

Ausschnitte des Kapitels 1.1
auch als Video auf uwudl.de:
<https://t1p.de/26edl>

Ausschnitte des Kapitels 1.3
auch als Video auf uwudl.de:
<https://t1p.de/nbc2s>

I Einführung

→ 1 Motivation der Astronomie - Einführung

1.1 Himmelsbeobachtungen

1.2 Bedeutung der Astronomie / Sinnfragen

1.3 Der astronomische Erkenntnisprozess

II Orientierung am Himmel

III Beobachtungsmittel

IV Erkenntnisse aus den Positionsveränderungen der Gestirne

V Erkenntnisse aus dem Licht der Gestirne

VI Astronomischer Wissensstand

1. Astronomisches Grundverständnis zum Aufbau der Welt schaffen

2. Orientierung am Himmel erlernen

3. Verständnis der zeitlichen Veränderung der Himmelsobjekte erlernen

4. Differenzierung der Entfernungs- und Zeitskalen im Universum

1 Motivation der Astronomie

1.1 Himmelsbeobachtungen

1.1.1 Bloßes Auge

Abgeleitete Erkenntnisse

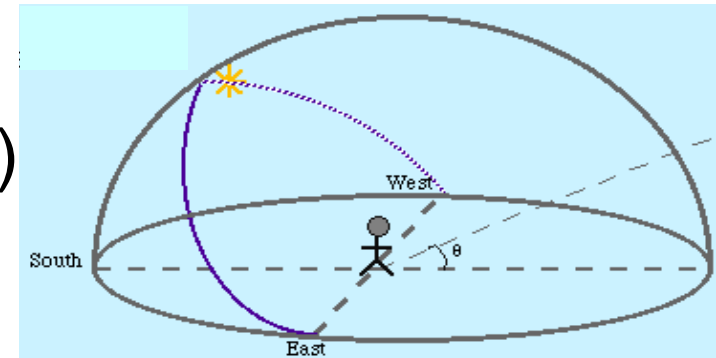
- ◆ Tag und Nachtzyklus
- ◆ Es drehen sich scheinbar um die Erde:
 - Sonne (inkl. Sonnenflecken)
 - Mond (inkl. Phasen)
 - Planeten
 - Sterne, Sternbilder
- ➔ daher historisches Weltbild:
 - Erde im Zentrum, alles dreht sich um die Erde
 - ➔ von katholischer Kirche gefördert:
 - Mensch = Krone der Schöpfung = im Zentrum der Welt

- ◆ Sternbilder (Fixsterne!) → 2.5
 - Auf- und Untergang der Sternbilder

- ◆ Bewegung der hellen Himmelsobjekte:
 - Sonne, Mond, Planeten laufen auf etwa gleicher Linie am Himmel
 - durch Tierkreissternbilder auf „Ekliptik“ → 2.6

- ◆ Ost-West-Bewegung von Sonne und Mond

- ◆ Bewegung der Planeten (Wandelsterne!)





Wie viel Grad hat ein rechter Winkel?

◀ A: 30

◀ B: 45

◀ C: 60

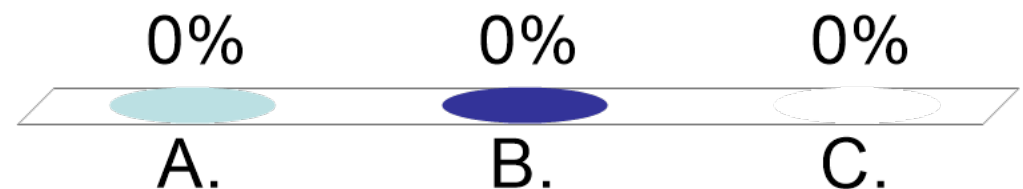
◀ D: 90

1

Habe Milchstraße schon einmal gesehen?

SS2025

- A. Ja, sicher
- B. Bin unsicher, evtl?
- C. Nein, leider nicht



◆ Milchstraße

- wir sind in Mitten eines „Licht-Tellers“
 - Fernrohr → besteht aus vielen Sternen
- wir sind nicht im Zentrum,
 - → Sommermilchstraße beeindruckender



◆ „Nebel“ und Sternhaufen am Himmel

- Andromedanebel (Galaxis, Fernrohr zeigt: besteht aus Sternen)
- Orionnebel (große Wasserstoffwolke)
- h und chi im Perseus, Plejaden, Hyaden, Praesaepe (Sternhaufen)

◆ unregelmäßige Ereignisse:

- Sternschnuppen, Feuerkugeln (z.B. 24.05.2004 FH Rosenheim)
- Kometen (z.B. Hale-Bopp 1996, Machholz 2005, Neowise 2020, Tsuchinshan-ATLAS 2024)
- Helligkeitsschwankungen von Sternen (Algol: Teufelsstern)
- Mond- & Sonnen-Finsternisse, Transits von Merkur und Venus
- Neue Sterne „Novae“
 - Supernovae:
 - 1054 im Krebs (China)
 - 1987A (in großer Magellanscher Wolke)
 - » siehe Bilder rechts →14.6; →16.5
 - Novae:
 - 2025 in der ‚Nördlichen Krone‘, siehe [Newsletter 181](#)
- seit 1957: auch Satellitenüberflüge



- ➔ Motivation alle diese Beobachtungen näher zu erforschen
 - ➔ Teleskope

- ◆ Kleinteleskope (1609ff), Großteleskope (1900ff), Weltraumteleskope (Hubble 1989, Webb 2022)
- ◆ Galilei (1609ff):
 - Jupitermonde
 - Wolken auf Jupiter
- ◆ Planeten: Oberflächendetails / Saturnringe
- ◆ Viele Sterne = Doppel- / Mehrfachsterne
- ◆ Milchstraße = viele Sterne
- ◆ Nebel = Gas oder viele Sterne
- ◆ Genauere Positionsänderungen von Gestirnen
- ➔ Motivation alle diese Beobachtungen näher zu erforschen
 - ➔ Raumsonden

1.1.3 Raumsonden (Auswahl)

- ◆ Lunar
- ◆ Apollo
- ◆ Erdbeobachtung (Raumstationen: Skylab, Mir, ISS, Tiangong)
- ◆ Voyager 1 & 2
- ◆ Helios, Ulysses, Stereo A+B
- ◆ Mariner, Viking, Mars Express, Curiosity, Perserverance
- ◆ Galileo
- ◆ Cassini & Huygens
- ◆ Dart, Deep Impact, Rosetta & Philae
- ◆ New Horizons
- ◆ Planck, eROSITA und mehr
- ◆

1.2 Bedeutung der Astronomie / Sinnfragen

Rolle und Bedeutung: historisch

- ◆ Direkte und praktische Bedeutung astronomischen Wissens
 - Jahreszeiten → Landwirtschaft (Nilschwemme...)
 - Zeitbestimmung → Kalender
 - Navigation
(→ Längengradmessung indirekt → Harris Uhren H1-H4 18. Jh.)
- ◆ und auch noch heute:
 - Astronomie als (älteste) Grundlagenwissenschaft
 - Motiviert durch Neugierde und Drang das Universum und unseren Platz darin zu verstehen
- ◆ jedoch: Naturwissenschaftliche Methode des Erkenntnisgewinns (→ 1.3)

◆ Philosophische Bedeutung

- Erkenntnis um ihrer selbst willen
- Weltbild: Rolle des Menschen im Kosmos
- Ursprung des Kosmos und des Lebens
- Ästhetik des Sternhimmels

◆ Sinnfragen

- Vorhersagen, basierend auf genauer Kenntnis
- der Positionen von Himmelskörpern
- Deutung der Punkte am Himmel
- wo kommen wir her? wo gehen wir hin?
 - Kleinheit des Menschen im Kosmos
 - Verhältnis Astronomie zu Astrologie
 - Babylon: → Astronomie = Astrologie
 - heute: Astronomie=Naturwissenschaft, Astrologie=Glaube (und/oder Lebenshilfe)

⇒ Öffentliches Interesse, Amateure, populärwissenschaftliche Literatur

Wichtiger Teil der Grundlagenforschung

◆ Ursprung vieler Erkenntnisse der modernen Physik

- Newtonsche Mechanik
- Lichtgeschwindigkeit (Ole Rømer)
- Atomphysik (Spektroskopie)
- Kernphysik
- Elementarteilchenphysik (Kosmologie)
- Relativitätstheorie
- Plasmaphysik, (Kernfusion)
- etc.

◆ Viele Nobelpreise für astronomische Entdeckungen / Methoden / Beiträge zur Wissenschaft

- 1936: kosmische Strahlung;; 2013: Higgs-Teilchen, 2015: Neutrinos, 2017: Gravitationswellen, 2020 Schwarze Löcher

| Year | Laureates | Citation |
|------|---|---|
| 1936 | V.F. Hess | Discovery of cosmic radiation |
| 1967 | H.A. Bethe | Nuclear reactions, energy production in stars |
| 1974 | M. Ryle A. Hewish | Contributions to radio astrophysics, discovery of pulsars |
| 1978 | A.A. Penzias R.W. Wilson | Discovery of the Cosmic Microwave Background |
| 1983 | S. Chandrasekhar W.A. Fowler | Evolution of stars, nuclear reactions |
| 1993 | R.A. Hulse J.H. Taylor | Discovery of binary pulsar, gravitational waves |
| 2002 | R. Davis M. Koshiba R. Giacconi | Contributions to Neutrino and X-ray astrophysics |
| 2006 | J.C. Mather G.F. Smoot | Blackbody form and anisotropy of the Cosmic Microwave Background |
| 2011 | S. Perlmutter B.P. Schmidt A.G. Riess | Discovery of the accelerated expansion of the Universe |
| 2015 | T. Kajita A.B. McDonald | Discovery of neutrino oscillations (solution to the solar neutrino problem) |
| 2017 | R. Weiss K. Thorne B. Barish | First direct observation of gravitational waves |
| 2019 | J. Peebles M. Mayor D. Queloz | Contributions to cosmology and discovery of exoplanets |
| 2020 | R. Penrose R. Genzel A. Ghez | Black hole formation and discovery of a supermassive compact object at the centre of the Milky Ways |



Physik-
Nobelpreise
mit Bezug zur
Astrophysik

◆ direkter Nutzen: kaum

□ Bsp: Relativitätstheorie/Quantentheorie:

- 1918 reinste theoretische Physik – heute: 20-30 % des BIP damit

◆ Technologieentwicklung

□ Forcierung von Neutechnologien → push

- Ceranfelder
- CCD-Bildsensoren seit 1983 in der Astronomie
- Kernfusion
- Entwicklungen für die Raumfahrt

□ aber auch Missbrauchsgefahr

- Supernovae vs Explosion von Atombomben
(siehe Astrophysik-Abteilung in Los Alamos und Livermore)
- Erforschung der Erdmagnetosphäre
vs Modelle des EMP (electromagnetic pulse)
- → Verantwortung von Wissenschaftlern

- ◆ Nutzen: kulturell, wissenschaftlich, technisch (s.o.)
- ◆ Kosten: bislang moderat – Tendenz steigend
- ◆ Trend zur Großforschung (auf viele Haushaltsjahre & Staaten verteilt)
 - z.B. Hubble-Weltraumteleskop: 6,4 Mia \$ davon 15% ESA
 - James-Webb-Weltraumteleskop 2022: 10 Mia \$ (3% ESA)
 - sonst: Kleinmissionen unter 100 Mio €, Großmissionen um 2 Mia €
 - 4*ESO VLT (Very Large Telescope der Europäer 2004) ca. 0,5 Mia €
 - ESO EELT (European Extremely Large Telescope 2028) 1,5 Mia €
Betrieb ca. 30 Mio €/a
- ◆ 750 Berufsastronomen in Deutschland 700 IAU-Mitglieder, 800 in AG
 - +ca. 200 Promovenden
- ◆ ca. 12.500 aktive Astronomen weltweit (IAU-Mitglieder)
- ◆ Ökologische Belastung:
 - gering
 - Oft ähnliche Interesse (z.B. Reduktion der Lichtverschmutzung)

- ◆ Beobachtung → Modell
 - Erde im Mittelpunkt (alles dreht sich um die Erde)
 - auch religiös unterstützt (Mensch als Krone der Schöpfung)
 - Verkomplizierungen um Modell unbedingt zu halten
 - „keine bessere Idee / kein besseres Modell“
- ◆ Kirche als Bremsklotz im Erkenntnisprozess
 - Kirchenvertreter lehnen es ab durch Galileis Fernrohr zu schauen
- ◆ Erst seit 17. Jahrhundert naturwissenschaftliche Methodik

1.3.2 Moderne Astronomie

Naturwissenschaftliche Methodik

Physik

als
Beschreibungsmethode
für
Naturbeobachtungen
(Elementarteilchen -> Universum)

Astronomie = Astrophysik

Beobachten,

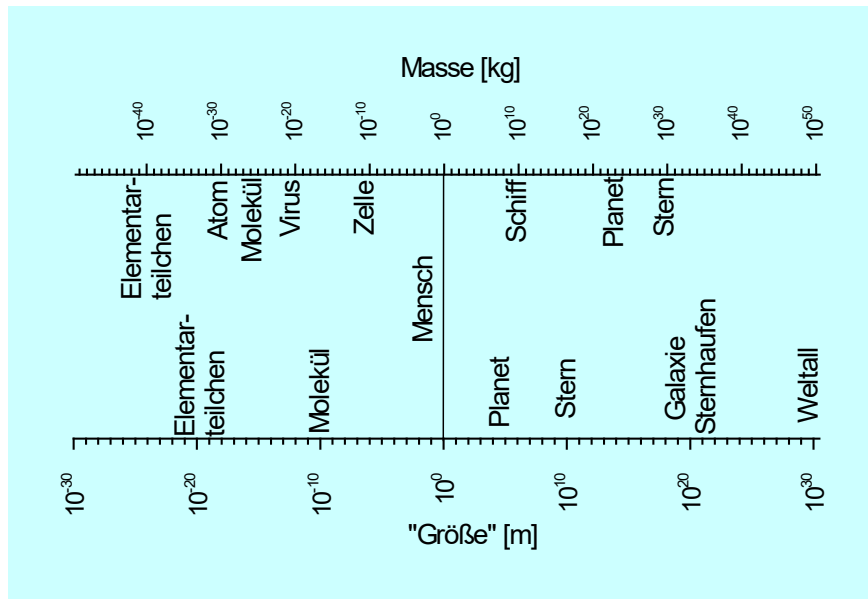
d.h. Experimentieren, Messen, Vergleichen

Beschreiben,

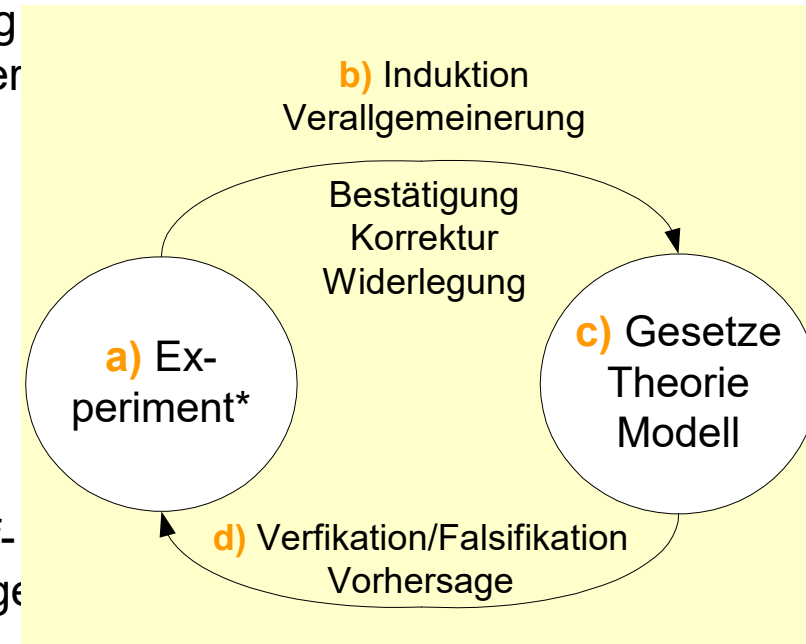
d.h. Protokollieren, Auswerten, Visualisieren

Modellieren,

d.h. allg. mathematische Beschreibungen
und deren Randbedingungen formulieren



- a) „Experiment“* → Zusammenhang phys. Größen
- b) Induktionsschluss ($n \rightarrow n+1$) = Verallgemeinerung
(wichtig: Konstanz der Ausgangsparameter, Übertragung des deterministischen Prinzips in andere Gebiete schwierig)
 - z.B. hängt Interviewantwort von Art der Fragestellung ab
- c) Formulierung physikalischer Gesetze = Theorie
(Einstein: physikalisches Gesetz = Messvorschrift)
 - Überprüfung des Experimentes
 - Bildung von Vorhersagen → Deduktion
 - z.B. Bahnkurven (z.B. Mondlandung)
 - wichtig für den Ingenieur: Vorhersage des künftigen Verhaltens von Maschinen und Schaltungen
- d) Verifikation/Falsifikation (Überprüfung) von Gesetzen in Experimenten
→ evtl. Korrekturen an Gesetzen



| | |
|---|--|
| deterministisches Prinzip: alles ist vorherbestimmt. | |
| Biologie: | Darwinismus |
| Geschichte: | Marxismus, Determiniertheit |
| Medizin: | Isolierung von Krankheiten |
| BWL: | OR (Operationsresearch), Betriebsinformatik, Prozessabläufe in Betrieben |

*astronomisches Experiment:

- **Beobachtung mit Auge/Fernrohr**
 - **Analyse des Lichtes**
 - **Analyse Positionsveränderungen**

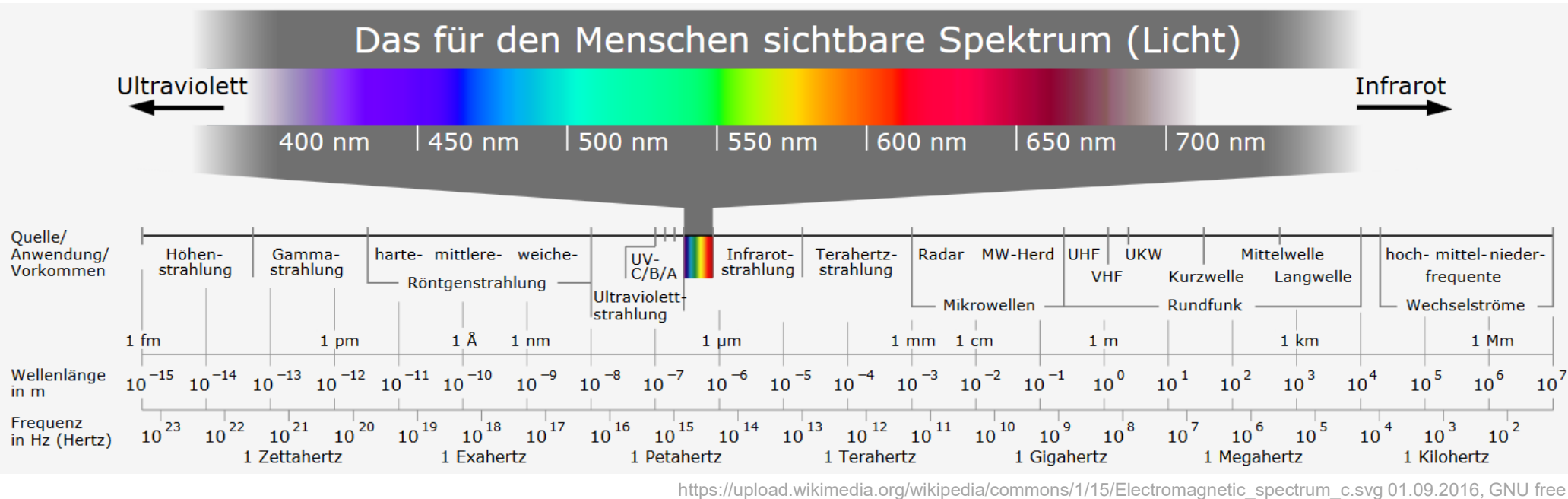
◆ Allgemeines Problem:

- Meist Beobachtung ferner Systeme von Erde oder aus Erdorbit
- Keine Manipulation des Systems durch Experimente möglich
 - Ausnahme: Naherkundung des Planetensystems durch Sonden / Lander.

◆ Träger der Informationen:

- Erkenntnisse aus den Positionsänderungen der Gestirne
- Erkenntnisse aus dem Licht der Gestirne (Hauptinfoquelle)
 - Photonen (sichtbares Licht, Infrarot, UV, Radiostrahlung etc)
- Erkenntnisse aus anderen Teilchen
 - Neutrinos
 - Geladene Teilchen (kosmische Strahlung)
 - Staub / Meteorite
- Gravitationswellen (Wellen in der Raumzeit)

◆ Überwiegend genutzte Informationsquelle

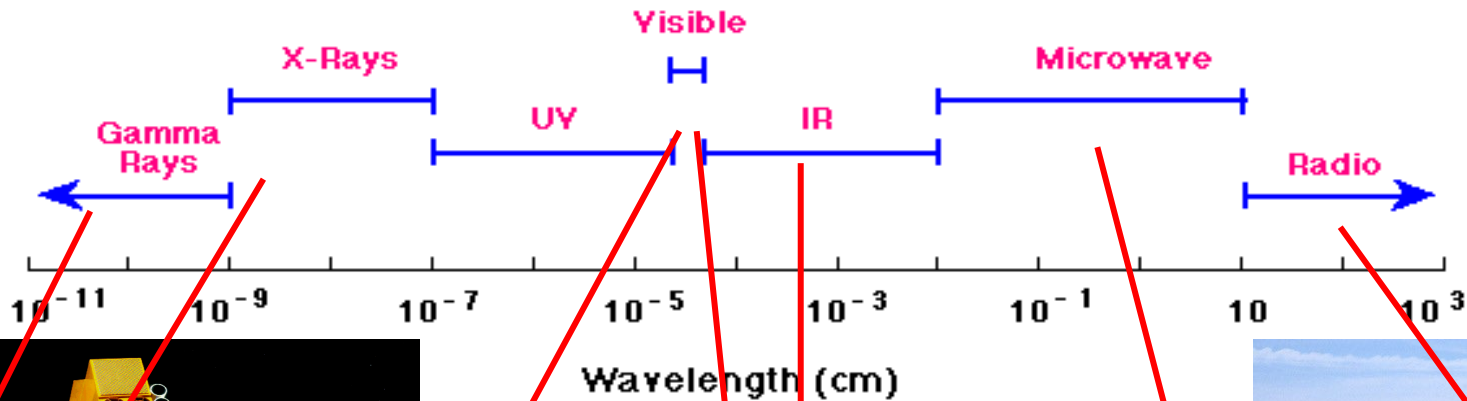


- historisch: nur sichtbares Licht (sehr kleiner Teil des Spektrums)
- heute: alle Wellenlängen (teils von der Erde, teils von Satelliten)
 - dies hat unser Wissen über das Universum vervielfacht

Teleskope anderer Spektralbereiche

Astronomisch genutzte Teile des Spektrums

Das elektromagnetische Spektrum:
heute durch Satelliten ganz für die Astronomie erschlossen



Integral

Mauna Kea

Chandra

VLT

ISO

HST

**IRAM
30m**

Effelsberg 100m

- ◆ Entfernungen
 - zu Planeten, Sternen, Galaxien
- ◆ Physikalische Größen von astronomischen Objekten (Planeten, Sternen, Galaxien, Staub, Gas etc)
 - Masse
 - absolute Helligkeit
 - Temperatur, Zusammensetzung, Entwicklung
- ◆ zeitliche Entwicklung von Sternen, Planeten, Galaxien
 - Leben, Altern und Sterben von Sternen - Lebenskreislauf
- ◆ zeitliche Entwicklung des Universums
 - Urknall, Entstehung von Teilchen
 - Entstehung von Sternen und Galaxien, Zukunft des Universums

- ◆ *Das Handout der Folien ist nur zum persönlichen Gebrauch für die Studierenden der Lehrveranstaltung bestimmt und darf nicht an Dritte weitergegeben (oder auf andere Plattformen hochgeladen) werden.*
- ◆ *Für die verwendeten Grafiken liegen Erlaubnisse der Urheber für diesen Zweck vor, oder sie sind gemeinfrei (z.B.: creative commons = CC) oder die Verwendung fällt unter das Zitierrecht.*
- ◆ *Details:*
 - *NASA-Fotos & ihrer Weltraummissionen sind gemeinfrei (www.nasa.gov)*
 - *ESO-Fotos fallen unter CC 4.0 (www.eso.org)*