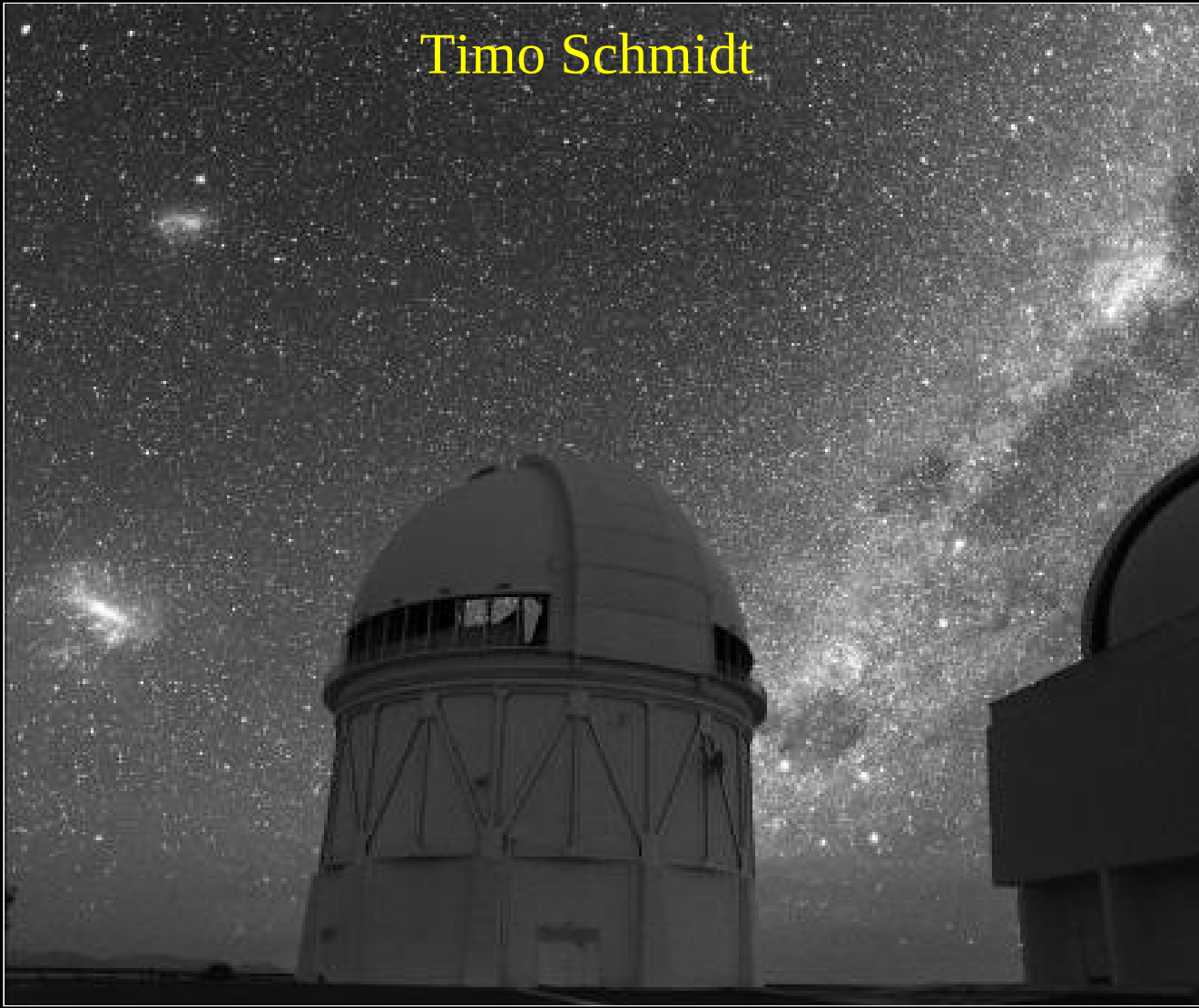


# Von unserem Sonnensystem bis an die Grenzen des Universums

Timo Schmidt



# Inhalt

1. Unser Sonnensystem
  - 1.1 Sterne und Planeten
  - 1.2 Größenverhältnisse
  - 1.3 Entstehung
  - 1.4 Merkur
  - 1.5 Venus
  - 1.6 Unser Mond
  - 1.7 Mars
  - 1.8 Asteroidengürtel
  - 1.9 Jupiter
  - 1.10 Saturn
  - 1.11 Uranus
  - 1.12 Neptun
  - 1.13 Zwergplanet Pluto
  - 1.14 Kometen
2. Sterne
  - 2.1 Sternbilder
  - 2.2 Sterne in unserer Umgebung
3. Unsere Galaxie: die Milchstraße
4. Lokale Gruppe
5. Superhaufen
  - 5.1 Die Erde im Universum
  - 5.2 Quasare

# Sterne und Planeten

## Stern:

- Kernfusion
  - deshalb gibt er Energie ab und leuchtet
- deutlich massereicher und größer als ein Planet
  - z.B. → Sonne ist 1 000 000-mal größer als die Erde
  - Sonne hat 300 000-mal mehr Masse als die Erde

## Planet:

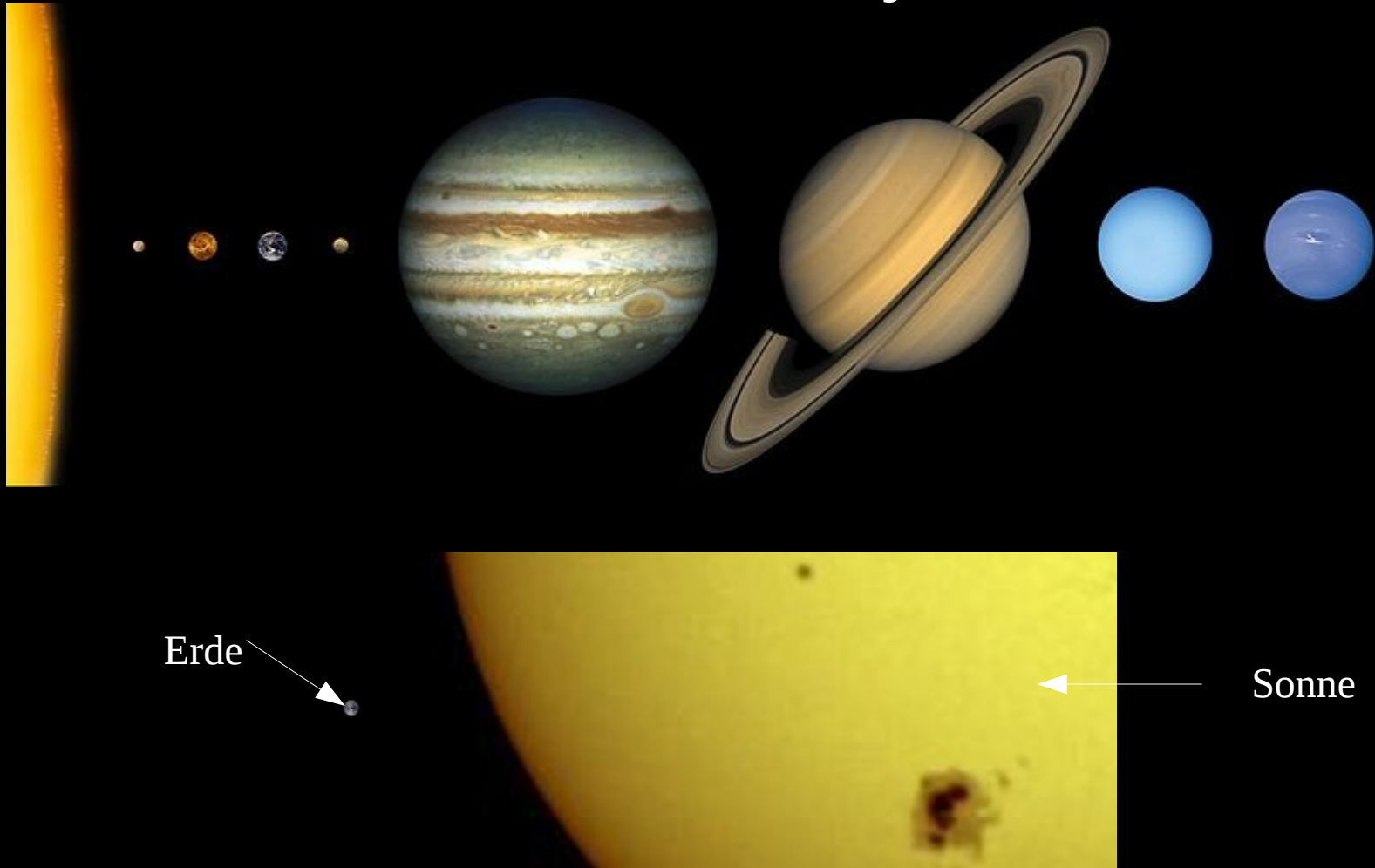
- gibt keine Energie ab
- reflektiert das Licht eines Sterns

<http://de.wikipedia.org/wiki/Planet>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sonne>

<http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/planeten/sonnensystem.html>

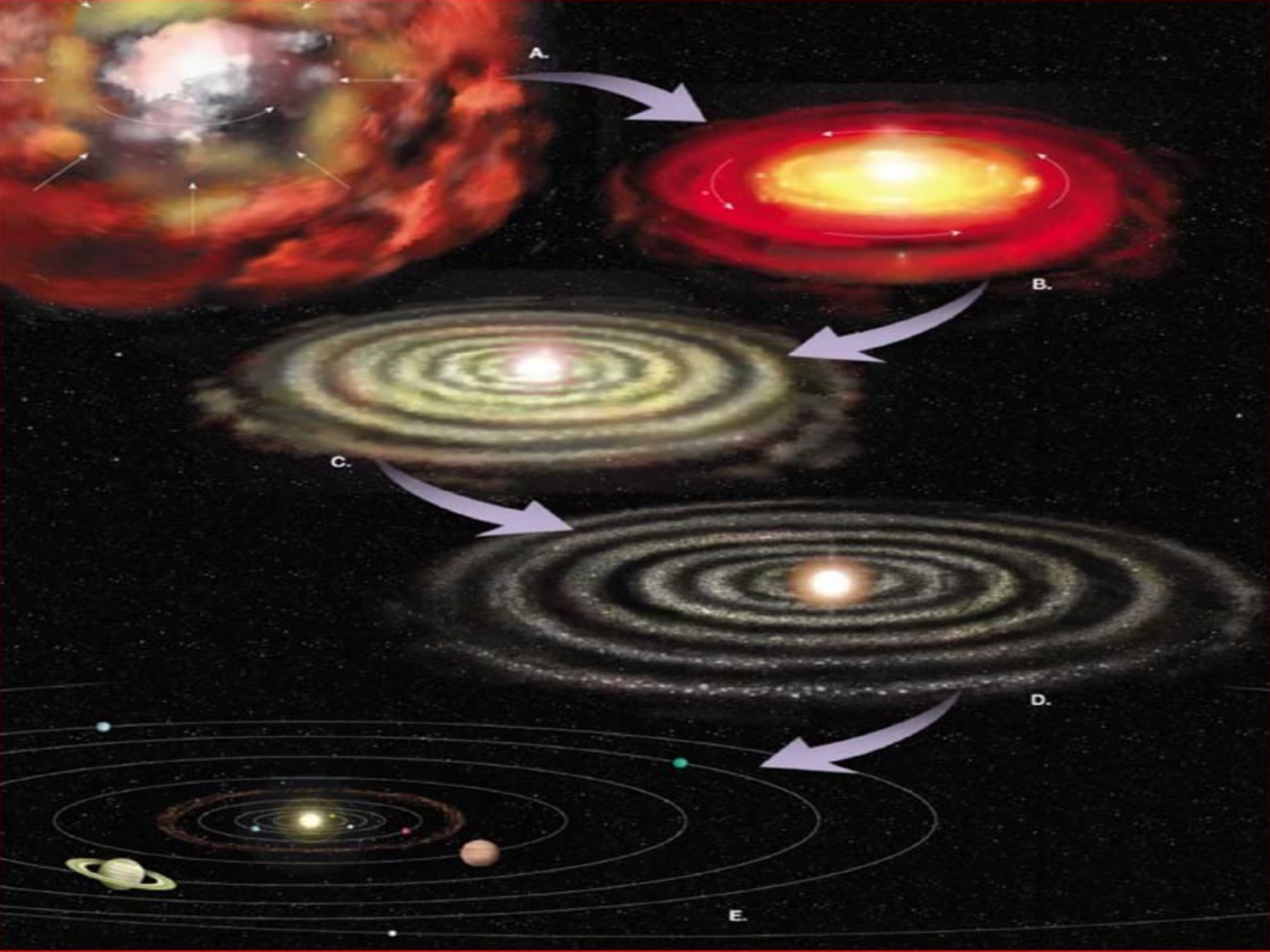
# Größenverhältnisse in unserem Sonnensystem



# Entstehung unseres Sonnensystems:

*vor ca. 4,6 Milliarden Jahren*





# Entstehung unseres Sonnensystems

## 1. Schritt - Die Urwolke

- vor ca. 4,6 Mrd. Jahren
- zu 99% aus Wasserstoff und Helium
- zu einem geringen Teil an Staubpartikeln

## 2. Schritt – Scheibenbildung

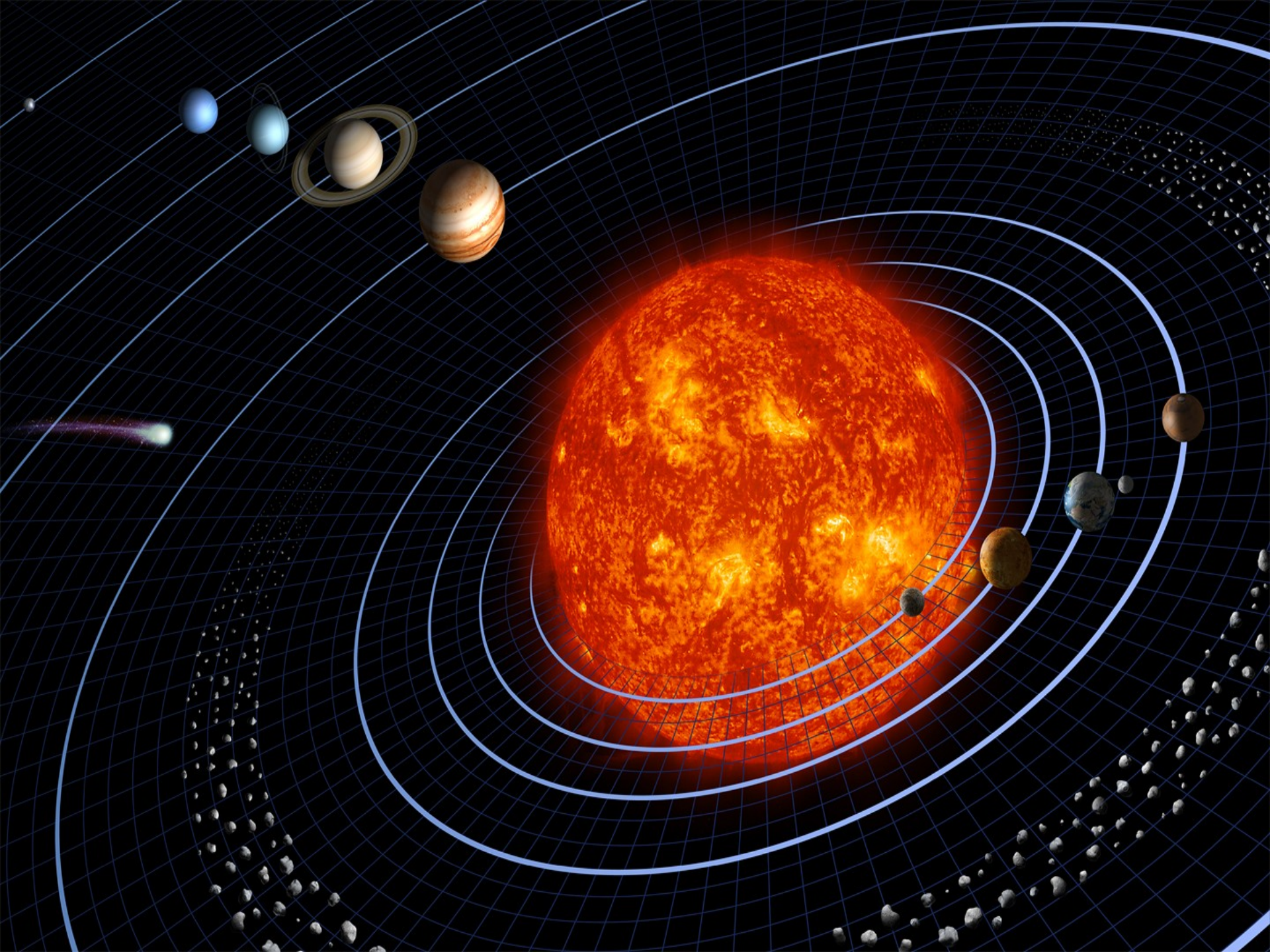
- Gravitation und Rotation
  - deshalb nahm die Staubwolke eine Scheibenform an

## 3. Schritt – Die Sonne entsteht

- im Inneren erhöhte sich der Druck und die Hitze
  - dadurch begann die Kernfusion

## 4. Schritt – Planeten entstehen

- die Staubpartikel schließen sich zu größeren Objekten zusammen
- durch ihre eigene Gravitation ziehen sie kleinere Objekte zu sich
- innere Planeten aus Gestein
- äußere Planeten aus Gas → Sonnenwind nicht so stark





# Merkur

Temperatur: -170 °C bis 430 °C



# Der Merkur

- Durchmesser: 4 880 Kilometern
- durchschnittliche Sonnenentfernung: ca. 58 Millionen km
- Sonnen nächster und schnellster Planet im Sonnensystem
- sehr langsame Rotation
  - maximale Tagestemperatur: 430 °C
  - minimale Nachttemperatur: -170 °C
  - deshalb hat er die größten Temperaturschwankungen
- Oberfläche: viele Krater
- keine stabile Atmosphäre wie die Erde
  - sondern Teilchen aus dem Sonnenwind
- hat keinen Mond

# Venus



Atmosphäre aus Kohlendioxid  
→ kein irdisches Leben möglich



# Die Venus

- Durchmesser: ca. 12 100 Kilometern
- durchschnittliche Sonnenentfernung: 108 Millionen km
- zweit innerster und dritt kleinster Planet
- Temperatur: zwischen 437 °C und 497 °C
- Oberfläche: dunkelrot glühend, keine Gewässer
- hat keinen Mond
- Atmosphäre: Kohlendioxid (96,5%), Stickstoff (3,5%)  
sehr hoher Druck (92-fache der Erde)  
→ kein irdisches Leben möglich

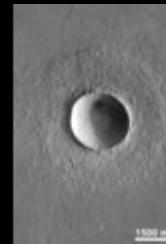


# Entstehung unseres Mondes

1. Abspaltungstheorie: von der sich drehenden und heißen Proto-Erde spaltete sich ein Stück ab
2. Einfangtheorie: die Erde fing den Mond bei einer Begegnung mit ihrer Gravitation ein
3. Schwesterplanet-Theorie: Erde und Mond entstanden gleichzeitig und nahe beisammen
4. Viele-Monde-Theorie: die Erde fing viele kleine Monde, die sich zusammenschlossen
5. Kollisionstheorie: wegen einer Kollision der Erde mit einem anderen Objekt spaltete sich der Mond ab  
→ heute bevorzugte Theorie

# Mars

Rot wie Blut → Mars (Kriegsgott)



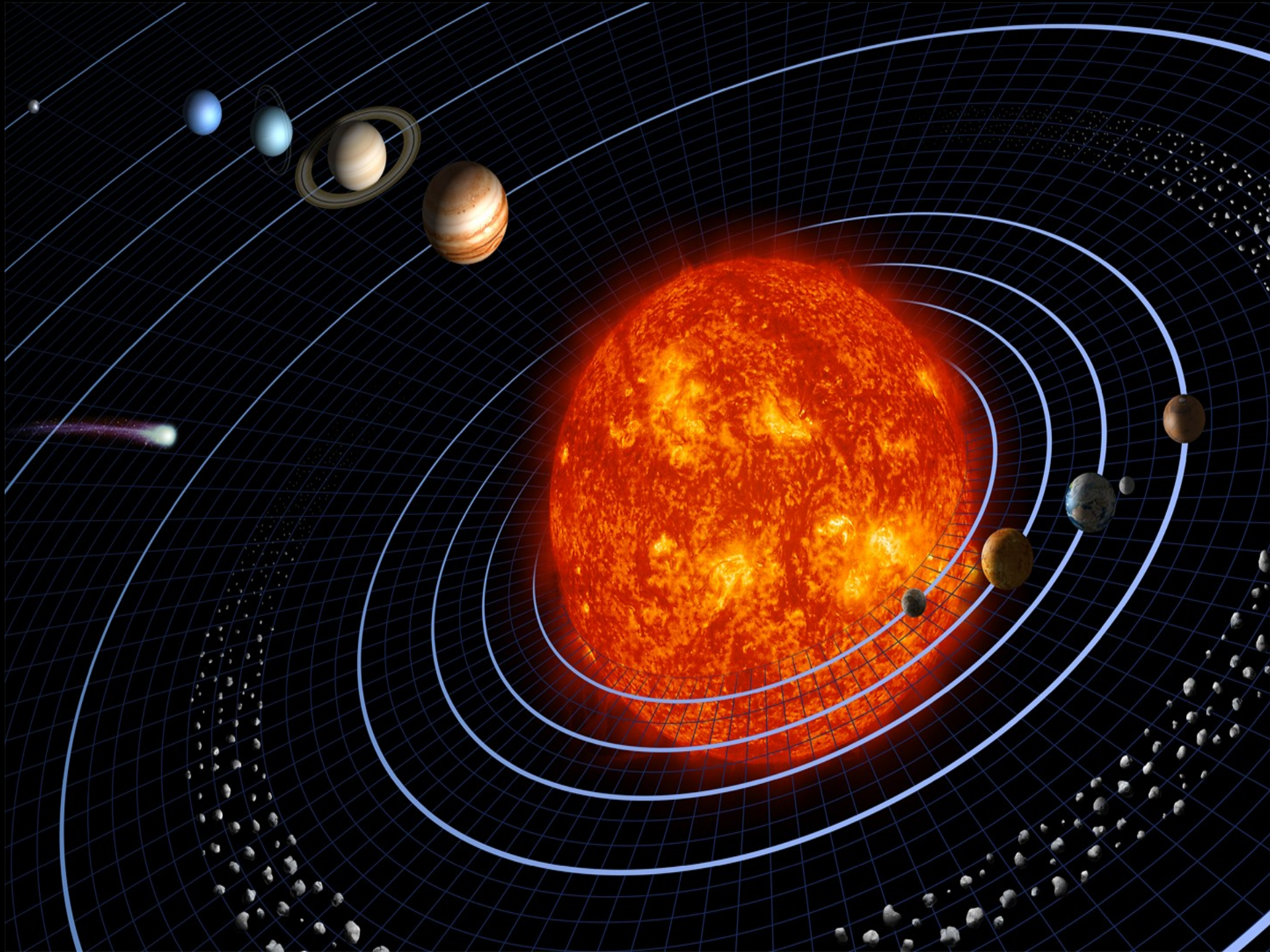
Martinskrater



# Der Mars

- Durchmesser: 6 800 Kilometer
- durchschnittliche Sonnenentfernung: 228 Millionen km
- zweit kleinster und viert innerster Planet
- Temperatur: zwischen -133 °C und 27 °C
- Oberfläche: rote Färbung wegen Eisenoxid-Staub
- Monde: zwei kleine Monde (Phobos und Deimos)
- dünnere Atmosphäre als die Erde
  - Druck: Boden (Mars) = in 35 km Höhe (Erde)





# Asteroidengürtel



Eros



Gaspra



Ida

# Asteroidengürtel

- Entstehung: durch die große Masse des Jupiters konnte zwischen ihm und dem Mars kein Planet entstehen
- ca. 90 % der dortigen Asteroiden befinden sich auf einer Umlaufbahn
- ca. 400 000 Asteroiden sind bisher aufgezeichnet worden
- Ceres (größtes Objekt): 1 000 km Durchmesser



# Jupiter




Roter Fleck


63 Monde




Adi 7. di Gennaio 1610 Gioue si uedeua col Canone ed  
3. stelle fiffe così  delle quali se ha il canone  
minor si uedeua. <sup>ori:</sup> \* a di 8. affarina così  ora dug

diritto et no retrogrado come pigoro i calculatori.

Adi 9. si rugolo. a di 10. si uedeua così  vi è id.  
giato s'ha più occidentale si che la scultaua piguato si può credere.

Adi 11. era in questa guisa  et la stella più vicina  
a Gioue era la metà minore dell'altra, et minutissima all'altra  
doue che si alere uere erano la dette stelle affarite tutte tre  
di equal grandezza et tra li loro equali lontane: dal che  
affare intorno a Gioue esser 3. altre stelle errati inuisibili ad  
ogni uno sino a questo tempo.

Adi 12. si uedeua in tale costituzione  era la stella  
occidentale poco minor della orientale, et gioue era i mezzo lontan  
da l'una et dall'altra guato il suo diametro i uisid: et forse era  
una cerchia biada et uisid: a 7. uero oriente: ora l'una era

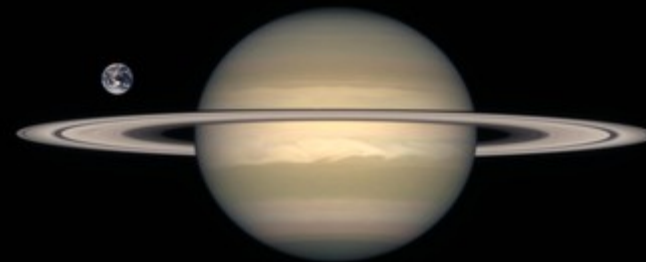
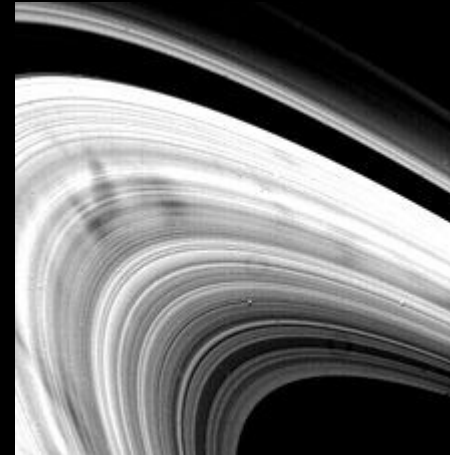
Vom 7. bis 14. Januar 1610 beobachtete Galileo den Jupiter mit seinen  
Monden. (grün: Jupiter / blau: seine Monde)

# Der Jupiter

- Durchmesser: 142 800 Kilometer
- durchschnittliche Sonnenentfernung: 778 Millionen km
- größter und von der Sonne aus gesehen fünfter Planet
- Temperatur: -108 °C
- Oberfläche: Gas (keine klar begrenzte Atmosphäre)
- Hauptbestandteile: Wasserstoff (90 %), Helium (10 %)
- innerer Aufbau: wegen höherem Druck flüssig
- Monde: 63 Monde (Nov. 05)
- größte Monde: Io, Europa, Ganymed und Kallisto (zwischen 3122 und 5262 km Durchmesser)
- Besonderheit: Wirbelsturm
  - 26 000 km\*13 000 km (> als die Erde)
  - im Inneren 600 km/h schnell

# Saturn

Ringe aus Staub und Gestein



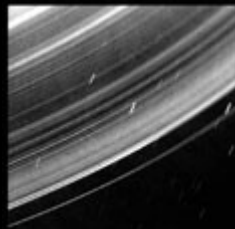
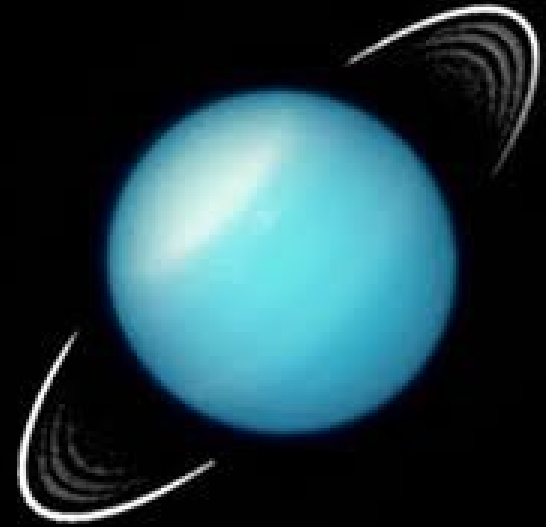
Erde und Saturn

# Der Saturn

- Durchmesser: ca. 120 500 Kilometer
- durchschnittliche Sonnenentfernung: 1,43 Milliarden km
- zweitgrößter und von der Sonne aus gesehen sechster Planet
- Temperatur: -108 °C
- Atmosphäre: Gas (keine klar begrenzte Atmosphäre)
- innerer Aufbau: wegen höherem Druck flüssig
- Hauptbestandteile: Wasserstoff (93%), Helium (7%)
- Monde: 62 Monde (größter ist Titan: 5150 km)
- Besonderheit: Ringsystem mit 100 000 einzelnen Ringen



# Uranus

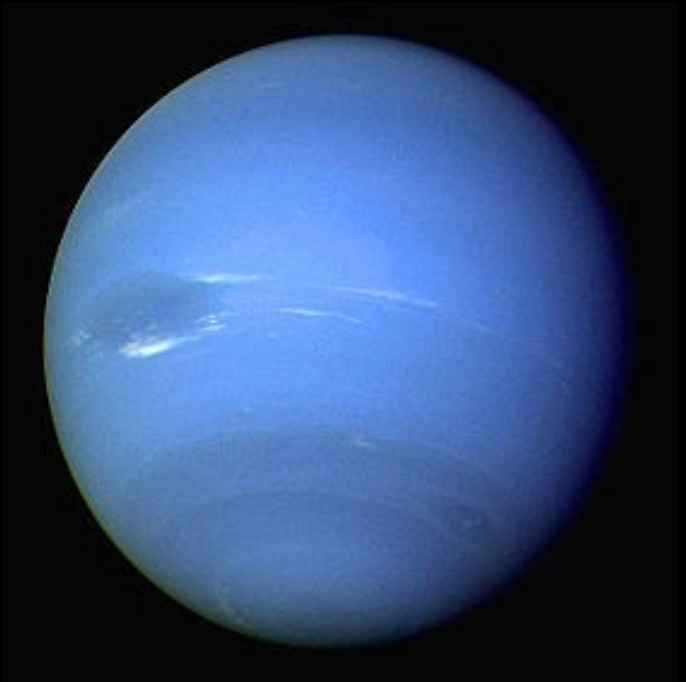


erst 1781 entdeckt

# Der Uranus

- Durchmesser: 51 000 Kilometer
- durchschnittliche Sonnenentfernung: 2,9 Milliarden km
- viertgrößter und von der Sonne aus gesehen siebter Planet
- Temperatur: -197 °C
- Atmosphäre: drei Schichten
- innerer Aufbau: flüssige Gase, Eis und vielleicht ein kleiner Gesteinskern
- Hauptbestandteile: Wasserstoff (82,5 %), Helium (15,2%) und Methan (2,3 %)
- Monde: 27 Monde (Durchmesser: zwischen 10 und 1 600 km)
- Besonderheit: Ringsystem

# Neptun



1846 aufgrund einer mathematischer  
Berechnung entdeckt

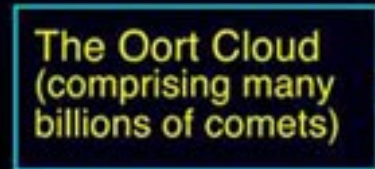
# Der Neptun

- Durchmesser: 50 000 Kilometer
- durchschnittliche Sonnenentfernung: 4,5 Milliarden km
- fünftgrößter und äußerster Planet
- Temperatur: -201 °C
- Atmosphäre: enthält Methan
  - deshalb bläuliche Färbung
- innerer Aufbau: Fels, Wasser, Ammoniak, Methan und ein Gesteinskern mit Metall
- Hauptbestandteile: Wasserstoff (80,0 %), Helium (19,0 %), Methan (1,5 %) und Eisen
- Monde: 13 Monde (größter ist Triton: ca. 2 700 km)
- Besonderheit: sehr feines azurfarbenes Ringsystem

Kuipergürtel-  
außerhalb von  
Neptunbahn bis einer  
Entfernung von circa  
drei Milliarden km



Die Oort-Wolke endet  
ca. 1,6 Lichttage (41,6  
Mrd. km) von der  
Sonne entfernt.



*Oort Cloud cutaway  
drawing adapted from  
Donald K. Yeoman's  
illustration (NASA, JPL)*

# Pluto - ein Zwergplanet



- liegt im Kuipergürtel
- Durchmesser: 2390 km (< als unser Mond)
- 18. Februar 1930 entdeckt
- bis 24. August 2006: äußerster Planet
- ab 24. August 2006: Zwergplanet
- sonnen fernster Punkt: ca. 50 AE (ca. 7,5 Mrd. km)
- sonnen nächster Punkt: ca. 30 AE (näher als Neptun's Bahn)
- Monde: vier Monde (Charon, Nix, Hydra, und S/2011 (134340) 1)
- 1. Raumsonde: Januar 2006 (Start)

# Pluto's Diskussion

- 1998: Doppelstatus: Planet und Asteroid Nr. 10 000
  - abgelehnt
- ab 2000: andere plutoähnliche Objekte
- 2005: Eris: > als Pluto, aus der gleichen Region
  - Presse: zehnter Planet
- IAU 2006: neue Klasse: „Zwergplanet“
  - verabschiedet
- 24. August 2006: Abstimmung
  - Pluto wird Planetenstatus aberkannt
  - er wird Zwergplanet



# *Kometen*





Uranus

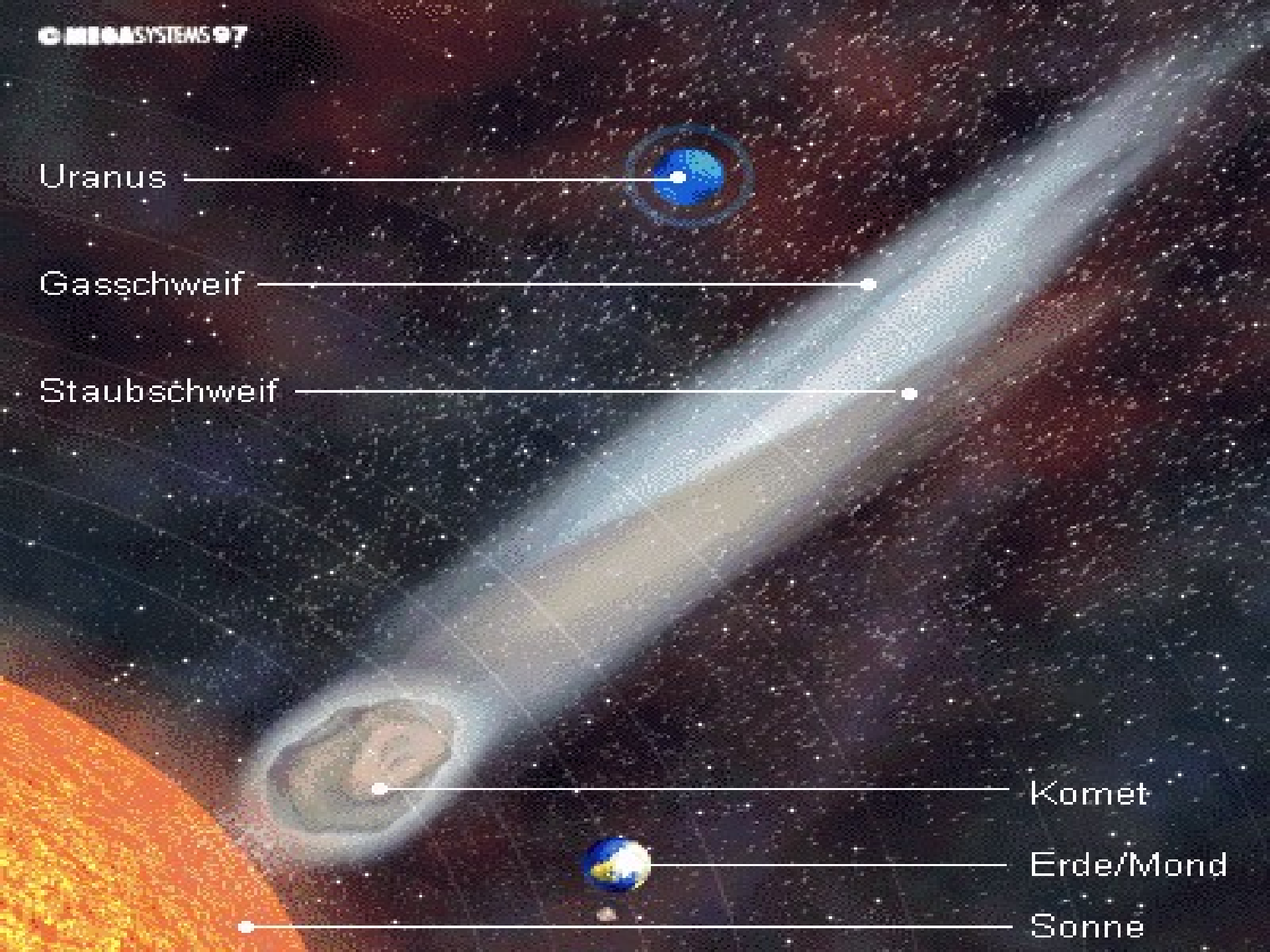
Gasschweif

Staubschweif

Komet

Erde/Mond

Sonne



# Kometen

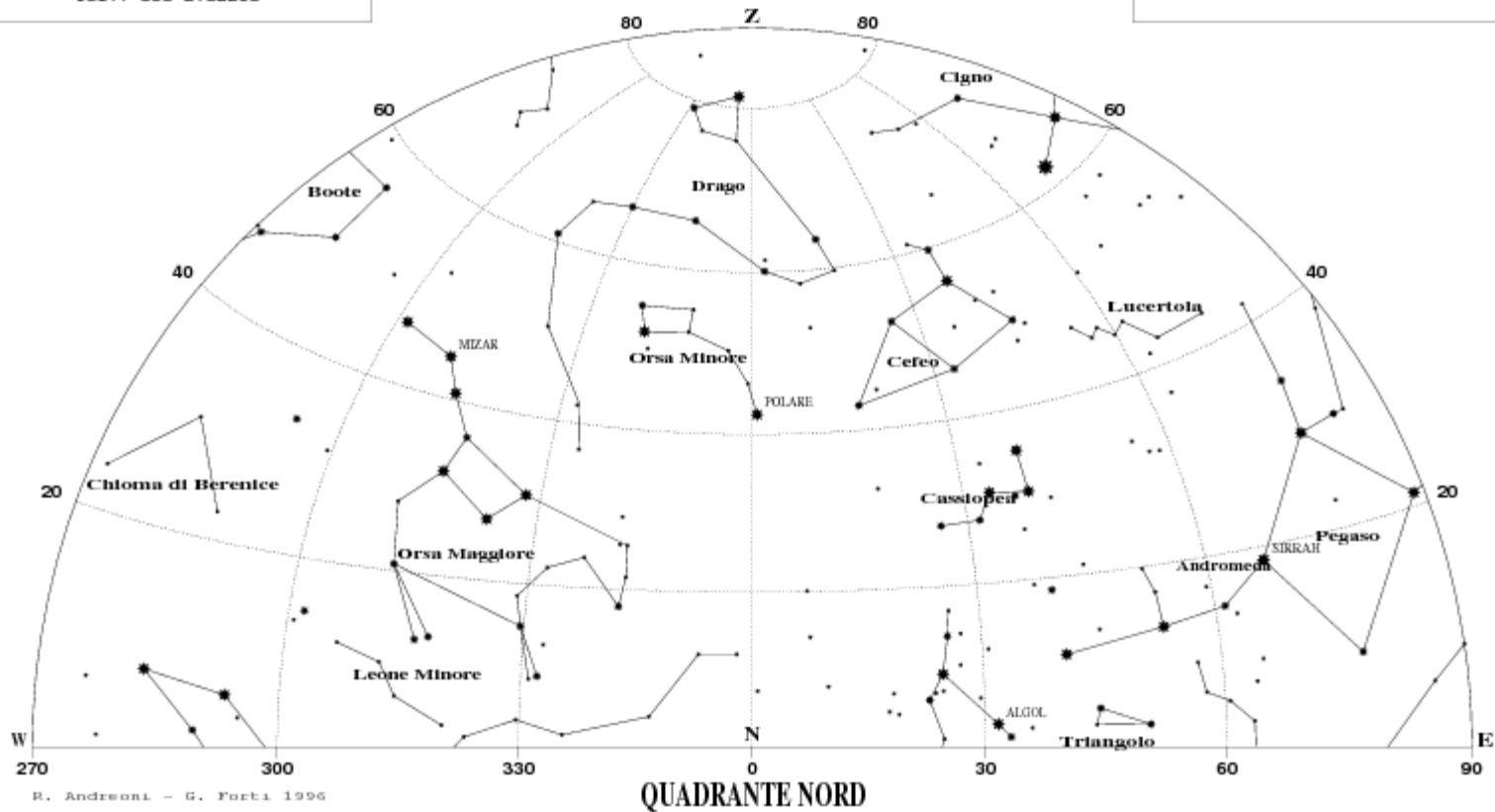
- ein kleiner Himmelskörper aus dem Kuipergürtel oder aus der Oort-Wolke (jenseits der Umlaufbahn des Neptuns)
- Aufbau:
  1. Kern: Trockeneis, CO-Eis, Methan, Ammoniak und meteoritenähnliche kleine Staub- und Mineralienteilchen (Jupiterumlaufbahnregion)
  2. schalenförmige Koma: entsteht durch Wechselwirkung zwischen Sonnenwind und Komet
  3. Schweif: durch den Sonnenwind wird die Koma „weggepustet“ (Marsumlaufbahnregion)
- Kometenbahn: parabel-, ellipsen- oder hyperbelförmig

# Sternbilder

OSSERVATORIO DI ARCETRI  
ASSOCIAZ. ASTRONOMICA AMICI DI ARCETRI  
<http://www.arcetri.astro.it>  
Tel.: 055 2752280

VISTA ALTO-AZIMUTALE DEL CIELO PER IL GIORNO 24-07-2011  
Località: Monteprandone

TEMPO CIVILE 22<sup>h</sup>00<sup>m</sup>00<sup>s</sup>  
LATITUDINE 42°55'12"  
LONGITUDINE E. 0<sup>h</sup>55<sup>m</sup>12<sup>s</sup>



R. Andreoni - G. Forti 1996

- \* - fino a 1.5 magnitudini
- - da 1.6 a 2.5 magnitudini
- - da 2.6 a 3.5 magnitudini
- - da 3.5 a 4.5 magnitudini

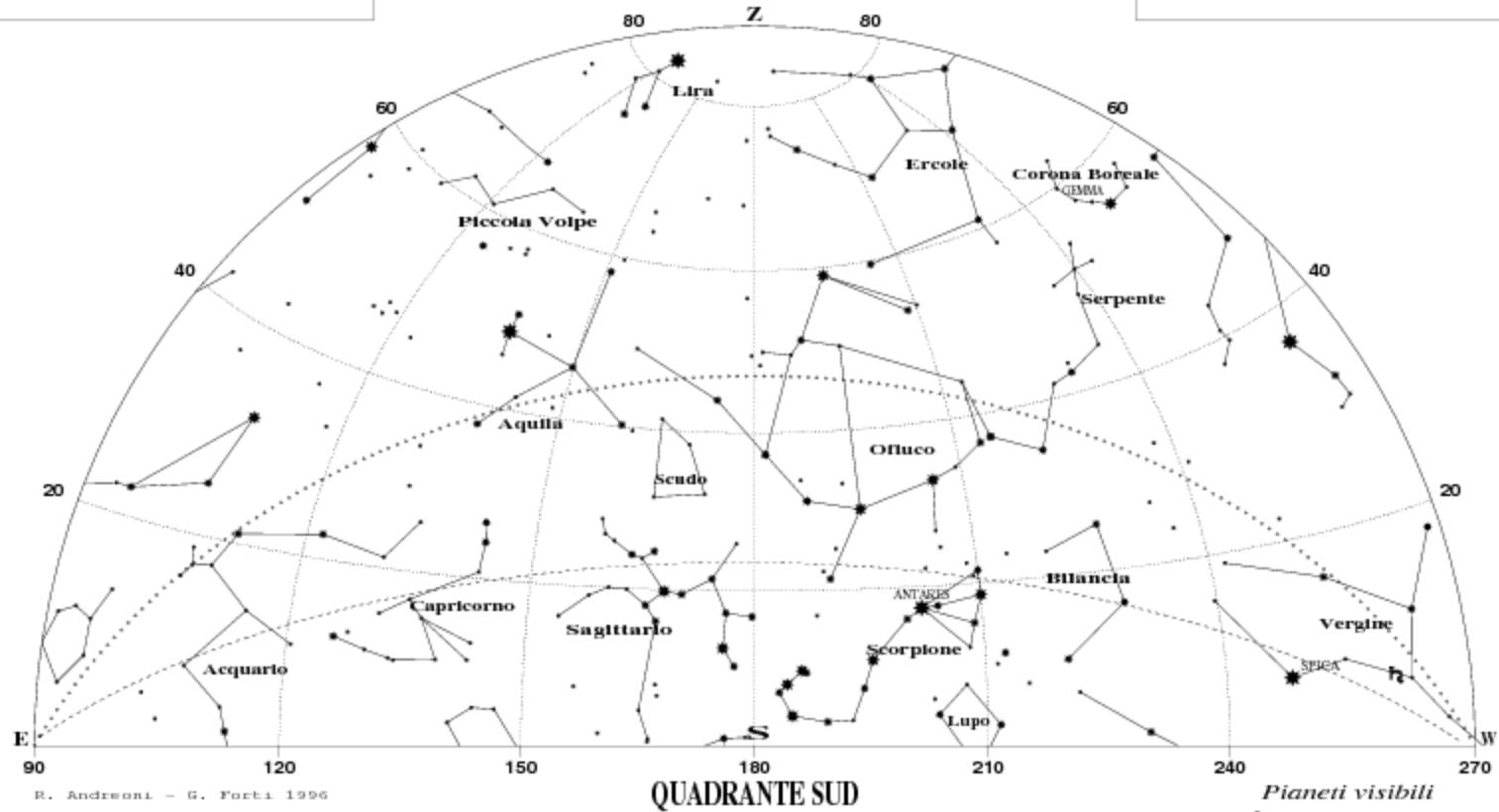
----- ECLITTICA

[http://www.arcetri.astro.it/po/sky\\_maps/maps.html](http://www.arcetri.astro.it/po/sky_maps/maps.html)

OSSERVATORIO DI ARCETRI  
 ASSOCIAZ. ASTRONOMICA AMICI DI ARCETRI  
<http://www.arcetri.astro.it>  
 Tel.: 055 2752260

VISTA ALTO-AZIMUTALE DEL CIELO PER IL GIORNO 24-07-2011  
 Località: Monteprandone

TEMPO CIVILE 22<sup>h</sup>00<sup>m</sup>00<sup>s</sup>  
 LATITUDINE 42°55'12"  
 LONGITUDINE E. 0°55'12"



R. Andreoni - G. Forti 1996

- ★ - fino a 1.5 magnitudini
- - da 1.6 a 2.5 magnitudini
- - da 2.6 a 3.5 magnitudini
- - da 3.6 a 4.5 magnitudini

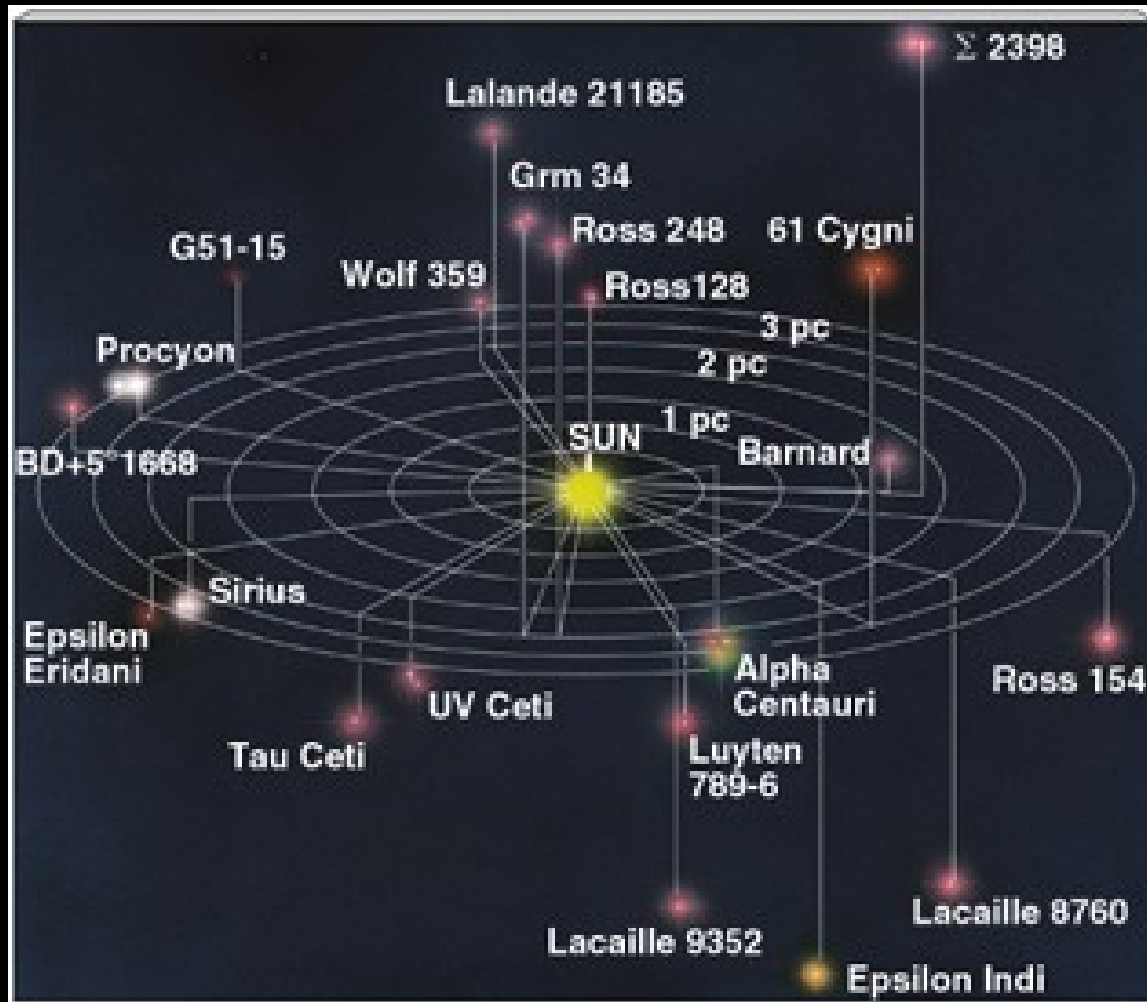
- ECLITTICA
- ..... EQUATORE CELESTE

Pianeti visibili  
 h2 SATURNO

# Sternbilder

- Anschein von der Erde: - vollständiges Bild
- Tatsache: - alle Sterne sind unterschiedlich weit von der Erde entfernt
  - die Sterne haben alle unterschiedliche Größen

# Die Umgebung des Sonnensystems



# Andere Sterne

- jenseits der Oort-Wolke gibt es eine Leere
- Alpha Centauri ist der nächste Stern (4,34 Lichtjahre)
- alle anderen Sterne sind noch weiter entfernt
  - z.B. → Ross 154: 9,7 Lichtjahre
- viele Sterne sind größer und leuchten kräftiger
- Pollux (roter Riese):
  - Entfernung 34 Lichtjahre
  - Leuchtkraft 32-mal stärker als die Sonne
  - Masse: 1,86 Sonnenmassen

[http://de.wikipedia.org/wiki/Ross\\_154](http://de.wikipedia.org/wiki/Ross_154)  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Pollux\\_%28Stern%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Pollux_%28Stern%29)  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Alpha\\_Centauri](http://de.wikipedia.org/wiki/Alpha_Centauri)



Sun



Sirius



Pollux



Arcturus

Jupiter is about 1 pixel in size

Earth is invisible at this scale





Betelgeuse



Antares



Rigel



Aldebaran

Sun (1 pixel)



Sinus Pollux



Arcturus

Jupiter is invisible at this scale

# Die Milchstraße

- Durchmesser: 100 000 Lichtjahre
- Sterne: 100 bis 300 Milliarden
- Form: Scheibe mit Spiralarmen
- unsere Sonne ist ein Stern der Milchstraße
- es gibt Staubwolken
  - aus denen werden neue Sterne geboren
- nächste Galaxie: Andromedagalaxie (ca. 2,5 Mio. Lichtjahre)



Dort sind wir!





Staubwolke



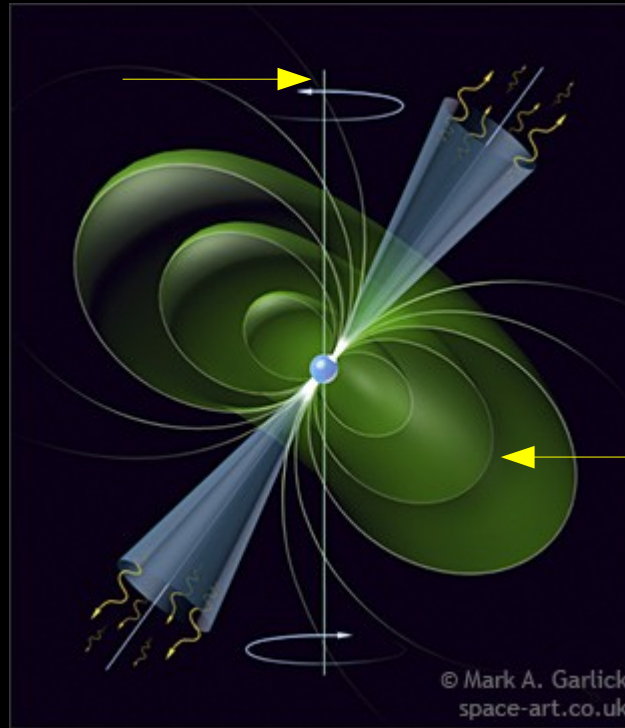
# Nebel

- Emissionsnebel: sie leuchten durch das Licht heißer Sterne angeregt (Orionnebel M 42)
- Reflexionsnebel: reflektieren Licht von Sternen (Plejaden M 45)
- „Planetarische“ Nebel: sie leuchten durch abgestoßenen Gashüllen eines heißen Sterns (Ringnebel M 57 in der Leier)
- Supernovaüberreste: sie leuchten wegen Gashüllen, die in der Supernova eines Sterns fortgeschleudert wurden (Krebsnebel M 1)
- Dunkelwolken (Dunkelnebel): absorbieren Licht von dahinterliegenden Objekten (Pferdekopfnebel B 33)
- Außergalaktische Nebel: sind Galaxien (Andromedanebel M31: etwa so groß wie unsere Galaxie und 2,3 Millionen Lichtjahre entfernt)

# Pulsare

- schnell rotierender Neutronenstern
- Entstehung: - in einer Supernova
  - Radius ca. 10 km
- die Symmetrieachse seines Magnetfeldes weicht von der Rotationsachse ab
- Er sendet Synchrotronstrahlung entlang der Dipolachse aus
- strahlen im Radiofrequenz- oder manchmal auch im Röntgenbereich
- Lebensdauer: ca. 10 Millionen Jahre
- Millisekunden-Pulsare: - 5 % aller Pulsare
  - schnellere Umlaufzeiten

Rotationsachse



Magnetfeld

Radiostrahlung eines Pulsars

Radioteleskop





CRAB

PSR B1509-58

VELA

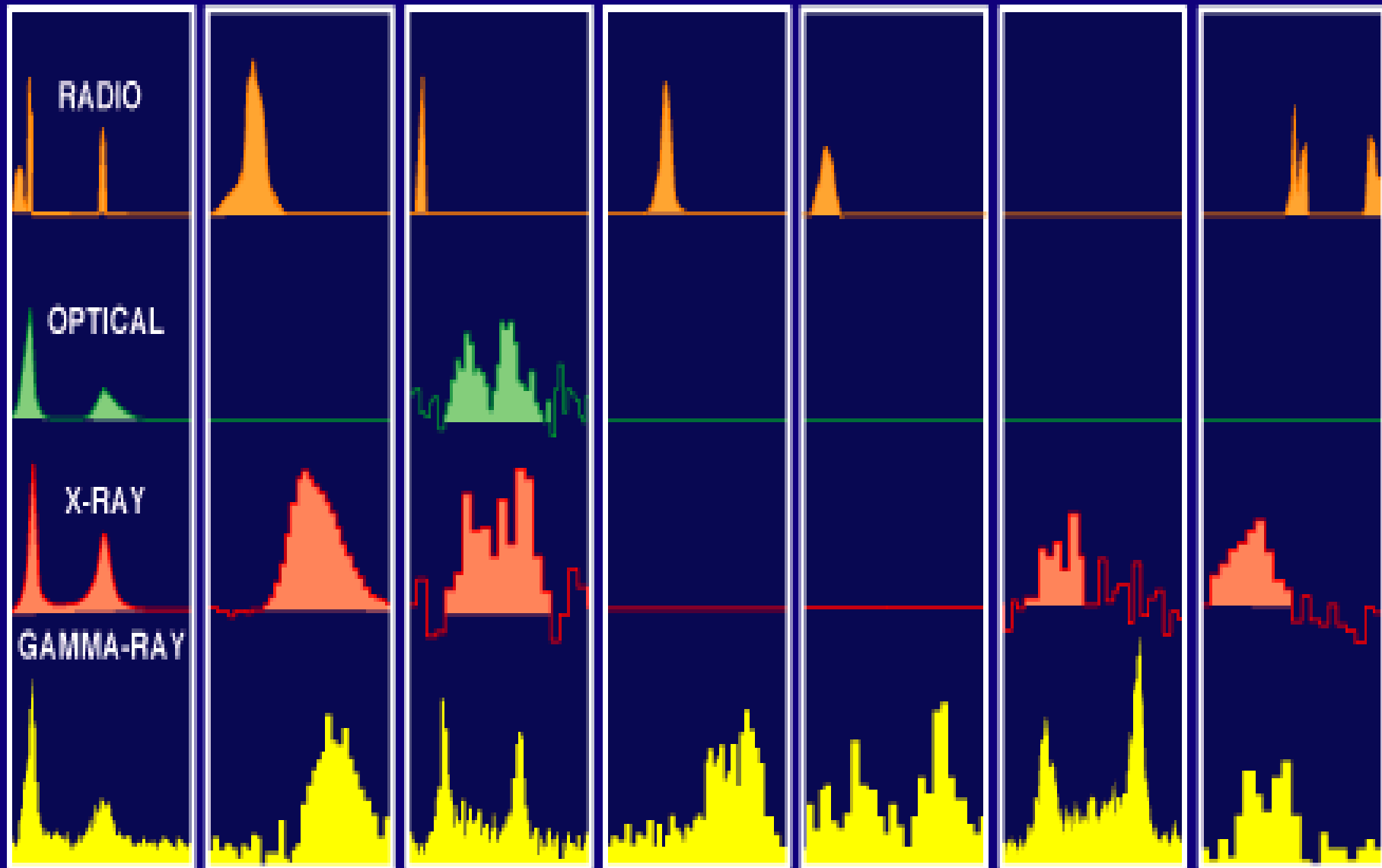
PSR B1706-44

PSR B1951+32

GEMINGA

PSR B1055-52

INTENSITY AS A FUNCTION OF TIME



P ~ 33 mSEC

P ~ 150 mSEC

P ~ 89 mSEC

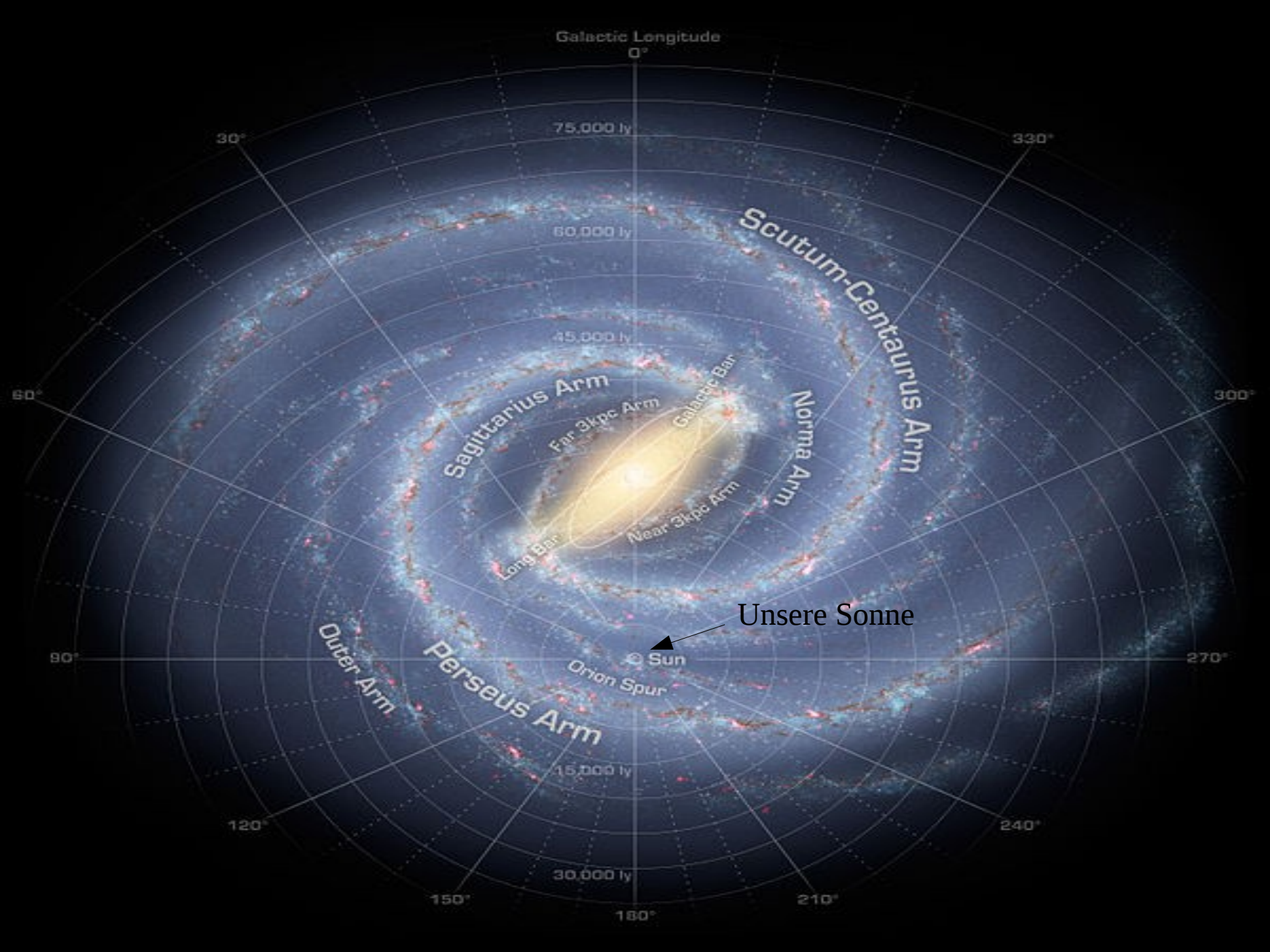
P ~ 102 mSEC

P ~ 39 mSEC

P ~ 237 mSEC

P ~ 197 mSEC

TIME IN FRACTIONS OF A PULSE PERIOD



Lokale Gruppe

# Lokale Gruppe

Leo II    Leo I

Unsere Milchstraße

Große Magellansche Wolke    Kleine Magellansche Wolke

NGC 147    NGC 185    M 32

NGC 6822    Fornax

M 31 (Andromeda-Nebel)

M 33

# Die lokale Gruppe

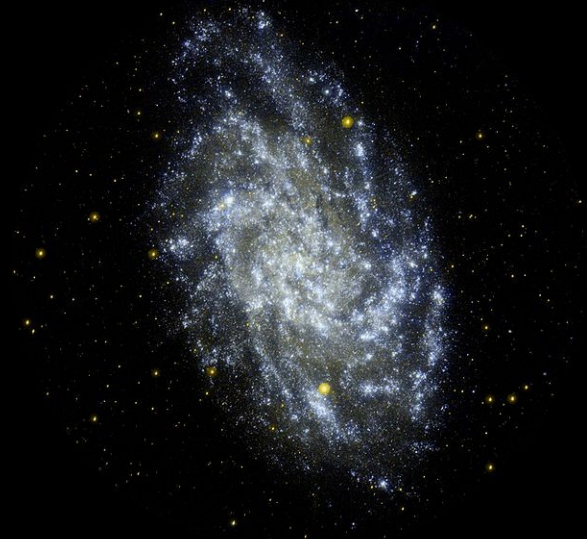
- Hauptgalaxien: Milchstraße und Andromeda-Galaxie (95 %)
- Gravitation zwischen den Galaxien
- Ausbreitung: alle Galaxien zwischen 5 und 7 Millionen Lichtjahren zählen dazu
- Milchstraße und Andromeda-Galaxie besitzen Nebengalaxien  
→ ca. 40 Zwerggalaxien
- Bestandteil des Virgo-Superhaufens



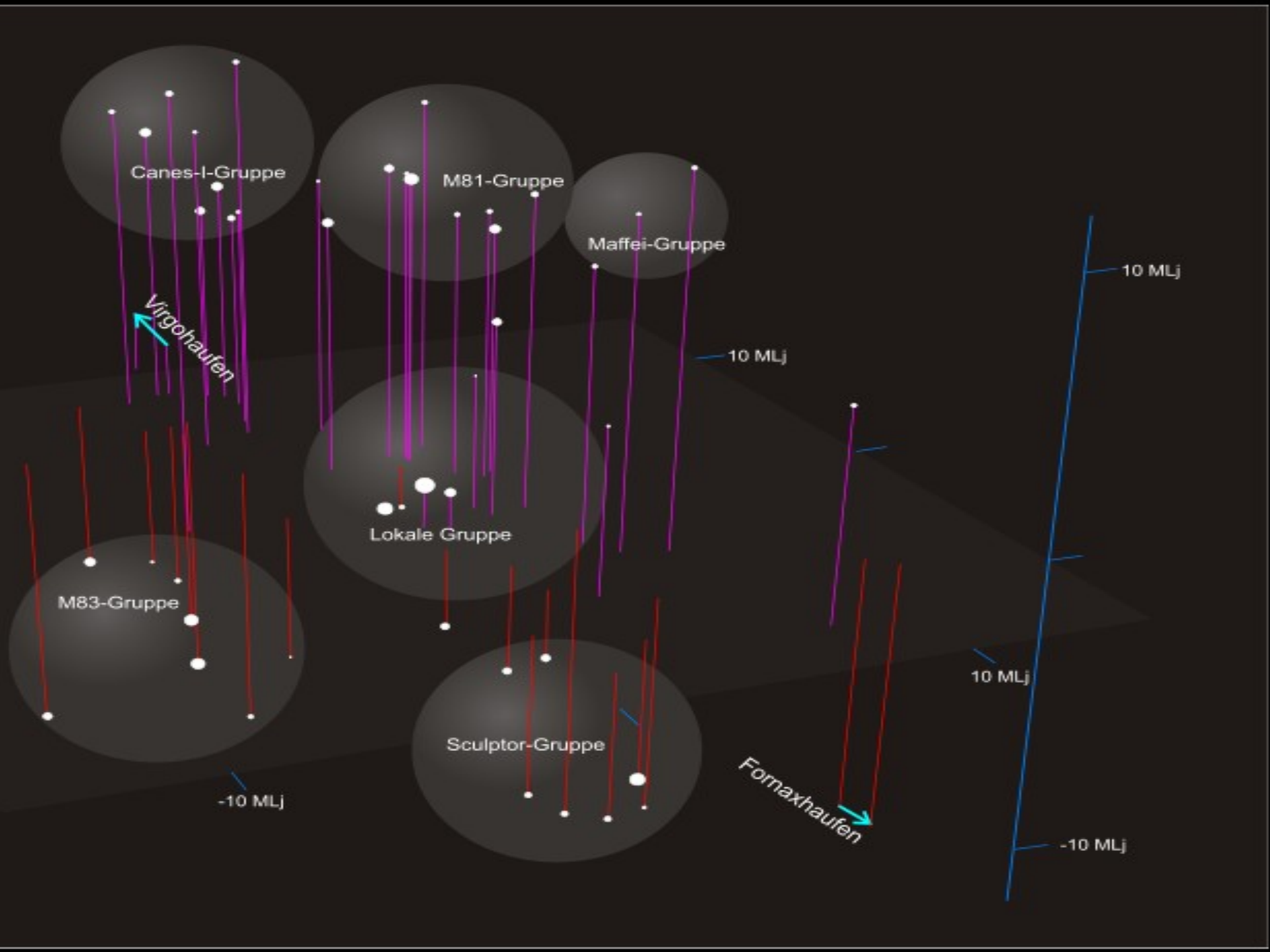
Andromeda-  
Galaxie: mit der  
Milchstraße die  
größte Galaxie in  
der lokalen Gruppe



Unsere Galaxie:  
Die Milchstraße  
(künstlerische  
Darstellung)



Dreiecksnebel (M 33): drittgrößte  
Galaxie in der lokalen Gruppe



# Virgo-Superhaufen



# Weitere Superhaufen im All

- Virgo Superhaufen
- Centaurus Superhaufen
- Perseus-Pisces Superhaufen
- Pavo-Indus Superhaufen
- Coma Superhaufen
- Sculptor Superhaufen
- Hercules Superhaufen
- Leo Superhaufen
- Shapley Superhaufen
- Pisces-Cetus Superhaufen
- Bootes Superhaufen
- Horologium Superhaufen
- Corona Borealis Superhaufen
- Sloan Great Wall



# Die Erde im Universum

1. Erde: 1 von 8 Planeten im Sonnensystem
2. Sonnensystem: 1 von 200 Mrd. Sternen in der Milchstraße
3. Milchstraße: 1 von 2 großen Galaxien in der lokalen Gruppe
4. Lokale Gruppe: 1 von 100 Galaxienhaufen im Virgo-Superhaufen

THE UNIVERSE

THE LOCAL SUPERCLUSTER

THE LOCAL GROUP

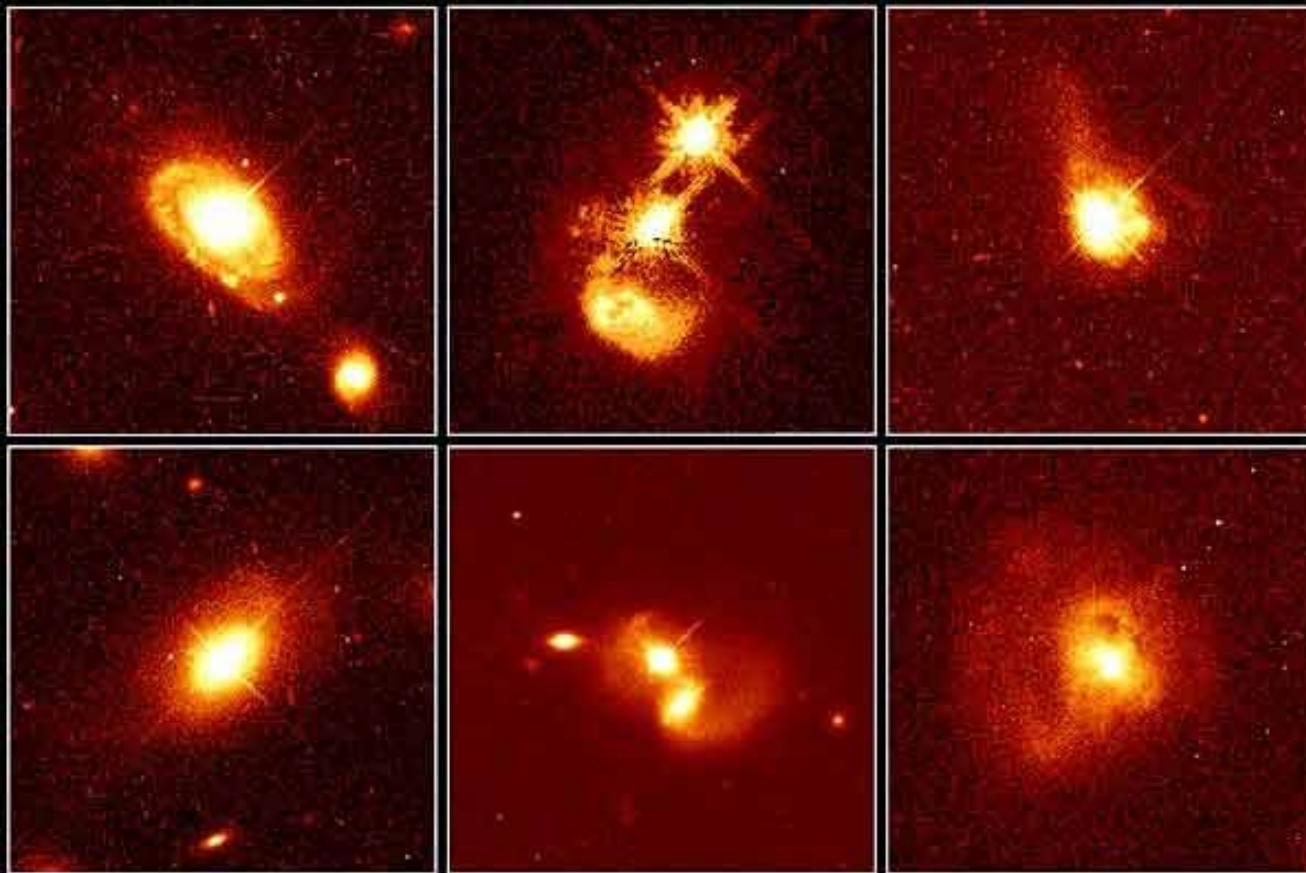
THE MILKY WAY GALAXY

EARTH

THE SOLAR SYSTEM



# Quasare – Der Kern einer Galaxie



**Quasar Host Galaxies**

**HST • WFPC2**

PRC96-35a • ST ScI OPO • November 19, 1996

J. Bahcall (Institute for Advanced Study), M. Disney (University of Wales) and NASA

Verschiedene Sichtweisen auf einen Quasar

# Quasare

- sind Galaxien mit supermassereichen schwarzen Löchern im Zentrum
- Akkretionsscheibe bildet sich um das schwarze Loch (Materie heizt sich auf und strahlt)
- Materie der Akkretionsscheibe fällt in das schwarze Loch
- diese Akkretionsscheibe leuchtet bis zu 1 000- mal heller als die gesamte Galaxie
- Akkretionsscheibengröße: ca. wie unser Sonnensystem: 12 Mrd. km

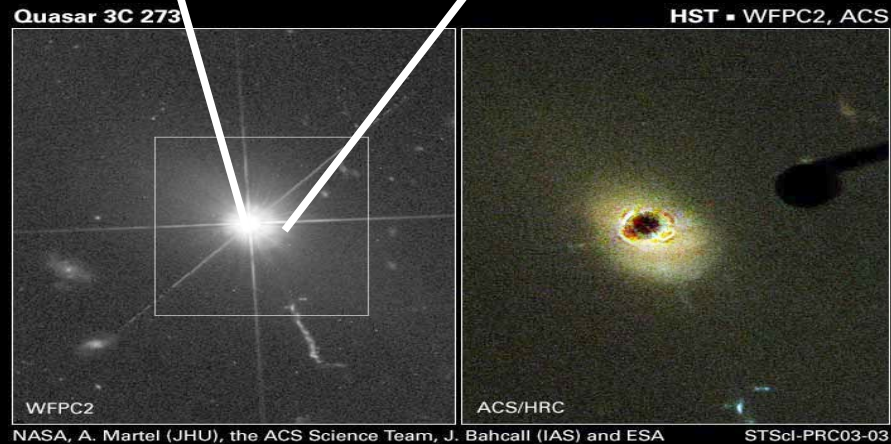
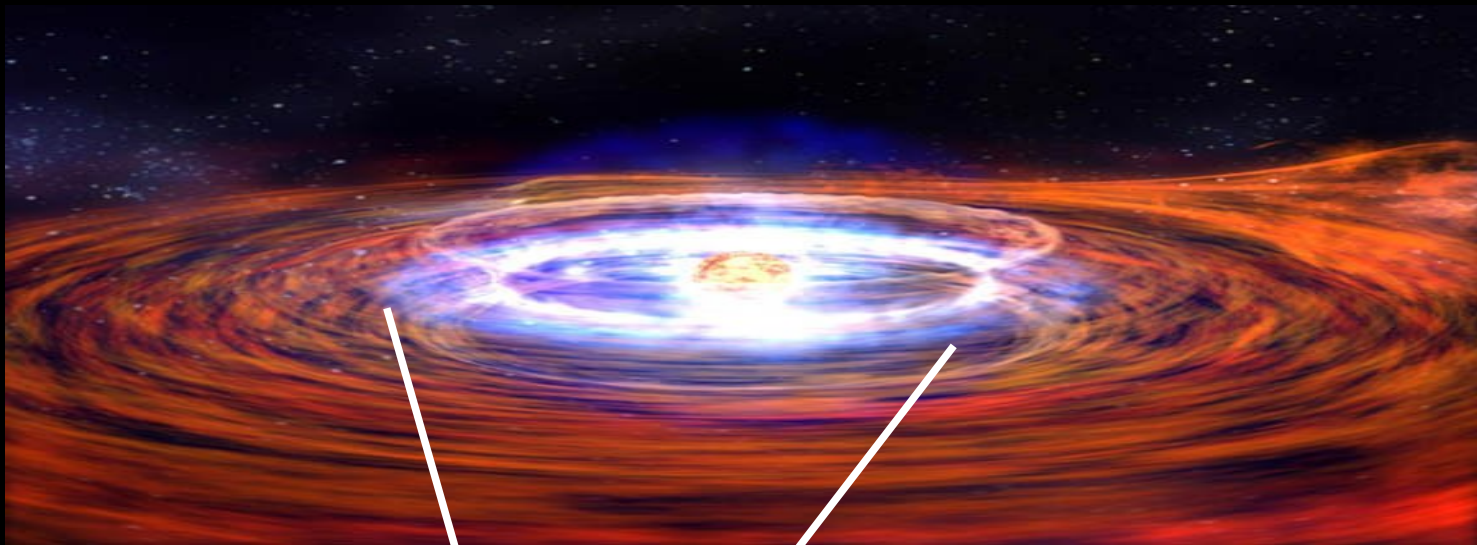


Bild oben: Akkretionsscheibe

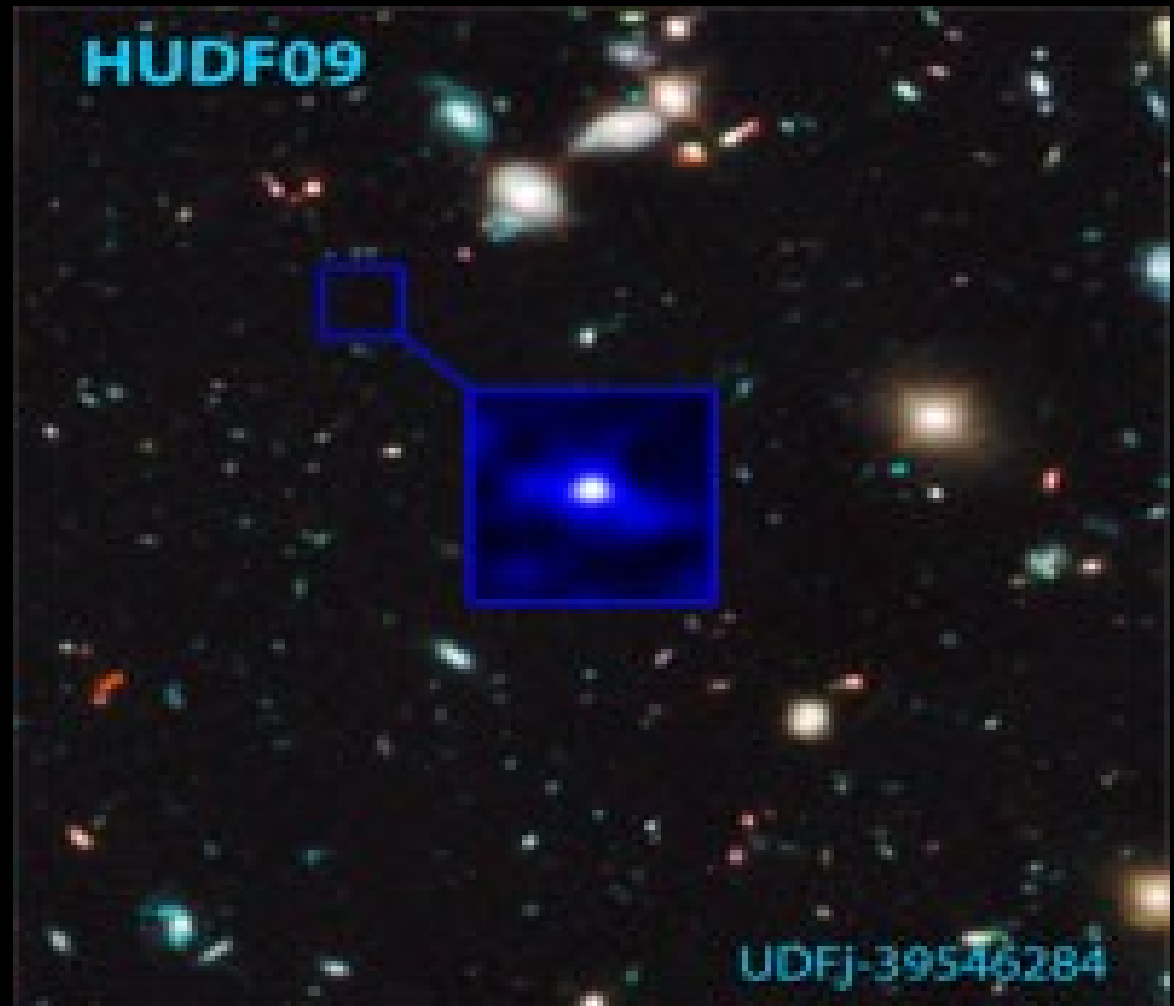
Bild unten links: Blick auf den Quasar

Man sieht nur die Akkretionsscheibe.

Bild unten rechts: Blick auf den Quasar mit abgedeckter Akkretionsscheibe

Nun sieht man auch die Galaxie.

Die von uns aus  
entfernteste Galaxie ist  
13,2 Milliarden Lichtjahre  
entfernt. Damit handelt es  
sich um das älteste  
bekannte Sternsystem.



Hubble Teleskop

# Ende der Reise durch das Universum

