

Klassifizierung von Galaxien auf der Grundlage der Theorie der gravitativen Entkoppelung.

Ireneusz Cwirko ireneusz@cwirko.de

17.September 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	2
2	Kurzbeschreibung	2
3	Einleitung	3
4	Gravitative Entkoppelung und gravitativer Hintergrund.	4
5	Entwicklungsschema der Galaxien	5
6	Klassifizierung von Galaxien	8
7	Schlusswort	10
8	Danksagung	11
A	Literatur	11

1 Abstract

The following thesis introduces a new method to classify galaxies, based on the processes of gravitational disconnection and gravitational background. Introducing GD and GB as generally structuralizing processes in universe is necessary to match the available data won by observation with the theoretical model of structural development. Gravitational disconnection means a process in which an extreme curvature of space, caused by super massive black holes can result in their disappearance from our space/time continuum. The process is following the fundamental rule that physical systems will always seek to achieve a state of minimal energy. According to this theory, GD also played a crucial part in the origin and development of the universe. In contrast to the standard model of cosmology the development of the universe is not a linear process but shows two stages. Stage one ends with a simultaneous gravitational disconnection of evenly spaced black holes throughout the universe. All processes of GD and the resulting waves of gravitation had formed a field of gravitation, the gravitational background, that has been exerting a force of additional acceleration on all forms of matter ever since. These two processes account for the development of galaxies and their morphological appearances and are crucial for the origin of structures in the universe, from spherical star clusters to voids and filaments. In this sense, Newton's mechanics of gravitation as well as Einstein's theory of relativity are only describing a simplified model of the existing universe. Adding the component of the gravitational background, Newton's equation of motion would be:

$$F = m(a + \Delta a) \quad (1)$$

The gravitational background adds to the entire gravitation as a very small and almost constant component; with bigger distances from any centres of gravitations its pull, however, increases essentially. For the galaxy, gravitational disconnection means a radical metamorphosis, possibly resulting in a complete change of its morphology. Mainly this could be a shift of rotation levels and obviously a reduction of its mass. The stars in the galaxy are forced to take position in the new level of rotation, with the exception of those at the edge of the galaxy. In this area, the influence of the "new black hole" isn't strong enough. At the two points where the levels of rotation meet, the ring continues to be connected with the newly formed galaxy. At the other ends the centrifugal forces are too strong now. Those areas begin to drift apart and are forming the characteristic spiral arms. Our originally elliptic galaxy has completely changed its appearance and mutated into a spiral galaxy. Over time, the spiral arms are drifting farther from the galaxy, until in the end there is just a group of small spherical star clusters. The galaxy returns to its original form of an ellipsoid. The pattern of development of galaxies outlined above offers the option of a new classification, one independent of the morphology of galaxies. We suggest the following parameters as criteria:

- number of observable levels of rotation
- mutual orientation of the levels of rotation
- presence and number of rings of matter hurled out of the galaxy's core by gravitational disconnection

These criteria solely refer to the galaxy's appearance as observed today. We must assume, though, that galaxies go through several cycles like this in the course of their development. The classification described as following doesn't claim to be complete. Its purpose is more to kindle a broad discussion about the issue. The theory of gravitational disconnection hopefully will serve as a useful basis for this. It offers a consistent explanation for the development of galaxies and for many as yet mysterious appearances of galaxies.

2 Kurzbeschreibung

Der folgende Aufsatz stellt eine neue Klassifizierungsmethodik von Galaxien vor, die auf der Grundlage der Prozesse von gravitativer Entkoppelung und gravitativem Hintergrund basiert. Die Einführung der gravitativen Entkoppelung und des gravitativen Hintergrunds, als globale, strukturbildende Prozesse im Universum wurde notwendig, um eine Übereinstimmung zwischen den zur Verfügung stehenden Beobachtungsdaten und dem theoretischen Modell der Strukturbildung zu erreichen. Gravitative Entkoppelung beschreibt einen Vorgang, in dem eine extreme Raumkrümmung, verursacht durch supermassive SL zu deren Abkoppelung aus unserem Raumkontinuum führen kann. Der Prozess folgt der fundamentalen Regel der Natur, die besagt, dass die physikalischen Systeme immer einen Zustand der minimalen Energie anstreben. Die GE hat, der Theorie zufolge, auch die Entstehung und Entwicklung des Universums entscheidend beeinflusst. Ein auf dieser Basis erstelltes

Modell des Universum ist im Gegensatz zum Standardmodell der Kosmologie nicht linear, sondern verläuft in zwei Phasen. Die erste Phase endet mit einer synchronen GE von regulär verteilten Schwarzen Löchern des gesamten Universums. Aus der Summe aller Vorgänge der GE und daraus resultierenden Gravitationswellen hatte sich ein Gravitationsfeld gebildet (der gravitative Hintergrund), der seitdem auf alle Formen der Materie eine Kraft in Form einer zusätzlichen Beschleunigung ausübte. Die beiden Prozesse (GE und GH) sind für die Entwicklung und morphologischen Erscheinungsformen der Galaxien verantwortlich und entscheidend für die Entstehung von Strukturen im Universum von Kugelsternhaufen bis zu Voids und Filamenten. So betrachtet, beschreibt sowohl die newtonsche Gravitationsmechanik, wie auch die einsteinsche Relativitätstheorie nur ein vereinfachtes Modell des real existierenden Universums. Um die Komponente des gravitativen Hintergrunds erweitert, lautet die newtonsche Bewegungsgleichung:

$$F = m(a + \Delta a) \quad (2)$$

Der GH trägt zwar nur als eine sehr kleine, fast konstante Komponente zur gesamten Gravitationskraft bei, in größeren Entfernungen von Gravitationszentren jedoch steigt der Anteil dieser Komponente an der gesamten Anziehungskraft beträchtlich. Gravitative Entkoppelung bedeutet für die Galaxie eine durchgreifende Metamorphose, die zu einer vollkommenen Änderung der Morphologie von Galaxien führen kann. Sie könnte in erster Linie eine Verschiebung der Rotationsebenen und logischerweise eine Verringerung der Masse von Galaxie verursachen. Die Sterne in der Galaxie sind jetzt gezwungen sich in der neuen Rotationsebene zu positionieren, mit Ausnahme derjenigen, die sich am Rande der Galaxie befinden. Der Einfluss des neuen Schwarzen Loches ist in diesem Bereich nicht mehr ausreichend. An den beiden Punkten, an denen sich die Rotationsebenen treffen, bleibt der Ring mit der neu geformten Galaxie verbunden. An den beiden anderen Enden sind jetzt die Fliehkräfte zu groß. Die Bereiche des Ringes beginnen sich von der Galaxie zu entfernen und bilden die charakteristischen Spiralarme. Unsere am Anfang elliptische Galaxie hat ihr Aussehen vollkommen verändert und ist zu einer Spiralgalaxie mutiert. Mit der Zeit entfernen sich die Spiralarme von der Galaxie immer weiter, bis am Ende nur eine Ansammlung von kleinen Kugelsternhaufen übrig bleibt. Die Galaxie kommt zu seiner ursprünglichen Form zurück und nimmt wieder die Form eines Ellipsoids ein. Das oben skizzierte Entwicklungsschema der Galaxien eröffnet die Möglichkeit einer neuen, von der Morphologie der Galaxien unabhängigen Klassifizierungsmethodik. Als Kriterien werden folgende Parameter vorgeschlagen:

- Anzahl der beobachtbaren Rotationsebenen.
- Orientierung der Rotationsebenen zueinander.
- Anwesenheit und Anzahl von Materieringen, die aus dem Kern der Galaxie durch den Vorgang der GE herausgeschleudert wurden.

Diese Kriterien beziehen sich nur auf die heute beobachtete Erscheinungsform der Galaxie. Man muss jedoch davon ausgehen, dass die Galaxien mehrere solche Zyklen im Laufe ihrer Entwicklung durchlaufen. Die nachfolgend beschriebene Klassifikation erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ist eher dazu gedacht, eine breite Diskussion über dieses Thema zu entfachen. Ich hoffe, dass die Theorie der gravitativen Entkoppelung dazu eine gute Grundlage bieten kann. Sie lässt die Entwicklung von Galaxien konsistent erklären und macht viele bis heute rätselhafte Erscheinungsformen der Galaxien verständlich.

3 Einleitung

Vor etwa einhundert Jahren wurde erstmals erkannt, dass damals noch als "Nebel" bezeichnete Erscheinungen am Nachthimmel, weit entfernte, aus Milliarden von Sternen bestehende Strukturen sind, die unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße, sehr ähnlich erscheinen. Heute wissen wir, dass es im beobachtbaren Teil des Universums noch mindestens weitere 10^{10} Galaxien gibt. Diese Galaxien unterscheiden sich voneinander nicht nur durch ihre Helligkeit und Größe, sondern auch durch eine erstaunliche Vielfalt in der morphologischen Verteilung ihrer Sterne. Edwin

Hubble, war der Erste, der dieser rätselhaften Vielfalt durch ein "Stimmgabelschema", eine Ordnung geben wollte. Das Hubble-Klassifikationsschema ist rein empirisch und berücksichtigt weder die Entwicklung von Galaxien noch strukturbildende Prozesse. Trotz dieser Beschränkungen ist diese Klassifikation mit einigen Erweiterungen bis heute in Gebrauch. Welchen Gesetzen diese Strukturbildung folgt, bleibt aber weiter ein Geheimnis des Universums. Im nachfolgenden Aufsatz wurde das Ziel verfolgt, eine neue Klassifizierungsmethodik von Galaxien zu erarbeiten, die physikalisch nachvollziehbar sein sollte. Es zeigte sich schnell, dass auf der Grundlage bekannter phy-

sikalischer Prozesse die Morphologien der Galaxien nicht erklärt werden konnten. Gleichzeitig aber scheinen die Galaxien einem einheitlichen Entwicklungsprozess unterworfen zu sein, der sich durch fließende Übergänge zwischen einzelnen morphologischen Formen äußert. Das deutet auf einen grundlegenden gestalterischen Prozess hin, der aber anscheinend außerhalb der bekannten Physik angesiedelt ist. Nach Analyse von Galaxieformen und Auswertung der möglichen physikalischen Ursachen konkretisierte sich der Verdacht, dass die Morphologie der Galaxien als ein Ergebnis der Destrukturierung zu interpretieren ist. Die Morphologie wurde nicht, wie vermutet, so zu sagen durch einen Überschuss an Gravitationskraft verursacht (würde man nach klassischer Vorstellung die Wirkung der Dunklen Materie berücksichtigen) sondern eher durch einen Mangel an Gravitation. Die physikalischen Prozesse die sich dahinter verstecken, wurden in dem Aufsatz "Die Gravitative Entkoppelung" beschrieben.

4 Gravitative Entkoppelung und gravitativer Hintergrund.

Wie schon in meinem Aufsatz "Gravitative Entkoppelung" erwähnt, ist die gravitative Entkoppelung entscheidend für die Entwicklung von Strukturen und damit auch Galaxien im Universum. Für diejenigen, die diese Theorie noch nicht kennen, eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse. Gravitative Entkoppelung beschreibt einen Vorgang, in dem ein Raum unter Mitwirkung zweier supermassiver Materieansammlungen, besser bekannt unter der Bezeichnung Schwarze Löcher, von unserem Raumkontinuum abgekoppelt wird. Ein Zusammentreffen von zwei Schwarzen Löchern ist ein Vorgang, den wir derzeit physikalisch nicht verstehen. Es ist aber sicher, dass dieser Prozess den allgemeinen Regeln der Natur unterworfen sein muss, insbesondere dem Gesetz, dass physikalische Systeme immer einen Zustand der minimalen Energie anstreben. Man muss dabei bedenken, dass die Gravitation, der Relativitätstheorie zur Folge, nichts Anderes als eine geometrische Eigenschaft des Raumes darstellt. Deswegen ist der günstigste energetische Zustand des Raumes auch nur durch eine Änderung seiner geometrischen Form zu erreichen. So gesehen ist ein euklidisch flaches Raumkontinuum eine energetisch bevorzugte Form des Raumes. Logischerweise würde eine Vereinigung der Schwarzen Löcher zu einer Vergrößerung der Gesamtmasse und somit zu einem noch höheren energetischen Level führen. Die Schwarzen Löcher vereinigen sich also nicht, sondern gehen eine Bindung miteinander ein, in deren Folge die Geo-

metrie der Raumzeit in der Umgebung von Schwarzen Löchern ein quasi flaches Raumkontinuum bildet. Wir können uns der Lösung des Problems annähern, wenn wir Beispiele von Minimalflächen und unorientierten Flächen aus der Topologie zur Hilfe ziehen, wie z.B. Costa-Fläche oder Möbiusband. Die Eigenschaften der o.g. Flächen kann man durch Analogie an die vermutete Geometrie der Raumzeit in der Umgebung von Schwarzen Löchern übertragen. Das hat zur Folge, dass die mittlere Krümmung des Raumes aus unserer Sicht einen Wert von 0 annimmt (der Raum ist nicht mehr gekrümmt). Konkret bedeutet das, dass entweder eines der beiden SL oder beide aus unserem Universum verschwinden. Ich nehme an, dass sowohl der Zeitpunkt der GE wie auch welcher von der beiden SL sich an dem Vorgang beteiligen wird, mit den Mittel der klassischen Physik nicht vorhersagbar ist. Auch bei vollständiger Kenntnis des binären Systems von SL lassen sich vermutlich wie in der Quantenmechanik nur Wahrscheinlichkeitsaussagen über den Vorgang treffen. Die durch Gravitation verursachte Raumkrümmung verschwindet und lässt die frei gewordene Gravitationsenergie in Form eines hochenergetischen Gammablitzes entweichen. Die gleichzeitig einsetzende Entspannung des Raumes breitet sich in Form einer Gravitationswelle aus. Das hat zur Folge, dass das Material aus dem Kern der Galaxie von der Explosion mitgerissen und im Extremfall sogar aus der Galaxie herausgeschleudert wird (Beispiel: Cartwheel Galaxie). Unmittelbar danach setzt ein Prozess vermehrter Bildung neuer Sterne ein. Passiert diese Gravitationswelle auf dem Weg durch die Heimatgalaxie einen Stern, wirkt auf ihn für kurze Zeit eine Kraft (Beschleunigung), wodurch der Stern seinen Rotationsradius vergrößert. Nachdem die Gravitationswelle die Heimatgalaxie durchquert hat, hat sich die radiale Ausdehnung der Galaxie vergrößert, gleichzeitig aber die Masse und konsequenterweise auch die Gravitationswirkung verkleinert. Das kann dazu führen, dass die äußeren Bereiche nicht mehr gravitativ gebunden sind und beginnen, sich vom Galaxiezentrum zu entfernen. Dieser, unter Umständen vorübergehende Verbleib der Gravitation und Materie in unserem Universum muss sich, auf Grund klar ersichtlicher Konsequenzen im Entstehungsprozess und der Entwicklung des Universums niederschlagen. Die Überlegungen, die zur Einführung eines neuen Universummodells geführt haben, sind in dem Aufsatz "Universumkristall" zusammengefasst. In dem Modell mit GE wurde eine nicht lineare Entwicklung des Universums vorgeschlagen Die Entwicklung des Universums wurde in zwei diametral unterschiedlich verlaufende Phasen aufgeteilt. Die erste Phase endet mit einer synchronen GE von regulär verteilten Schwarzen

Löchern des gesamten Universums. Ein Verschwinden von Masse erzeugt eine zeitliche Änderung des Gravitationsfeldes, die dann mit einer Modulation der Raumkrümmung verbunden ist. Auf diese Weise kann das Gravitationsfeld ohne Anwesenheit von Masse weiterexistieren und sich sphärisch wellenartig ausbreiten. Die Wellen haben die gleiche Charakteristik und können sich überlagern und verstärken. Es bildet sich ein das ganze Universum erfassende Gravitationsfeld (der Gravitative Hintergrund). Der GH transportiert auch Impuls und kann dadurch eine Kraft ausüben. Dieser Kraft, die das lokale Gravitationsfeld in Form einer zusätzlichen Beschleunigung verstärkt, ist jede Art von Materie und Energie im Universum ausgesetzt. Der GH trägt zwar nur als eine sehr kleine, fast konstante Komponente zur gesamten Gravitationskraft bei, in größeren Entfernungen von Gravitationszentren jedoch steigt der Anteil dieser Komponente an der gesamten Anziehungskraft beträchtlich. So betrachtet beschreibt sowohl die newtonsche Gravitationsmechanik wie auch die einsteinsche Relativitätstheorie nur ein vereinfachtes Modell des real existierenden Universums. Um die Komponente des gravitativen Hintergrunds erweitert lautet die newtonsche Bewegungsgleichung:

$$F = m(a + \Delta a) \quad (3)$$

Auf das Problem des Verlaufs der Rotationskurven übertragen sehen wir, dass die Bewegungsgleichung aus zwei Beschleunigungskomponenten besteht. Die erste folgt der Gleichung

$$a = \frac{Gm}{r^2} \quad (4)$$

und fällt steil mit dem Abstandsquadrat vom Gravitationszentrum ab. Gleichzeitig bleibt die zweite Komponente unverändert, so dass bei großen Entfernungen vom Gravitationszentrum ihre Bedeutung ständig zunimmt. Der Gravitative Hintergrund und nicht wie von manchen vermutet die Dunkle Materie, ist direkt für den beobachteten Verlauf der Rotationskurven verantwortlich.

5 Entwicklungsschema der Galaxien

Durch den bei der GE der SL am Ende der ersten Phase verursachten Energieausstoß (hochenergetische Gammastrahlung) und die Ausbreitung von Gravitationswellen wurde das Plasma sphärisch vorangetrieben und zu fadenartigen Filamenten zusammengepresst. Gleichzeitig liefen die Annihilationsprozesse ab, die mit der Vernichtung von Antineutronen, Antiprotonen und Positronen endeten, und parallel

dazu, die so genannte Primordiale Nukleogenese. Die Big Bang Nukleosynthese (BBN) lässt abhängig von der aus Beobachtungen abgeleiteten relativen Häufigkeit der einzelnen chemischen Elemente auf die physikalischen Rahmenbedingungen im jungen Universum schließen. Das hat wesentlich auch die Vorhersagen des Standardmodells der Kosmologie beeinflusst. Im Umkehrschluss setzen die Grundparameter des Standardmodells der Theorie der Primordialen Nukleosynthese rigide Schranken sowohl in Bezug auf die Temperatur wie auch andere Parameter im jungen Universum. In der Tat ist es gelungen, die in der Theorie der Primordialen Nukleogenese vorhergesagten Elementhäufigkeiten sehr gut an die aus Beobachtungen abgeleiteten Werte anzupassen. Im Detail aber werden einige Diskrepanzen zwischen den im Standardszenario der Big Bang Nukleosynthese vorhergesagten Elementhäufigkeiten und den aus Beobachtungen abgeleiteten Werten sichtbar. ⁷Lithium, ³ Deuterium und sogar ⁴Helium bereiten den Wissenschaftlern noch einiges Kopfzerbrechen. In Anbetracht der Schwierigkeiten bei der Bestimmung der ursprünglichen Häufigkeit der Elemente aus Beobachtungsdaten wurde angenommen, dass diese Abweichungen auf Wissenslücken in der Physik der Sterne hinweisen und nicht auf Mängel in unserem Bild des frühen Kosmos zurückzuführen sind (warum auch immer). Das nicht lineare Modell des Universums setzt eigene physikalische Rahmenbedingungen für den Ablauf der Prozesse der Primordialen Nukleogenese an und fordert dazu auf, z.B. durch die Präsenz von Antimaterie im Detail vorhandene Diskrepanzen zu beseitigen bzw. die Abläufe der Kernreaktionen neu zu überdenken. Im Verlauf der weiteren Entwicklung sind dann an Stelle der SL der ersten Phase weitgehend materielose, blasenförmige Räume entstanden, die Voids. Die weitere Entwicklung von Filamenten wurde durch die Gravitationskraft der Materie und des GH bestimmt. Im Anfangsstadium, direkt nach der GE, spielte der GH wahrscheinlich noch die führende Rolle, indem er die Materie komprimierte und die Entstehung einer Nachfolgegeneration von SL verursachte, die dann zusammen mit den Schwarzen Löchern der ersten Generation, die an dem Entkopplungsvorgang nicht teilgenommen haben, die Urkeime der ersten Galaxien bildeten. Das hat zu einer viel schnelleren Entstehung von Galaxien geführt, als es das Standardmodell vorhersagt. Noch in einem weiteren Punkt unterscheidet sich diese Theorie grundsätzlich vom Standardmodell. Gemäß dem Standardmodell sollen die massereicheren Galaxien im Universum durch Verschmelzung von kleineren Zwerggalaxien entstanden sein. Dieser Prozess wird oft als hierarchische Strukturentstehung bezeichnet. Ich gehe in meinem Modell von einer gegenläufigen Entwicklung

aus. Es entstanden zuerst riesige, überwiegend aus Gas bestehende Galaxien, deren Massen die größten heute beobachtbaren Galaxien in den Schatten stellen würden. Diese riesigen Galaxien müssen sich rund um mehrere supermassive SL aus der ersten Phase des Universums gebildet haben. Die gravitative Abkoppelung solcher Giganten, deren Masse wahrscheinlich im Bereich von Billionen Sonnenmassen lag, führte zu den größten Explosionen in der zweiten Phase des Universums überhaupt. Ringförmig wurden dann das Gas und der Staub aus der Galaxie ausgeblasen. Nach mehreren solchen Vorgängen stand kein Gas mehr zur Verfügung. Der Prozess der Sternbildung wurde abgebrochen und die Galaxieentwicklung für viele Mrd. Jahre praktisch gestoppt. Solche Galaxien werden heute als sog. cD Typ beobachtet, aber auch große Elliptische Galaxien gehören dazu. Die herausgeschleuderte Materie bildete unzählige Kugelsternhaufen und auch zahlreiche größere Zwerggalaxien, die ihrerseits durch Verschmelzungsprozesse die Galaxien mittlerer Größe hervorgebracht haben könnten. Obwohl die Galaxien bei jedem Vorgang der GE Masse verlieren und mit fortschreitendem Alter des Universums immer kleiner werden, werden sie paradoxerweise Leuchtkräftiger, weil es hauptsächlich Gas und Staub sind, die aus der Galaxie herausgeschleudert wurden und das Licht der Sterne nicht mehr abschirmen. Es ist davon auszugehen, dass es erst mit dem Fortschritt bei der Beobachtungsmethoden bei stark rotverschobenen Galaxien mit $z > 6$ zu einer Bestätigung des Modells der antihierarchischen Galaxieentstehung kommen wird. Wie schon erwähnt ist die Morphologie von Galaxien das Ergebnis einer Destrukturierung. Wenn wir als Beispiel eine Spiralgalaxie nehmen, dann sind die Spiralarme der Galaxie

gerade dabei, sich vom Galaxiezentrum zu entfernen und verlieren zunehmend Kontakt mit der Heimatgalaxie. Diese im ersten Moment etwas überraschende Erkenntnis lässt sich nur mit Hilfe der GE und des GH erklären. Gravitative Entkoppelung bedeutet für die Galaxie eine durchgreifende Metamorphose. Sie verändert ihr Aussehen vollkommen. Das Ergebnis hängt von vielen Faktoren ab. Zu den wichtigsten gehört das Verhältnis der Rotationsebenen der ursprünglichen Galaxie zueinander und zur neu gebildeten Rotationsebene, die ihrerseits von der Rotationsebene des nachfolgenden SL und der Anziehungskraft der übriggebliebenen Masse der Galaxie abhängig ist. Das nachfolgende SL hat in vielen Fällen eine andere Rotationsebene als das vorangegangene. Verlässt nur einer der beiden Löcher unser Raumkontinuum geht das am anderen SL nicht immer spurlos vorbei, und es kann die Rotationsebene abrupt verändern. Schon bei der Bildung von binären Systemen (bSL), noch bevor ein Vorgang der GE stattfindet, deutet sich in vielen Fällen eine Änderung der Rotationsebenen von SL an. Die Sterne in der Galaxie sind jetzt gezwungen sich in der neuen Rotationsebene zu positionieren. Nur die Sterne am Rande der Galaxie folgen dem Vorgang nicht. Der Einfluss des "neuen Schwarzen Loches" ist in diesem Bereich nicht mehr ausreichend. An den beiden Punkten, an denen sich die Rotationsebenen treffen, bleibt der Ring mit der neu geformten Galaxie verbunden. An den beiden anderen Enden sind die Fliehkräfte jetzt zu groß. Die Bereiche des Ringes beginnen sich von der Galaxie zu entfernen (Beispiele Galaxie NGC 1097, Galaxie NGC 1350). Es bilden sich die charakteristischen Spiralarme.

1. Entstehungsschema der Spiralgalaxien

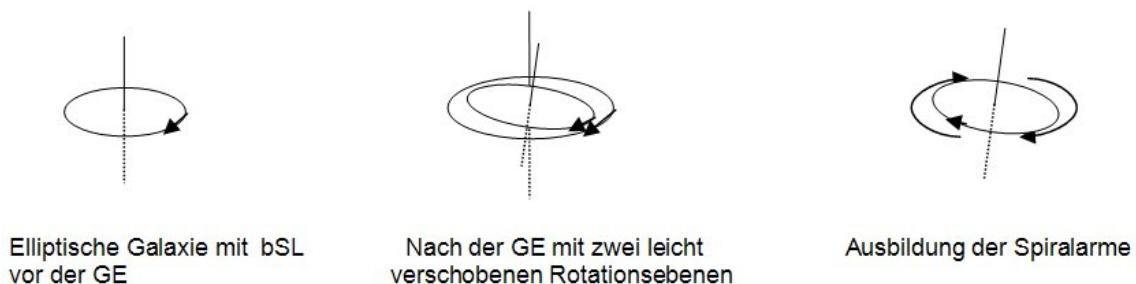


Abbildung 1

Wären die Rotationsebenen unterschiedlich, würde sich eine Balkengalaxie bilden. Die beiden Formen sind also entwicklungsstechnisch identisch (siehe Abbildung 1) Bilden die beiden Rotationsebenen einen Winkel von mehr als ca. 10° zueinander (diesen Wert kann man erst genau durch Computersimulationen

bestimmen) werden die Sterne im Kernbereich der Galaxie gezwungen, stark elliptische Umlaufbahnen anzunehmen. Das führt zur Ausbildung von sogenannten Balken. Diese Form ist nur von kurzer Dauer (nach astronomischen Zeitmaßstäben) und wird allmählich durch eine Scheibe ersetzt (siehe Abbildung 2). In meiner Klassifizierung spielen die Balken eine untergeordnete Rolle. Was allgemein als Balkengalaxie bezeichnet wird, ist nur ein Ergebnis der Perspektive. In Wirklichkeit handelt es sich um eine Galaxie mit zwei unterschiedlichen Rotationsebenen. Die entwicklungs-technisch ältere Struktur stellen die Spiralarme dar, weil sie der älteren Rotationsebene folgen. Die zentrale Scheibe (Galaxiekern) hat sich nach der GE neu formiert und folgt der Rotationsebene des neuen SL.

2. Entstehungsschema der Balkengalaxien

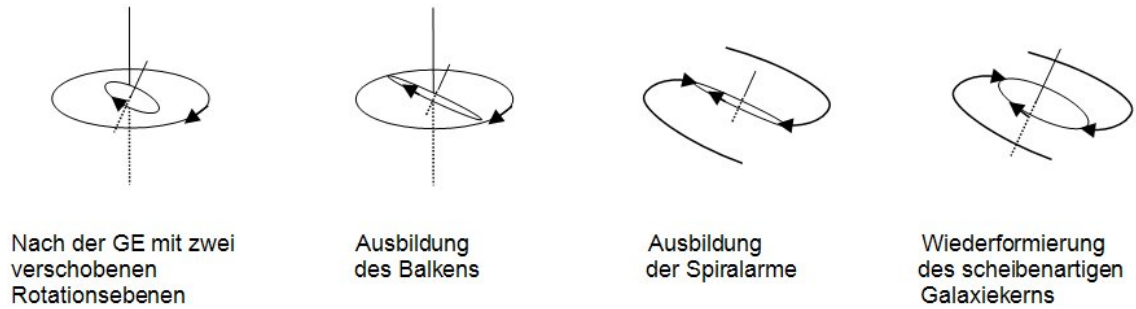


Abbildung 2

Unsere am Anfang elliptische Galaxie hat ihr Aussehen vollkommen verändert und ist zu einer Spiralgalaxie mutiert. Mit der Zeit entfernen sich die Spiralarme von der Galaxie immer weiter bis am Ende nur noch eine Ansammlung von kleinen Kugelsternhaufen übrig bleibt. Die Galaxie kehrt zu ihrer ursprünglichen Form zurück und nimmt wieder die Form eines Ellipsoids ein (siehe Abbildung 3). Nur die Existenz von zwei Sternpopulationen weist von nun an darauf hin, dass die Galaxie diesen Vorgang hinter sich gelassen hat.

3. Entwicklungsschema

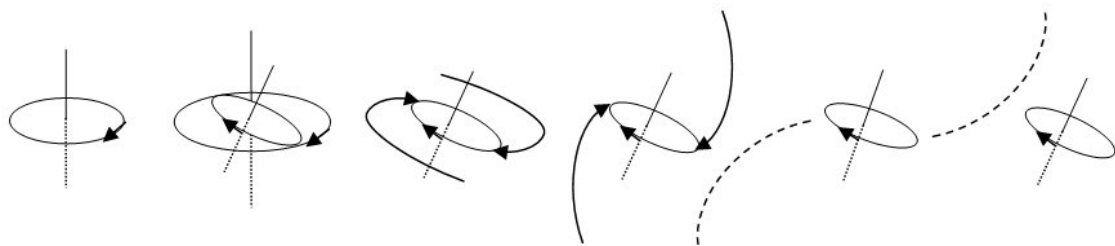


Abbildung 3

In dieser Beschreibung wurden die Drehrichtungen der einzelnen Rotationsebenen nicht berücksichtigt. In meisten Fällen drehen sich die Rotationsebenen in die gleiche Richtung. Es kommt vor, dass das nachfolgende SL eine andere Rotationsrichtung aufweist als das vorhergegangene. Erstaunlicherweise ist das nicht sofort im morphologischen Erscheinungsbild der Galaxien erkennbar (Beispiel NGC 4622), erst bei genauer Analyse wird dieses seltsame Verhalten konstatiert. Nur einige besondere Merkmale von Galaxien könnten unter Umständen als Ergebnis der gegenläufigen Rotation interpretiert werden. Dazu

gehört z.B. eine symmetrische Verdickung am äußeren Bereich des Balkens oder der Zentralscheibe bzw. ein fast parabelähnliche Verlauf der Spiralarme zu den Balken bzw. der Zentralscheibe (siehe Abbildung4)

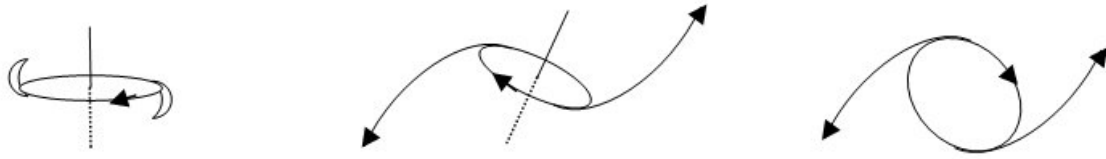


Abbildung 4

Wie man sieht, ist es leider sehr schwierig bis unmöglich nur auf Grundlage der Morphologie der Galaxie eine Aussage über das Verhältnis der Rotationsebenen im Bezug auf ihre Drehrichtung zu treffen. Die Berichte über die Beobachtungen von solchen Galaxien sind leider selten (ich habe nur einzelne gefunden). Ich gehe davon aus, dass dieses Phänomen viel weiter verbreitet ist als vermutet und nur aufgrund des mangelnden Interesses der Astronomen bis jetzt so unterschätzt wurde. Ein interessanter Aspekt dieser Theorie, der sogar zur ihrer Verifizierung beitragen könnte, ist das Postulat, dass die Galaxien nicht nur durch den Vorgang der GE ihre Masse verlieren, sondern auch durch Verlust einen Teils von äußeren Galaxiebereichen, die nicht mehr gravitativ gebunden waren. Die so entstandenen Sternenansammlungen (meistens sind das gleichaltrige junge Sterne, die in den Spiralarmen überproportional repräsentiert sind) bilden unter Beteiligung des GH unterschiedlich Große Kugelsternhaufen. Dieser Theorie zufolge dürfen die Kugelsternhaufen im Halo der Galaxie nur auf wenige Rotationsebenen verteilt sein. Sie haben sich zwar von der Heimatgalaxie entfernt, bleiben aber ihrer Rotationsebene treu verbunden. Sie dürften nicht nur aus einer Population von Sternen bestehen, sondern müssen auch signifikant viele Sterne enthalten, die eine höhere Metallizität aufweisen. Der oben beschriebene Vorgang bedeutet, dass der überwiegende Teil der Sterne in einem Kugelsternhaufen jünger ist, als uns ihre Metallizität suggeriert. Das eigentliche Alter eines Kugelsternhaufens kann nicht höher sein als das Alter des Sterns mit der höchsten gemessenen Metallizität innerhalb des Kugelsternhaufens.

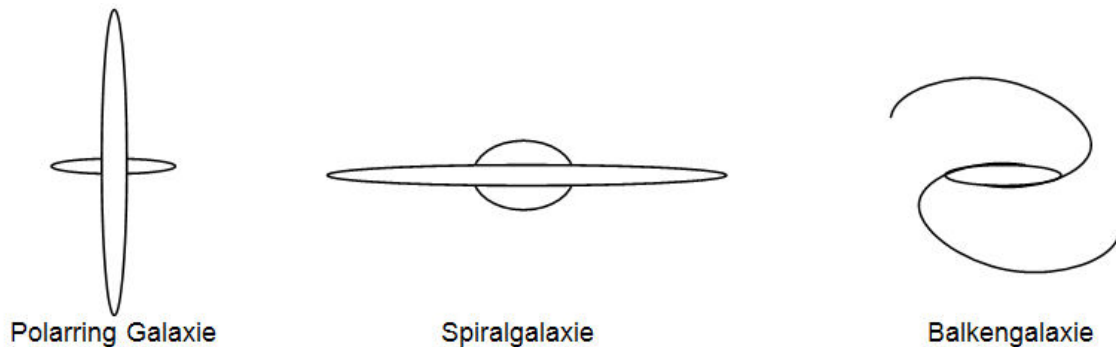


Abbildung 5

6 Klassifizierung von Galaxien

Die herkömmliche Klassifizierung unterscheidet einige Grundformen von Galaxien. Nehmen wir als Beispiel solche Formen (siehe Abbildung 5) Bei genauerer Betrachtung kann sich auch um ein und dieselbe

Galaxie handeln, die aus unterschiedlichen Perspektiven beobachtet wurde. Dieses Beispiel verdeutlicht, zu welchen Problemen es bei der Klassifizierung der Galaxien kommen kann, wenn die morphologische Erscheinungsform der Galaxie als Kriterium angewendet wird. Das oben skizzierte Entwicklungsschema

der Galaxien eröffnet die Möglichkeit einer von der Morphologie der Galaxien unabhängigen Klassifizierungsmethodik. Als Kriterien werden folgende Parameter vorgeschlagen:

- Anzahl der beobachtbaren Rotationsebenen.
- Orientierung der Rotationsebenen zu einander.
- Anwesenheit und Anzahl von Materieringen, die aus dem Kern der Galaxie durch den Vorgang der GE herausgeschleudert wurden.

Diese Kriterien beziehen sich natürlich nur auf die heute beobachtete Erscheinungsform der Galaxie. Wie schon erwähnt, durchlaufen die Galaxien mehrere solche Zyklen im Laufe ihrer Entwicklung. Diese Paleozyklen in die Klassifizierung der Galaxien einzubeziehen, würde die Methodik unnötigerweise erschweren. Prinzipiell steht dem nichts entgegen, es müssen aber die Rotationsebenen und das Alter der dazugehörigen stellaren Objekte im Halo der Galaxie ermittelt werden. Diese 3 Kriterien reichen aus, um alle Galaxien zu erfassen, die das oben beschriebene Entwicklungsschema mitgemacht haben. Es gibt auch Galaxien, die durch Zusammenstoß zweier Galaxien entstanden sind. Diese Gruppe wurde in einer separaten Klasse der unregulären Galaxien erfasst. In letzter Zeit hat sich die Unsicherheit zwischen den Fachleuten breit gemacht, jede Beobachtung die nicht erklärbar ist, auf die Wirkung von Dunkler Materie oder, besonders beliebt, auf die Zusammenstöße von Galaxien zurückzuführen. Die meisten dieser angeblichen Zusammenstöße lassen sich mit der Wirkung der GE erklären. Somit müssen Zusammenstöße von Galaxien als seltene Ereignisse in unserem Universum betrachtet werden. Ich würde folgende Aufteilung der Galaxien vorschlagen: Die Galaxien sollen in Generationen aufgeteilt werden, abhängig von der Anzahl der erkennbaren Rotationsebenen. Die jeweilige Generation soll eine arabische Ziffer von 0 bis 3 zugeteilt bekommen. Z.B. Ziffer 0 bedeutet keine erkennbare Rotationsebene, Ziffer 1 entsprechend eine, Ziffer 2 zwei Rotationsebenen und so weiter. Es ist fraglich, ob sich die Einführung von mehr als drei Rotationsebenen in der Praxis bewähren würde. Die Klassifikation ist aber so strukturiert, dass sie auch für die Erfassung von Paleozyklen geeignet ist. Die Generationen sollten in Klassen unterteilt und mit Buchstaben bei "A" beginnend bezeichnet werden. Als Kriterium dient hier die Orientierung der Rotationsebenen zueinander. Die Ausnahme bildet Generation 0. Hier werden solche Galaxien erfasst, die sich nicht bzw. nicht mehr am Entwicklungsschema beteiligten, wie z.B. irreguläre Galaxien. Die Klassen der Generation 0 sind meistens nach anderen Kriterien zu definieren. Innerhalb einer Klasse unterscheidet man verschiedene

Kategorien, die mit Buchstaben von "A" beginnend bezeichnet sein sollten. Eine Zuteilung zu einer Kategorie kann z.B. nach Anwesenheit und Anzahl von Materieringen, die aus dem Kern der Galaxie durch den Vorgang der GE ausgeschleudert wurden, erfolgen. Bei Bedarf sollen die Kategorien auf verschiedene Typen geteilt werden. Die Typen sollen eine arabische Ziffer von 1 beginnend zugeteilt bekommen.

Generation 0 Umfasst Galaxien, die sich dem oben beschriebenen Entwicklungsschema entziehen. Sie kann folgende Klassen beinhalten:

Klasse A- Elliptische Galaxien ohne erkennbare Rotationsebene

- Kategorie A - Kugelsternhaufen
- Kategorie B - elliptische Galaxien
 - Typ 1 - elliptische Zwerggalaxien
 - Typ 2 - normale elliptische Galaxien
 - Typ 3 - elliptische Riesengalaxien

Klasse B - irreguläre Galaxien

Generation 1 Beinhaltet Galaxien mit einer erkennbaren Rotationsebene

Klasse A - rotierende Zwerggalaxien

Klasse B - linsenförmige Galaxien

Klasse C - elliptische Galaxien

- Kategorie A elliptische Galaxien
- Kategorie B Ringgalaxien. Elliptische Galaxien nach einer besonders heftigen GE in Folge dessen ausgeschleuderte interstellare Materie einen Ring bildete, indem eine intensive Phase der Sternentstehung abläuft.
 - Typ 1 - Zentraler Bereich unstrukturiert
 - Typ 2 - Zentraler Bereich mit Ansätzen von Bildung einer neuen Rotationsebene

Generation 2 Zwei erkennbare Rotationsebenen

Klasse A - Spiralgalaxien. Kern und Spiralarme rotieren in einer Ebene bzw. Ebenen leicht verschoben max. 10°

- Kategorie A - Kern und Spiralarme rotieren in gleicher Richtung
- Kategorie B - Kern und Spiralarme weisen gegenläufige Rotation auf

Klasse B - Balkengalaxien. Ebene des Kerns und der Spiralarme verschoben zwischen 10° und 80° .

- Kategorie A - Kern und Spiralarme rotieren in gleicher Richtung
- Kategorie B - Kern und Spiralarme weisen gegenläufige Rotation auf
- Kategorie C - Kernbereich in Form eines Balkens geformt (Umstrukturierung des zentralen Kernbereiches noch nicht abgeschlossen)

Klasse C - Polargalaxien. Rotationsebene des Kerns verschoben gegenüber der Rotationsebene der Spiralarme zwischen 80° und 90° .

Klasse D - elliptische Galaxien. Kernbereich der Galaxie weist eine gegenläufige Rotationsrichtung auf.

Generation 3 Drei erkennbare Rotationsebenen

Klasse A - Spiralgalaxien. Kern und Spiralarme rotieren in einer Ebene bzw. Ebenen leicht verschoben max. 10. Die Paarweise auftretenden Spiralarme wurden in Folge zweier separaten GE verursacht.

o

- Kategorie A - Kern und Spiralarme rotieren in gleicher Richtung
- Kategorie B - Kern und Spiralarme weisen unterschiedliche Rotationsrichtungen auf.
 - Typ 1 - Kern und Spiralarme weisen unterschiedliche Rotationsrichtungen auf.
 - Typ 2 - Kern und ein Paar der Spiralarme weisen gleiche Rotationsrichtung auf. Das andere Paar weist gegenläufige Rotation auf.
 - Typ 3 - Kern und ein Paar der Spiralarme weisen gleiche Rotationsrichtung auf. Von dem anderen Paar mit gegenläufige Rotation ist ein Spiralarm deformiert bzw. nicht mehr vertreten.
 - Typ 4 - Kern und ein Spiralarm weisen gleiche Rotationsrichtung auf. Das andere Paar weist gegenläufige Rotation auf.
 - Typ 5 - Die nur einzeln vorhandene Spiralarme weisen gegenläufige Rotation auf.

Klasse B - Balkengalaxien. Ebene des Kerns und der Spiralarme verschoben zwischen 10° und 80° .

- Kategorie A - Kern und 4 Spiralarme, aus zwei unterschiedlichen Vorgängen der GE, rotieren in gleicher Richtung.

- Kategorie B - Kern und Spiralarme weisen gegenläufige Rotation auf

– Typ 1 - Kern und Spiralarme weisen unterschiedliche Rotationsrichtungen auf.

– Typ 2 - Kern und ein Paar der Spiralarme weisen gleiche Rotationsrichtung auf. Das andere Paar weist gegenläufige Rotation auf.

- Kategorie C - Kernbereich in Form eines Balkens geformt (Umstrukturierung des zentralen Kernbereiches noch nicht abgeschlossen)

– Typ 1 - Spiralarme rotieren in gleicher Richtung

– Typ 2 - Spiralarme weisen unterschiedliche Rotationsrichtungen auf.

Klasse C - Polargalaxien. Rotationsebene des Kerns verschoben gegenüber der Rotationsebene der Spiralarme zwischen 80° und 90° .

- Kategorie A - Spiralarme rotieren in gleicher Richtung

- Kategorie B - Spiralarme weisen unterschiedliche Rotationsrichtungen auf

- Kategorie C - Ein Paar der Spiralarme ist in Form eines Ringes ausgebildet.

Klasse D - elliptische Galaxien

- Kategorie A - Kernbereich, mittlerer Bereich und Außenbereich weisen jeweils eine gegenläufige Rotationsrichtung auf.

- Kategorie B - Die Galaxien weisen zwei rotierende Kernbereiche auf.

- Kategorie C - Die Galaxien weisen mehrere rotierende Kernbereiche auf

7 Schlusswort

Diese Klassifizierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ist eher dazu gedacht, eine breite Diskussion über dieses Thema anzufachen. Ich hoffe, die Theorie der gravitativen Entkoppelung kann dazu eine gute Grundlage bieten. Mit ihrer Hilfe lässt sich die Entwicklung von Galaxien konsistent erklären, und sie macht viele bis heute rätselhafte Erscheinungsformen der Galaxien verständlich.

8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit direkt oder indirekt beigetragen haben. Ganz besonders bedanke ich mich bei meiner Frau, nicht nur für die Anteilnahme, Unterstützung und entgegengebrachtes Verständnis während der Entstehung dieser Arbeit sondern auch für geopferte Zeit für das intensive Korrekturlesen, Gestaltung des Aufsatzes und vieles, vieles mehr.

Literatur

- [1] *S. W. Hawking : "Gravitationally collapsed objects of very low mass"* M.N.R.A.S. 152, 75-78, (1971)
- [2] *W. M. Napier, A Statistical Evaluation of Anomalous Redshift Claims, Astrophysics and Space Science* 285, 419-427, (2003)
- [3] *W. M. Napier und G. Burbidge, The detection of periodicity in QSO data sets* Mon. Not. R. Soc., 342, 601-604, (2003)
- [4] http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=959597840&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=959597840.pdf
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>
- [6] <http://hera.ph1.uni-koeln.de/~heintzma/Skripten/1EINF5.pdf>
- [7] <http://hikwww2.fzk.de/avka/pdf-files/34rotver.pdf>
- [8] <http://idefix.physik.uni-freiburg.de/~giulini/papers/PJ-KosmKonst.pdf>
- [9] http://www.carbon14.pl/~gosia/pdf/wlasnosci_cial_stalych_i_cieczy.pdf
- [10] <http://www.cip.physik.tu-muenchen.de/lehrstuehle/T30d/lectures/SEMINARE/02talks/nukleosynthese.pdf>
- [11] <http://www.itp.uni-hannover.de/~flohr/lectures/kolloq.pdf>
- [12] <http://www.mpe.mpg.de/~amueller/>
- [13] http://www.mpe.mpg.de/pke/images/PK-PR_2007_06-Moskau.pdf
- [14] http://www.mpe.mpg.de/~jcg/papers/grb_physbl.pdf
- [15] [http://www.mpi-hd.mpg.de/kellerbauer/en/articles/2007/Kellerbauer_PhysUnsererZeit_38_\(2007\)_168.pdf](http://www.mpi-hd.mpg.de/kellerbauer/en/articles/2007/Kellerbauer_PhysUnsererZeit_38_(2007)_168.pdf)
- [16] http://www.physto.se/~troms/download/diplomarbeit_tb.pdf
- [17] http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Physikalische_Chemie/Krienke/lehre_pdf/smds/smdsk5.pdf