

# Quasare



# Gliederungspunkte



1. Entdeckung und Herkunft
2. Charakteristik eines Quasars
3. Spektroskopie und Rotverschiebung
4. Wie wird ein Quasar erfasst?
5. Funktionsweise eines Radioteleskopes
6. Radio-Jets

# 1. Entdeckung und Herkunft

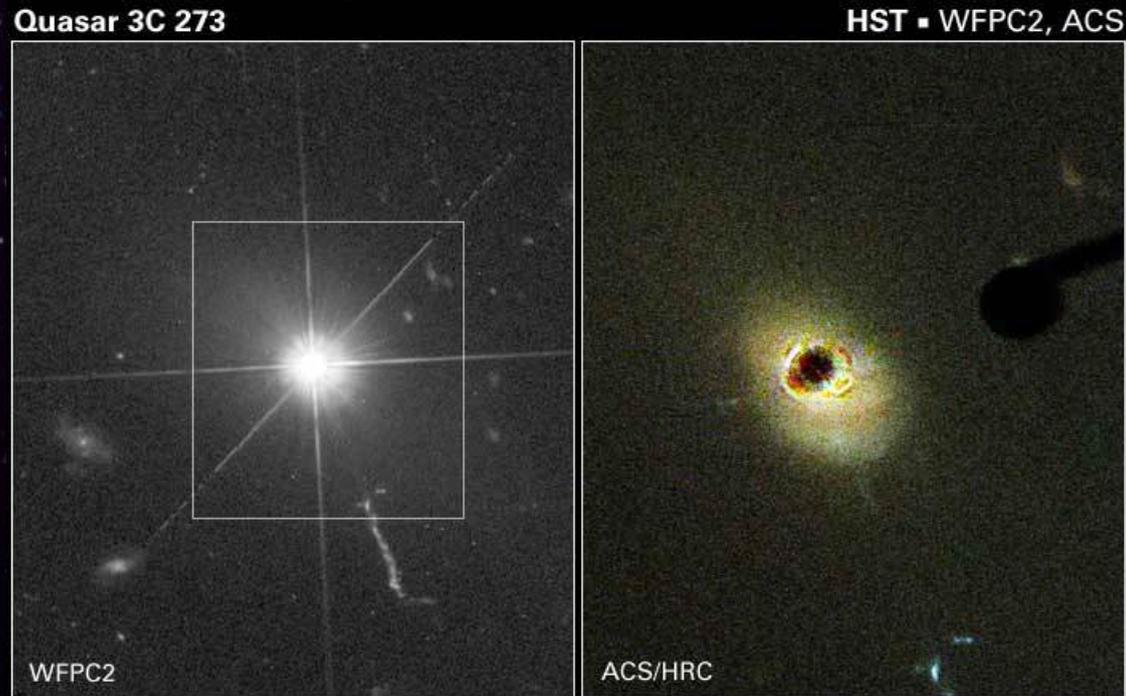
Die Bezeichnung "Quasar" ist die Abkürzung für engl. "quasi-stellar radio source" (quasistellare Radioquelle).

Historisch bezeichnete sie Radio emittierende Objekte, die in den 1960er Jahren nicht mit Galaxien identifiziert werden konnten, sondern in Beobachtungen mit optischen Teleskopen blau und sternförmig erschienen.

1963 stellte Maarten Schmidt fest, dass der Quasar 3C 273 kein naher Stern ist, sondern sehr weit entfernt ist.



**Spätere Beobachtungen zeigten, dass die hellen sternartigen Quasare doch in die Kerne von Galaxien eingebettet sind.**



## 2. Charakteristik eines Quasars

Quasare sind die leuchtstärksten Objekte im Universum und befinden sich extrem weit weg von der Erde (i.d.R. mehr als als 5 Mrd. Lichtjahre).



**Wenn sich Quasare doch so weit weg von der Erde befinden, wieso leuchten sie dann so stark und woher nehmen sie die Energie dazu?**



- **Ein Quasar hat die Leuchtkraft von Milliarden Sonnen**
  - > diese Energie kommt nur aus dem Zentrum
  - > dort befindet sich ein Schwarzes Loch, das Gas und Staub akkretiert
  - > für die Energie muss min. eine Sonnenmasse/Jahr “geschluckt” werden (<--kontinuierlicher Gasfluss)

**Jedes Teilchen hat eine eigene Umlaufbahn, aber es kommen immer mehr Teilchen dazu**

**--> sie werden nach innen gedrückt**

**--> starke Reibung**

**--> Anstieg der Temperatur**

**--> sichtbares Licht und Röntgenstrahlung werden ausgesendet**

**--> durch Akkretion werden nahezu 40% der Materie in Energie umgewandelt**

**--> all dies spielt sich in der sogenannten Akkretionsscheibe ab**



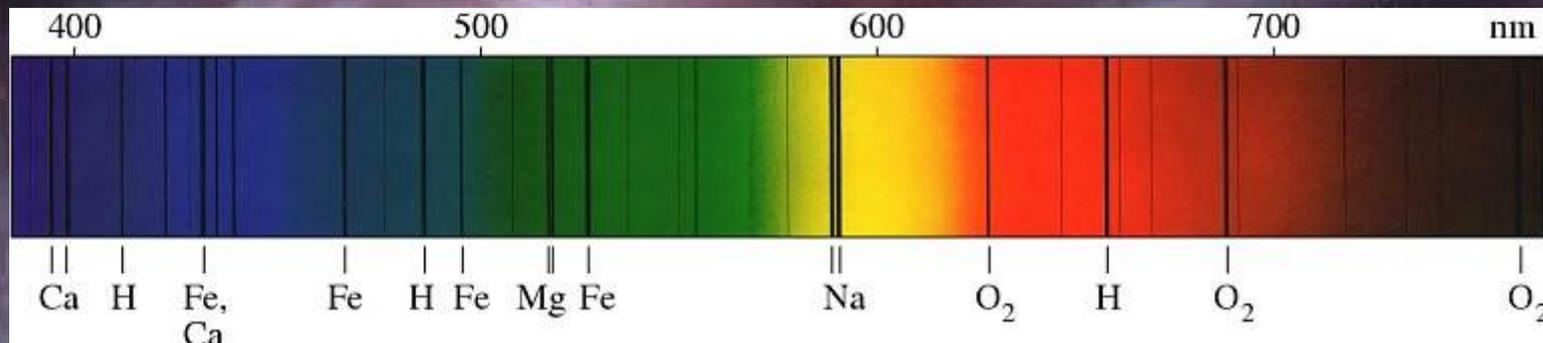
**Die Entfernung von Quasaren...**

**- kann durch die Rotverschiebung im optischen Spektrum herausgefunden werden**

# 3. Spektroskopie und Rotverschiebung

## 3.1 Stoffe durch Spektroskopie entdecken

- Zerlegung weißen Lichts in seine einzelnen Farben (Frequenzen) nennt sich Spektroskopie



- dunkle Linien (Fraunhofer-Linien)

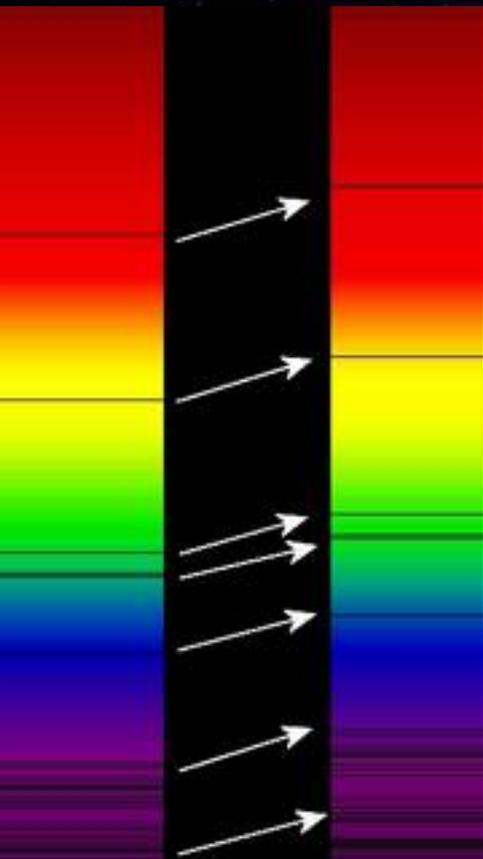
--> Gasatome in der Sonnenatmosphäre absorbieren

Licht bei ganz bestimmten Frequenzen

- durch Analyse der dunklen Linien kann man chemische Zusammensetzungen ablesen

## **3.2 Rotverschiebung:**

- Verlängerung der Wellenlänge gegenüber ursprünglicher Strahlung**
- durch Analyse der Spektrallinien messbar**
- zwei Ursachen:-Relativbewegung-->Quelle - Beobachter**
- expandierendes Universum**

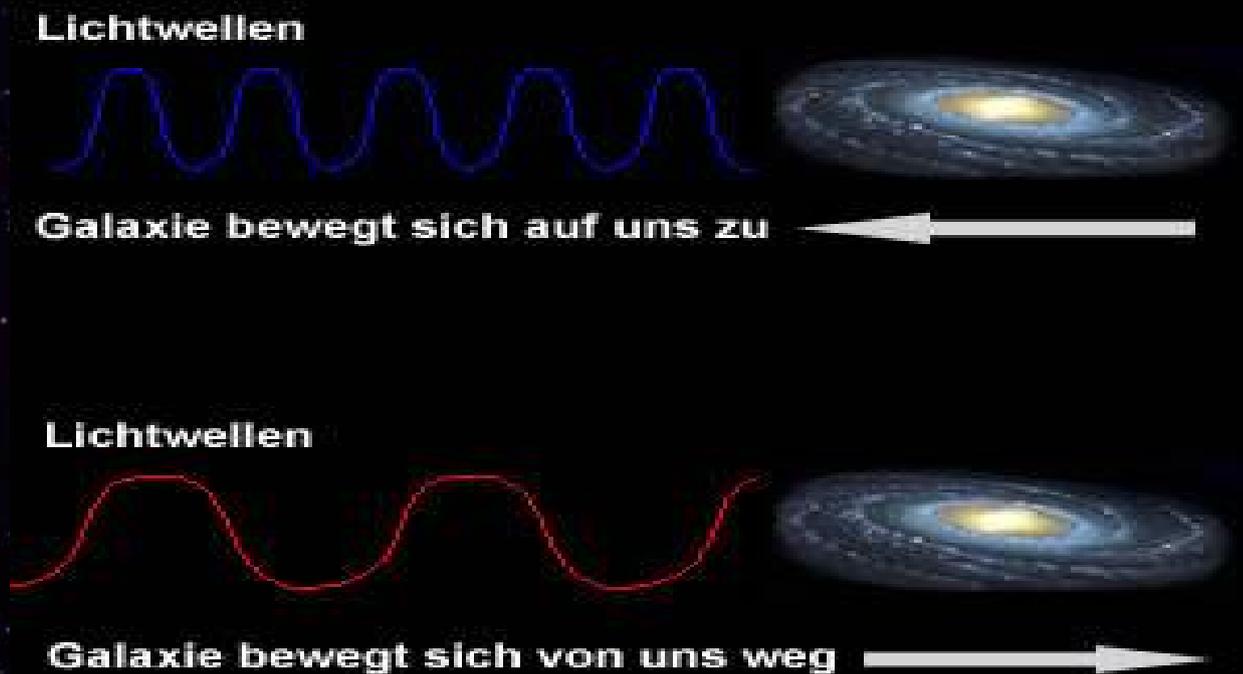


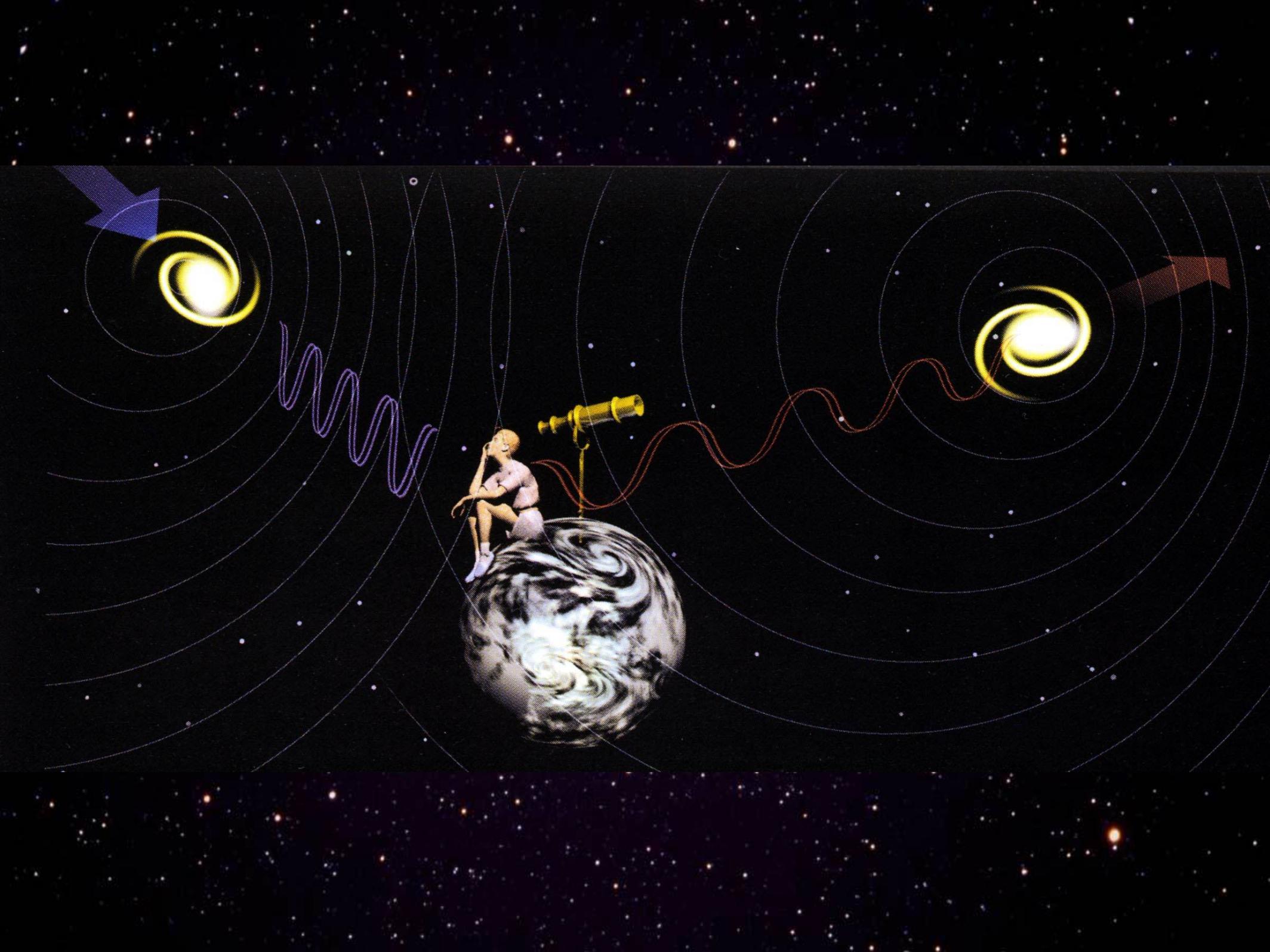
**Illustration der  
Rotverschiebung der  
Spektrallinien für  
einen weit entfernten  
Supergalaxienhaufen  
(BAS11) rechts im  
Vergleich zur Sonne  
links**

### 3.2.1 Relativbewegung:

Ein Beobachter betrachtet eine sich entfernende Lichtquelle, so werden Wellenzüge mit verringerter Frequenz wahrgenommen --> zum roten Ende des Spektrums verschoben (Dopplereffekt)

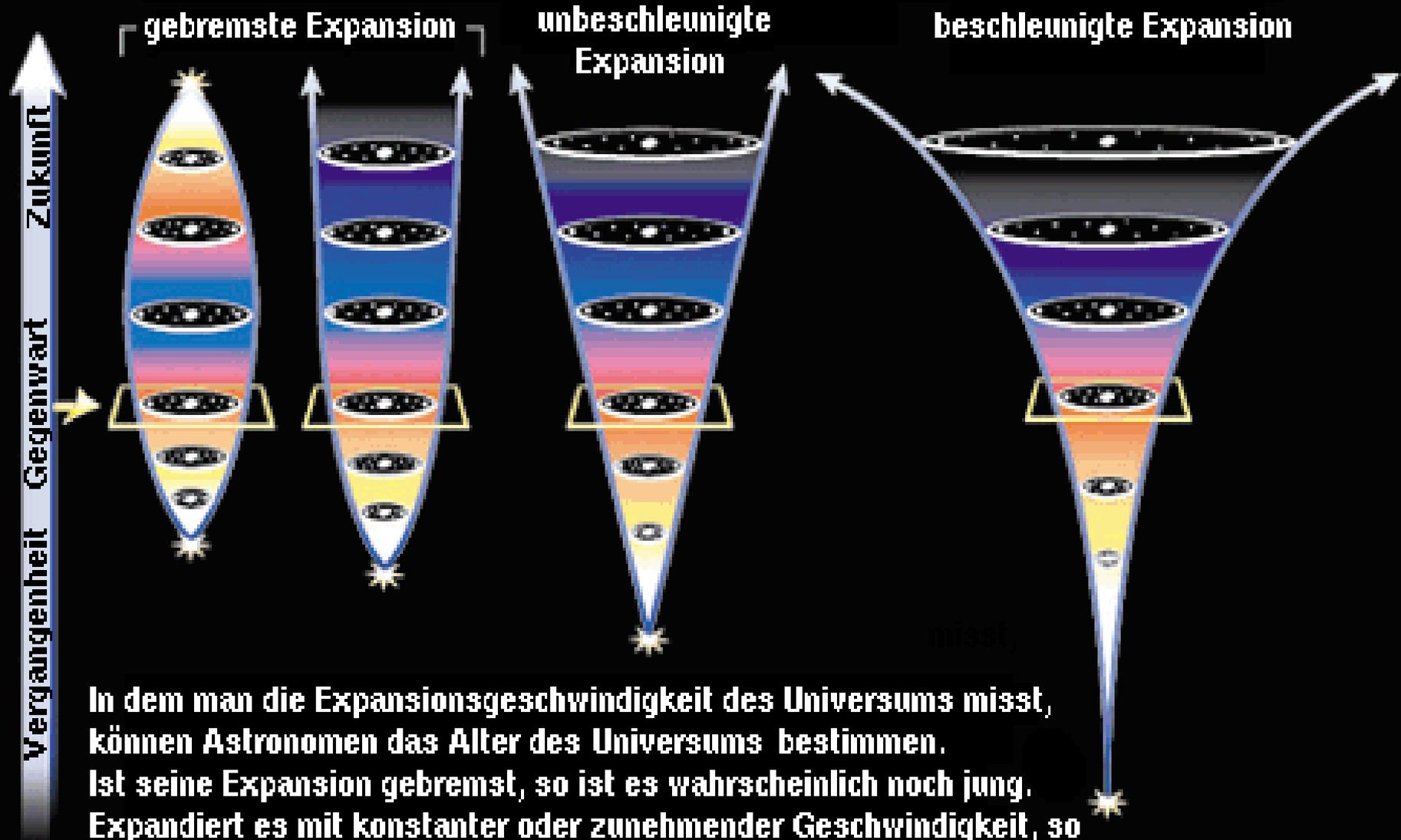
Veränderung der Frequenz prop. zur Geschwindigkeit





## 3.2.2 Expandierendes Universum: -beschleunigte Expansion

### Mögliche Weltmodelle



In dem man die Expansionsgeschwindigkeit des Universums misst, können Astronomen das Alter des Universums bestimmen. Ist seine Expansion gebremst, so ist es wahrscheinlich noch jung. Expandiert es mit konstanter oder zunehmender Geschwindigkeit, so dürfte es wahrscheinlich älter sein.

# 4. Wie wird ein Quasar erfasst?

z.B. durch Strahlung im Radiobereich

## Was sind eigentlich Radiowellen?

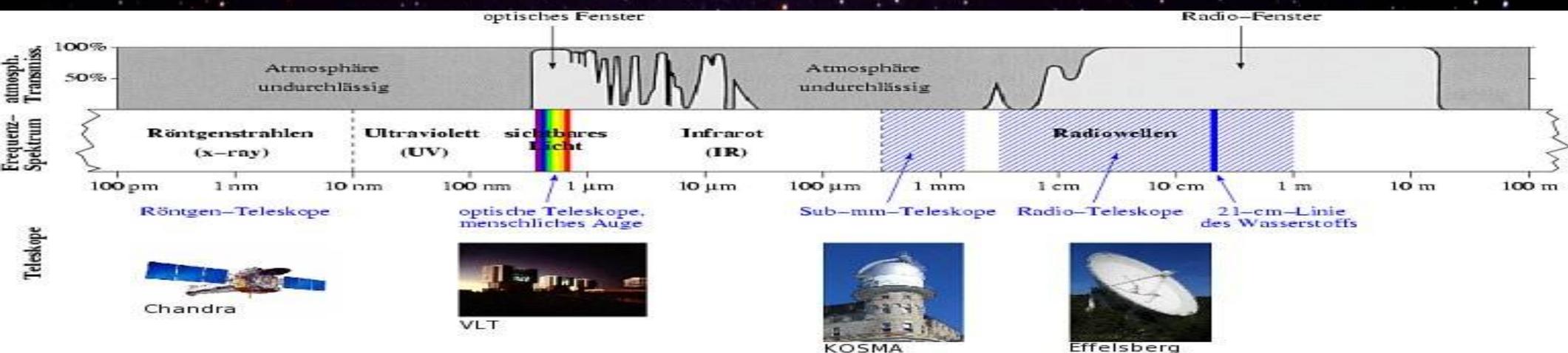
- Ausstrahlung von Rundfunk und Radio

- elektromagnetische Wellen

--> "Licht" einer für Menschen nicht wahrnehmbaren Wellenlänge

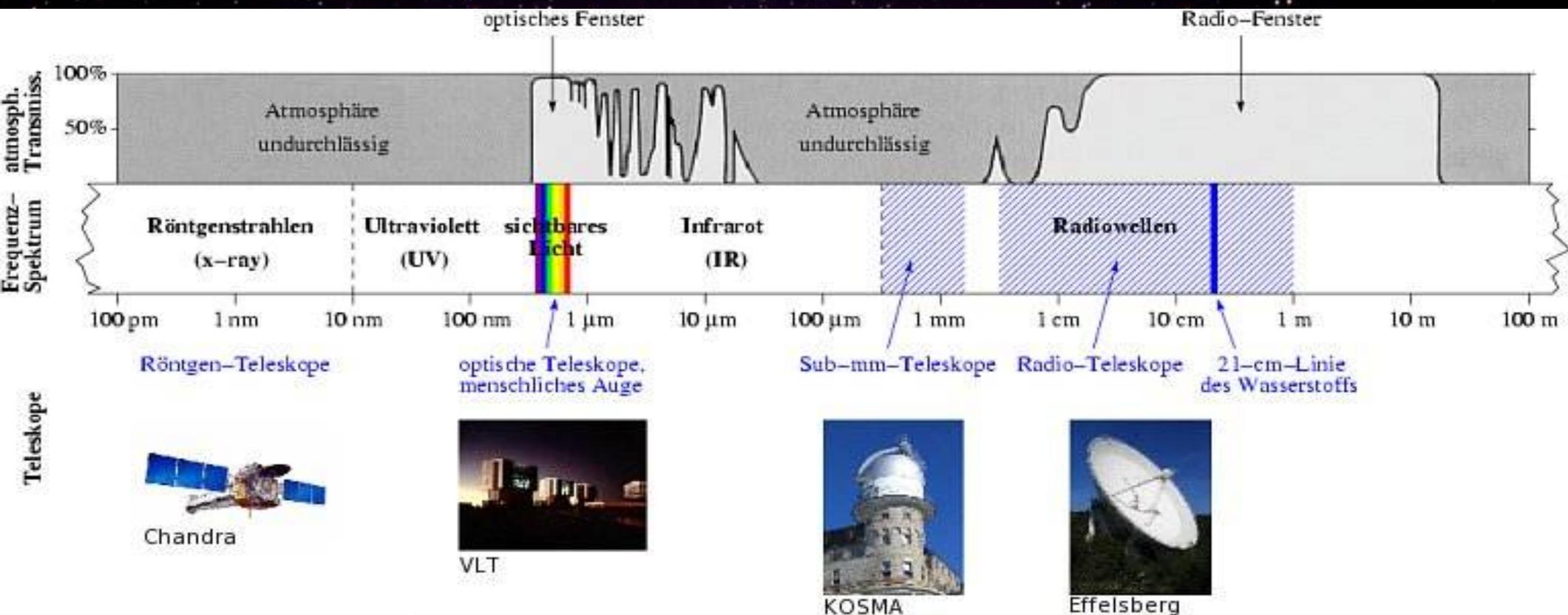
--> etwa 100 Mikrometer bis hin zu einigen Kilometern

- Radiowellen nehmen grossen Teil des Spektrums ein



# Das Wichtigste in diesem Zusammenhang

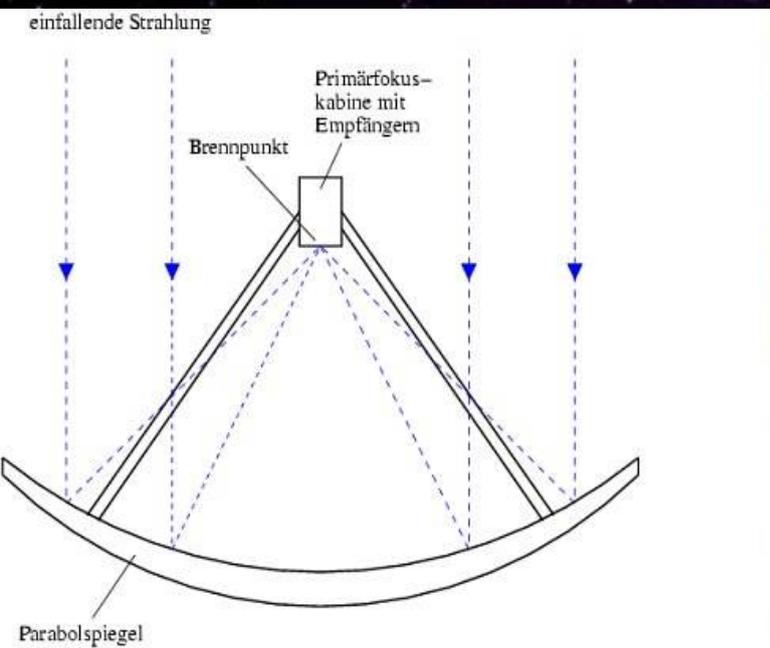
- auch Gaswolken und Sterne senden Strahlung aus
- Erdatmosphäre absorbiert Teil der Wellenlängen
- Satelliten-Teleskope für Infrarot, Röntgen etc.



Das sichtbare Licht gehört zu dem Teil, der durchkommt (das sogenannte "optische Fenster")  
Der größte Bereich ist das Radio-Fenster.

# 5. Funktionsweise eines Radioteleskops

- Grundaufbau wie optische Spiegelteleskope
- Parabolspiegel reflektiert und bündelt Radiostrahlen
- Empfänger, die Strahlung in elektrische Signale umwandeln



Links: schematischer Schnitt durch ein Radioteleskop. Rechts: das 100-Meter-Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie bei Effelsberg in der Eifel.

**Technische Daten**  
**Masse: 3200 Tonnen**  
**Oberfläche: 7.850 m<sup>2</sup>**  
**Fundamentdurchmesser: 64 m**  
**Spiegeldurchmesser: 100 m**  
**Brennweite: 30 m**  
**Oberflächengenauigkeit: <0,5 mm**  
**Winkelauflösung: >10"**  
**Wellenlänge: 3,5 mm bis 730 mm**  
**Horizontaldrehung: 12 Minuten/360°**  
**Vertikaldrehung: 6 Minuten/90°**



**Diese Abbildungen zeigen das Radioteleskop Effelsberg, welches, mit seinem 100m Durchmesser, das zweitgrösste bewegliche Radioteleskop der Welt ist.**

# Problem

Im Vergleich zum Licht hat Radiostrahlung sehr große Wellenlängen

--> Radioteleskope müssen sehr groß sein. Trotzdem ist das Auflösungsvermögen im Gegensatz zu optischen Teleskopen sehr gering

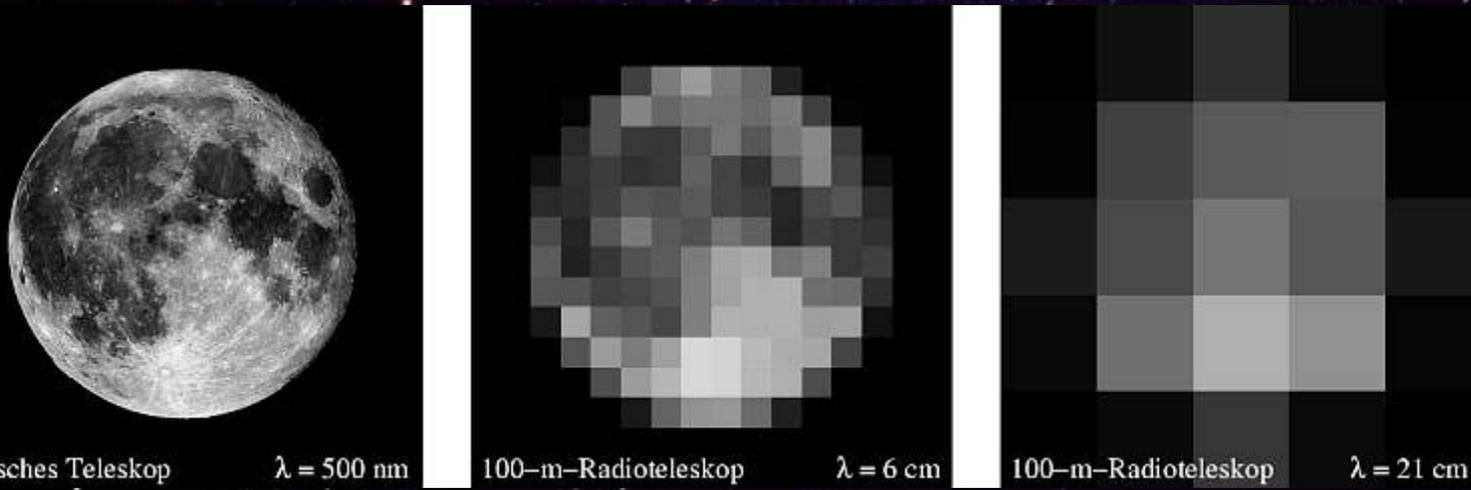


Illustration des Auflösungsvermögens eines optischen 10-cm-Teleskops (bei 500 nm Wellenlänge) im Vergleich zum 100-m-Radioteleskop in Effelsberg (bei 6 cm und 21 cm Wellenlänge) am Beispiel eines Mondfotos.

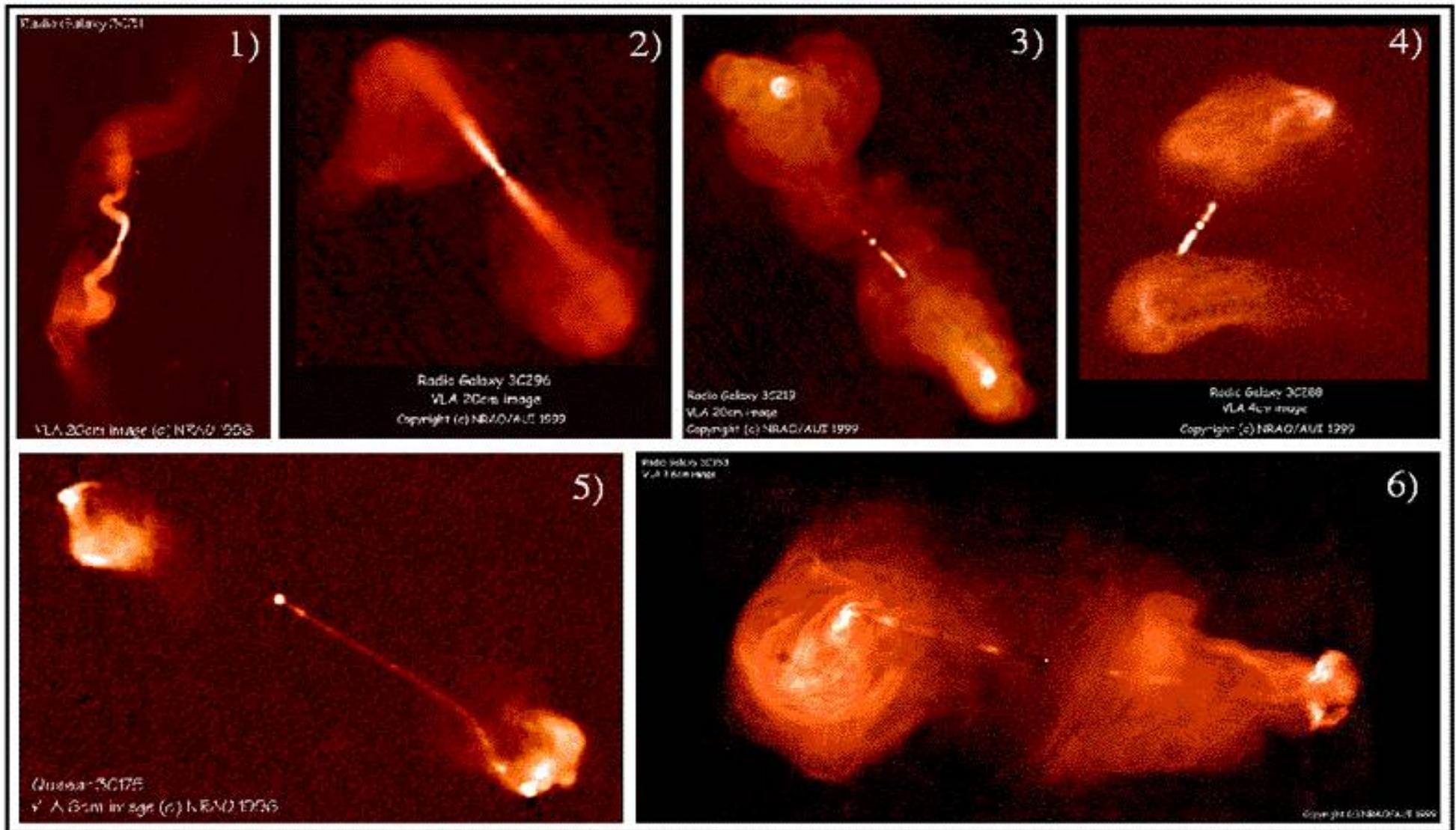
## 6. RADIO JETS

Einige Quasare haben senkrecht zur Akkretionsscheibe Ausströmungen (Jets).

Diese sogenannten "Jets", können dann im Radiowellenlängenbereich beobachtet werden. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang Quasare in "radio-laute" und "radio-leise" Klassen, je nach Stärke der Radiostrahlung.



# Verschiedene Radio-Jets



**Figure 1.4:** Six examples of jets imaged by the VLA (From top left to right bottom): 1) The FR I radio galaxy 3C 31 ( $z = 0.0169$ ; resolution of  $5''.5$  at 1.4 GHz) has a conical inner jet counterjet structure and two larger, distorted plumes of emission. 2) 3C 296 is a FR I radio galaxy at  $z = 0.0237$  (1.45 GHz map with  $4''.9$  resolution). 3) 3C 219, a FR II source at  $z = 0.175$ . The image ( $1''.4$  resolution, combination of two measurements at 1.4 and 1.6 GHz) shows bright and extended hot spots in both lobes, which extend several hundred kpc. 4) 3C 288, a radio galaxy at  $z = 0.246$  shows edge brightening but no prominent hot spots in this 8.4 GHz image ( $0''.2$  resolution). 5) 3C 175 is a quasar at  $z = 0.768$ . No counterjet emission is visible at this 4.9 GHz image ( $0''.35$  resolution). 6) 3C 353 is a radio galaxy at  $z = 0.03$  with highly filamentary lobes at 8 GHz ( $0''.44$  resolution). All images are taken from Alan Bridle's image gallery at the NRAO website.