Abstract

Within the ROSAC project, an international collaboration, optical follow-up spectroscopy has been carried out in order to reveal the AGN nature of candidates taken from the ROSAT All-Sky Survey (RASS). The goal of this project was the study of low redshift AGNs with regard to their clustering properties and the emergence of superstructures, that are formed by AGNs.

An area of 363.4 deg^2 in the constellation of Ursa Major ($8^h < \alpha < 11^h$, $45° < \delta < 58°$) was selected and a sample of 161 AGNs, in the redshift range $0.1<z<0.5$, was constructed. The surface density of $\sim$0.44 AGNs/deg^2 is the largest of soft X-ray selected AGNs ever gathered. The final AGN sample is about 81% complete, and the missing 19% had to be simulated.

Due to the inhomogeneous exposure times in the RASS, which led to a mountainous shape of the X-ray flux limits, the determination of the selection functions was a costly task. The main selection function was the X-ray luminosity function of the sample, that is consistent with formerly investigated samples of X-ray AGNs.

The clustering properties were explored by using the 2-point correlation function, $\xi(r) = (r/r_0)^{-\gamma}$. As comparison to the AGN sample random samples were generated by the means of the X-ray luminosity function, resulting in a clustering signal of $r_0 = 7 \pm 2 h^{-1}$Mpc with a fixed $\gamma = 1.8$ on scales $r < 10 h^{-1}$Mpc. This result is statistically insignificant due to the low number of AGN pairs on small scales. However, this trend could be confirmed with larger samples in the future.

The minimal spanning tree technique was successfully applied to search for superstructures within the AGN sample. Two new AGN groups on the 3.1σ and 2.1σ significance level were found. They contain 14 and 6 members at redshifts of $\sim$0.21 and $\sim$0.28, respectively. The number of superstructures found in the random samples is of the same order as for the AGN sample, which implies that such large structures resemble chance fluctuations.

Finally, dark matter N-body simulations in the form of a biased and an unbiased sample were used to examine the AGN clustering properties in a more detailed way. It turned out that the AGN sample was biased with respect to the unbiased dark matter in the Universe with a linear bias parameter of $b_{X-ray} = 1.5^{+0.2}_{-0.3}$. Moreover, it appeared that the probability of finding superstructures is dependent on the bias of the considered population. Nevertheless, it is unlikely to find an enhanced number of superstructures even in a weakly biased sample. This is another proof for the random character of superstructures in the Universe.

Altogether, the results of the ROSAC project in conjunction with earlier studies of AGN clustering and environments underline the requirement for a minor merging process as ignition of the nucleus activity in low luminosity AGNs at low redshifts.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Ergebnisse einer Analyse der räumlichen Verteilung von Aktiven Galaxien Kernen (AGN) im Rotverschiebungsbereich $0.1<z<0.5$. Die AGN stammen aus einer im ROSAT All-Sky Survey (RASS) selektierten fluß-limitierten Stichprobe auf einer Fläche von 363.4 deg^2 im Sternbild Ursa Major. Die Identifizierung wurde im Rahmen einer internationalen Kollaboration, dem ROSAC Projekt, durchgeführt. Es wurde eine Vollständigkeit von 81% erreicht, so daß der unvollständige Teil der Stichprobe durch Zufallszahlenstichproben simuliert wurde.

Um Vergleichsstichproben für die statistische Analyse zu gewinnen, mußte die Auswahlfunktion bestimmt werden. Aufgrund starker Inhomogenitäten der Belichtungszeiten im RASS sind die abgeleiteten Flussgrenzen ebenfalls sehr unterschiedlich. Folglich ist die Bestimmung der Auswahlfunktion, die im wesentlichen durch die AGN Leuchtkraftfunktion gegeben ist, äußerst aufwendig. Erfreulich ist die gute Übereinstimmung der berechneten AGN Leuchtkraftfunktion mit früheren Arbeiten zu diesem Thema.

Für die Untersuchung der Clustering Eigenschaften wurde die 2-Punkt Korrelationsfunktion, $\xi(r) = (r/r_0)^{-\gamma}$, ausgewählt. Zufallsstichproben dienten als Vergleich zur wahren AGN Stichprobe, wobei ein Signal von $r_0=7\pm2h^{-1}$Mpc auf Skalen $r < 10h^{-1}$Mpc bei fest vorgegebenem Parameter $\gamma=1.8$ gefunden wurde. Wegen der geringen Anzahl von AGN in der vorliegenden Stichprobe ist dieses Ergebnis nicht signifikant. Dieser Trend kann jedoch in der Zukunft durch größere Stichproben bestätigt werden.

Die *Minimal Spanning Tree* Technik wurde erfolgreich zur Suche nach großräumigen Strukturen in der vorliegenden AGN Stichprobe angewandt. Zwei AGN Gruppen mit 14 und 6 Mitgliedern bei einer Rotverschiebung von $\sim$0.21 und $\sim$0.28 wurden auf einem Signifikanzniveau von 3.1σ und 2.1σ entdeckt.

Aus *Dark Matter N-body* Simulationen folgte, daß die AGN Stichprobe von einer nicht *gebiasten* Stichprobe abweicht. Diese Abweichung läßt sich durch einen linearen bias Parameter $b_{X-ray}=1.5^{+0.2}_{-0.3}$ beschreiben. Außerdem zeigte sich, daß stärker *gebiaste* Stichproben zu einer höheren Auftrittswahrscheinlichkeit von AGN Gruppen führten. Bei dem relativ schwachen *Biasing* der vorliegenden AGN Stichprobe ist es jedoch unwahrscheinlich, daß eine erhöhte Anzahl von AGN Gruppen gefunden wird. Dies unterstreicht den Zufallscharakter bzgl. des Auffindens von AGN Gruppen. Nichtsdestotrotz können diese Strukturen wahre Dichteerhöhungen auf großen Skalen im Universum nachzeichnen.

Insgesamt unterstützt das Ergebnis des ROSAC Projektes in Verbindung mit früheren Untersuchungen zum AGN Clustering und ihren kosmologischen Umgebungen *Minor Merging* Prozesse als auslösendes Ereignis der Kernaktivität in leuchtkraftschwachen AGN bei kleinen Rotverschiebungen.