

AUFGABE 5A

Stellen Sie aus dem Internet Beispiele verschiedener Typen von Emissionslinienobjekten (QSO, BL Lac, Seyfert I, Seyfert II, LINER, starburst etc) zusammen und beschreiben Sie deren Hauptmerkmale.

Kurze Geschichte der AGN (=Aktive Galaktische Kerne)

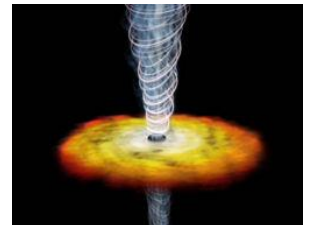
- **3C und 3CR Kataloge (1961):** Durchmusterung des nördliche Himmel ($\delta > -22^\circ$) bei 158 MHz und 178 MHz, Flusslimit $S_{\min} = 9 \text{ Jy}$ ($1 \text{ Jy} = 10^{-23} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$); Identifikation vieler 3C-Quellen mit Galaxien, aber für einige von ihnen kein offensichtliches optisches Gegenstück (oder nur eine sehr schwache optische Quelle)
- **Matthews und Sandage (1963):** 3C48 ist punktförmige (stellar-like) Quelle mit $m=16 \text{ mag}$; komplexes Spektrum, bestehend aus blauem Kontinuum und starken, breiten Emissionslinien, die aber keinem atomaren Übergang zuzuordnen waren, somit nicht identifizierbar!
- **Schmidt (1963):** Identifikation von 3C273 mit punktförmiger optischer Quelle; Identifikation der Emissionslinien mit der Balmer-Serie des Wasserstoffs, aber mit extrem hoher Rotverschiebung $z = 0.158$
 - Gültigkeit des Hubble-Gesetzes ($v = H_0 \times D$, mit $H_0 = 100 h \text{ km/s/Mpc}$, $h \approx 0.71$) vorausgesetzt, war diese bis dahin mit Abstand weitest entfernte Quelle, $D \sim 500 h^{-1} \text{ Mpc}$
 - absolute Magnitude der Quelle ist dann $M_B = -25.3 + 5 \log(h) \Rightarrow$ dies ist etwa 100 mal heller als normale Spiralgalaxien
- nach besserer Bestimmung der Positionen der Radioquellen sind in kurzer Folge dann viele solcher Quasare (quasi-stellar radio source, quasars) identifiziert worden

Grundlegende Eigenschaften von Quasaren

- Identifikation einer Radioquelle mit punktförmiger optischer Quelle
- Fluss der Quelle variiert, und zwar bei (fast) allen Frequenzen
- optisches Spektrum blau, zB $U-B < 0$
- breite Emissionslinien
- Linien von Übergängen mit hoher Ionisationsenergie
- hohe Rotverschiebung
- Emission von Röntgenstrahlung
- Das Kontinuumspektrum ist oftmals stückweise durch ein Potenz-Gesetz beschreibbar:

$$S_\nu \propto \nu^{-\alpha}$$

- $\alpha =$ Spektralindex; $\alpha = 0$ flaches Spektrum
- $\alpha = 1$: gleiche Energie im Spektrum pro logarithmischem Frequenzintervall
- Das UV - optische Spektrum der Quasare zeichnet sich durch starke, breite Emissionslinien aus: Balmer-Serie, $\text{Ly}\alpha$ des Wasserstoffs, MgII , CIII , CIV - diese Linien erscheinen in allen QS-Spektren
- Breite Emissionslinien in QSOs: FWHM $\sim 10000 \text{ km/s}$, schmalere Emissionslinien von \sim mehrere 100 km/s (immer noch breit verglichen mit typischen v 's in normalen Galaxien)

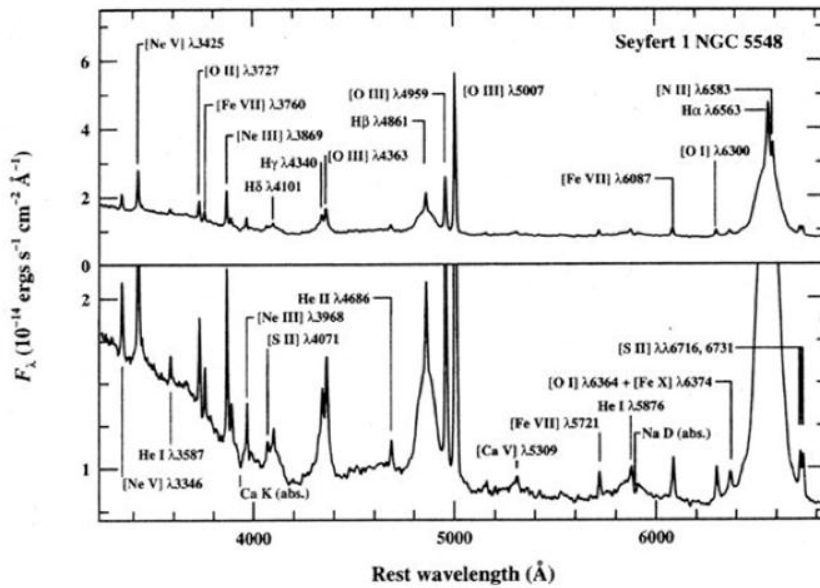


Zoologie der AGNs

- **Quasare:** nur leuchtkräftigste Vertreter der AGN-Klasse (andere Beispiele sind Seyfert Galaxien)
- Allen AGNs gemeinsam: starke, nicht-thermische Emission im Kern einer Galaxie (host galaxy)
- **QUASARE:** die blaue Farbe der Quasare legte nahe, nach ihnen auch im Optischen zu suchen, dh nach punktförmigen Quellen mit blauer U-B Farbe
- Solche Farbezess Suche war sehr erfolgreich, man fand viel mehr Quellen, als aufgrund Radio-Zählungen erwartet -> viele dieser Quellen sind radio-ruhig (dh keine starke Radiostrahlung), und auch:
 - blaue optische Energieverteilung (Suchkriterium!)
 - starke und breite Emissionslinien
 - hohe Rotverschiebung
- Diese Quellen verhalten sich wie Quasare, abgesehen von den Radioeigenschaften => "Radio-ruhige Quasare" oder quasi-stellar Objects QSO; Unterschied zwischen Radio-ruhigen und Radio-lauten Quasaren ist aber graduell; es gibt etwa 10 mal mehr radio-ruhige Quasare
- QSOs: leuchtkräftigste Vertreter der AGNs; ihre Kernleuchtkraft kann das Tausendfache von L*-Galaxien erreichen, überstrahlen damit ihre host-Galaxien und erscheinen punktförmig
- Für QSO mit kleineren L hat das HST die host-Galaxien entdeckt und aufgelöst
- AGNs: aktive Kerne von (normalen ?) Galaxien

Seyfert-Galaxien

- Seyfert Galaxien waren die zuerst bekannten AGNs; ihre Leuchtkraft ist wesentlich kleiner als diejenige von Quasaren
- Seyfert Galaxien sind Spiralgalaxien; man unterscheidet zwischen Typ 1 und Typ 2:
 - Seyfert 1: sowohl sehr breite, als auch schmalere Emissionslinien
 - Seyfert 2: nur die schmalere Linien (einige 100 km/s)
- es gibt Zwischenstufen (Seyfert 1.5, Seyfert 1.8) in denen sehr breite Linien zwar vorhanden sind, aber viel schwächer als in Seyfert 1
- Optisches Spektrum von Seyfert 1: sehr ähnlich dem von QSOs, es gibt fließender Übergang zwischen (radio-ruhigen) QSOs und Seyfert 1; formell werden sie getrennt bei $MB = -21.5 + 5 \log(h)$
- Die Trennung von Seyfert 1 und QSOs ist historisch bedingt; nicht physikalisch, oft werden beide Typen zusammengefasst als Typ I AGNs



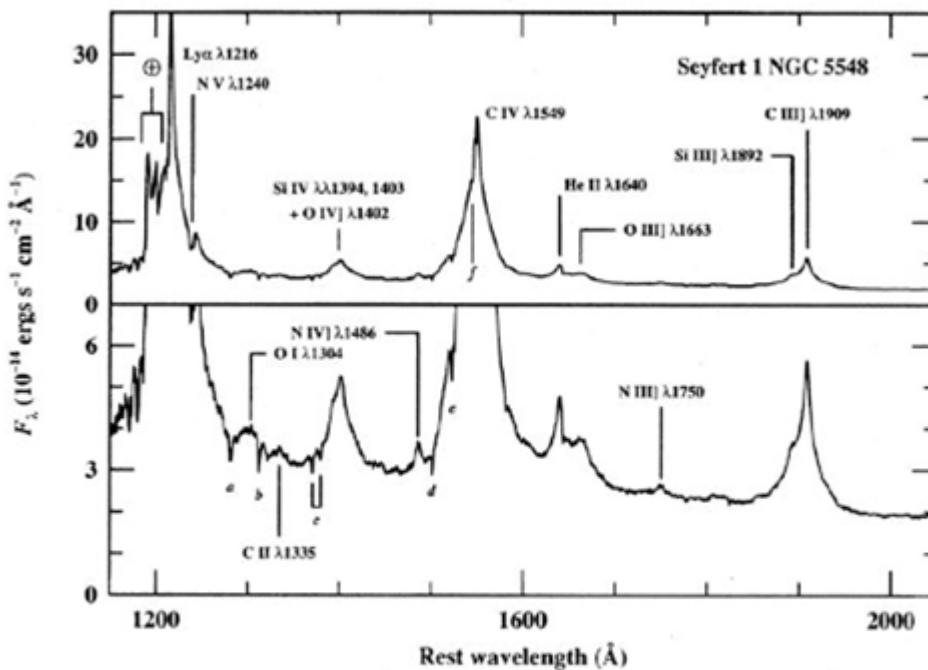
breite Linien:
~ 5900 km/s (FWHM)

schmalere Linien:
~ 400 km/s (FWHM)

< 4000 Å
-> 'small blue bump'

Überlagerung von
Emissionslinien von Fe II
und des Balmer Kontinuums

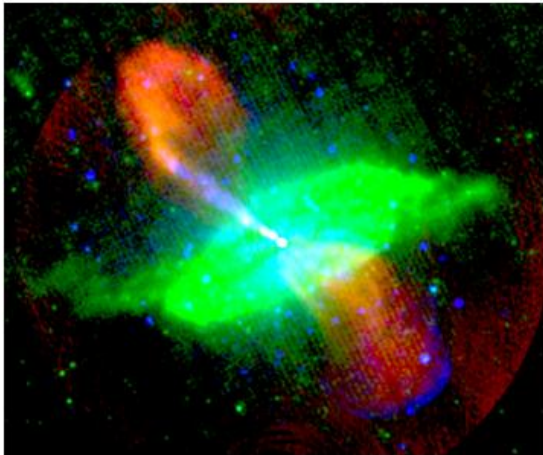
- Optisches Spektrum der Seyfert 1 Galaxie (NGC 5548), ein Prototyp der Seyfert Typ 1 Galaxien
- Spektrum: dominiert von vielen breiten Emissionslinien (Balmer Linien) und weniger breiten Linien ([OIII] Linien bei 5007 Å und 4959 Å)



UV Spektrum der Seyfert 1 Galaxie NGC 5548
Stärksten breiten Emissionslinien: Lyα bei 1216 Å

Radiogalaxien

- Radiogalaxien sind elliptische Galaxien mit nuklearer Aktivität
- Ähnlich wie bei Seyfert Galaxien unterscheidet man solche mit (BLRG - broad line radio galaxies) und ohne (NLRG - narrow line radio galaxies) breite Emissionslinien
- Im Prinzip kann man die beiden Typen von Radiogalaxien als Radio-laute Seyfert Typ 1 und Typ 2 betrachten
- Der Übergang von BLRG und Quasaren ist fließend, wiederum bedingt durch optische Leuchtkraft



Radiogalaxie Centaurus A

radio (rot)
24 μm IR (grün)
0.5 - 5 keV Röntgen (blau)

Jet: Synchrotronemission in allen 3 λ -
Bereichen

Lobes: nur in Radio-Emission (daher rot)

BL Lac Objekte

- Diese Objekte sind benannt nach der Prototyp-Quelle BL Lacertae
- AGNs mit sehr stark variierender Strahlung, wie OVVs, aber ohne starke Emissions- oder Absorptionslinien; auch hoch-polarisiert
- In Zeiten kleiner Leuchtkraft sind manchmal Emissionslinien zu erkennen, ein BL LAC erscheint dann wie ein OVV
- OVVs und BL Lac werden in der Klasse der **Blazars** zusammengefasst; alle bekannten Blazars sind Radio-Quellen und sie zeigen auch hoch-energetische Gammastrahlung

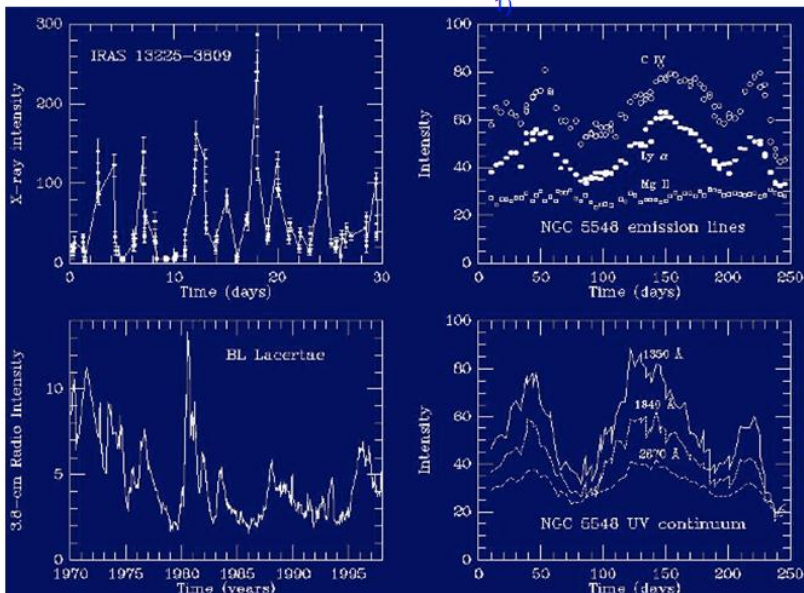
AGNs: Übersicht

| A Bestiary of Active Galactic Nuclei | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Type | Normal Galaxy | Radio Galaxy | Seyfert Galaxy | Quasar | Blazar |
| Examples | Milky Way | M87, Cygnus A | NGC4151 | 3C273 | BL Lac, 3C279 |
| Galaxy Type | Spiral | Elliptical, irregular | Spiral | Irregular | Elliptical? |
| Luminosity (Solar units) | $< 10^4$ | $10^6 - 10^8$ | $10^8 - 10^{11}$ | $10^{11} - 10^{14}$ | $10^{11} - 10^{14}$ |
| Central Mass (Solar units) | 2.6×10^6 | 3×10^9 | $10^6 - 10^9$ | $10^6 - 10^9$ | $10^6 - 10^9$ |
| Radio | Faint | Central object + jets + lobes | Only 5% are radio bright | Only 5% are radio bright | Bright, rapidly variable |
| Optical/IR | Totally obscured | Pop II stars continuum | Broad Emission lines | Broad Emission lines | Spectral lines weak or absent |
| X-rays | Faint | Bright | Bright | Bright | Bright |
| Gamma Rays | Faint | Faint | Moderate | Bright | Bright |
| Variability timescale | Unknown | Months - years | Hours - months | Weeks - years | Hours - years |

AGNs: Lichtkurven und Emissionslinien

[Lichtkurve der Seyfert 1 IRAS 13224-3809 im Röntgenbereich](#)

[Linienstärken von 3 breiten Emissionslinien der NCG 5548 \(Seyfert 1\)](#)



[Quasare, BL Lac Objekte und Seyfert Galaxien zeigen deutliche Variabilität bei den verschiedensten Wellenlängen](#)

Radio Lichtkurve der BL Lacertae bei $\lambda = 3.8 \text{ cm}$ über 28 Jahren

UV-Variation der NCG 5548 (Seyfert 1) bei 3 Wellenlängen

Quelle

http://www.usm.uni-uenchen.de/people/lesch/Vorlesung2009/Vorlesung_5_Aktive_Galaktische_Kerne.ppt