

Sommersemester 2005

Aktive Galaxienkerne vom Radio- zum Gamma-Bereich



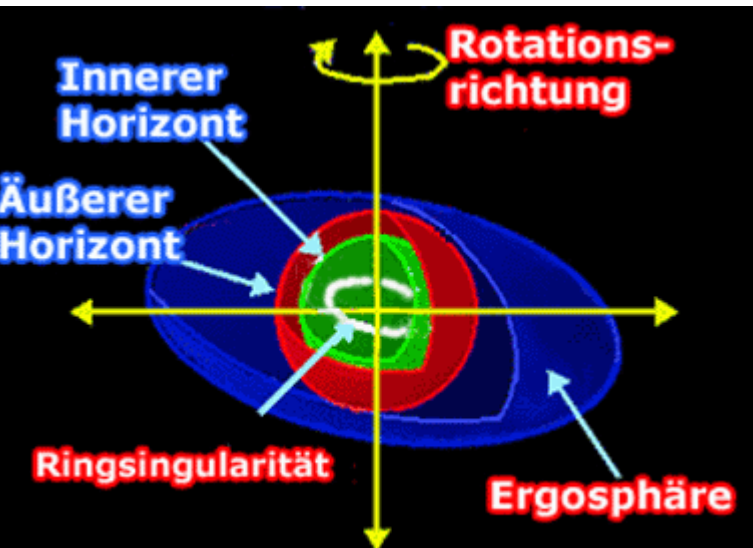
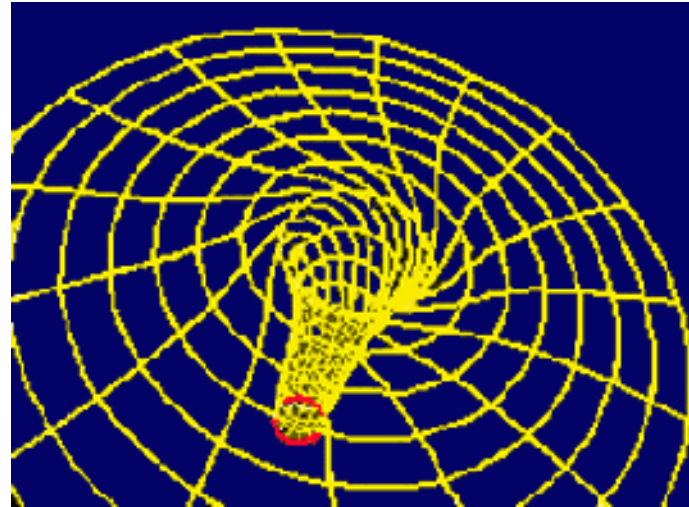
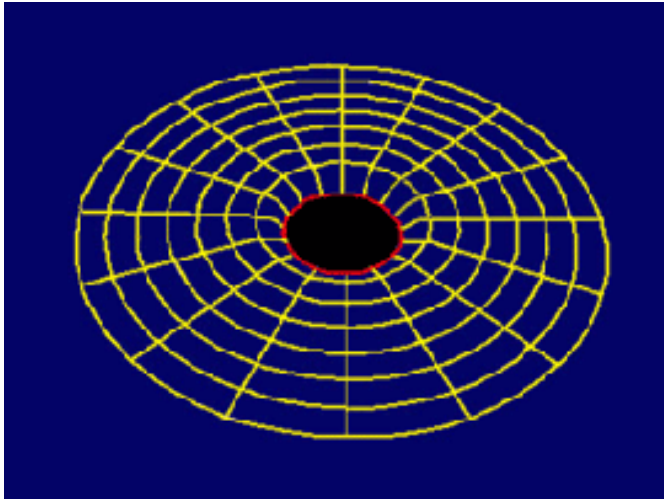
Silke Britzen

e-mail: sbritzen@mpifr-bonn.mpg.de

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/staff/sbritzen>

Max-Planck-Institut
für
Radioastronomie

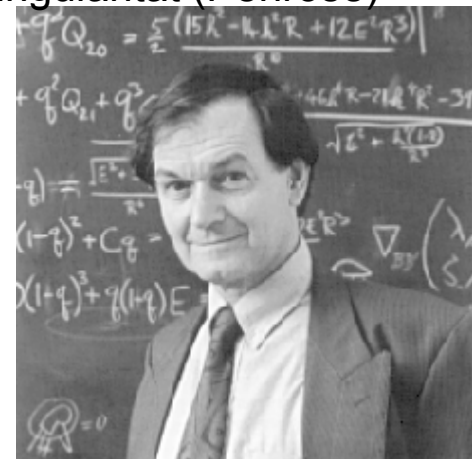
Maximal rotierende Kerr-Löcher



Wheeler: no hair theorem

Maximal-Kerr: halbe Lichtgeschwindigkeit,
keine Materie gelangt mehr nach innen

Cosmic censorship: keine nackte Singularität (Penrose)





Sommersemester 2005

Termine & Programm

15.04.: Ausblick (dieses Semester) &

Zusammenfassung (letztes Semester)

29.04.: Beobachtungstechniken

13.05.: Ausgewählte AGN - typische Eigenschaften &

Spektrale Energieverteilung

27.05.: Zusammenfassung & Schwarze Löcher, Multiple Systeme

10.06.: Kosmologie & AGN

Teil I) AGN finden – Durchmusterungen (optisch - Radio - Röntgen)

24.06.: Kosmologie & AGN

Teil II) Kosmologische Entwicklung der AGN

08.07.:



**Auf der Suche nach
Aktiven Galaxienkernen**

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- verschiedene Arten von Durchmusterungen:
 - **finde einen Quasar !**
 - zB um Existenz zu beweisen, hochrotverschobene Objekte, ..
 - **finde nur Quasare !**
 - Selektionseffekte, komplett, hohe Effizienz notwendig
 - **finde nur Quasare und sage voraus, was nicht gefunden werden wird !**
 - **anspruchsvoll !!** die Wahrscheinlichkeit der Selektion als Funktion von absoluter Magnitude, Rotverschiebung, SED

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- Quasare als Testobjekte für die Entwicklung des Universums
- 2 Ziele:
 - 1) Charakteristiken der Population als Funktion der Rotverschiebung
 - 2) die entferntesten Objekte als Markierungsobjekte für das Einsetzen der Galaxienbildung im Universum
- aus Durchmusterungen erhofft man sich:
 - die Quasar Oberflächendichte: die Zahl der Quasare pro Quadratgrad als Funktion der Flußdichte und der Rotverschiebung ->
 - die Leuchtkraft-Funktion: relative Anzahl der AGN bei einer bestimmten Leuchtkraft + Raumdichte: Gesamtzahl der Quellen pro mitbewegtem Einheits-Volumen über einen spezifischen Leuchtkraft-Bereich; log N- log S Tests

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- Probleme: Quasare leuchtschwach und Oberflächendichte gering
- große Anzahl an Objekten nötig: **geringe Oberflächendichte: um 200 Quasare zu detektieren müssen 100 000 Objekte beobachtet werden !!** (R=22, 100 optisch selektierte AGN, 2-10 keV, 1000 pro Quadratgrad)
- Vorselektion notwendig (falsche Kandidaten und Populationen eliminieren)-> Gefahr der Verfälschung der Aussagen durch Auswahleffekte
- im Wesentlichen Durchmusterungen im Optischen (UV-Exzess, breite Emissionslinien), Radio, Röntgen

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- zusätzlich zu der Abhängigkeit von Leuchtkraft, Rotverschiebung, SED, andere Parameter tragen zur Detektionswahrscheinlichkeit bei:
 - Variabilität
 - Emissionslinien Äquivalentbreite
 - Absorptionslinien
 - Interne Absorption
- Praxis: mit Stichproben-Unvollständigkeit umgehen lernen indem man die Selektionsfunktionen in realistischer Weise quantitativ erfaßt!!
- aber: häufig ist die Erfassung aller möglichen Effekte lästiger als die Kandidaten-Identifikation samt Spektroskopie

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- Problem: komplett zu sein: alle Quellen mit Flüssen höher als Grenzfluß müssen detektiert werden
- Problem: „Eddington bias“: zufällige Fehler in den Bestimmungen der Magnitude können die QSO Zahlen systematisch verändern
- -> es ist unmöglich in der realen Welt eine komplette Stichprobe an QSO mit einem vernünftigen Flußdichtelimit zu erhalten (Vergleiche: König Arthus und die Suche nach dem heiligen Gral); normalerweise lautet der Schlußsatz: " Die in unserer Durchmusterung gefundene Oberflächendichte ist so groß wie in bereits anderen publizierten Durchmusterungen, die meisten bereits vorher bekannten Quasare in dem Gebiet wurden unabhängig wiedergefunden, deshalb ist unsere Durchmusterung hochgradig komplett" !!!!!.....(nach P. Hewett & C.B. Foltz 1994)

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- Wie entwickelt sich ein Quasar? 2 Möglichkeiten existieren:
- a) ein kleiner Teil der hellen Galaxien beherbergt ein AGN und die Leuchtkraft dieser Objekte ändert sich systematisch mit der Zeit (**Leuchtkraft Evolution; Raumdichte bleibt konstant mit Zeit, Objekte sind heute schwächer als sie es waren**)
- alle hellen Galaxien beherbergen AGN, aber zu jeder Zeit sind die meisten im "Schlafzustand", der Anteil der Quellen im "aktiven Zustand" ändert sich mit der Zeit (**Dichte Evolution; Form der Leuchtkraft Funktion ändert sich nicht mit der Zeit, aber die mitbewegte Raumdichte der AGN**)

Die Suche nach Aktiven Galaxienkernen

- **reine Dichte Evolution?**
- Nicht möglich, sehr helle AGN waren zu häufig verglichen mit moderat hellen AGN in der Vergangenheit, als daß reine Dichte Evolution genügen würde - sagt zu viele hochleuchtkräftige Objekte für die jetzige Zeit voraus!!
- **reine Leuchtkraft Evolution?**
- alle akkretierte Masse muss in den existierenden AGN konzentriert sein -> Wo sind die Galaxien heute?
- sowohl ***reine Dichte Evolution*** als auch ***reine Leuchtkraft Evolution*** führen zu Problemen
- Realität ist vermutlich eine Kombination: leuchtkraft-abhängige Dichte Evolution,
- z.B. die leuchtkräftigeren AGN "schlafen" eher als die weniger leuchtkräftigen AGN !

A field of white daisies with yellow centers, growing in a green field. In the background, there are green trees and a blurred orange car. A white rectangular box is superimposed over the center of the image, containing the text "Optische Suche".

Optische Suche

Geschichte der Durchmusterungen

- optisch -

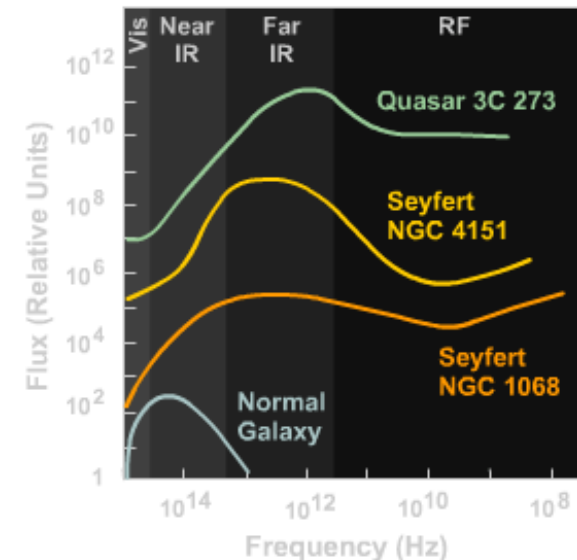


- Erste Beobachtungen (**optisch**)
 - NGC1068 breite Emissionslinien (Fath, 1913)
 - M87 Jet (Curtis 1917)
 - Nicht-stellare Aktivität, Seyfert (1943)
 - Extragalaktische **Radio** Quellen (Baade & Minkowski 1954)
 - Quasi-stellare Radioquelle (Schmidt et.al., 1964)



Geschichte der Durchmusterungen

- Frühe AGN Durchmusterungen
 - Cambridge xC Surveys
 - Markarian Survey
 - Zwicky Survey
- Jüngere, große Durchmusterungen
 - 2dF
 - SDSS
 - Combo-17
 - etc.
- Wie findet man AGN-**SED**
 - Potenz-Gesetz ($10^{13}\text{Hz}-10^{20}\text{Hz}$)
 - Hochionisierte Emissionslinien C N O
 - Niederionisierte Emissionslinien Fe



Emission Spectra for Active Galaxies



Geschichte der Durchmusterungen

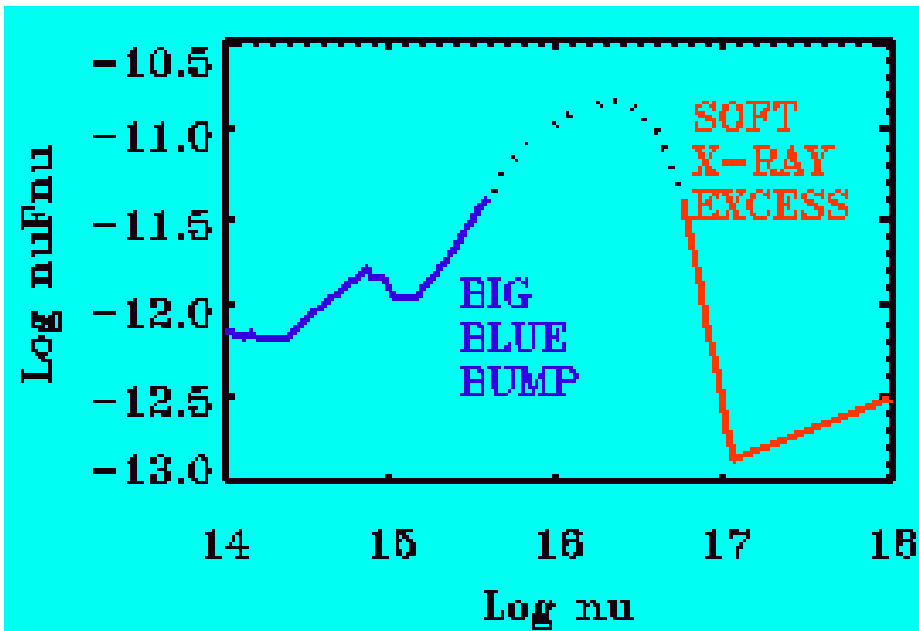
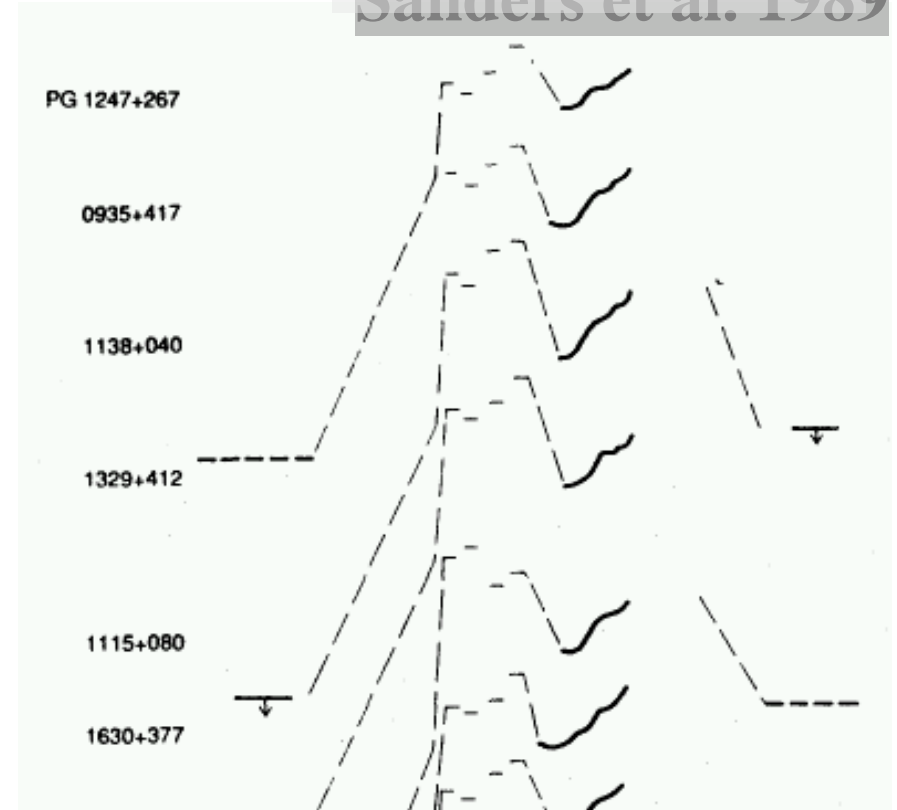
- optisch -

- Prinzip (Sandage 1971)
 - Systematische optische Farbabweichung vom Sternlicht (Alternativen: Variabilität, keine Eigenbewegungen)
- Bonus
 - Photometrische Rotverschiebungsbestimmung
- Deklaration “kompletter Stichproben”
- Fataler Fehler
 - L_b korreliert nicht gut mit L_{galaxy} → leuchtschwache AGN können in massereichen Galaxien nicht gesehen/gefunden werden (contamination)
- Nicht beachtet:
 - Radio, IR, Röntgen

Quasare: Auf der Suche nach Quasaren

- Radio Position + UV Exzess (= "big blue bump"): recht effizient,
 - aber: nur radiolaute Objekte,
 - Rotverschiebungsabhängige Selektionseffekte zerstören jede mögliche Aussage über die QSO Evolution

Sanders et al. 1989





Geschichte der Durchmusterungen

- einige erfolgreiche Suchen:
 - Farben: traditionell UV-Exzess, heute auch "Vielfarben" Daten von sternartigen Objekten
 - Spaltlose Spektroskopie: Spektren von vielen Objekten in einem Feld gleichzeitig, mit QSO SEDs und starken Emissionslinien können die QSOs von Sternen unterschieden werden;
- Problem: Signal-zu-Rauschen ist gering



Geschichte der Durchmusterungen

- erfolgreichste Methoden: Farbselektion und spaltlose Spektroskopie
- ~40-80% Erfolgsrate fuer die Kandidatenlisten nach Vorselektion; Grund: Daten im digitalen Format
- die Effizienz mit der QSOs entdeckt werden können mit spezifischer Technik ist Funktion von: Leuchtkraft, Rotverschiebung und SED -> Stichproben Selektions Funktion
- Problem: Leuchtkraft Funktion muss nicht überall dieselbe sein, die **Leuchtkraft Funktion** der QSO jetzt unterscheidet sich wesentlich von der bei $z > 2$



Geschichte der Durchmusterungen

- optisch -

Bis zu den 80iger Jahren

- Schmidt (1968): 40 Objekte, Radio selected, $0.15 < z < 2.0$.
 - V/V_{\max} – Test um Faktor 100 Anstieg in Raumdichte zwischen $z = 0$ und $z = 2$ zu bestimmen
 - Entwicklung kann sowohl als Raumdichte oder Leuchtkraft-Evolution erklärt werden (Mathez 1976, 1978; Lynds und Petrosian 1972).
- Osmer (1982): Keine Quasare nach $z = 3$.
 - Starke Indizien für steilen Abfall in Raumdichte nach $z=3$
- Boyle, Shanks, & Peterson (1988): 420 Objekte, UVX selected.
 - 2 Potenz-Gesetze und reine Leuchtkraft-Entwicklung können die Daten $MB < -23$ mag, $z < 2.2$ (später konsistent mit 2dF) erklären.
- **Status:** Entweder die Raumdichte steigt um einen Faktor 100 oder die charakteristische Leuchtkraft um einen Faktor 30 zwischen den Rotverschiebungen 0 und 2.



Geschichte der Durchmusterungen

Die 90iger Jahre

- Erste große, digitale Durchmusterungen bis zu hohen Rotverschiebungen
- Warren, Hewett, & Osmer (1991, 1994):
 - 86 Objekte mit $16 < m_{or} < 20$ mag, $2.2 < z < 4.5$
 - 6 Farben
 - Effektive Fläche 43 Quadratgrad
 - Starke Evidenz für Rückgang der Raumdichte oberhalb von $z = 3.3$; Faktor 6 Rückgang in Anzahldichte pro Einheitsrotverschiebung für $3.5 < z < 4.5$ für leuchtkräftige Quasare
- Schmidt, Schneider, & Gunn (1995):
 - 90 Objekte, $AB_{1450} < 21.7$ mag, $2.8 < z < 4.8$
 - 8 Objekte mit $z > 4$
 - Effektive Fläche 61.5 Quadratgrad
 - Rückgang in Raumdichte um Faktor 2.7 pro Einheitsrotverschiebung für Quasare mit $MB < -26$ mag und $z > 2.7$.

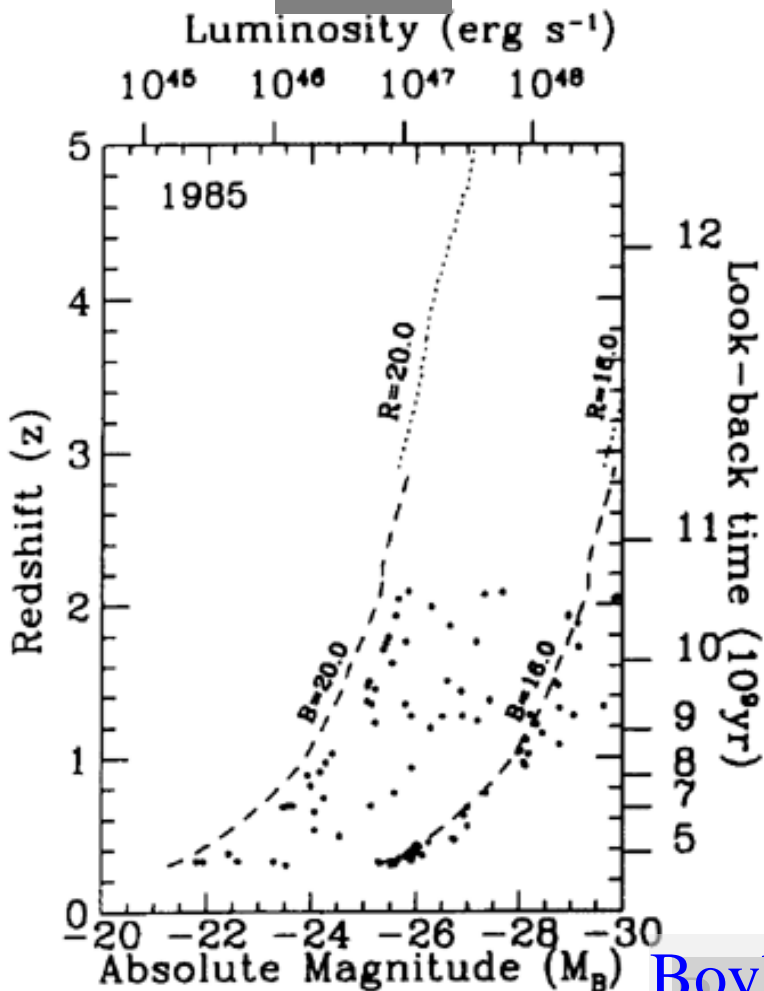


Geschichte der Durchmusterungen

- **Die 90iger Jahre**
- Kennefick, Djorgovski, & de Carvalho(1995):
 - 10 Objekte mit $z > 4$
 - Drei Farben, $16.5 < r < 19.6$, 681 Quadratgrad
 - Rückgang um Faktor 7 bei $z = 4.35$ verglichen mit $z = 2$.
- Hewett, Chaffee, & Foltz (1993) - LBQS:
 - 1049 Objekte, $0.2 < z < 3$
 - Daten können durch reine Leuchtkraft-Evolution nicht dargestellt werden
- Durchmusterungen stimmen innerhalb der Fehler miteinander überein.
- **Status:** Überzeugende Beweise für Rückgang in Raumdichte nach $z=3$; in Kombination mit Daten naher Objekte zeigen die Durchmusterungen einen dramatischen Peak in der Quasar-Aktivität bei $z \approx 2.5$.

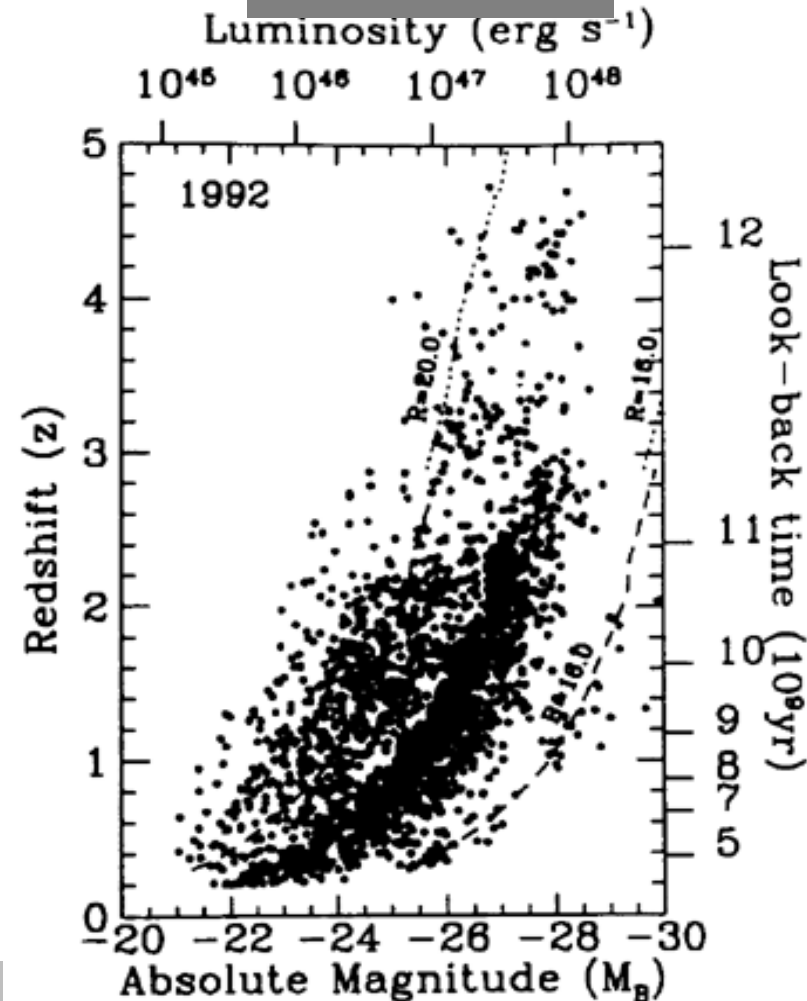
Geschichte der Durchmusterungen

1986



Boyle, 1993

1992, Juni





Geschichte der Durchmusterungen

- Boyle et al. 1991 finden best-fit Werte für den Bereich von $0.3 < z < 2.9$
- **Leuchtkraft Funktion** für $z > 3$ ist noch nicht genau bestimmt, obwohl Ergebnisse übereinstimmend -> dramatischer Rückgang an Objekten bei $z \sim 3$, aber kein Hinweis auf cut-off

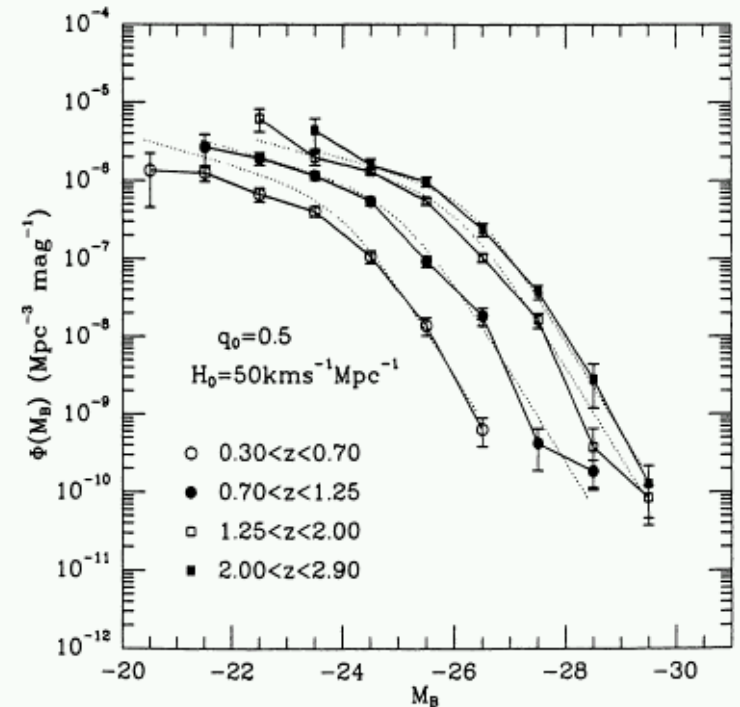
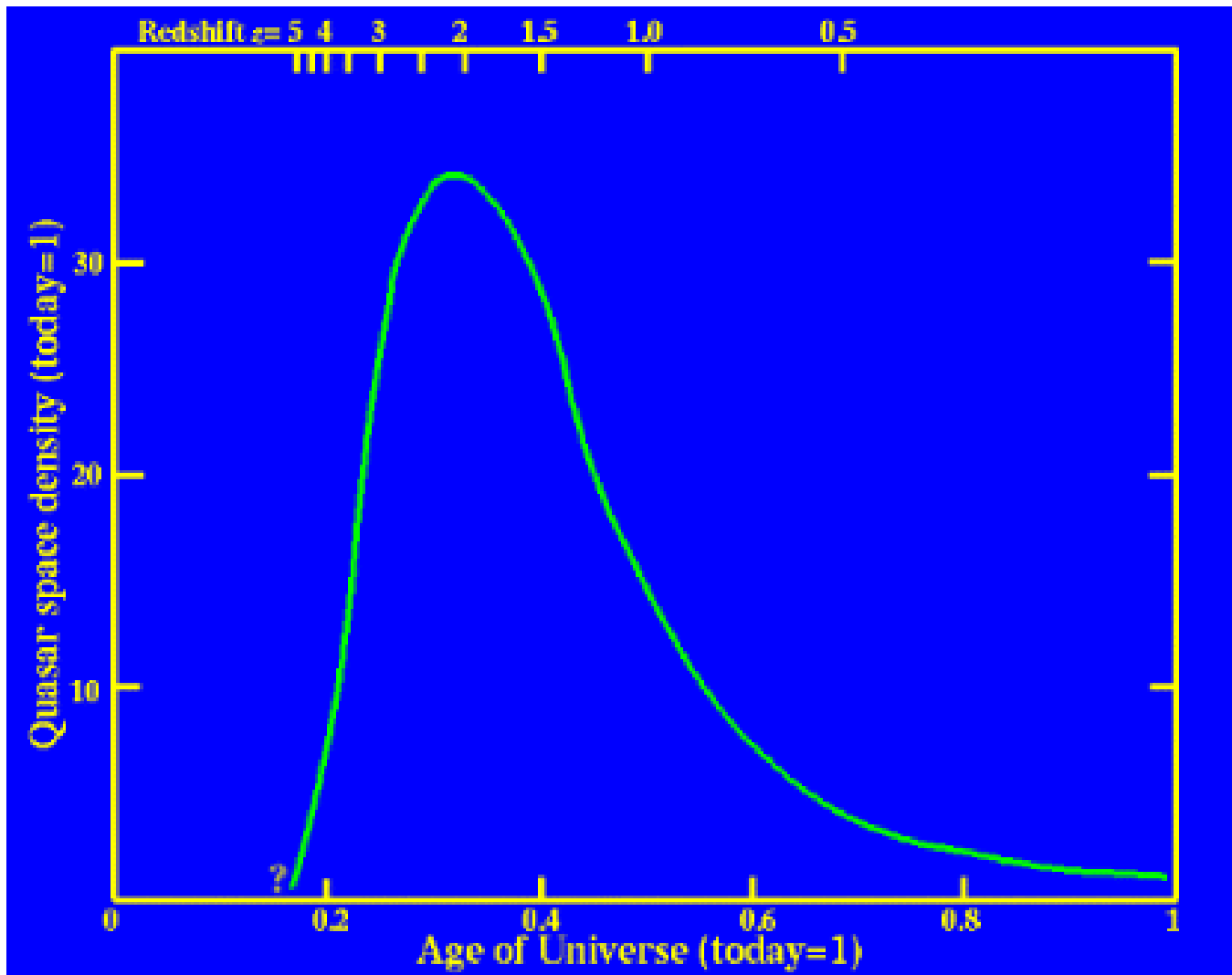
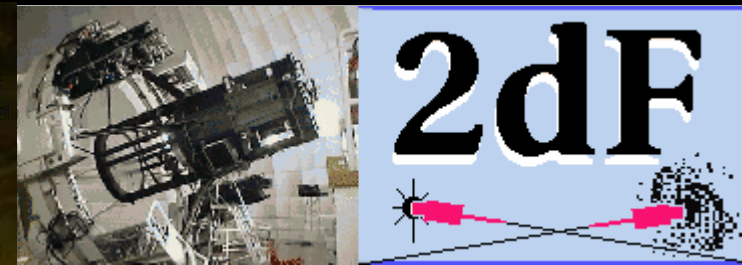
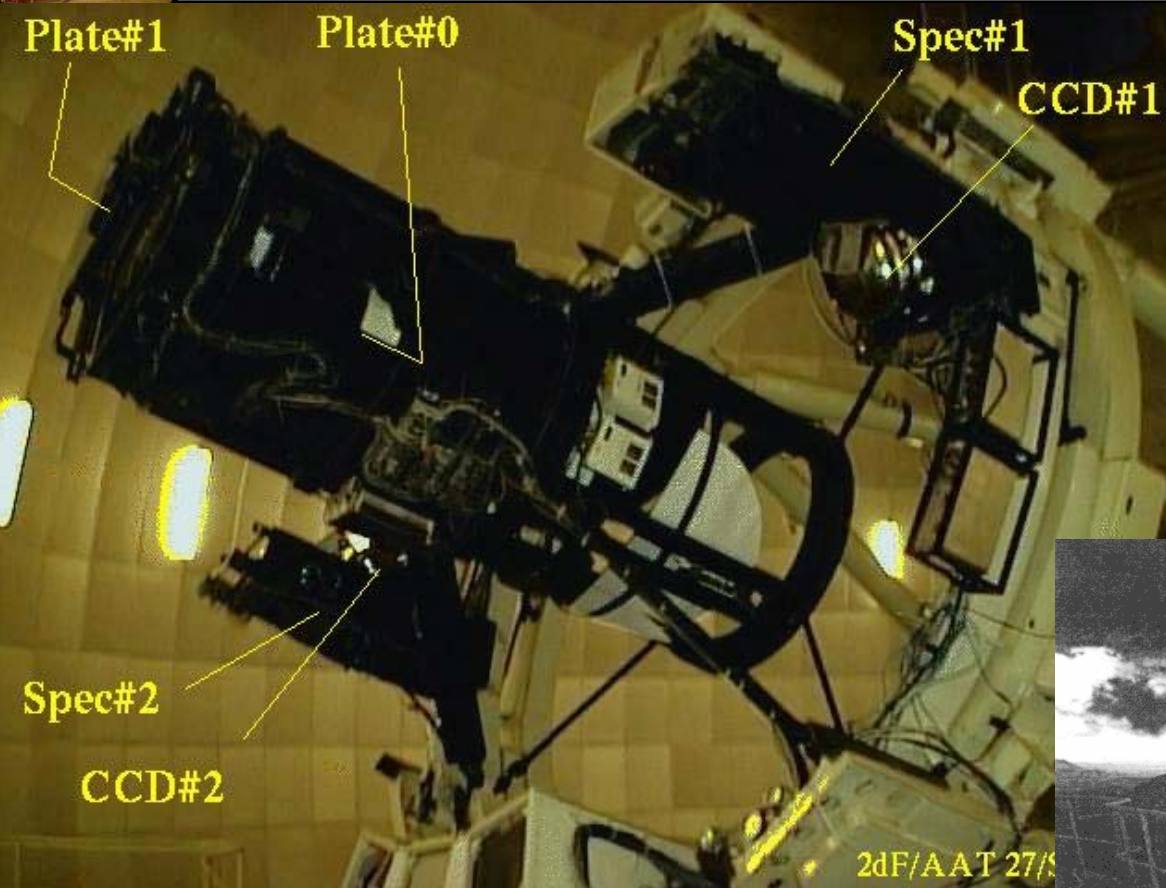


Fig. 1. $1/V_a$ estimate for the $z < 2.9$ QSO LF in a $q_0 = 0.5$ universe. Redshift bins represent equal intervals in $\log(1+z)$. The error bars are based on Poisson statistics. The dotted lines indicate the derived model fit to the data.

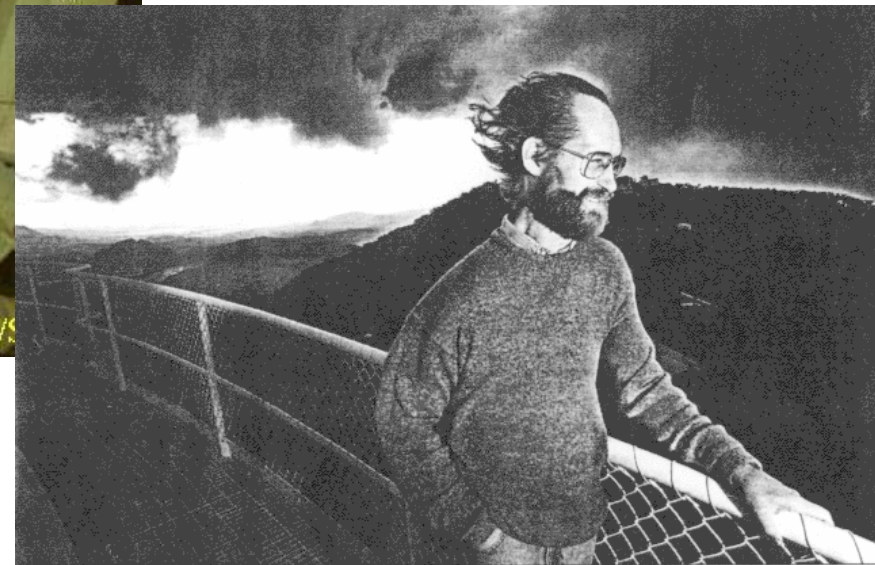
Geschichte der Durchmusterungen



Geschichte der Durchmusterungen



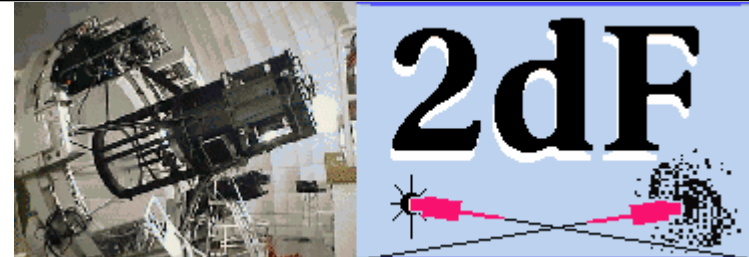
Two Degree Field system, simultan
bis zu 400 Spektren von Objekten innerhalb 2 Grad
Britisch-Australisches Projekt:
Rotverschiebungssurvey mit
250 000 Galaxien (APM-Katalog)



Navigating the universe ... Keith Taylor watches from 10 storeys up as a storm closes in on the Anglo-Australian Observatory — Picture: RAY STRANGE
Modern Magellan maps the heavens in 3-D

By JULIAN CRIBB

Geschichte der Durchmusterungen



- 2dF
- Ziel: > 25,000 Quasare finden mit $z < 2.3$, $B < 21$ mag, 750 Quadratgrad, vorwiegend UVX selected.
- Boyle et al (2000) kombinieren 2dF Daten (6684) mit 867 LBQS Objekten.
- Passen 2 Potenzgesetze an die Leuchtkraftfunktionen in verschiedenen Rotverschiebungsbereichen:

The optical QSO luminosity function

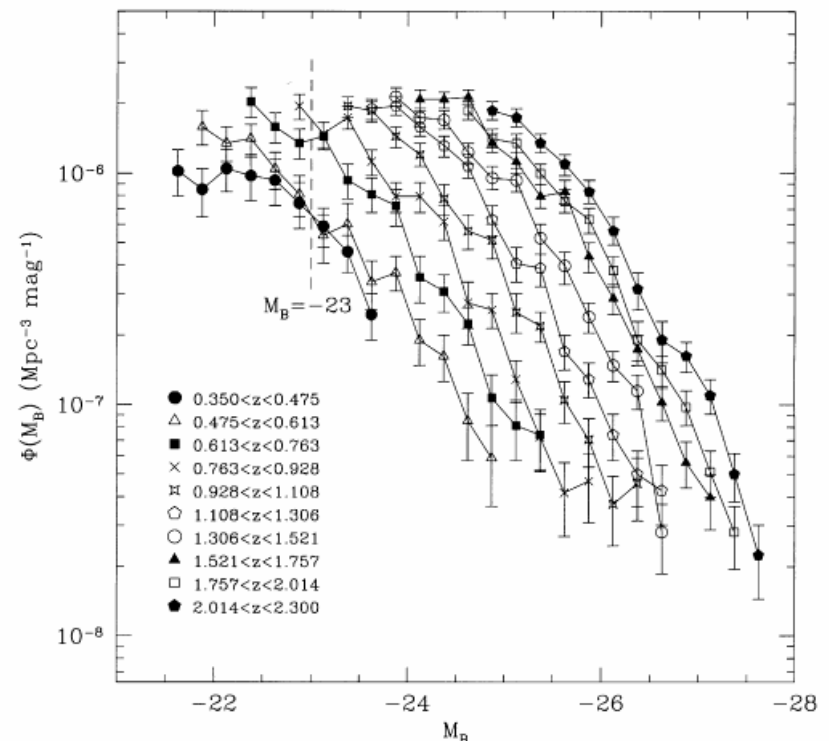


Figure 4. Luminosity function for the 2QZ + LBQS data set in a flat $q_0 = 0.5$ universe.

Geschichte der Durchmusterungen

- Reine Leuchtkraft-Entwicklung funktioniert für $-26 < M_B < -23$ und $0.35 < z < 2.3$.
- Zusammen mit Daten von „nahen“ Durchmusterungen (Edinburgh Quasar Survey, Hamburg/ESO Quasar Survey, Kohler et al 1997), deutliche Abweichung von reiner Leuchtkraft-Entwicklung wird beobachtet
- Verteilung der Rotverschiebungen im 2dF:

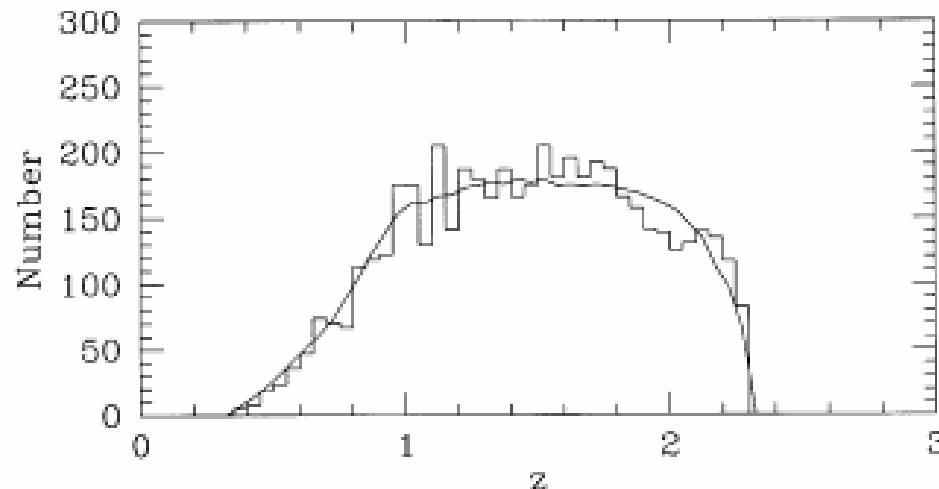
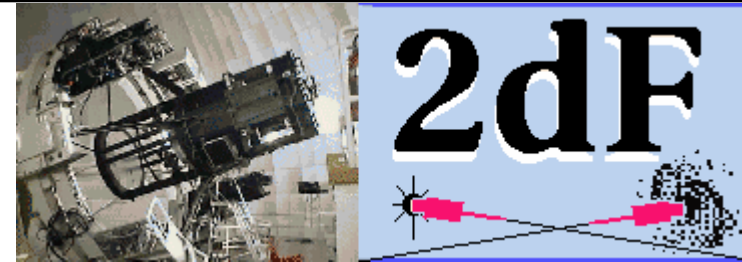
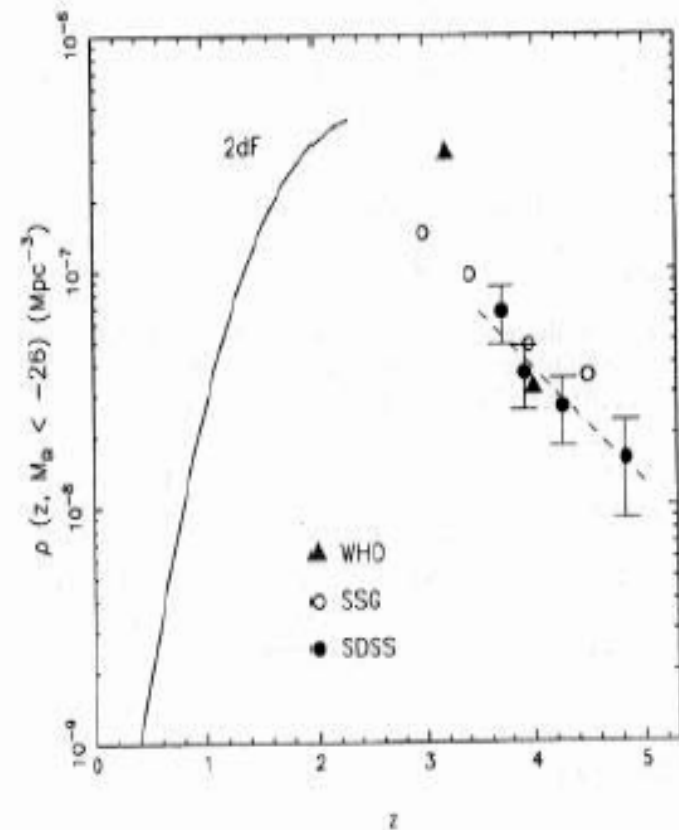


Figure 5. Upper panel: Derived differential number–magnitude, $n(m)$, relation for the 2QZ survey (filled dots) and prediction from best-fitting



Sloan Digital Sky Survey

- SDSS
- Ziel: $> 100,000$ Quasare bei allen Rotverschiebungen bis $z = 5.8$ finden; $10,000$ Quadratgrad
- Fünf Farben; bis $z = 5$ und weiter.
- Fan et al (2001): untersucht Stichprobe von 39 Objekten mit $3.6 < z < 5.0$; 182 Quadratgrad
- Abnahme Faktor von 3 pro Rotverschiebungseinheit in Raumdichte für $z > 3.6$
- Reine Leuchtkraft-Evolution für $2 < z < 5$ ausgeschlossen

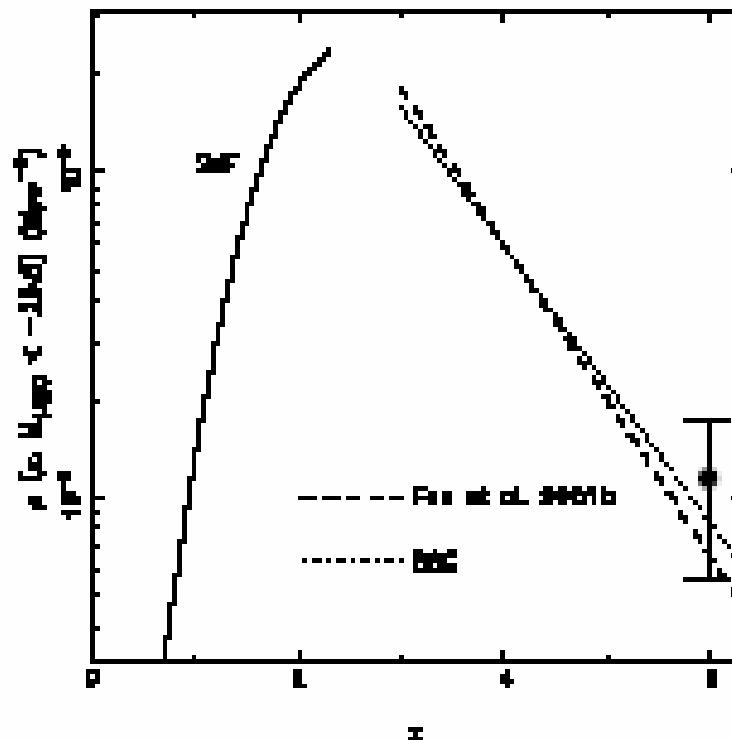




Sloan Digital Sky Survey

Weitgehend konsistent mit vorherigen Durchmusterungen

- Fan et al (2003): 6 Objekte mit $z > 5.7$, 2870 Quadratgrad.
- Entwicklungstrend bis zu Extended $z \approx 6$!





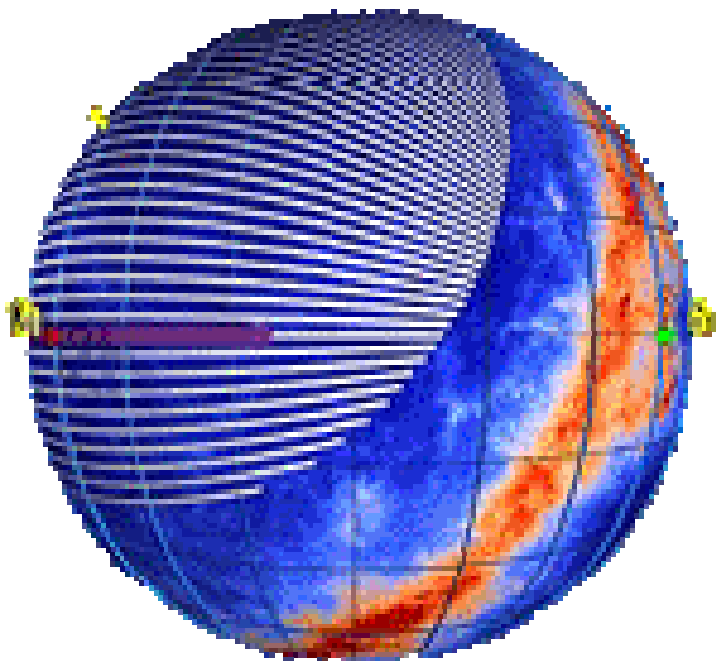
Sloan Digital Sky Survey SDSS



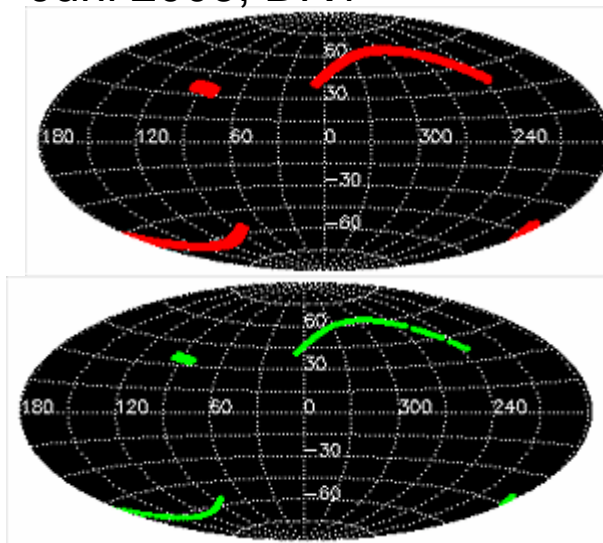


Sloan Digital Sky Survey

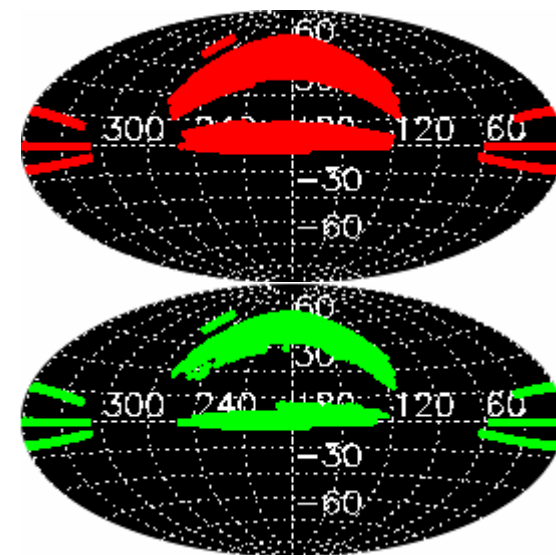
Ein Viertel des Himmels soll kartiert werden, Positionen und Helligkeiten von mehr als 100 Mio Objekten
Entfernungen zu mehr als 1 Mio Galaxien (bis 19 mag)
und Quasaren (bis 20 mag)
14 Institute, 200 Wissenschaftler (Incl. MPIA, MPA),
Apache Point Observatory
Totale Datenmenge: 13 Trillionen Bytes



Juni 2003, DR1



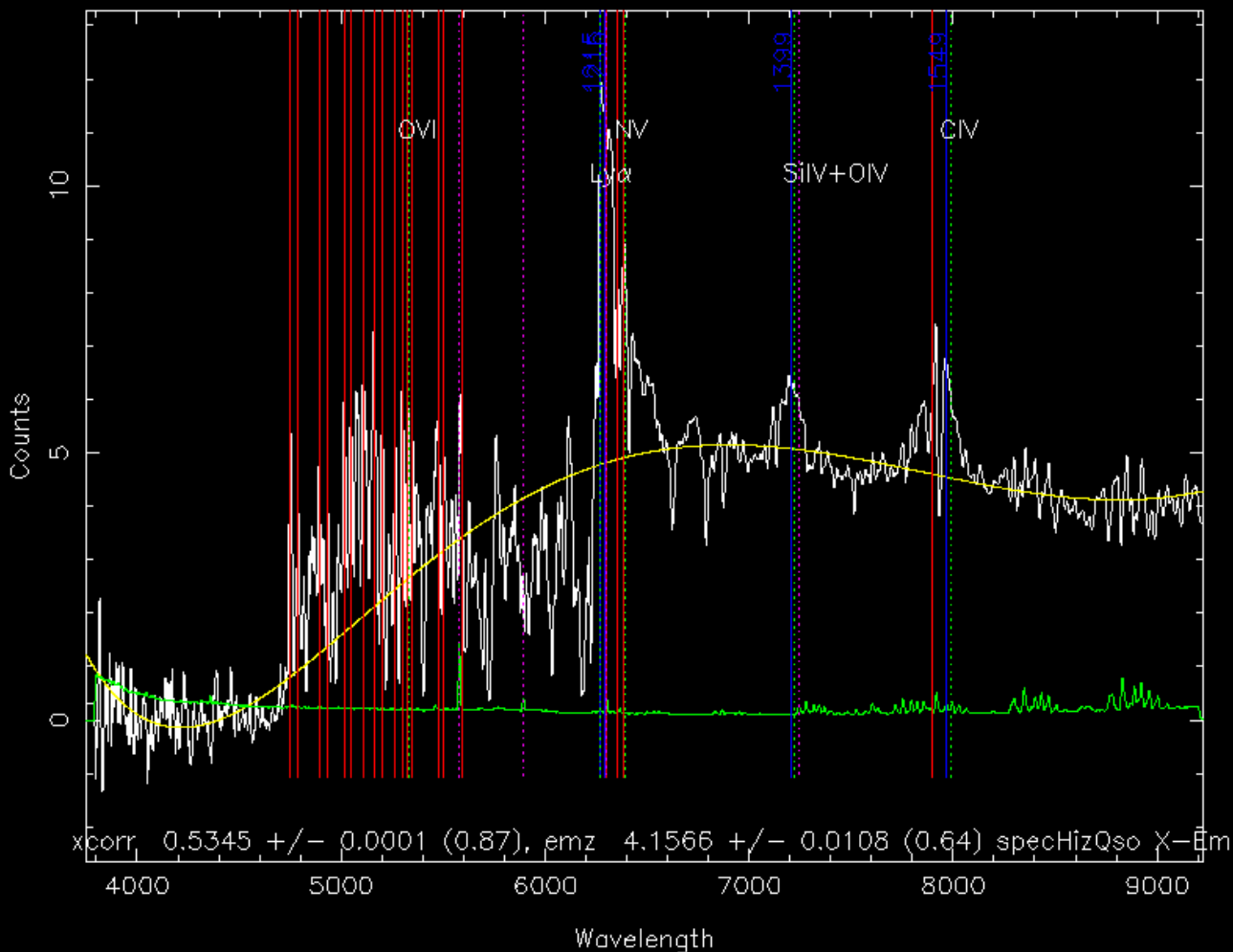
DR3, 141 Mio Objekte kartiert, 528 640 spektroskopiert







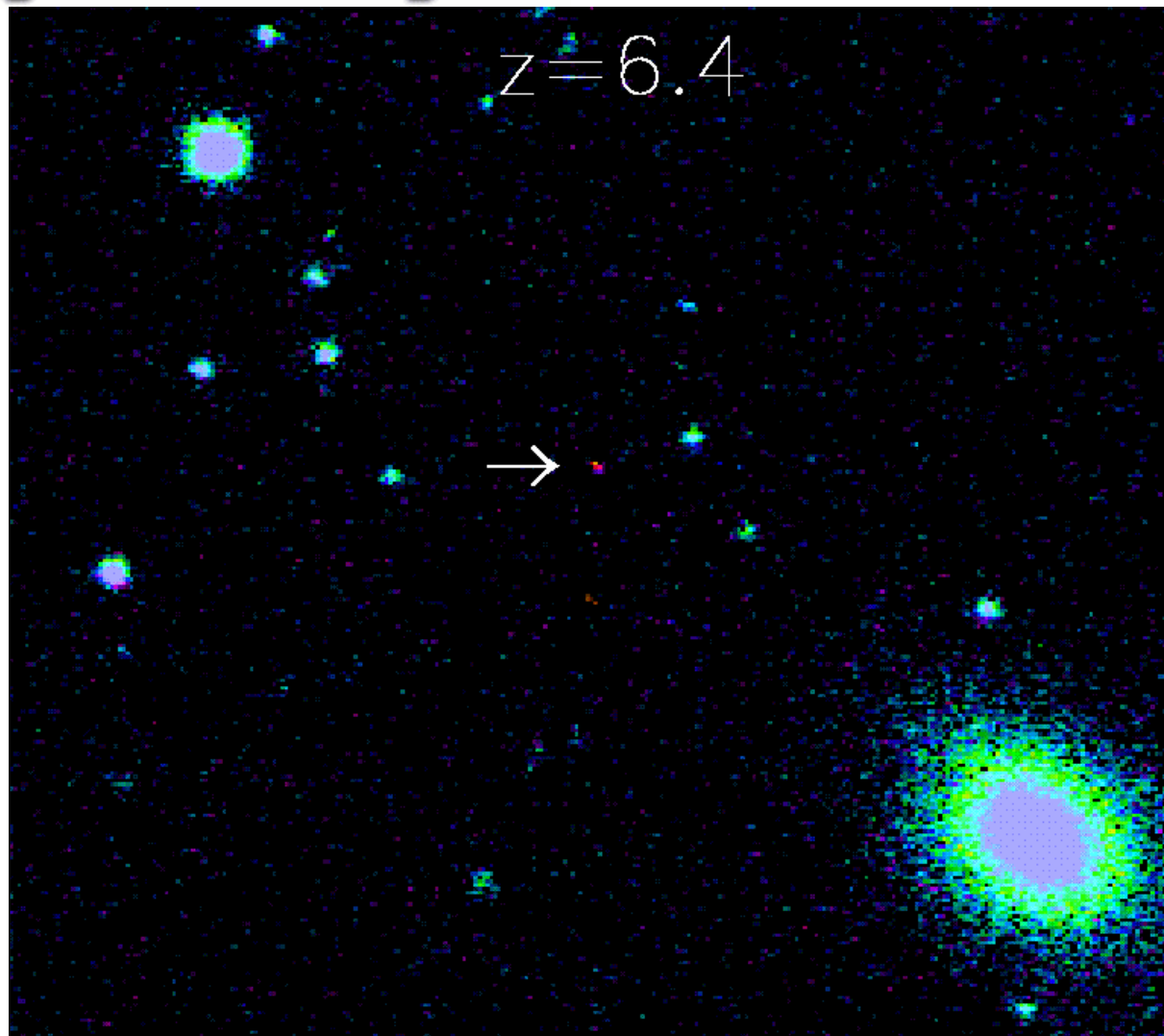
Sloan Digital Sky Survey



- QSO,
 $z=4.16$
- Algorithmus
- Lyman
alpha Wald



Sloan Digital Sky Survey



Neuer Rekord-Quasar: 6.41!!



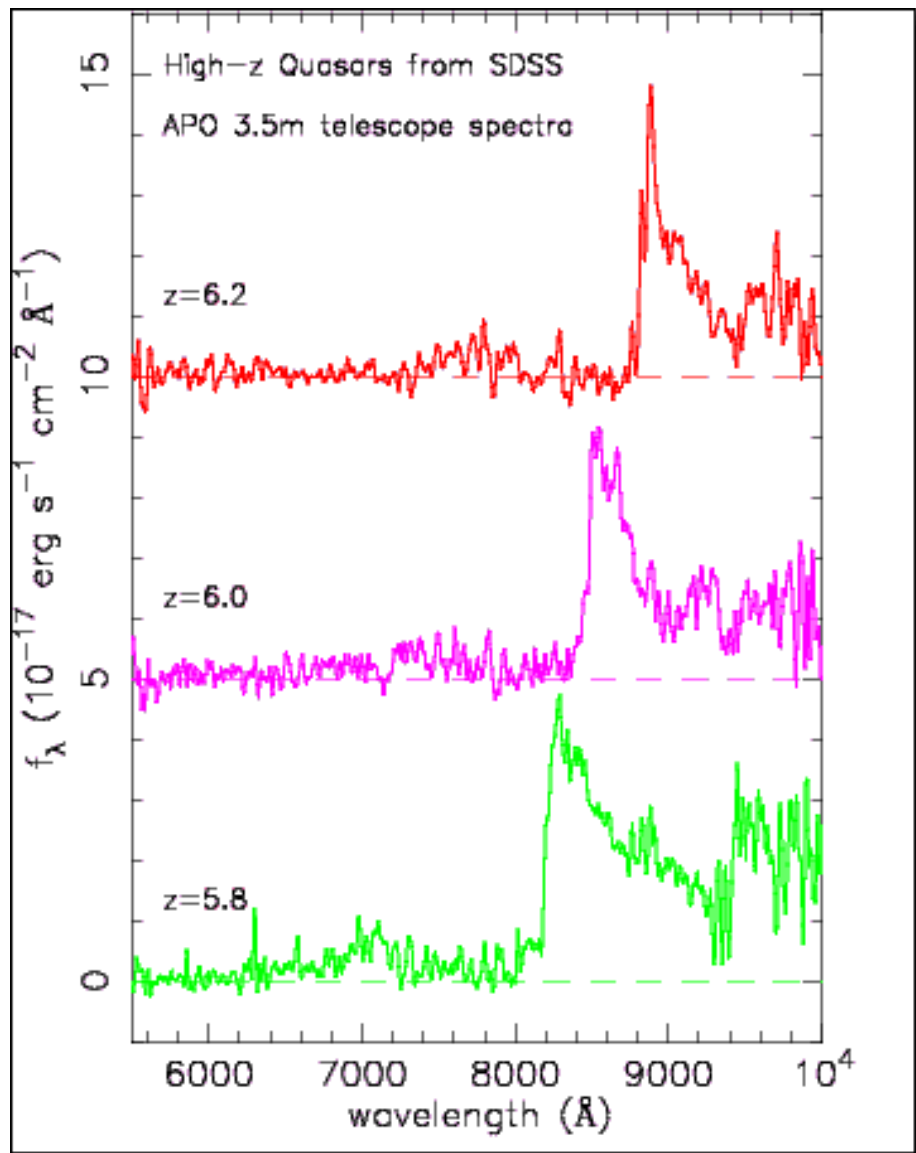
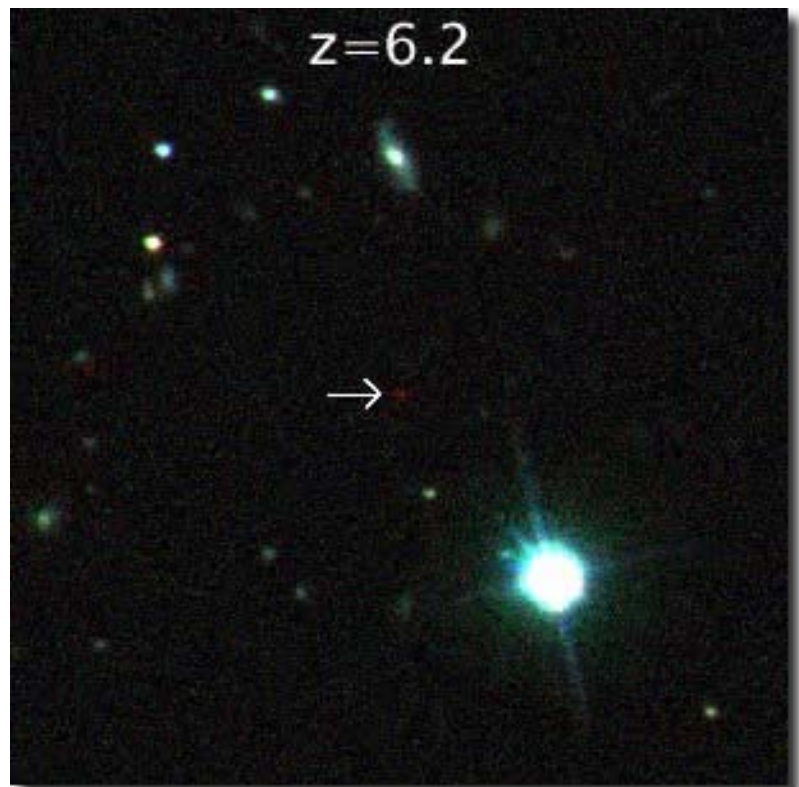
Sloan Digital Sky Survey

- 3 Quasare in ca. 13 Milliarden Lichtjahre Entfernung: Universum hatte 7% des heutigen Alters -> Objekte sehen aus, wie doppelt so alt: junge Quasare unterscheiden sich nicht groß von älteren
- +14 Quasare, 12-12.5 Mill. Lj.: jüngere strahlen prozentual weniger Röntgenstrahlung aus, große supermassive SL emittieren weniger Röntgenstrahlung



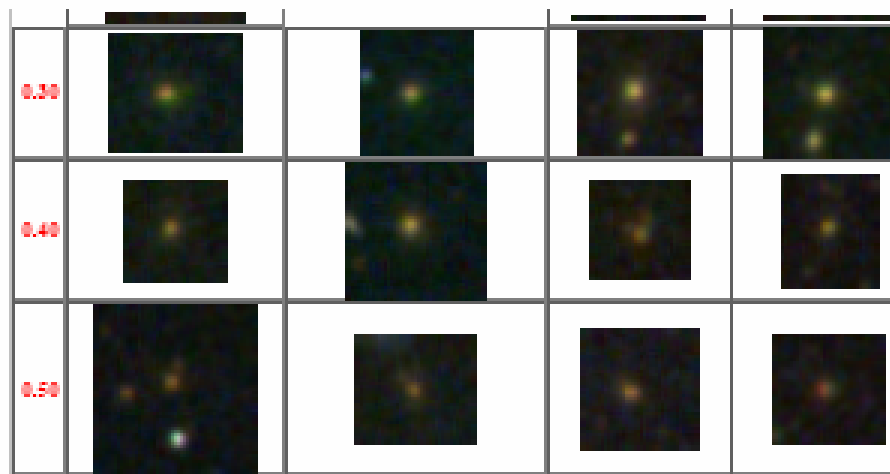
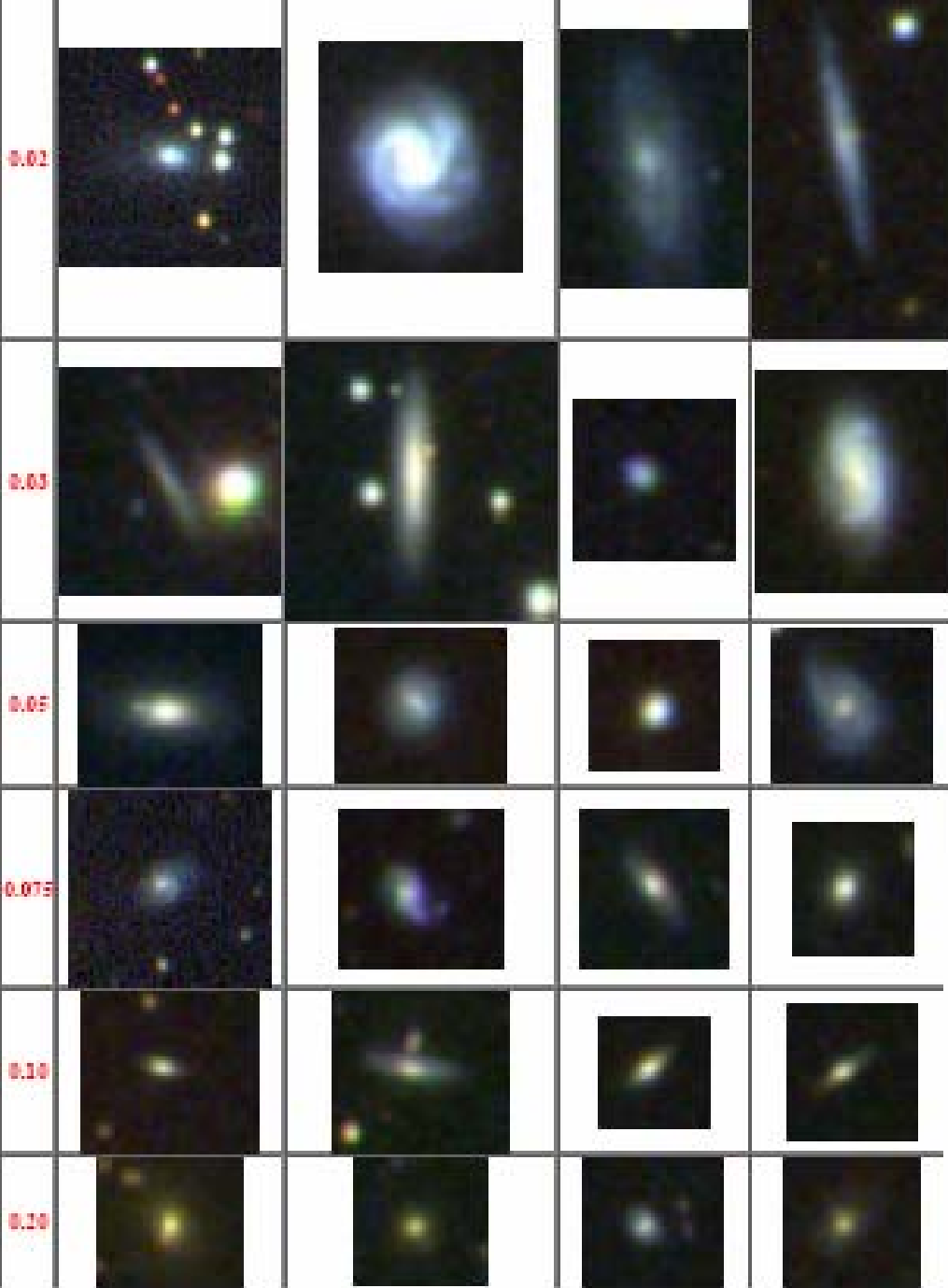


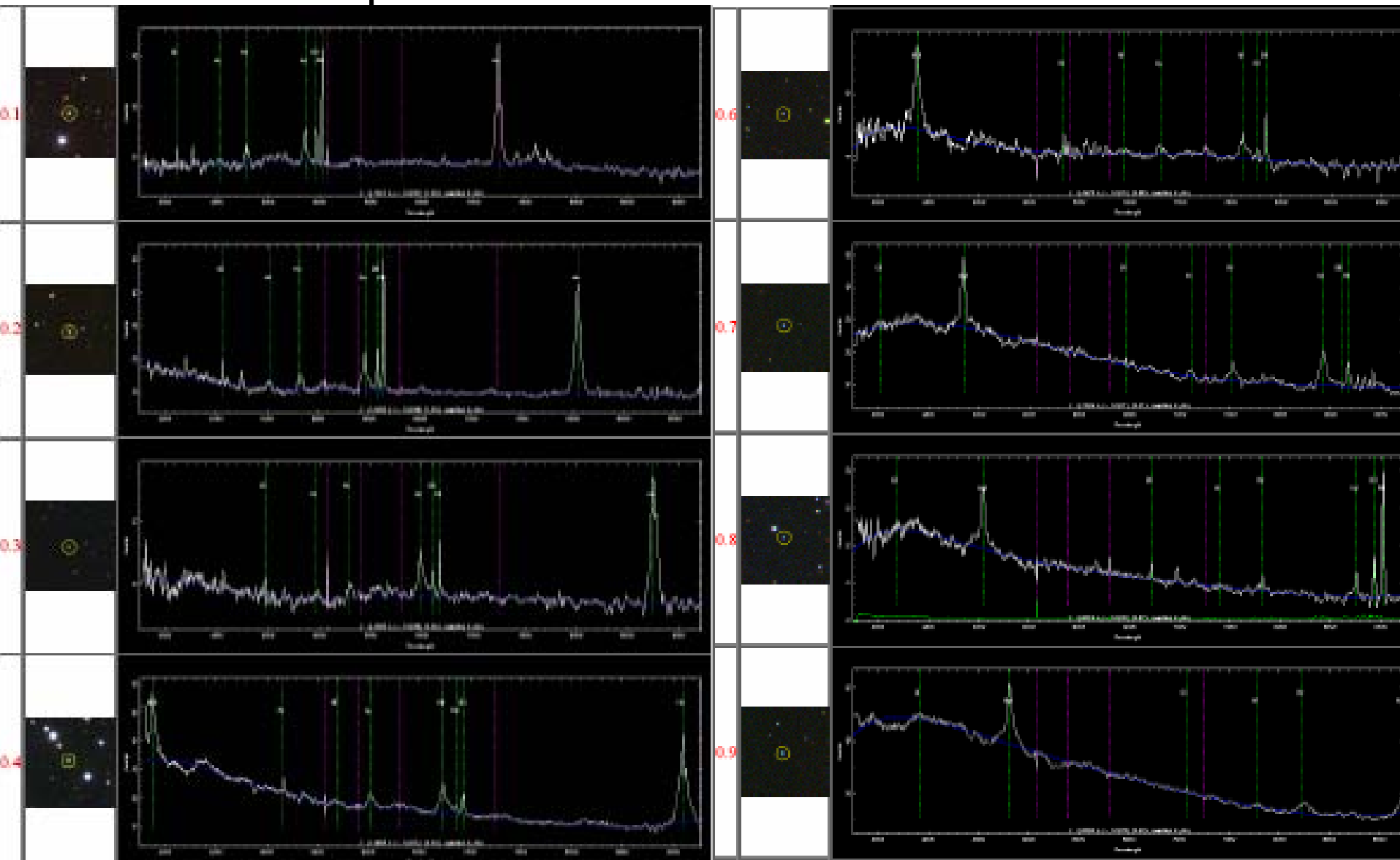
Sloan Digital Sky Survey



Sloan Digital Sky Survey

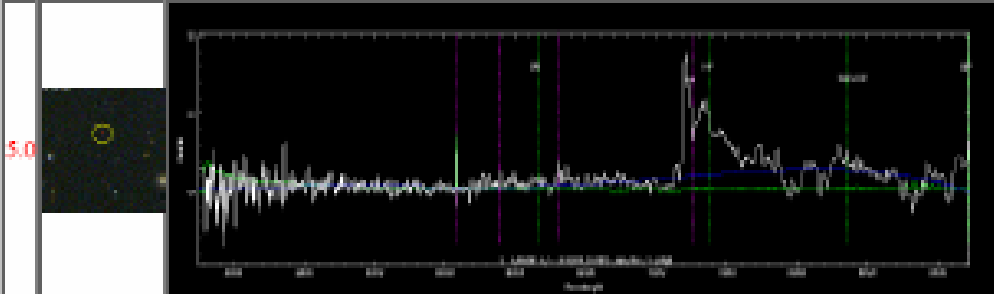
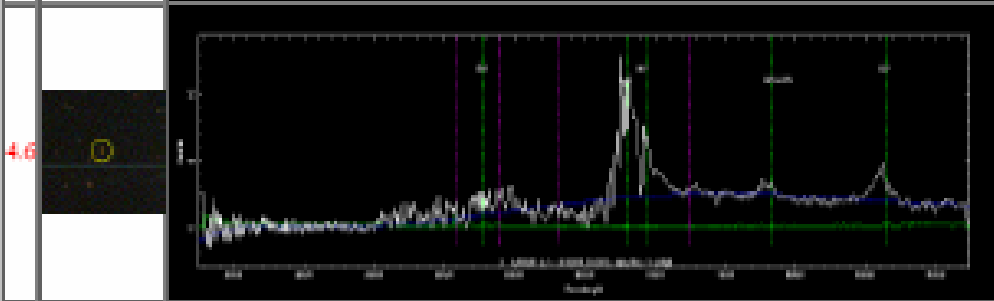
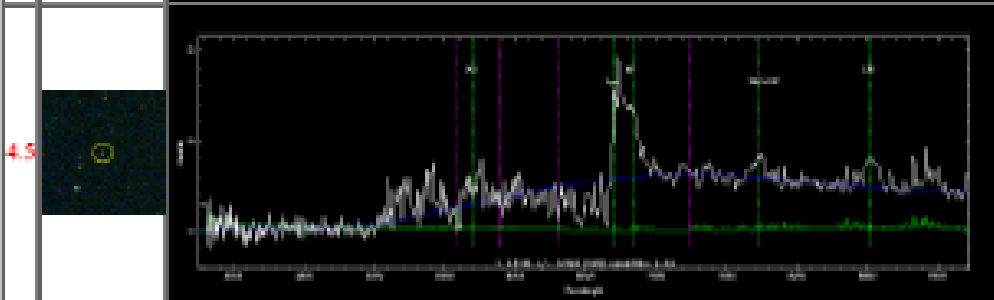
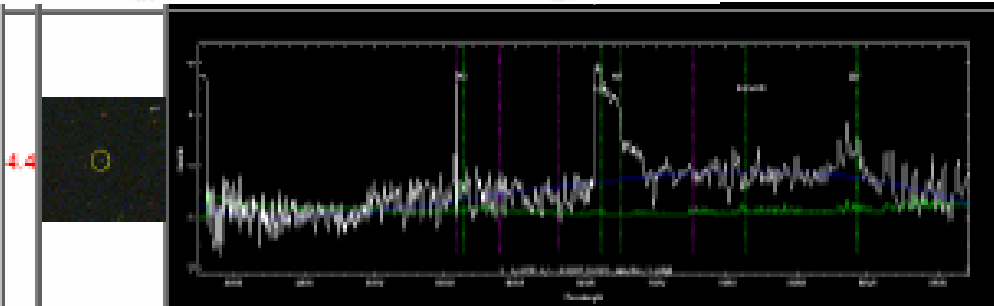
Redshift Gallery: Galaxies



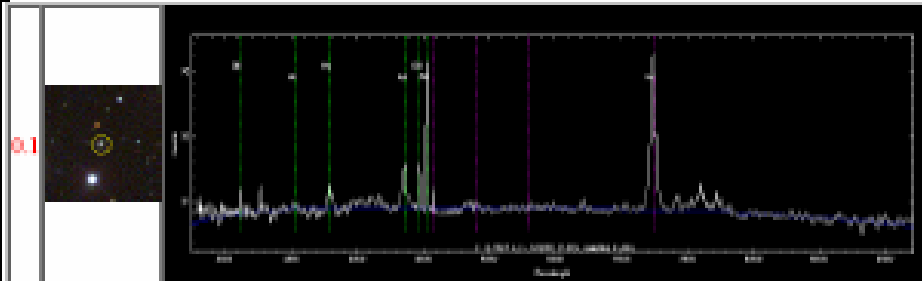


Sloan Digital Sky Survey

Redshift Gallery: Quasars



<http://www.sdss.org/>





Geschichte der Durchmusterungen - optisch -

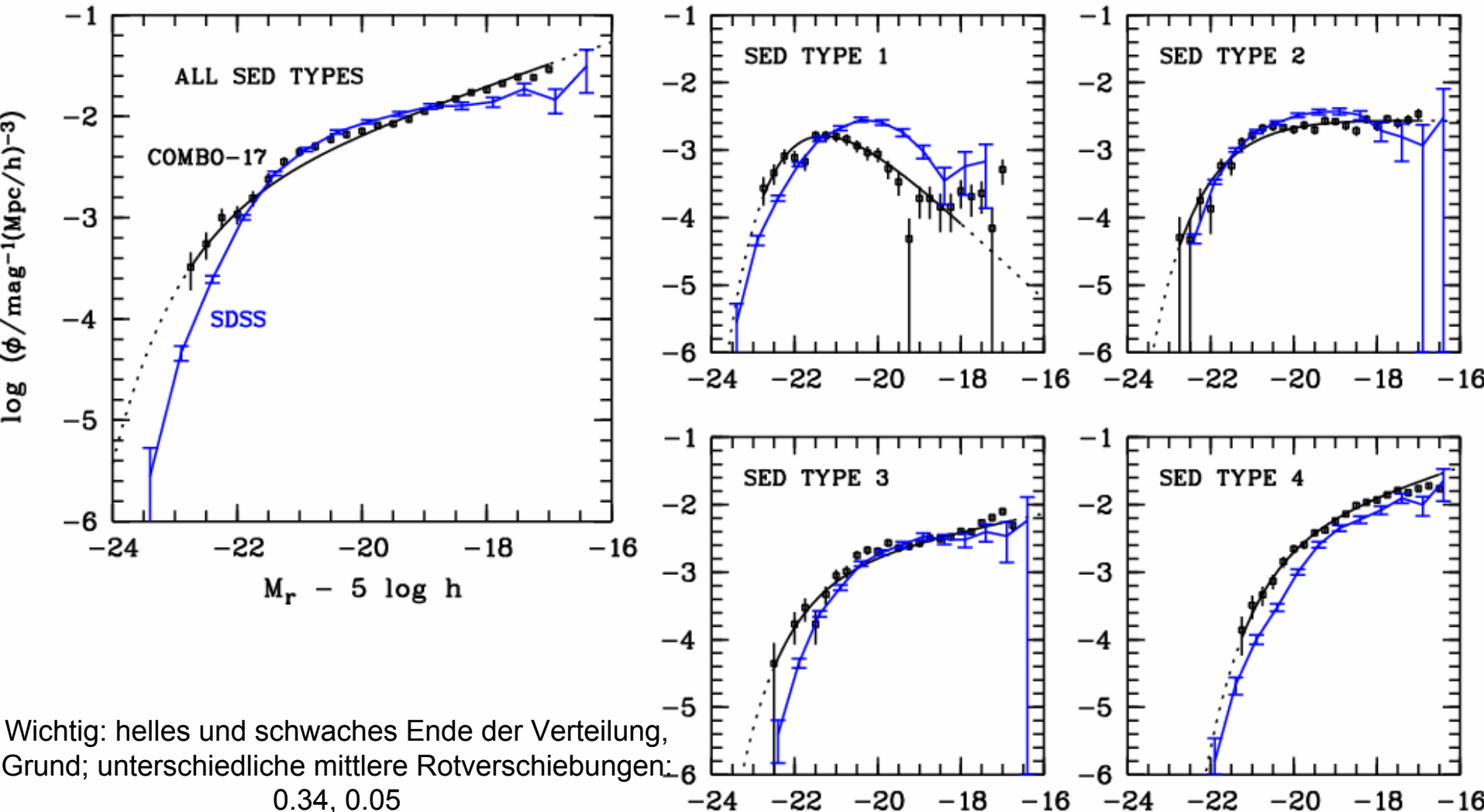
Classifying Objects by Medium-Band Observations - a spectrophotometric 17-filter survey -

- COMBO-17:
 - 17 optischen Farben (Filter), Wide Field Imager, 2,2 m Teleskop La Silla, Chile
 - 1 Quadratgrad bis $R \sim 26$ mag
 - 50 000 Galaxien, Quasare & AGN komplett
 - Ziel: Galaxien-Entwicklung $z > 1$, Quasar-Entwicklung bis $z = 5$
 - Bis jetzt: 25 000 Galaxien, 200 Quasare ($1.2 < z < 4.8$)
 - Bis lang konsistent mit reiner Dichte-Evolution

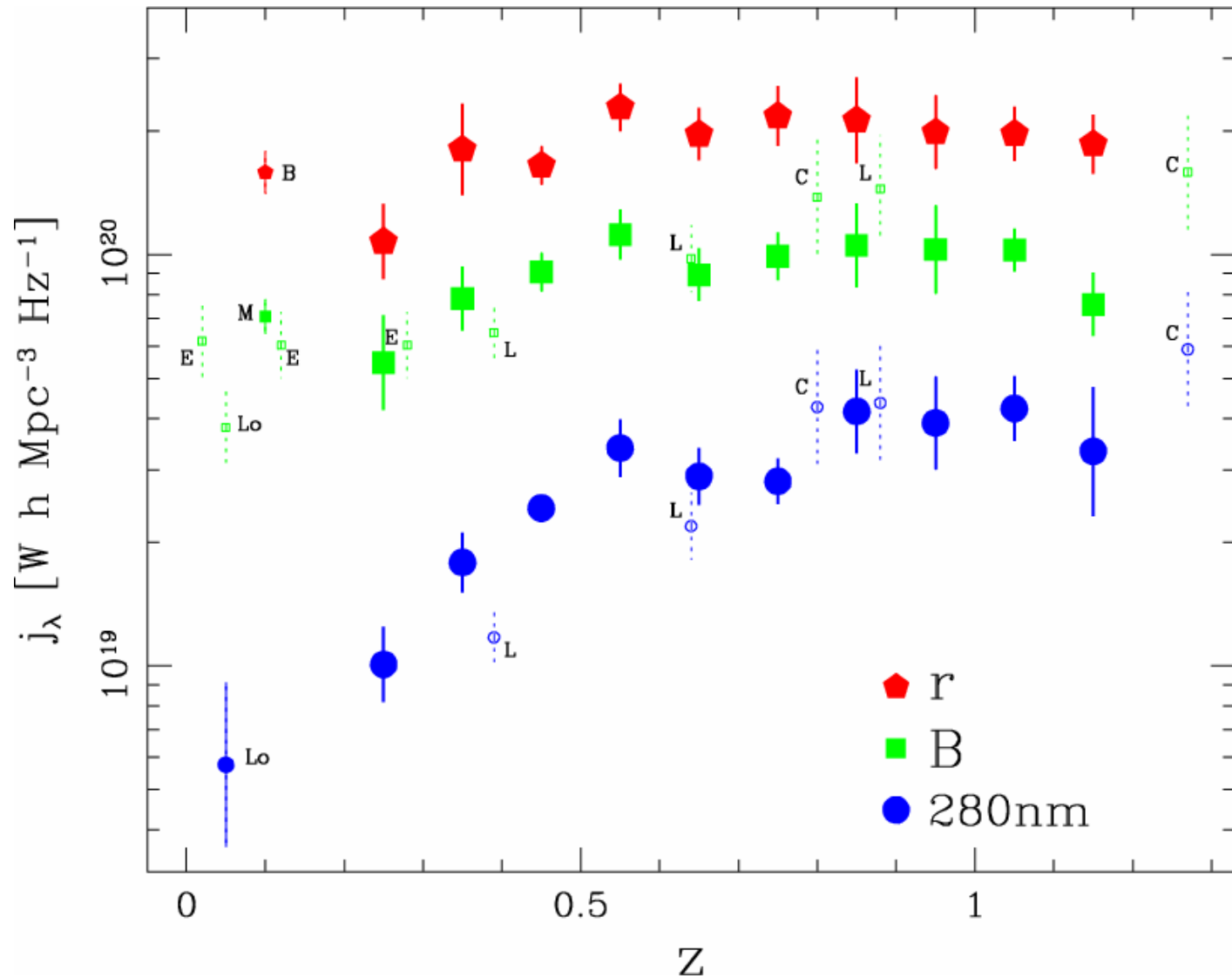


Geschichte der Durchmusterungen - optisch -

LF comparison COMBO-17 $z=0.2-0.4$ vs. SDSS local



Geschichte der Durchmusterungen - optisch -



A field of white daisies with yellow centers, growing in a green field. In the background, there are green trees and a blurred orange car. A white rectangular box is centered over the middle of the image, containing the text "Radio Suche".

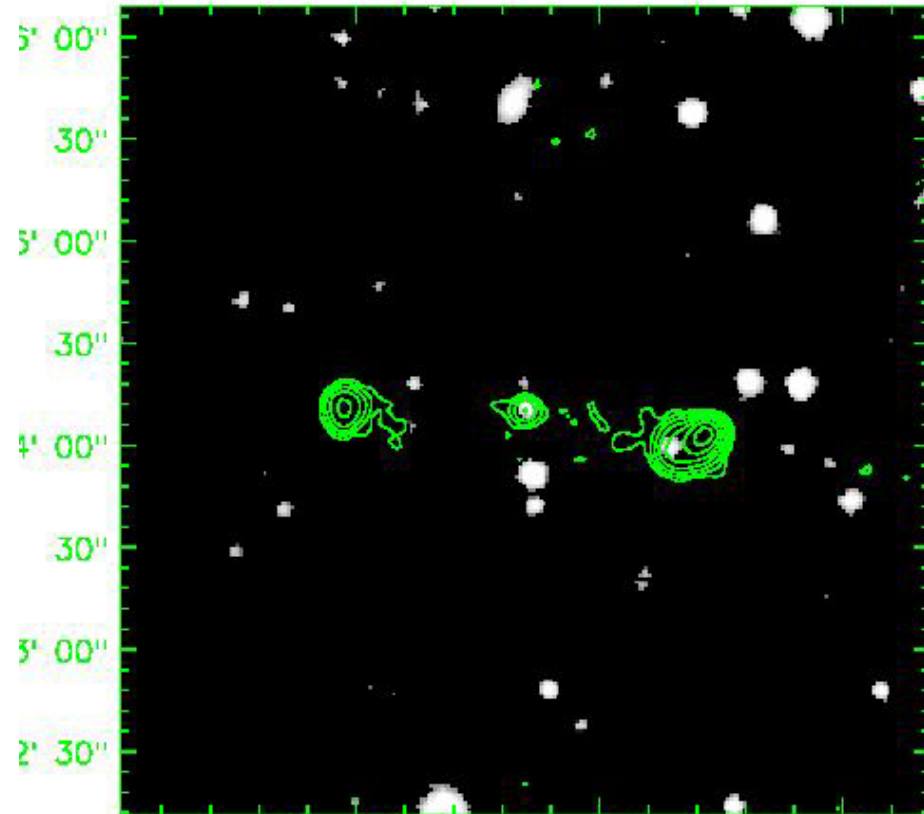
Radio Suche



Geschichte der Durchmusterungen

- Radio -

- Prinzip
 - Flach-Spektrum, kompakte Radioquelle
 - Objekt mit geringem IR/Radio
 - Morphologie
- Vorteile
 - Effizient
 - Sensitiv
 - Akkurat
 - Objekte können detektiert werden, die durch optisches Raster fielen
- Nachteile
 - Nicht vollständig (Auswahleffekte)
 - Sternentstehungs-Regionen





Geschichte der Durchmusterungen

- Radio -

- Vorteile der Radio-Beobachtungen:
 - Absorption noch geringer als für Röntgen-Strahlung
 - bis zu sehr hohen Rotverschiebungen mit sehr geringen Integrationszeiten
 - große Himmels-Überdeckung
 - einfache Auswahlkriterien
- Hook, Shaver, & McMahon (1998): **Raumdichte der radiolauten Quasare zeigt Umbiegen ähnlich wie das der optisch selektierten Quasare -> Umbiegen damit nicht auf Staub zurückzuführen**
- Die Zukunft: LOFAR und SKA.

Geschichte der Durchmusterungen - Radio -



The Evolution of Radio-Loud Quasars at High z

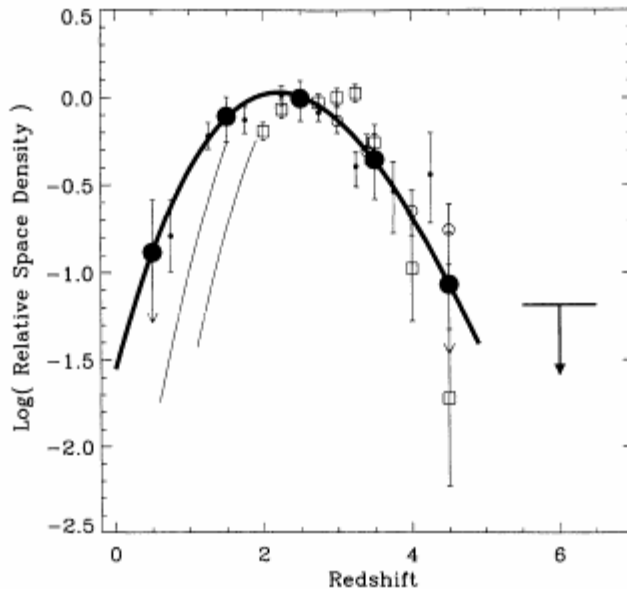


Figure 6. Space densities, normalized to $z \sim 2 - 3$ and plotted as a function of redshift, for the Parkes flat-spectrum radio-loud quasar: with $P_{\text{lim}} > 7.2 \cdot 10^{26} \text{ W Hz}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ (\bullet). The number of such objects found in the individual redshift ranges are 1 ($0 < z < 1$), 12 ($1 < z < 2$), 15 ($2 < z < 3$), 6 ($3 < z < 4$), and 1 ($4 < z < 5$); the error bars correspond to $\pm(N)^{\frac{1}{2}}$. The thick curve is a cubic fit to these data. The upper limit shown in the redshift range $5 < z < 7$ is taken from Shaver et al. (1996a). For comparison, similarly normalized space densities are also shown for the optically-selected quasar samples of Warren *et al.* (1994, \square), Schmidt *et al.* (1995) (\circ), and Hawkins & Véron (1996) (\bullet). The thin lines represent luminosity functions from Boyle (1991) and Hewett *et al.* (1993) used by Warren *et al.* and Schmidt *et al.* respectively as

24

Hook, Shaver and McMahon

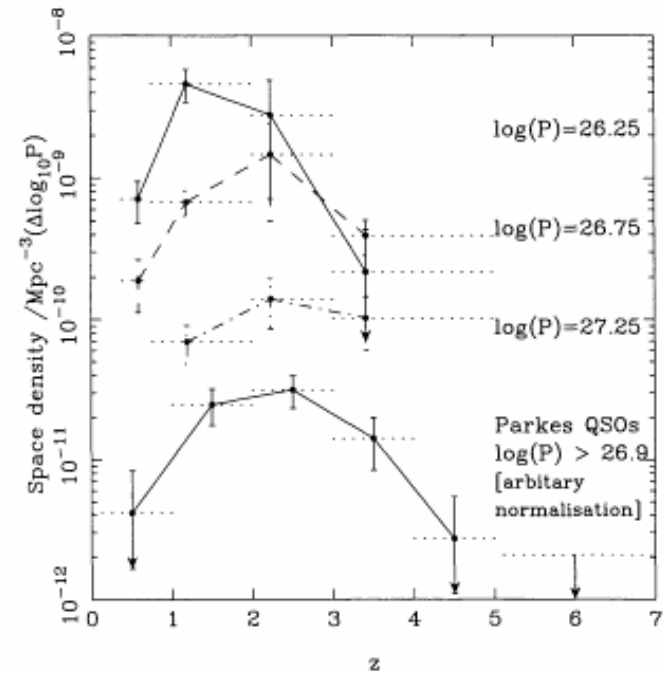
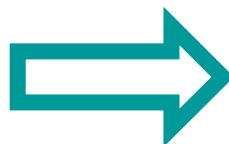


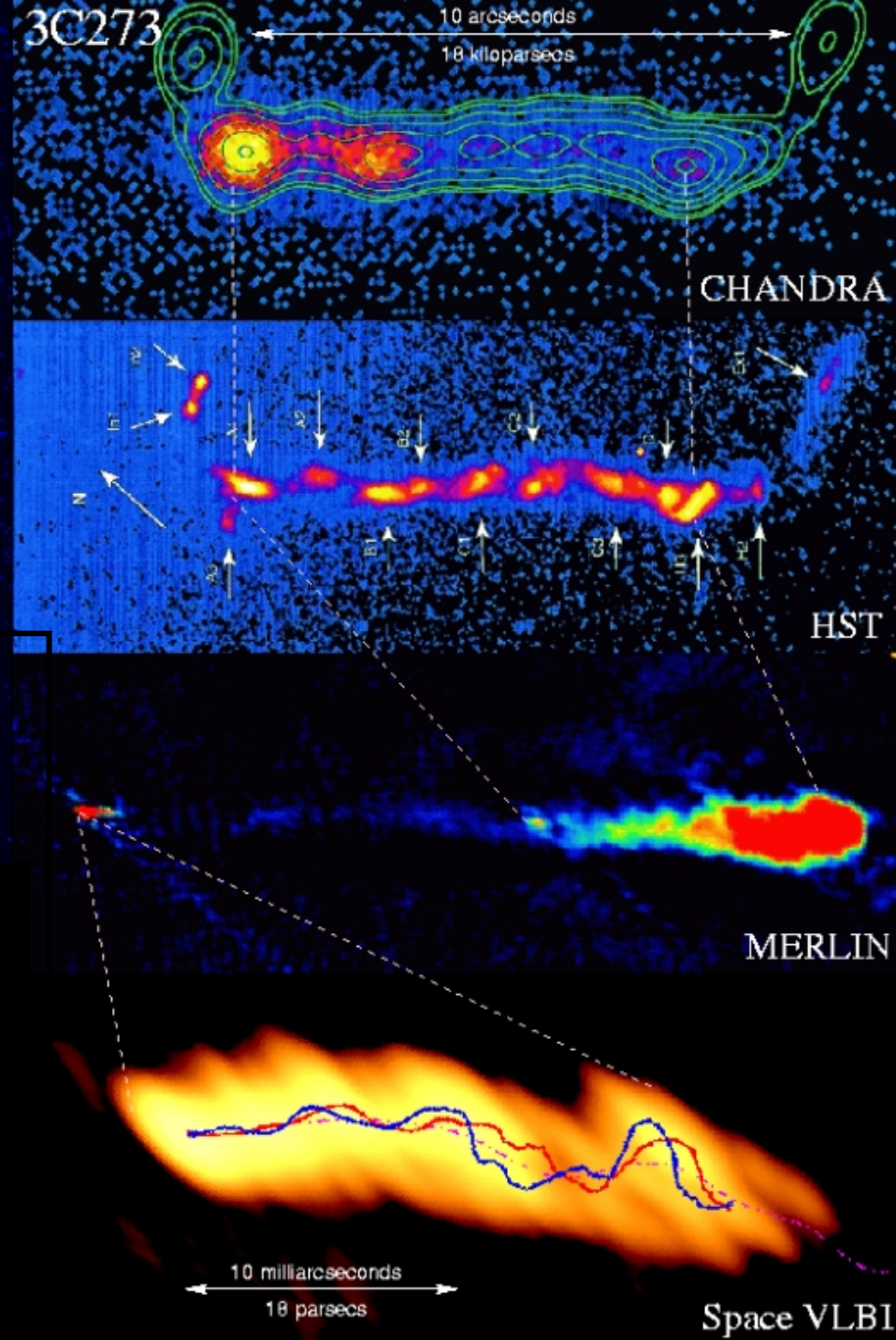
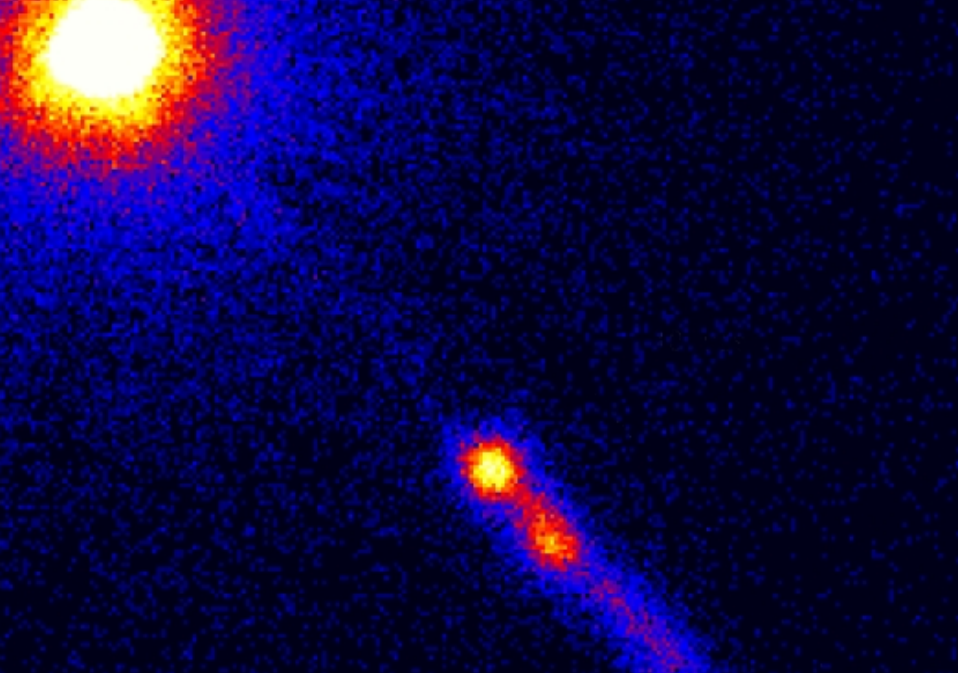
Figure 7. Space density as a function of redshift for sources with various radio luminosity P . The top three curves are from the northern sample combined with data from Dunlop & Peacock (1990) -see caption of Figure 4. The lower curve is from the Parkes sample (see Fig. 6) and is plotted with arbitrary normalisation. The dotted lines show the extent of the redshift bin used to compute each point.

Radio AGN Surveys

Radio surveys: only 5-10% of AGN are radio-loud

- 3C/3CR: $>9\text{Jy}@178\text{MHz}$, ~ 300 sources, all w/IDs, $\sim 25\%$ AGN
 - 4C-8C (esp. 4C & 7C): decreasing flux limits & areas
 - PKS (Parkes): $>0.5\text{Jy}@2.7\text{GHz}$, 15000 deg^2 , 5000 sources
 - 1 Jy: 5GHz, nearly complete IDs, good source of BL Lacs, 518 sources
 - FIRST: $>1\text{mJy}@1.4\text{GHz}$, $5000\text{-}1000\text{ deg}^2$, 5" FWHM,
radio-loud and radio-quiet to $z\sim 3$ (ditto for NVSS)
 - NVSS: $>1\text{mJy}@1.4\text{GHz}$, $\sim 30000\text{ deg}^2$, 45" FWHM
 - WENSS: north of $+30\text{ deg decl.}$ at 326 MHz,
230,000 sources $> 18\text{ mJy}$, total I & linear polarization
 - MRC (Molonglo): $>0.95\text{Jy}@408\text{MHz}$, complete followup, [SUMSS](#)
 - USS (ultra-steep-spectrum): good for $z>2$ radio galaxies





The „first“ Quasar: 3C273



Space VLBI

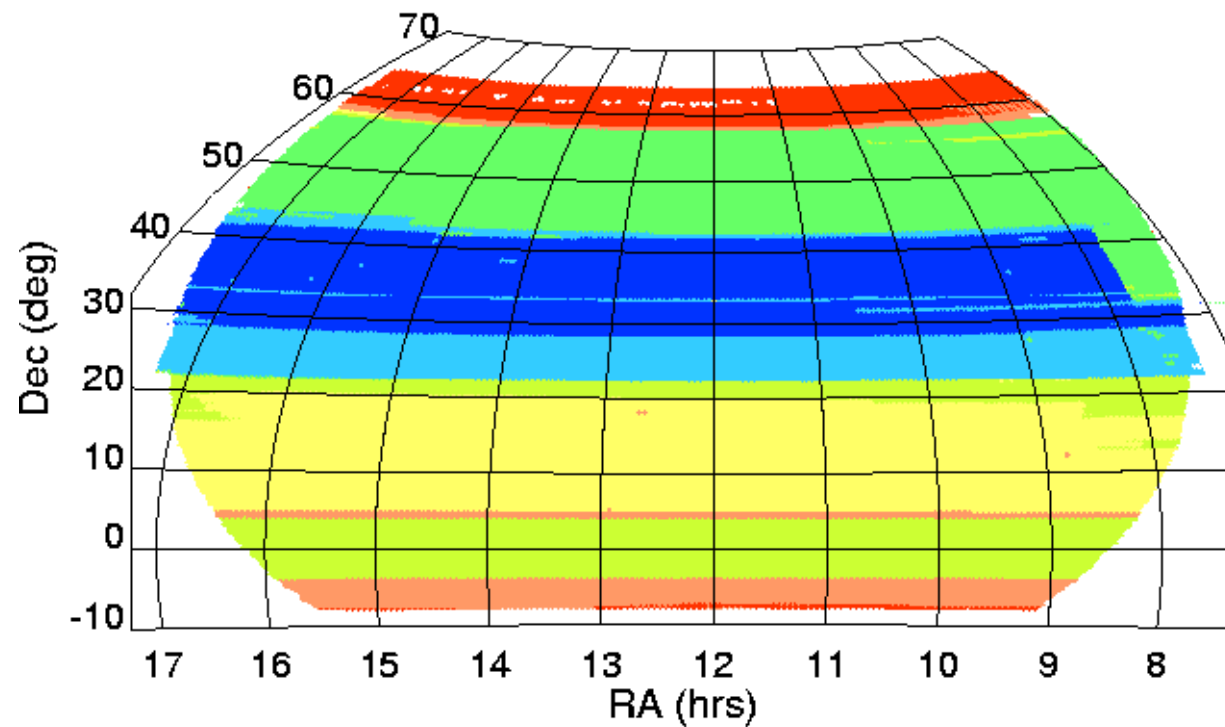


The VLA FIRST Survey

FAINT IMAGES OF THE RADIO SKY AT TWENTY-CENTIMETERS

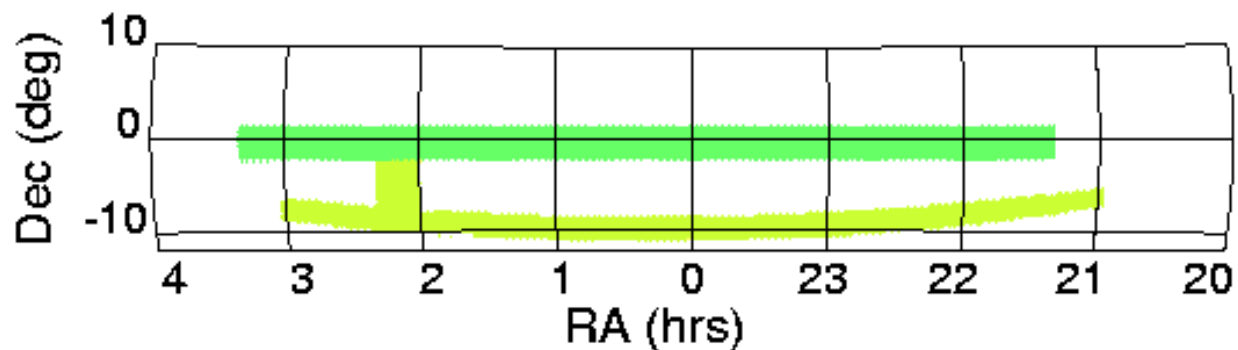
FIRST -- Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm -- is a project designed to produce the radio equivalent of the Palomar Observatory Sky Survey over 10,000 square degrees of the North and South Galactic Caps. Using the NRAO Very Large Array (VLA) and an automated mapping pipeline, we produce images with 1.8" pixels, a typical rms of 0.15 mJy, and a resolution of 5". At the 1 mJy source detection threshold, there are ~90 sources per square degree, ~35% of which have resolved structure on scales from 2-30".

FIRST Survey Northern Sky Coverage, 2003 April 11

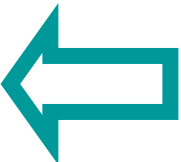


■ 2002 ■ 2001 ■ 1999 ■ 1998 ■ 1997 ■ 1995 ■ 1994

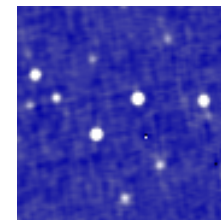
FIRST Survey Southern Sky Coverage, 2003 April 11



■ 1999 ■ 1998 ■ 1997

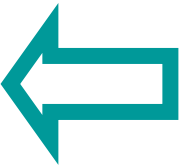


The NRAO VLA Sky Survey



- **The NRAO VLA Sky Survey** (NVSS) is a 1.4 GHz continuum survey covering the entire sky north of -40 deg declination. A detailed description appears in the 1998 May issue of *The Astronomical Journal* (Condon, J. J., Cotton, W. D., Greisen, E. W., Yin, Q. F., Perley, R. A., Taylor, G. B., & Broderick, J. J. 1998, *AJ*, 115, 1693). The principal NVSS data products are:
 - A set of 2326 continuum image "cubes," each covering 4 deg X 4 deg with three planes containing the Stokes I, Q, and U images. These images were made with a relatively large restoring beam (45 arcsec FWHM) to yield the high surface-brightness sensitivity needed for completeness and photometric accuracy. Their rms brightness fluctuations are about 0.45 mJy/beam = 0.14 K (Stokes I) and 0.29 mJy/beam = 0.09 K (Stokes Q and U). The rms uncertainties in right ascension and declination vary from < 1 arcsec for relatively strong ($S > 15$ mJy) point sources to 7 arcsec for the faintest ($S = 2.3$ mJy) detectable sources. The completeness limit is about 2.5 mJy.
 - A catalog of discrete sources on these images (over 1.8 million sources in the entire survey).
 - Processed (u, v) data sets. Every large image was constructed from more than 100 smaller "snapshot" images. All of the edited and calibrated single-source (u, v) data sets used to make the snapshot images contributing to each large image have been combined into a single multisource (u, v) file for users who want to investigate the data underlying the images

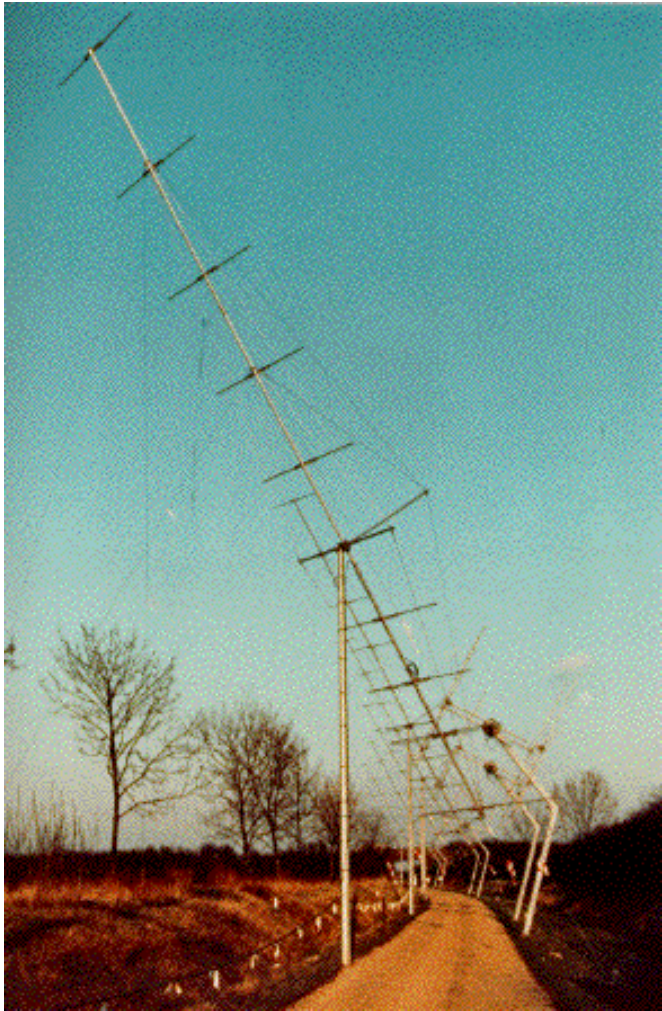
=> **postage stamp server.**



Cambridge Surveys



A group of the 6C antennas.
(© Mullard Radio Astronomy Observatory, 1995.)



A group of the 8C antennas, with the smaller CLFST antennas to the right.
(© Mullard Radio Astronomy Observatory, 1995.)

•6C

- The 6C survey covers most of the northern hemisphere above a declination of 30° , but generally away from the Galactic plane, at 151 MHz, with a resolution of 4.2×4.2 cosec(declination) arcmin² (EW \times NS).

- I: declination $> 80^\circ$, $0\text{h} < \text{right ascension} < 24\text{h}$

[Baldwin et al. 1985, MNRAS, 217, 717.](#)

- II: $30^\circ < \text{declination} < 51^\circ$, $08\text{h}30\text{m} < \text{right ascension} < 17\text{h}30\text{m}$

[Hales et al. 1988, MNRAS, 234, 919.](#)

- III: $48^\circ < \text{declination} < 68^\circ$, $05\text{h}25\text{m} < \text{right ascension} < 18\text{h}17\text{m}$

[Hales et al. 1990, MNRAS, 246, 256.](#)

- IV: $67^\circ < \text{declination} < 82^\circ$, $0\text{h} < \text{right ascension} < 24\text{h}$

[Hales et al. 1991, MNRAS, 251, 46.](#)

- V: $48^\circ < \text{declination} < 68^\circ$,

$01\text{h}34\text{m} < \text{right ascension} < 6\text{h}14\text{m}$ and $17\text{h}16\text{m} < \text{right ascension} < 20\text{h}24\text{m}$

[Hales et al. 1993, MNRAS, 262, 1057.](#)

- VI: $30^\circ < \text{declination} < 51^\circ$,

$0\text{h} < \text{right ascension} < 09\text{h}05\text{m}$ and $22\text{h}35\text{m} < \text{right ascension} < 24\text{h}$

[Hales et al. 1993, MNRAS, 263, 25.](#)



The Westerbork Northern Sky Survey

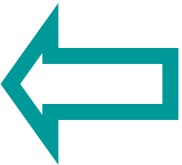


- The Westerbork Northern Sky Survey (*WENSS*) is a low-frequency radio survey that covers the whole sky

north of $\delta=30$ degree at a wavelength of 92 or 85 cm to a limiting flux density of approximately 18 mJy (5 sigma).

This survey has a resolution of $54'' \times 54'' \csc(\delta)$ and a positional accuracy for strong sources of $1.5''$.

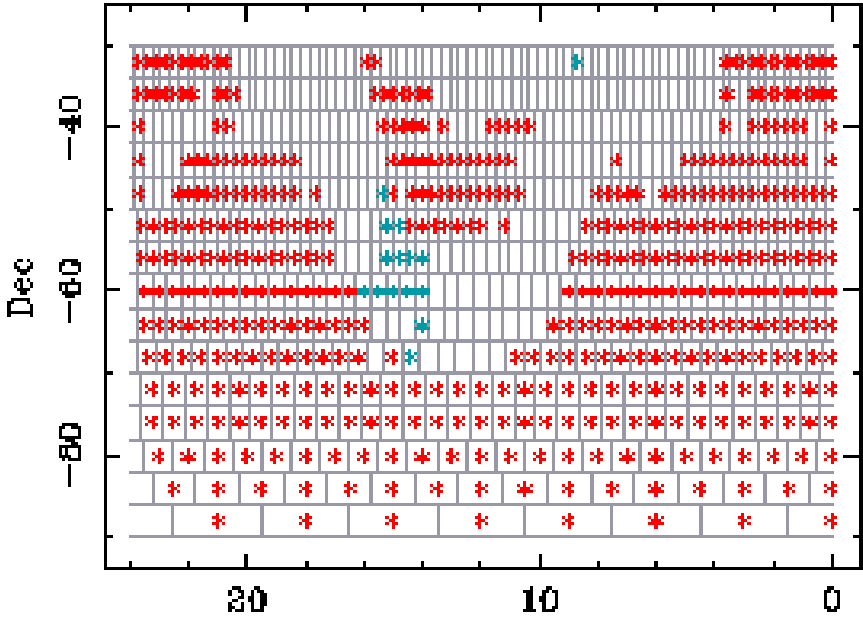
- The *WENSS* project is a collaboration between the [Netherlands Foundation for Research in Astronomy](#) (NFRA/ASTRON) and the [Leiden Observatory](#).



SUMSS:

SUMSS is a deep radio survey of the entire sky south of declination -30 degrees, made using the [MOST](#)

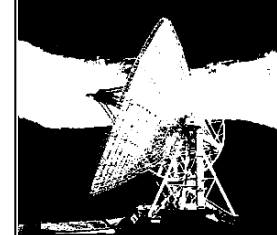
Available SUMSS Mosaics at 2004-Jul-14



Molonglo Observatory
Synthesis Telescope

471 Extragalactic mosaics and
15 Galactic mosaics have now been released,
covering an area of about 5450 square
degrees, Completion: 90%, expected: 300 000 radio sources

Radio surveys



Survey	Frequency MHz	Flux Jy	# of sources	ID %	QSR %	$z > 1$ %	Additional constraints		
6C/2Jy ^a	151	2.2<S<4.4	67	30	24	-	34< δ <40	08< α <13	
3CR ^b	178	9	298	60	20	15	-05< δ		
3CRR ^c	178	10	173	60	20	15	b>10	10< δ	
4C/USS ^d	178	2	46	20	-	30	20< δ <40	a<-1	
ESO/UTRAO ^e	365	0.25	372	15	-	-	0< δ <20	a<-1	
B2/1Jy ^f	408	2>S>1	59	39	24	20	b>30	34< δ <40	0< α <13
MCR/1Jy ^g	408	0.9	540	30	25	15	b>15	-30< δ <-20	
B3/VLA ^h	408	0.1	1103	30	-	-		37< δ <47	
LBDS ⁱ	1412	0.001	306	53	20	-	selected areas		
PSR ^j	2700	0.1	1178	67	29	-	selected areas		
MG ^k	5000	0.106	5974	45	24	-	b>10	0< δ <19.5	
PR ^l	5000	1.3	65	-	52	26	b>10	35< δ	

^a Baldwin et al 1985, Eales 1985a,b; ^b Bennet 1962, Spinrad et al 1985a; ^c Laing et al 1983; ^d Tielens et al 1979, Chambers & Miley 1990; ^e Douglas et al 1980, Röttgering 1993; ^f Allington-Smith 1982; ^g Large et al 1981, McCarthy et al 1990a; ^h Ficarra et al 1985, Vigotti et al 1989; ⁱ Windhorst et al 1984a,b; ^j Downes et al 1986, Dunlop et al 1989a; ^k Bennett et al 1986, Lawrence et al 1986.

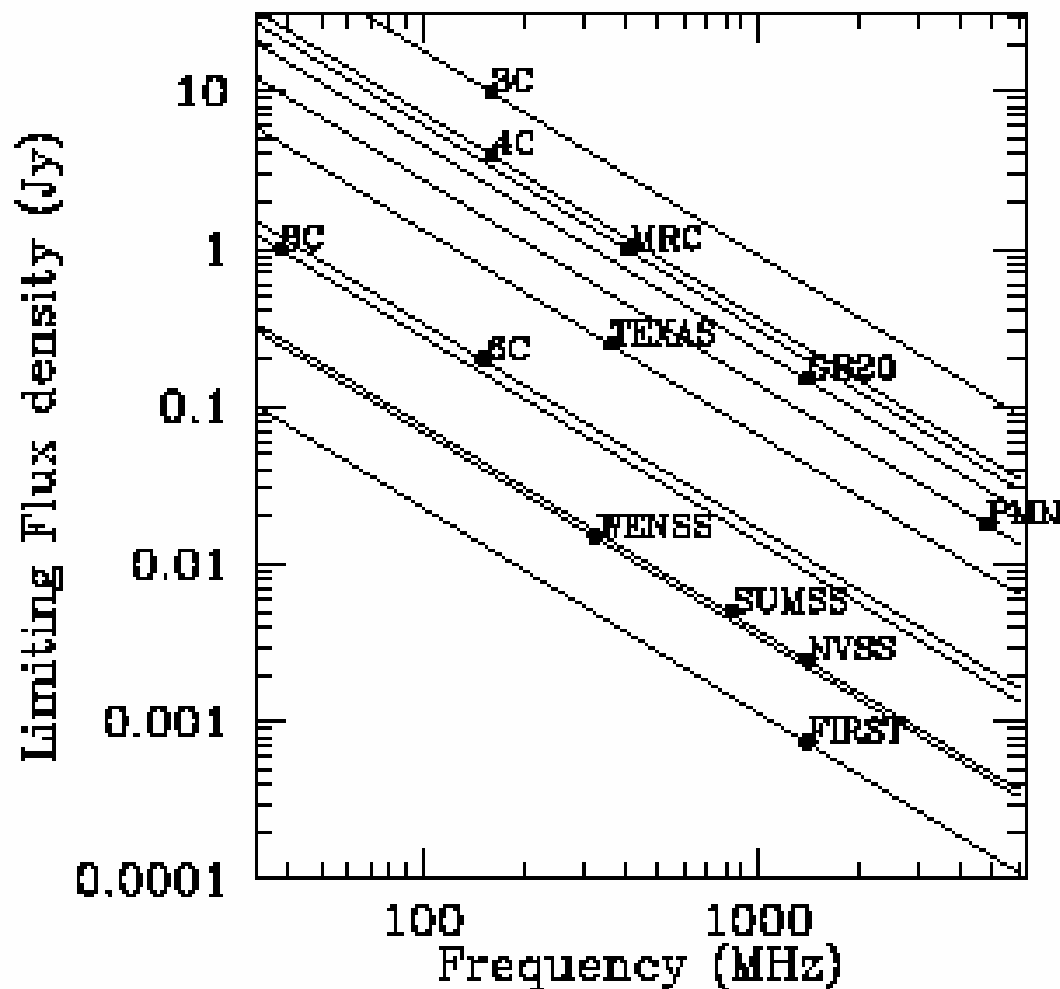
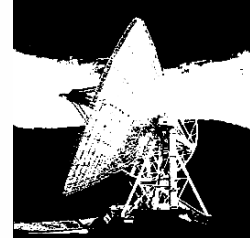
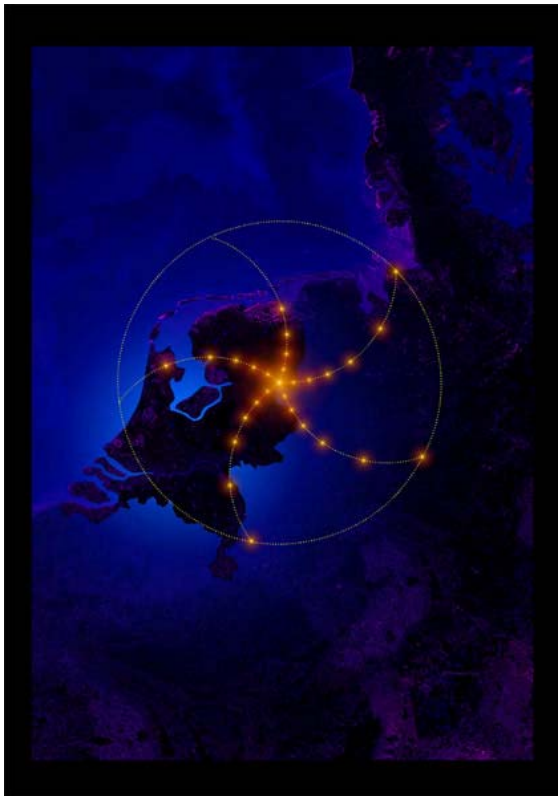


Figure 1. Limiting flux density of all major radio surveys. Lines are of constant spectral indices of -1.3 . Note that WENSS and SUMSS are ideally matched to NVSS to construct samples of USS sources.



Geschichte der Durchmusterungen

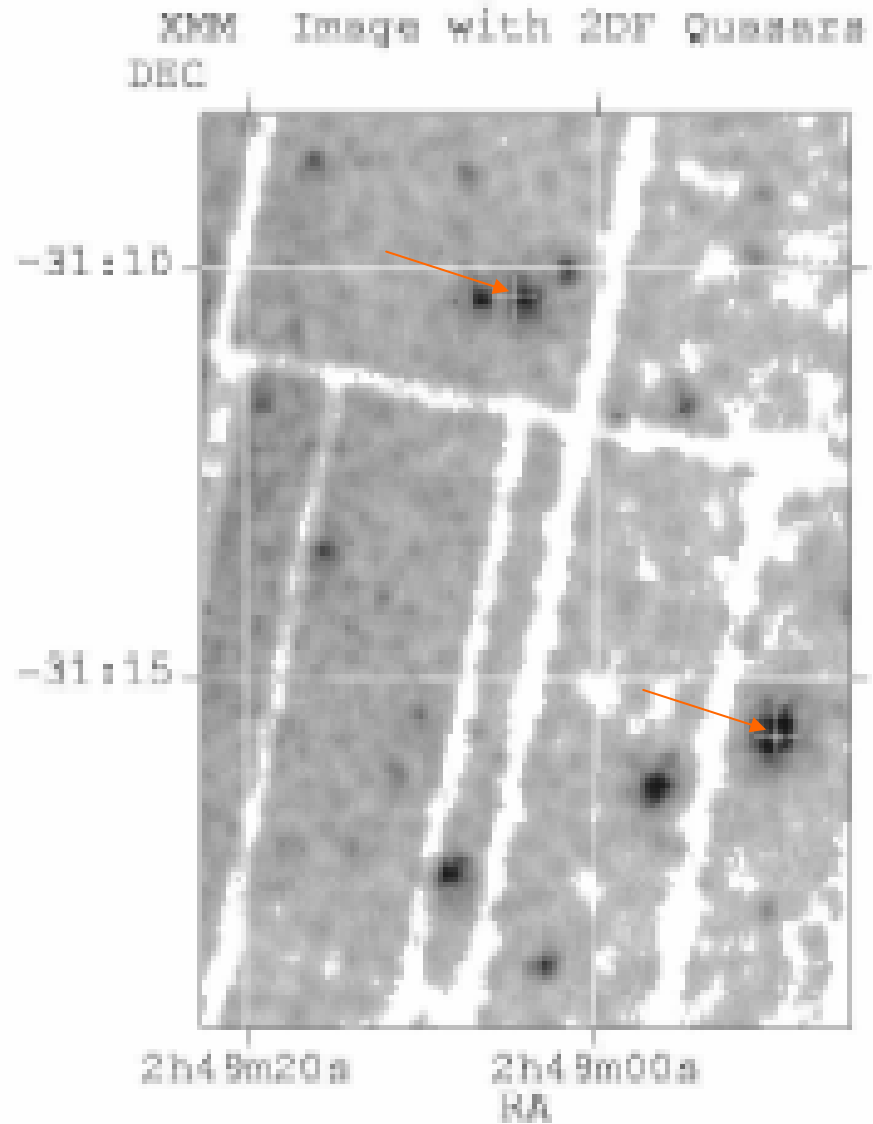
- Radio, Arecibo, Lofar, SKA -





Röntgen Suche

Vergleich 2dF - XMM





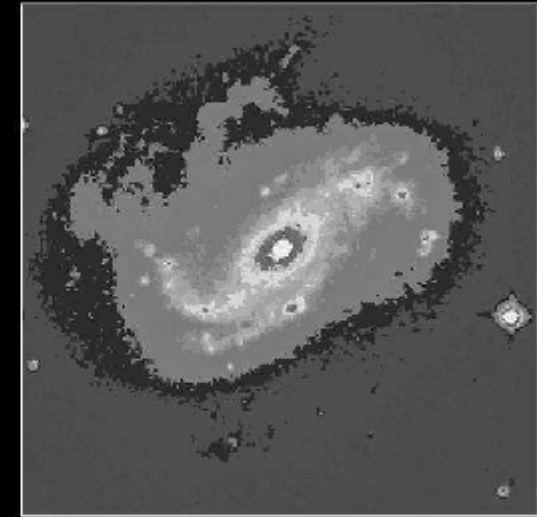
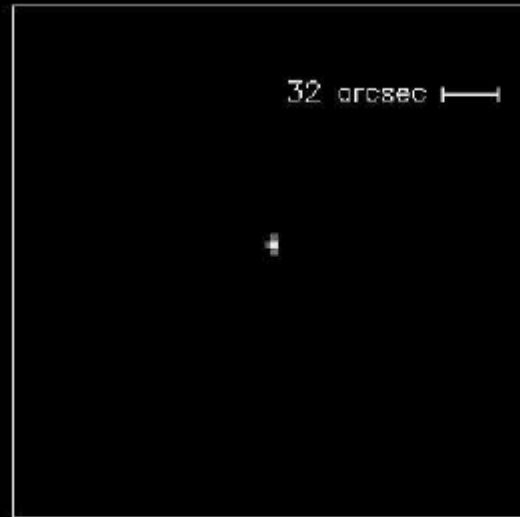
Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- Großer Teil der bolometrischen Energie (3-20%) wird im Röntgenbereich abgestrahlt.
- Große Flächendichte (400 Quadratgrad)
- Große Amplitude und Frequenz der Variabilität im Röntgen-Band.
- Wenig Kontamination mit anderen Objekten
- Hoch-rotverschobenen Quasare sind leicht zu detektieren
- Spart Nachfolge-Arbeiten

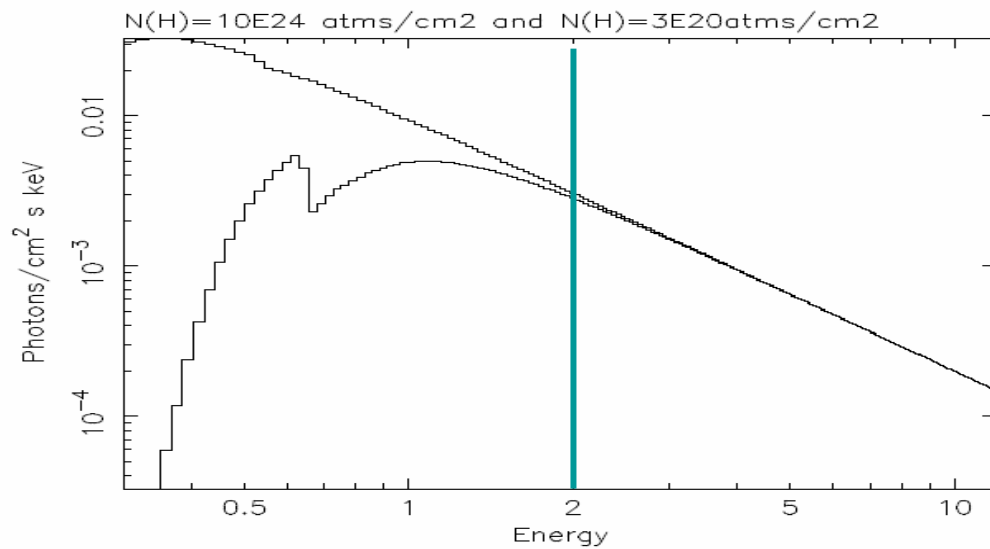


Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- Hoher Kontrast zwischen AGN und stellarem Licht



X-ray Spectra of 2 Z=10 Quasars





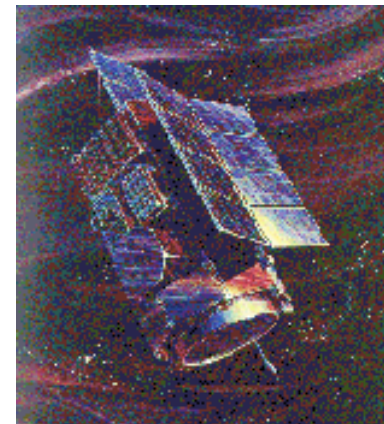
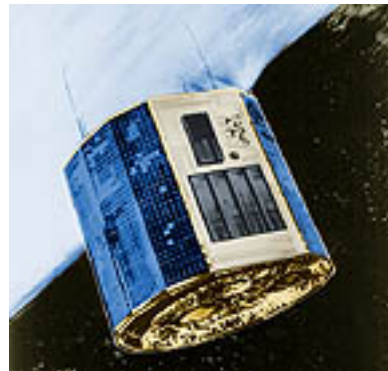
Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- Weiche Röntgen-Durchmusterungen
- Harte Röntgen-Durchmusterungen
 - Pre-*Chandra* und *XMM-Newton*
 - Deep *Chandra* und *XMM-Newton*
Durchmusterungen
- Tiefe Extragalaktische Röntgen-Durchmusterungen
- 2Ms *Chandra* Point-Source CATA



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- Uhuru (1970 10-1973 3) [2-20 keV]
- Ariel-V (1973 10-1980 3) [0.3-40 keV]
- HEAO-1 (1977 8-1979 1) [0.2keV-10MeV]





Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

Weiche Röntgen Stichproben

- Einstein (1978 11-1981 4) [0.2-20 keV]
- ROSAT (1990 1-1999 2) [0.1-2.5 keV]

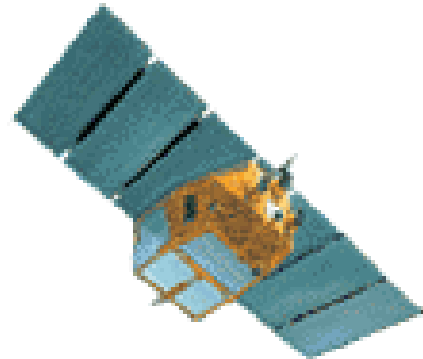




Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

Harte Röntgen Stichproben

- ASCA (1993 2-2001 3) [0.4-10 keV]
- *BeppoSAX* (1996 4-2002 4) [0.1-300 keV]
- =>
 - ~ 500 serendipitous sources over ~ 100 deg²

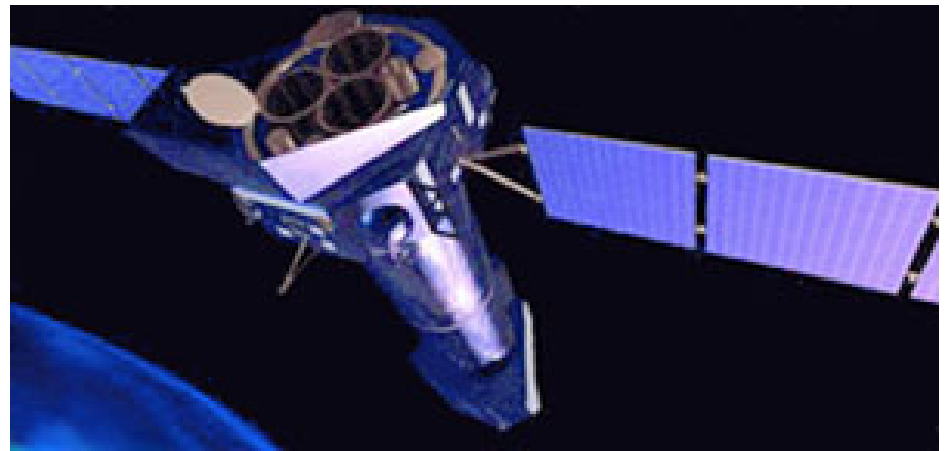
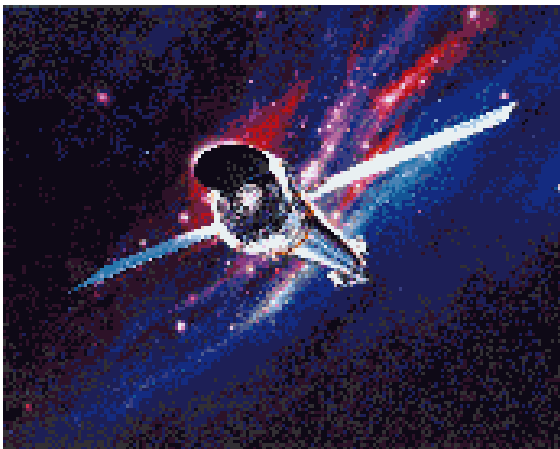




Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

Tiefe *Chandra* und *XMM-Newton*
Stichproben= Zeitmaschinen

- Chandra (1999 7- bis jetzt)
- XMM-Newton (1999 10- bis jetzt)
- => viele “optically dull” Objekte
 - Hat die AGN Population deutlich vergrößert



XMM, Mkn 205, 5 Stunden, 60 weitere Quellen detektiert

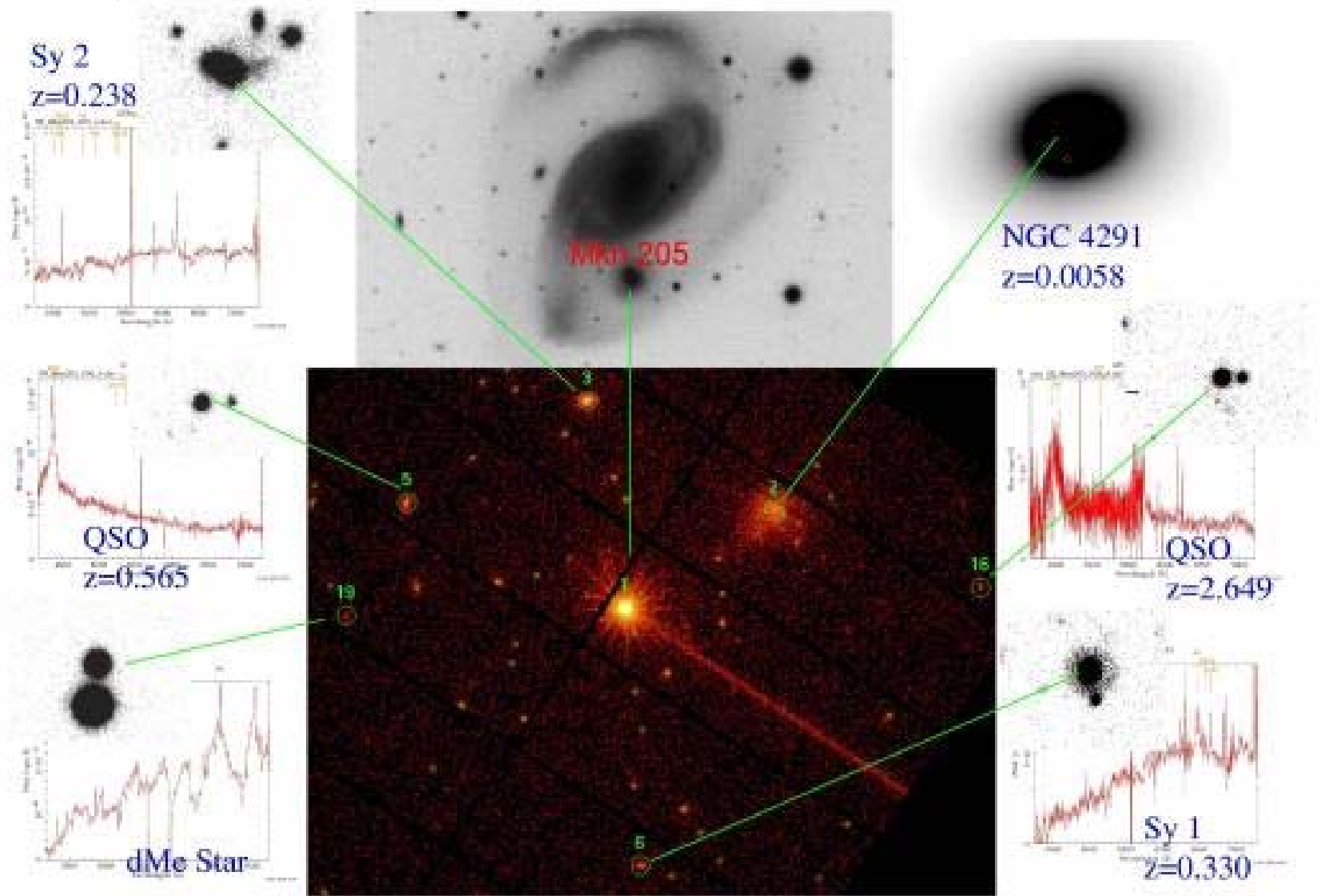


Image courtesy of X. Barcons,
Instituto de Fisica de Cantabria, Spain,
SSC, AXIS and ESA.

XMM-LSS

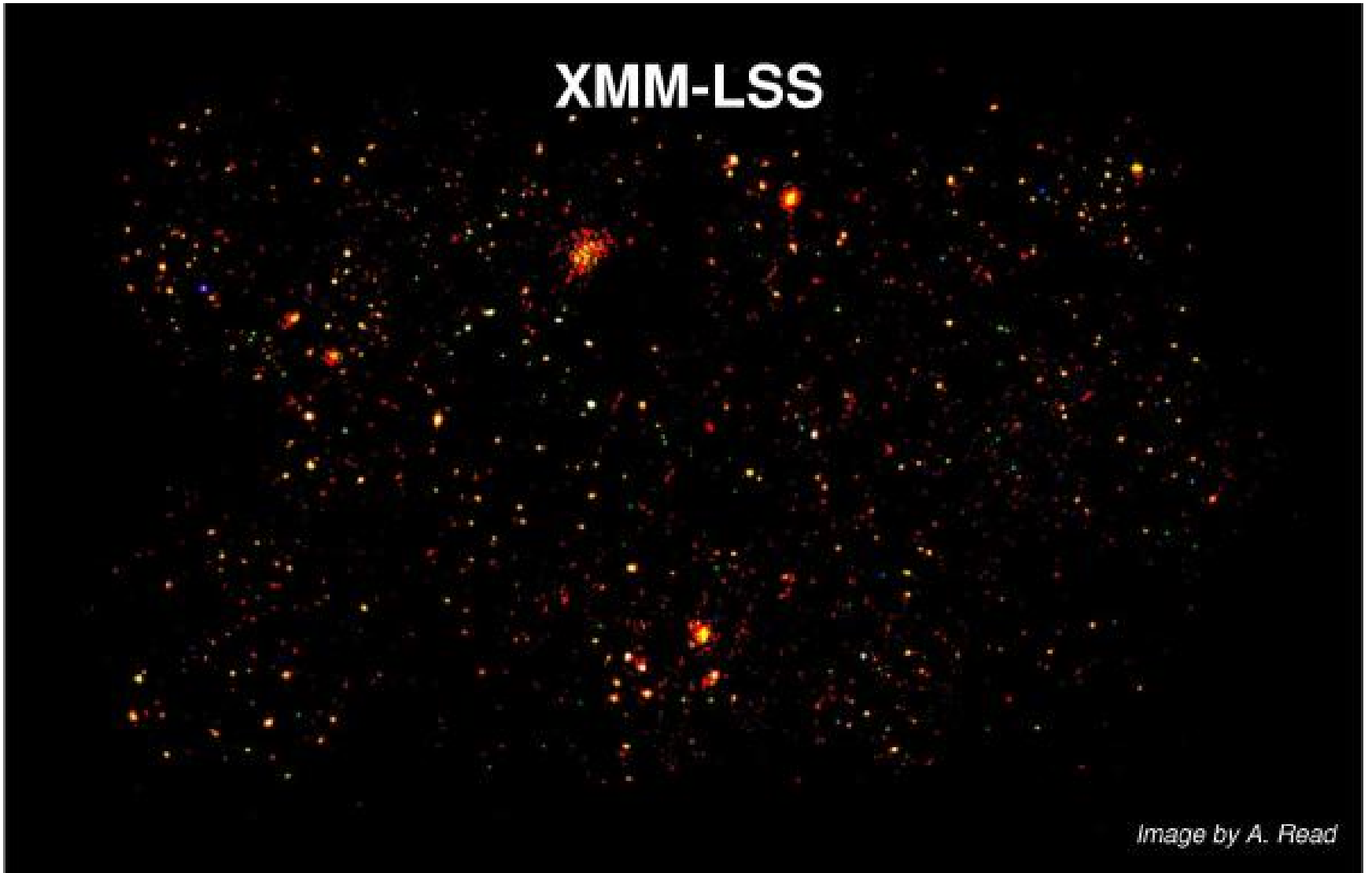


Image by A. Read

Medium deep large area X-ray survey, cosmological tests, precision of earlier studies

red [0.3-1] keV

green [1-2.5] keV

blue [2.5-10] keV



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- Akurate Positionen mit *Chandra*
– ~ 0.5 arcsec

Einstein	EXOSAT	ROSAT	BBXRT /ASCA	Chandra	XMM- Newton
4	18	4	75	0.5	20



Tiefe extragalaktische Röntgen Stichproben

Table 1: Deep Extragalactic X-ray Surveys with *Chandra* and *XMM-Newton*

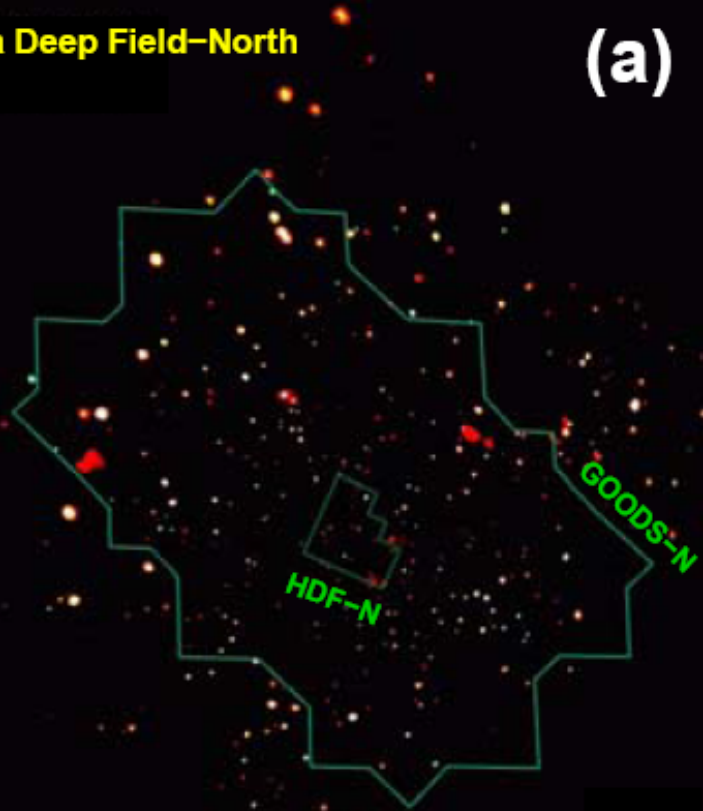
Survey Name	Max. Eff. Exp. (ks)	Solid Angle (arcmin ²)	Representative Reference or Note
<i>Chandra</i>			
★ <i>Chandra</i> Deep Field-North	1950	448	Alexander et al. (2003b)
<i>Chandra</i> Deep Field-South	940	391	Giacconi et al. (2002)
HRC Lockman Hole	300	900	PI: S.S. Murray
Extended CDF-S	250	900	PI: W.N. Brandt
Extended Groth Strip	200	1800	Nandra et al. (2005)
Lynx	185	286	Stern et al. (2002a)
LALA Cetus	174	428	Wang et al. (2004b)
LALA Boötes	172	346	Wang et al. (2004a)
SSA13	101	357	Barger et al. (2001a)
Abell 370	94	357	Barger et al. (2001b)
3C 295	92	274	D'Elia et al. (2004)
SSA22 "protocluster"	78	428	Cowie et al. (2002)
ELAIS N1+N2	75	586	Manners et al. (2003)
<i>XMM-Newton</i>			
Lockman Hole	770	1556	Hasinger (2004)
<i>Chandra</i> Deep Field-South	370	802	Streblyanska et al. (2004)
<i>Chandra</i> Deep Field-North	180	752	Miyaji et al. (2003)
13 hr Field	130	665	Page et al. (2003)
Subaru <i>XMM-Newton</i> Deep	100	4104	PI: M.G. Watson
ELAIS S1	100	1620	PI: F. Fiore
Groth-Westphal	81	727	Miyaji et al. (2004)
Marano Field	79	2140	Lamer et al. (2003)
COSMOS	75	7200	PI: G. Hasinger



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

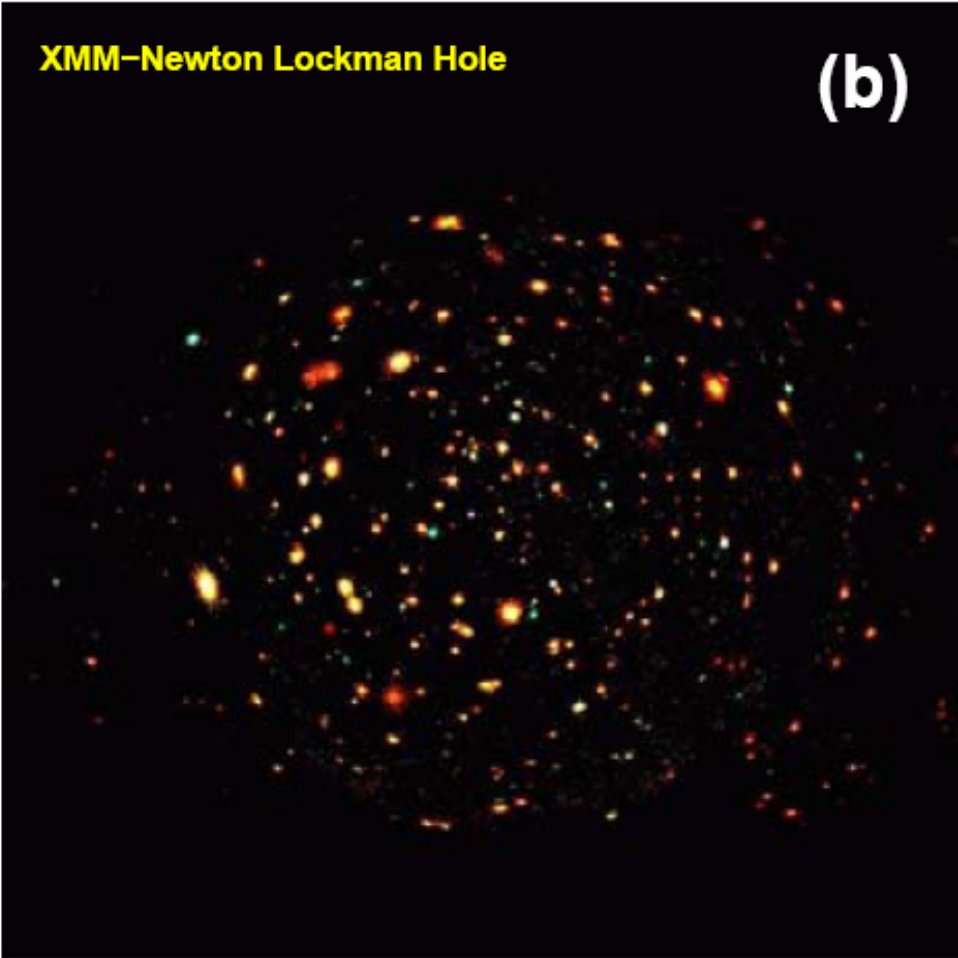
Chandra Deep Field-North

(a)



XMM-Newton Lockman Hole

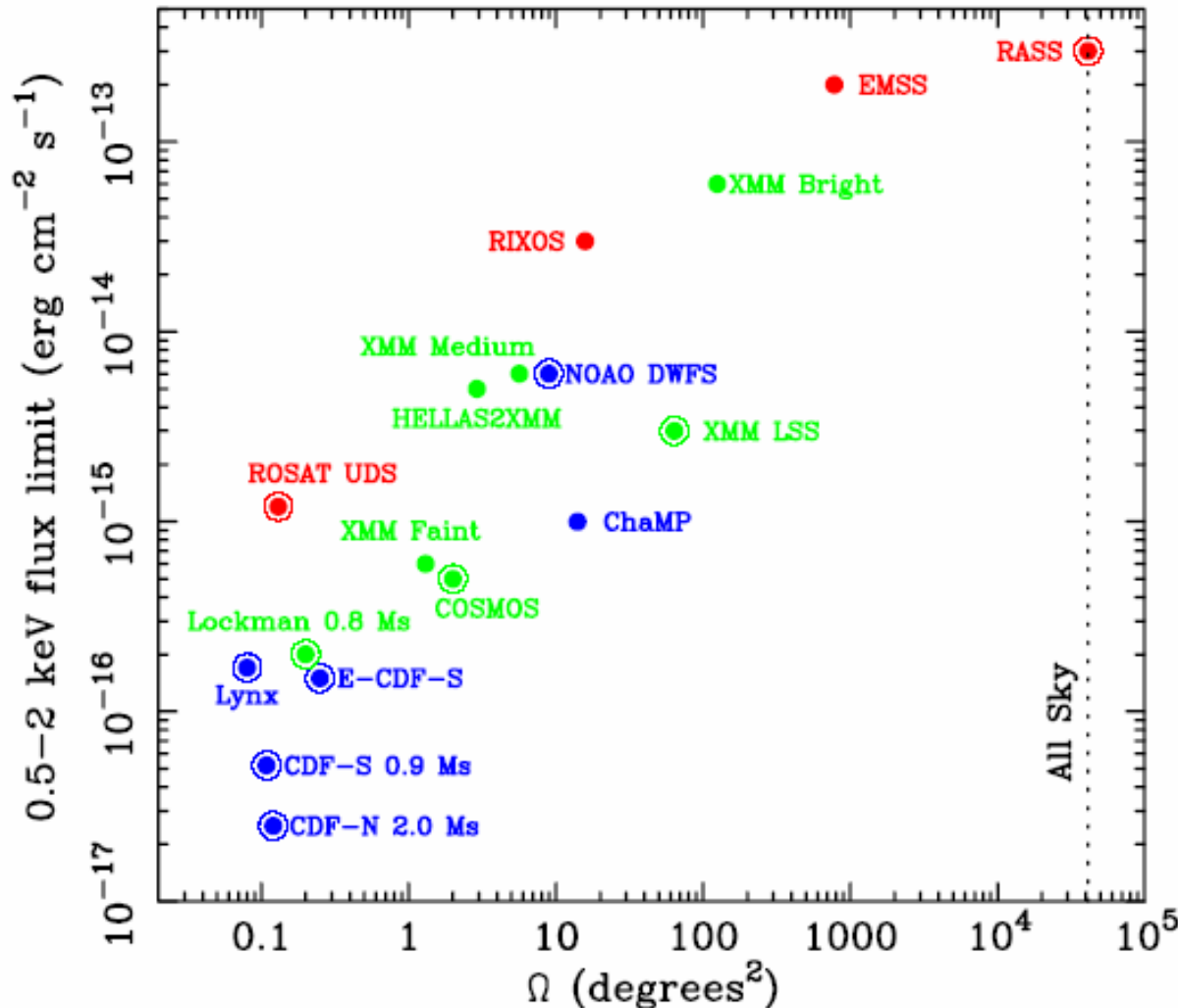
(b)



0.5-2 keV (rot), 2-4 (grün), 4-8 keV (blau), rote Flecken: cluster, 448 Bogenminuten² (60% des Monds),
580 Quellen detektiert. rechts: 1556 Bogenminuten². 550 Quellen detektiert. Hasinger 2004

Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

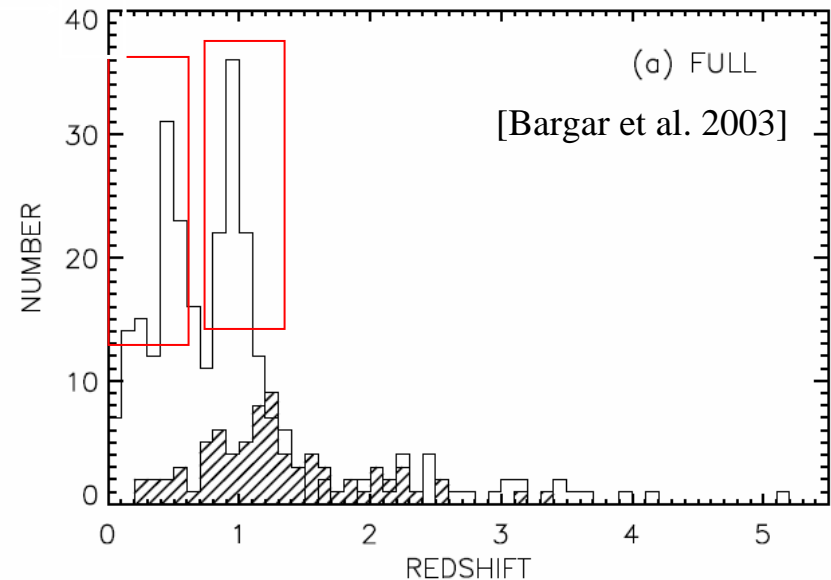
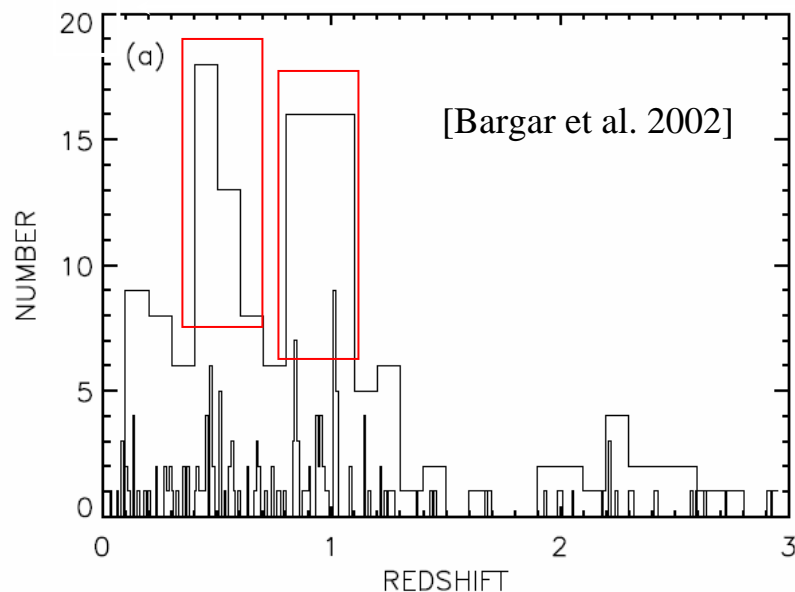
Tiefe extragalaktische Röntgen Stichproben



Chandra (blau)
XMM (grün)

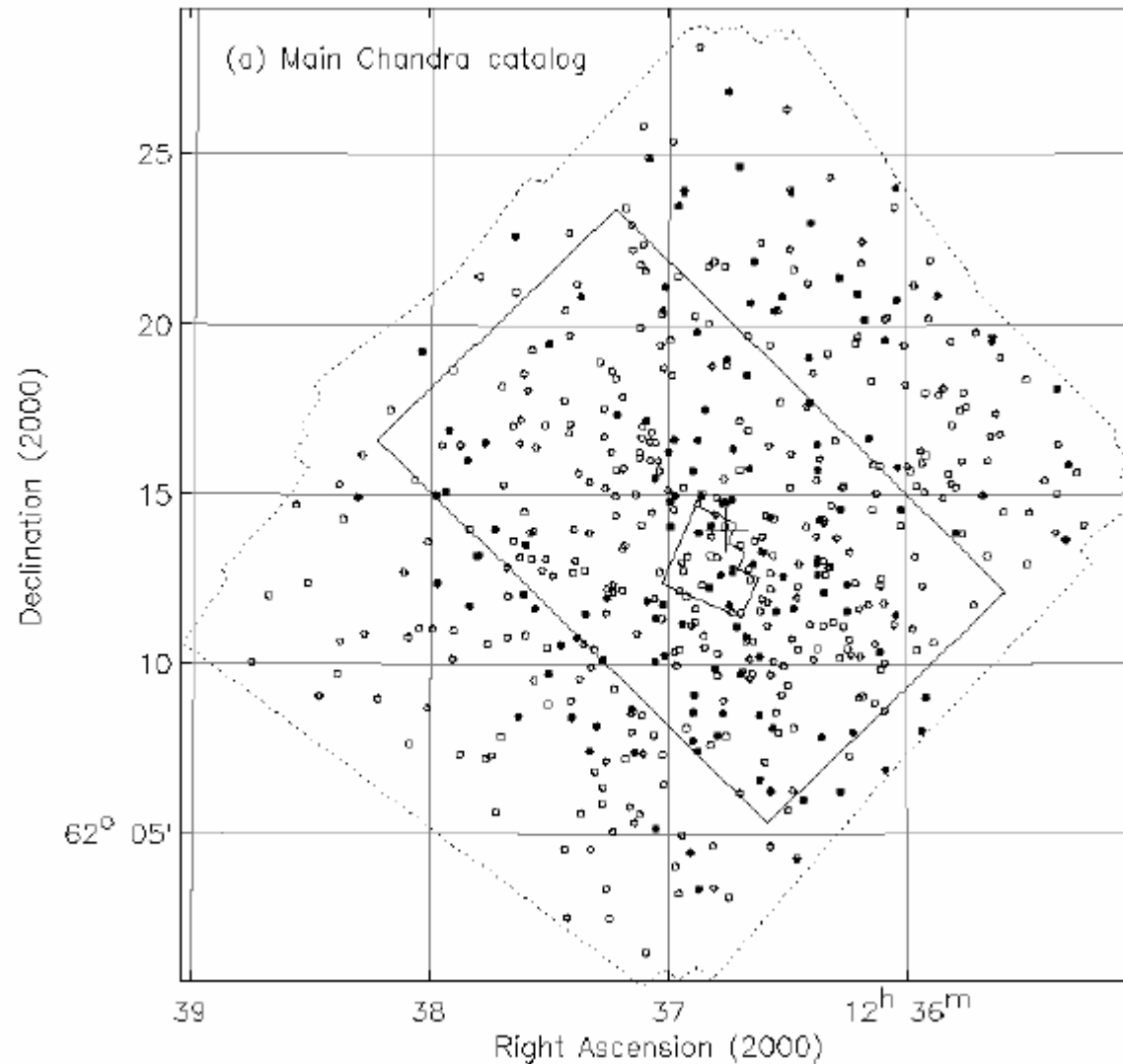
AGN Rotverschiebungs-Verteilung

- Die meisten AGN in tiefen Röntgen-Durchmusterungen finden sich bei $z=0\sim 2$
- Peaks in den Verteilungen $z=0.5\sim 2.5$



Position of sources in main

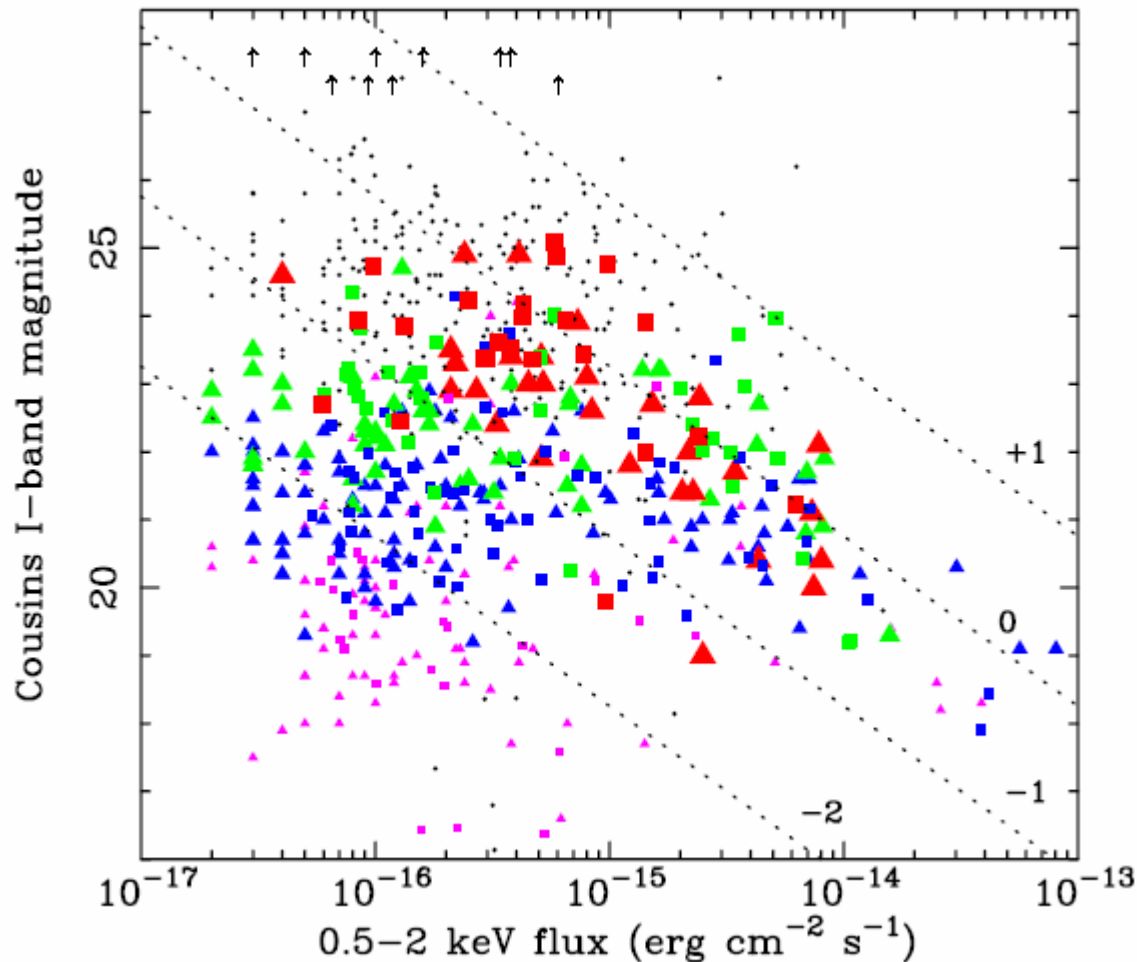
138 NEW!





Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

Tiefe extragalaktische Röntgen Stichproben

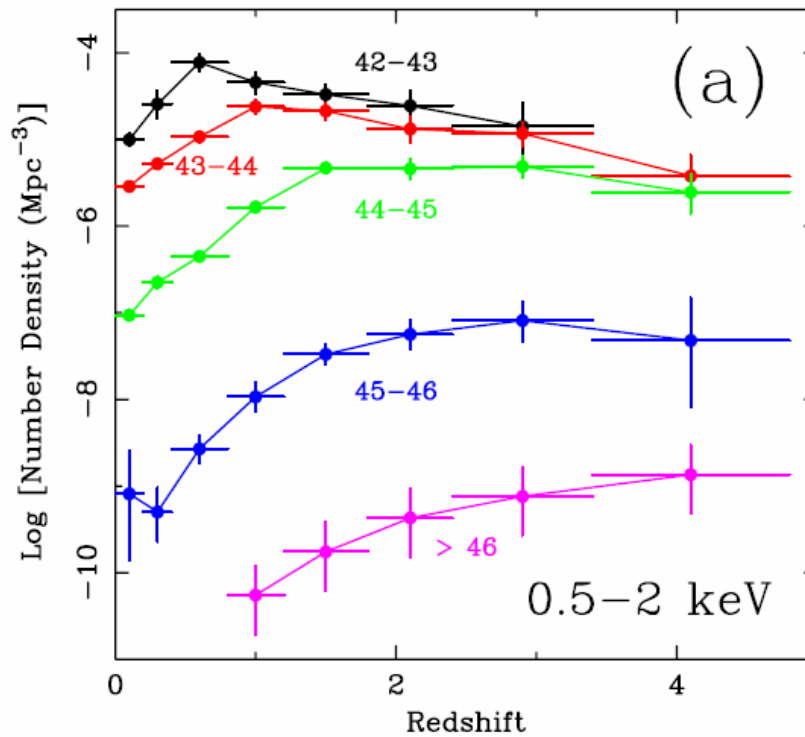


Dreieck: CDF-N
Quadrate: CDF-S
Violett, blau, grün, rot: z=0-6
Schwarz: kein z



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- zunächst kein Abfall bei hohen z beobachtet (e.g. Miyaji, Hasinger, & Schmidt, 2000)
- Chandra und XMM-Newton lösen den Röntgen-Hintergrund zu 90% auf
- aber: Röntgen-Hintergrund Normierung könnte zu niedrig sein (um 30%) (e.g. Moretti et al 2003)
- Worsley et al (2004): 80-90% aufgelöst bei 2-6 keV, nur 50-70% aufgelöst bei 6-10 keV



Mitbewegte Raumdichte der AGN im
0.5-2 keV-Band als Funktion der
Rotverschiebung, verschiedene Leuchtkraft
Hasinger et al. 2005



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

- Röntgen-Beobachtungen
- Vorteil der Röntgen-Durchmusterungen:
 - Röntgenstrahlung stammt aus den innersten Regionen: direktes Fenster zu den Akkretionsprozessen
 - Weniger geschwächt durch Absorption als optisch/UV
 - Mehr und schwächere Quellen (einfachere Auswahlkriterien)
- Ergebnisse:
 - Mitbewegte Raumdichte der **leuchtschwachen** AGN ($L_{2-8 \text{ keV}} < 10^{44} \text{ erg}$) AGN in harten Röntgen-Durchmusterungen peakt bei **$z = 1.0$** (e.g. Barger et al 2003, Cowie et al 2003)
 - **leuchtkräftige** ($L_{2-8 \text{ keV}} > 10^{44} \text{ erg}$) Objekte dagegen bei **$z \approx 2.5$** , (ähnlich zu optischen Durchmusterungen)

=>: reine Leuchtkraft-Evolution definitiv ausgeschlossen



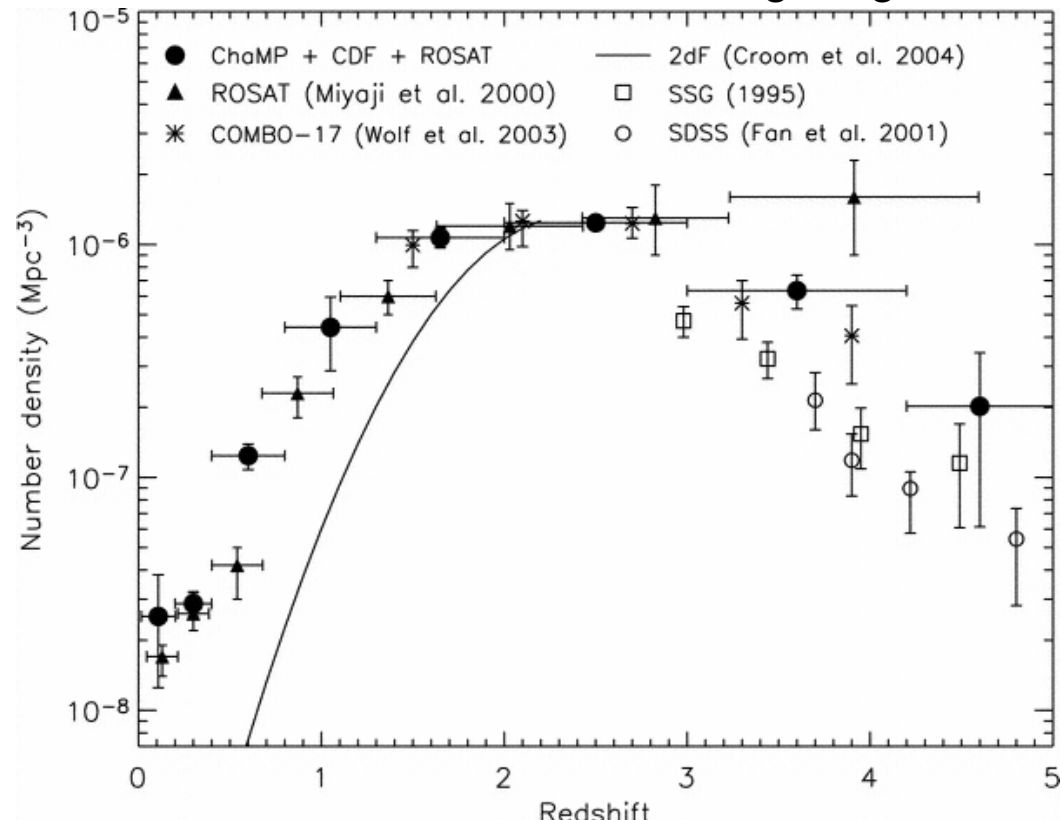
Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

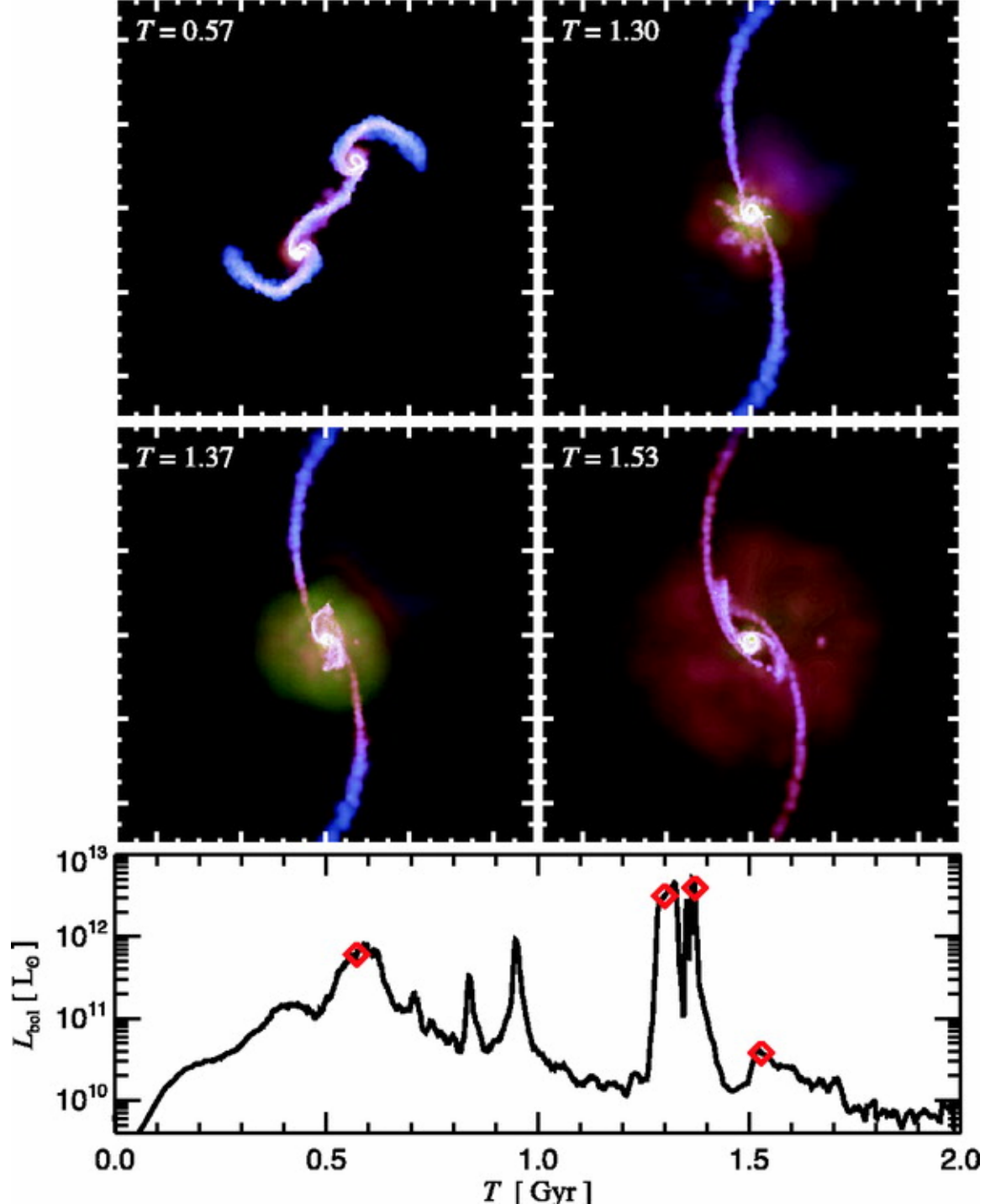
Röntgen: Rückgang bei hohen z

•Silverman et al (2005):

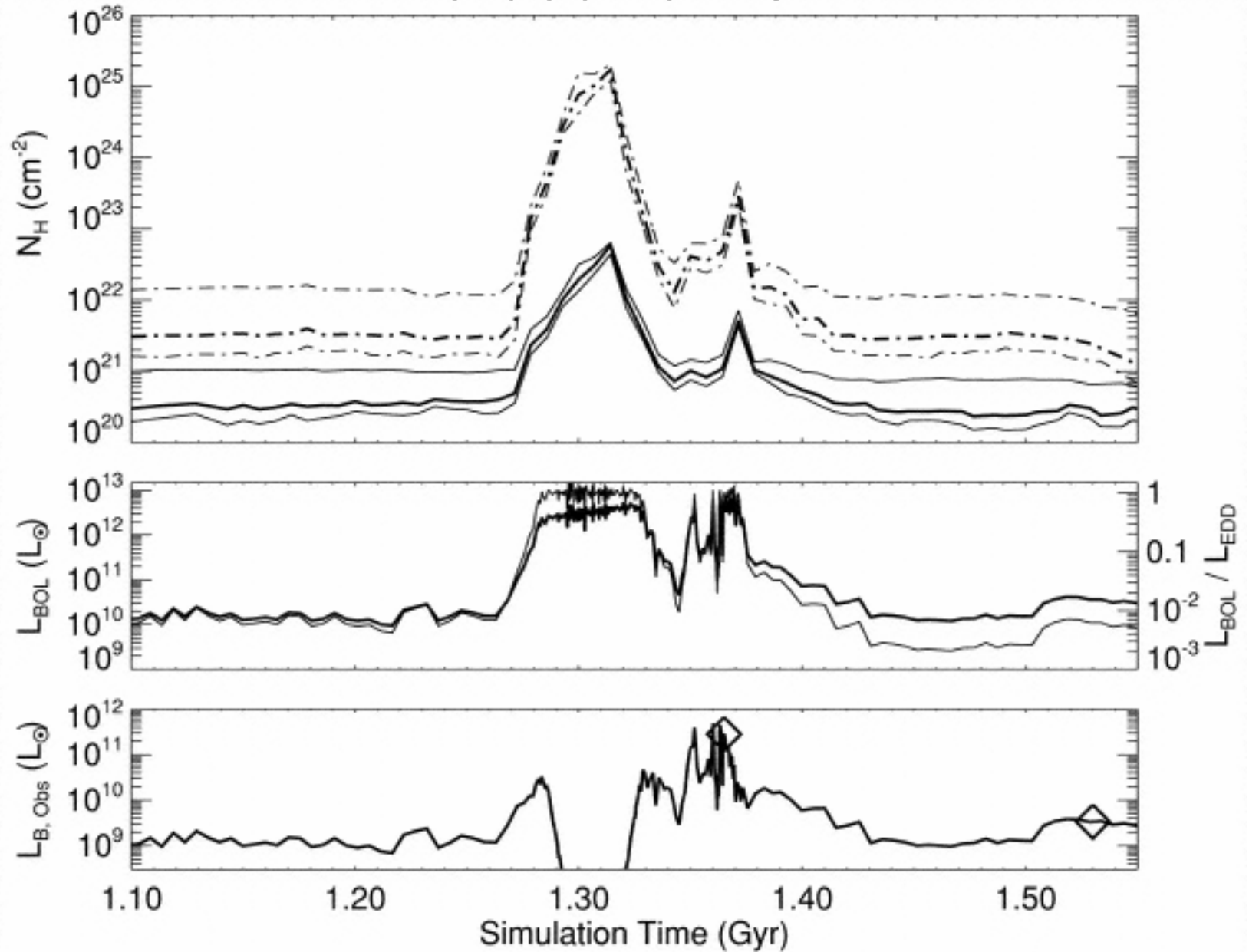
-die Raumdichte der leuchtkräftigen, Röntgen selektierten AGN peakt bei $z = 2.5$, und nimmt ab für $z > 3$, wie für helle, optische Quasare

-lechtschwache, Röntgen selektierte AGN erscheinen eher bei geringen Rotverschiebungen ($z < 1$)

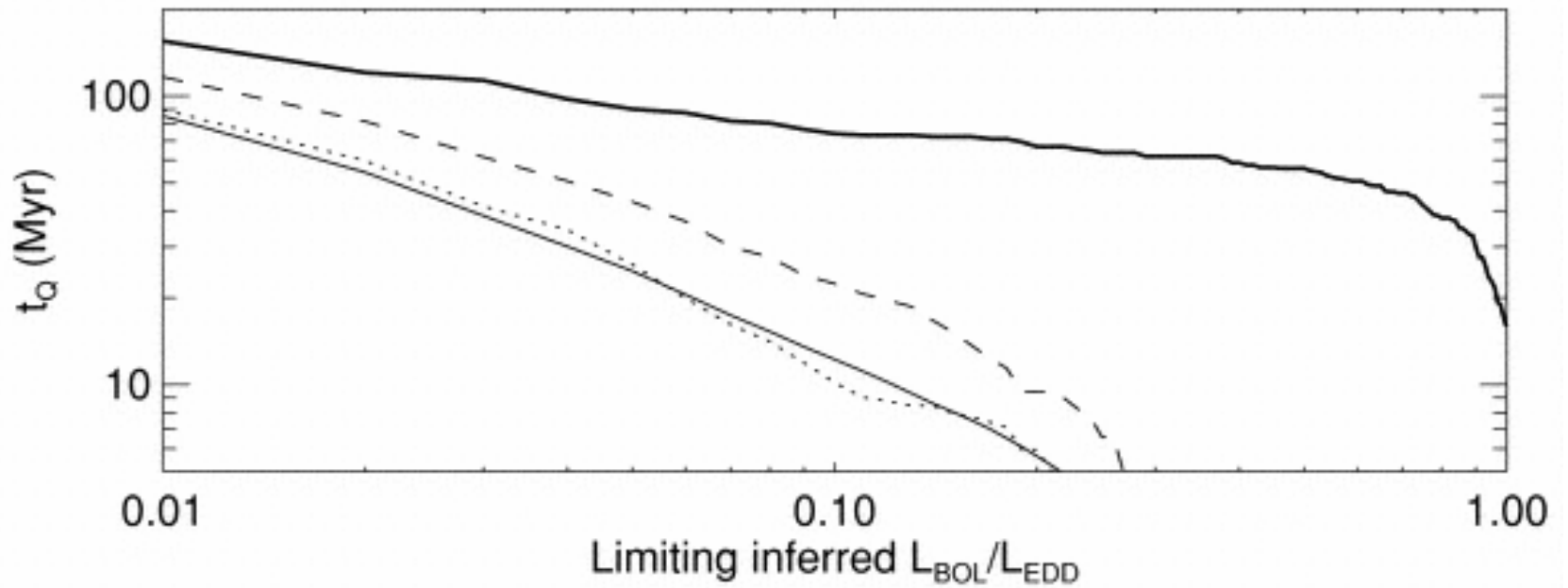
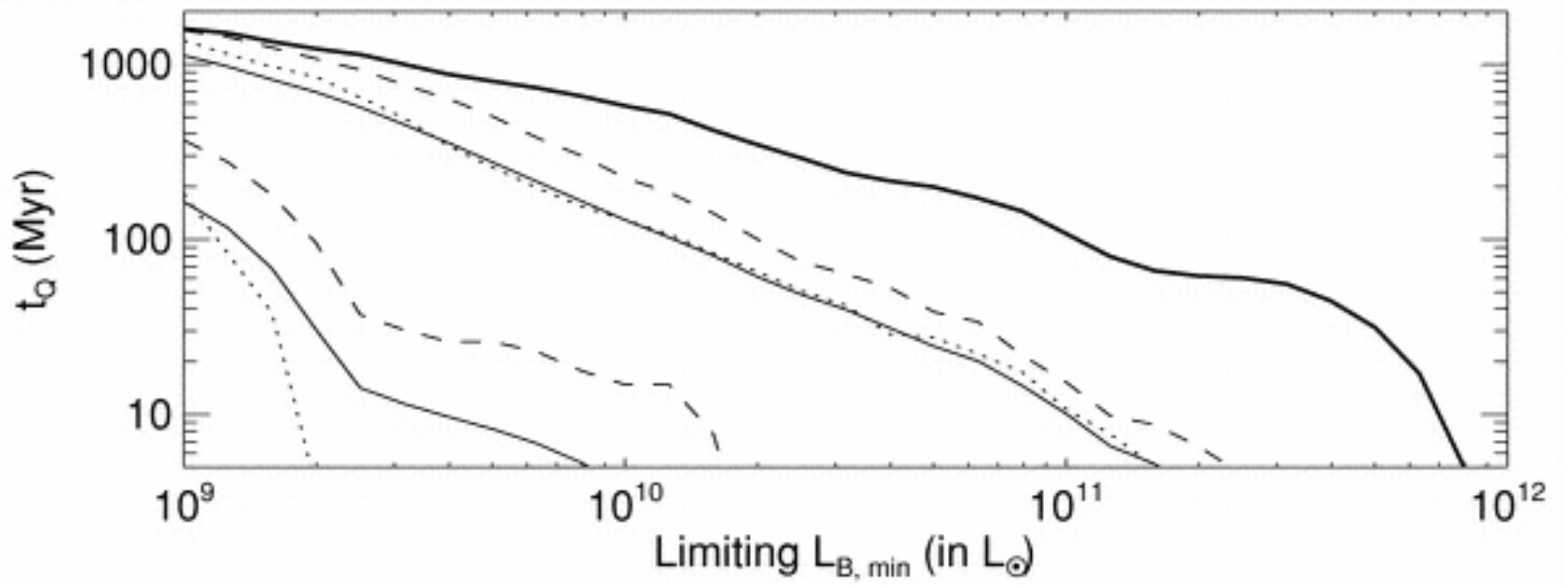




Verdeckte AGN



Silverman et al 2004, große verdeckte Population



Hopkins et al (2005): Simulationen sagen voraus, daß AGN den Großteil ihrer Zeit in verdeckten Phasen verbringen
 Leuchtkraft variiert drastisch über Lebenszeit



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

Tiefe extragalaktische Röntgen Stichproben

- Probleme mit der Klassifikation der Quellen
 - Zu schwach um anhand des optischen Spektrums identifiziert zu werden
 - Viele der Röntgenquellen haben moderate optische Leuchtkräfte, Absorption
 - “Schism” zwischen optisch (Typ1 und Typ2) und Röntgen (unobscured and obscured)



Geschichte der Durchmusterungen - Röntgen -

Tiefe extragalaktische Röntgen Stichproben

- Haupt- **AGN** Typen
 - Unverdeckte AGN
 - Verdeckte AGN mit deutlichen optisch/UV AGN Signaturen.
 - Optisch schwache Röntgenquellen, spektroskopisch nicht identifizierbar
 - XBONGs (X-ray Bright Optically Normal Galaxies), frühe Galaxientypen, $z=0.05-1$



Geschichte der Durchmusterungen

- Modelle -

- **Standard-Bild:**

- bei größeren Rotverschiebungen ist die (EPS) Verschmelzungsrate von Objekten mit Galaxiengröße gering
- $z \approx 2-3$: die Verschmelzungsrate hat Maximum erreicht, entspricht dem Peak in der Quasar-Aktivität, Halos enthalten Vorrat an Gas
- In „major mergers“, Gravitationskräfte destabilisieren den Gasvorrat und ziehen ihn ins Zentrum, Akkretion auf das Schwarze Loch
- mit geringerem z :
 - Die Verschmelzungsrate früher Galaxientypen nimmt ab
 - Gas Vorräte sind erschöpft durch Sternentstehung und Akkretion
 - Vorrat an kaltem Gas in Galaxienzentren nimmt ab
- mit geringerer Rotverschiebung werden die AGN weniger häufig und leuchtschwächer



Geschichte der Durchmusterungen - Zusammenfassung -

- **es gibt starke Hinweise auf eine kosmologische Evolution der Quasare**
- **diese Evolution kann weder mit reiner Dichte- noch mit reiner Leuchtkraft-Evolution erklärt werden**
- **Multi-Wellenlängen Beobachtungen zeigen, daß Bedeckung nicht die offensichtliche LF (Umknicken bei hohem z) dominiert, aber Bedeckung spielt wichtige Rolle**
- **benötigt werden: schwächere Durchmusterungen bei geringem z , Röntgen-Durchmusterungen über weite Himmelsfelder, mehr Radio-Durchmusterungen, die auch im Optischen untersucht werden**
- **Hierarchische Strukturbildungsmodelle erklären die wesentlichen Phänome: Bedeckung muß besser modelliert werden**
- **wichtig: Multi-Wellenlängen-Durchmusterungen, Suche nach spektralen Signaturen der Vorgänge im Innern der AGN (Akkretion), Graviationswellen**