

Abstract

In the current standard model a quasar is a massive black hole which accretes matter and resides in the centre of a galaxy. Thus the analysis of host galaxies is a key issue in understanding the quasar phenomenon. But it is often complicated by the presence of the quasar which can practically outshine the galaxy.

To tackle this task, an algorithm has been developed to decompose quasar images, taken in the optical and near-infrared wavebands, into nuclear and host galaxy components. Key features of the method are: (semi-)analytic representation of a possibly spatially variable point-spread function; full two-dimensional convolution of the model galaxy using gradient-controlled adaptive subpixeling; multiple iteration minimization scheme. The code is computationally efficient and versatile for a wide range of applications. The quantitative performance is measured by analysing simulated imaging data.

This method is applied to several complete samples of quasars in order to investigate host galaxy properties and their relation to nuclear properties. Two samples are presented in detail: a set of 12 nearby Seyfert galaxies and a sample of 44 quasars at redshifts $z < 0.35$. Both samples are drawn from the Hamburg/ESO-Survey. In both samples quasars radiate below 10% of the maximum Eddington luminosity and reside predominantly ($\gtrsim 60\%$) in disk-like galaxies. For the Seyfert samples, the rate of tidal interaction is suspiciously high.

In order to assess the properties of the quasar host galaxy population, the concept of luminosity functions – established for quasar and galaxies – is extended onto host galaxies and a bivariate quasar/host galaxy luminosity function. With this innovative and versatile approach, dependencies between quasar and the host galaxy can easily be implemented. Several such dependencies are tested with two samples of altogether 110 low to medium redshift quasars. Only weak indication for dependencies other than Eddington limit are found. The recovered host galaxy luminosity function greatly resembles a scaled field galaxy luminosity function with the exception that fewer host galaxies are found at the faint end. From the fraction of host galaxies to field galaxies, the minimal duty cycle of a quasar can be estimated to be $2 \text{ Myr} \lesssim t_{\text{accr}} \lesssim 40 \text{ Myr}$.

Finally, for high-redshift quasar a new algorithm to evaluate possible host galaxy detections made with adaptive optics in the near-infrared is presented. Instead of concentrating on point spread function (PSF) removal, the fluctuations of the PSF are investigated and mapped. The PSFs underlying the object images can be described by a statistical approach and simulated objects created which are matched to the different atmospheric conditions. It is shown that a single host galaxy model adequately can represent the distribution of individual object images. Three bright quasars at $z \sim 2.2$ were subjected to the statistical analysis procedure resulting in host galaxy detection together with simultaneous rejection of the non-detection case for all objects. The hosts are bright with a mean absolute magnitude of $R = -27.2$, and have scale lengths amounting to typically 4 – 7 kpc.

Zusammenfassung

Nach gegenwärtigem Standardmodell bestehen Quasare aus einem massiven Schwarzen Loch, das Materie absorbiert und sich in der Mitte einer Galaxie befindet. Die Untersuchung dieser Host(Mutter)-Galaxien nimmt eine Schlüsselposition zum Verständnis der Quasare ein. Erschwert wird sie häufig durch den Quasar selbst, da dieser die Galaxie praktisch überstrahlen kann.

Für diese Aufgabe wurde ein Algorithmus entwickelt, der optische und nah-infrarote Quasarbilder in Kern- und Galaxienkomponenten zerlegt. Wesentliche Eigenschaften der Methode sind: Eine (semi-)analytische Darstellung der gegebenenfalls räumlich variablen Abbildungsfunktion, eine vollständige zweidimensionale Faltung des Modells unter Verwendung einer Gradienten-kontrollierten Pixel-Unterteilung und ein iteratives Minimierungsschema. Der Programmcode ist auf Geschwindigkeit optimiert und für eine Vielzahl von Anwendungen nutzbar. Die Genauigkeit der Anpassung wird mit simulierten Bilddaten gemessen.

In der vorliegenden Arbeit wird die Methode auf mehrere vollständige Datensätze von Quasaren angewandt, um die Eigenschaften von Host-Galaxien und ihre Beziehung zu Quasareigenschaften zu bestimmen. Zwei Datensätze werden detailliert vorgestellt: Ein Satz von zwölf nahen Seyfert-Galaxien und ein Satz von 44 Quasaren mit Rotverschiebungen bis zu $z = 0.35$, beide dem Hamburg/ESO-Survey entnommen. Die Quasarkerne beider Datensätzen strahlen mit weniger als der maximalen (Eddington-)Leuchtkraft und befinden sich hauptsächlich ($\gtrsim 60\%$) in Scheibengalaxien. Unter den Seyfert-Galaxien findet sich eine hohe Rate an Interaktion zu nahen Galaxien.

Um auf die Eigenschaften der Host-Galaxien-Population zugreifen zu können, wird das Konzept der Leuchtkraftfunktionen – gebräuchlich unter anderem bei Galaxien und Quasaren – auf die Host-Galaxien und auf eine bi-variate Quasar/Host-Galaxien-Leuchtkraftfunktion erweitert. Mit diesem neuartigen und vielseitigen Ansatz können Abhängigkeiten zwischen Quasar und Galaxie einfach berücksichtigt werden. Mehrere solcher Abhängigkeiten werden an zwei Datensätzen mit zusammen 110 Quasaren getestet. Für Abhängigkeiten, die nicht durch das Eddington-Limit verursacht werden, werden nur schwache Anzeichen gefunden. Die berechnete Host-Galaxien-Leuchtkraftfunktion ähnelt stark einer herabskalierten Leuchtkraftfunktion inaktiver Feldgalaxien, mit der Ausnahme, dass am schwachen Ende weniger Host-Galaxien gefunden werden. Aus dem Verhältnis von Feld- zu Host-Galaxien kann die minimale Lebenszeit eines Quasars mit $2 \text{ Myr} \lesssim t_{\text{accr}} \lesssim 40 \text{ Myr}$ abgeschätzt werden.

Für hoch-rotverschobene Quasare wird schließlich ein neuer Algorithmus vorgestellt, mit dem Host-Galaxienbilder, die mit adaptiver Optik im nahen Infraroten gemacht wurden, analysiert werden können. Anstatt sich auf die Entfernung der Punktquelle zu konzentrieren, wird die Fluktuation der Abbildungsfunktion untersucht. Die Abbildungsfunktion die den Quasarbildern zugrunde liegt, wird mit diesem statistischen Ansatz beschrieben und simulierte Bilder für die veränderlichen Beobachtungsbedingungen werden erzeugt. Mit *einem* Host-Galaxien-Modell kann auf diese Weise die ganze Bandbreite beobachteter Bilder dargestellt werden. Für drei helle Quasare mit $z \approx 2.2$ wurde diese statistische Analyse durchgeführt. Für alle konnten Host-Galaxien nachgewiesen werden bei gleichzeitiger Rückweisung der Null-Hypothese. Die Host-Galaxien sind hell mit einer mittleren absoluten Leuchtkraft von $R = -27.2$ und haben Skalenlängen von 4 – 7 kpc.