

Jets

von Thilo Mittag

Gliederung

1. Was sind Jets

2. Eigenschaften von Jets

3. Arten von Jets

3.1 Protostellare Jets

3.1.1 T-Tauri-Sterne (Junge Sterne)

3.2 Jets in Microquasaren

3.2.1 Microquasar

3.3 Jets in Aktiven Galaxienkernen

3.3.1 Aktive Galaxienkerne

4. Kollimierung von Jets

5. Entstehung von Jets

5.1 Blandford-Payne-Szenario

5.2 Blandford-Znajek-Mechanismus

6. Quellen

1. Was sind Jets

Jets sind die größten Teilchenbeschleuniger des Universums

Jets sind kollimierte Strahlen energetischer Teilchen, die ins All geschleudert **werden**.

Jets stehen im Zusammenhang mit verschiedenen astrophysikalischen Objekte wie z.B.

- jungen Sternen (young stellar objects)
- stellare schwarze Löcher (Mikro-Quasare)
- Galaxien mit aktivem Kern (AGN)

2. Eigenschaften von Jets

Jets sind bipolar

Jets bestehen aus ionisiertem Plasma

Es handelt sich dabei um gebündelte Materieausflüsse von kosmischen Objekten.

Jets sind stark kollimiert

↳ Geringe Breite im inneren Jet

Häufig ist eine Bugschockwelle zu beobachten



3. Arten von Jets

3.1 Protostellare Jets

3.2 Jets in Microquasaren

3.3 Jets in Aktiven Galaxienkernen

3.1 Protostellare Jets

- Protostellare Jets werden unter anderem in Verbindung mit T-Tauri-Sternen (jungen Sternen) beobachtet

- Sehr stark kollimierte Materieausflüsse, parallel zur Rotationsachse

- Geschwindigkeit: mehrere 100 km/s
- Länge etwa 0,1 bis 10 Lichtjahre

Jets from Young Stars · HH1/HH2

HST · WFPC2

PRC95-24c · ST ScI OPO · June 6, 1995 · J. Hester (AZ State U.), NASA

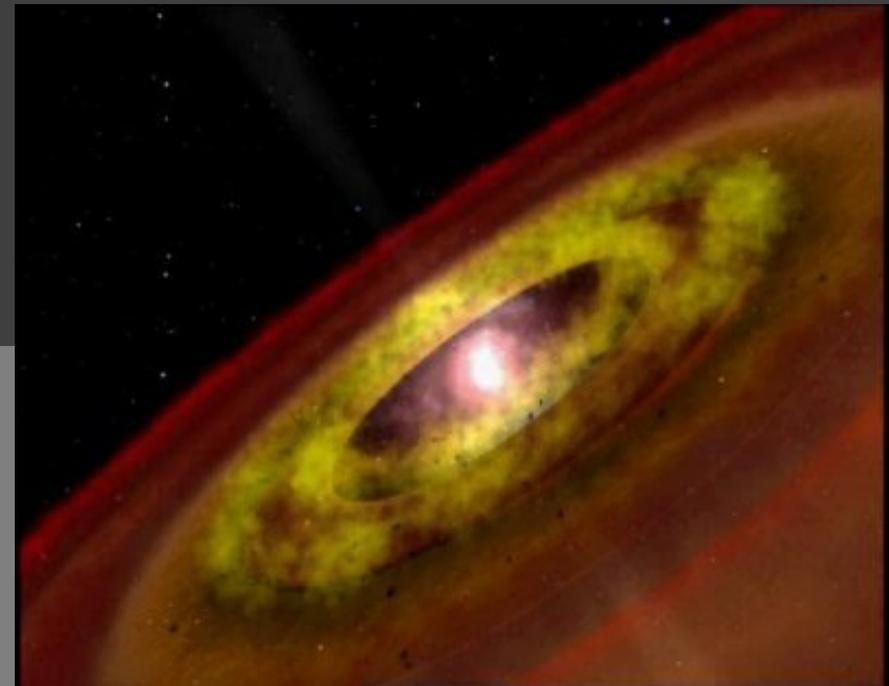
3.1.1 T-Tauri-Sterne

T-Tauri-Sterne sind nach dem Prototyp in den Dunkelwolken des Sternbildes Taurus benannt.

Es handelt sich dabei um junge sonnenähnliche Sterne
↳ (10⁵ - 10⁷ Jahre alt)

T-Tauri-Sterne haben eine Masse von max. 3 Sonnenmassen.

Direkte Beobachtung im IR-Bereich



3.1.1 T-Tauri-Sterne

T-Tauri-Sterne sind etwa 10 mal heller als die Sonne

Sie besitzen häufig ein starkes Magnetfeld und protostellare Jets

Häufig umgeben von einer Akkretionsscheibe



Voraussetzung für die Entstehung von Jets!



Sternbild des Taurus

3.2. Jets in Microquasaren

Astronomen entdeckten die Plasmaströme erstmals im Bereich der Radiostrahlung.

Die Bildung der Jets von Mikroquasaren gleicht der Bildung von Jets von Quasaren oder aktiven galaktischen Kernen (AGN)

Allerdings gibt es große Unterschiede:

- In der Ausdehnung der Jets
- Dem Alter der Jets
- Der Energie der Jets

3.2.1 Microquasar

Microquasare können als Miniaturausgaben von Quasaren betrachtet werden

Es handelt sich dabei um einen Neutronenstern oder ein schwarzes Loch, das **einen** normalen Stern als Begleiter hat.

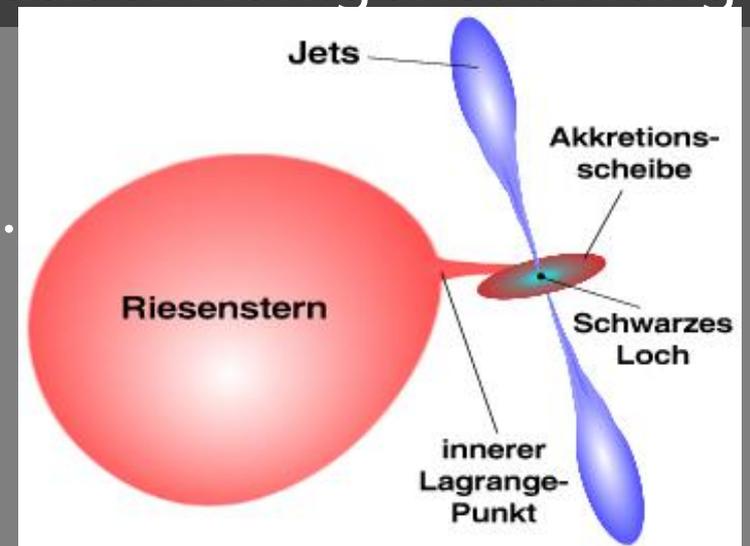
Microquasare kommen auch in unserer Galaxie vor und dienen auf Grund ihrer Ähnlichkeit zu Quasaren als Untersuchungsobjekt für echte Quasare.

3.2.1 Microquasar

Durch die Anziehungskraft wird Materie von dem Begleitstern zum kompakten Objekt übertragen.

Dort rotiert diese Materie zunächst in Form einer Scheibe (Akkretionsscheibe)

Die Materie erhitzt sich und strahlt dabei Röntgenstrahlung aus. Ein Teil der frei werdenden Energie wird entlang der Rotationsachse in Jets abgestrahlt.



3.3 Jets in Aktiven Galaxienkernen

Jets in AGN sind fast lichtschnelle Plasmastrahlen, die eine Länge von mehreren Millionen Lichtjahren erreichen können

Die Jets werden von der Akkretionsscheibe produziert, die sich um ein massereiches schwarzes Loch gebildet hat und Materie wie Staub und Gas derart beschleunigt und erhitzt

Diese gigantischen Schwarzen Löcher können Massen von mehreren Millionen Sonnenmassen haben.

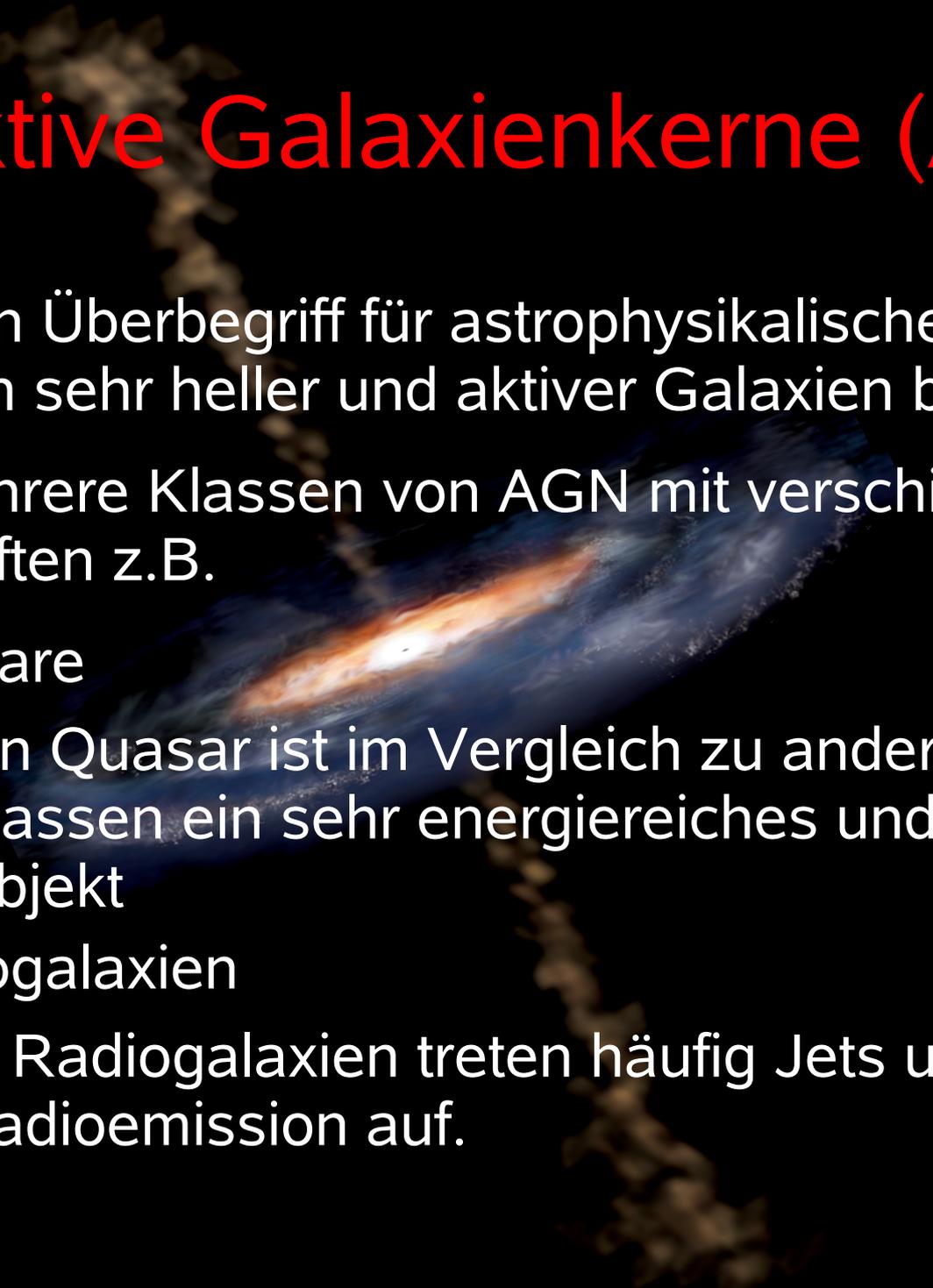


3.3.1 Aktive Galaxienkerne (AGN)

AGN ist ein Überbegriff für astrophysikalische Objekte, die die Zentren sehr heller und aktiver Galaxien bezeichnet.

Es gibt mehrere Klassen von AGN mit verschiedenen Eigenschaften z.B.

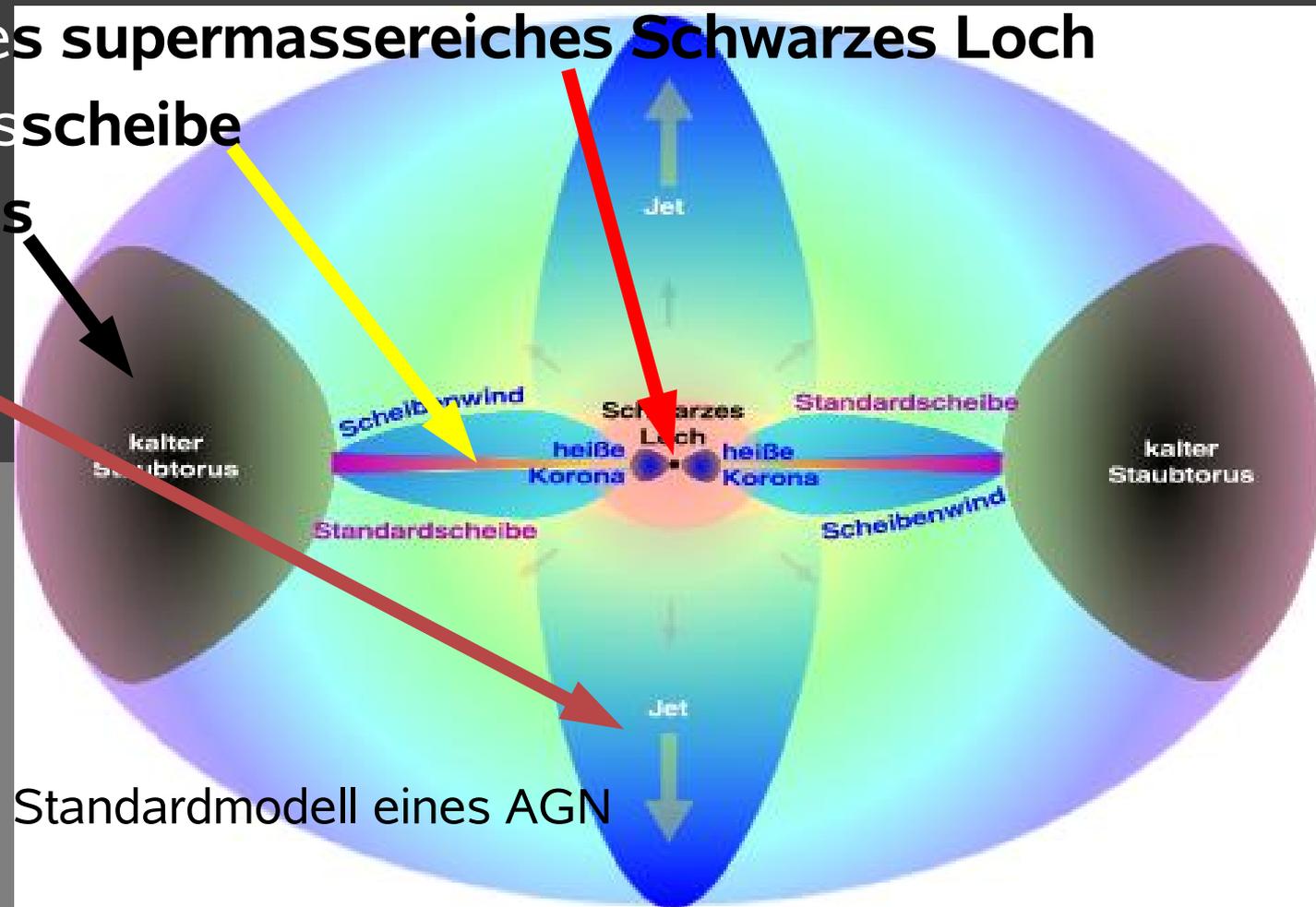
- Quasare
 - Ein Quasar ist im Vergleich zu anderen AGN-Klassen ein sehr energiereiches und helles Objekt
- Radiogalaxien
 - In Radiogalaxien treten häufig Jets und starke Radioemission auf.



3.3.1 Aktive Galaxienkerne (AGN)

Ein Standardmodell eines AGN beinhaltet folgende charakteristischen Elemente:

- rotierendes supermassereiches **Schwarzes Loch**
- Akkretions**scheibe**
- Staubtorus
- Jet

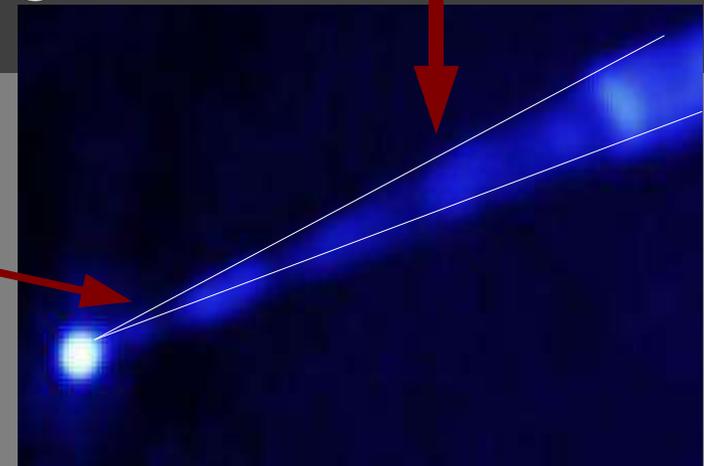


Standardmodell eines AGN

4. Kollimierung von Jets

Ein wichtiges Merkmal von Jets ist die Kollimierung. Durch die Kollimierung entsteht die **typische Form eines Jets**.

Kollimierung bezeichnet die Aussendung von Materie in einem sehr kleinen **Austrittswinkel**



4. Kollimierung von Jets

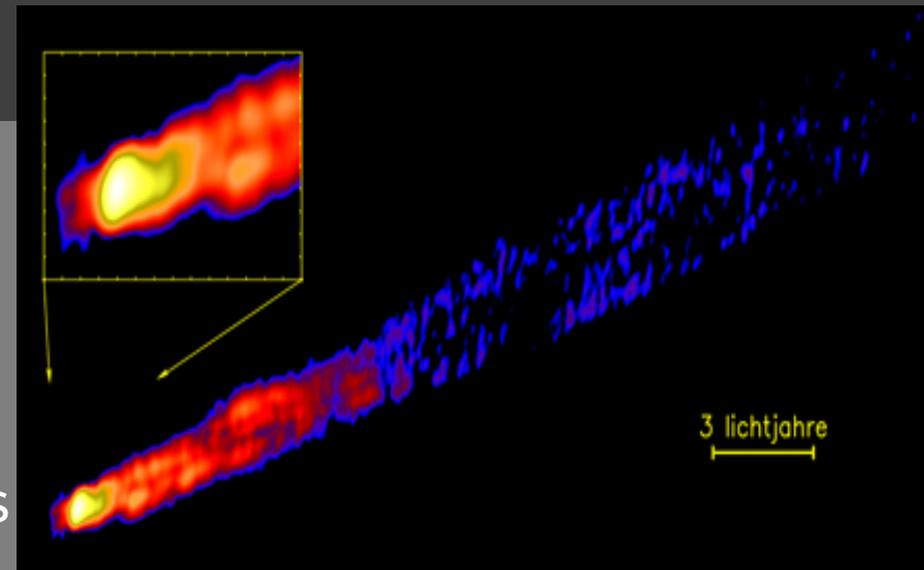
Zwei Parameter beeinflussen die Kollimierung eines Jets

(1). Ein Jet bleibt so lange kollimiert, wie er **supersonisch** ist.

Mach-Zahl: Geschwindigkeit des Stroms verglichen mit der Geschwindigkeit des Schalls in der Materie.

(2). Der **äußere Druck**

das Verhältnis von Dichte des Gases innerhalb des Jets zu dem des umgebenden Mediums



kollomierter Jet

5. Wie entstehen Jets

Grundlegend werden Jets von der Akkretionsscheibe mit Materie versorgt und mit Hilfe von Rotationen und Magnetfeldern mit Energie versorgt.

Wichtige Voraussetzung zur Jet-Entstehung:

- (1) Kollimierung der Jets
- (2) Beschleunigung (bzw. die Energiequelle) der Jets

Szenarien zur Erzeugung von Jets:

- Blandford-Payne-Szenario
- Blandford-Znajek-Mechanismus (für ein rotierendes schwarzes Loch)

5.1 Blandford-Payne-Szenario

Voraussetzung: Ein rotierendes, magnetisiertes Plasma

Entstehung eines Magnetfeldes durch Induktion der Elektronen des Akkretionsplasmas bzw. der Akkretionsscheibe



Das Magnetfeld zieht Teilchen aus der Scheibenoberfläche und produziert damit einen Teilchenstrom → **Scheibenwind**



Der Jet resultiert, wenn dieser Wind durch sehr schnelle Rotation gebündelt und beschleunigt wird.

Time = 1500.00 [rs/c]



5.1 Blandford-Payne-Model



(1) Kollimation und (2) Beschleunigung
durch die Magnetfelder und durch die MHD-Strömungen

5.2 Blandford-Znajek-Mechanismus

Voraussetzung: Rotierendes Schwarzes Loch!

Lässt durch Eigenrotation die Raumzeit mitrotieren
↳ Frame-Dragging-Effekt

Die Magnetfelder der Akkretionsscheibe in der Nähe des SL (Ergosphäre) verdrillen sich und schnüren ein zopfartiges Gebilde

Durch weiteres Verdrillen kommt es zur Lösung dieser Gebilde, da Magnetfeldlinien unterschiedlicher Polarität aufeinander treffen

5.2 Blandford-Znajek-Mechanismus

Die frei werdende Energie wird auf das gebündelte Plasma übertragen.



Dieses besitzt nun eine so hohe kinetische Energie um der Anziehung des schwarzen Lochs zu entkommen



Der Jet entsteht.

5.2 Blandford-Znajek-Mechanismus



- (1) **Kollimation** außerhalb der Ergosphäre
- (2) **Beschleunigung (bzw. Energielieferung)** durch die Rotationsenergie des Schwarzen Loches übertragen auf die Magnetfelder.

6. Quellen

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/staff/sbritzen/h3.pdf>

<http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/index.html>

http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_a02.html#agn

http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_j.html#jet

http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_m04.html#mq

http://www.astro.ru.nl/~falcke/mpi/falcke_jets.html

http://www.uni-potsdam.de/mnfakul/abstract_prom/abstract29.html

<http://www.astro.uni-wuerzburg.de/deu/skripte/Protostellarescheiben.pdf>

<http://www.g-o.de/dossier-detail-11-9.html>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Jet_\(Astronomie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Jet_(Astronomie))

http://de.wikipedia.org/wiki/Aktiver_galaktischer_Kern

<http://de.wikipedia.org/wiki/Quasar>