Spektren von Himmelskörpern

Dennis Kirsch

12. Juni 2015 – Inkohärente Lichtquellen

Agenda

Chronologie
Einführung
Sterne
Wolken und Nebel
Kosmischer Hintergrund
Ausblick

Agenda

Chronologie
Einführung
Sterne
Wolken und Nebel
Kosmischer Hintergrund

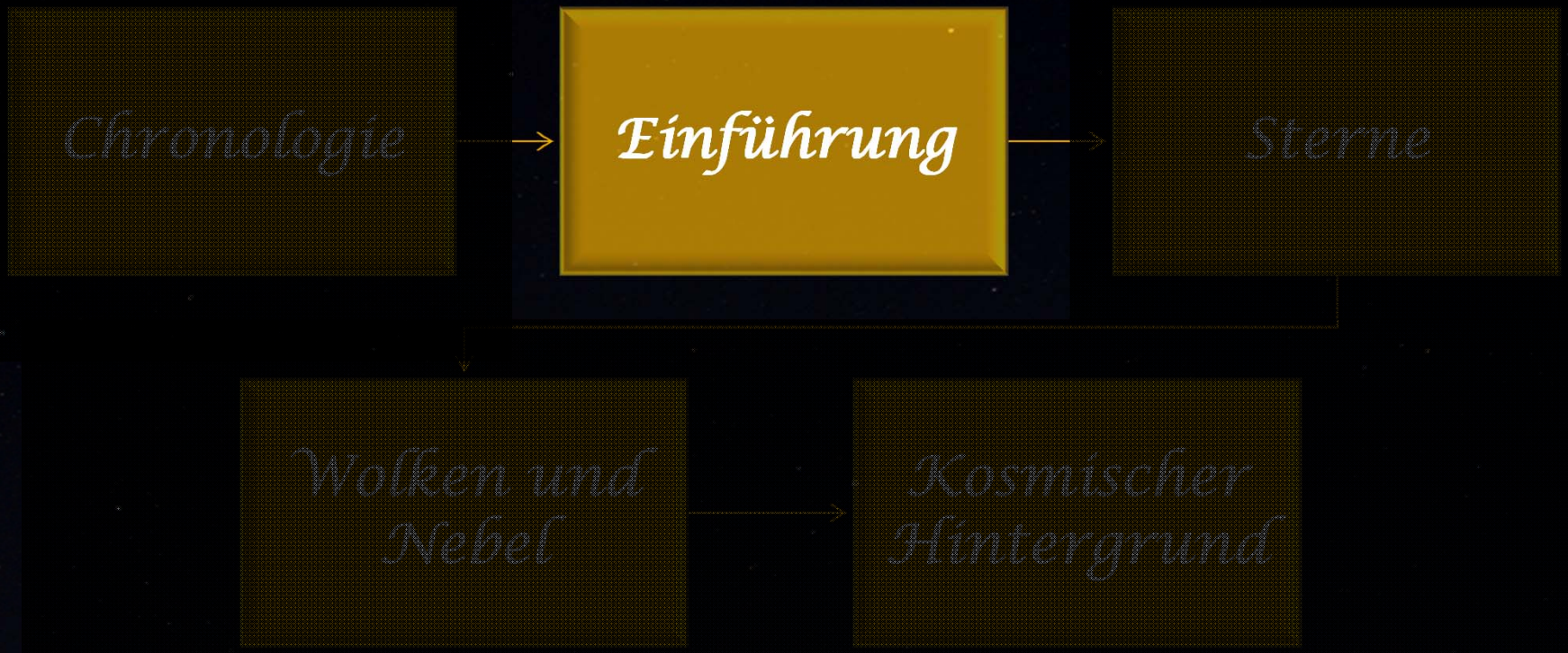
Chronologie

- *1666* zerlegt Isaac *Newton* (1642-1727) Licht mit Prismen
- *1801* formuliert Thomas *Young* (1773-1829) das Interferenzprinzip
- *1814 bis 1817* entdeckt Joseph *Fraunhofer* (1787-1826) die Spektrallinien
  - Klassifikation von A (äußerstes Rot) bis K (äußerstes Violett)

Chronologie

- *1861 bis 1863* Entwicklung der Spektralanalyse durch *G. Kirchhoff* (1824-1887) und *R. W. Bunsen* (1811-1899)
  - Deutung der Fraunhoferlinien als Absorptionslinien ⇝ >12 chemische Elemente auf der Sonne
  - *A. J. Angström* vermisst 800 Fraunhoferlinien
- *1924/25* Nachweis das die Milchstraße nicht die einzige Galaxie ist durch Edwin *Hubble* (1889-1953)
- *1929* Edwin *Hubble* misst linearen Zusammenhang zwischen der Rotverschiebung und der Verteilung von Galaxien
  ⇝ Expansion des Kosmos
  ⇝ Urknall (Georges *Lemaitre*)

Agenda

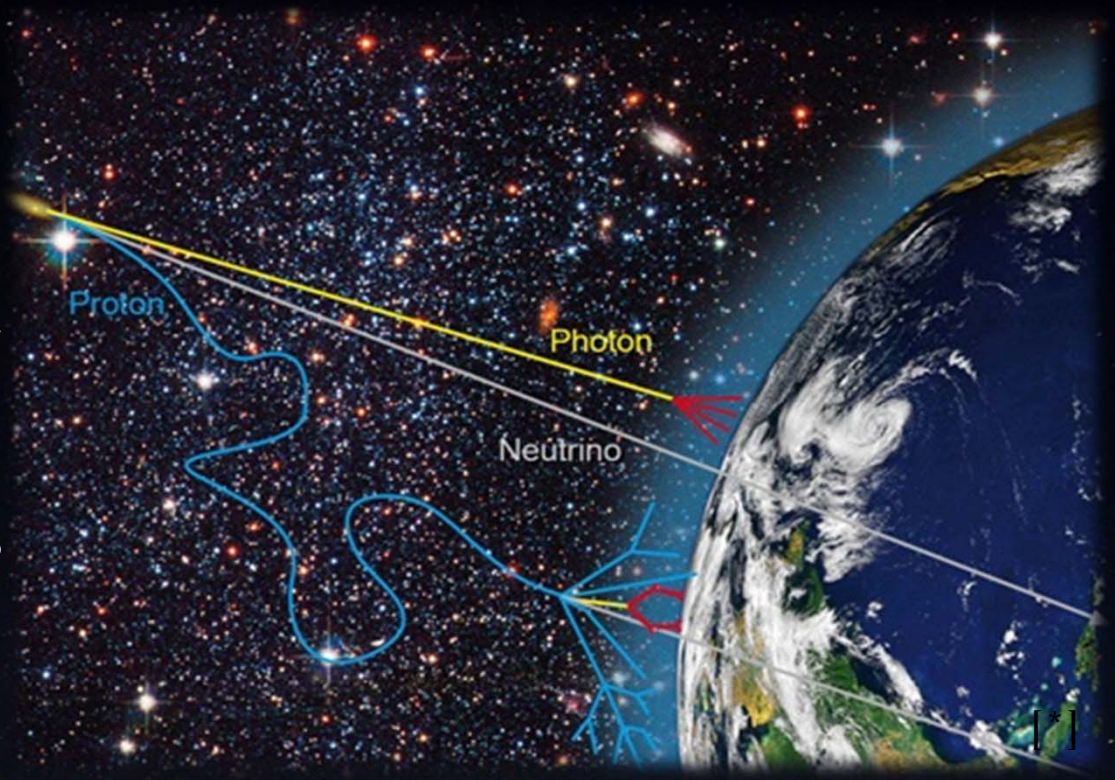

Chronologie
Einführung
Sterne
Wolken und Nebel
Kosmischer Hintergrund

Einführung

- *Was für Strahlung erreicht die Erde ?*

- Spektrum
  - Zerlegung & Ordnung von Strahlung nach ihrer Energie, bzw. äquivalenter Größen

- Freie Weglänge Neutrino in der Erde:
  - 10 MeV $\rightsquigarrow 3 \cdot 10^{14}$ m
  - 10^3 TeV $\rightsquigarrow 2 * R_{Erde}$

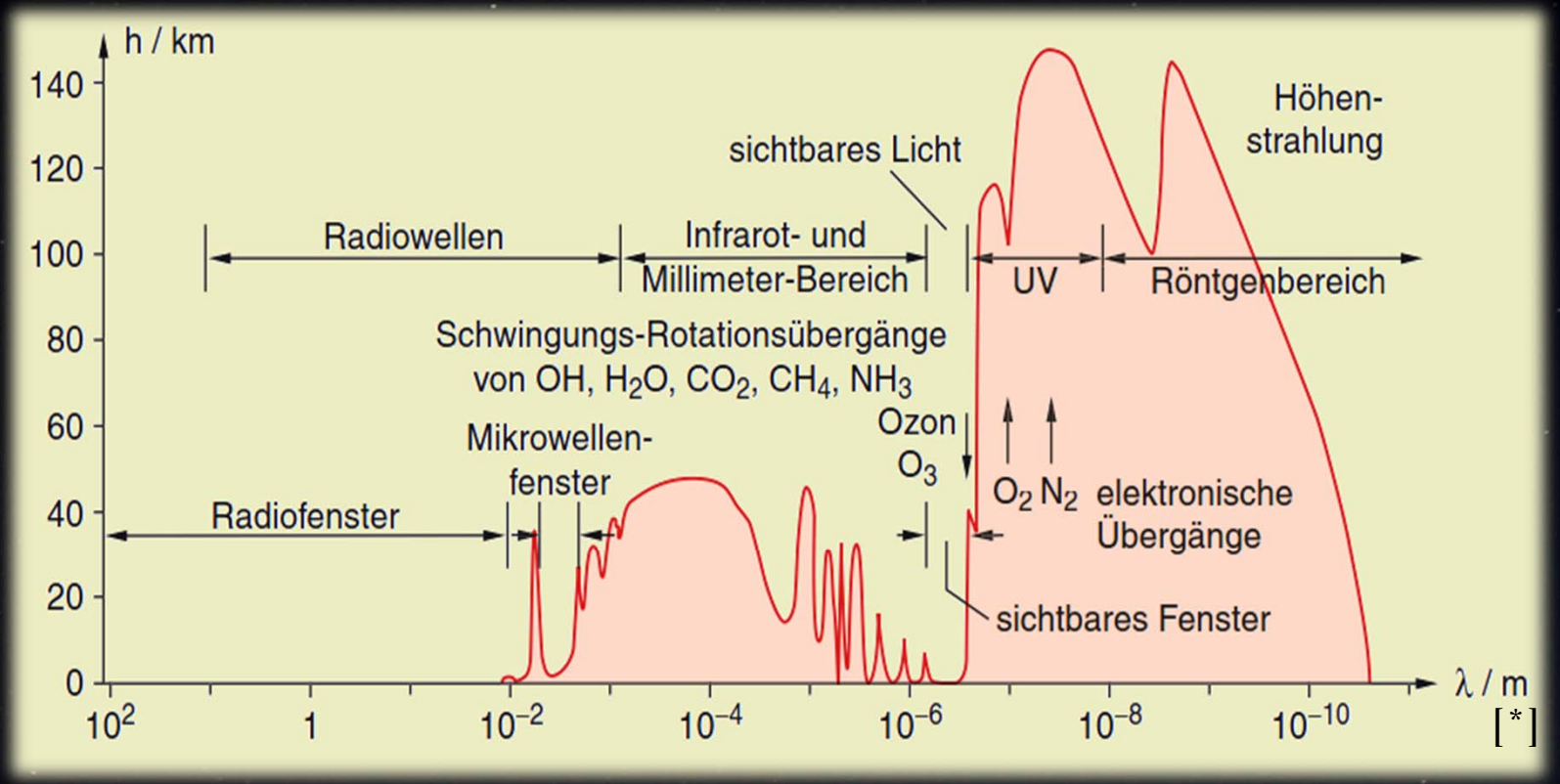


[*]

[*] Helmholtz-Allianz für Astroteilchenphysik (HAP)

Einführung

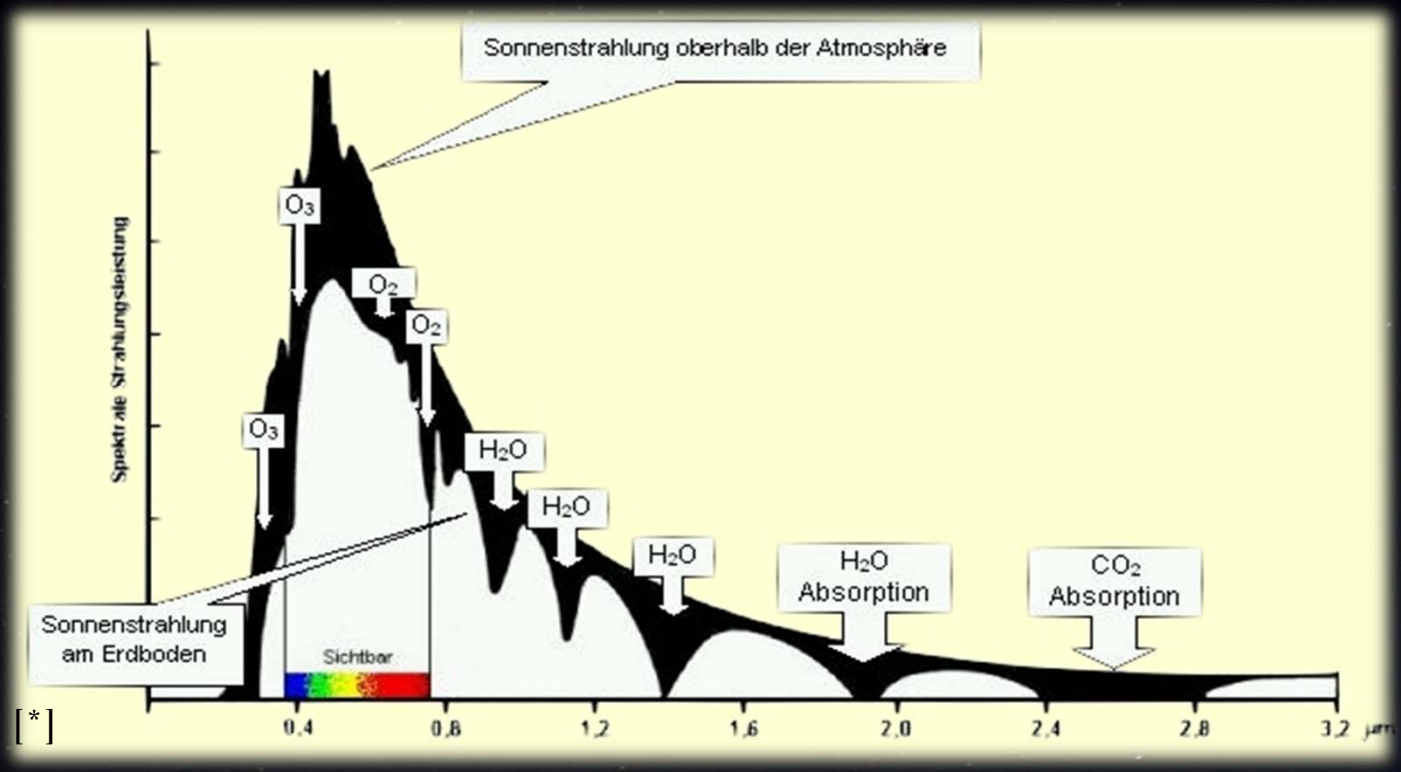
- Welche Strahlung erreicht den Erdboden ?
  - „Spektrale Fenster“ der Erdatmosphäre:



[*] Demtröder: Experimentalphysik 4, Springer

Einführung

- Absorptionen im optischen Bereich



[*]

[*]

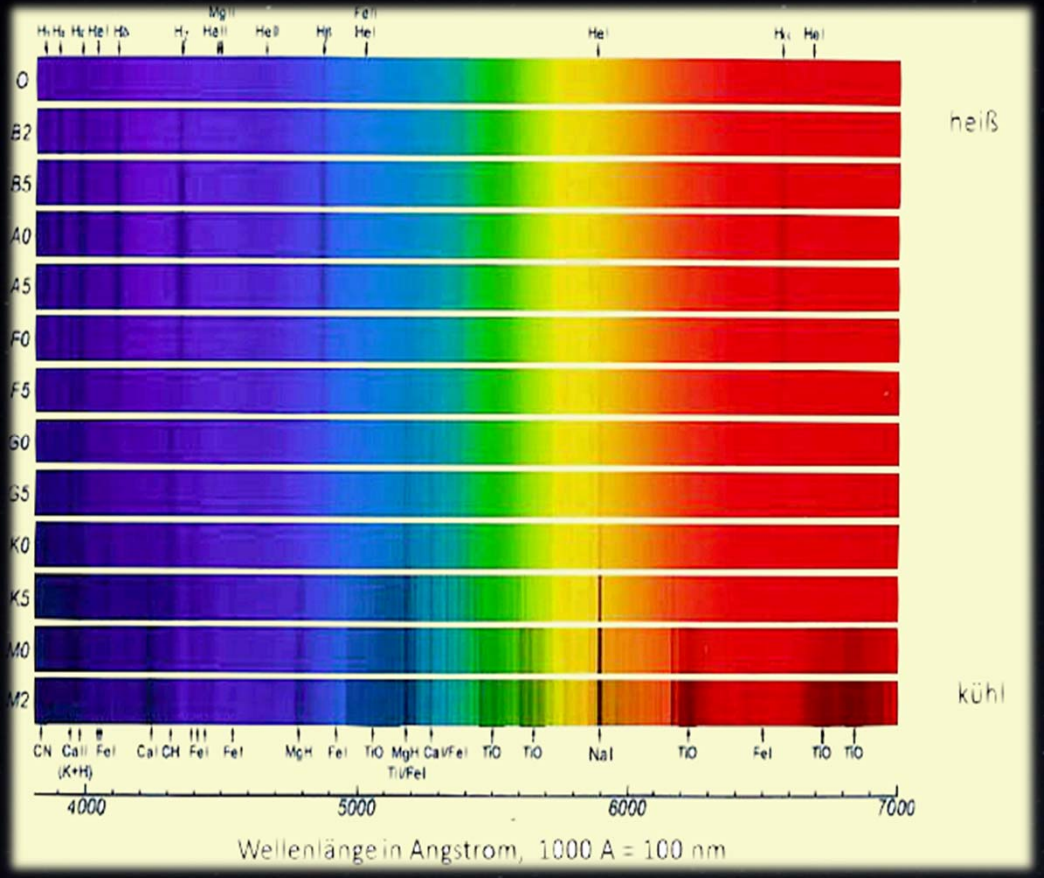
[*] Deutscher Wetterdienst, Wetterlexikon

Agenda

Chronologie
Einführung
Sterne
Wolken und Nebel
Kosmischer Hintergrund

Sterne

Harvard-Klassifikation



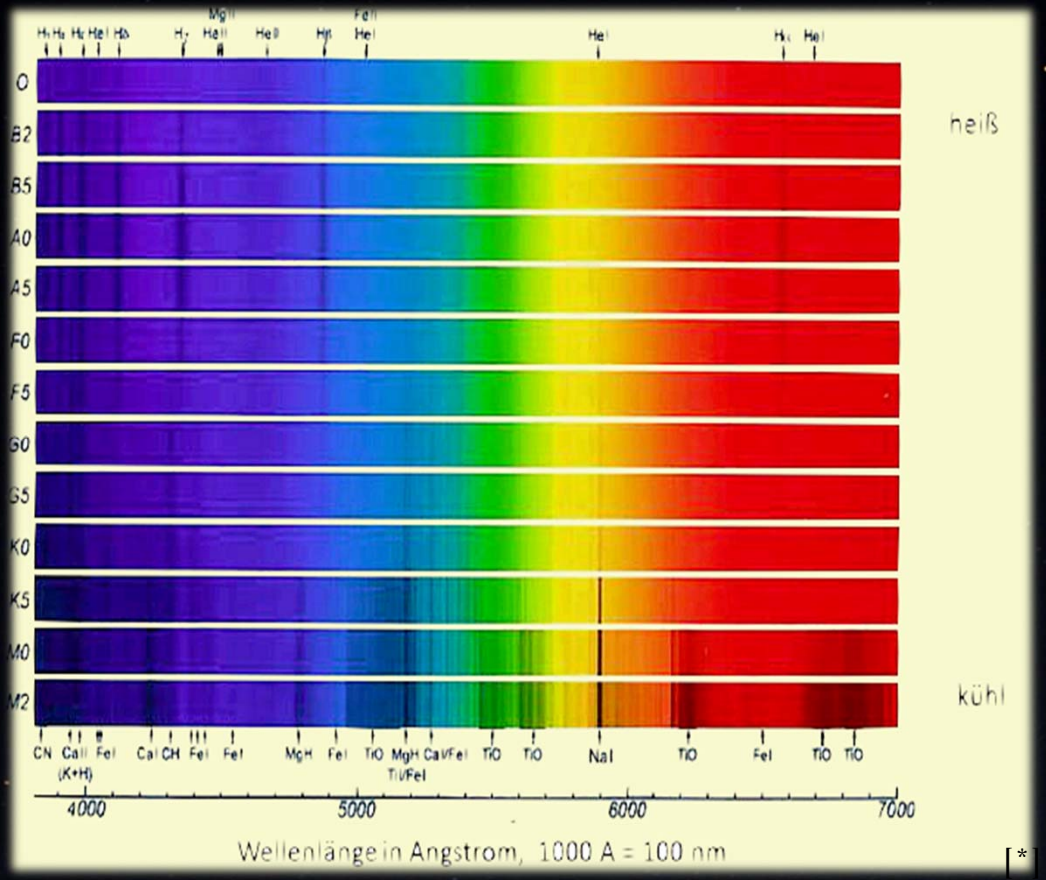
[*]

- Einteilung *nach Intensitätsverhältnissen wichtiger Absorptionslinien*
- *Beispielsweise:*
  - Balmerserie in H / Linien des He
  - Neutrale Fe / Ca-Ionen – Linien
  - Versch. Moleküllinien

[*] Hanslmeier: Den Nachthimmel erleben

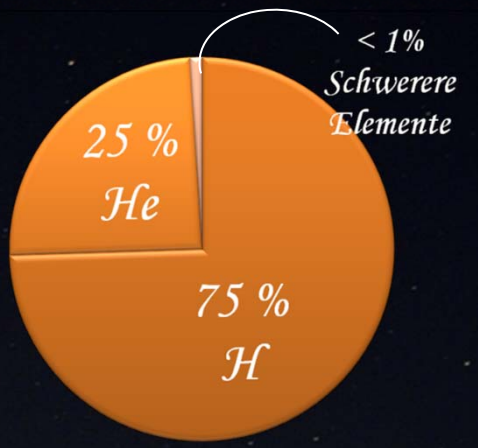
Sterne

- *Harvard-Klassifikation*



[*]

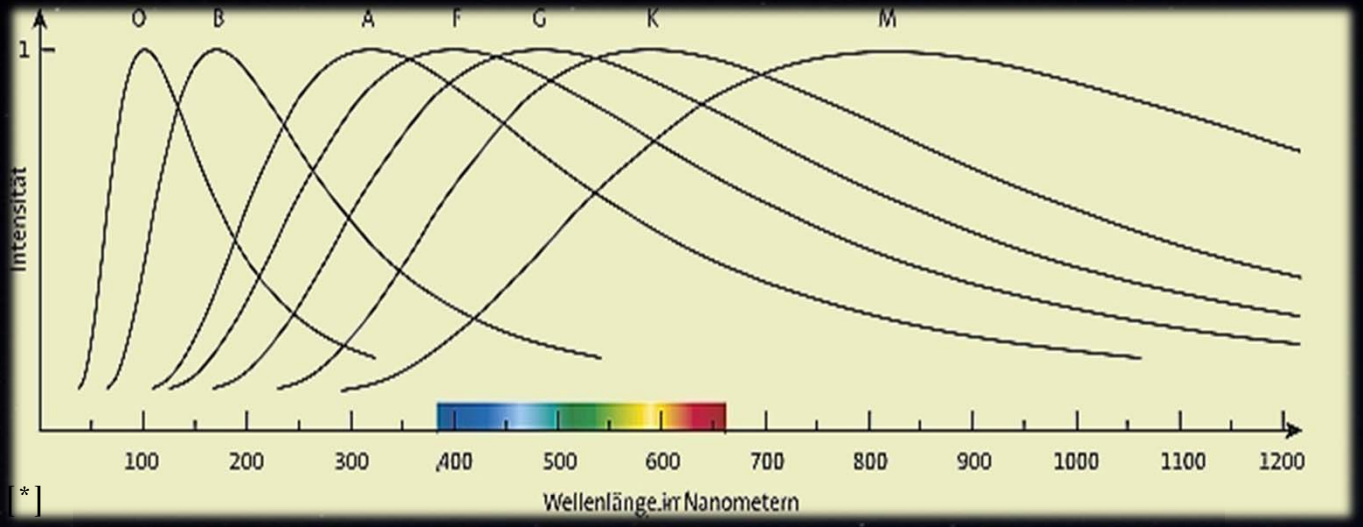
- O- und B-Sternen: H vollkommen ionisiert
  - ⇝ kaum H-Linien
- Bei kühleren Sternen:
  - ⇝ Elektronenübergänge bei schwereren Elementen möglich



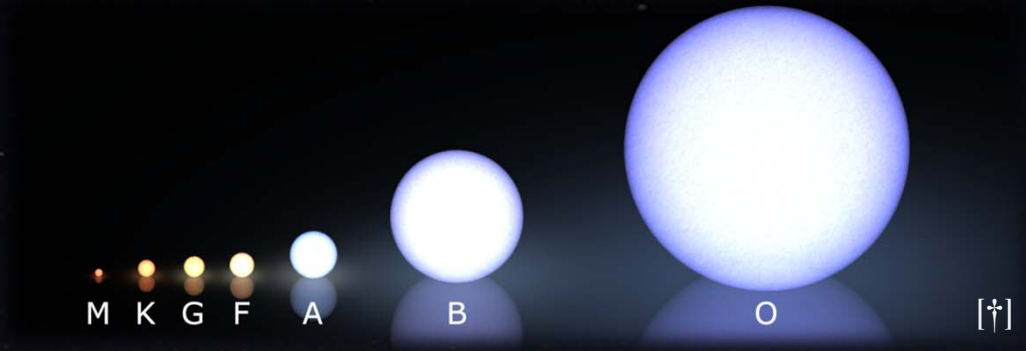
[*] Hanslmeier: Den Nachthimmel erleben

Sterne

- Schwarzkörperstrahlung



[*]



[†]

[*] Spektrum.de | [†] wikipedia.de

Sterne

- Berechnung von Kenndaten aus dem Spektrum

- Temperatur:

  $T \lambda_{max} = \text{const.}$

- Leuchtkraft:

  $L = 4 \pi r^2 \sigma T^4$

- Masse:

  $L \propto M^{3,5}$

- Lebensdauer:

  $t \propto M / L$

Masse ($M_\odot$)	Spektraltyp	Temperatur (K)	$R/R_\odot$	$L/L_\odot$
60	O3	50.000	15	1.400 000
40	O5	40.000	12	500.000
18	B0	28.000	7	20.000
3,2	A0	10.000	2,5	80
1,7	F0	7400	1,3	6
1,1	G0	6000	1,05	1,2
1	G2	5800	1	1
0,8	K0	4900	0,85	0,4
0,5	M0	3500	0,6	0,06
0,1	M8	2400	0,1	0,001

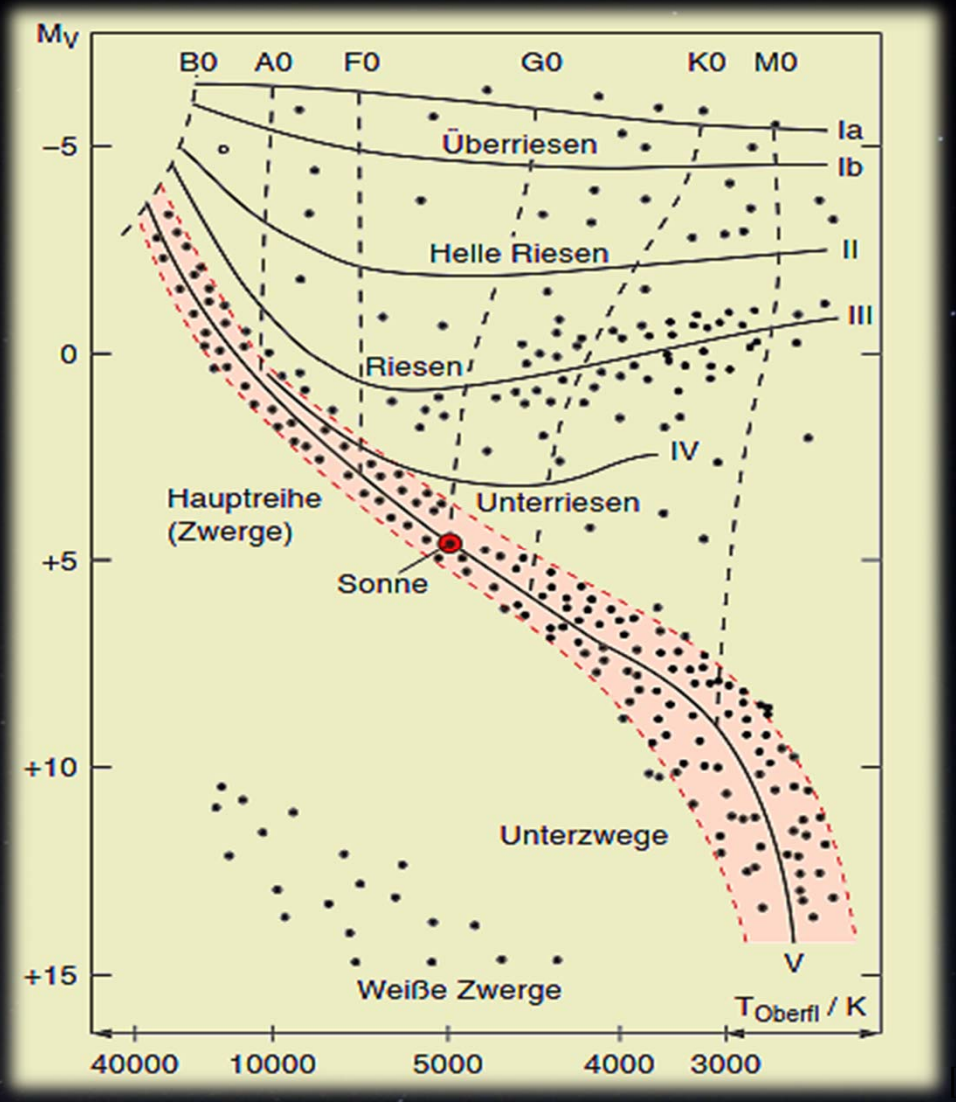
[*]

[*] Hanslmeier:: Faszination Astronomie

Sterne

Hertzsprung-Russel-Diagramm

- Gruppierung von Sternen im selben Entwicklungsstadium
- Ejnar Hertzsprung (1873–1967), DK
- Henry Russel (1877–1957), USA



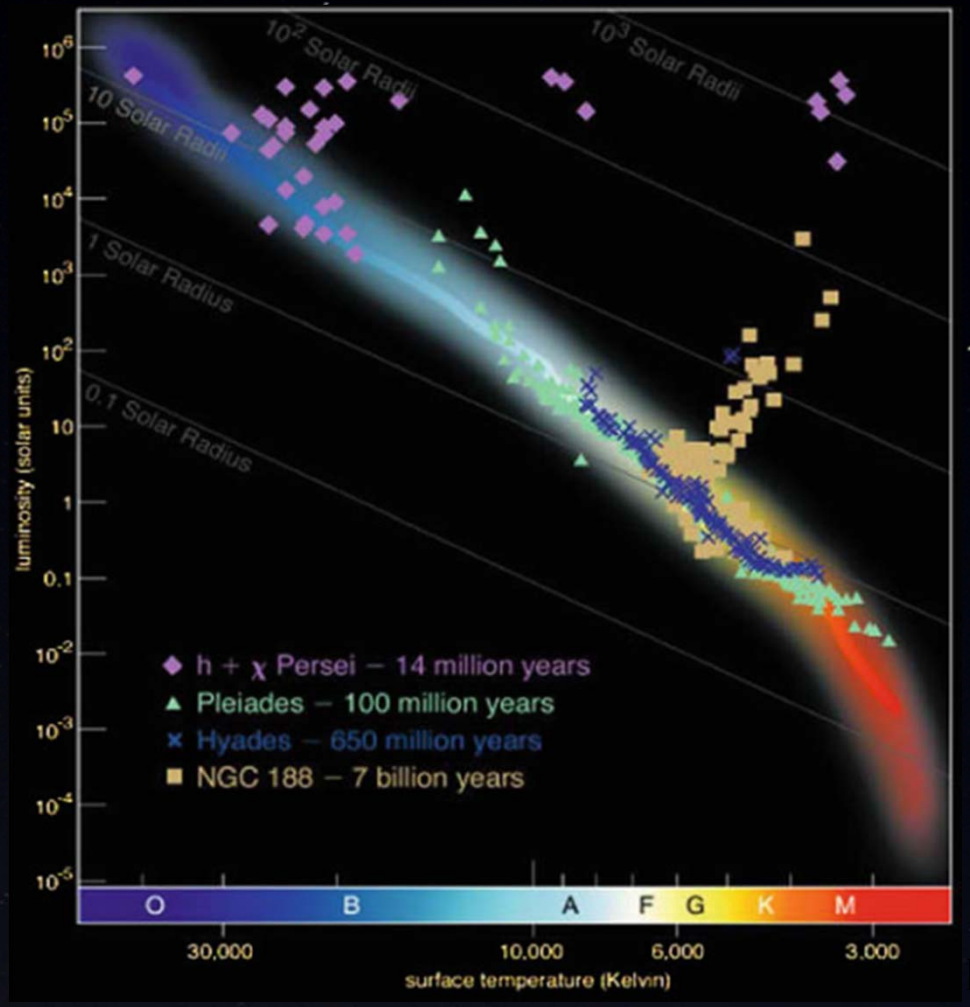
[*]

[*] Demtröder: Experimentalphysik 4, Springer

Sterne

Hertzsprung-Russel-Diagramm

- Nur Sterne eines Sternhaufens
- Alle Sterne haben ca. das gleiche Alter
- Abknickpunkt ist Maß für das Alter des Sternhaufens



Agenda

Chronologie
Einführung
Sterne
Wolken und Nebel
Kosmischer Hintergrund

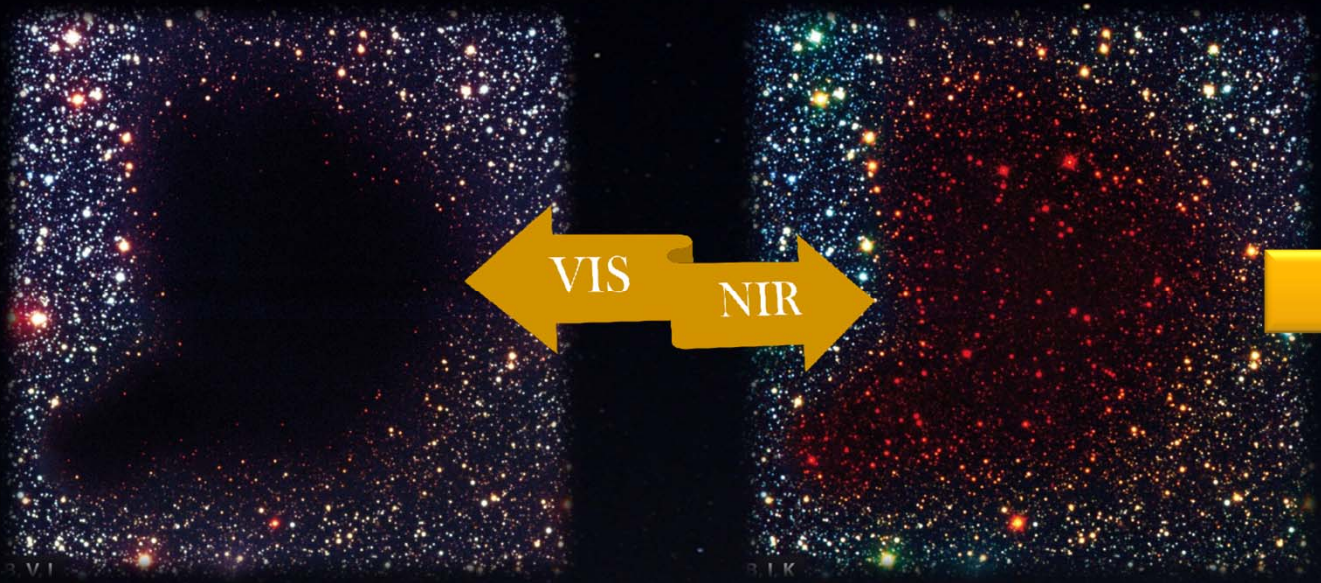
Wolken und Nebel

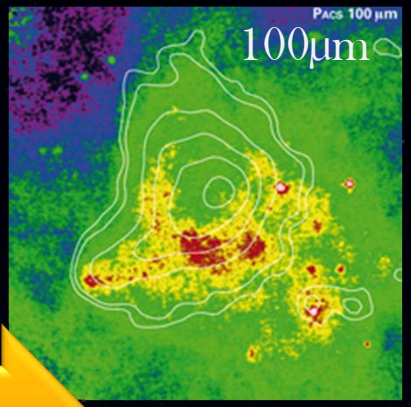
- Interstellare Materie
  - Gas: 90% H | H_2 | He … Essigsäure
  - Staub (Verhältnis Gas:Staub = 100:1)
  - Mittlere Dichte: 10^-24 g/cm^2
  - bis 10 % der Gesamtmasse der Milchstraße [*]
- Auswirkungen:
  - Extinktion,
  - Polarisation und
  - Reflexion des Sternenlichtes [*]

[*] Hanslmeier: Den Nachthimmel erleben

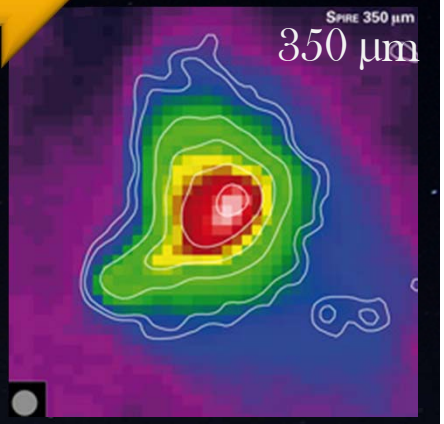
Wolken und Nebel

- Dunkelwolke Bernard 68





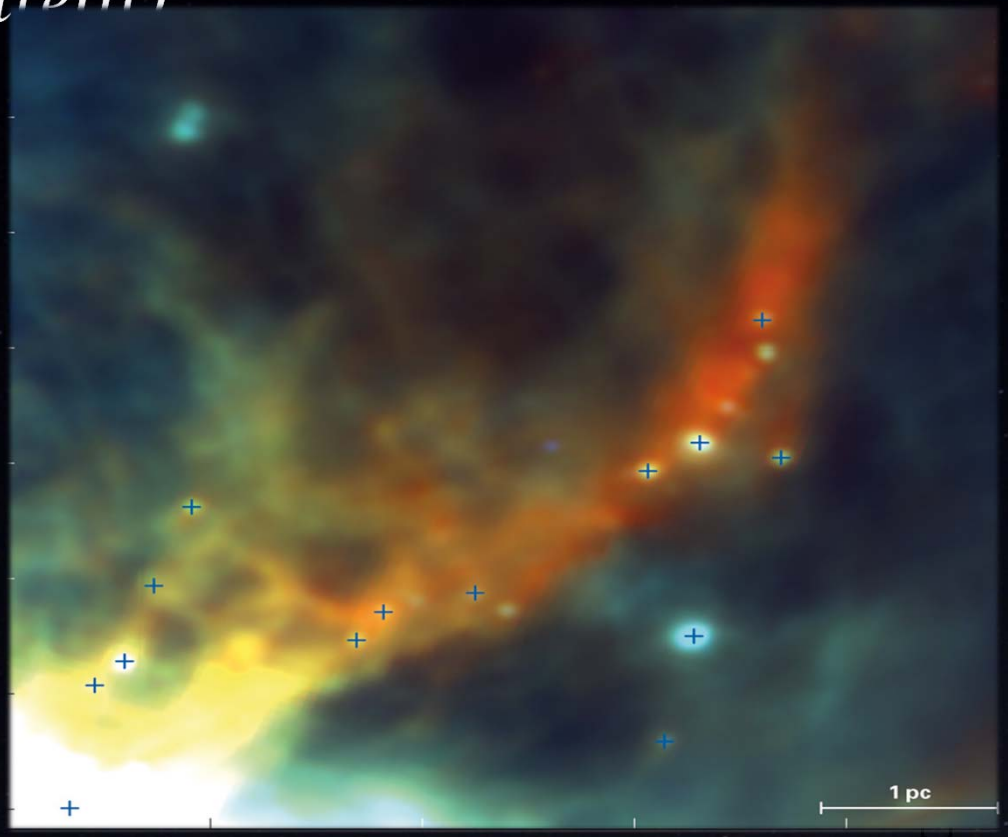
FIR



[*] [*]

Wolken und Nebel

- Molekülwolke IRDC316.72+0.07 (Herschel-Satelit)



- FIR: 70 µm (blau) 100 µm (grün) und 160 µm (rot).
- Zukünftige Sternentstehungsgebiete in den Wolkenzentren „+“ ⇝ Verständnis der Entstehung von Sternen
- Die Wolkenzentren sind im VIS nicht sichtbar

[*]

Wolken und Nebel

- Molekülwolke

[*] [*]

Wolken und Nebel

- Infrarot-Astronomie
- Nutzen:
  - Durchdringung von interstellarem Staub
  - Beobachtung kalter Objekte

- Weitere Objekte im Infraroten:
  - Planeten, Asteroiden, Braune Zwerge
  - Objekte bei hoher Rotverschiebung (Galaxien im frühen Universum)
  - Infrarotgalaxien

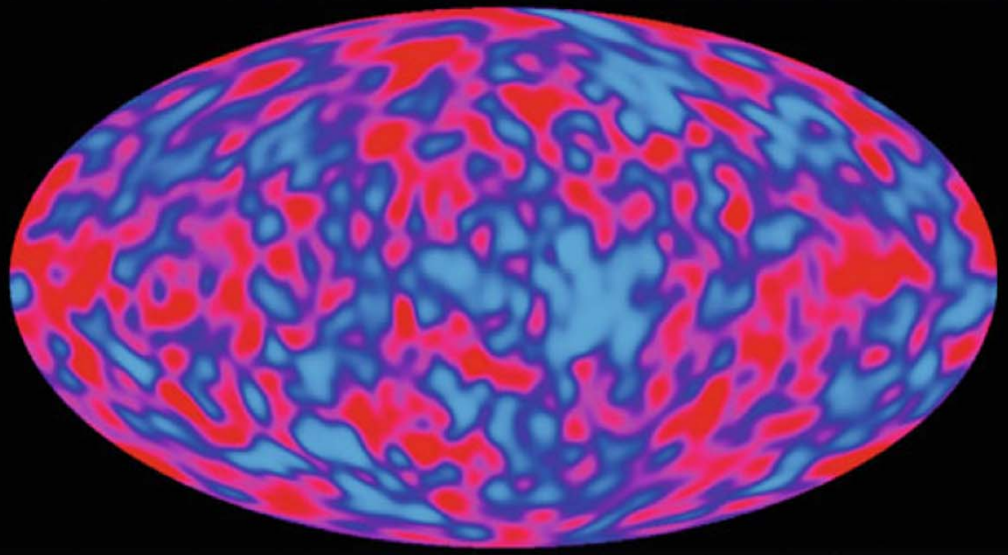
Agenda

Chronologie → Einführung → Sterne

Wolken und Nebel → **Kosmischer Hintergrund**

Kosmischer Hintergrund

- Vorhersage: 1933 von Erich Regener
- Entdeckung: 1964 durch A. Penzias und R. Woodro
- Mikrowellenstrahlung bei 2,725 (± 0,002) K

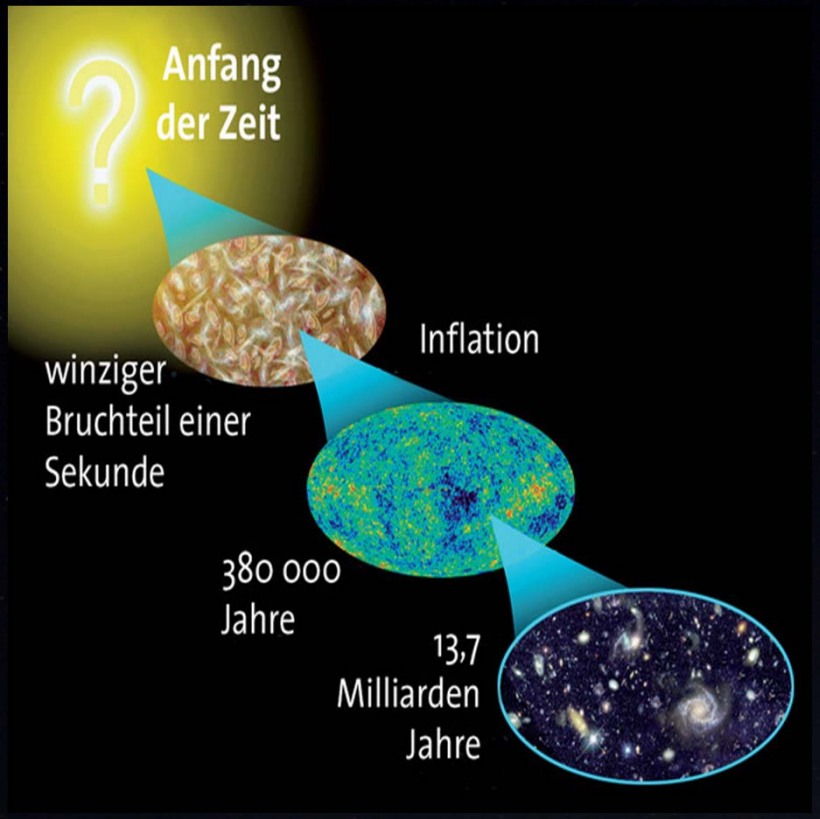


- Schwankungen von 1/1000 %

↝ Fast Isotrop im ganzen Universum

Kosmischer Hintergrund

- Folgerungen



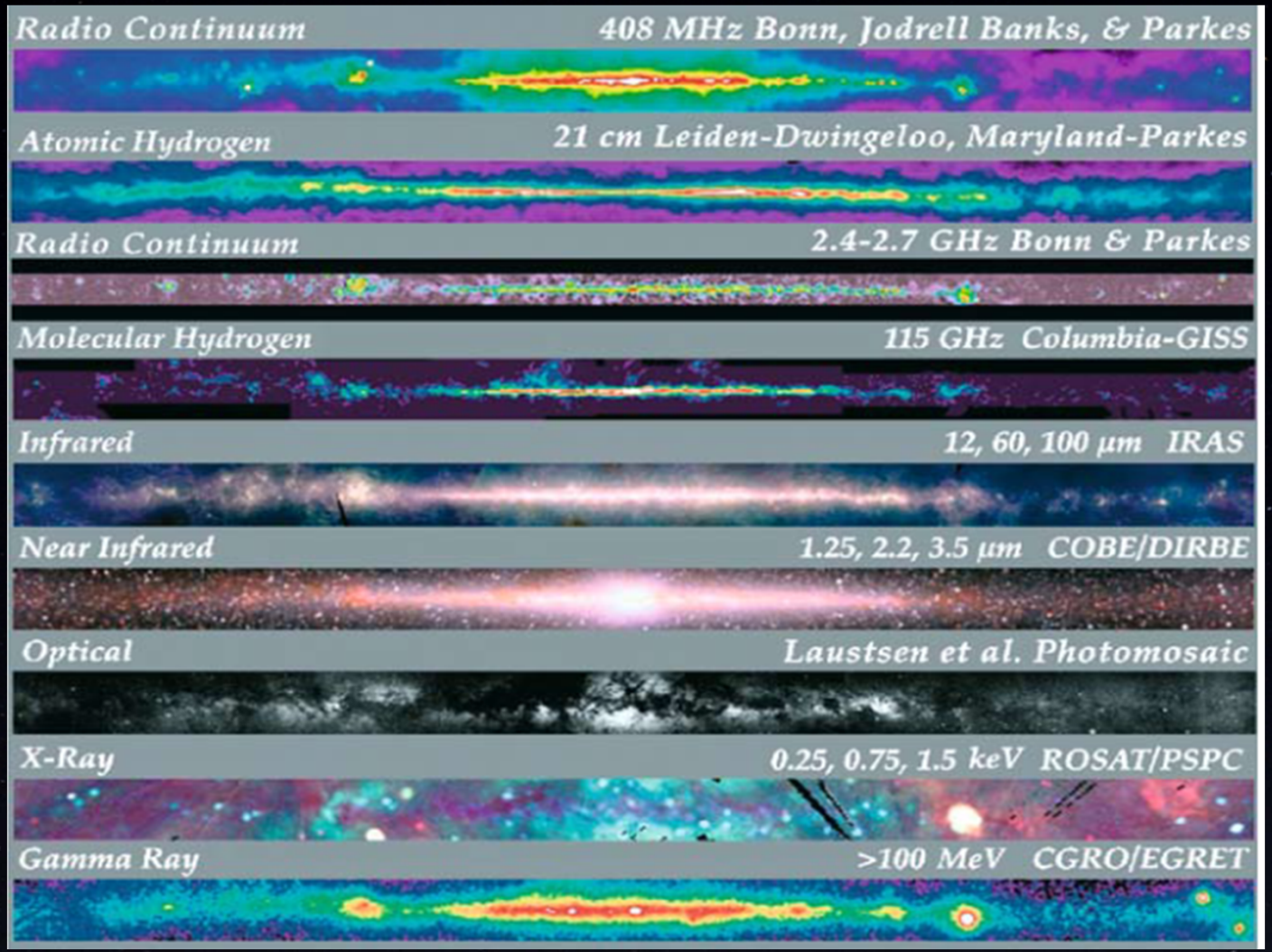
- Existenz des Urknalls
- Temperatur sinkt unter 3000 K
  - → Kein Thermisches Gleichgwicht mehr von Strahlung und Materie (Entkoppelung)
- Ohne Anisotropien wären keine Sterne, Galaxien etc. entstanden [*]

[*]

Agenda

Chronologie
Einführung
Sterne
Wolken und Nebel
Kosmischer Hintergrund
Ausblick

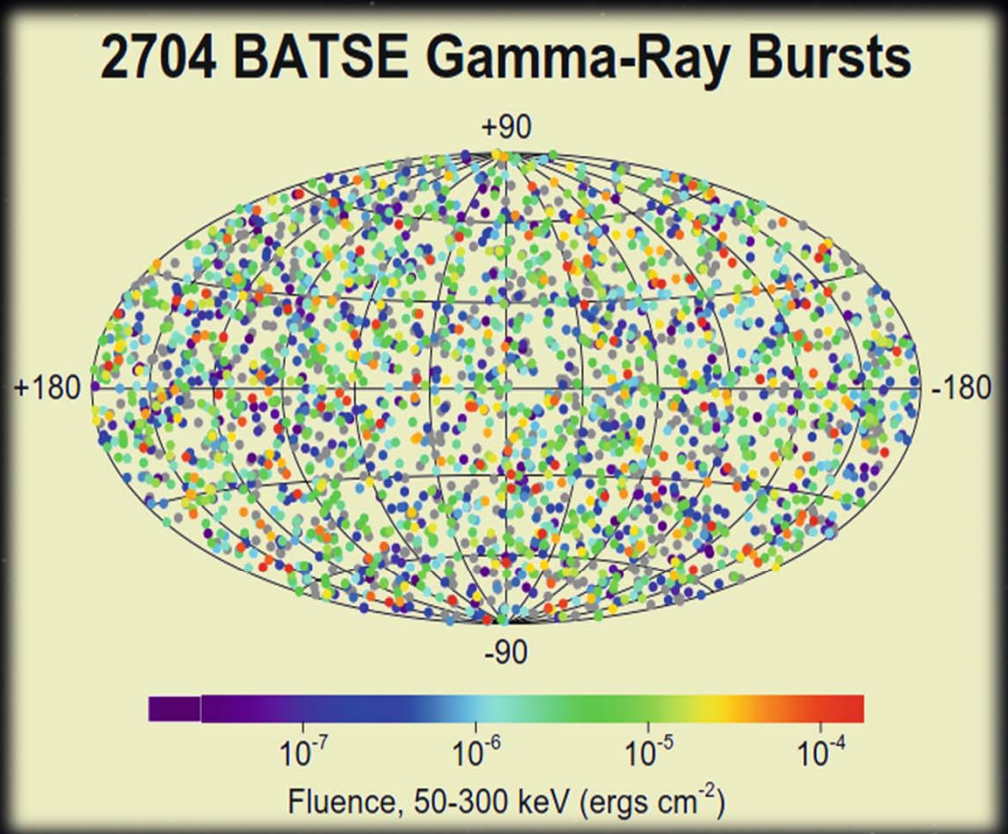
Ausblick

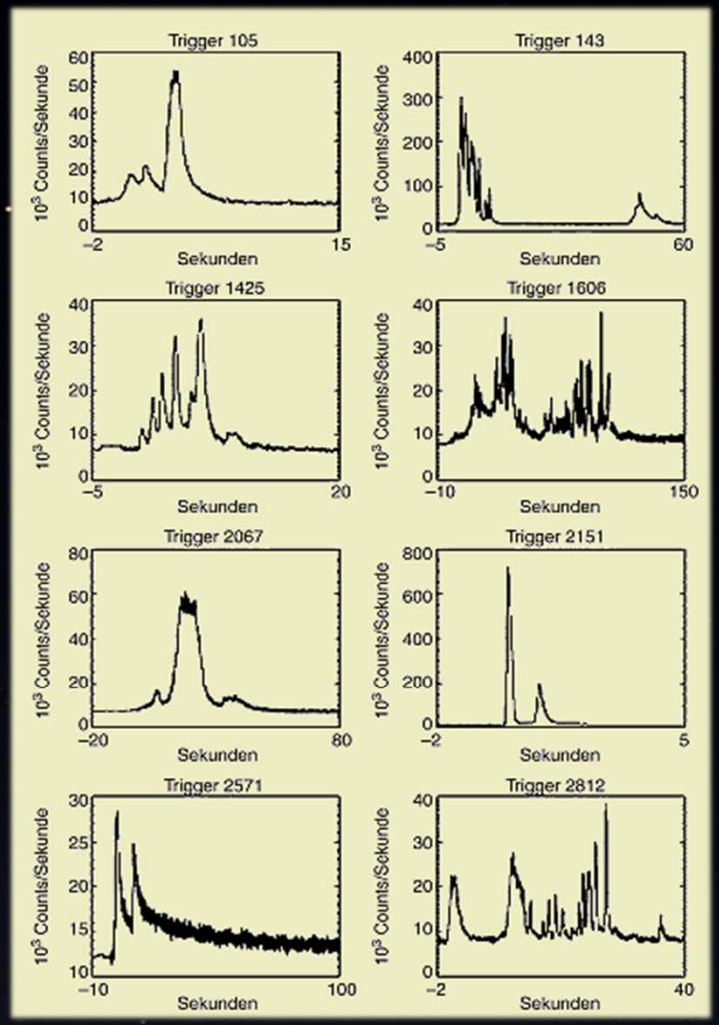


[*]

[*] Schneider: Einführung in die Extragalaktiche Astronomie und Kosmologie

Ausblick


2704 BATSE Gamma-Ray Bursts
+90
+180
-180
-90
10^{-7}
10^{-6}
10^{-5}
10^{-4}
Fluence, 50-300 keV (ergs cm^{-2})


Trigger 105
Trigger 143
Trigger 1425
Trigger 1606
Trigger 2067
Trigger 2151
Trigger 2571
Trigger 2812
10^3 Counts/Sekunde
Sekunden

Spektren von Himmelskörpern

Dennis Kirsch

12. Juni 2015 – Inkohärente Lichtquellen