EINFÜHRUNG

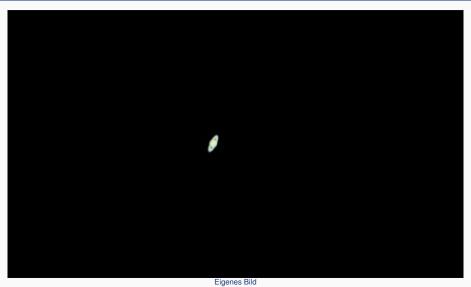
Das Sonnensystem und seine nächsten Verwandten für Nicht-Physiker

Markus Pössel

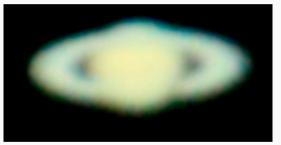
Haus der Astronomie

Universität Heidelberg, WS 2022/2023

BLICK NACH AUSSEN



EINFACH SELBSTGEMACHT VS. SPITZENTECHNIK



Eigenes Bild



Bild: NASA/JPL/Space Science Institute

Sonne und Planeten des Sonnensystems

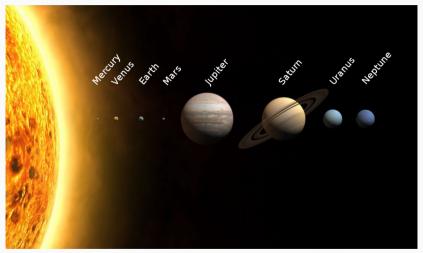
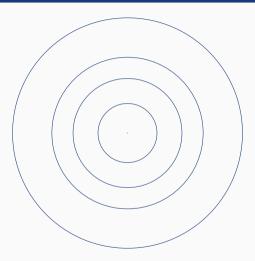


Bild: Planets2013 von Nutzer WP via Wikimedia Commons unter Lizenz CC BY-SA 3.0

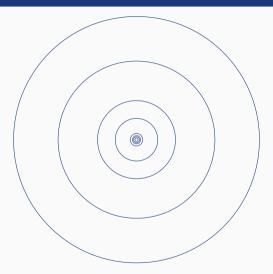
Relative Größen maßstabsgetreu, relative Abstände nicht

Abstandsverhältnisse im Sonnensystem



Inneres Sonnensystem bis Mars, keine Exzentrizitäten, Sonne maßstabsgetreu

Abstandsverhältnisse im Sonnensystem



Gesamtes Sonnensystem, keine Exzentrizitäten, Sonne maßstabsgetreu

5

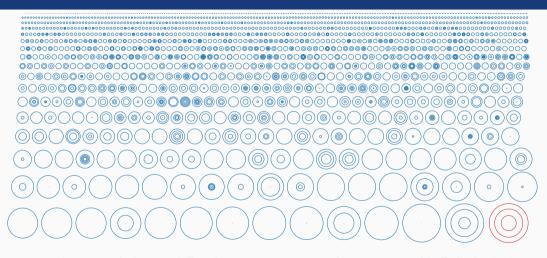
DIE ENTFERNTEN VERWANDTEN: EXOSYSTEME



Bild: ESO / N. Bartmann/spaceengine.org

Künstlerische Darstellung eines der Planeten des TRAPPIST-1-Systems 7 erdähnliche (?) Planeten in 40 Lichtjahren Entfernung von uns

DIE ENTFERNTEN VERWANDTEN: EXOSYSTEME



1387 (von 3839 bekannten) Exoplanetensystemen vs. Sonnensystem bis Erdbahn (rot)

Daten von http://exoplanet.eu, Sterne um 50% größer gezeigt

Weltbilder: Ptolemäus vs. Kopernikus

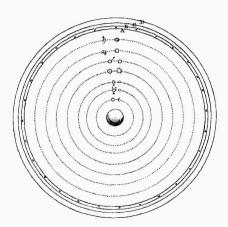
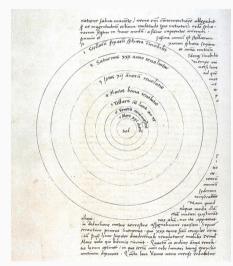


Abb. aus: Diderot/D'Alembert, Encyclopédie



De revolutionibus orbium coelestium (1543)

Newtonsche Gravitation und Kepler

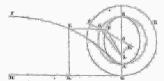
108 PHILOSOPHIÆ NATURALIS

De More rum puncha onnala per longitudines aequationibus definitas, id eff, Coreasas per longitudinum rationes complicatas, determinari pollunt; cetterafque (ut fiprales, quadratrices, trocholes) géometrie irrationales. Nam longitudines quae funt vel non funt ut numerus ad numerum, quemadmodum in decimo elementorum) funt arithmeticerationales vel irrationales. Aream igitur ellipfeos tempori proportionalem ablicinò per curvan geometric irrationalem ut Equitur.

PROPOSITIO XXXI. PROBLEMA XXIII.

Corporis in data trajectoria elliptica moti invenire locum adtempus affiguatum.

Ellipfeos APB fit A vertex principalis, S ambilicus, & O centrum, fique P corporis locus inveniendus. Produc OA at G, at G of OG ad OA and OA at OA a



est tempus, quo corpus progrediendo ab A descripit arcum AP, ad tempus revolutionis unius in ellipsi. Erigatur perpendiculum KL occurrens trochoidi in L, & aca LP ipsi KG parallela occurret ellipsi in corporis loco quastio P.

Isaac Newton (*Principia*, 1687):

- Mechanik und Formel für Gravitationskraft
- Grundlage für physikalische Beschreibung der Bewegungen im Sonnensystem
 - Umlaufbahnen
 - Störungen
 - ► Gezeitenkräfte

S

Was können wir verstehen?

Ernest Rutherford: "Science is either physics or stamp collecting."

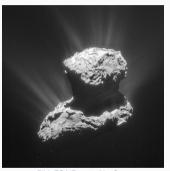


Bild: ESA/Rosetta/NavCam unter Lizenz CC BY-SA IGO 3.0

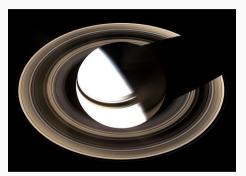


Bild: NASA/JPL/Space Science Institute



Bild: NASA/JPL-Caltech/SwRl/MSSS/Gerald Eichstädt /Seán Doran

Nutze Physik, Chemie, Planetologie/Geowissenschaften (mindestens auf der Erde: auch Biologie!) um Strukturen zu erklären: Gleichgewichte, Flüsse, Temperaturen, Dichten, Interaktion mit Licht. Dabei wichtig: Entstehungsgeschichte!

Wie finden wir etwas über Planeten/Sonnen heraus?



Bild: NASA/JPL-Caltech/MSSS

Im Sonnensystem: Hinfliegen, herumfahren! (Hier: Curiosity)

Teleskop-Detailbeobachtungen



Eigenes Bild

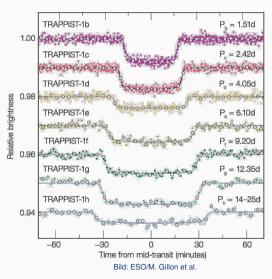


Bild: ESO/University of Oxford/L. N. Fletcher/T. Barry

Teleskop-Lichtkurven



Bild: E. Jehin/ESO



STERNENTSTEHUNGSGEBIET, HIER: LUPUS 3 MIT DUNKELWOLKEN



Bild: ESO / R. Colombari

Protoplanetare Scheibe um jungen Stern: Ort der Planetenentstehung

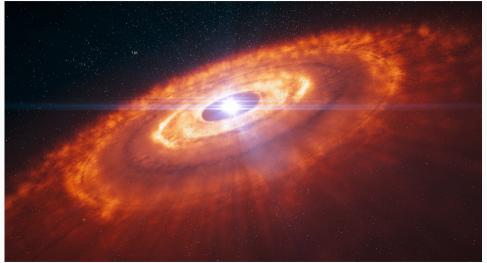


Bild: ESO / L. Calada

Simulationen ⇒ Entstehung nachvollziehen, hier: Planet in Scheibe

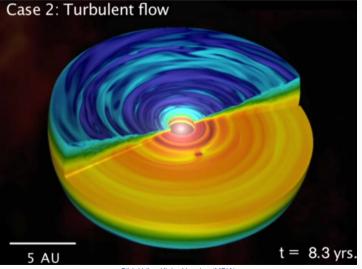
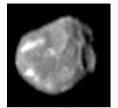


Bild: Uribe, Klahr, Henning (MPIA)

STABILITÄT UND FORM: AB WANN IST EIN OBJEKT RUND?



Jupitermond Amalthea, $R=84\,\mathrm{km}$ Bild: NASA/JPL/Cornell University



Saturnmond Janus,
R = 90 km
Bild: NASA/JPL/Space Science Institute



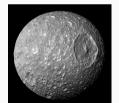
Saturnmond Phoebe,

R = 120 km

Bild: NASA/JPL/Space Science Institute



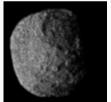
Saturnmond Hyperion,
R = 133 km
Bild: NASA/JPL/Space Science Institute



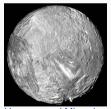
Saturnmond Mimas,

R = 200 km

Bild: NASA/JPL/Space Science Institute



Neptunmond Proteus, R = 210 kmBild: NASA/JPL



Uranusmond Miranda, $R=236 \,\mathrm{km}$ Bild: NASA/JPL-Caltech



Saturnm. Enceladus, $R=250\,\mathrm{km}$ Bild: NASA/JPL/Space Science Institute

DIE SONNE: EINZIGARTIGE CHANCE STERN AUS DER NÄHE ZU UNTERSUCHEN!

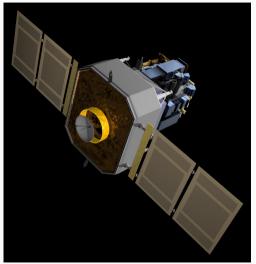
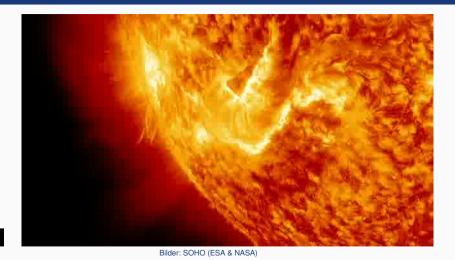


Bild: SOHO (NASA & ESA)



Bilder: SOHO (NASA & ESA)

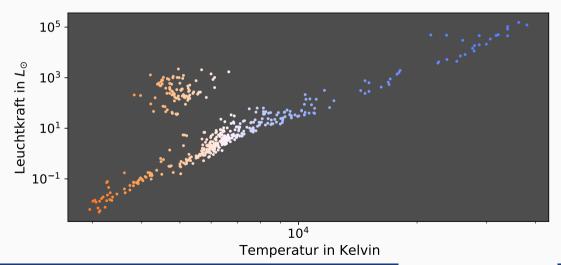
Komplexe Sonne: Aktivität



Aktivität, Magnetfeld, Detailstruktur: hochwertige, reichhaltige Informationen, komplexe Modelle!

STERNE ALLGEMEIN

Systematik Sterneigenschaften: Hauptreihensterne, Rote Riesen – Konsequenzen für Planeten!



ERDÄHNLICHE PLANETEN



Eigenes Bild



Eigenes Bild



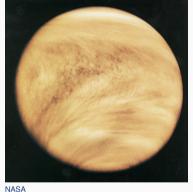
Bild: USGS



Eigenes Bild

Erdähnliche (terrestrische) Planeten



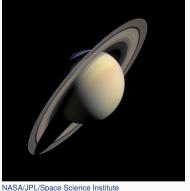


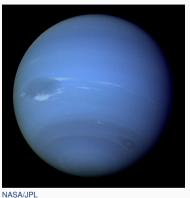


Erdähnliche Planeten sind sich untereinander gar nicht so ähnlich! Woher kommen die Unterschiede? Abstand von Sonne? Zusammensetzung?

GASPLANETEN







NASA, ESA, and A. Simon (NASA Goddard)

Woher kommen die Unterschiede? Abstand von Sonne? Zusammensetzung?

Große Vielfalt außerhalb: Heiße Jupiter, Mini-Neptune...

Monde: Beispiel Enceladus



NASA/JPL/Space Science Institute



NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

Aktivität durch Gezeitenwirkung

KOMETEN UND ASTEROIDEN, HIER: ASTEROID IDA MIT MOND DACTYL



...IST DA DRAUSSEN NOCH JEMAND?



Bild: Allen Telescope Array, Flickr-Nutzer brewbooks unter Lizenz CC BY-SA 3.0

Hier: Allen Telescope Array (Paul Allen), Nordkalifornien. Sendet da jemand?

Wahrscheinlicher als Radio-Nachrichten: Atmosphären-Spektren

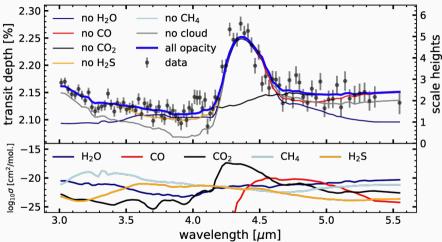


Fig. 3 in JWST Transiting Exoplanet Community Early Release Science Team 2022

Neu: Transitspektroskopie mit dem JWST — darauffolgende Generation: Lebensspuren?

Nächste Vorlesung

Weltbilder: von Ptolemäus zum Newton'schen Sonnensystem