

# Einfuehrung in die Astron. & Astrophysik I

Wintersemester 2013/2014: Henrik Beuther & Christian Fendt

## **17.10 Einfuehrung: Ueberblick und Geschichte (H.B.)**

24.10 Grundlagen: Koordinatensys., Sternpositionen, Erde/Mond (C.F.)

31.10 Grundlagen: Teleskope und Instrumentierung (H.B.)

07.11 Grundlagen: Strahlung, Strahlungstransport (C.F.)

14.11 Planetensystem(e) und Keplergesetze (H.B.)

21.11 Sonne & Sterne, Typen, Klassifikationen, HR-Diagramm (C.F.)

28.11 Interstellare Materie: Chemie und Materiekreislauf (H.B.)

05.12 Sternentstehung, Akkretionsscheiben und Jets (H.B.)

12.12 Sternaufbau und Sternentwicklung: Hauptreihe (C.F.)

19.12 Sternaufbau und Sternentwicklung: Endstadien (C.F.)

*26.12 und 02.01 –*

09.01 Mehrfachsysteme und Sternhaufen, Dynamik (C.F.)

14.01 Exoplaneten und Astrobiologie (H.B.)

16.01 Die Milchstrasse (H.B.)

23.01 Zusammenfassung (C.F. & H.B.)

06.02 Pruefung (C.F. & H.B.)



1.1 Logistik und Astronomie in Heidelberg

1.2 Ein kurzer Trip durch die beobachtende Astronomie

1.3 Geschichtlicher Ueberblick

1.4 Vorstellung Astro-Praktikum von Jochen Heidt (LSW)



Literatur:

A. Weigert, H.J. Wendker, L. Wisotzki: Astronomie & Astrophysik

A. Unsoeld, B. Baschek: Der neue Kosmos

H. Karttunen et al.: Fundamental Astronomy

H.-H. Voigt: Abriss der Astronomie

## Uebungen:

- Woechentlich ein Uebungsblatt, 1. Blatt in 2. Woche
- Uebungsgruppen woechentlich, Start 3. Woche,  
5x ab Do 31.10, 1x ab Mo 4.11
- Uebungsleiter: Daniel Bialas, Elena Kozlikin, Anders Thygesen, Christian Baczynski, Qian Qian, Alison Mitchell
- Uebungen duerfen in 2-3er Gruppen abgegeben werden
- Uebungsgruppenverwaltung unter:

<https://uebungen.physik.uni-heidelberg.de/uebungen/admin/liste.php?vid=394>

- Moodle-Adresse fuer Ausgabe der Uebungsblaetter:

<http://elearning2.uni-heidelberg.de/course/view.php?id=3884>

## Pruefungszulassung:

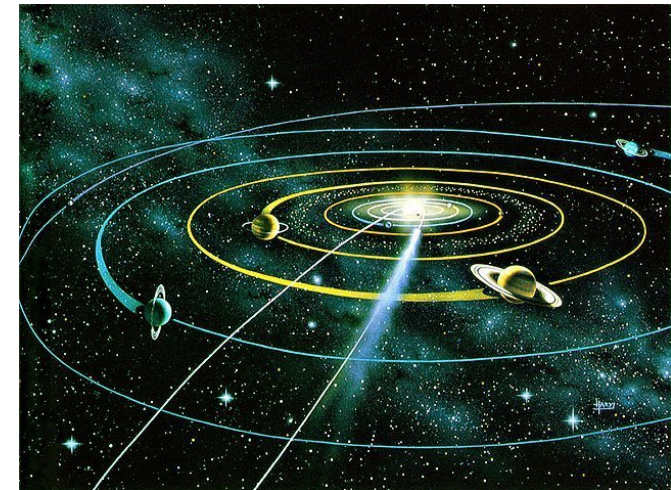
- 50% der Uebungen richtig
- Eine Aufgabe an Tafel vorgerechnet

Pruefung: Klausur am Ende des Semesters

# Einführung in die Astronomie und Astrophysik I

## Ziele:

- > Vermittlung **gesicherter Kenntnisse** über das Universum
- > Diskussion **offener Fragen**



Astronomen **vermessen** das Weltall:

- > **Beobachtung** weit entfernter Objekte unterschiedlichster Art

Astrophysiker **erklären** beobachtete Prozesse:

- > Anwendung gesicherter physikalischer Erkenntnisse (z.B. aus Labor-Experimenten)

# Einführung in die Astronomie und Astrophysik I

Astronomie / Astrophysik als “Angewandte Physik”:

- 1) **Alle Informationen** über die astronomischen Objekte bekommen wir **über das Licht** (elektromagnetische Strahlung) (mit wenigen Ausnahmen: Kernteilchen, Gravitationswellen (?), Missionen im Sonnensystem)
- 2) Astronomische Objekte “funktionieren” nach **physikalischen Gesetzen**

**-> Kenntnis der Physik zum Verständnis der  
Astronomie unabdingbar !!**

“Problem”: Vorlesung ist im 3. Semester:

-> wichtige Physik-Vorlesungen wurden noch nicht besucht

# Einführung in die Astronomie und Astrophysik I

**Aber:** Tiefergehendes Verständnis würde noch mehr physikalische Vorbildung erfordern

## Beispiele:

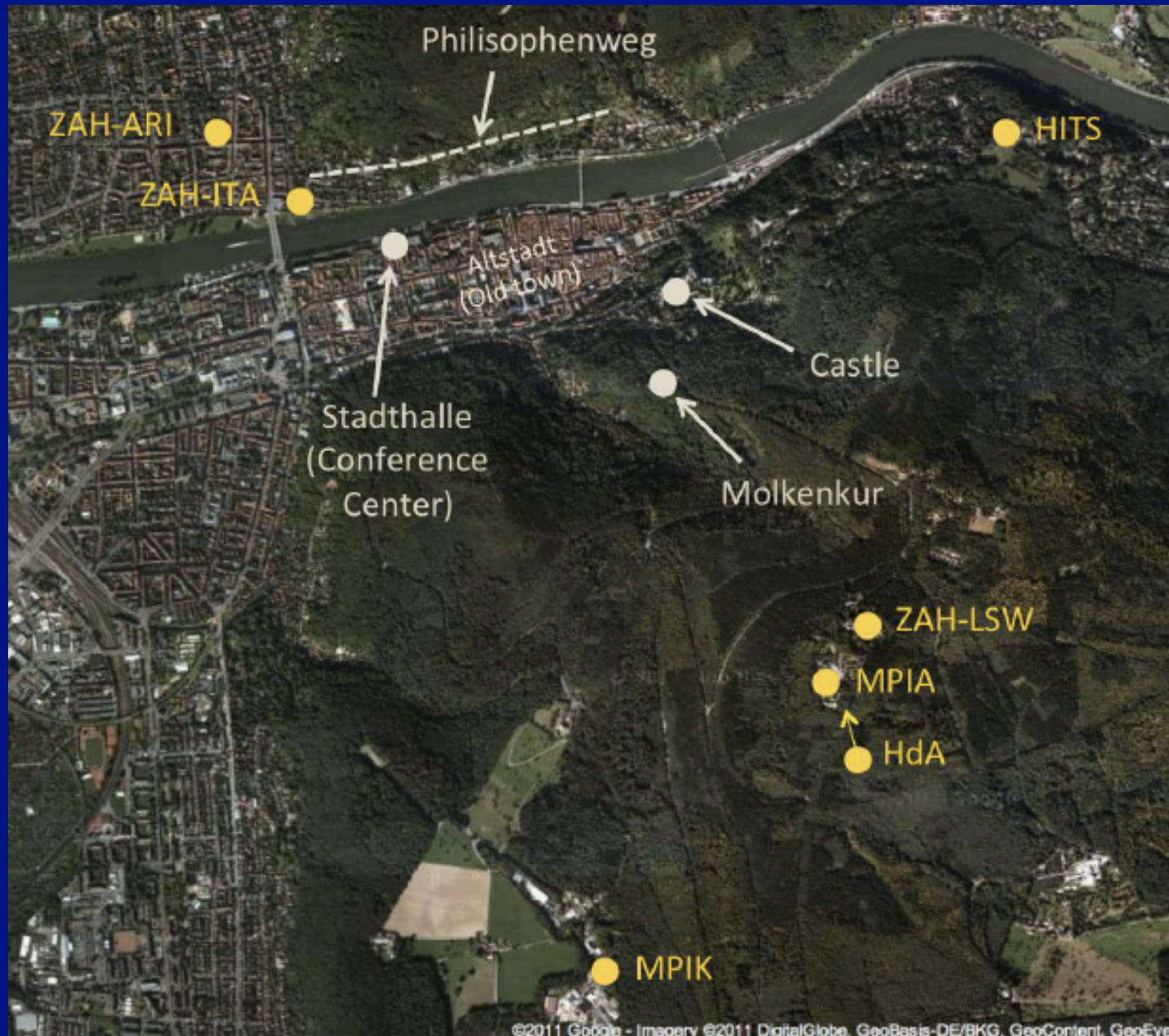
- > **Spektrum:** Planck'sches Strahlungsgesetz, Quantenphysik
- > **Spektrallinien:** Atomphysik, Atommodell, Molekülphysik
- > **Linienverschiebung:** Relativitätstheorie
- > **Weißer Zwerge, Gasplaneten:** Entartung, Quantenstatistik
- > **Schwarze Löcher:** Gravitation, Relativitätstheorie
- > **Leuchtkraft der Sterne:** nukleare Energieerzeugung, Kernphysik

-> Manche astronomische **Phänomene** können hier nur **qualitativ** behandelt werden

## -> **Ziel von Astro I / II:**

- > Interesse wecken für Astronomie / Astrophysik
- > Motivation für Physik-Vorlesungen
- > Motivation für weitere, tiefergehende Astronomie-Vorlesungen

# Astronomie in Heidelberg





# Max-Planck-Institut fuer Astronomie



Forschungsgebiete: - Stern- und Planetenentstehung  
- Extragalaktische Forschung

Ungefuehr 290 Mitarbeiter, davon 190 Wissenschaftler (60 Doktoranden)

C. Fendt: Theoretische/numerische Modellierung von Jets (protostellare und  
extragalaktische)

H. Beuther: Beobachtende Studien: massereiche Sternentstehung,  
interstellare Medium

# Teilbereiche der Astronomie

## Technische Unterschiede:

- Verschiedenen Wellenlaengengebiete bestimmen unterschiedliche Methoden.
- Von der klassischen optischen Astronomie ueber das Nah/Ferninfrarot bis cm und m Radioastronomie.
- Auf der anderen Seite, hochenergetische UV, Roentgen und Gammastrahlenastronomie

## Themen: - Stellare Astronomie, Typen, Sternstruktur

- Sternentstehung
- Supernovae
- Astrochemie bis Astrobiologie
- Unsere Milchstrasse
- Nahe Galaxien
- Strukturbildung im Universum
- Kosmologie
- ...



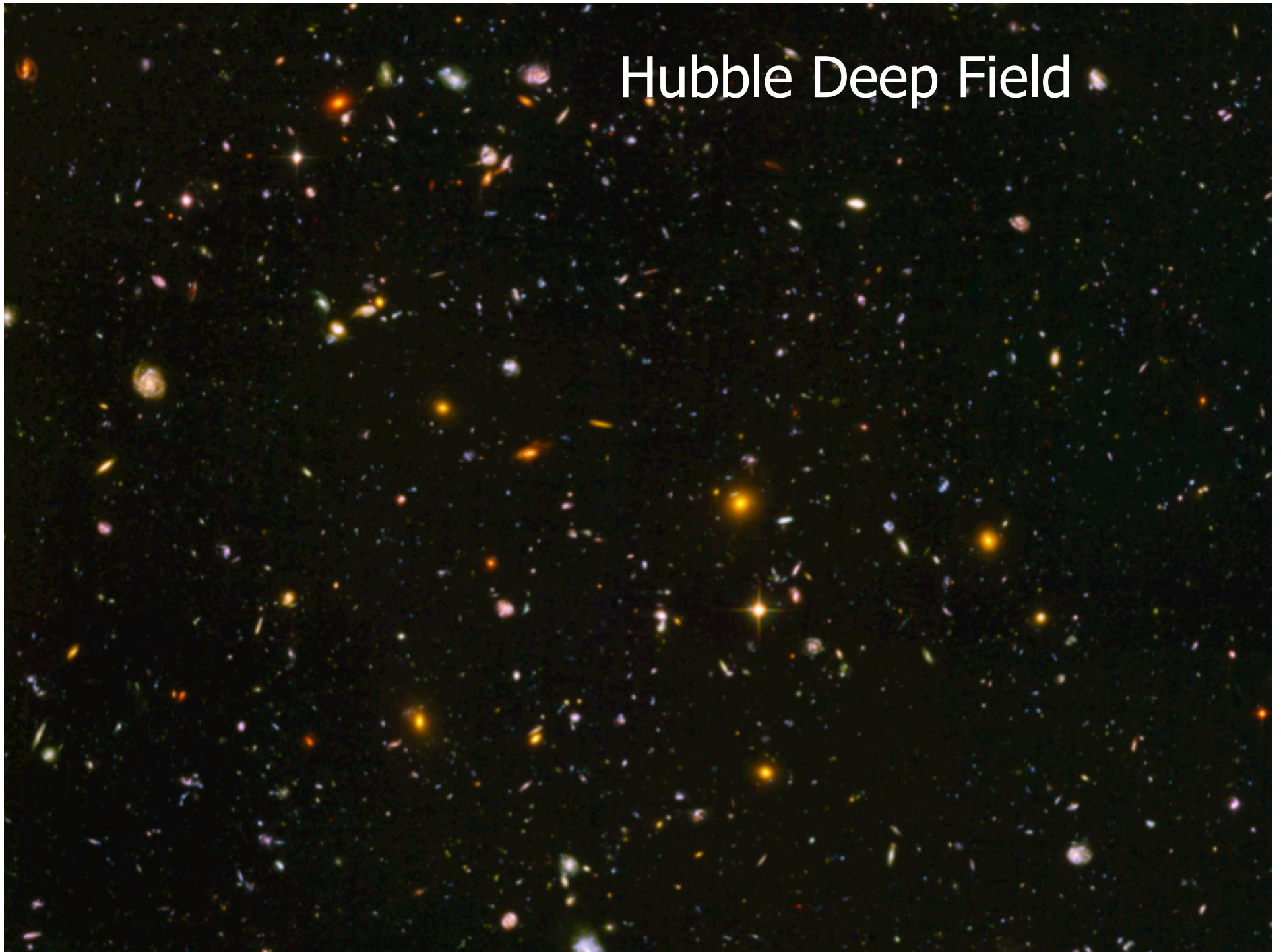
1.1 Logistik und Astronomie in Heidelberg

1.2 Ein kurzer Trip durch die beobachtende Astronomie

1.3 Geschichtlicher Ueberblick

1.4 Vorstellung Astro-Praktikum von Jochen Heidt (LSW)

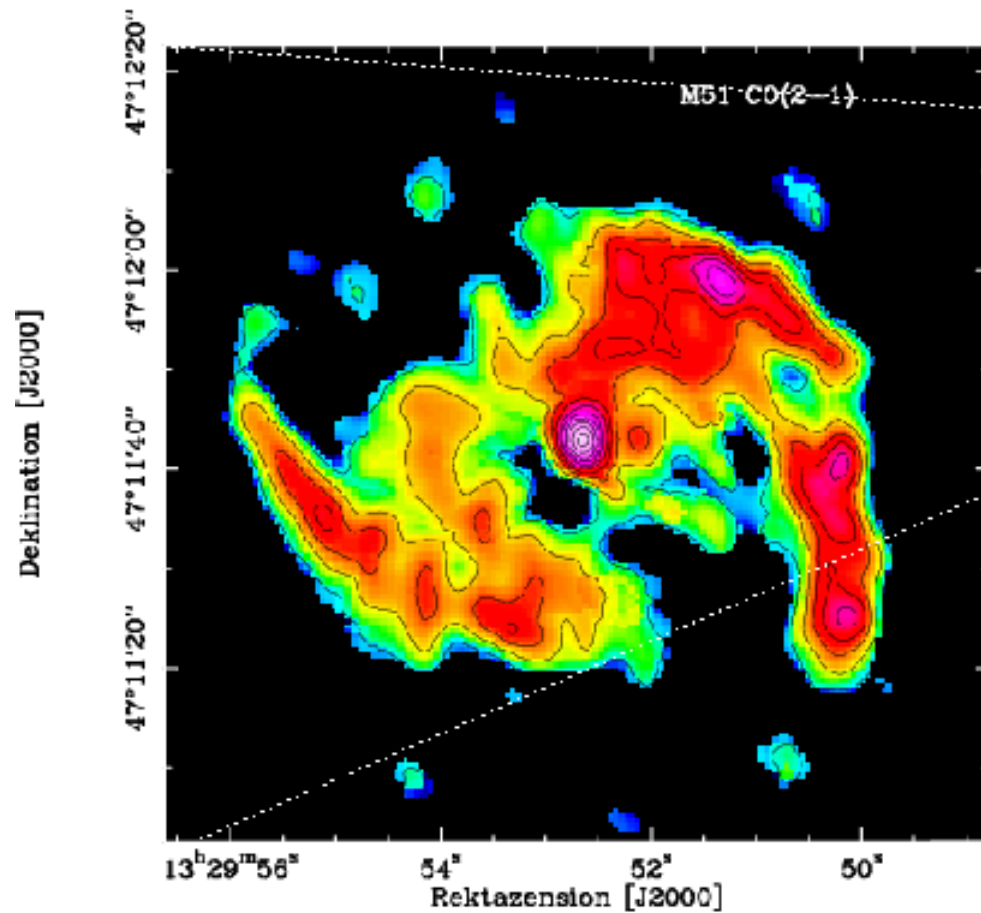
# Hubble Deep Field



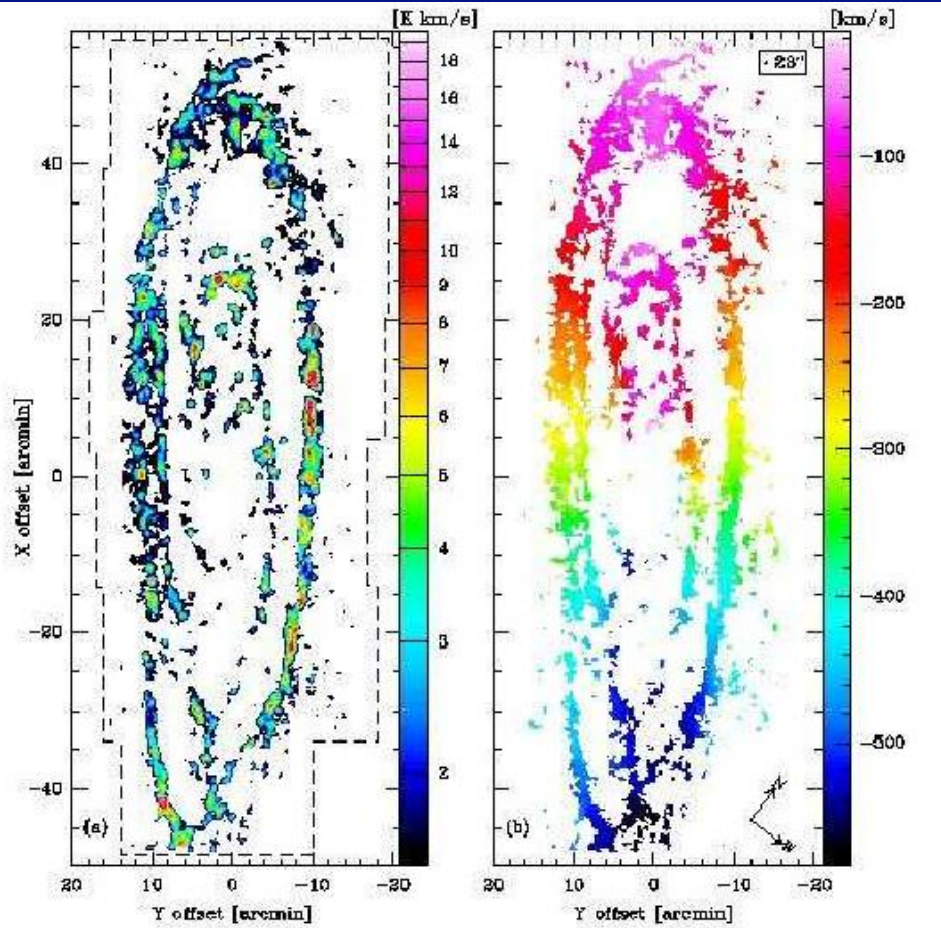
# Stephans Quintet



# M51: Die Whirlpool Galaxie



# Andromeda



CO(2-1)

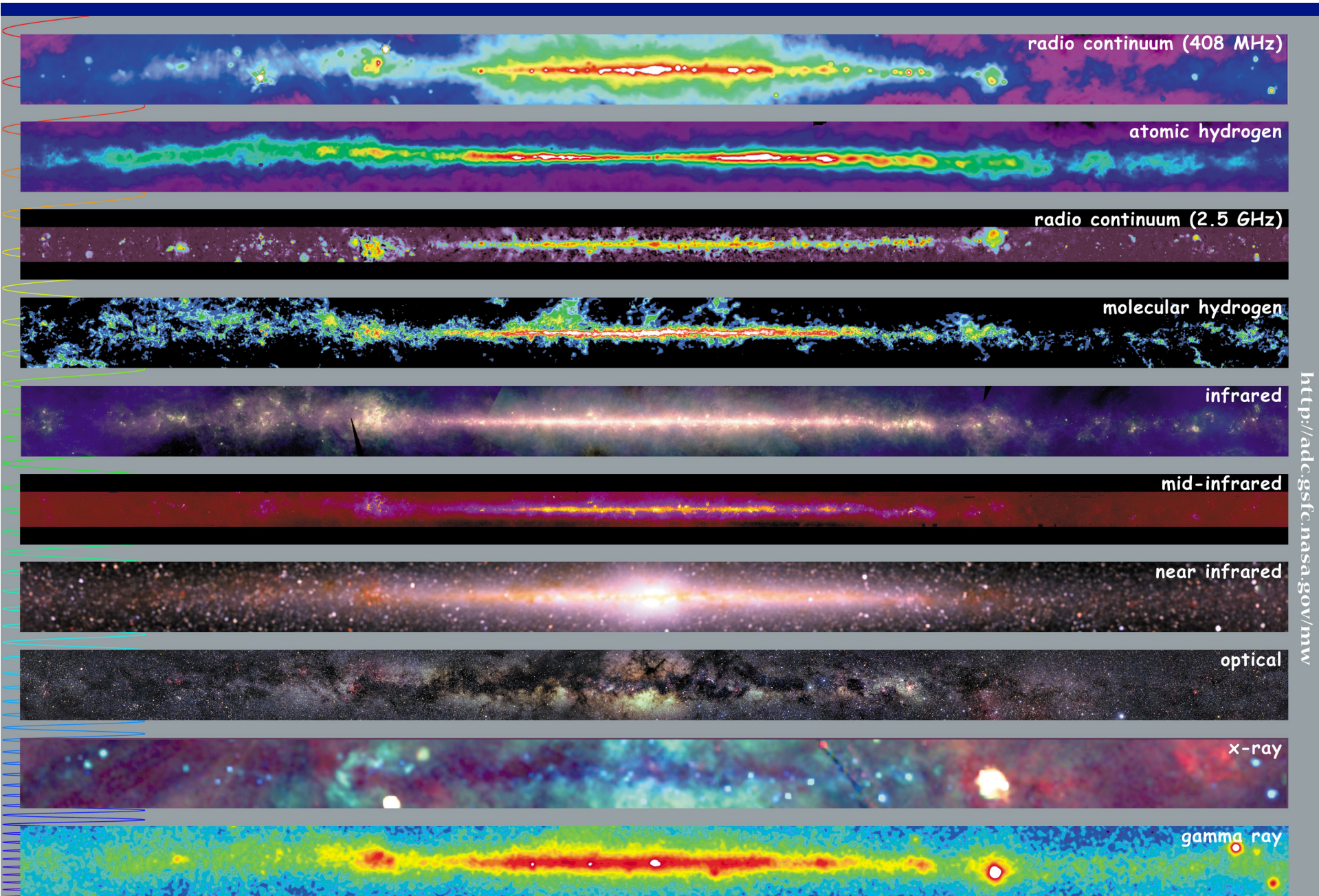


Optical

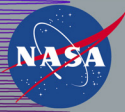
# Unsere Milchstrasse





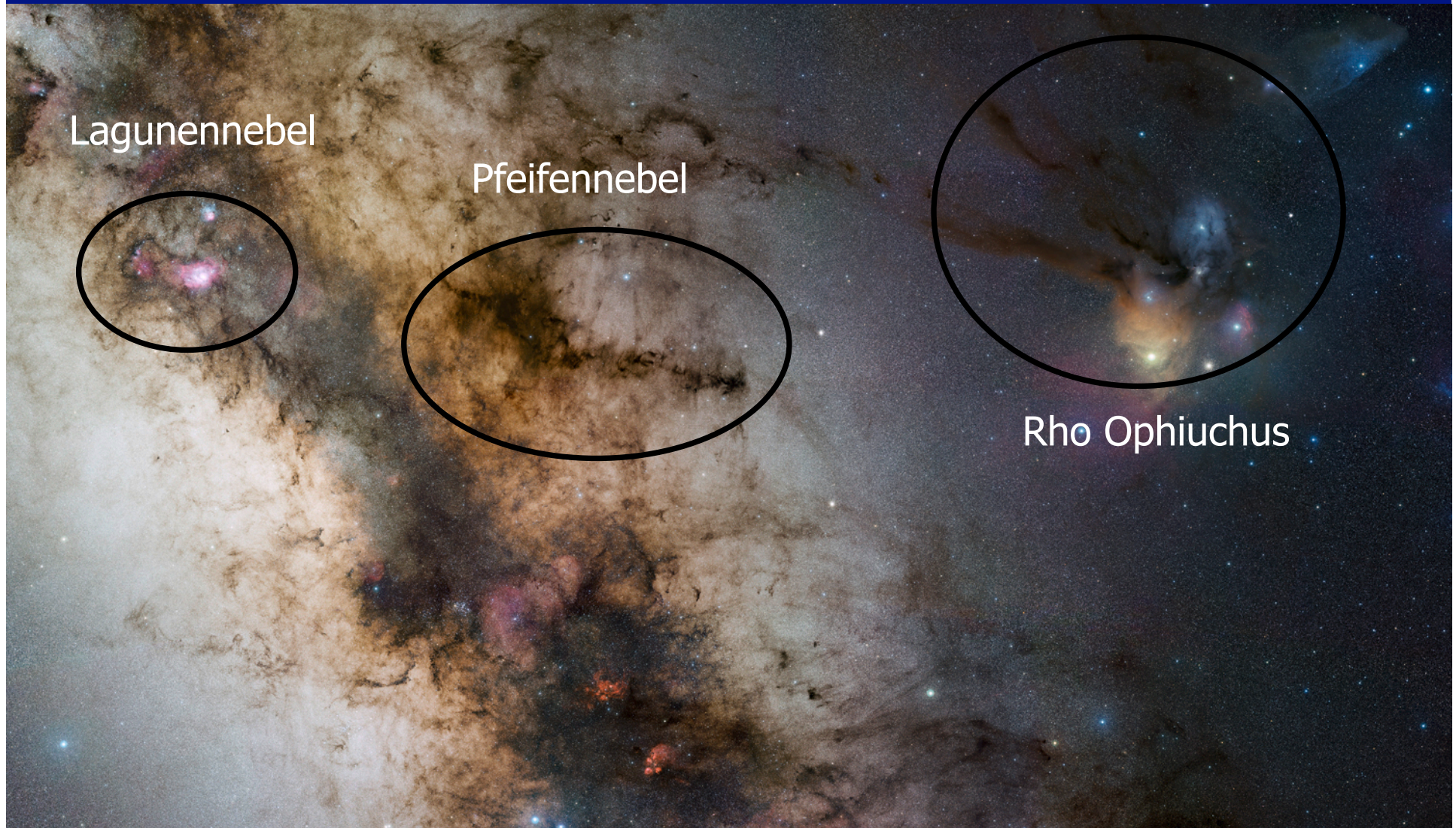


<http://adc.gsfc.nasa.gov/mw>



# Multiwavelength Milky Way

# Das Galaktische Zentrum



# Der Lagunennebel

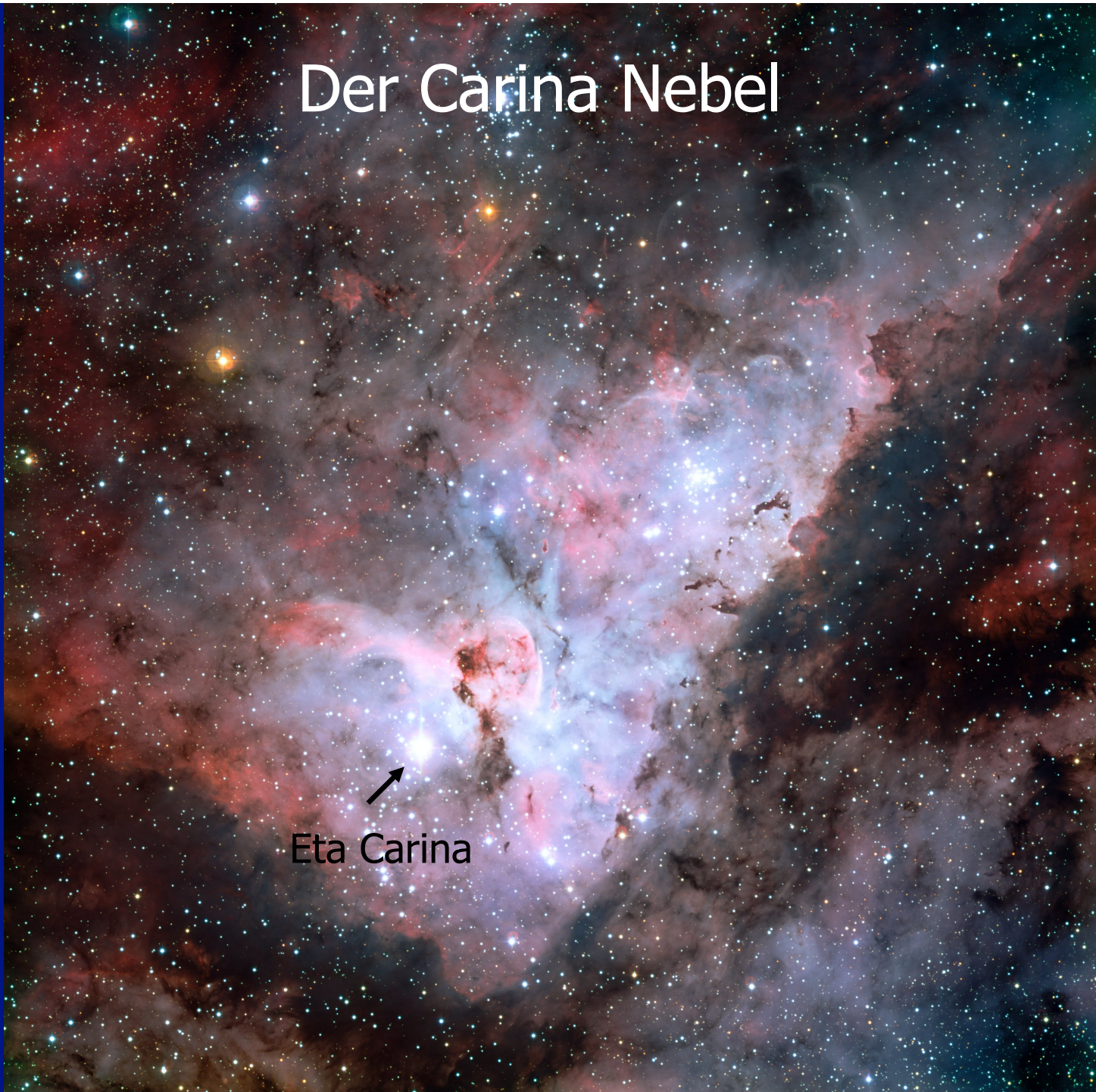


# Der Pferdekopfnebel im Orion

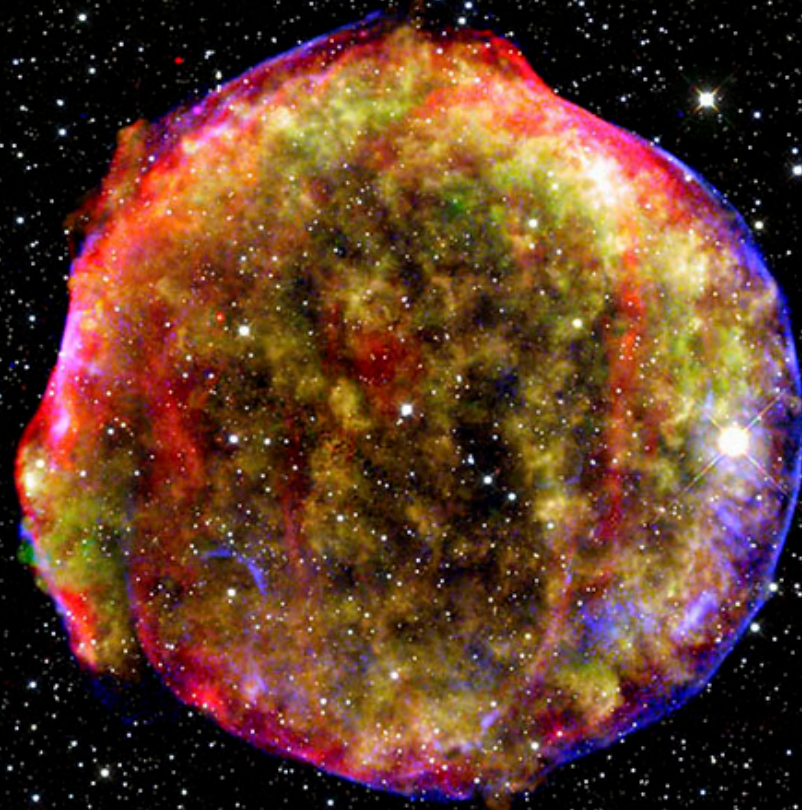


# Der Carina Nebel

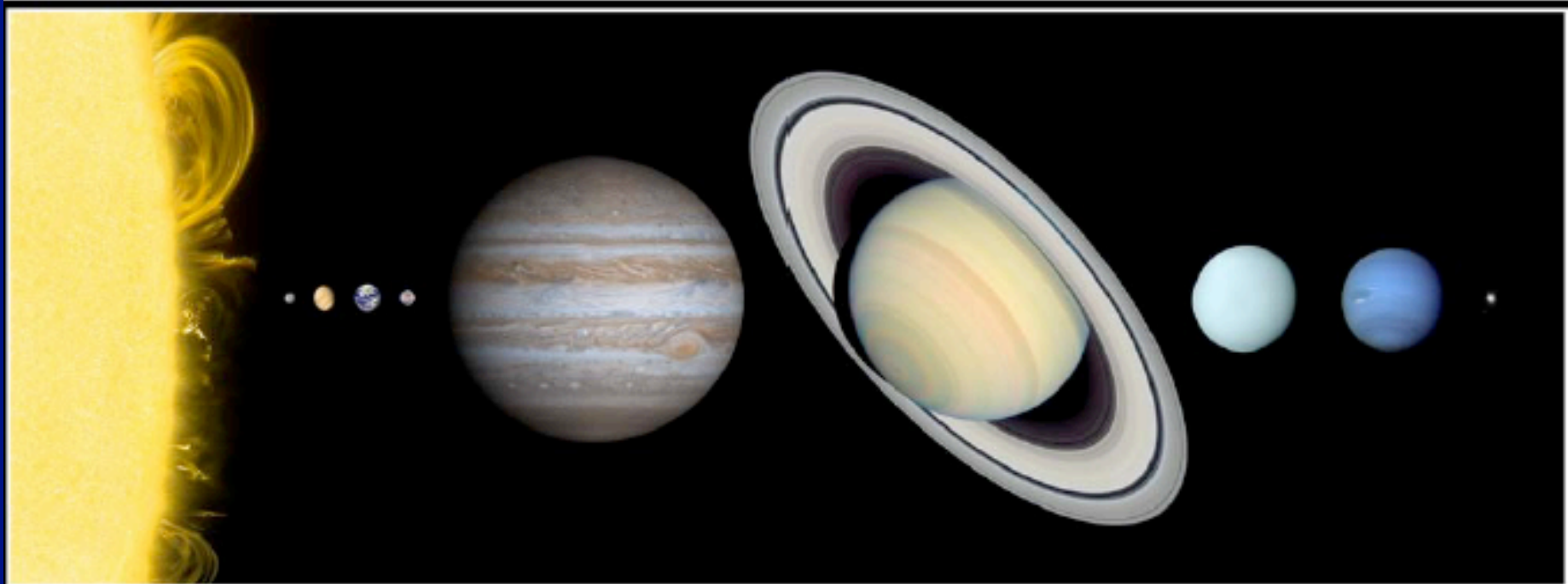
↖  
Eta Carina



# Tycho Brahes Supernova



# Heute nur noch 8 Planeten



The Sun and Nine Planets

Copyright © Calvin J. Hamilton

Merkur: Mariner 10



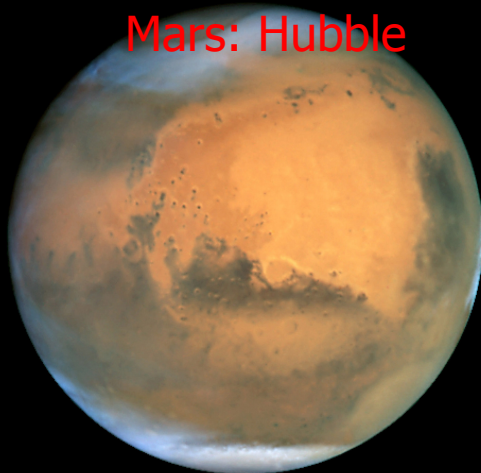
Venus: Mariner 10



Erde: Apollo 17



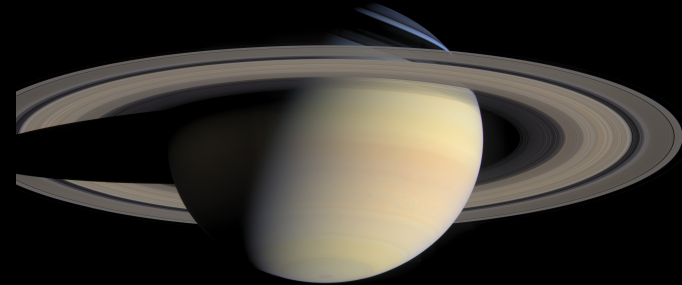
Mars: Hubble



Jupiter: Cassini



Saturn: Cassini



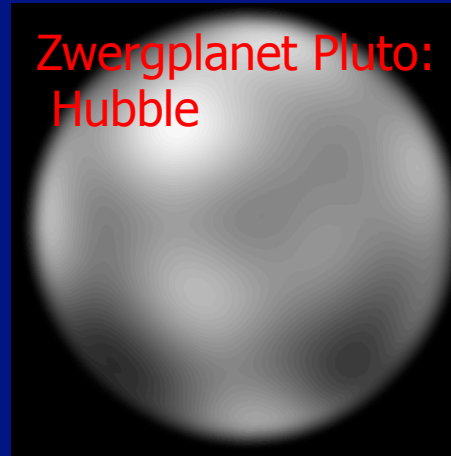
Uranus: Voyager 2



Neptun: Hubble



Zwergplanet Pluto:  
Hubble







1.1 Logistik und Astronomie in Heidelberg

1.2 Ein kurzer Trip durch die beobachtende Astronomie

1.3 Geschichtlicher Ueberblick

1.4 Vorstellung Astro-Praktikum von Jochen Heidt (LSW)

# Weltbild im Wandel der Zeit

Die meisten Kulturen und Epochen haben unterschiedliche Weltbilder entwickelt



# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr.** mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.
- Die **Inder und Babylonier** berechneten 2000 v.Chr. die wichtigsten Himmelserscheinungen.
- Die **Griechen** entwickelten im 5. Jahrhundert v.Chr. die Astronomie zur Wissenschaft. Ptolemäus faßte 130 n.Chr. das astronomische Wissen des Altertums zum **geozentrischen Weltbild** zusammen. Dieses Weltbild hat im Abendland bis ins 15. Jahrhundert Gültigkeit!
- **Nikolaus Kopernikus** (1473-1545) entwickelt im 16. Jahrhundert das heliozentrische Weltbild.
- **Tycho Brahe** (1571-1630), **Johannes Kepler** und **Galileo Galilei** (1564-1642) belegen mit ihren Forschungen dieses Weltbild.
- **Isaac Newton** (1643-1727) liefert mit seiner Theorie der Gravitation die himmels-mechanische Begründung für die Bewegung der Gestirne. Bis in das 17. Jahrhundert war fast ausschließlich das Sonnensystem Gegenstand der Astronomie.
- Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts kennt man das System der Fixsterne, das **Milchstraßensystem** (F. Wilhelm Herschel (1738-1822)).
- Im 20. Jahrhundert ist man in der astronomischen Forschung, mit Hilfe der Raumfahrt, bis zu den **Grenzen des Weltalls** vorgestoßen.

# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr.** mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.



Sonnenobservatorium von Gossek  
Jungsteinzeitliche Kreisgrabenanlage, 4800 v. Chr.

# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr.** mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.



# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr. mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.**



Scheibe von Nebra

Material:

Bronze & Gold

Zeit: 2100-1700v.Chr.

Vergraben:

1600 v. Chr.

Vollmond,  
zunehmender Mond,  
Plejaden,  
Horizontboegen,  
Sonnenbarke

# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr.** mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.
- Die **Inder und Babylonier** berechneten 2000 v.Chr. die wichtigsten Himmelserscheinungen.
- Die **Griechen** entwickelten im 5. Jahrhundert v.Chr. die **Astronomie zur Wissenschaft**. Ptolemäus faßte 130 n.Chr. das astronomische Wissen des Altertums zum **geozentrischen Weltbild** zusammen. Dieses Weltbild hat im Abendland bis ins 15. Jahrhundert Gültigkeit!

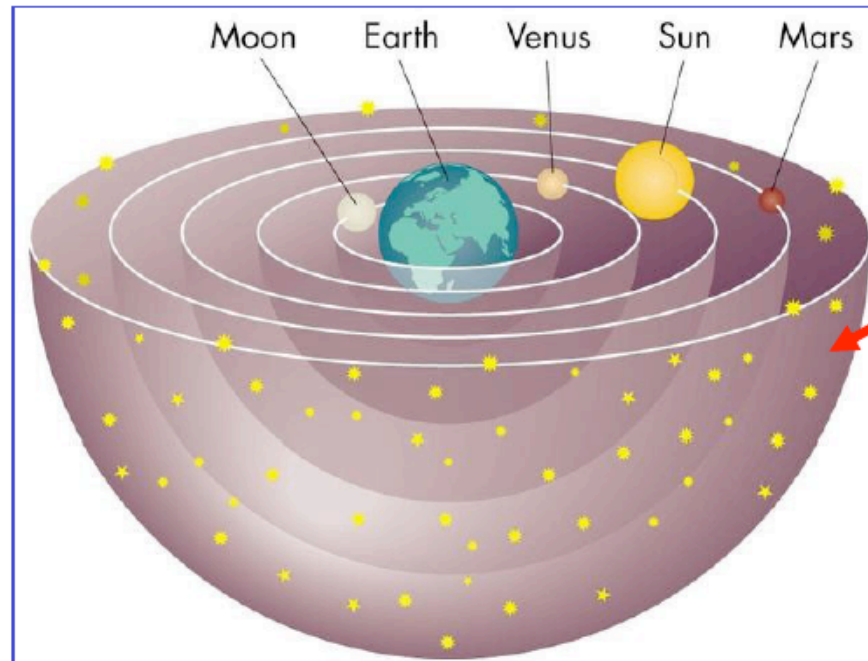


## Geozentrisches Weltbild:

Kugelförmige Erde im Zentrum des Universums. Alle übrigen Himmelskörper umkreisen diese auf konzentrischen Sphären. Die äusserste Sphäre wird von Fixsternen belegt.

# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr.** mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.
- Die **Inder und Babylonier** berechneten 2000 v.Chr. die wichtigsten Himmelserscheinungen.
- Die **Griechen** entwickelten im 5. Jahrhundert v.Chr. die **Astronomie zur Wissenschaft**. Ptolemäus faßte 130 n.Chr. das astronomische



Fixstern-Sphäre ist noch heute in Gebrauch

...“the natural motion of the Earth ...is towards the center of the universe; that is the reason it is now lying at the center.”

Aristotle, On the Heavens

Dieses

t das

tion die  
rne. Bis  
m

22)).

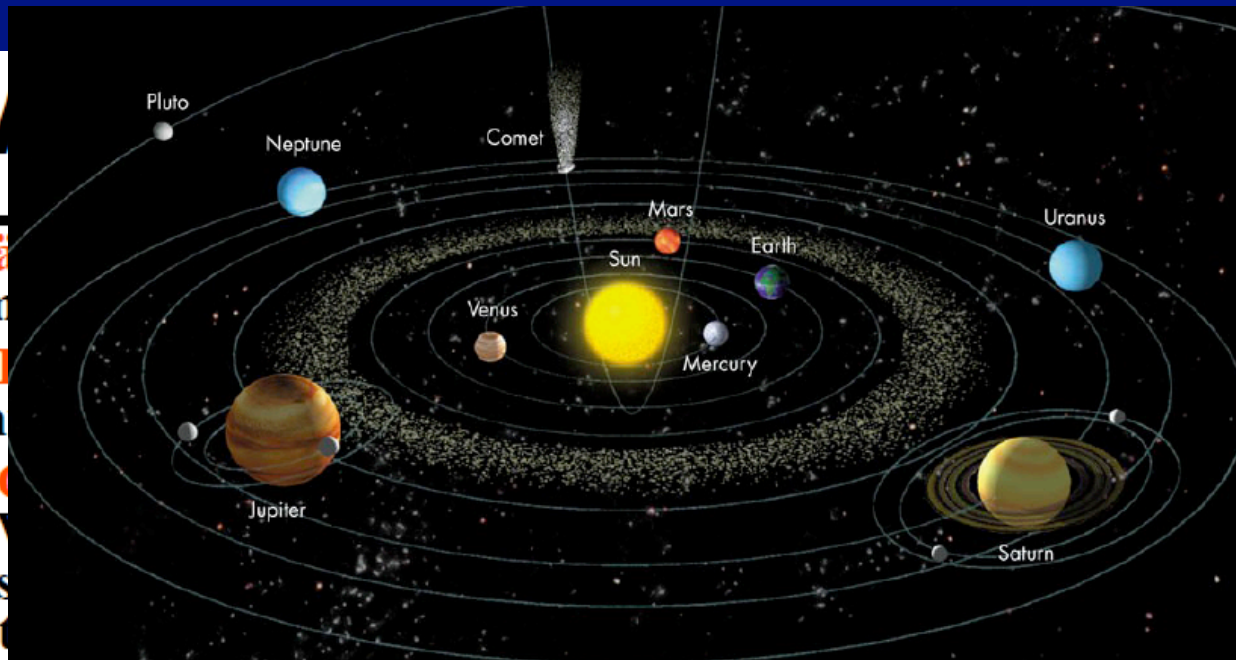
mit  
ben.



V

Zeit

- **Anfänge**
- **Kometen**
- **Die Planeten**
- **Himmelskörper**
- **Die Sonne**
- **zur Wissenschaft**
- **Weltbild**



ungen von  
 tigsten  
 ronomie  
 ische  
 nen. Dieses  
 Zeit!

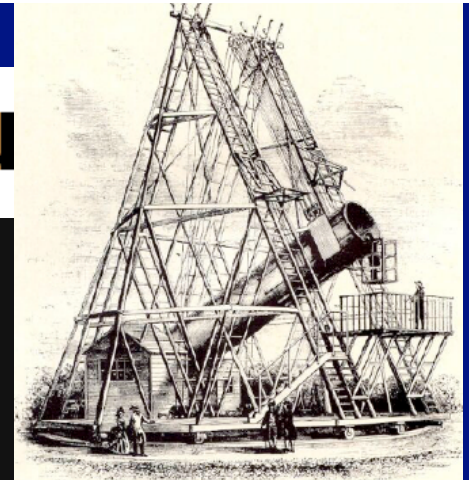
- **Nikolaus Kopernikus (1473-1545) entwickelt im 16. Jahrhundert das heliozentrische Weltbild.**
- **Tycho Brahe (1571-1630), Johannes Kepler und Galileo Galilei (1564-1642) belegen mit ihren Forschungen dieses Weltbild.**

Heliozentrisches Weltbild:  
 Planeten bewegen sich um die Sonne. Erste Ideen davon in einigen vedischen Sanskrittexten. In Europa erst durch Kopernikus etabliert.

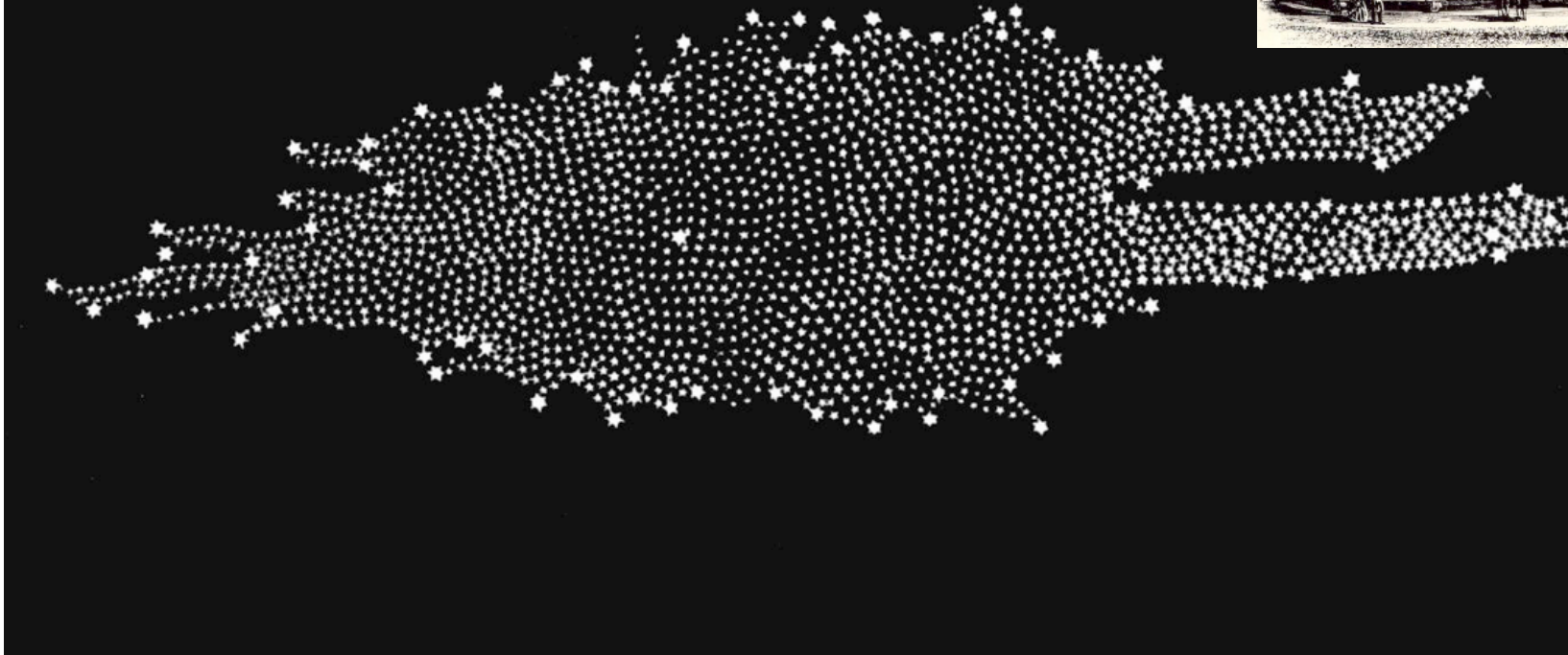
# Von der Antike zur Neuzeit

- **Anfänge in China im 3. Jahrtausend v.Chr.** mit Beobachtungen von Kometen und Sonnenfinsternis.
- Die **Inder und Babylonier** berechneten 2000 v.Chr. die wichtigsten Himmelserscheinungen.
- Die **Griechen** entwickelten im 5. Jahrhundert v.Chr. die Astronomie zur Wissenschaft. Ptolemäus faßte 130 n.Chr. das astronomische Wissen des Altertums zum **geozentrischen Weltbild** zusammen. Dieses Weltbild hat im Abendland bis ins 15. Jahrhundert Gültigkeit!
- **Nikolaus Kopernikus** (1473-1545) entwickelt im 16. Jahrhundert das heliozentrische Weltbild.
- **Tycho Brahe** (1571-1630), **Johannes Kepler** und **Galileo Galilei** (1564-1642) belegen mit ihren Forschungen dieses Weltbild.
- **Isaac Newton** (1643-1727) liefert mit seiner Theorie der Gravitation die himmels-mechanische Begründung für die Bewegung der Gestirne. Bis in das 17. Jahrhundert war fast ausschließlich das Sonnensystem Gegenstand der Astronomie.
- Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts kennt man das System der Fixsterne, das **Milchstraßensystem** (F. Wilhelm Herschel (1738-1822)).
- Im 20. Jahrhundert ist man in der astronomischen Forschung, mit Hilfe der Raumfahrt, bis zu den **Grenzen des Weltalls** vorgestoßen.

# Von der Antike zur Neu



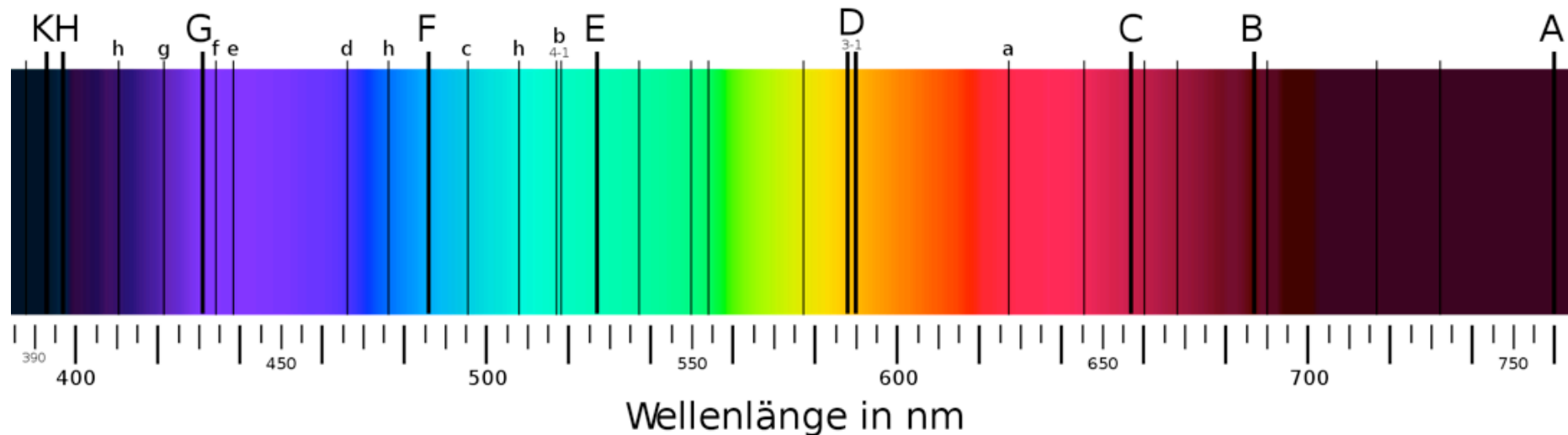
William Herschel: 1780



- Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts kennt man das System der Fixsterne, das **Milchstraßensystem** (F. Wilhelm Herschel (1738-1822)).
- Im 20. Jahrhundert ist man in der astronomischen Forschung, mit Hilfe der Raumfahrt, bis zu den **Grenzen des Weltalls** vorgestoßen.

- **Joseph von Fraunhofer** (1787-1826): Der Physiker stellte als erster große Objektive für Fernrohre sowie Beugungsgitter her.  
→ die nach ihm benannten Fraunhoferschen Linien (Absorptionslinien) im Sonnenspektrum.
- **Robert Wilhelm Bunsen** (1811-1899), Chemiker und **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887) Physiker entwickelten die Spektralanalyse und schufen damit die Grundlage der Astrophysik.
- **Ejnar Hertzsprung** (1873-1967) und **Henry Norris Russel** (1877-1957), beide Astrophysiker, erarbeiten das Hertzsprung-Russel-Diagramm, das die Beziehung zwischen Leuchtkraft (Helligkeit) und Spektralklasse (Temperatur und Farbe) der Fixsterne nachweist.
- **Edwin Powell Hubble** (1899-1953): Der Astronom und Astrophysiker löste die Randpartien des Andromedanebel in Einzelsterne auf und erkannte somit, dass die bisher als Spiralnebel bezeichneten Galaxien selbständige Sternsysteme sind. Außerdem entdeckte Hubble in den Spektren der Galaxien eine Rotverschiebung proportional zu ihrer Entfernung, was als **Expansion des Weltalls** gedeutet wird. Die Beziehung zwischen Entfernung und Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien infolge dieser Expansion nennt man den Hubble-Effekt.
- **Albert Einstein** (1879-1955) stellte 1905 die spezielle, 1915 die **allgemeine Relativitätstheorie** auf. Die Arbeit Einsteins hatte enormen Einfluß auf die Wissenschaft des 20. Jahrhunderts, insbesondere seine Relativitätstheorien, auf die Astronomie und Kosmologie.

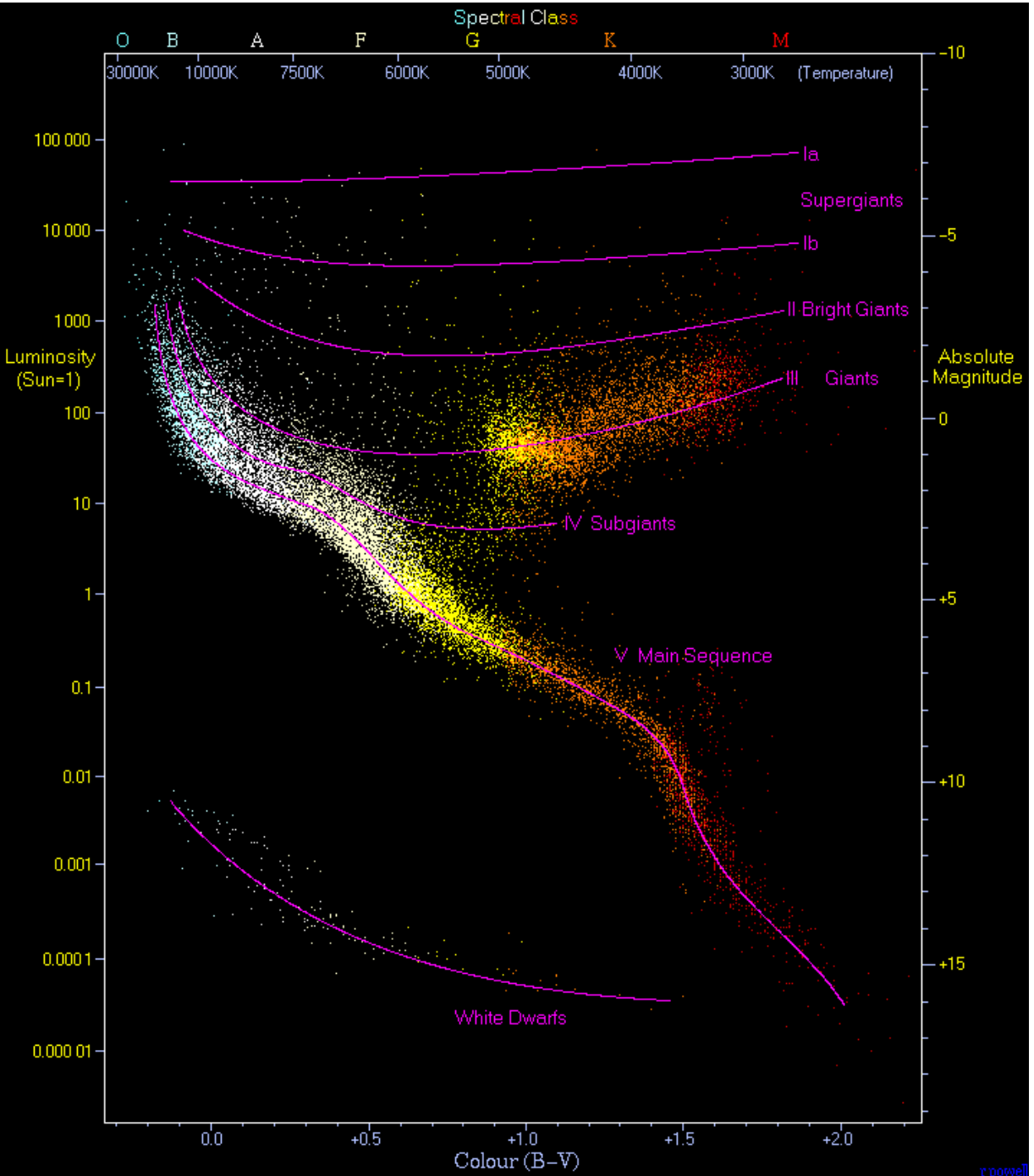
- **Joseph von Fraunhofer** (1787-1826): Der Physiker stellte als erster große Objektive für Fernrohre sowie Beugungsgitter her.  
→ die nach ihm benannten Fraunhoferschen Linien (Absorptionslinien) im Sonnenspektrum.
- **Robert Wilhelm Bunsen** (1811-1899), Chemiker und **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887) Physiker entwickelten die Spektralanalyse und schufen damit die Grundlage der Astrophysik.

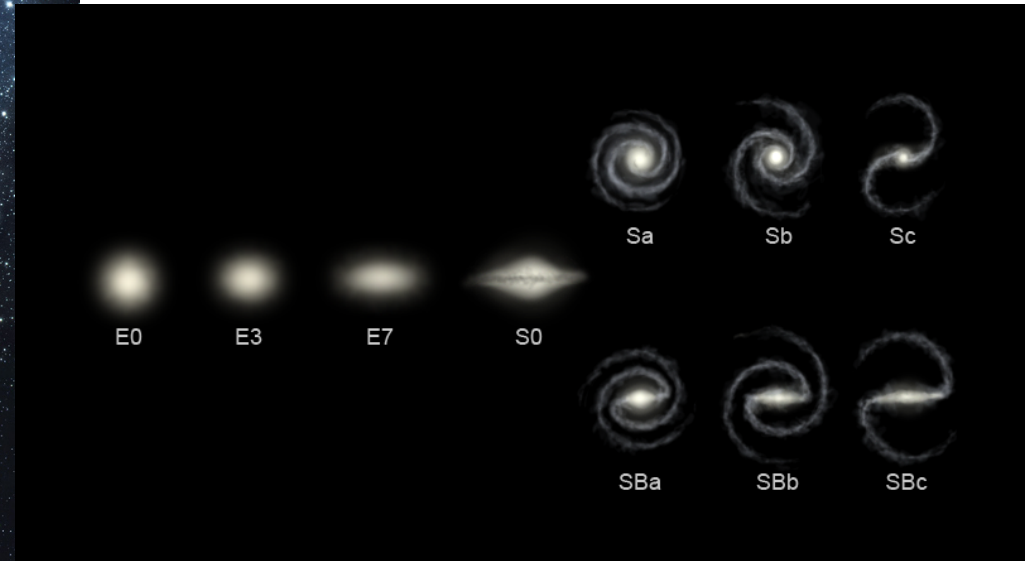


Beziehung zwischen Entfernung und Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien infolge dieser Expansion nennt man den Hubble-Effekt.

- **Albert Einstein** (1879-1955) stellte 1905 die spezielle, 1915 die **allgemeine Relativitätstheorie** auf. Die Arbeit Einsteins hatte enormen Einfluß auf die Wissenschaft des 20. Jahrhunderts, insbesondere seine Relativitätstheorien, auf die Astronomie und Kosmologie.

- **Joseph von Fraunhofer** baute die erste große Objektive für Fernrohre → die nach ihm benannten Fraunhofer-Linien (Absorptionslinien) im Sonnenspektrum
- **Robert Wilhelm Bunsen** und **Gustav Kirchhoff** (1824-1887) entdeckten die Fraunhofer-Linien und schufen damit die Grundsteine der Spektroskopie
- **Ejnar Hertzsprung** (1873-1967) und **Russell** entdeckten, dass die Beziehung zwischen der Leuchtkraft und der Spektralklasse (Temperatur) für Sterne ein bestimmtes Muster zeigt
- **Edwin Powell Hubble** entdeckte die Randpartien der Milchstraße und erkannte somit, dass es sich um selbständige Sternsysteme (Galaxien) handelt. Er entdeckte die Beziehung zwischen der Leuchtkraft und der Entfernung, was als Hubble'sche Beziehung zwischen Entfernung und Leuchtkraft bekannt ist. Er entdeckte die Expansion der Galaxien infolge dieser Beziehung
- **Albert Einstein** (1879-1955) entwickelte die allgemeine Relativitätstheorie, die den Einfluß auf die Wissenschaften der Relativitätstheorien, auf die Kosmologie und die Astrophysik hat





...kraft (Helligkeit) und  
...farbe) der Fixsterne nachweist.

- **Edwin Powell Hubble** (1899-1953): Der Astronom und Astrophysiker löste die Randpartien des Andromedanebel in Einzelsterne auf und erkannte somit, dass die bisher als Spiralnebel bezeichneten Galaxien selbständige Sternsysteme sind. Außerdem entdeckte Hubble in den Spektren der Galaxien eine Rotverschiebung proportional zu ihrer Entfernung, was als **Expansion des Weltalls** gedeutet wird. Die Beziehung zwischen Entfernung und Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien infolge dieser Expansion nennt man den Hubble-Effekt.
- **Albert Einstein** (1879-1955) stellte 1905 die spezielle, 1915 die **allgemeine Relativitätstheorie** auf. Die Arbeit Einsteins hatte enormen Einfluß auf die Wissenschaft des 20. Jahrhunderts, insbesondere seine Relativitätstheorien, auf die Astronomie und Kosmologie.

- **Joseph von Fraunhofer** entdeckte die **große Objekte**  
→ die nach ihm benannt sind  
(Absorptionsspektren)
- **Robert Wilhelm Bunsen** und **Kirchhoff** schufen das **Spektralanalyse**
- **Ejnar Hertzsprung** und **Russell** beide Astronomen, die die **Beziehung** zwischen **Spektralklassen** und **Lebensdauer** der Sterne
- **Edwin Powell Hubble** löste die **Reibung** zwischen **relativer** und **absoluter** Entfernung  
erkannte **selbständig** die **Beziehung** zwischen **Spektralklassen** und **Entfernung** der **Galaxien**



- **Albert Einstein** (1879-1955) stellte 1905 die **spezielle**, 1915 die **allgemeine Relativitätstheorie** auf. Die Arbeit Einsteins hatte enormen **Einfluß** auf die **Wissenschaft** des **20. Jahrhunderts**, insbesondere seine **Relativitätstheorien**, auf die **Astronomie** und **Kosmologie**.

als erster

**Stav Robert**  
Analyse und

**l** (1877-1957),  
-Diagramm,

schweist.

astrophysiker  
ne auf und  
ten Galaxien  
bble in den  
al zu ihrer  
d. Die  
zeit der  
e-Effekt.





1.1 Logistik und Astronomie in Heidelberg

1.2 Ein kurzer Trip durch die beobachtende Astronomie

1.3 Geschichtlicher Ueberblick

1.4 Vorstellung Astro-Praktikum von Jochen Heidt (LSW)

# Einfuehrung in die Astron. & Astrophysik I

Wintersemester 2013/2014: Henrik Beuther & Christian Fendt

*17.10 Einfuehrung: Ueberblick und Geschichte (H.B.)*

**24.10 Grundlagen: Koordinatensys., Sternpositionen, Erde/Mond (C.F.)**

31.10 Grundlagen: Teleskope und Instrumentierung (H.B.)

07.11 Grundlagen: Strahlung, Strahlungstransport (C.F.)

14.11 Planetensystem(e) und Keplergesetze (H.B.)

21.11 Sonne & Sterne, Typen, Klassifikationen, HR-Diagramm (C.F.)

28.11 Interstellare Materie: Chemie und Materiekreislauf (H.B.)

05.12 Sternentstehung, Akkretionsscheiben und Jets (H.B.)

12.12 Sternaufbau und Sternentwicklung: Hauptreihe (C.F.)

19.12 Sternaufbau und Sternentwicklung: Endstadien (C.F.)

*26.12 und 02.01 –*

09.01 Mehrfachsysteme und Sternhaufen, Dynamik (C.F.)

14.01 Exoplaneten und Astrobiologie (H.B.)

16.01 Die Milchstrasse (H.B.)

23.01 Zusammenfassung (C.F. & H.B.)

06.02 Pruefung (C.F. & H.B.)