

Black hole - host galaxy relations in nearby active galaxies and the conditions for star formation

Gerold M. Busch
Köln, 2017

Zusammenfassung

Ein weithin akzeptiertes Modell besagt, dass alle massiven Galaxien ein supermassives Schwarzes Loch ($\sim 10^6$ - 10^9 Sonnenmassen) in ihrem Zentrum beherbergen. Zwischen den Massen dieser Schwarzen Löcher und den Eigenschaften der sie jeweils umgebenden Galaxien wurden starke Korrelationen festgestellt. Weiterhin existieren Beobachtungen von Ein- und Ausflüssen von Gas in den Zentren vieler Galaxien. Diese Hinweise deuten auf eine gemeinsame Entwicklung bzw. ein Zusammenspiel von Schwarzen Löchern und der sie beherbergenden Galaxien hin.

In dieser Dissertation wird Nahinfrarot-Spektroskopie verwendet, um die Anregungsmechanismen von ionisiertem und molekularem Gas, Sternentstehung und stellare Dynamik in der Nähe des Schwarzen Lochs, sowie die Eigenschaften des aktiven Kerns zu untersuchen. Besonders hilfreich ist hierbei räumlich aufgelöste Spektroskopie. Mit adaptiver Optik können zudem hohe Winkelauflösungen erreicht werden, die für die hier diskutierten Ziele unabdingbar sind.

Der erste Teil dieser Arbeit behandelt räumlich aufgelöste Spektroskopie des Zentrums der Galaxie HE 1029-1831. Es handelt sich hierbei um eine Galaxie aus dem low-luminosity QSO sample. Dieses bietet ideale Objekte, um den Zusammenhang zwischen Akkretion auf das Schwarze Loch und nuklearer Sternentstehung zu untersuchen, da die Galaxien höhere bolometrische Leuchtkräfte haben als nahe Galaxien, aber trotzdem noch nah genug sind, um sie mit hinreichend hoher räumlicher Auflösung zu beobachten. Mit adaptiver Optik kann der zentrale Sternentstehungsring aufgelöst und im Hinblick auf seine Sternentstehungsgeschichte analysiert werden.

Im zweiten Teil werden Schlitzspektren von elf low-luminosity QSOs analysiert. Anhand der Spektren können die Schwarzlochmassen bestimmt werden. Die Verhältnisse der Linienflüsse deuten auf einen signifikanten Anteil von Sternentstehung an der Anregung des Gases hin.

Der dritte Teil behandelt wieder räumlich aufgelöste Spektroskopie, diesmal allerdings von einer nahen Galaxie, NGC 1808. Diese besitzt eine wesentlich geringere nukleare Leuchtkraft als z.B. HE 1029-1831. Die Daten werden im Hinblick auf mögliche Sternentstehungsszenarien in Ringen ausgewertet. Außerdem kann mit räumlich aufgelöster Spektroskopie die Dynamik des Gases und der Sterne untersucht werden. Die Gasdynamik zeigt Anzeichen von nicht-kreisförmigen Bewegungen, die hinsichtlich der niedrigen Leuchtkraft des aktiven Kerns diskutiert werden.

Zuletzt wird ein Szenario für die Entwicklung von aktiven Kernen in den Korrelationen zwischen Schwarzlochmassen und ihren umgebenden Galaxien diskutiert. In diesem wachsen die Galaxien zuerst. Dies geschieht durch einen Ausbruch von Sternentstehung im Zentrum, der zu einer erhöhten Leuchtkraft der zentralen Region der Galaxie führt. Mit einer Verzögerung wächst auch das Schwarze Loch durch Akkretion von Materie. Dies tritt durch eine Phase von nuklearer Aktivität zutage.

Abstract

The presence of supermassive black holes ($\sim 10^6$ - 10^9 solar masses) in the centres of massive galaxies has become a widely accepted paradigm. Strong correlations between the mass of these black holes and their surrounding host galaxies as well as observations of putative in- and outflows of gas in the centres of many galaxies indicate a coevolution and/or interplay of black holes and their host galaxies. The exact nature of the supposed coevolution and the drivers of in- and outflows are not completely understood.

In this thesis, near-infrared spectroscopy is used to understand the excitation mechanisms of ionized and molecular gas, conditions for star formation, and the stellar dynamics in the vicinity of the central black holes, as well as properties of the central engine. Of particular use is near-infrared integral-field spectroscopy with adaptive optics that delivers spatially resolved spectroscopy at high angular resolution.

This method was used for the observations of the centre of the low-luminosity QSO HE 1029-1831 which is presented in the first part of the thesis. Low-luminosity QSOs are ideal targets to study the interplay between black hole accretion and nuclear star formation, since they have higher bolometric luminosities than local Seyferts but are still close enough to ensure a sufficient spatial resolution. With adaptive optics, a circumnuclear star forming ring can be resolved and analyzed relating to its star formation history.

In the second part, a sample of eleven low-luminosity QSOs is studied with slit-spectroscopy. This allows for the characterization of black hole masses. The line ratios of the observed galaxies all show significant contribution of central star formation activity.

In the third part, integral-field spectroscopy of a nearby galaxy, NGC 1808, is presented. The conditions of star formation are studied with regard to possible star formation scenarios in rings. The spatially resolved spectroscopy allows for an analysis of the gaseous and stellar dynamics which shows signs of non-circular streaming motion which are discussed with regard to the low-luminosity state of the active galactic nucleus.

Finally, a scenario for the evolution of active galaxies in black hole mass - host galaxy relations is discussed. In this scheme, host galaxies grow first by a nuclear starburst which leads to an increase in the bulge luminosity. The black hole grows subsequently by accretion of matter, visible as active galactic nucleus phase.