

Literatur:

- Folien: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/698/1/198>
- Original: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2000ApJ...539L...9F/abstract>
- Review 1: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019GReGr..51...65Z/abstract>
- Review 2: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020FrP.....8...61M/abstract>
- Neu 1: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024ApJ...967..100S/abstract>
- Neu 2: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022Galax..10...73G/abstract>
- Neu 3: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023OJAp....6E..27G/abstract>

Zusammenfassungen

Allgemein

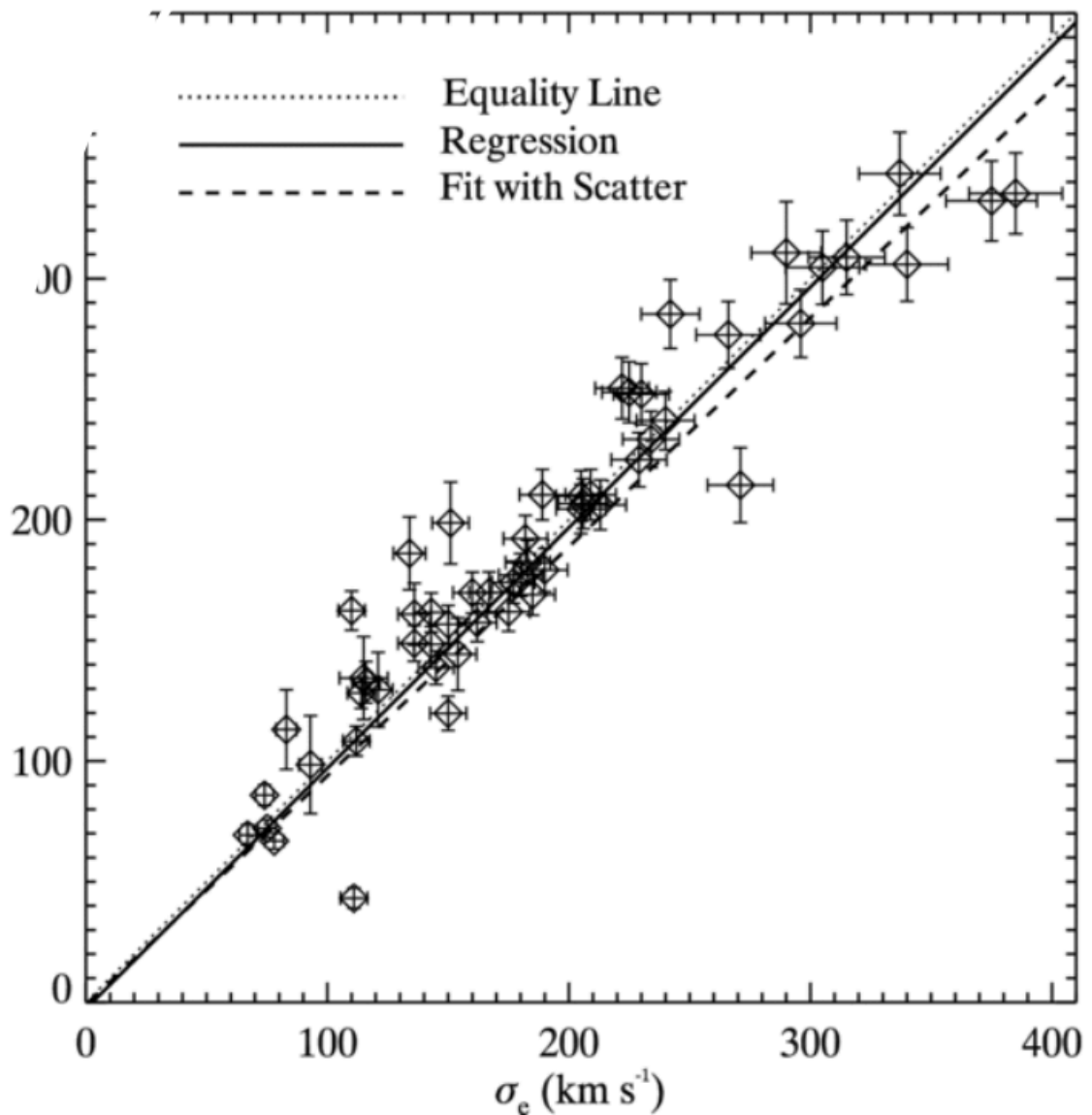
Die m-sigma-Relation beschreibt den Zusammenhang zwischen der Masse eines supermassiven Schwarzen Lochs (SMBH) und der zentralen Geschwindigkeit der Sterne in der Galaxie, in der es sich befindet. Genauer gesagt zeigt sie, dass schwerere SMBHs in der Regel in Galaxien mit schnelleren Sternbewegungen zu finden sind. Diese Beziehung wird häufig in Form einer mathematischen Gleichung dargestellt, die die Masse des Schwarzen Lochs (m) in Abhängigkeit von der Dispersion der Geschwindigkeiten der Sterne (sigma) beschreibt. Die m-sigma-Relation ist ein wichtiges Werkzeug in der Astronomie, um das Wachstum von SMBHs und deren Einfluss auf die Entwicklung von Galaxien zu verstehen.

Übersetzung

The m-sigma relation describes the relationship between the mass of a supermassive black hole (SMBH) and the central velocity of the stars in the galaxy in which it is located. More precisely, it shows that heavier SMBHs are usually found in galaxies with faster stellar motions. This relationship is often presented in the form of a mathematical equation that describes the mass of the black hole (m) as a function of the dispersion of the velocities of the stars (sigma). The m-sigma relation is an important tool in astronomy to understand the growth of SMBHs and their influence on the evolution of galaxies.

Formel / Equation:

$$\log(M_{BH}) = \alpha \cdot \log \sigma + \beta$$



Original

- 12 Galaxien mit gesicherten BH-Massenschätzungen sind Stichprobe A
- BH-Massen der Stichprobe A wurden anhand der Gas-/Stellarkinematik bestimmt, im Fall von MW anhand der Eigenbewegung, im Fall von NGC 4258 anhand der Kinematik von Wassermaserklumpen
- diese Methoden sind entfernungsabhängig, die Entfernungen werden anhand von Daten zur Fluktuation der Oberflächenhelligkeit ermittelt; für NGC 6251 und NGC 7052 wurde die Entfernung anhand der Rotverschiebung bestimmt, für NGC 4258 wurde die Entfernung anhand der Eigenbewegung der nuklearen Wassermaser ermittelt - die verwendete Geschwindigkeitsdispersion ist die zentrale Geschwindigkeitsdispersion, die auf einen Aperturradius von $r_e/8$ normiert ist, wobei r_e der effektive Radius der Galaxie bzw. des Ballens ist

- eine Stichprobe B mit weniger sicheren BH-Massenschätzungen wurde ebenfalls verwendet; die M-Sigma-Beziehung für diese Stichprobe wies eine andere Anpassung auf als Stichprobe A

Übersetzung

- 12 galaxies with secure BH mass estimates are sample A
- sample A BH masses determined by gas/stellar kinematics, in MW case with proper motion, in NGC 4258 case with kinematics of water maser clumps
- these methods are dependent on distance, distances obtained with surface brightness fluctuation data; for NGC 6251 and NGC 7052 distance determined from redshift, for NGC 4258 distance determined from proper motion of its nuclear water masers-velocity dispersion used is central velocity dispersion, normalized to an aperture radius of $r_e/8$, with r_e being the galaxy/bulge effective radius
- a sample B with less secure BH mass estimates was also used, the M-sigma relation for this sample had a different fit than sample A

Neu 1: M- σ RELATIONS ACROSS SPACE AND TIME

Garofalo et al. haben gezeigt, dass sich die Entwicklung von Galaxien in Bezug auf die M- σ -Relation signifikant unterscheidet, je nachdem, ob der aktive galaktische Kern (AGN) einen Jet oder einen Nicht-Jet hat. Der Grund dafür ist, dass Jets stärkere Rückkopplungsmechanismen für die Geschwindigkeitsdispersion darstellen als Akkretionsscheibenwinde, die von der SMBH angetrieben werden. Galaxien ohne Jets zeigen mit der Zeit eine stetig wachsende Masse des SMBH, gefolgt von einer linear proportionalen Zunahme der Geschwindigkeitsdispersion in der Bulge. In AGNs mit Jets nimmt die Masse des SMBH etwa 10⁸ Jahre lang schneller zu, wobei die Geschwindigkeitsdispersion relativ wenig zunimmt. Danach folgt eine Phase, in der die SMBH-Masse relativ langsam wächst, aber die Geschwindigkeitsdispersion stark zunimmt. Dies könnte für unser Miniprojekt von entscheidender Bedeutung sein, da die M- σ -Relation von gejettenen AGNs von ihrem Alter abhängt. Wir wissen noch nicht, ob die Daten es uns erlauben werden, diese Typen zu unterscheiden und dies zu berücksichtigen

Übersetzung:

Garofalo et al. showed that the evolution of galaxies significantly differs in terms of the M- σ relation, whether the active galactic nucleus (AGN) being jetted or non-jetted. The reason is that jets are stronger feedback mechanisms for the velocity dispersion than accretion disc winds driven by the SMBH. By the time, galaxies without jets show a constantly growing mass of the SMBH followed by a linear proportional increase of velocity dispersion in the bulge. In jetted AGNs the SMBH increases its mass more rapidly for about 10⁸ years with relatively low increase of velocity dispersion. This is followed by a phase of quite slow growth

of the SMBH-mass but strong increase of velocity dispersion. This might be crucial for our mini-project as the M- σ relation of jetted AGNs depends on their age. We do not know yet if the data will allow us to distinguish these types to take this into account.

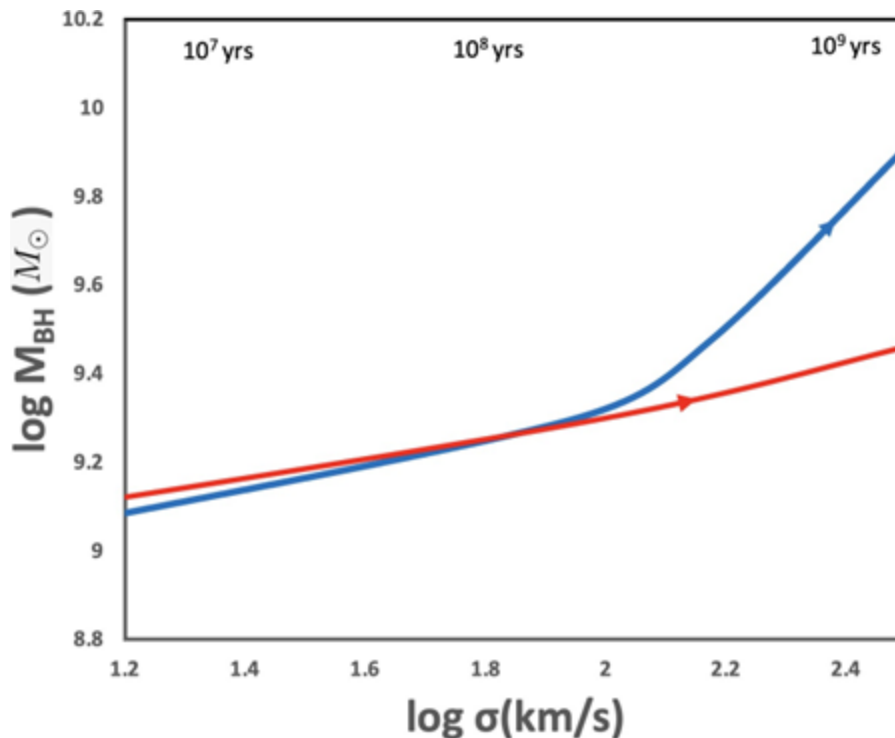


Figure 6. Theoretical M- σ paths. Blue line: Radio quiet quasars (RQQ). Red path: Radio loud quasars (RLQ).

Neu 2

Im dritten neuen Paper geht es vor allem darum, dass das Wachstum von Galaxien und supermassereichen Schwarzen Löchern durch Akkretion zu einer proportionalen Beziehung zwischen der Masse des zentralen Schwarzen Lochs und der Geschwindigkeitsdispersion (= Streuung der Sternengeschwindigkeiten) im Zentralbereich (= Bulge) führt. Damit liefert das Paper eine Bestätigung und theoretische Grundlage für die M-Sigma-Relation, wie sie bekannt ist, und beschreibt diese Relation als direkte Folge des Akkretionsprozesses. Dies ist laut dem Paper der Fall, da beide Massenbereiche (Bulge und Schwarzes Loch) während des Galaxienwachstums eng gekoppelt sind. Außerdem wird auf die Unabhängigkeit von Dunkler Materie verwiesen, da der Massenzuwachs im Zentralbereich hauptsächlich durch sichtbare Masse erreicht wird.

Übersetzung:

In the third new paper, the focus is primarily on how the growth of galaxies and supermassive black holes through accretion leads to a proportional relationship between the mass of the central black hole and the velocity dispersion (i.e., the spread of stellar velocities) in the central region (i.e., the bulge). This provides confirmation and a theoretical basis for

the known M-Sigma relation, describing it as a direct result of the accretion process. According to the paper, this is the case because both mass components (bulge and black hole) are closely coupled during galaxy growth. Additionally, the paper points out the independence from dark matter, as the mass increase in the central region is mainly achieved through visible matter.

Neu 3

Die Studie argumentiert, dass diese Beziehung entscheidend dafür ist, wie effektiv das Feedback von SMBHs metallangereichertes Gas in das Circumgalactic Medium (CGM) ausstößt. Galaxien mit übermassiven BHs zeigen größere Ausströmungen von Metallen, was die metallische Zusammensetzung im CGM beeinflusst. Die Scatter innerhalb der M- σ -Relation könnte somit mit der thermischen und kinematischen Geschichte des metallangereicherten Gases verknüpft sein, was darauf hindeutet, dass die Eigenschaften des BHs die galaktische Evolution und die Metallverteilung maßgeblich steuern.

Die Daten wurden von der Romulus25 simulation genommen. Diese umfasst 1000-de Galaxien, welche in einem kosmologischen Maßstab von 25Mpc die entstehung und entwicklung von Galaxien analysiert. Es wurden vorallem L(L ist die charakteristische Lichtkurve) stellare massen ($3e9 M < M_{\text{stern}} < 3e11 M$)(M... Sonnenmassen). Es wurden 282 Galaxien gefunden.

Übersetzung:

The study argues that this relationship is crucial to how effectively the feedback from SMBHs ejects metal-enriched gas into the Circumgalactic Medium (CGM). Galaxies with supermassive BHs show larger outflows of metals, which affects the metallic composition in the CGM. The scatter within the M- σ relation could thus be linked to the thermal and kinematic history of the metal-enriched gas, suggesting that the properties of the BH significantly control galactic evolution and metal distribution.

The data were taken from the Romulus25 simulation. This includes 1000-de galaxies, which analyzes the formation and evolution of galaxies on a cosmological scale of 25Mpc. Mainly L(L is the characteristic light curve) stellar masses ($3e9 M < M_{\text{star}} < 3e11 M$)(M... solar masses) were analyzed. 282 galaxies were found.