 7000 – 10 000 Lj
- Innerhalb eines offenen Sternhaufens Tr 16, dieser ist in einen riesigen Nebelkomplex eingebettet: Carinanebel NGC 3372

Carinanebel – von der Erde aus gesehen



- Südliche Milchstraße: von Centaurus (unten) zu Carina (oben)

Sternentstehung und -entwicklung





Interstellares Medium - Sternentstehung

- Sternentstehung:
 - Unklar, wovon es abhängt, wann und mit welcher Rate Sterne aus dem interstellaren Medium kondensieren
 - Bildung wurde lange Zeit in Abhängigkeit von den lokalen Bedingungen in einer einzelnen Gaswolke beschrieben
 - Heute weiß man: die Zustände im gesamten Milchstraßensystem müssen berücksichtigt werden und werden durch Rückkopplungseffekte beeinflusst
 - Was eine Generation von Sternen in der Galaxis bewirkt, bestimmt die Bedingungen, in der die nachfolgenden Generationen entstehen
 - Rückkopplung kann verstärkend oder abschwächend wirken:
 - Massereiche Sterne können das interstellare Medium aufheizen und ionisieren und aus der galaktischen Ebene nach außen treiben: erhöht den Druck in den Außenbezirken und löst vielleicht einen Kollaps aus, der zu neuen Sternenerationen führen kann
 - Aufheizung und Ionisation können auch die Turbulenz der Wolken verstärken und die Bildung neuer Sterne unterdrücken; Explosion eines massereichen Sterns kann die Wolke auseinander reißen, in der er einst entstand



Interstellares Medium - Sternentstehung

- Erklärt, warum Sternentstehungsprozesse so ineffizient sind; nur wenige Prozent der Masse einer kollabierenden Wolke enden als Sterne
- Warum entstehen Sterne in Ausbrüchen (starburst), die einen größeren Raumbereich umfassen?
 - Milchstraße: positive und negative Rückkopplung wirken so zusammen, daß neue Sterne mit gemächlicher Rate entstehen: ca. 10 pro Jahr
 - M82: positive Rückkopplung überwiegt: vor 20-50 Mio Jahren sind die Sternbildungsprozesse in den zentralen Bereichen außer Kontrolle geraten und laufen zehnmals schneller ab, als zuvor; Beziehungsgeflecht zwischen Sternen und Interstellarem Medium
- Die Mehrzahl der Sterne – weniger Masse als die Sonne – trägt nicht zum Materiekreislauf bei -> immer mehr interstellares Gas wird in diesen langlebigen Himmelskörpern gebunden



Interstellares Medium - Sternentstehung

- Aber: Wasserstoffwolken, kaum mit schwereren Elementen angereichert, regnen aus dem intergalaktischen Raum auf die Milchstraße nieder und verjüngen sie
- Chemische Zusammensetzung des interstellaren Mediums:
 - 90% Wasserstoff, 10% Helium, (von Lithium zu Uran: 0.1%)
 - **Neutraler Wasserstoff (HI, 21cm Linie)**, Klumpen und Filamente, Dichten von 10-100 Atomen pro cm^3 , Temperaturen nahe 100 K; das meiste HI befindet sich nahe der galaktischen Ebene, bildet 300 pc dicke Scheibe
 - **Molekularer Wasserstoff (H_2)**, nachweisbar über Radiobeobachtungen des Kohlenmonoxids, das fast immer mit dem molekularen Wasserstoff gemeinsam auftritt), Wasserstoffmoleküle sind auf die dichtesten und kältesten Wolken beschränkt: Sternentstehungsgebiete, finden sich in 100 pc dicker Schicht in galaktischer Scheibe, aber auch in Regionen geringerer Dichte außerhalb der Scheibe



Interstellares Medium - Sternentstehung

- **Ionisierter Wasserstoff (H II): heißer** und **warmer ionisierter Wasserstoff** mit Temperaturen von ca. 1 Mio bzw. ca. 10 000 K; erstrecken sich oberhalb der Schicht aus kalten HI-Wolken und bilden ausgedehnten Gas-Halo um die Galaxis
- Interstellar ist falsche Beschreibung!!
- Heiße Phase kann sich mehrere 1000 pc von der galaktischen Ebene nach außen erstrecken und bis zu einer Dichte von 10^{-3} Ionen pro cm^3 ausdünnen (vergleichbar der Korona der Sonne); Ursache: Stoßwellen von Supernovae und schnelle Sternwinde
- Warme Phase: durch energiereiche Strahlung aus dem extremen UV-Bereich aufgeheizt
- Medium durchläuft Kreislauf durch die Sterne und verwandelt sich von H_2 in HI in HII und von kalt nach heiß und wieder zurück



Interstellares Medium - Sternentstehung

- Wie es die Sterne bewerkstelligen, eine komplette Galaxie zu beeinflussen, ist noch schleierhaft
- Schlüssel: Produktion von heißem, ionisiertem Gas: entsteht, wenn Stoßwellen einer Supernova mit Geschwindigkeiten von 100 -200 km/s durch das interstellare Medium rasen: eine Blase von 100 bis 200 pc kann freigefegt werden
- Stoßwellen beschleunigen einen kleinen Teil der Ionen und Elektronen fast auf Lichtgeschwindigkeit: positive und negative Rückkopplung
 - Energiereiche Partikelstrahlung erhöht den Druck, dichte Molekülwolken können leichter zu Protosternen kollabieren
 - Kosmische Strahlung ionisiert einen Teil des Wasserstoffs und begünstigt chemische Reaktionen, durch die komplexe Moleküle entstehen
 - Geladene Ionen sind eng mit den magnetischen Feldlinien verbunden und halten das Feld in den Wolken fest, was den Kollaps zu Protosternen bremst



Interstellares Medium - Sternentstehung

- Blasen können sich zu einer Art Schaum mit riesiger Dimension vereinigen
- Heute: Heiße Phase füllt 55-75 % des Interstellaren Raumes, kühlere neutrale Phasen beschränken sich auf einzelne Wolken innerhalb dieser ionisierten Matrix (Umkehrung des traditionellen Bildes)
- Bsp.: Spiralgalaxie M101 verfügt über kreisförmige Scheibe aus atomarem Gas, löchrig wie Schweizer Käse: heiße Sterne haben diese Löcher freigeblasen
- Unsere Sonne befindet sich in einer heißen Blase, entstand vermutlich vor rund einer Mio Jahren durch nahe Supernova
- Heiße Blasen können Auftrieb von der galaktischen Ebene weg erfahren, wie eine Thermik über heißem Boden auf der Erde: können bis in den Halo der Galaxis aufsteigen
- Kosmischer Schlot oder Schornstein, durch den das Gas bis in die obere Atmosphäre der Milchstraßensystems gelangen kann, dort abkühlt und auf die galaktische Scheibe zurückregnet: könnte heiße galaktische Korona und Magnetfeld der Milchstraße verursachen (... noch nicht nachgewiesen)



Interstellares Medium - Sternentstehung

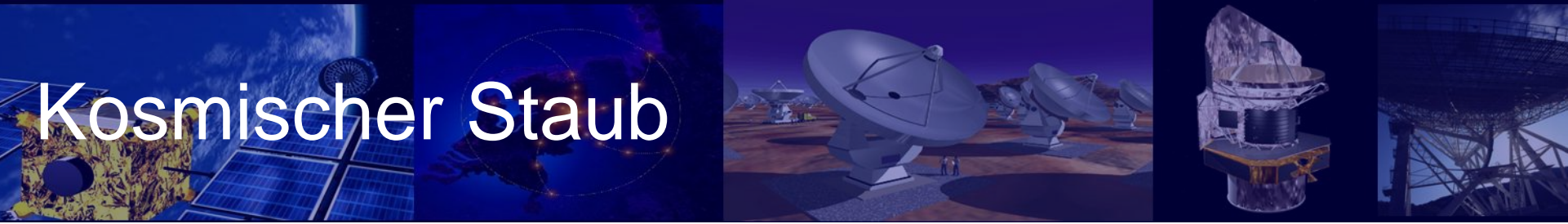
- Warme, 10 000 K heißes Plasma: dürfte gar nicht überall im interstellaren Raum vorkommen, lediglich dort, wo es durch heiße, überschwere Sterne aufgeheizt wird; ist aber überall vorhanden
- Lösung vielleicht durch Blasen: wenn Supernovae signifikante Teile des interstellaren Mediums ausgehöhlt haben, können ionisierende Photonen weite Strecken zurücklegen, bevor neutraler Wasserstoff sie absorbiert
- ... weite Bereiche der Galaxis können von der Bildung massereicher Sterne in wenigen begrenzten Gebieten beeinflusst werden: Strahlung der Sterne, ihre Winde und Explosionen höhlen das interstellare Medium in einem kleinen Gebiet aus, Vorgang kann Sternbildung in benachbarter Wolke auslösen, bis da Medium einem Schweizer Käse ähnelt, die Blasen überlappen sich und verschmelzen zur Riesenblase (superbubble), Energie der Sterne füttert die Blase, bis der Auftrieb sie von der galaktischen Ebene bis in den Halo gestreckt hat -
Strömungskanal für heißes Gas das von innen nach außen strömt und dort die Korona bildet; Gas kühlt ab, kondensiert zu Wolken, fallen zurück
- Details noch unklar Rolle der Magnetfelder?

Kosmischer Staub



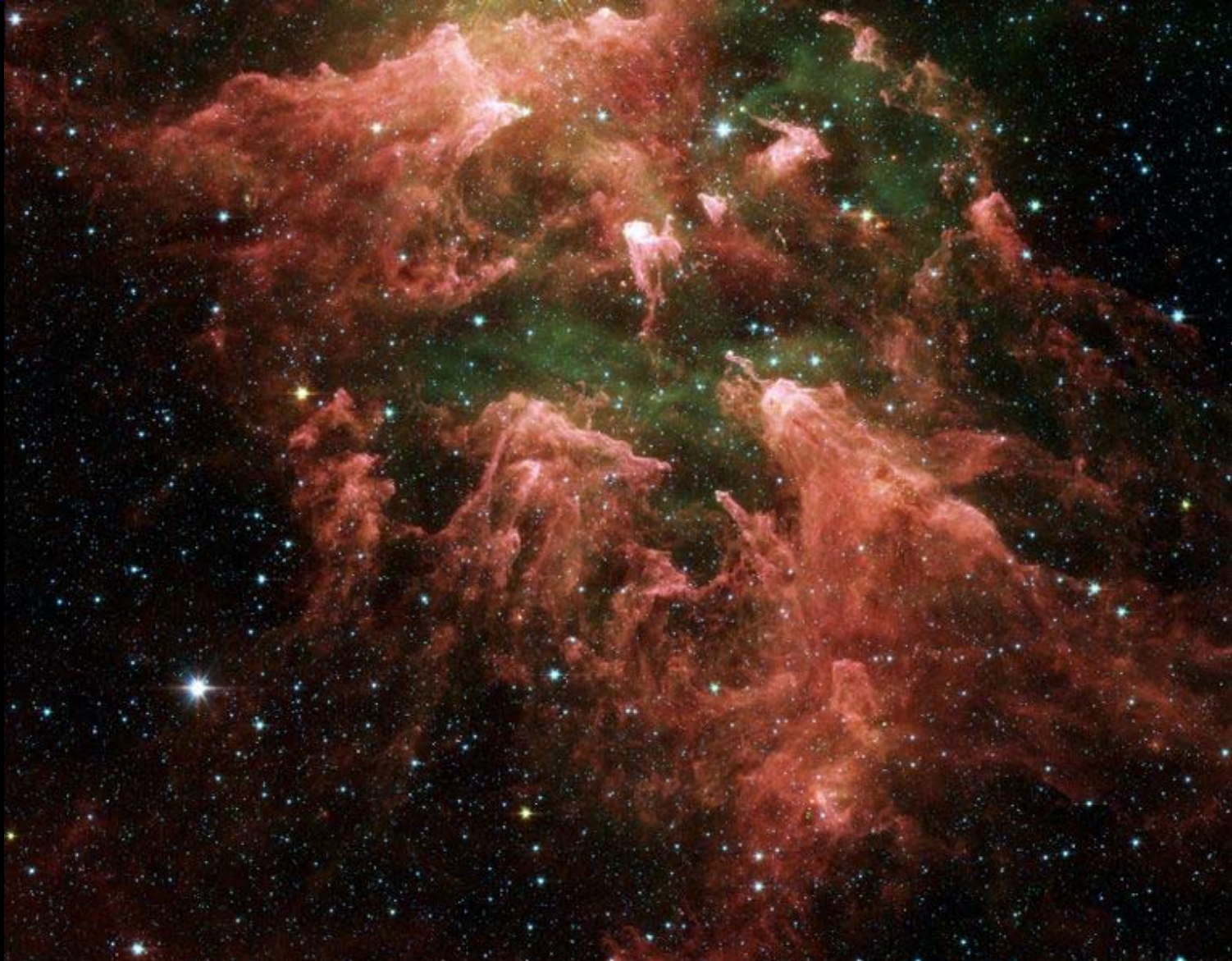
- **Kosmische Teilchen** so groß wie Partikel im Zigarettenrauch
- 3 Arten von Staubkörnern:
 - Teilchen, die Licht im sichtbaren Bereich des Spektrums abschirmen, sind länglich mit 0.2 Mikrometer Durchmesser und doppelter Länge; bilden 80% des interstellaren Staubes; jedes Staubkorn enthält winzigen festen Kern, ummantelt von Eis und organischem Material
 - UV-Licht: wesentlich kleinere Partikel (0.005 Mikrometer), amorphe kohlenstoffhaltige Festkörper, angereichert mit Wasserstoff, 10% des Staubes
 - Hochenergetisches UV wird von den kleinsten Staubteilchen (0.002 Mikrometer) absorbiert, große Moleküle, vergleichbar polyzyklischen Kohlenwasserstoffen
- Treiben in großen Entfernungen von Sternen durch das All, abgekühlt bis auf -268 Grad Celsius
- Ein Promille der Gesamtmasse unserer Galaxis, in einem Würfel von 100m Kantenlänge ein Staubkorn

Kosmischer Staub



- Am Anfang war der Kosmos staubfrei ...
- Supernovae produzieren den ersten Staub; nachfolgende Stoßwellen zerstören die Staubteilchen wieder
- Rote Riesensterne: in Atmosphären entstehen Silikatteilchen, die in den interstellaren Raum hinausgeblasen werden, dringen in Gaswolken; tiefe Temperaturen: jedes Atom oder Molekül mit dem das Staubteilchen kollidiert fríert fest
- Staub nimmt zu, hindert Strahlung am Eindringen in die Wolken, senkt Temperatur in den Gaswolken -> Gravitation geringerer Massen gewinnt die Oberhand: erleichtert die Bildung kleinerer Sterne
- Staub wird ständig erzeugt und wieder vernichtet

Eta Carinae – im Carinanebel NGC 3372

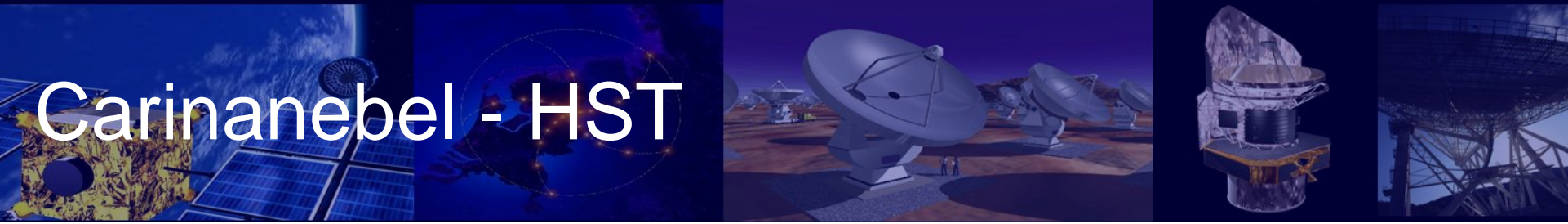


Eta Carinae – im Carinanebel NGC 3372



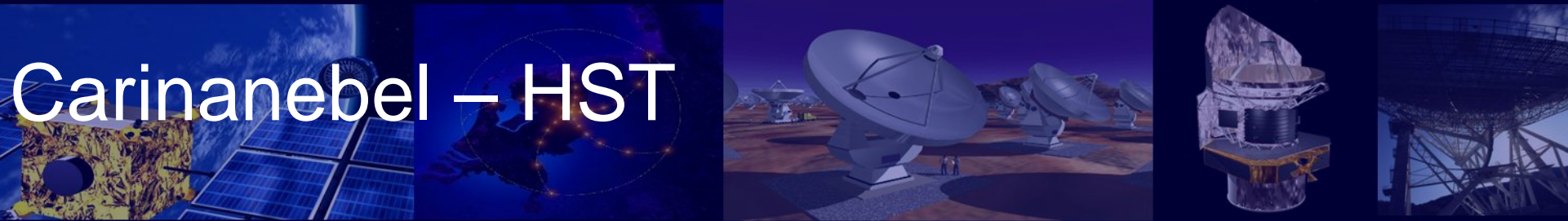
Sehr massive Sterne zerfetzen die molekularen Wolken, aus denen sie entstanden sind

Carinanebel - HST



- Zum 17. Jahrestag des Hubble-Weltraum-Teleskops wurde am 24.04.2007 das bisher größte Hubble-Panorama veröffentlicht. Es ist aus 48 einzelnen Aufnahmen des Weltraum-Teleskops zusammengesetzt und deckt in der Breite einen Bereich von 50 Lichtjahren ab. Es ist also nur ein kleiner Ausschnitt des gesamten *Carinanebels*. Die Farbinformationen für dieses Bild stammen nicht von Hubble selbst, sondern vom Cerro Tololo-Observatorium in Chile. **Rot** entspricht Schwefel, **Grün** Wasserstoff und **Blau** Sauerstoff.

Carinanebel – HST



Sternentstehung, Winde, UV-Strahlung von Monster-Sternen

Carinanebel – HST

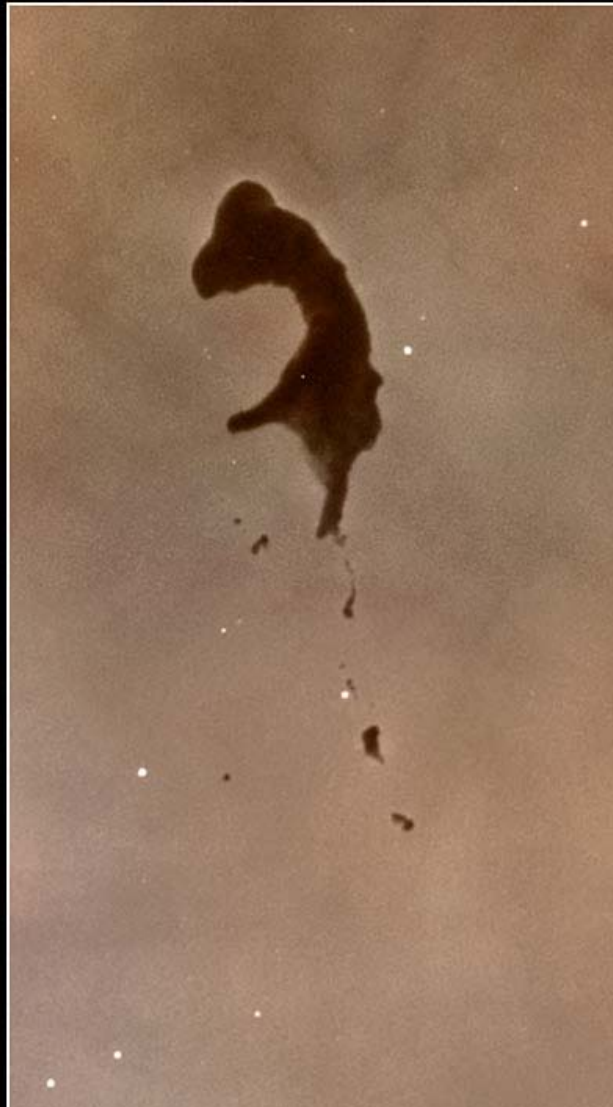


Eine Reihe von Zusammenballungen von Staub und Gas, die sich bislang der Photoionisation widersetzen konnten. Der Globulus auf dem mittleren Bild trägt den Spitznamen "Tausendfüßler". Der Theorie zufolge entstehen in solchen staubigen Kokons neue Sterne

Carinanebel – HST

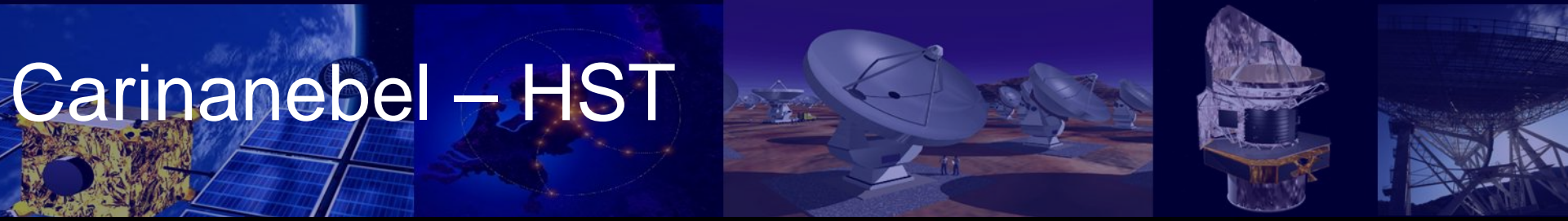
Carina Nebula Details

HST•ACS/WFC



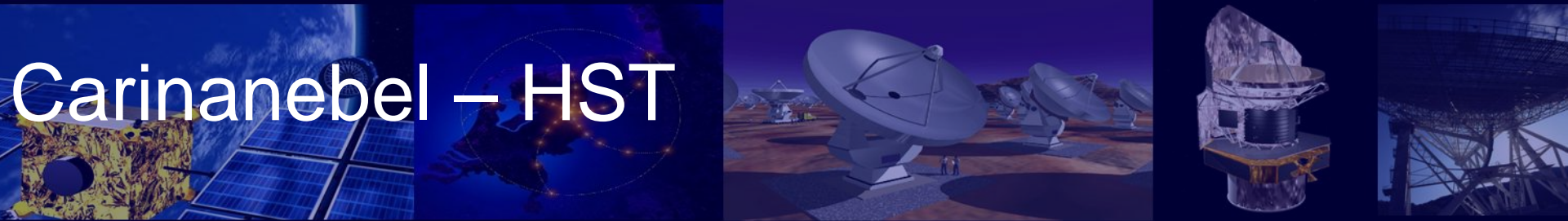
Kalter molekularer Wasserstoff, Sternenlicht, Stellare Winde, Sterne könnten sich innerhalb dieser Staubcocoons bilden

Carinanebel – HST



Die Wasserstoffansammlungen erinnern an einen sommerlichen Gewitterhimmel. Die kleinen Ausstülpungen werden "Elefantenrüssel" genannt - sie müssen der extrem starken ultravioletten Strahlung der heißesten Sterne aus dem Nebel widerstehen

Carinanebel – HST



Gigantische Gaswolke: Eine Ansammlung kalten Wasserstoffs hebt sich vor dem Hintergrund des 2,5 Millionen Jahre alten Sternencusters "Trumpler" ab

Carinanebel – HST



Der gewaltige Berg ist eine Ansammlung von kaltem Wasserstoffgas, vermischt mit Staub. Die heißesten der neugeborenen Sterne im Carinanebel knabbern an der Gas-Ansammlung.

Carinanebel – HST

Nahaufnahme - dort, wo an der Spitze der Formation und links unten im Bild Gasströme austreten, entstehen gerade zwei neue Sonnen

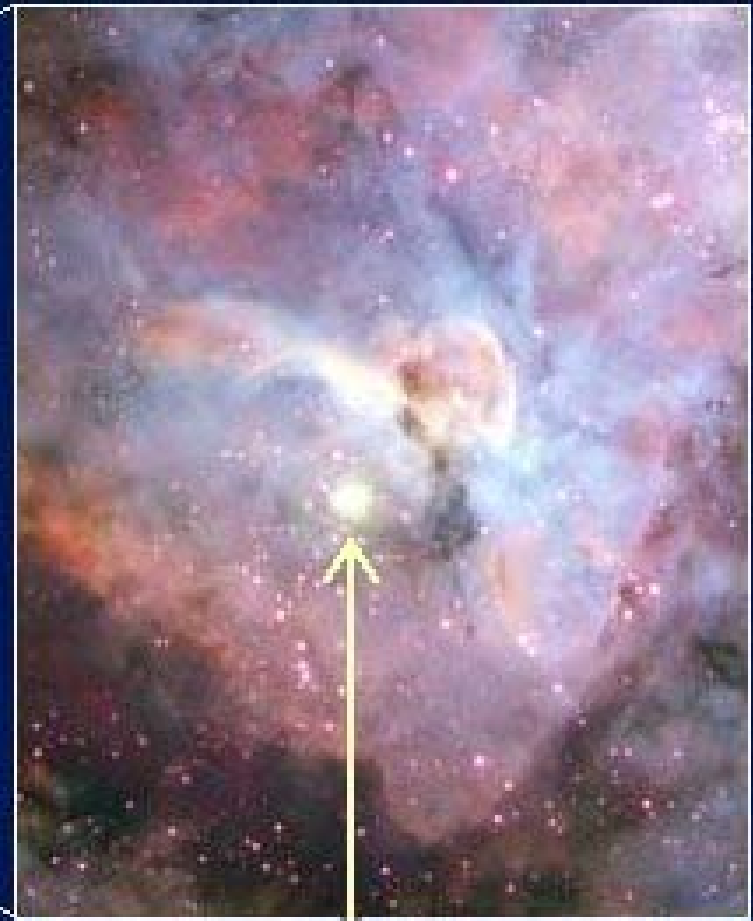
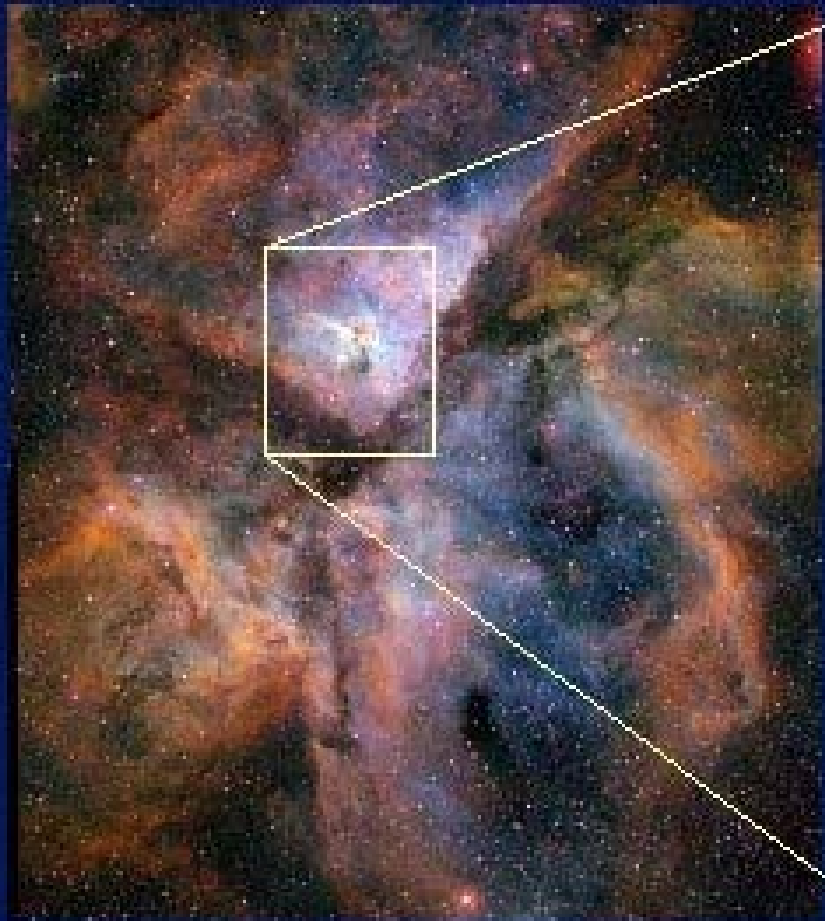


Eta Carinae – im Carinanebel NGC 3372



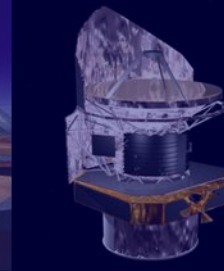
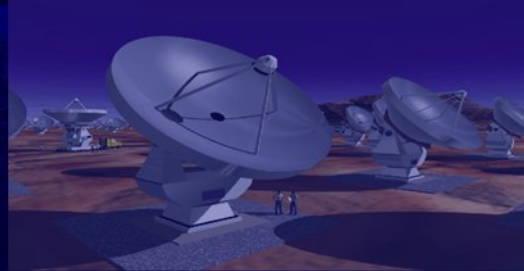
N

E



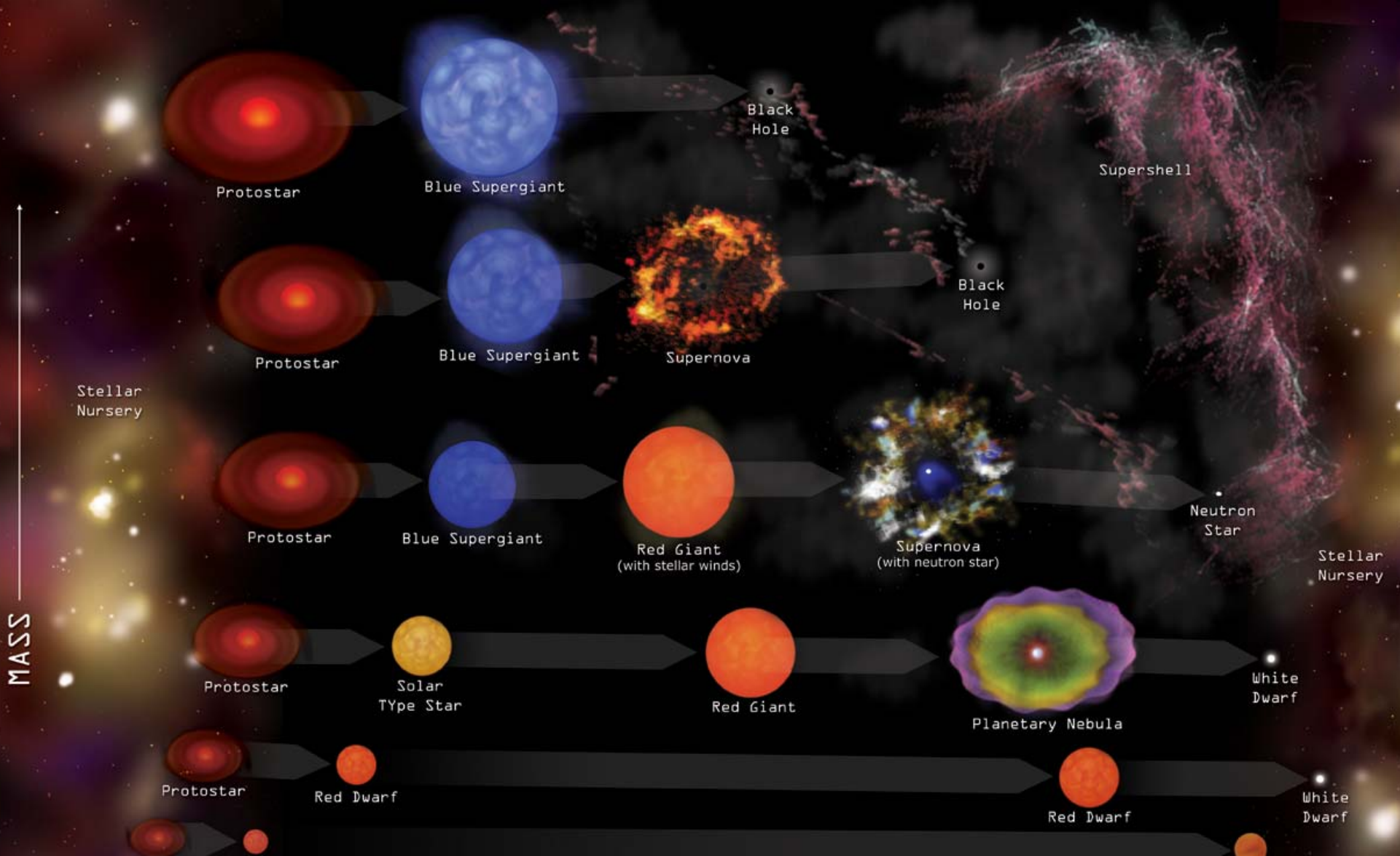
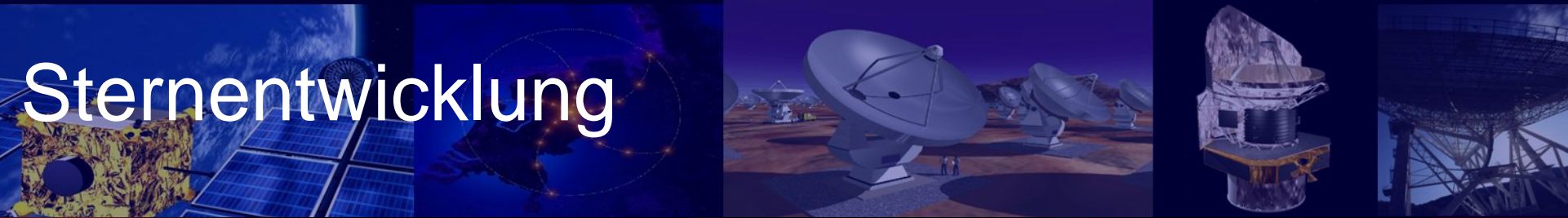
1.32° = 170 LY

ETA CAR 35 Lj



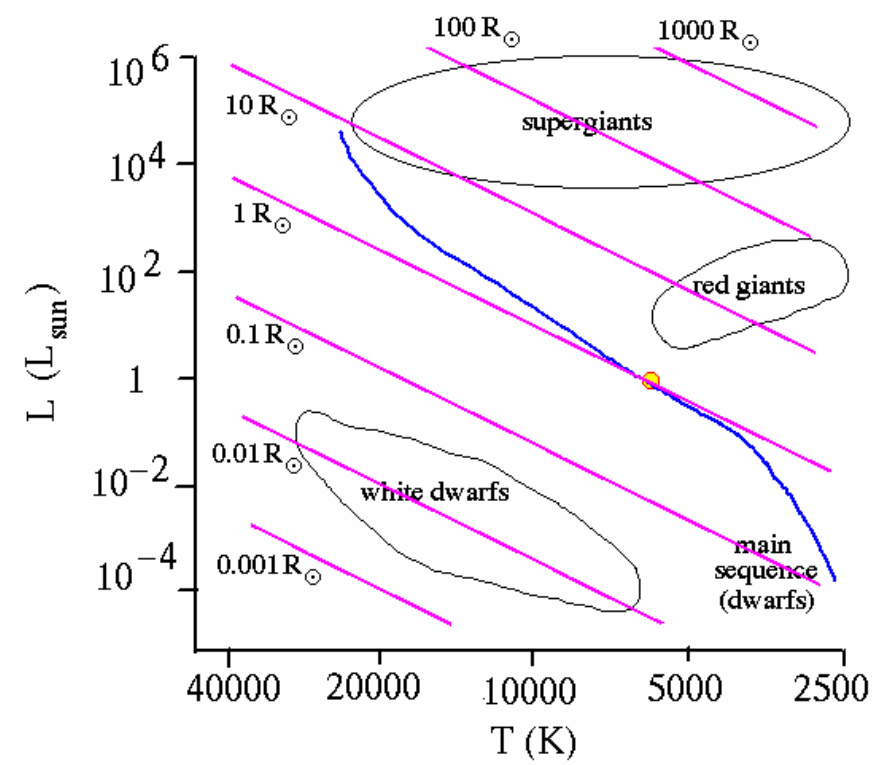
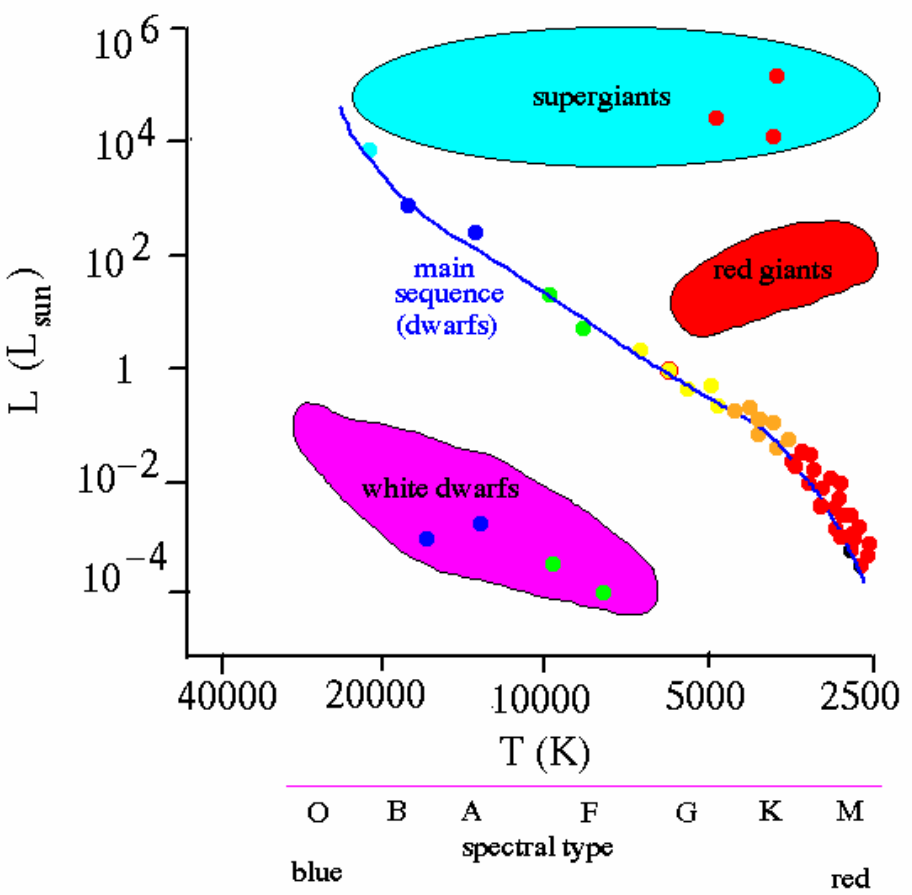
- Einer der massereichsten Sterne der Milchstraße: Kernfusion verbraucht in dieser Art Sterne aufgrund des durch die Masse erzeugten hohen inneren Druckes und der dadurch bedingten hohen Temperatur den Wasserstoff (und dann auch andere Elemente) mit wesentlich höherer Rate als in der Sonne -> Kernbrennstoff ist innerhalb von wenigen Mio Jahren verbraucht -> Supernova oder Hypernova
- Eta Carinae gehört zur besonderen Klasse von instabilen blauen Riesensternen (*Leuchtkräftige Blaue Veränderliche*)
 - Vermutlich durchlaufen alle Sterne mit Anfangsmasse >20 Sonnenmassen das LBV-Stadium, verweilen aber nur einige zehntausend Jahre dort
 - 6 LBV in der Milchstraße

Sternentwicklung



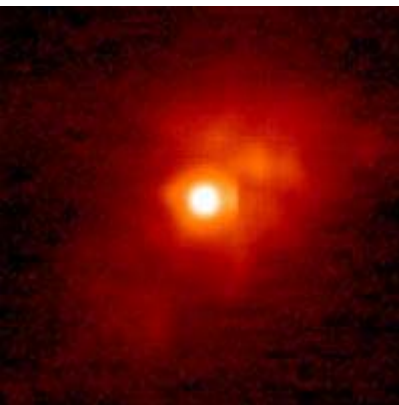


HR-Diagramm

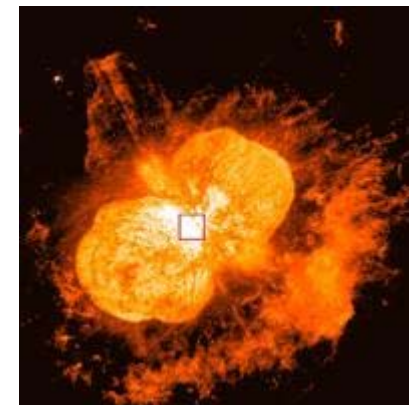


Eta Carinae - Ausbrüche

- Bemerkenswert ist Eta Carinae aufgrund der Ausbrüche und der sich dadurch ändernden Helligkeit
- Erste Katalogisierung durch Edmond Halley (1677): ein Stern 4. Größe; 1730: einer der hellsten Sterne im Schiffskiel...
- Zwischen 1837 und 1856: große Eruption, 1843: -0.8 Magnituden; Ausbruch hatte Ausmaß einer Supernova, zweithellster Stern neben Sirius; überlebte und verblasste in den Folgejahren zusehends; ab 1940 wieder heller ...



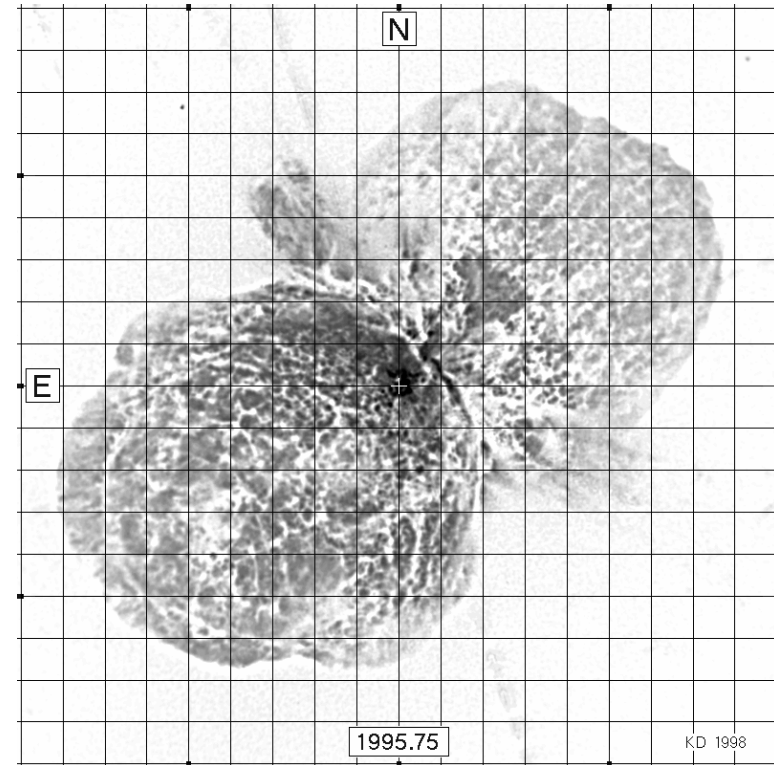
Der innere Bereich des Nebels um den Stern Eta Carinae aufgenommen mit dem VLT



Dieses Hubble-Bild zeigt den Homunculus-Nebel und die mit dem VLT beobachtete Region (Kasten).

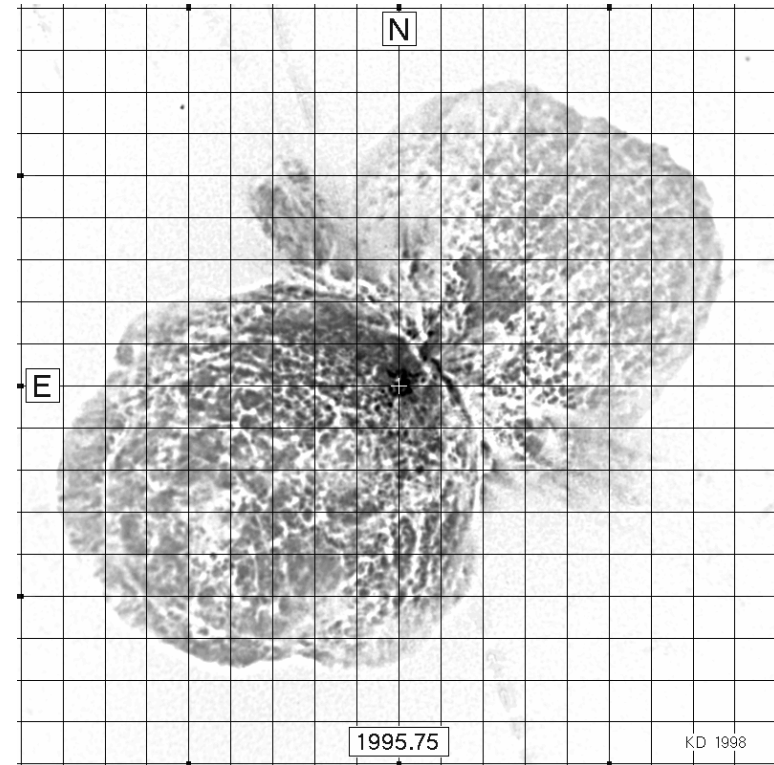
Eta Carinae - Homunkulusnebel

- Eta Carinae ist von einem sich ausbreitenden bipolaren Nebel umgeben
- Gaviola (1950) *Homunkulusnebel* aufgrund des Aussehens
- Ausbreitungsgeschwindigkeit: bis zu 700 km/s
- Wolke läßt sich auf den Ausbruch der 40er Jahre des 19. Jahrhunderts zurückführen
- Kegel in Richtung der Rotationsachse des Sterns ausgerichtet, weitere Materie wird abgestoßen

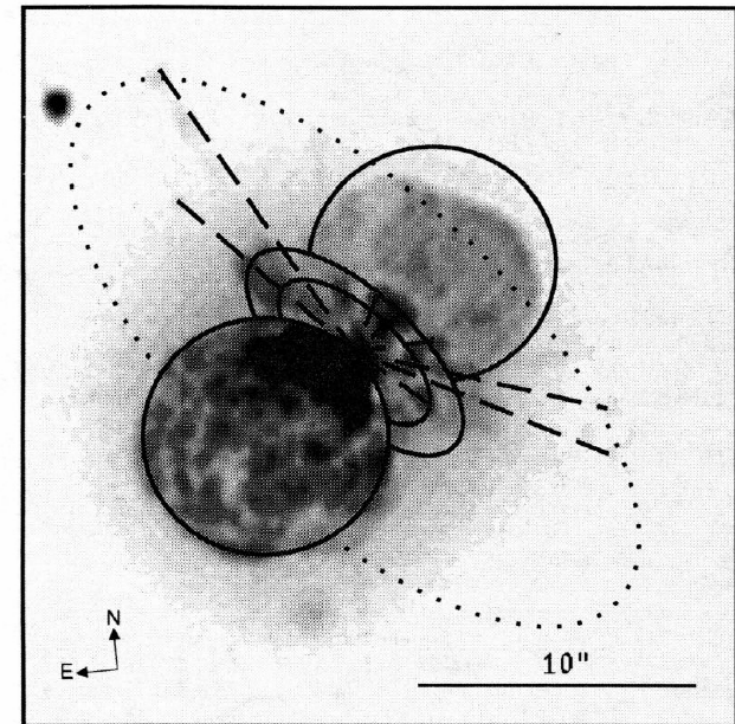
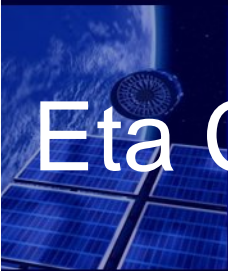


Eta Carinae - Homunkulusnebel

- Entstehung der Wolken:
 - Magnetfeld des Sterns hat das fortgeschleuderte Plasma in zwei Vorzugsrichtungen gebündelt
 - Einfluß der Gravitation des Begleitsterns
 - Rotation des Sterns im Zusammenspiel mit der extrem hohen Leuchtkraft im Bereich der Eddington-Grenze

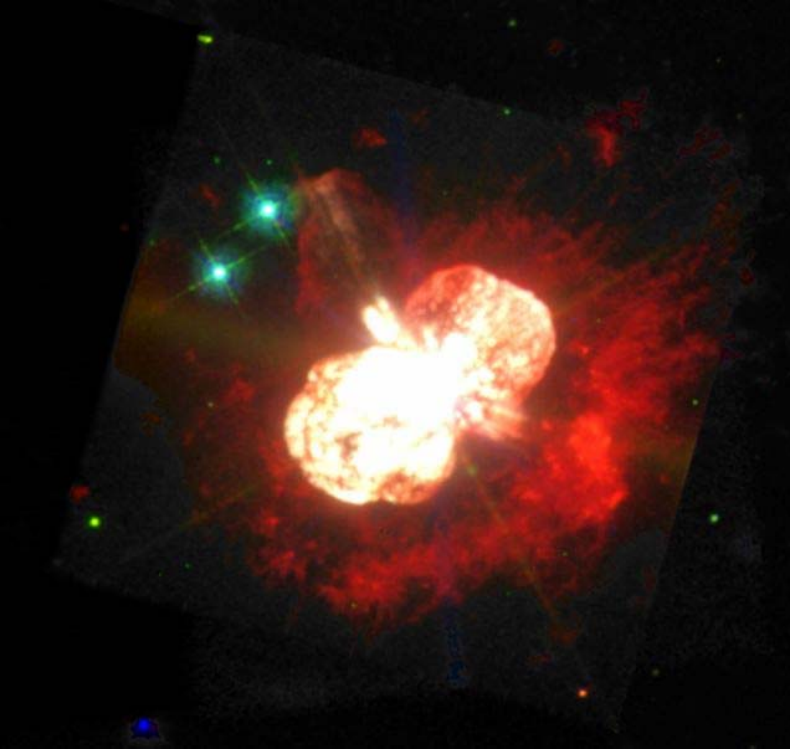


Eta Carinae – Äquatoriale Scheibe



- Senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der kegelförmigen Wolken befindet sich flache Scheibe (besteht ebenfalls aus fortgeschleudertem Material), vermutlich in den 1890er Jahren ausgestoßen (kurzzeitiger Helligkeitsanstieg)
- Material von Wolke und Scheibe besteht aus Gas mit hohem Anteil an Stickstoff und Staub: eines der hellsten Infrarotobjekte der Milchstraße

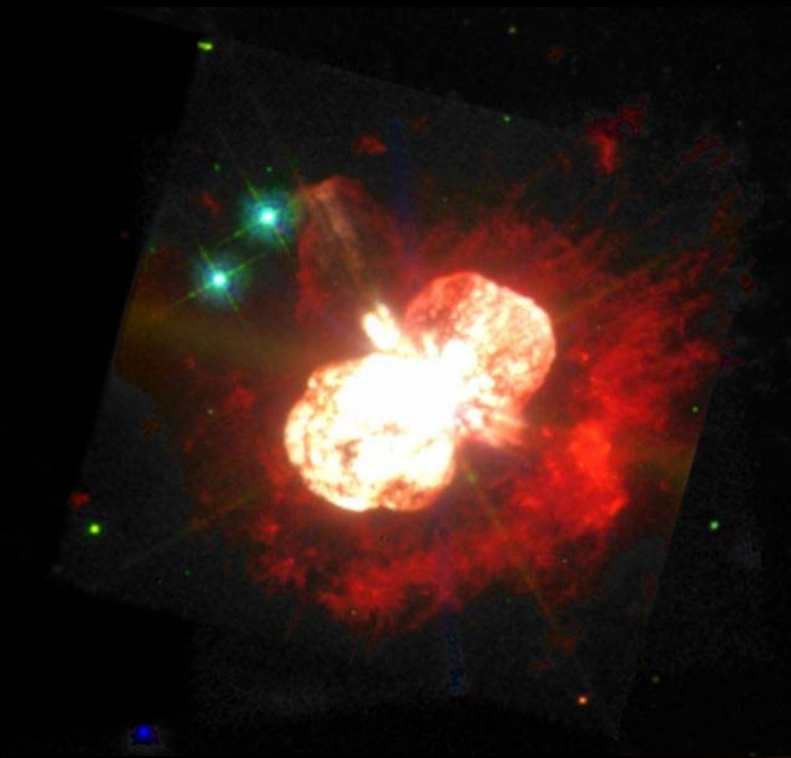
Eta Carinae – Ältere Ausbrüche



- Außen: älteres Material, vermutlich bei einem Ausbruch im 15. Jahrhundert weggeschleudert; hufeisenförmiger Ring in Chandra Aufnahmen, vermutlich aus einem Ausbruch vor mehr als 1000 Jahren
- Temperatur des Gases innen: 60 Mio Grad K, außen: 3 Mio K
- Ursache der Ausbrüche: aufgetauter Strahlungsdruck der enormen Leuchtkraft; Stern extrem instabil und am Ende seines Lebenszyklus
- Vermutlich alle 1000 Jahre ein großer Ausbruch und vermutlich innerhalb der nächsten 100 000 Jahre Supernova

„For all they knew, this monster could have gone supernova at any time. If it had, in most years of the twentieth century there would have been no detailed observations just before the disaster!“

Eta Carinae – mit Chandra



Eta Carinae

η Carinae

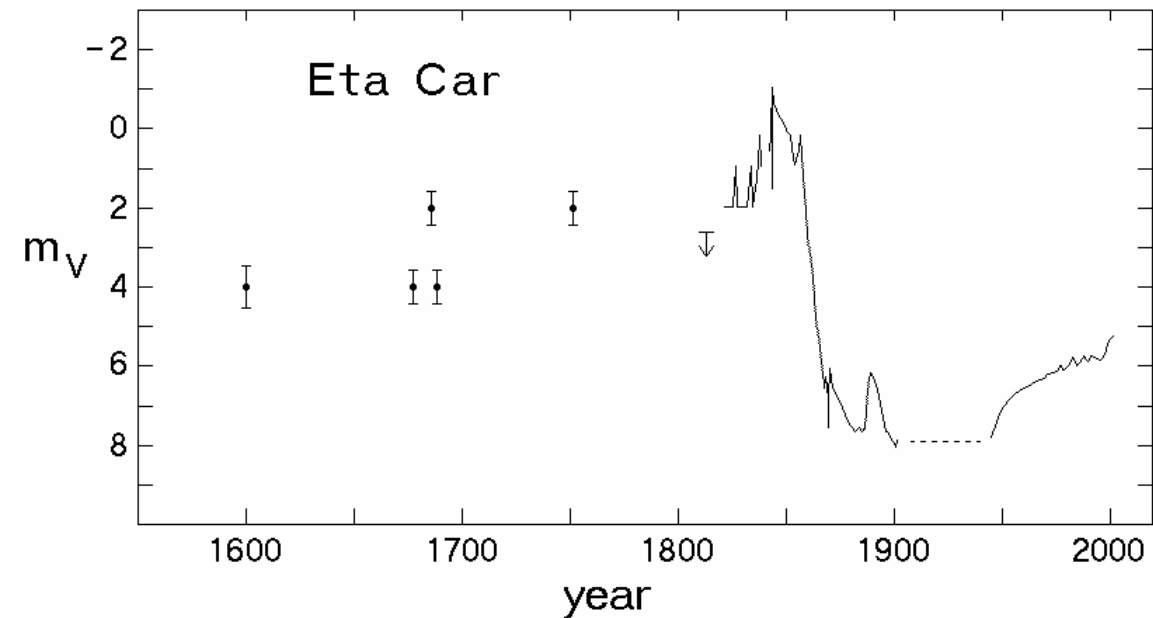
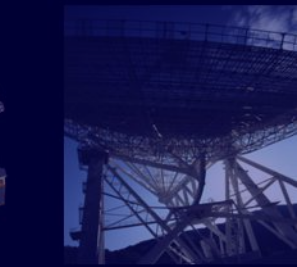
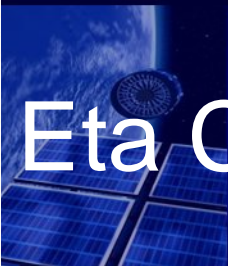
Kontinuums-Wind

Emissionslinien-Wind

10 Milli-Bogensekunden

- Beobachtungen (Weigelt et al.) mit AMBER (Astronomical Multi-BEam Recombiner) am VLTi, im nahinfraroten operierendes Strahlvereinigungsinstrument

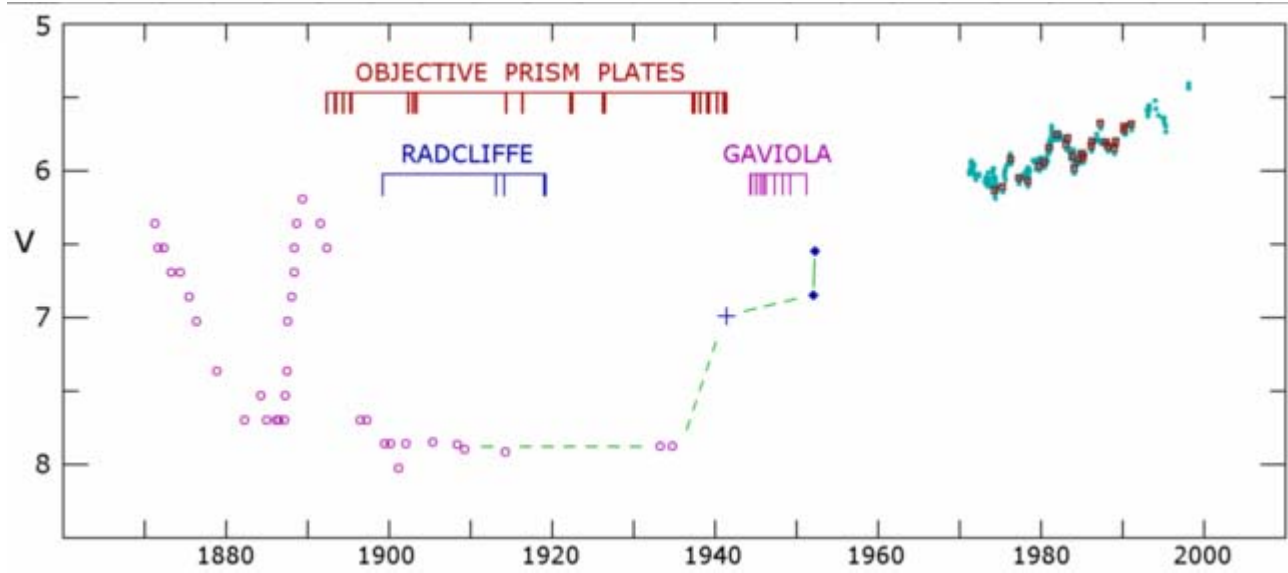
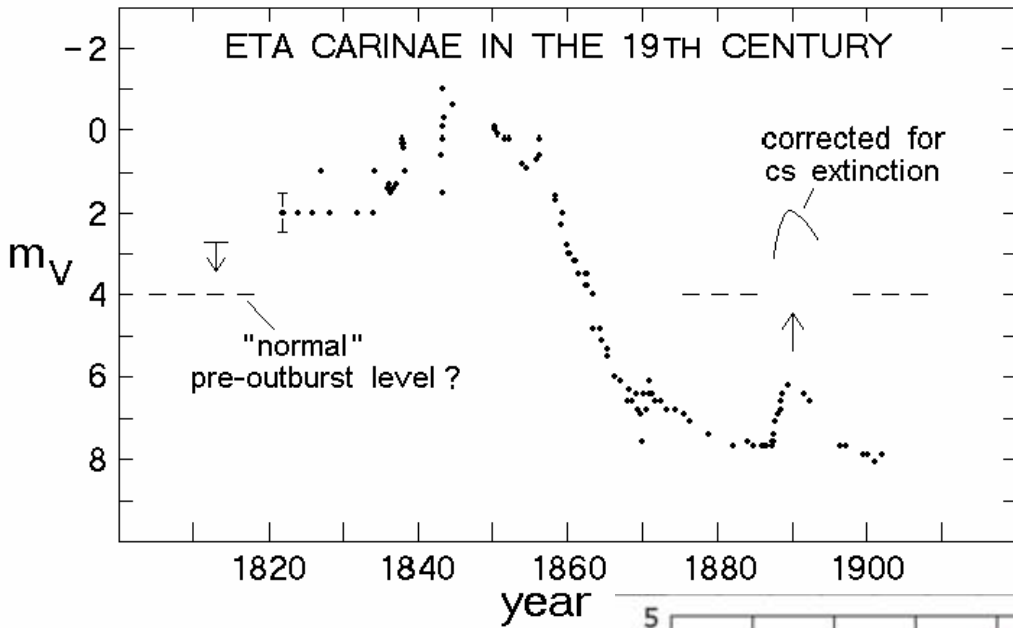
Eta Carinae – Periodizitäten



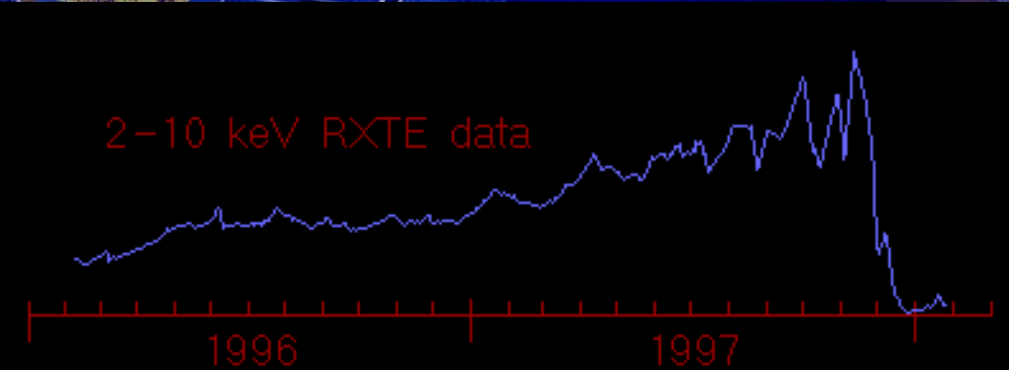
- Innerhalb von **5.54 Jahren** steigert sich die ausgesendete Röntgenstrahlung allmählich; gegen Ende wächst sie dramatisch an und sinkt dann schlagartig um Faktor 100 auf dreimonatiges Minimum bis neuer Zyklus beginnt
- **85.1 tägige** Schwankung mit kurzzeitigen Strahlungsschüben (könnte durch Pulsation des Sterns hervorgerufen werden; periodisches Ausdehnen und Schrumpfen der Sternhüllen)

- Eta Carinae könnte **Doppelsternsystem** sein, beide Komponenten kreisen in 5.54 Jahren einmal umeinander
- Röntgenstrahlung könnte durch das Aufeinanderprallen der Sternwinde der beiden Komponenten erzeugt werden
- Bislang keine vollständige Theorie!!

Eta Carinae - Periodizitäten



Eta Carinae - Röntgenbeobachtungen



- 5.5 Jahre Periode erlaubt u.U. Erklärung des Phänomens und Voraussage des nächsten Ausbruchs
- Bsp.: 1997.9:
„Unglaube“
 - Vorausgesagter Ausbruch geschieht zur vorausgesagten Zeit
 - Bester Indikator: Röntgenfluß

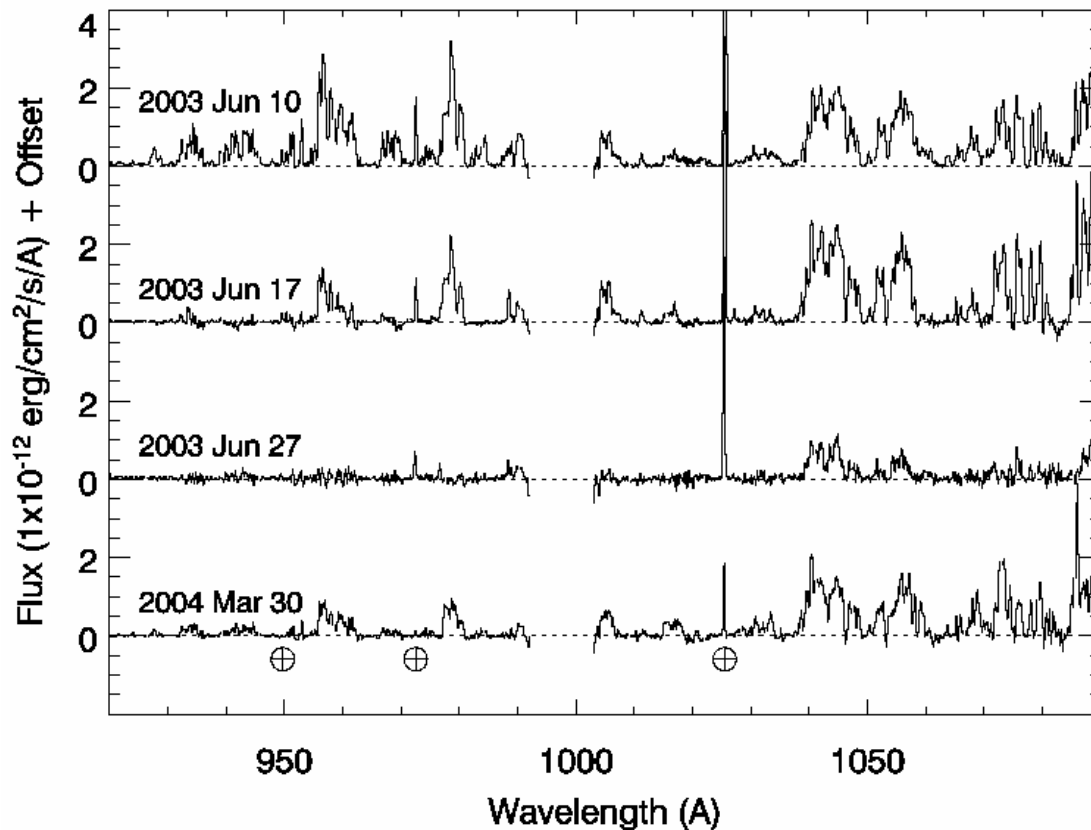
Eta Carinae – Periodizitäten & Ausbrüche

- Probleme & die Erklärung im Doppelsternsystem:
 - Explosion von 1843 hat Eta Carinae scheinbar unbeschadet überstanden: ist der Begleiter explodiert?
 - Röntgenstrahlung kann nicht alleine von Eta Carinae produziert werden: Sonnwinde von beiden Sternen kollidieren und erzeugen die Röntgenstrahlung
 - Die Periode von 5.5 Jahren im optischen, Röntgen (für 3 Monate), UV: ein Begleiter auf einer lang gestreckten Ellipsenbahn, der alle 5.5 Jahre hinter Eta Carinae verschwindet
- Wie den 2. Stern nachweisen?
 - Zu nah an Eta Carinae
 - UV-Beobachtungen mit FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer satellite)



Eta Carinae – UV-Aufnahmen

- Lösung des Problems: Aufnahmen im UV-Bereich zeigen Anteil des Begleiters am Gesamtlicht im ultravioletten Wellenlängenbereich: also – ein Doppelsternsystem!!



- 27. Juni 2003: UV-Strahlung von Eta Carinae verschwindet nahezu vollständig: UV-Strahlung stammt vom Begleiter, der zu diesem Zeitpunkt von Eta Carinae verdeckt wurde, Zeit stimmt mit Modellen für Doppelsystem überein
- Durch Vergleich der Spektren vor und während der Bedeckung, kann Spektrum des Begleiters abgeleitet werden

Eta Carinae – UV-Aufnahmen

- Eta Carinae B:

- Ist wesentlich heißer als Eta Carinae A, da er die Strahlung bei kurzen UV-Wellenlängen dominiert (FUSE-Beobachtungen)
- Starker Wind von Eta Carinae B
- Überhäufigkeit an Stickstoff
- Vermutlich ein junger Stern
- 35000 K (verglichen mit 15000 K für A)



Artist's Concept of Eta Car A and B





Eta Carinae – ...

- Eta Carinae und die Archäoastronomie: auf der Suche nach noch früheren Ausbrüchen; Mythos der Sumerer aus dem 4. – 3. Jahrtausend v. Chr. Über den Gott Ea, der in Form eines veränderlichen Sterns erschienen sein soll (unklar, wo am Himmel beobachtet)

Oder doch: Dreifach-Sternsystem, bestehend aus zwei „normalen“ Sternen mit weniger als 60 Sonnenmassen und einem Neutronenstern mit schwerer Akkretionsscheibe, der die Sekundärkomponente eng umkreist ???

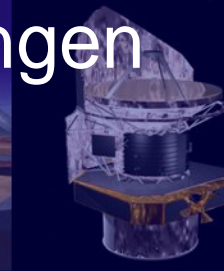
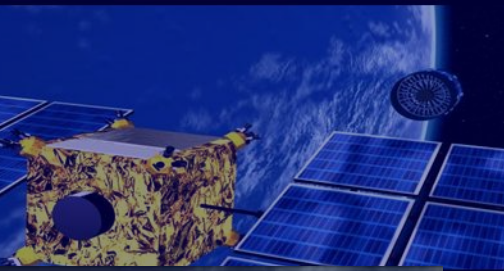
Eta Carinae – die Daten



Parameter	Accepted Value	Reference
Distance	2.2 to 2.3 Kpc Davidson et al 2001	Allen & Hillier 1993, Davidson & Humphreys 1997, Meaburn 1999,
Total Luminosity (measured from thermal infrared)	~ 5x10 ⁶ Lsun	
MBol~ -12mag		
~ 1049 ergs	Westphal and Neugebauer 1969, Cox et al 1995	
Zero Age Main Sequence Mass		
from IR Luminosity	>150 Msun	
Current Mass	~120 Msun	
Expected Main Sequence Lifetime	~ 3 million years	
Current Mass Loss Rate	10 ⁻³ Msun/year	Cox et al 1995, Davidson et al 1995, Hillier et al 2001
Surface Temperature	15000 to 30000 K	Hillier et al 2001
Radius	0.4 to 0.9 AU	
Dynamical Timescale	~2 weeks	
Thermal Timescale	5 to 500 years	
dependant on mass fraction considered		
Ejected Composition	He & N rich	Davidson et al 1982, 1986, Dufour 1989, Dufour et al 1999
Evolutionary State	near or past end of core H burning	
The Great Eruption		
Sustained Luminosity	MBol~ -13	
Sustained for several years	see History	
Peak Luminosity	MBol~ -14	
Total Mass Ejected	3 to 15 Msun	
Average Mass Loss Rate	0.1 to 0.5 Msun/year	

Multifrequenz-Beobachtungen in der Astronomie

Sommersemester 2007



Themen & Daten

- 19.04.: Überblick
- 04.05.: Grundlagen: Teleskope
- 18.05.: Durchmusterungen
- 01.06.: Deep Fields in „bunt“ Teil I
- 15.06.: Deep Fields in „bunt“ Teil II
- 29.06.: Multifrequenzrätsel“
- **13.07.: Multifrequenzkampagnen (Mrk 501, etc.)**
- 27.07.: Virtual Observatories & die Multifrequenz-Zukunft