

Rote Riesen, Schwarze Löcher - woher wissen wir das alles?

Methoden der Astronomie für Nicht-Physiker

Björn Malte Schäfer & Markus Pössel

Astronomisches Rechen-Institut/Haus der Astronomie

20.10.2016 – 26.1.2017

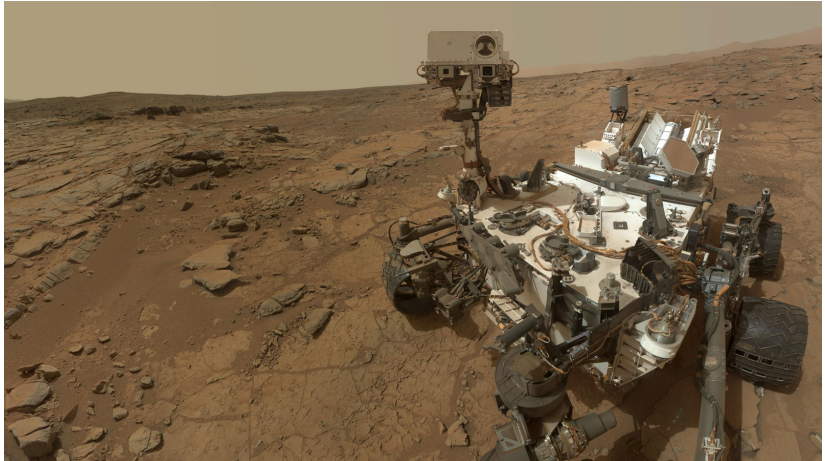
Was ist typisch für astronomische Forschung?

Was unterscheidet astronomische Forschung von anderen Wissenschaften?

Welche besonderen Methoden ergeben sich daraus?

Was ergibt sich daraus für den Fortschritt der Forschung (was ist möglich, was ist besonders interessant)?

Manipulieren? Experimentieren?



Das hier ist die Ausnahme: Aktives Herumfahren, manipulieren, chemische Analysen: Mars Rover Curiosity. Bild: NASA/JPL-Caltech/MSSS

Unter Laborbedingungen untersuchen?



Noch größere Ausnahme: Proben im Labor untersuchen können, hier:
Chondrit mit Chondrulen Eigenes Bild

Stattdessen: Passives Beobachten



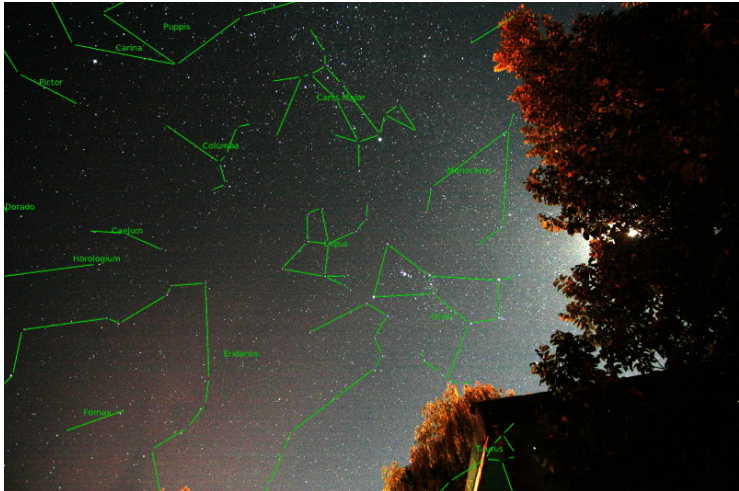
Sternenhimmel über Sutherland, South Africa Eigenes Bild

Stattdessen: Passives Beobachten



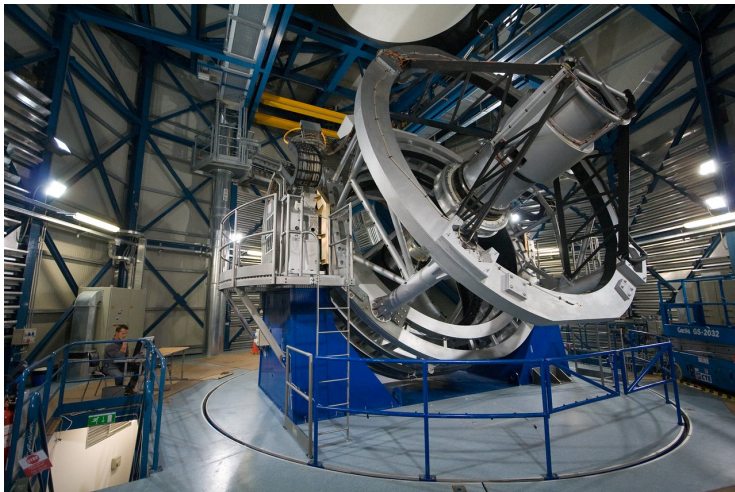
Sternenhimmel über Sutherland, South Africa Eigenes Bild

Stattdessen: Passives Beobachten

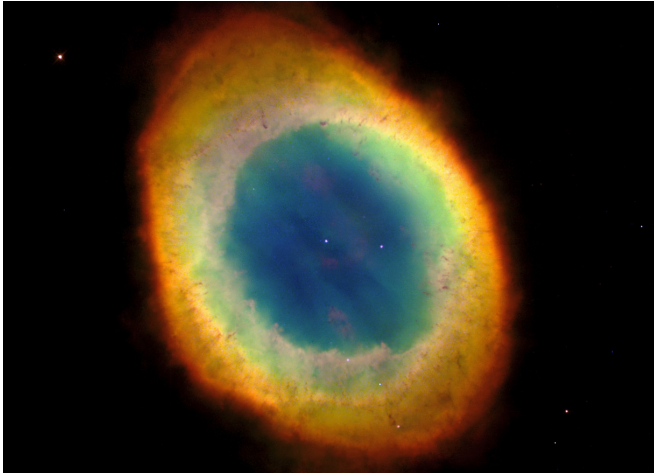


Sternenhimmel über Sutherland, South Africa Eigenes Bild; Sternbilder: astrometry.net

Aufwändiges passives Beobachten



Visible and Infrared Survey Telescope (VISTA) der ESO Bild: ESO/Y. Beletsky



Ringnebel in der Leier, Aufnahme Hubble Space Telescope:

Was ist das für eine Geometrie? Bild: Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

Physikalische Modelle

Was wir wirklich wissen wollen:

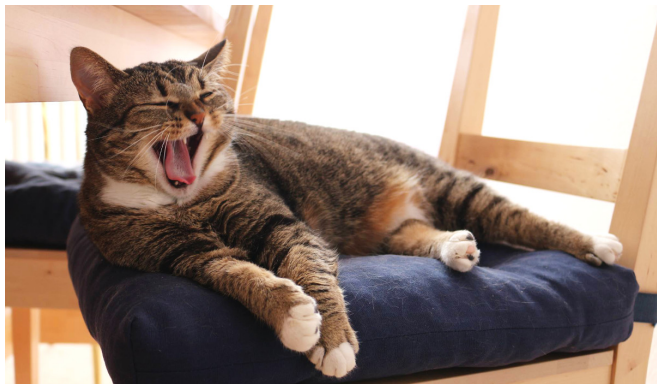
- Was sind da draußen für Objekte?
- Wie sind diese Objekte entstanden, wie entwickeln sie sich weiter?

Um Antworten auf solche Fragen zu erhalten, brauchen wir **physikalische Modelle**, mit Annahmen, woraus die Objekte bestehen, welche physikalischen (z.T. auch chemischen Effekte) für sie eine Rolle spielen

Wechselspiel: Beobachtung und Modelle. Nicht (nur) direkte Schlüsse aus Beobachtungen!

Astronomische Objekte sind einfach

Modelle und Beobachtungen abgleichen funktioniert nur bei hinreichend einfachen Objekten.



Vieles von dem, was wir aus dem Alltag kennen, ist zu komplex.

Bild: C. Liefke

Warum/wann sind astronomische Objekte einfach?

Ein Faktor: Aggregatzustand



Bild: Nutzer Anagoria via Wikimedia Commons unter Lizenz CC BY 3.0



Eigenes Bild

Warum/wann sind astronomische Objekte einfach?

... aber auch Fluide können Bewegungsstrukturen aufweisen:



Bild: Nutzer Hellbuny via Wikimedia Commons unter Lizenz CC BY 3.0

Warum/wann sind astronomische Objekte einfach?

Schiere Größe versus innere Stabilität: ab einer bestimmten Größe/Masse: rund!



Asteroid (243) Ida (mit kleinem Mond Dactyl), $L \sim 60$ km

Bild: NASA/JPL



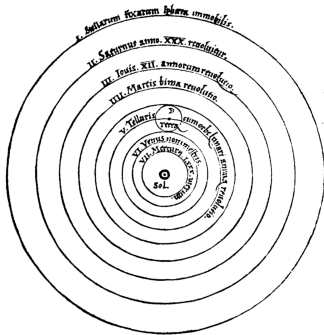
Jupitermond Callisto, $r \sim 2400$ km

Bild: NASA/JPL/DLR

Rote Riesen, Schwarze Löcher - woher wissen wir das alles?

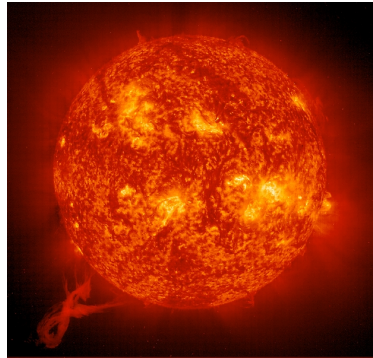
Mehrstufige vereinfachte Modelle

Unterschiedlich stark vereinfachte Modelle erklären unterschiedliche Aspekte!



Kopernikanisches
Weltsystem

Bild: Copernicus, De Revolutionibus (1543)



Detailabbildung der Sonne

Bild: SOHO (NASA & ESA)

Modelle und Beobachtungen

Daraus folgt: Wer astronomische Methoden verstehen will, muss sich sowohl mit Modellen als auch mit Beobachtungsmethoden beschäftigen.

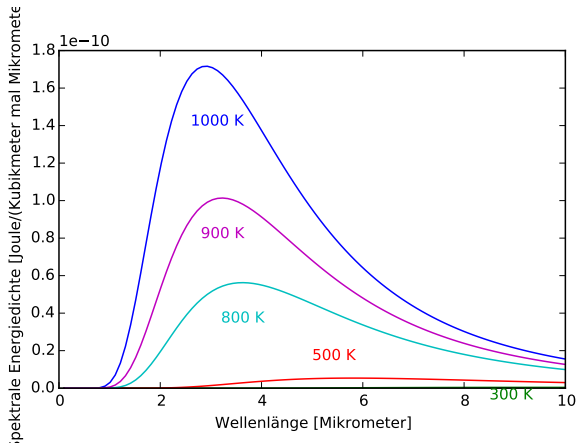
- Beobachtungsmethoden bestimmen, welche Daten verfügbar sind, und wie sie die Modelle einschränken / auf die Probe stellen
- Modelle bestimmen, aus welchen Daten sich welche physikalischen Schlüsse ziehen lassen.

→ beste Vorbereitung auf die kommenden Vorlesungen:
Grundlagen der Astronomie entlang der üblichen Systematik (Objektklassen) wiederholen. Die Objekte werden uns als Beispiele begegnen

Vom Regenbogen zum Spektrum

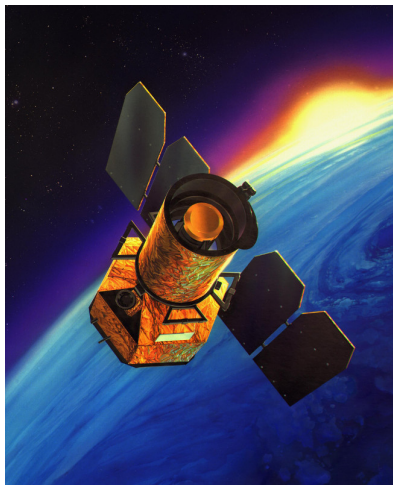


Modell: Thermische Strahlung (Planck)



Charakteristische Energieverteilung für Wärmestrahlung: je größer die Temperatur, desto mehr energiereiche Lichtteilchen

Beobachtung: Wellenlängenbereiche



NASA-Weltraumteleskop GALEX
(UV) Bild: NASA / JPL

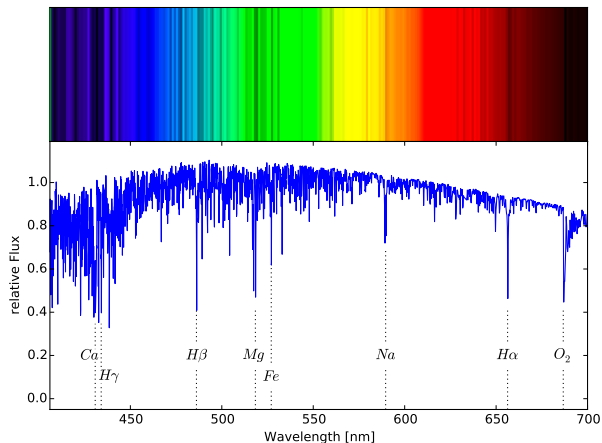
Björn Malte Schäfer & Markus Pössel



ALMA-Observatorium (mm /
submm) Bild: ALMA (ESO / NRAO / NAOJ)

Rote Riesen, Schwarze Löcher - woher wissen wir das alles?

Modell: Atome und Spektrallinien



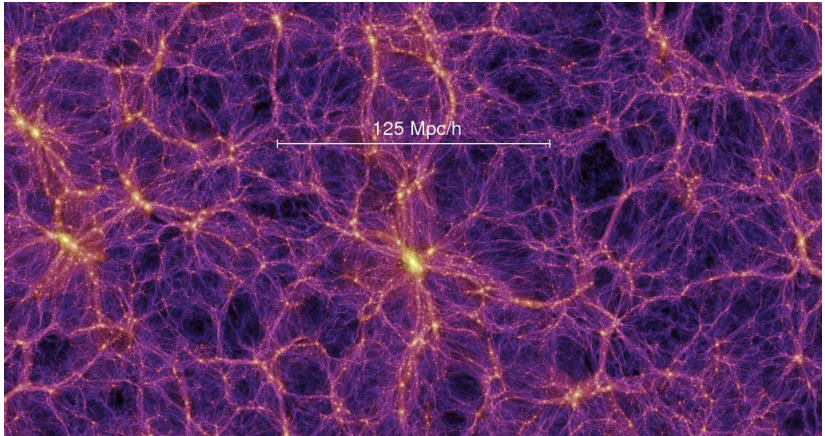
Spektrallinien enthalten viele Informationen: Chemische Zusammensetzung, Temperatur, Bewegungen (Doppler-Effekt).

Daten nach Reiners et al. 2016

Unterschiedliche Komplexität:

- N-Körper-Simulationen: Sonnensystem, Galaxienkollisionen, großräumige Struktur
- Stabilität: Kräfte und Gegenkräfte
- (Magneto-)Hydrodynamik: Fluide im Fluss

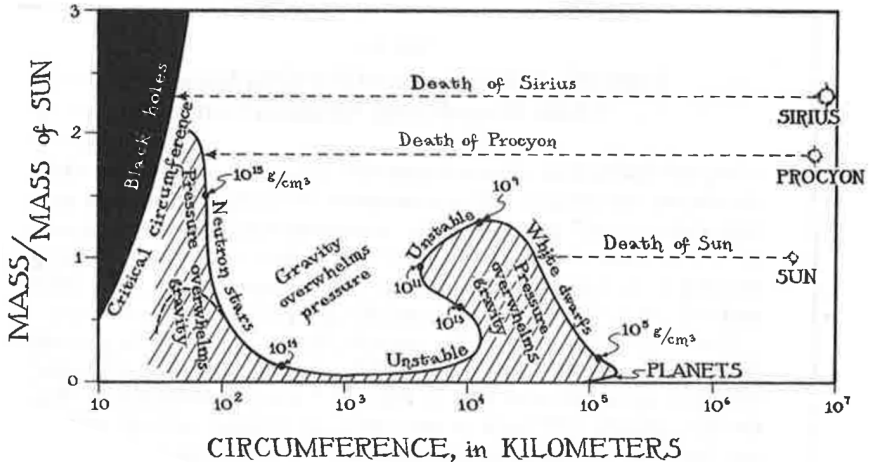
N-Körper-Simulationen



Millennium-Simulation 2005: 10 Mia. Teilchen, Strukturbildung auf Skalen bis rund 700 Mio. Lichtjahre Bild: Volker Springel

Stabilitätsbetrachtungen

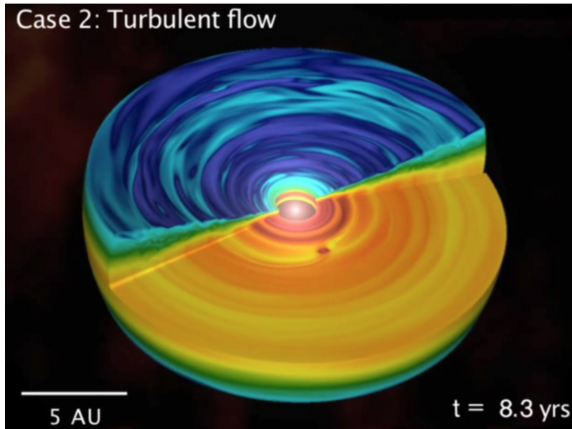
Statisches Gleichgewicht oder Flussgleichgewicht: Was ist überhaupt stabil?



Quelle: Abb. 5.5. in Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps*, W.W. Norton 1994

(Magneto-)Hydrodynamik

Komplexere Interaktionen: Druck, Magnetfelder, Flüsse, Turbulenz



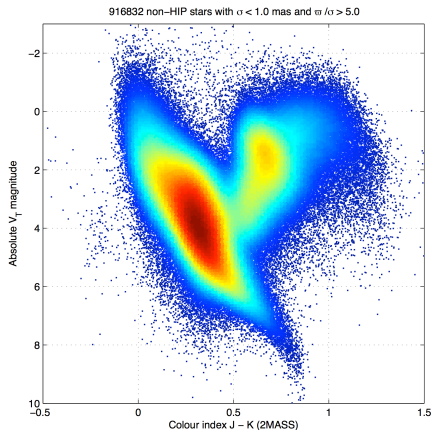
Simulation einer protoplanetaren Scheibe. A. Uribe / H. Klahr / Th. Henning (MPIA)

Zeitliche Entwicklung

Typische astronomische
Zeitskalen sind lang:
 $10^5 - 10^{10}$ a.

Keine direkte Verfolgung
("abfilmen") möglich!

Stattdessen: Statistik!



Hertzsprung-Russell-Diagramm

Bild: ESA/Gaia/DPAC/IDT/FL/DPCE/AGIS

Rote Riesen, Schwarze Löcher - woher wissen wir das alles?

Zeitliche Entwicklung

Endliche Lichtgeschwindigkeit + homogenes Kosmos =
Querschnitt durch kosmische Geschichte

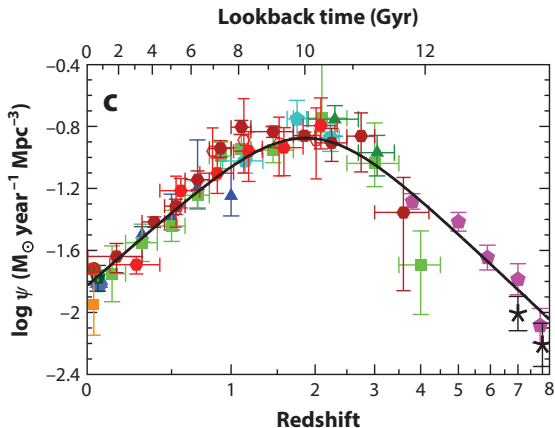


Figure 9 in Madau & Dickinson 2014

Beobachtungen: Durchmusterungen

Repräsentative Stichprobe von Objekten bestimmter Klasse → Statistik



Pan-STARRS1: 75% des Himmels mit 1,8-Meter-Spiegel, 30
zeitversetzte Aufnahmen

Bild: Bob Ratkowski

Wie es weitergeht

Ziel der Vorlesung:

Astronomische **Beobachtungen** und **Modelle** betrachten

Unüblicher Querschnitt durch die Astronomie (Grundkenntnisse der üblichen Systematik sind hilfreich)

Kein Anspruch auf Vollständigkeit

Die heutige Vorlesung als Blogbeitrag:

<http://scilogs.spektrum.de/relativ-einfach/methoden-der-astronomie>

Vorlesungsfolien (nicht immer gleich im Anschluss) auf

<http://www.haus-der-astronomie.de/astromethoden-nichtphysiker>

Dringende Empfehlung zur Vorbereitung: Astronomisches Grundwissen auffrischen auf <http://scilogs.spektrum.de/relativ-einfach/astronomisches-grundwissen-1/> (10 Teile)