

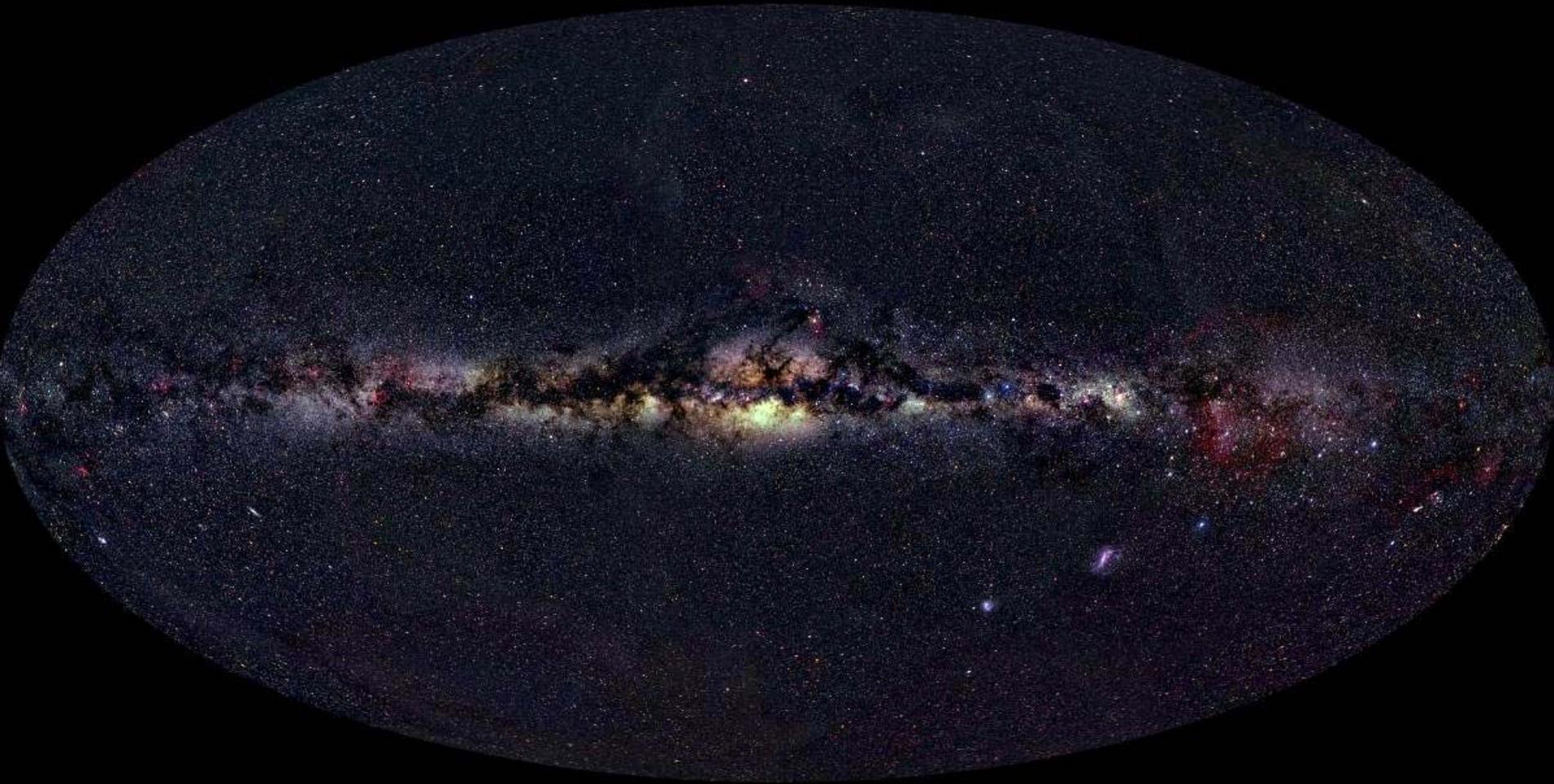
Blick zum Rande des Weltalls

Bruno Leibundgut
ESO

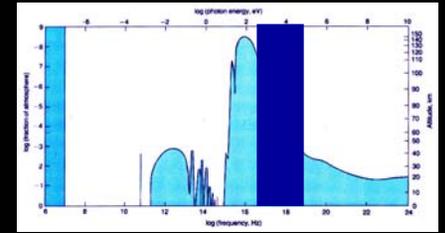
Die Erdatmosphäre



Der beobachtbare Nachthimmel



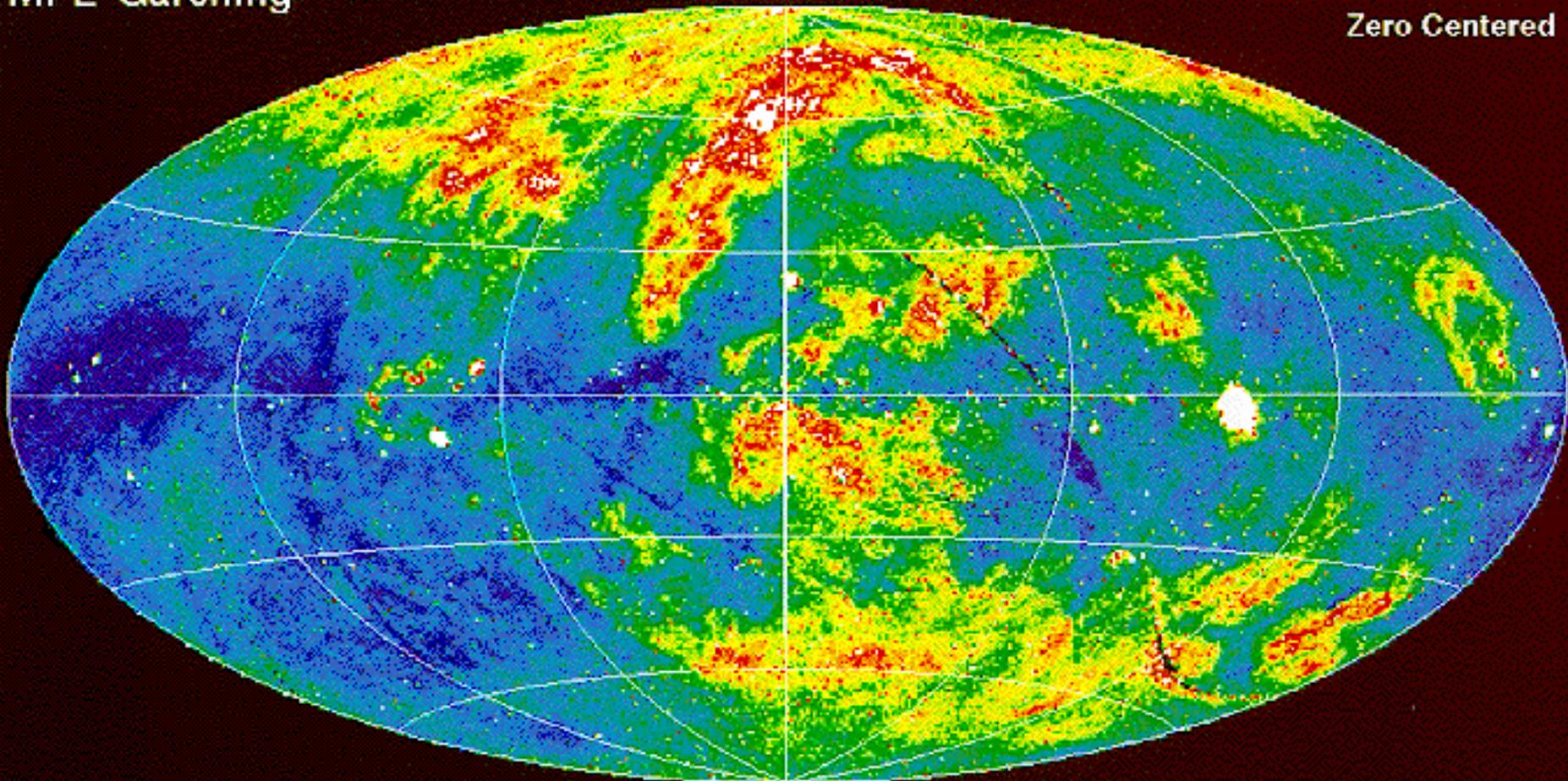
Der Röntgen Himmel



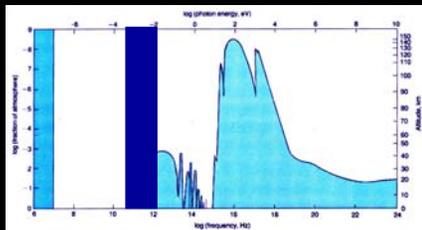
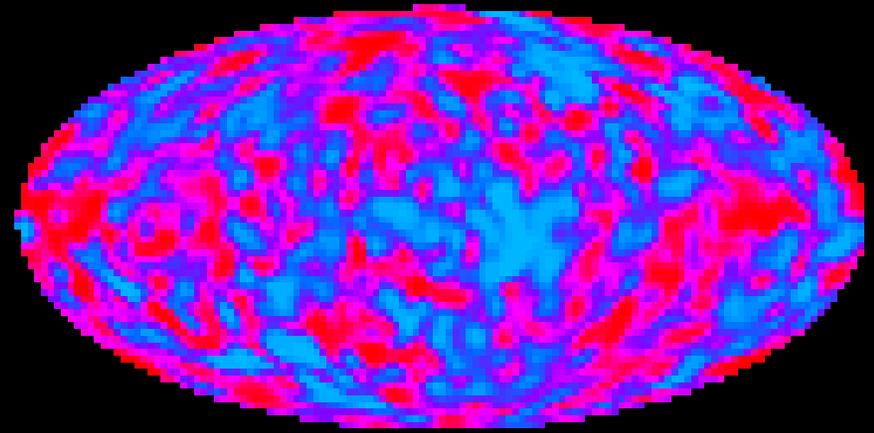
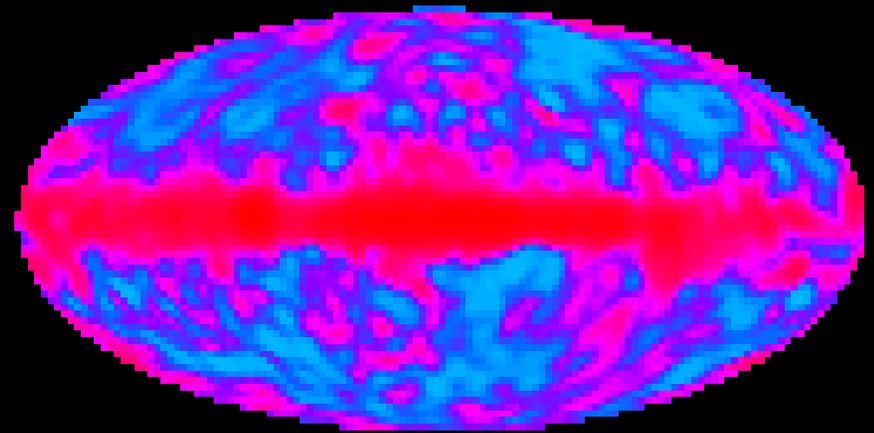
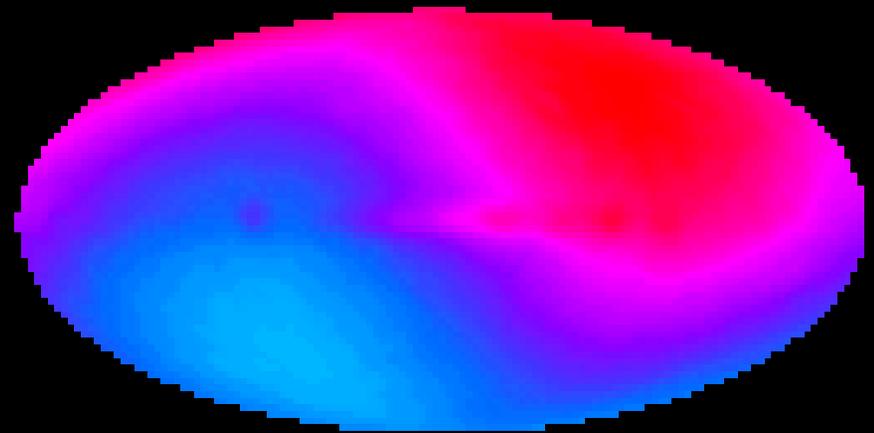
ROSAT PSPC
MPE Garching

0.1–2.0 keV

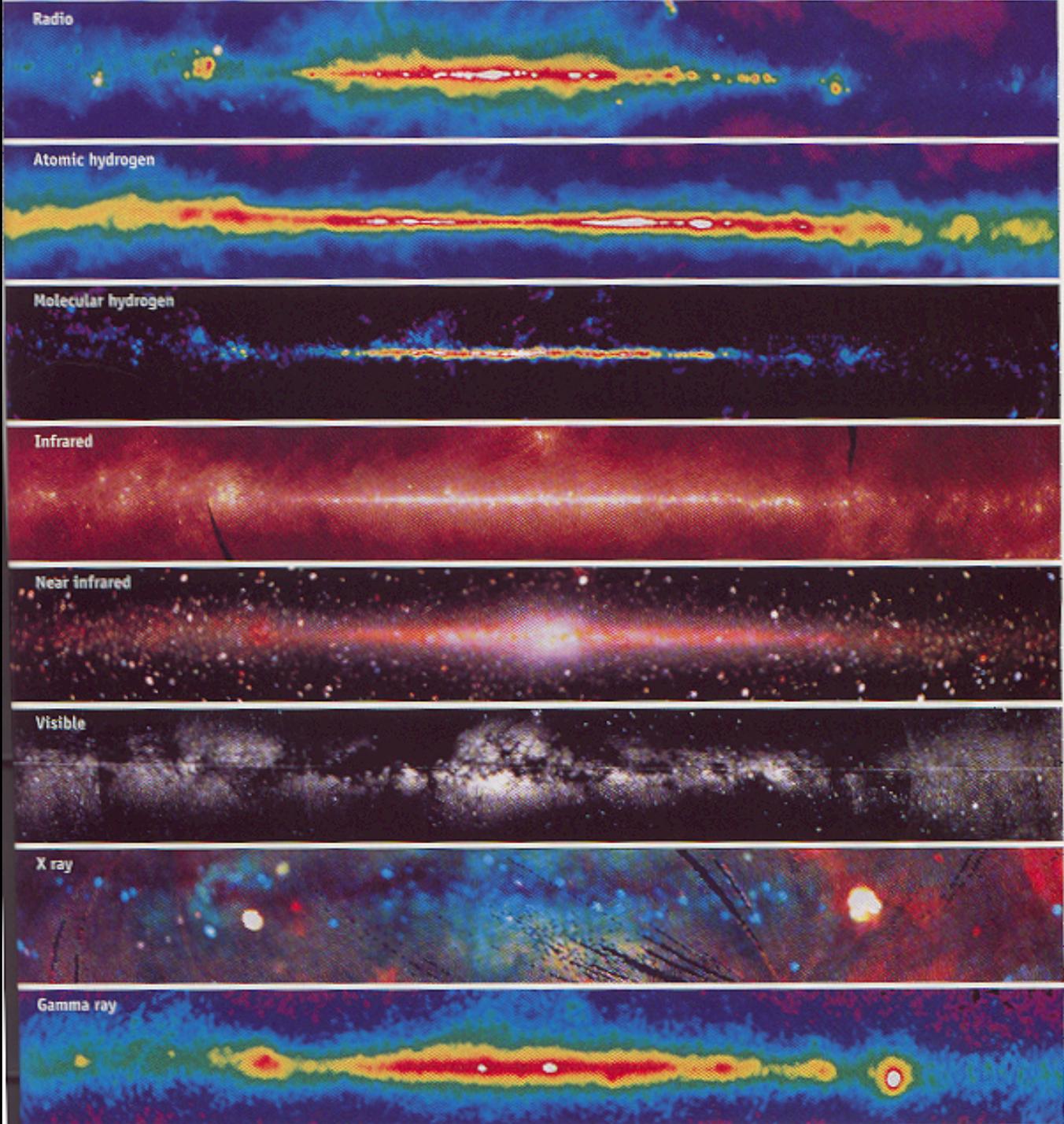
All-Sky Survey
Galactic Coordinates
Zero Centered



Der Mikrowellen Himmel



Die Milchstrasse



ESOs Welt

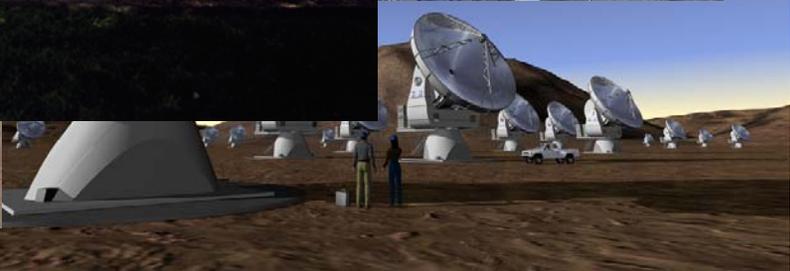
ESOs Orte

Paranal
La Silla
Santiago

Chajnantor

Garching bei München

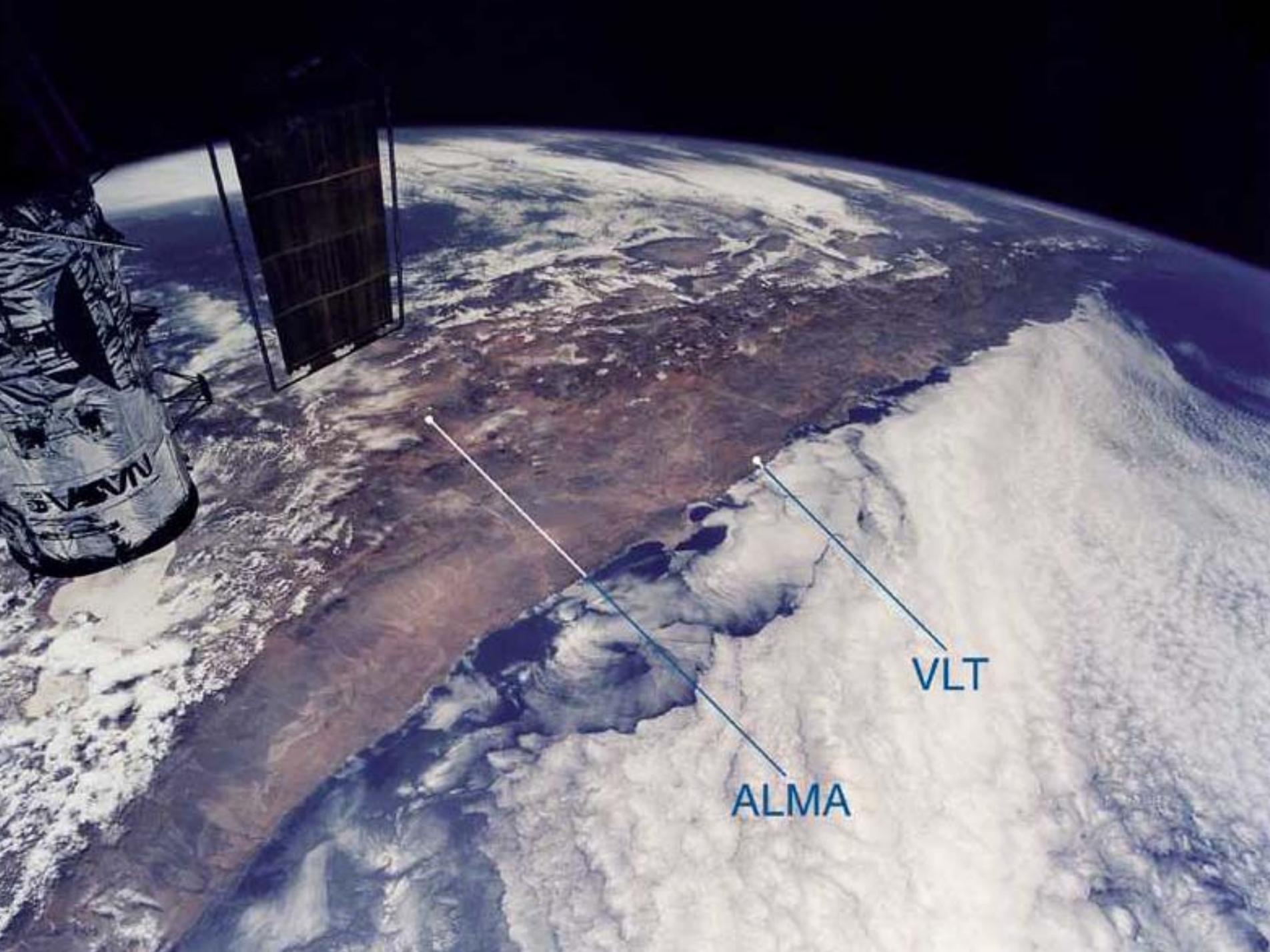
ESO



La Silla







VLT

ALMA

Sichtbar aus dem Weltraum



Image © 2008 DigitalGlobe

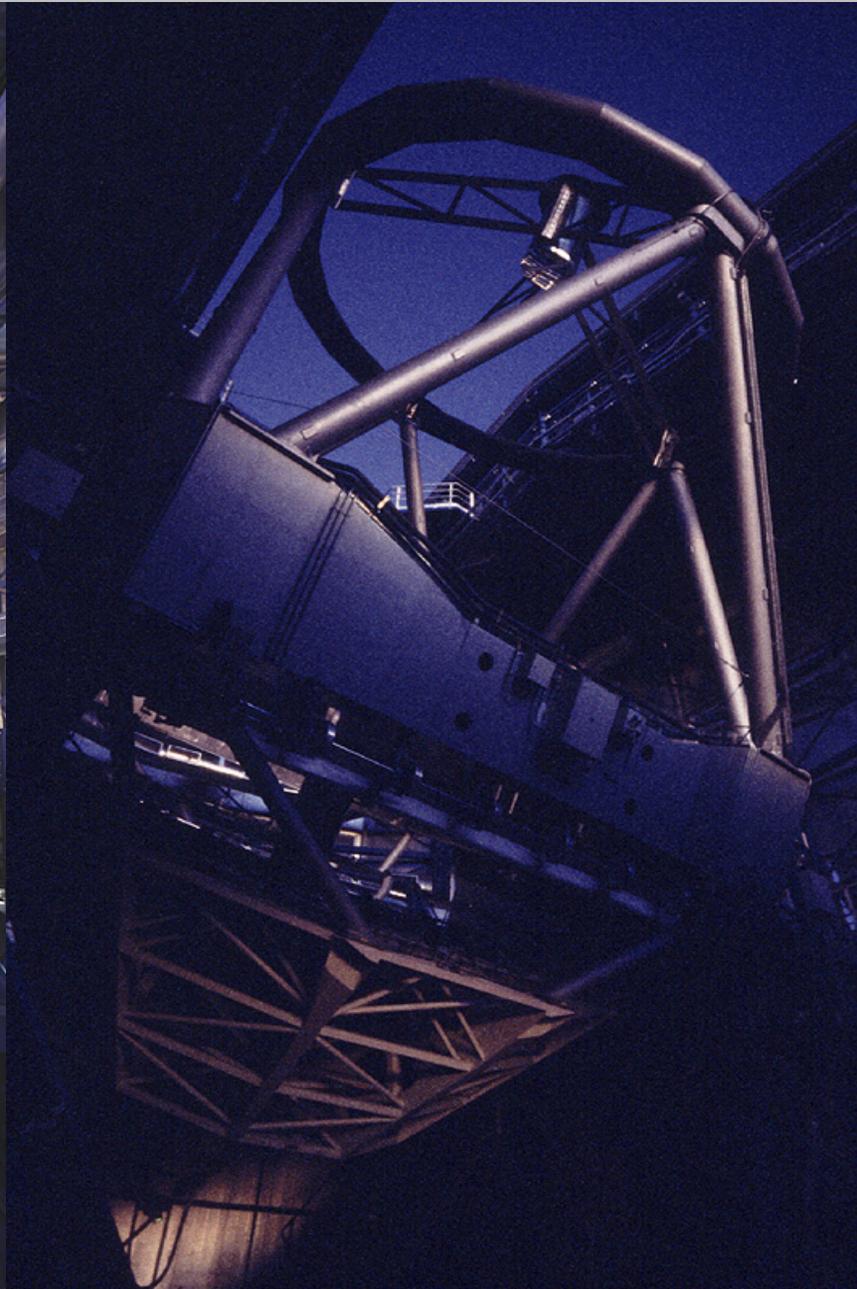
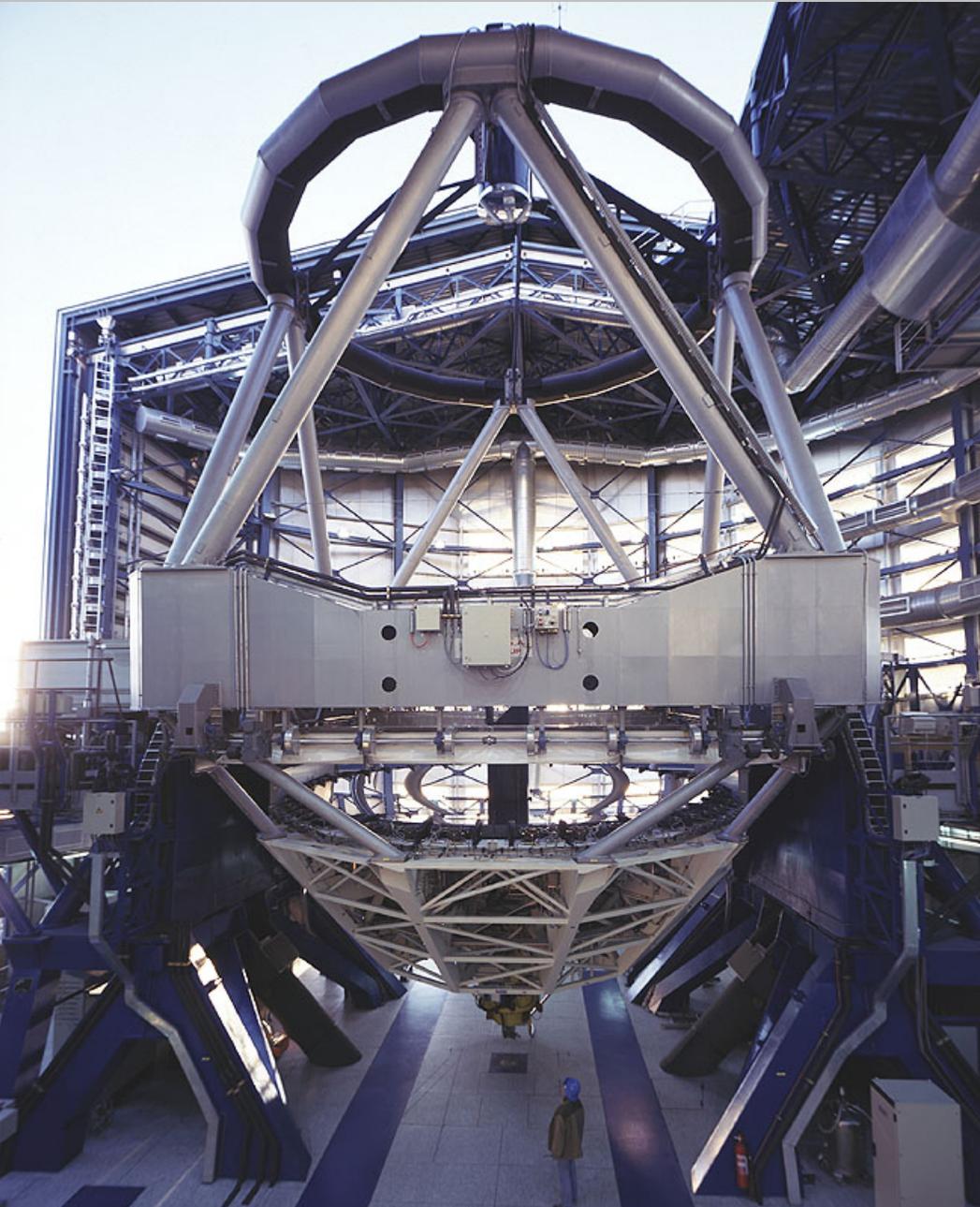
©2007 Google™

Paranal

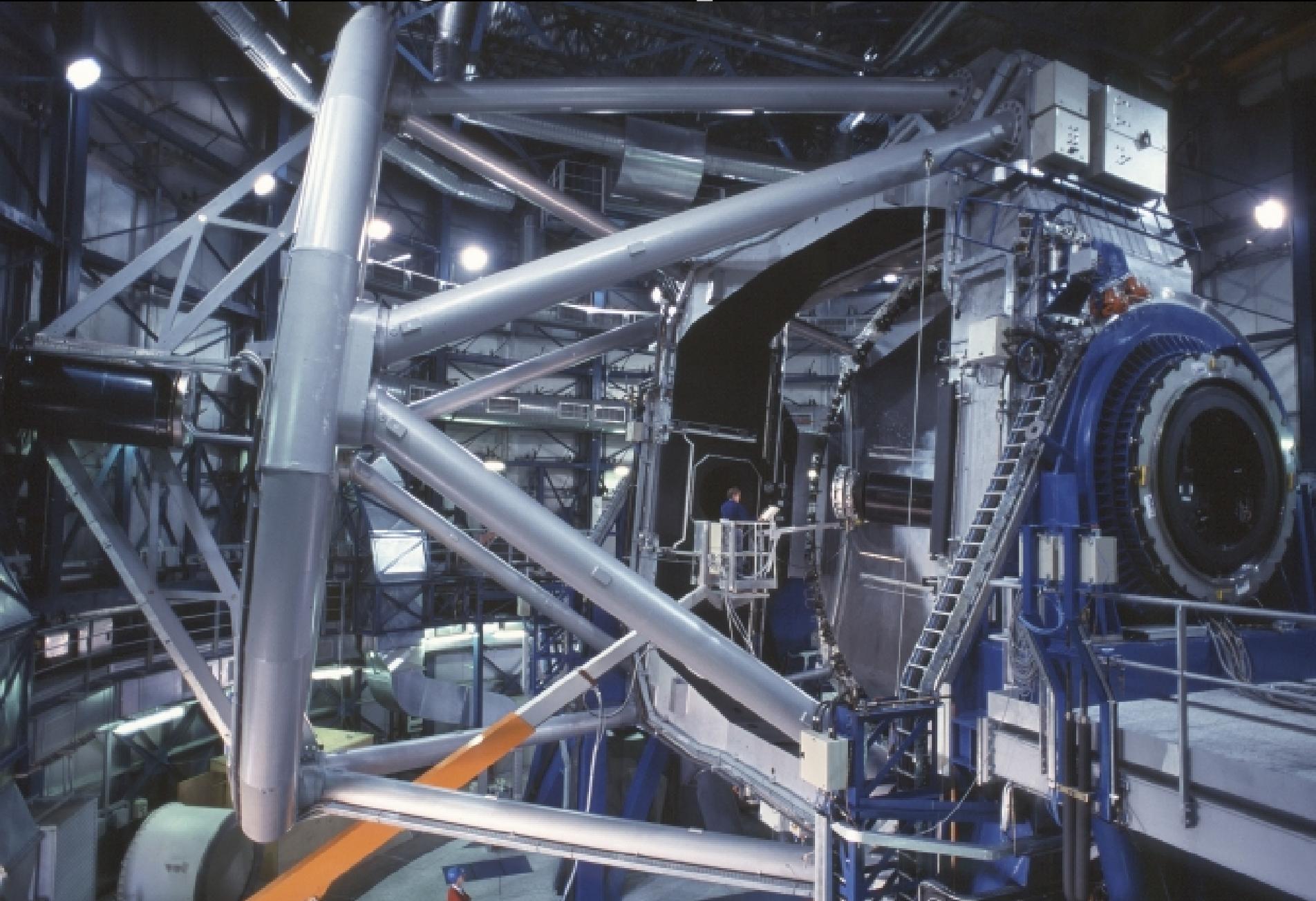




VLT Teleskope



Das Very Large Telescope (VLT) auf Paranal



Comet McNaught over Paranal







Leben in der Wüste





Paranal Residencia



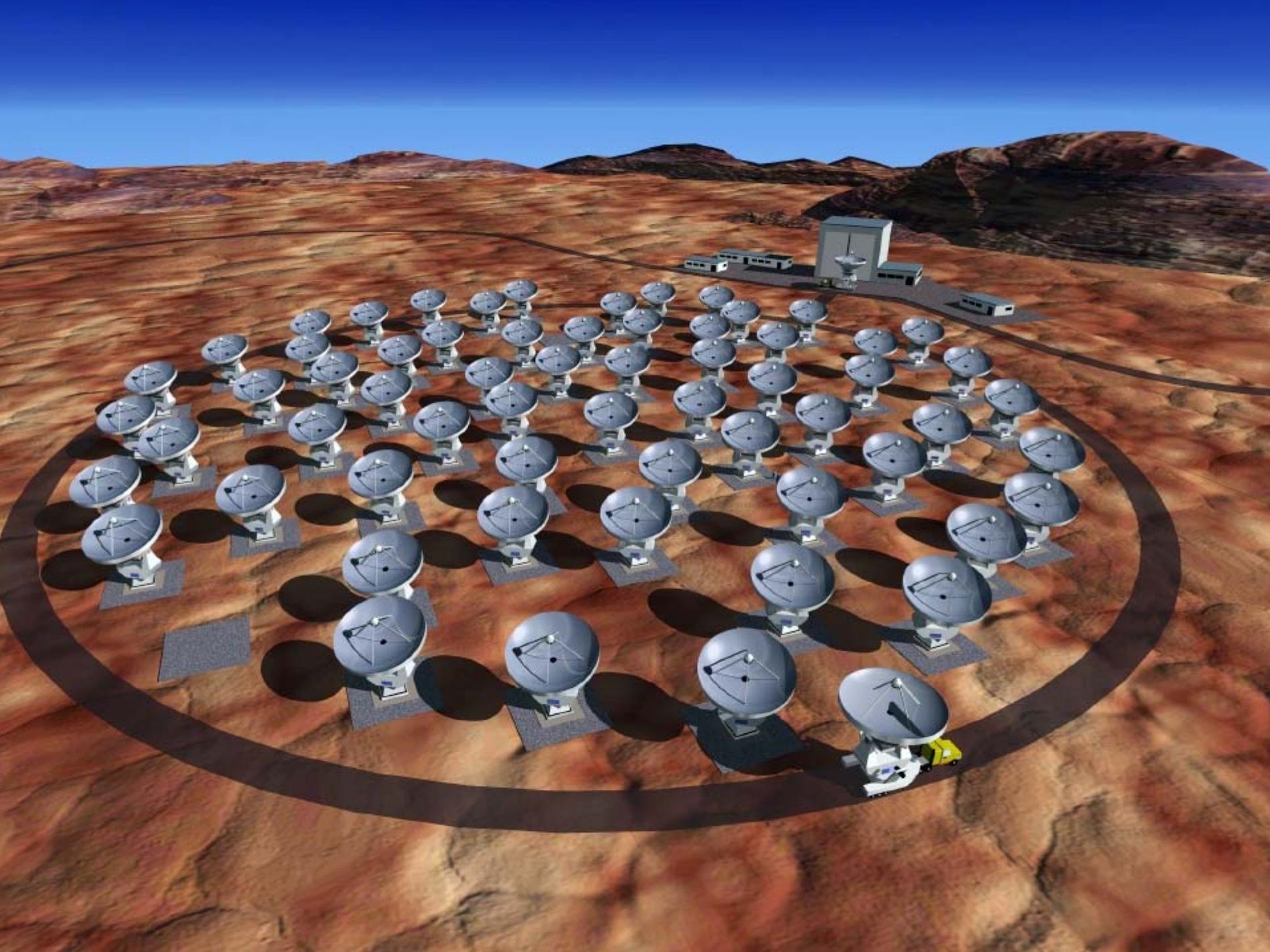
APEX und ALMA

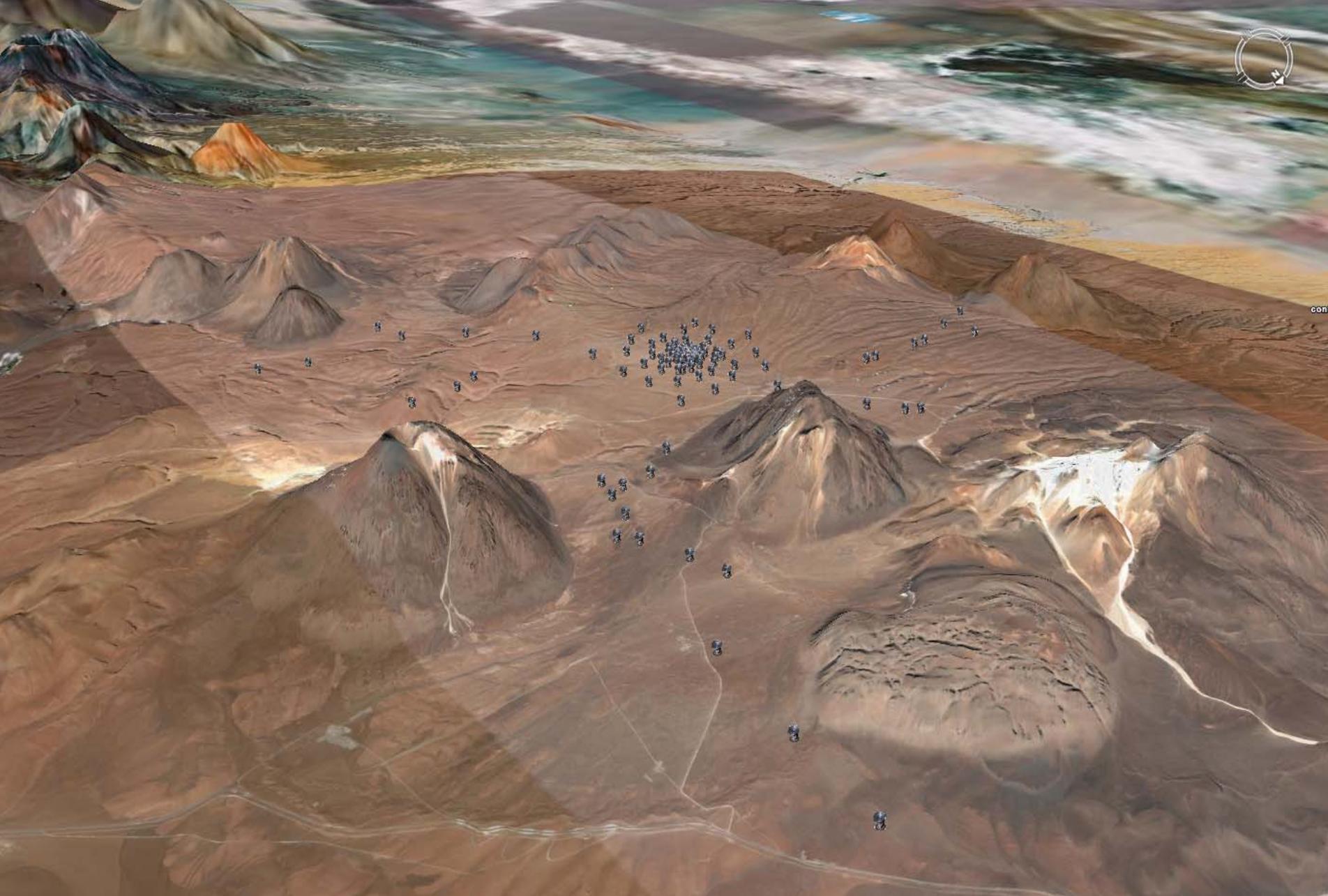
- APEX
 - 12m sub-millimeter Antenne
 - ESO, MPG and Schweden
 - Von der ESO betrieben
- ALMA
 - 66 Antennen auf 5050m
 - Betriebszentrum auf 2950m
 - Globales Projekt zusammen mit Nordamerika und Ostasien











3.38 km

Pointer 22°59'45.21" S 67°43'16.81" W elev 4927 m

Image © 2007 DigitalGlobe
Image © 2007 TerraMetrics
© 2007 Europa Technologies

Streaming ||||| 100%

© 2007 Google™

Eye alt 18.99 km

Antennentransporter

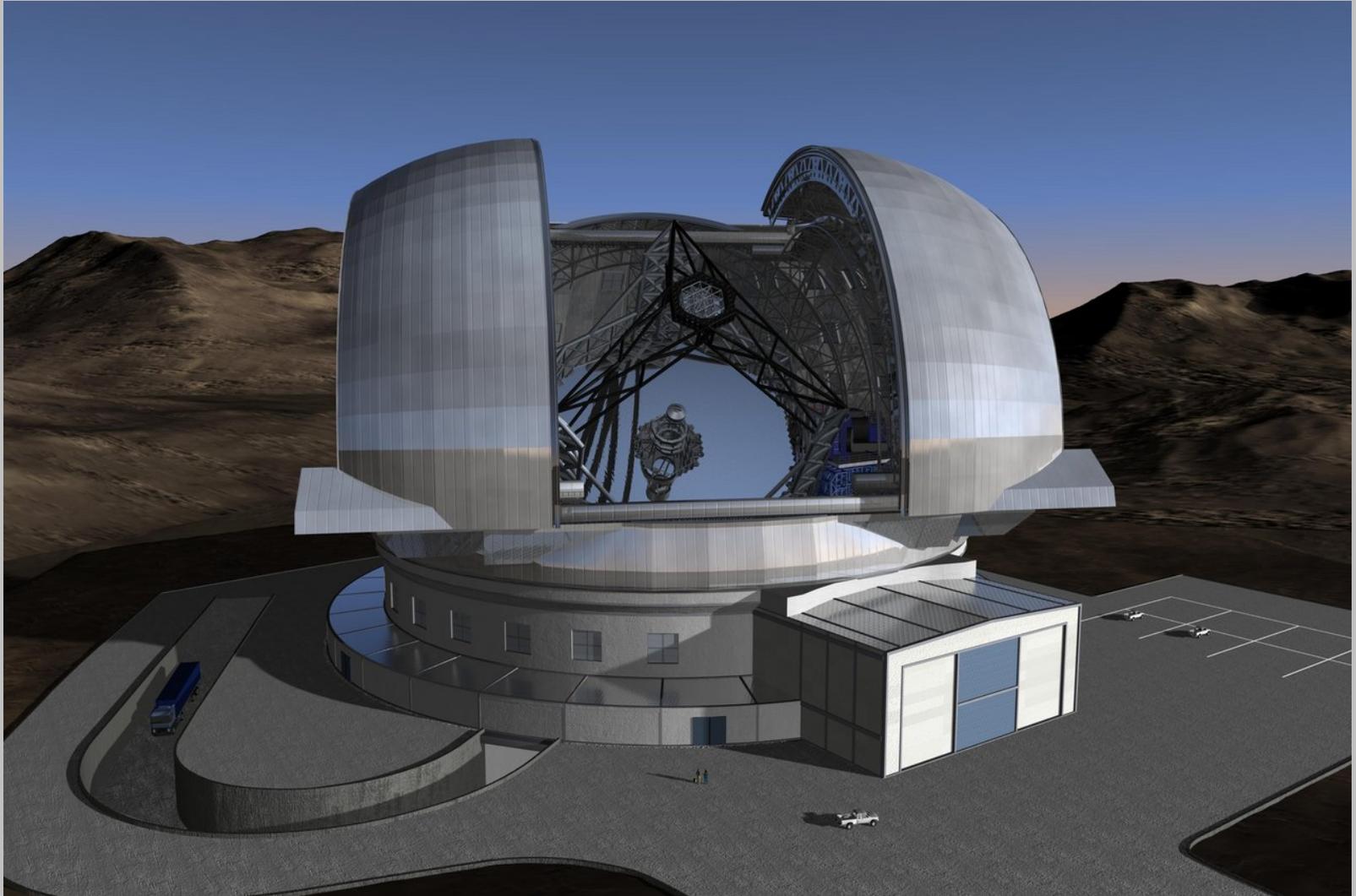


- 10m breit, 20m lang, 6m hoch, 100 Tonnen schwer
- Dieselturbinen mit der Kraft zweier Formel 1 Motoren

Antennentransport

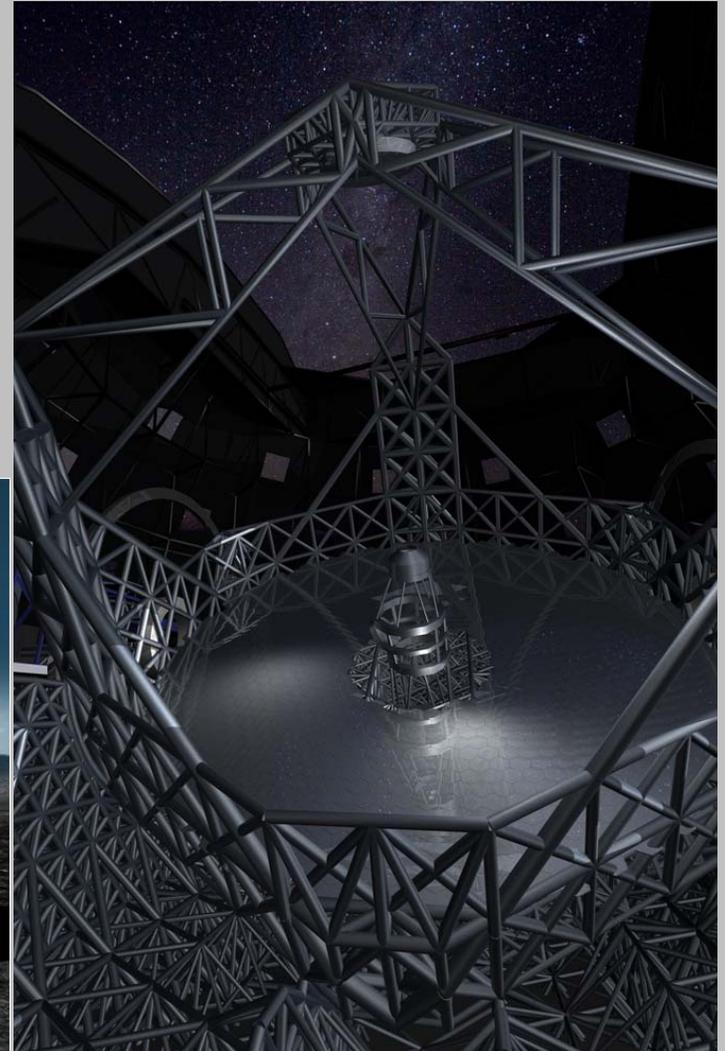
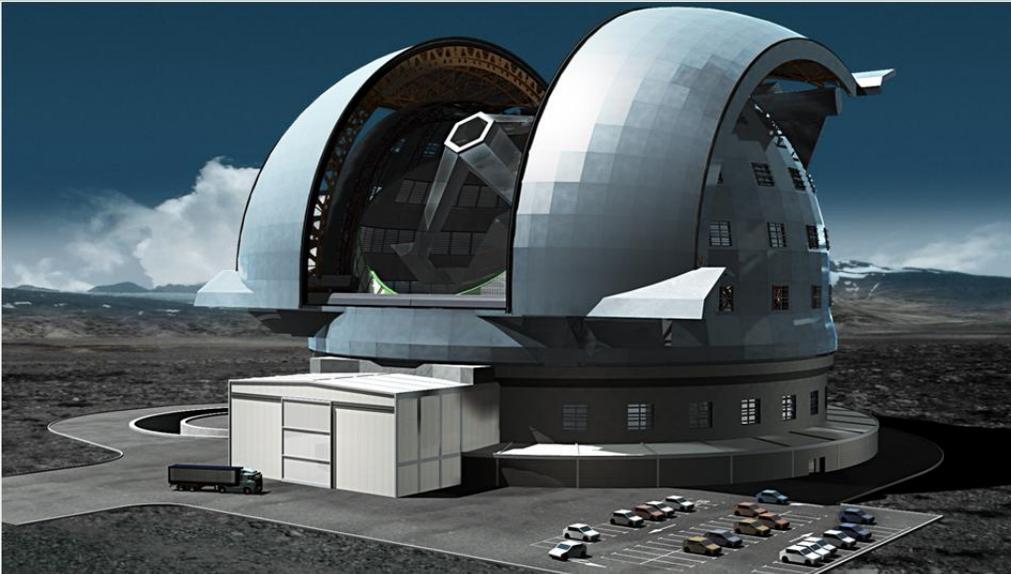


European Extremely Large Telescope



Extremely Large Telescope

- Detaillierte Design Studie
 - 42m Hauptspiegel
 - Adaptive Optik im Teleskop

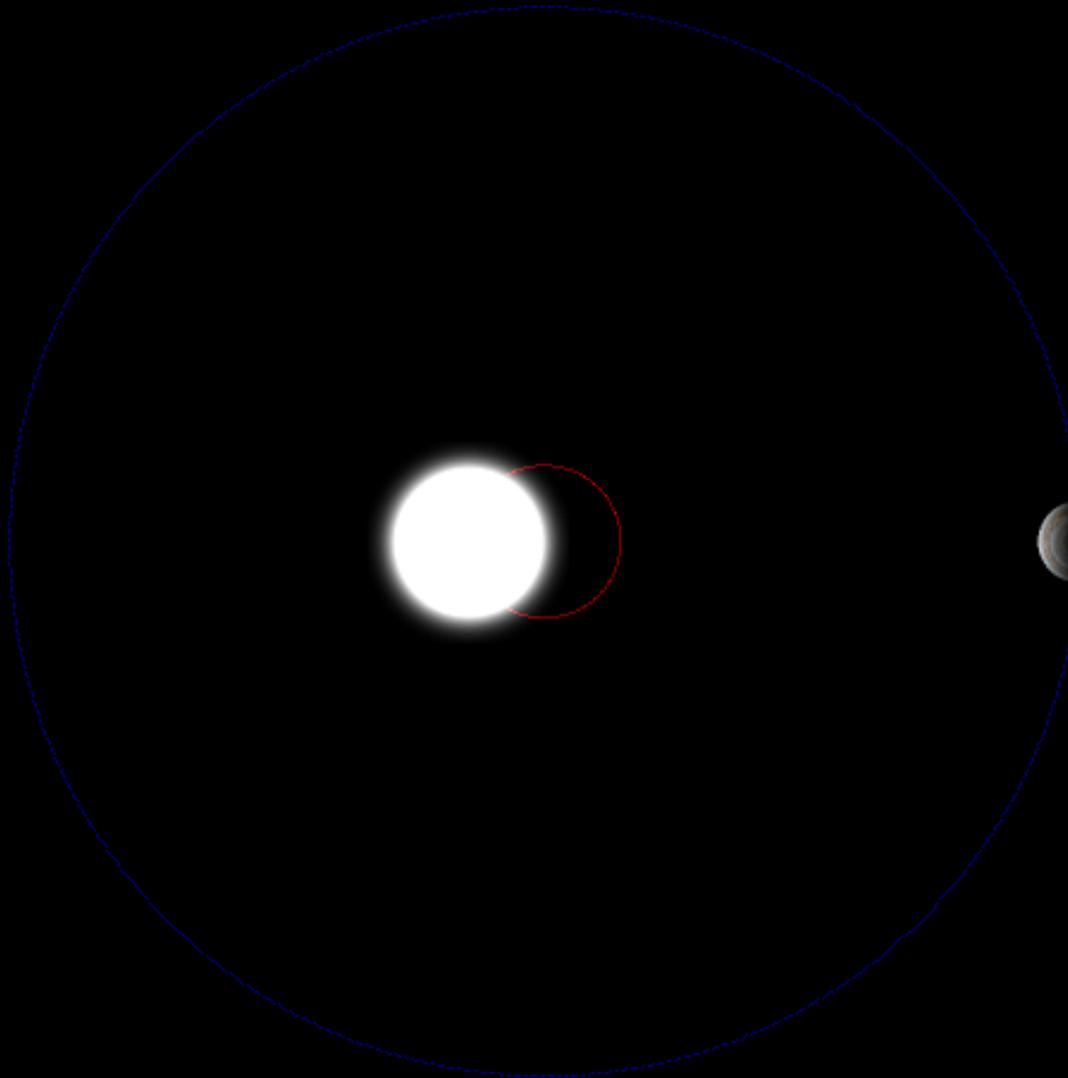


Planeten – Horte des Lebens

- Etwas über 300 Planeten bekannt
 - vor 1995 nur 8 Planeten
 - Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun
 - keine erdähnlichen Planeten
 - ausser Venus und Mars
 - ‘Lebenszone’ um Sterne
 - Wasser in allen drei Aggregatzuständen
- Entdeckungsmöglichkeiten begrenzt

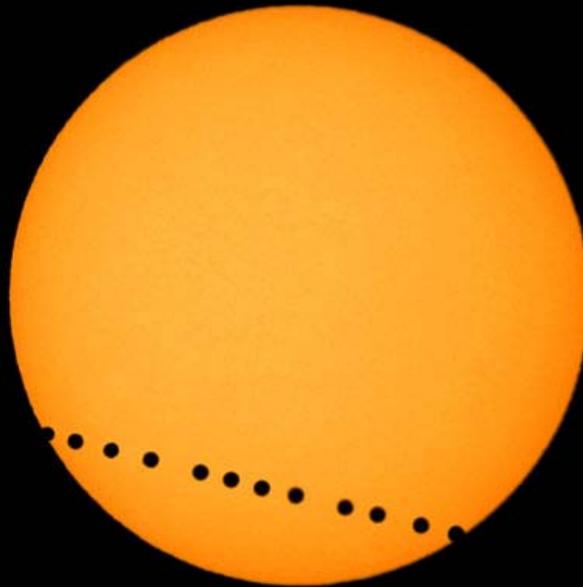


Radialgeschwindigkeit



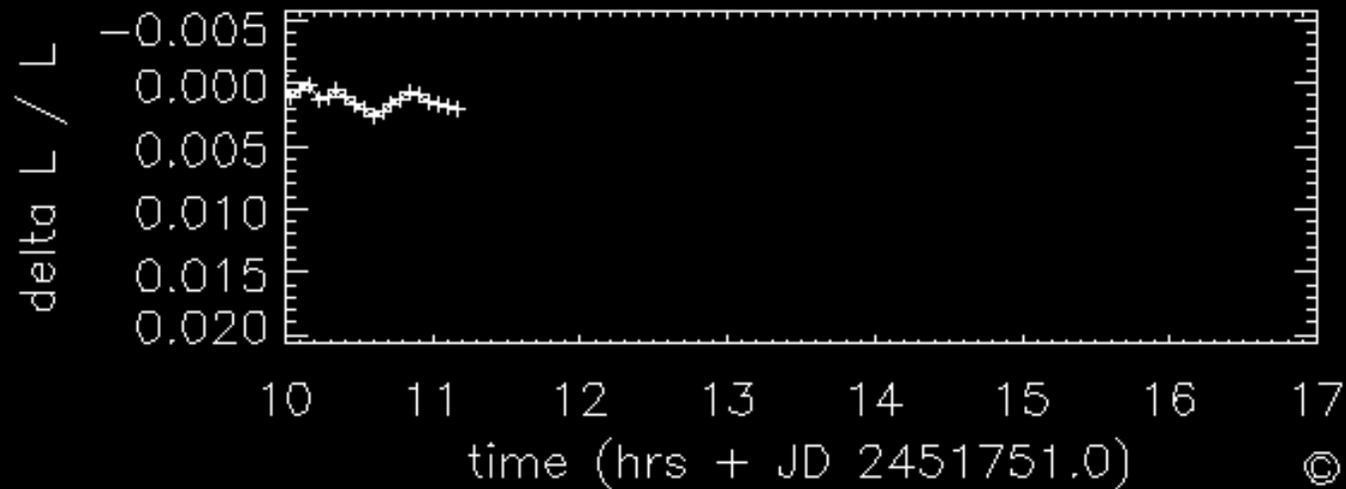
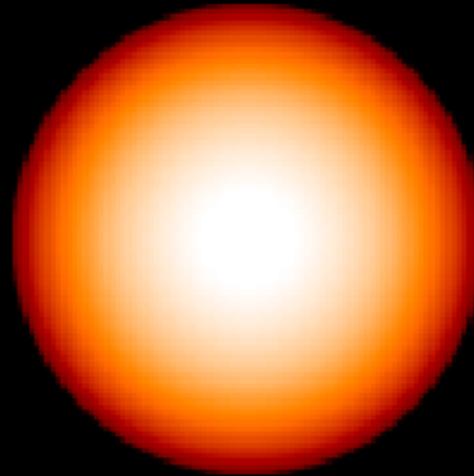
Bedeckungen

Wenn ein Planet vor der Sonnenscheibe durchläuft, wird das Licht leicht abgeschwächt



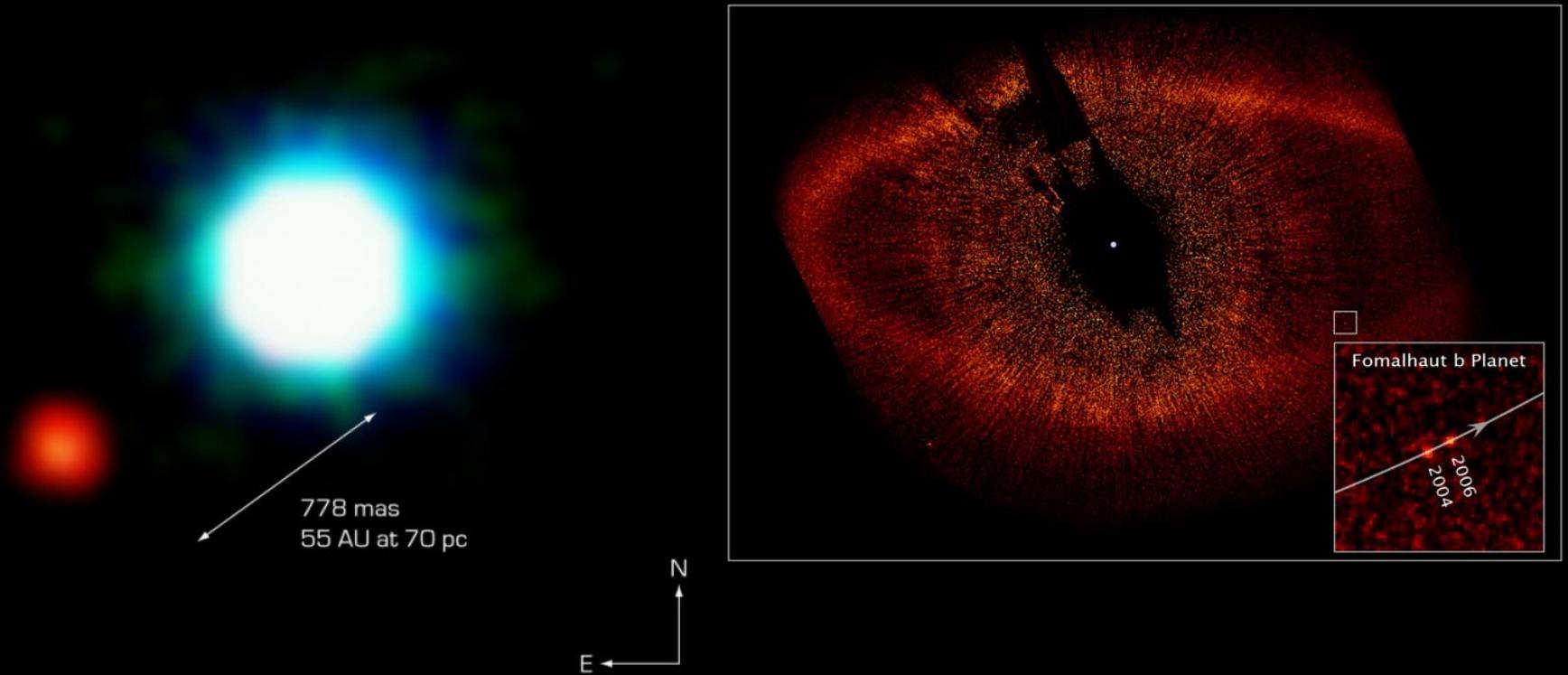
Venus vor der Sonne (2004)

Bedeckungen



Direkte Bilder

2MASSWJ1207334-393254

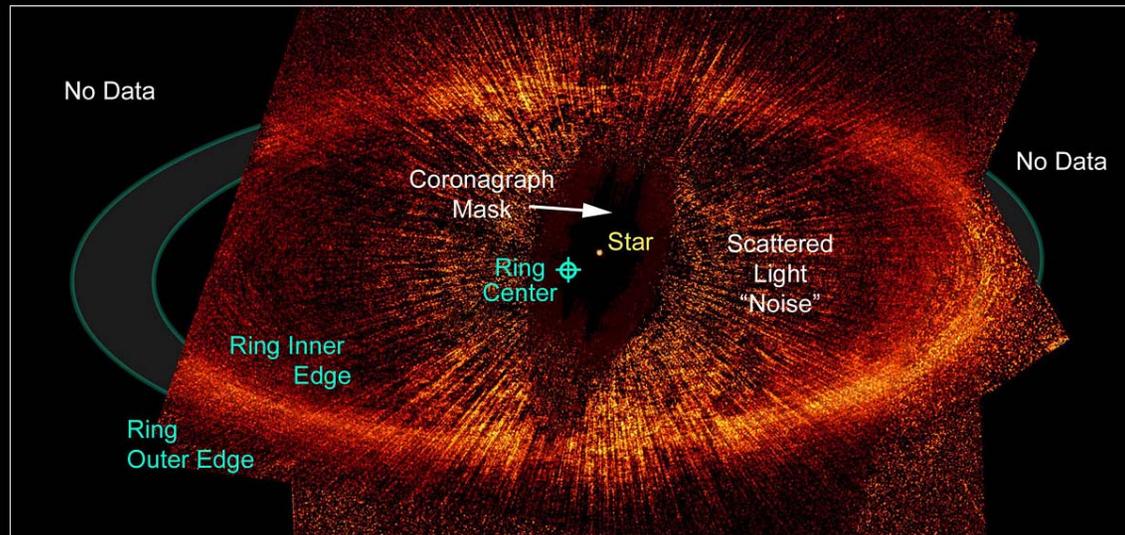
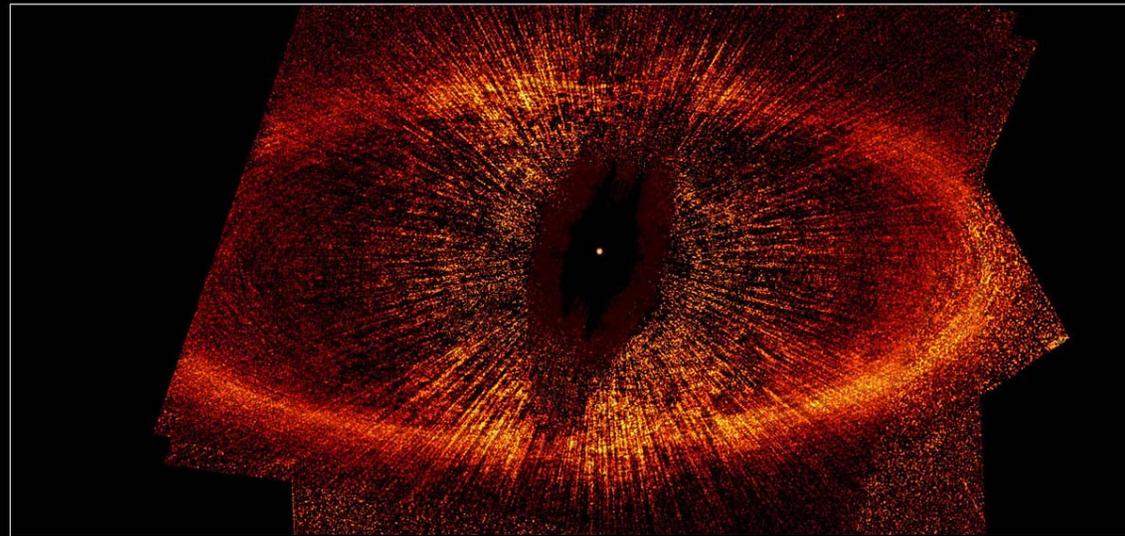


Der Planet um Fomalhaut

Entdeckt über
zwei Jahre
hinweg aufgrund
der Bewegung
um den Stern

Ausgedehnte
Staubring

Hinweis auf ein
junges System





Planetensystem um Gliese 581
Entfernung: 20.5 Lichtjahre
Drei Planeten mit ungefähr
Erdmasse in der bewohnbaren
Zone

Planeten um andere Sterne

- Bereits eine Vielfalt von unterschiedlichen ‘Sonnensystemen’ gefunden
- Erwartungen bei weitem übertroffen
- Suche nach Leben extrem schwierig
- Aufgabe der nächsten Generation von Teleskopen



Gedanken zur Zukunft

Die Zukunft basiert auf den Erfahrungen der Vergangenheit

Physikalische Vorhersagen basieren immer auf Extrapolationen von vergangenen Prozessen und Zuständen

Die Zukunft des Universums

Entwicklung des Universums bis heute

Was wissen wir über das Universum?

Was wissen wir über die Bestandteile des
Universums?

Wie können wir das Universum verstehen?

Wie können wir das Universum beobachten?

Kosmologie – hier und jetzt

Die dunkle Nacht ist eine
kosmologische Messung!



Der Himmel kennt keine Grenzen

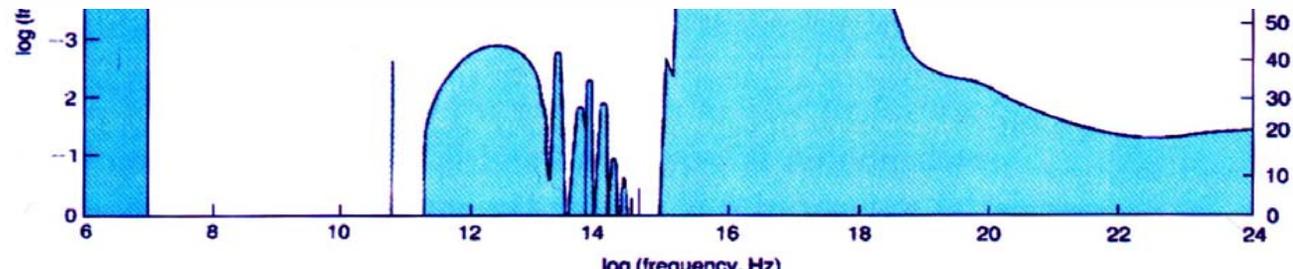
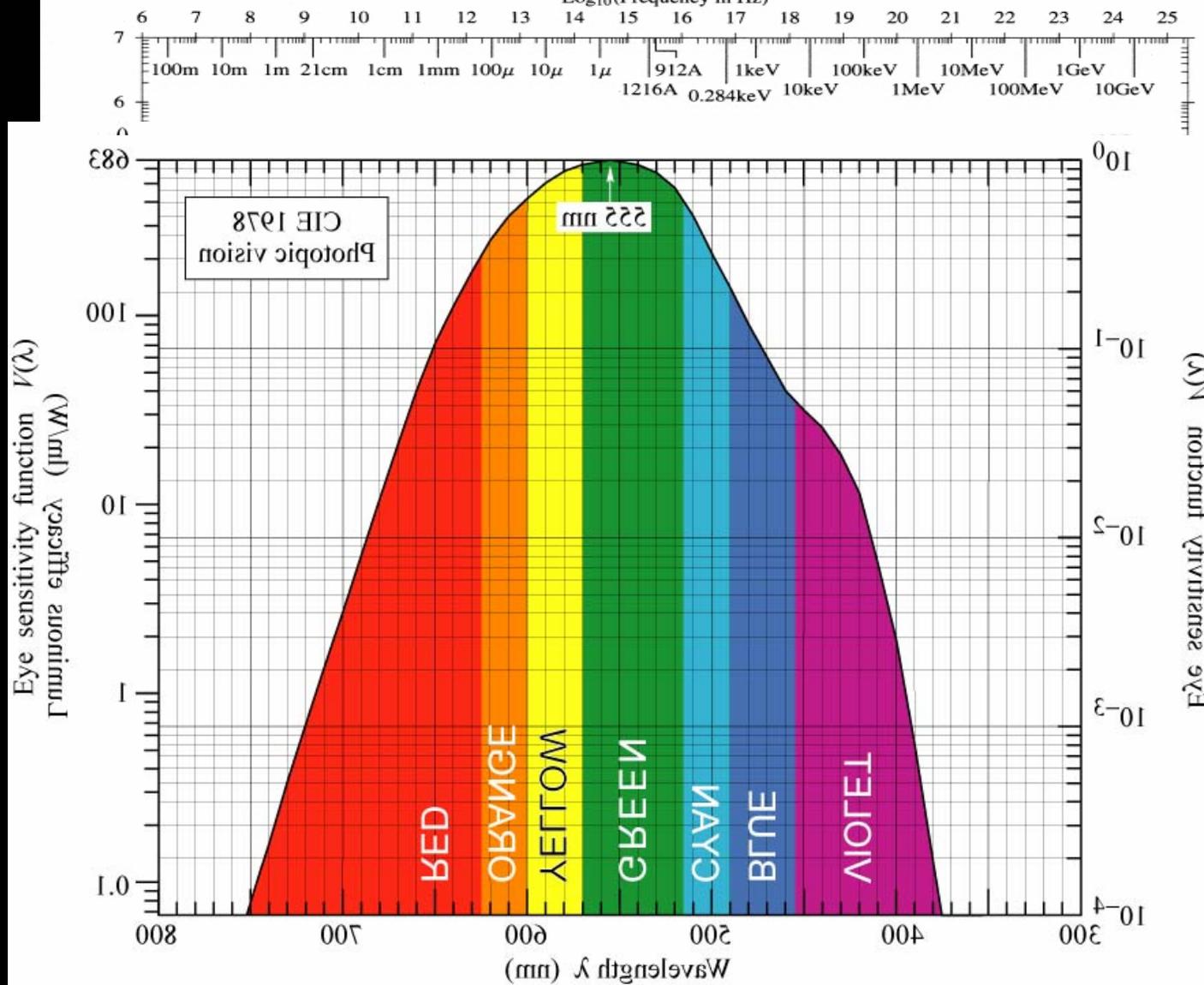


La Silla Observatory (ESO)



Hubble Ultra Deep Field

Wieso ist die Nacht dunkel?



Kosmologie – hier und jetzt

Das Universum ist beinahe leer!



Helle Sterne

Stellare Explosionen – Supernovae – sind die hellsten Sterne, die beobachtet werden können.



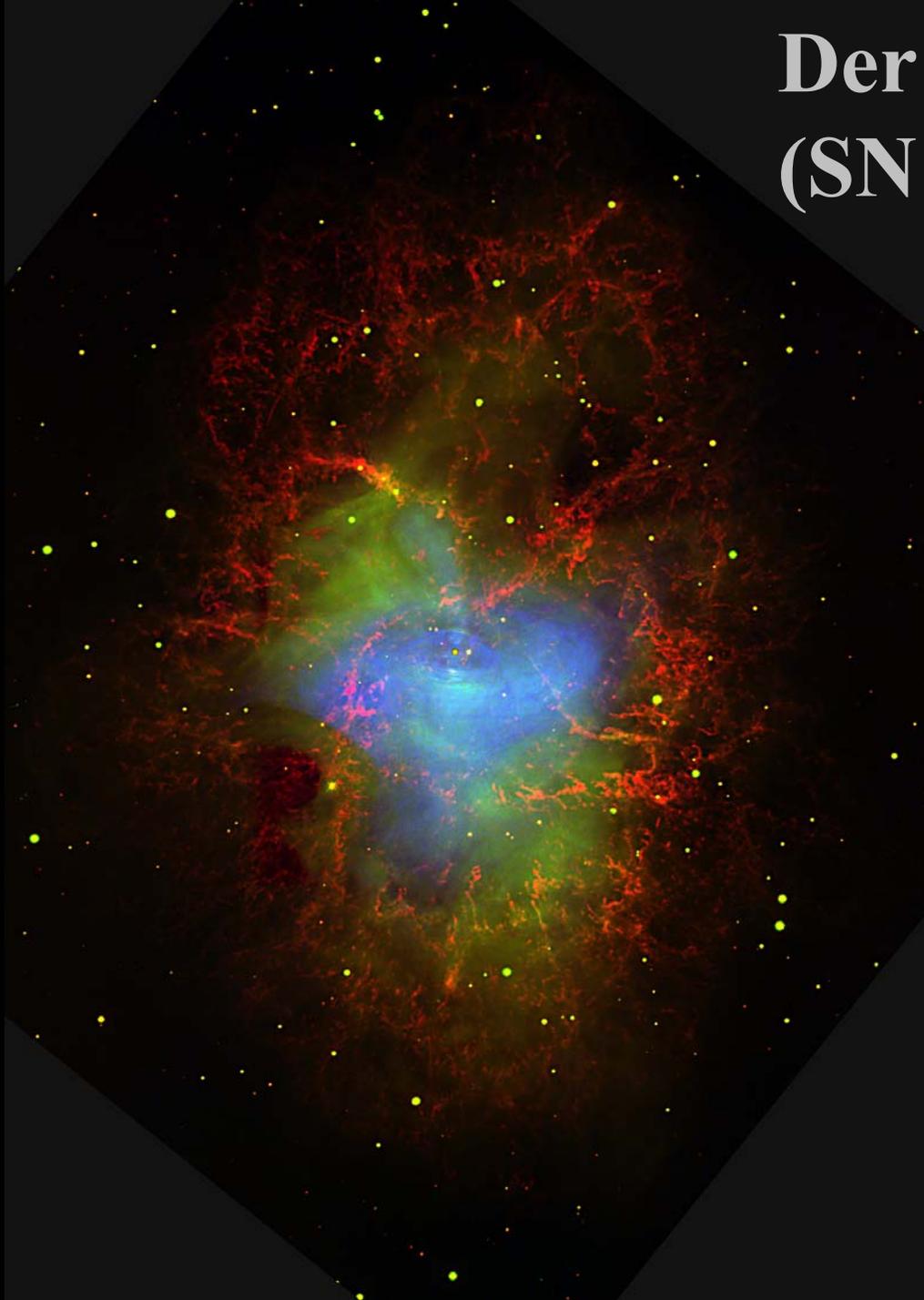
Supernova!



Supernovae!



Der Krebsnebel (SN 1054)



Die Supernova von 1054



Fundamente der Kosmologie

Gravitationstheorie

Einstein'sche Relativitätstheorie

Isotropie

Es gibt keine bevorzugte Richtung im Universum

Homogenität

Es gibt keine bevorzugte Region

(e.g. es gibt kein Zentrum des Universums)

Anthropisches Prinzip

Das Universum hat uns erzeugt

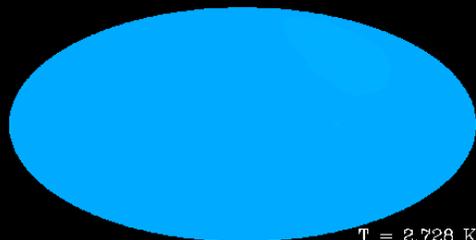


WALK WITH ALL STREETS FOR WORLD CUP 2003
L410 MAM

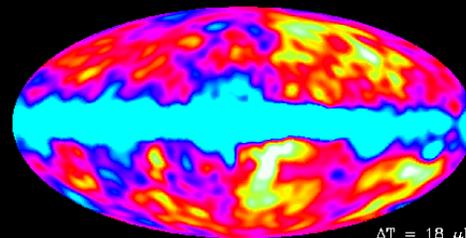
$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$
A. EINSTEIN

13-7
2003
VOLENDAM
KULES
KURK

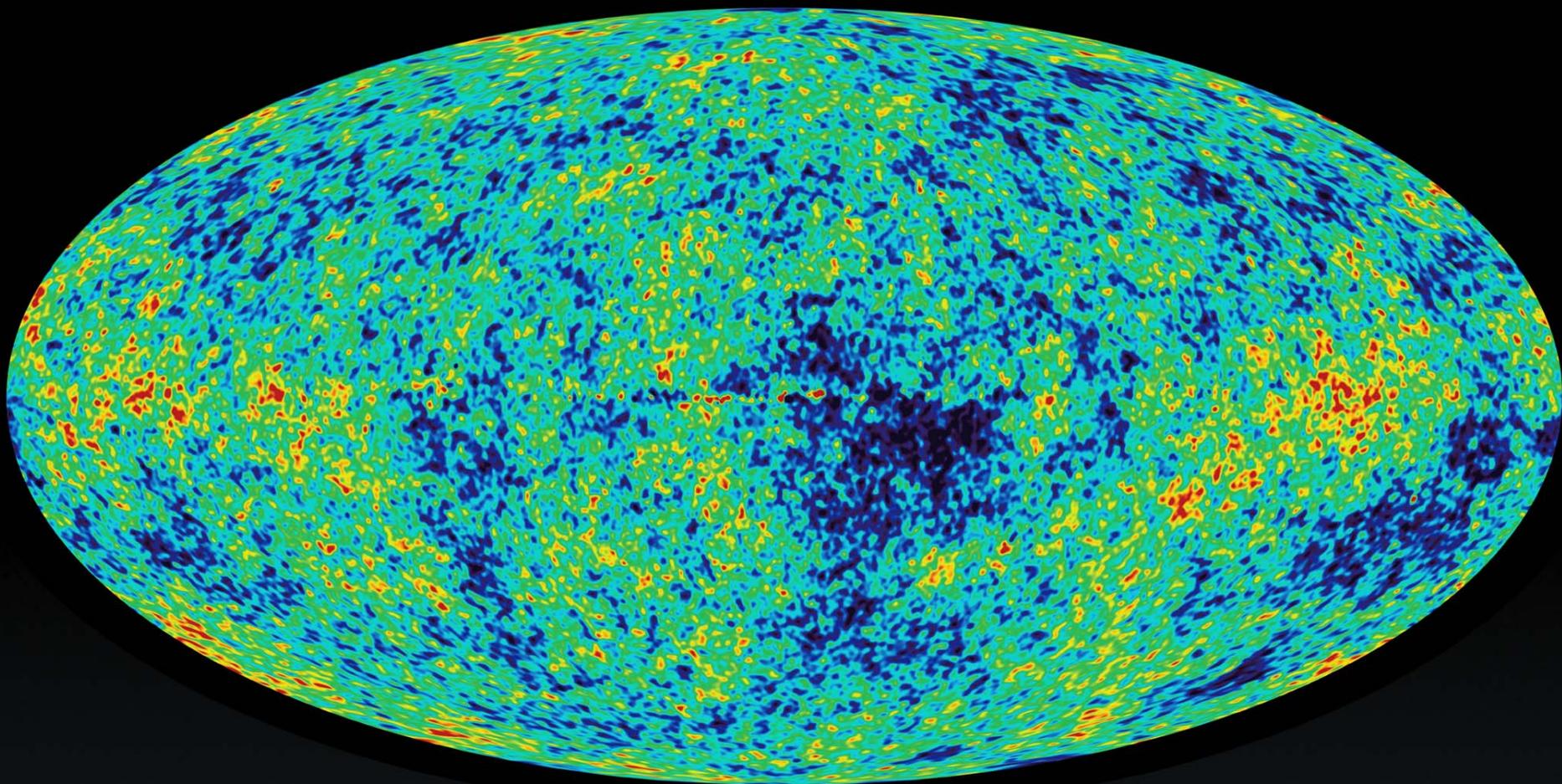
Isotropie



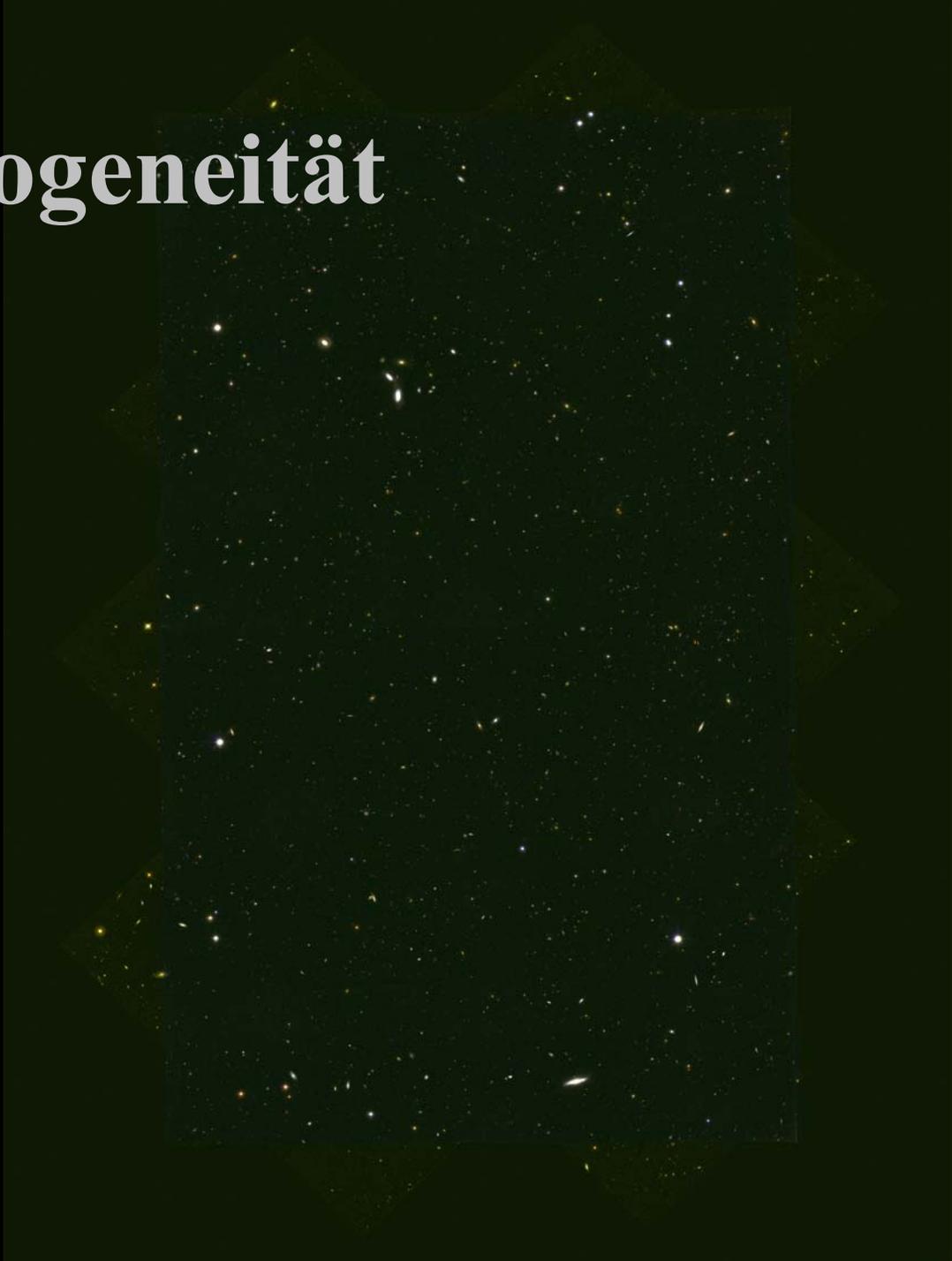
$T = 2.728 \text{ K}$



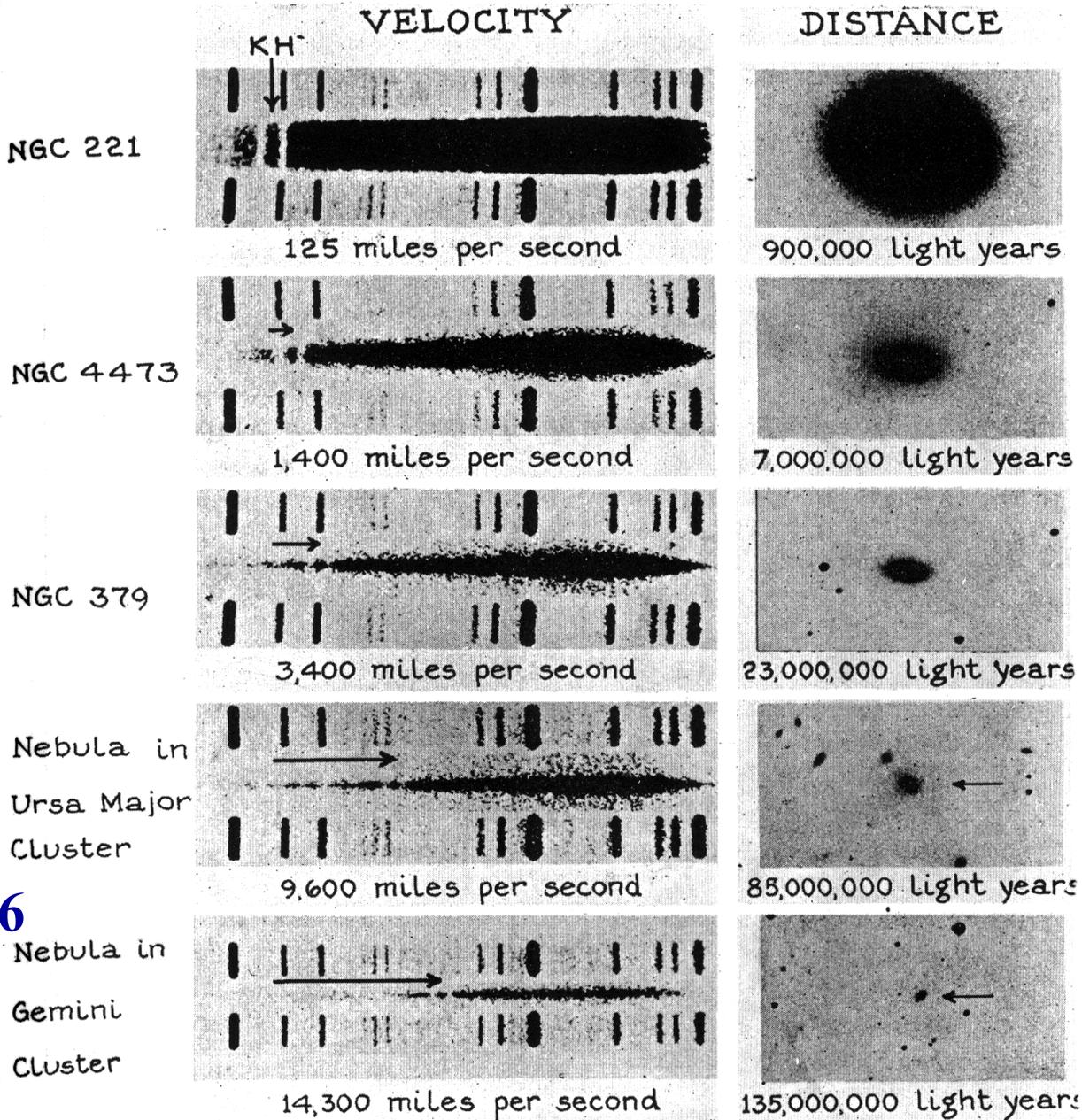
$\Delta T = 18 \mu\text{K}$



Homogeneität



THE VELOCITY-DISTANCE RELATION FOR EXTRA-GALACTIC NEBULAE



Hubble 1936

Das Original Hubble Diagram

Geschwindigkeit

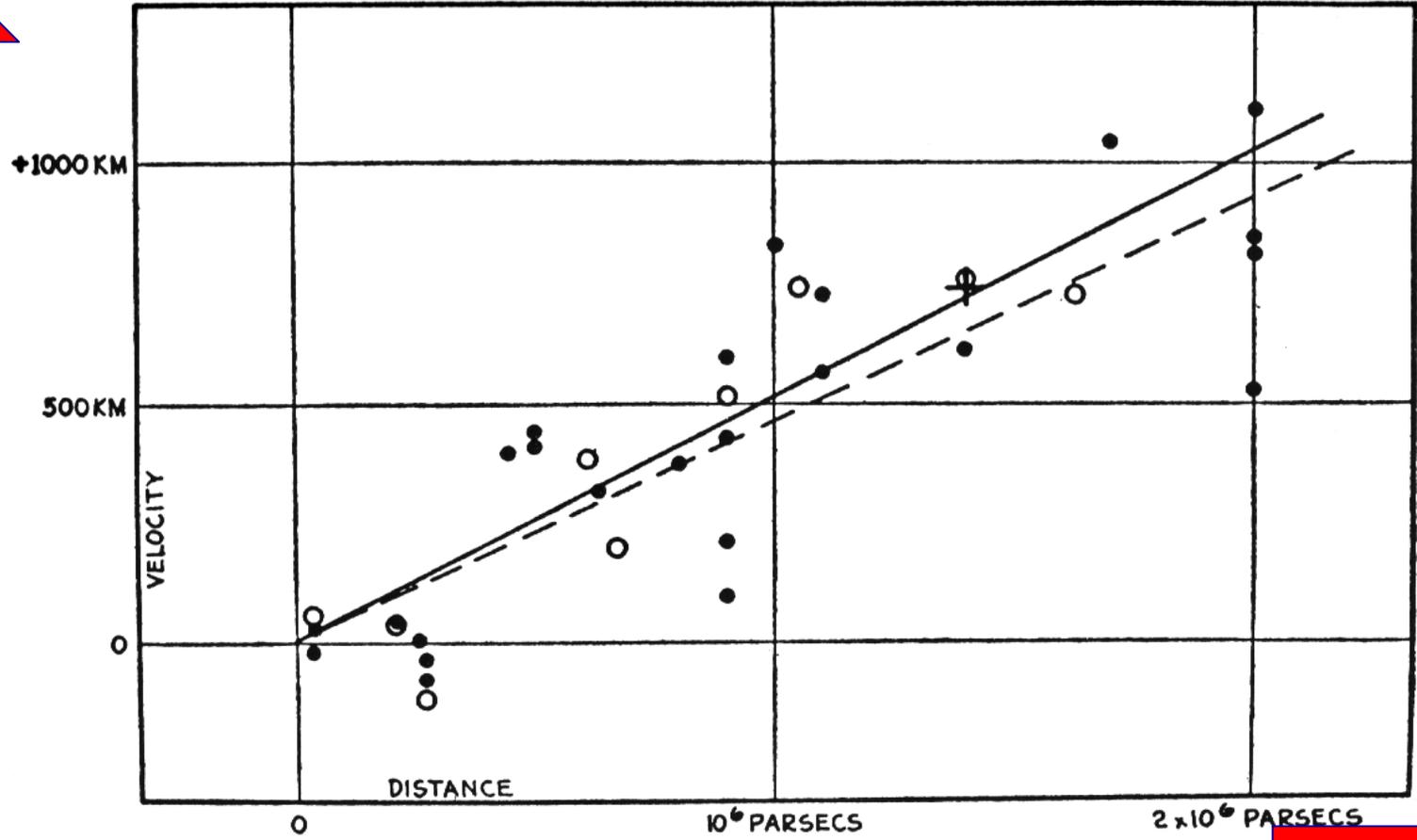
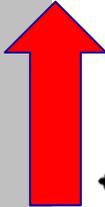


FIG. 9. *The Formulation of the Velocity-Distance Relation.*



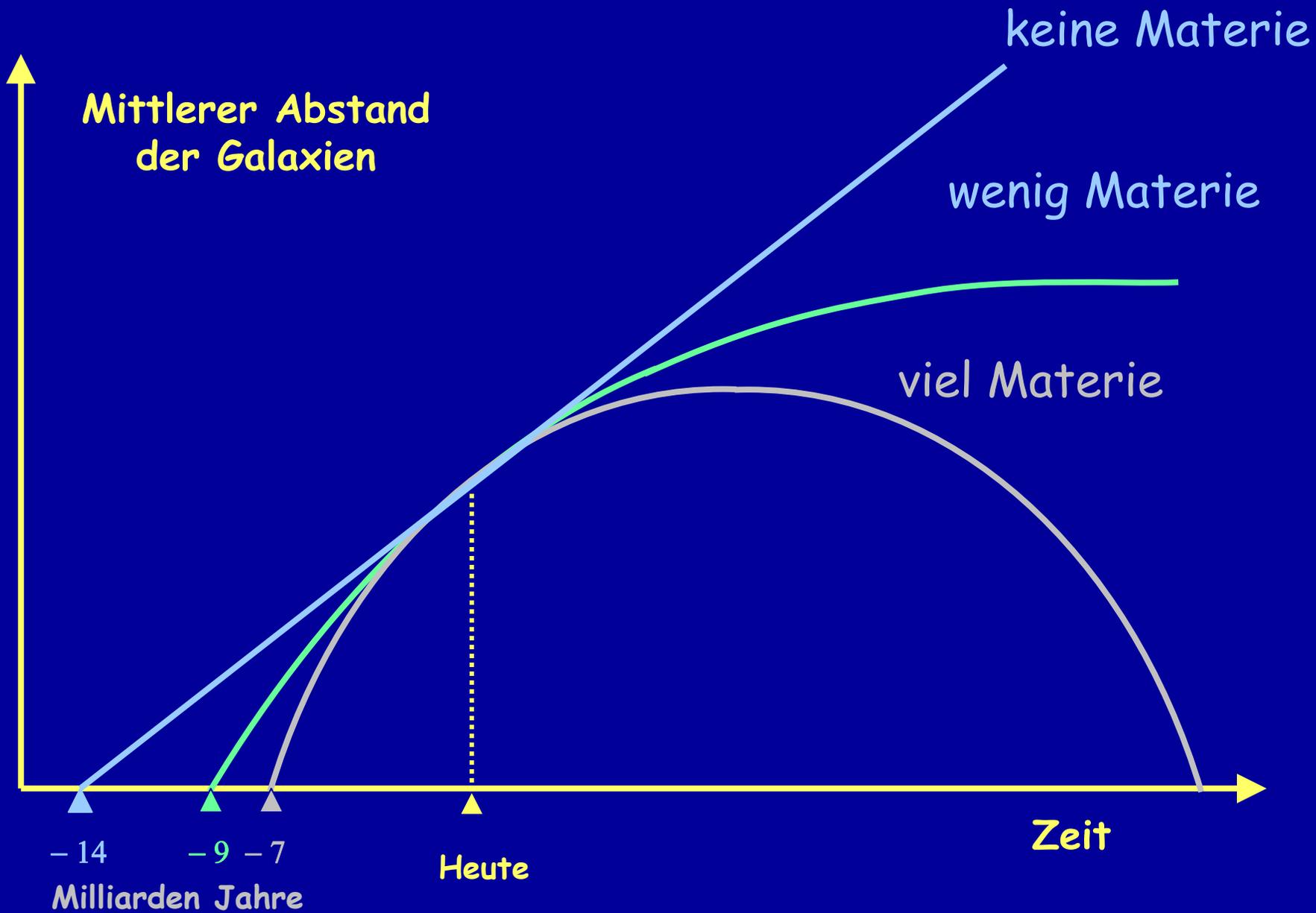
Entfernung

Vergangenheit und Zukunft

Die Zukunft des Universums wird von seiner Vergangenheit und seinem Inhalt bestimmt.

Seit dem Urknall dehnt sich der Raum kontinuierlich aus. Diese Ausdehnung wird von der gravitationellen Anziehung abgebremst.

Mehr Materie bewirkt eine langsamere Ausdehnung und möglicherweise einen Lankru.



Zukunft des Universums

- Supernovae waren entscheidend für die Entstehung der Elemente und eine Vorbedingung für die Entstehung von Leben.
- Was haben Supernovae mit der Zukunft des Universums zu tun?

Supernovae

Extrem helle Sternexplosionen

**Wichtig für die Produktion von schweren
chemischen Elementen**

Beste Entfernungskennzeichen im Universum

Entfernungsmessung mit einer Standardkerze (Lampe)



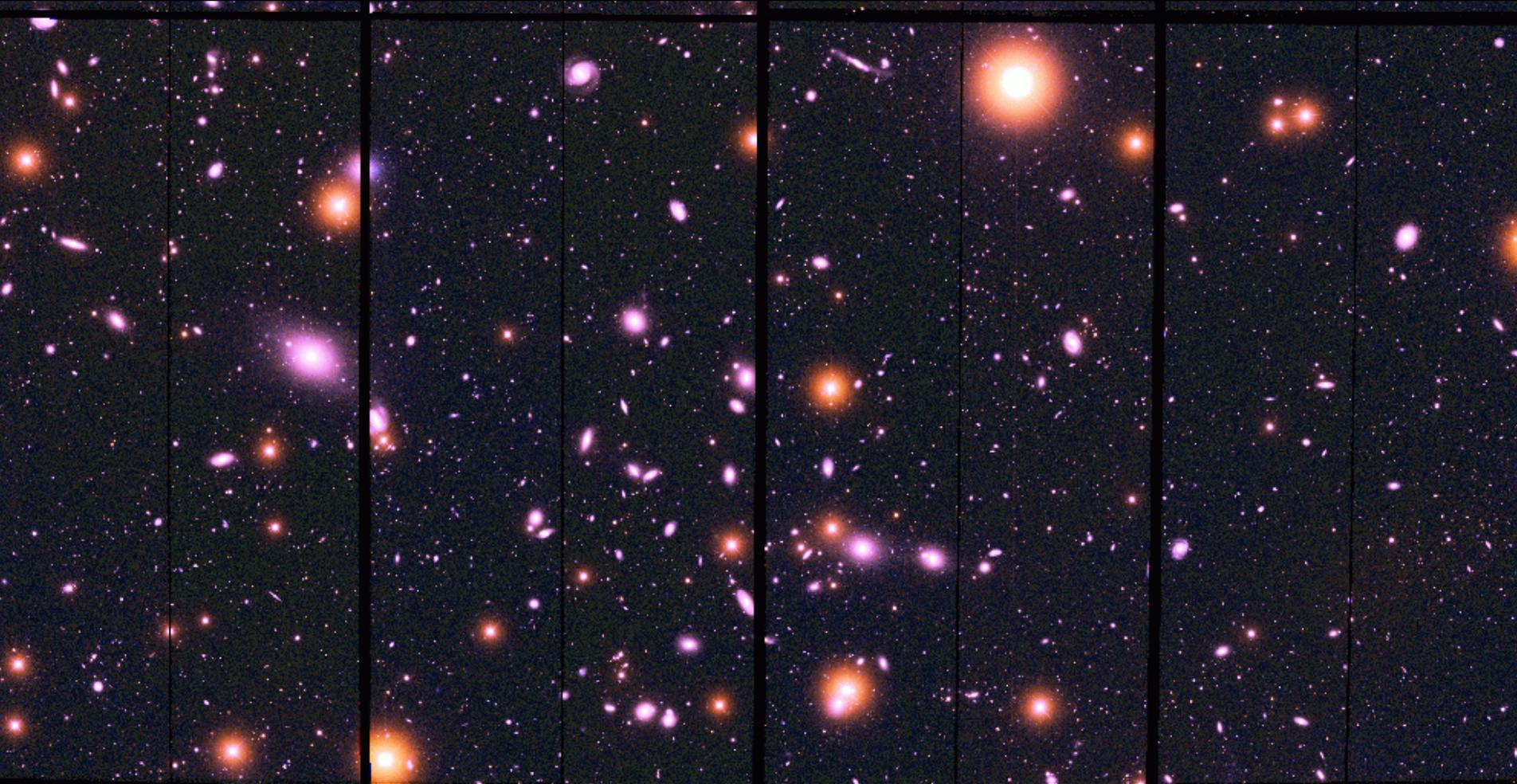
1000w



1000w

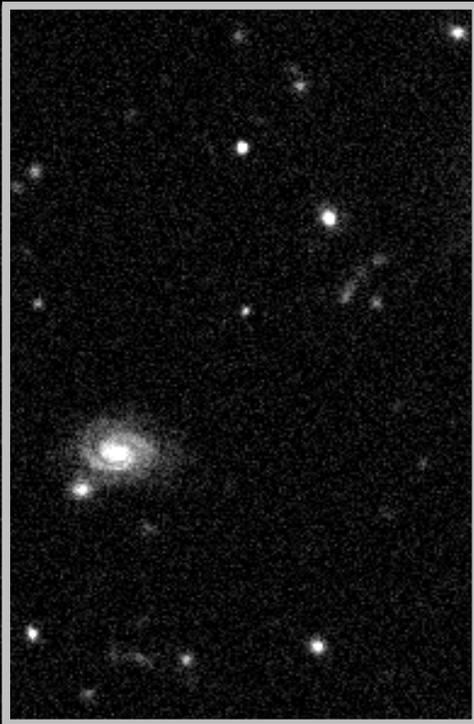
Supernova Suche

Die Nadel(n) im Weltall

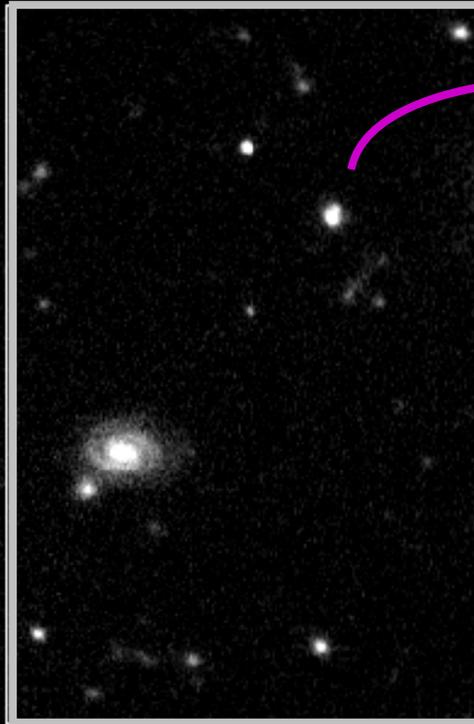


Supernova Suche

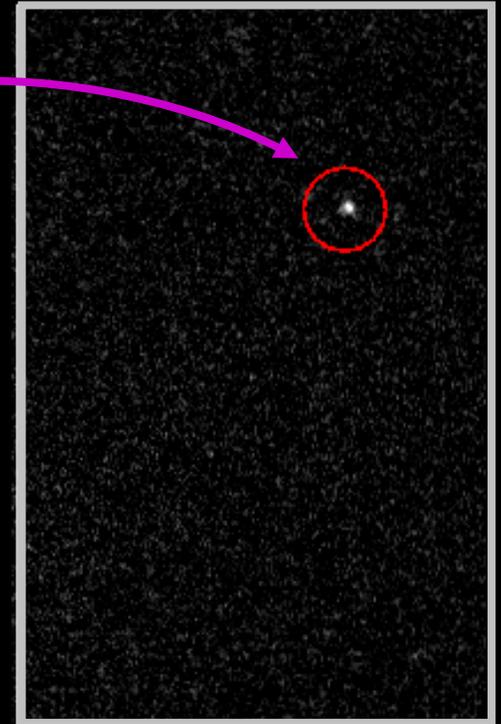
Epoch 1



Epoch 2 (3 weeks later)



Epoch 2 - Epoch 1



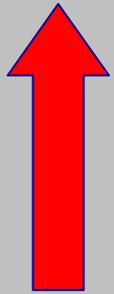
(High-z Supernova Search Team)

Supernovae und Dunkle Energie

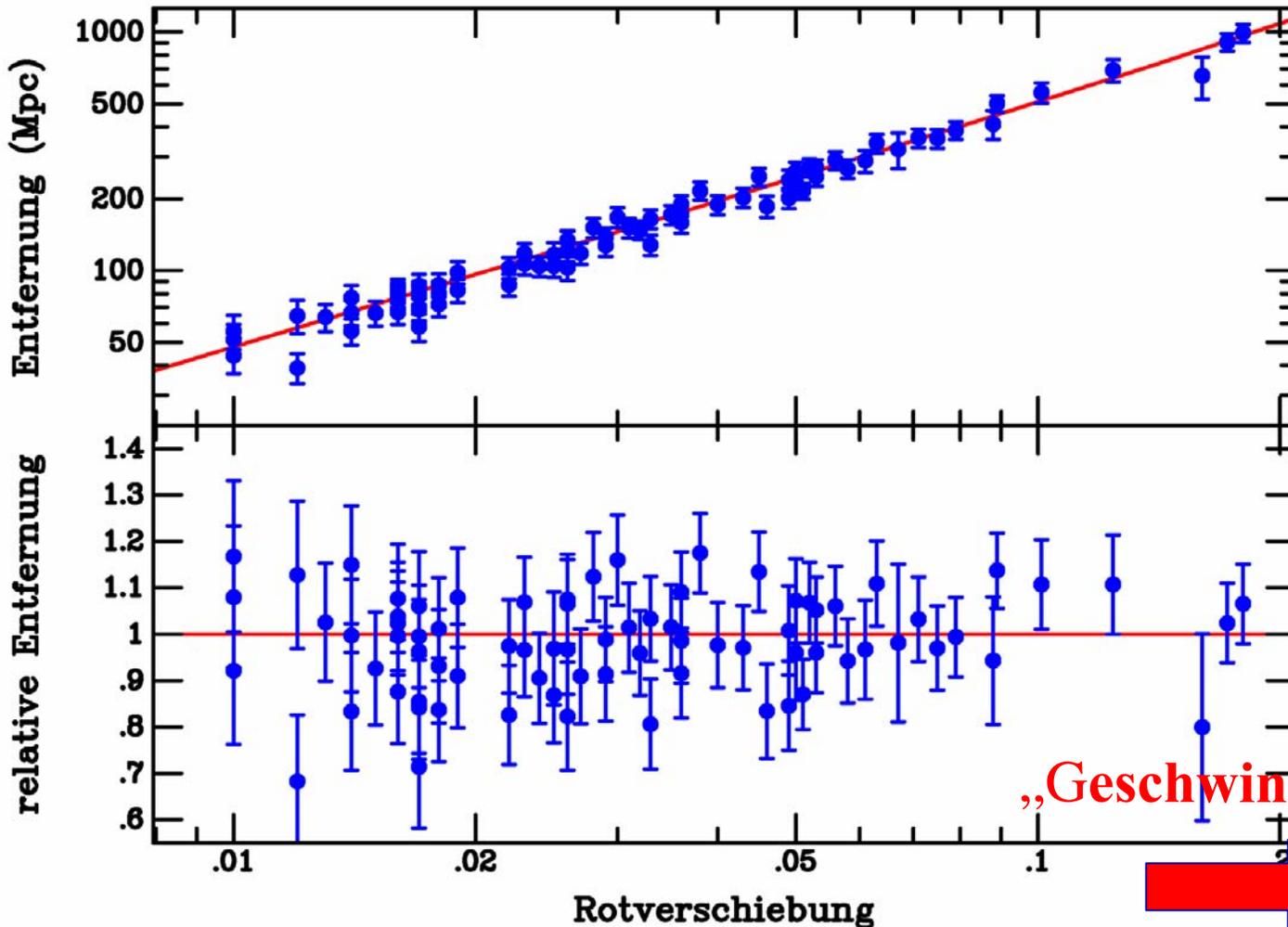
Die Expansion des Universums wird bestimmt von seinem (Energie-/Masse-) Inhalt. Die einzige relevante Wechselwirkung für die Kosmologie ist die Gravitation.

Die Expansion kann durch genaue kosmologische Entfernungsmessungen bestimmt werden. Supernovae sind die momentan besten bekannten Entfernungskennzeichen.

Das Supernova Hubble Diagram



Entfernung



„Geschwindigkeit“

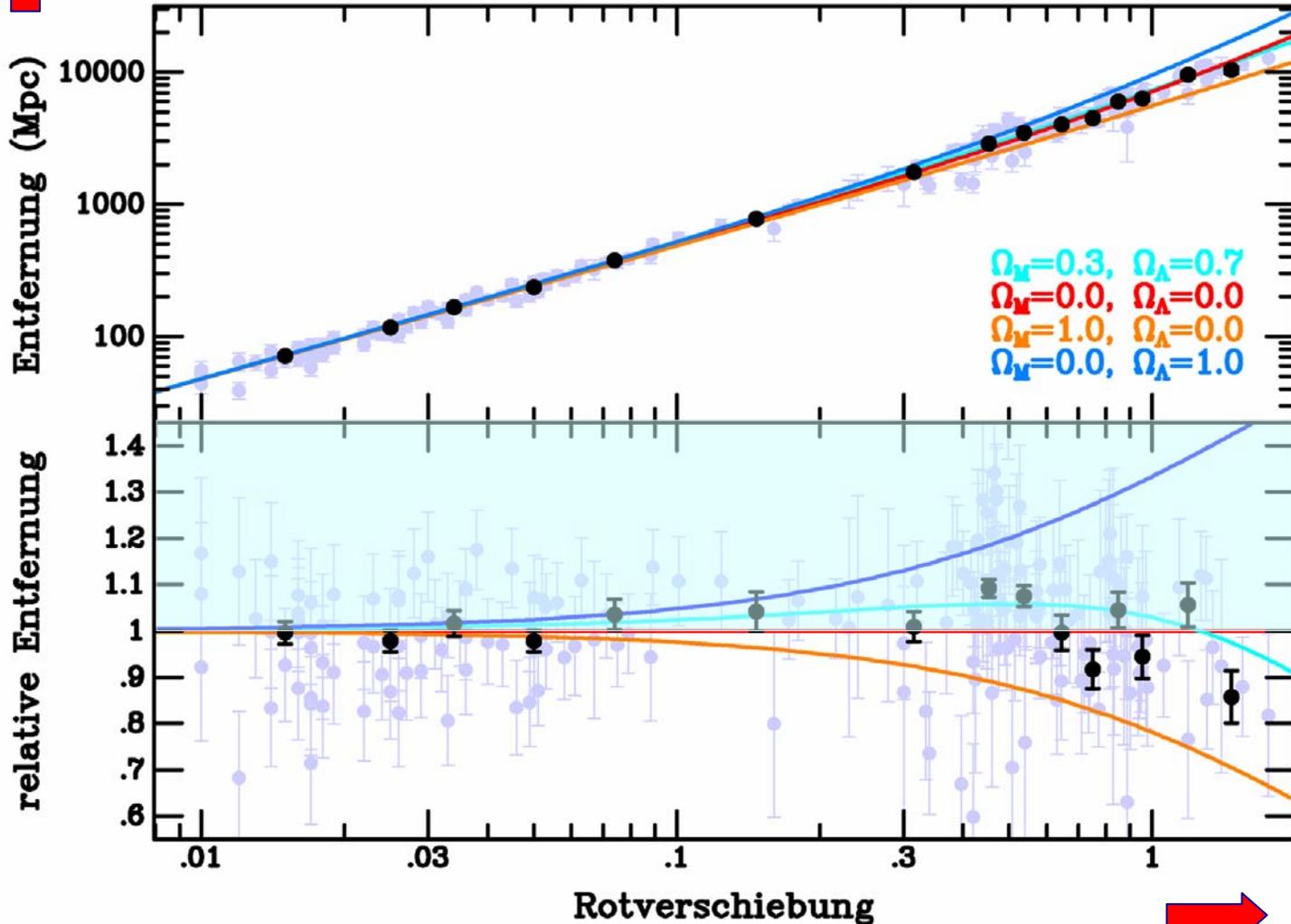
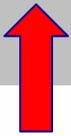


Das ESSENCE Team

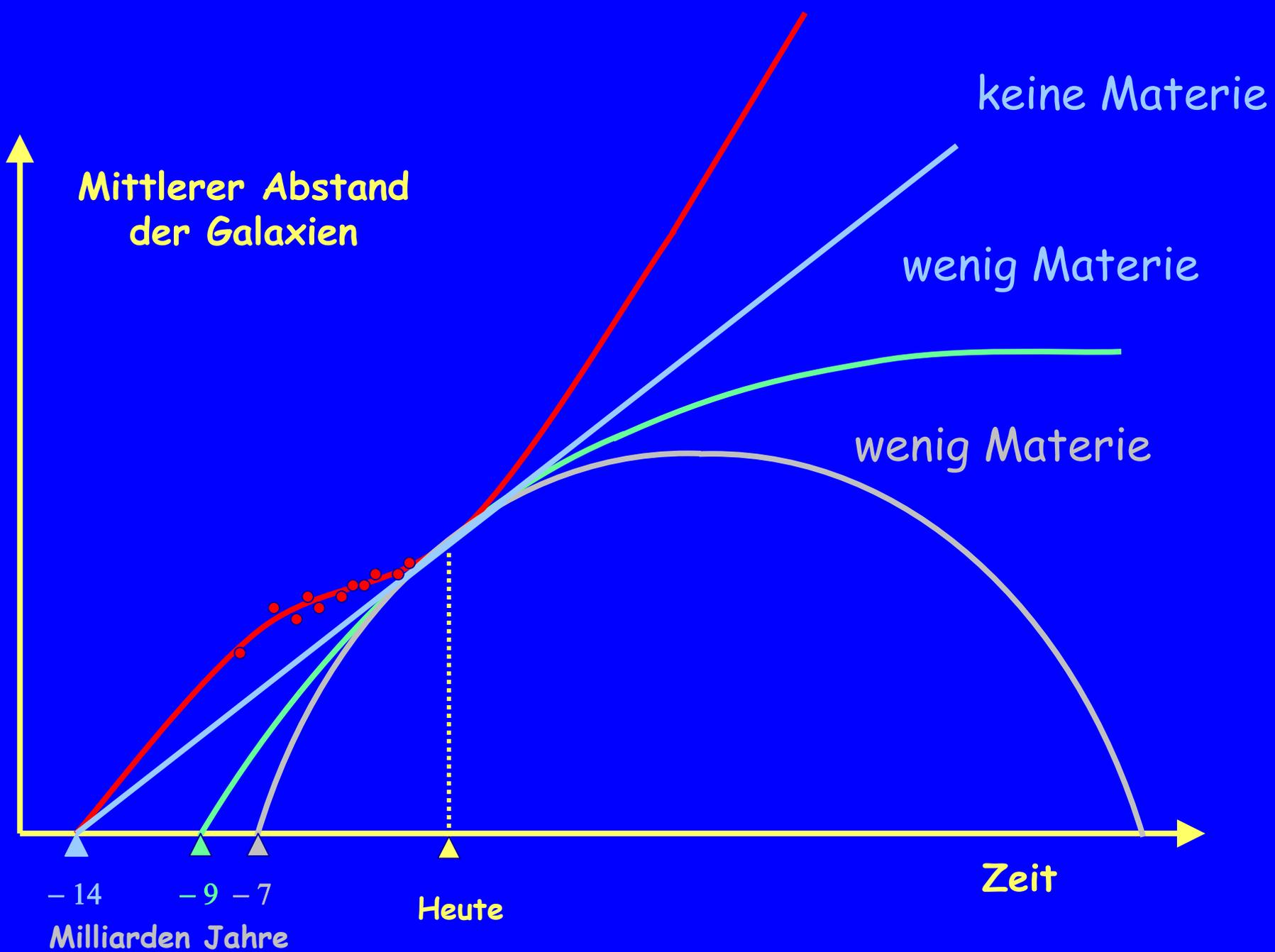


Das vollständige Hubble Diagramm

Entfernung



“Geschwindigkeit”



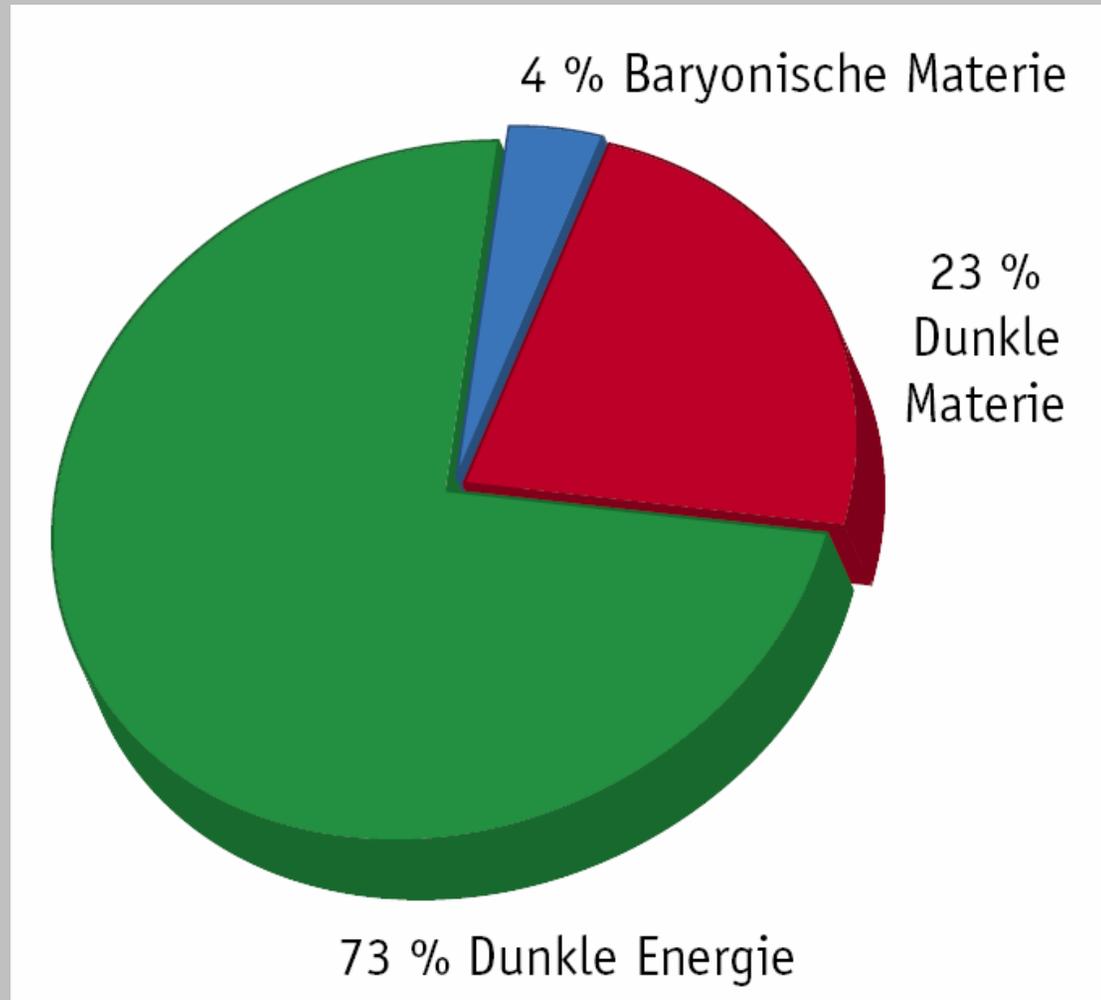
Was bedeutet das?

Entfernte Supernovae sind weiter entfernt als in einem frei expandierenden, ungebremsten Universum. Dies kann nur durch eine **abstossende** Komponente erzeugt werden.

Der Inhalt des Universums

Dunkle Materie und Dunkle Energie sind die bestimmenden Energiebeiträge des Universums.

Was sind sie?



Was bedeutet das? (2)

Das Universum besteht im wesentlichen aus
nichts.

Das Universum expandiert für immer.

Im Moment existiert keine überzeugende
physikalische Interpretation der
Vakuumsenergie (**Dunkle Energie**).

Das Alter des Universums ist jetzt größer als
dasjenige der ältesten Sterne.

Interpretationen/Spekulationen zur Zukunft des Universums

Einstein's Kosmologische Konstante

Bisher kein "Platz" im Standard Model der Teilchenphysik

Quintessence

Quantenmechanisches Teilchenfeld, das Energie in das Universum entlässt

Anzeichen einer höheren Dimension

Gravitation ist am besten beschrieben in einer Theorie mit mehr als vier Dimensionen

Phantom Energie

Die Dunkle Energie ist so stark, dass das Universum auseinander fällt (**Big Rip**)