

Spiralgalaxien Fotografie (Fokus auf Andromeda-Galaxie)



Carl-Fuhlrott Gymnasium

Projektarbeit Astronomie 22/23

Ramon Frohschauer und Adrian Schulz

Begleiter: Bernd Koch

Abgabetermin: 10.05.2023

Inhaltsverzeichnis

Spiralgalaxien Fotografie	1
(Fokus auf Andromeda-Galaxie).....	1
Einleitung	3
Einführung.....	3
Allgemeine Einführung in Galaxien.....	4
Definition von Galaxie	4
Spiralgalaxien.....	6
Aufbau von Spiralgalaxien.....	6
Entstehung von Galaxien.....	8
Morphologie der Galaxien.....	9
Milchstraße	12
Historischer Hintergrund.....	12
Aufbau der Milchstraße.....	13
Schwarze Löcher	14
Die Andromeda-Galaxie.....	16
Historischer Hintergrund.....	16
Generelle Informationen.....	17
Position am Himmel.....	18
Helligkeit.....	19
Lokale Gruppe.....	19
Nachbarsgalaxien	20
Versuch.....	21
V15:.....	22
C278/279	23
A 26.....	25
Hubble Chroniken	25
Neue Erkenntnisse.....	27
Sternenwanderung:.....	27
Nebel:	27
James Web Teleskop.....	29
Danksagung	31
Abschlussklärung	31

Einleitung

Die Astronomie hat uns schon immer sehr interessiert, deshalb haben wir auch den Projektkurs Astronomie gewählt. Am Anfang des Projektkurses wurden uns verschiedene sehr interessante Themen vorgestellt, weshalb uns die Wahl auf ein spezifisches Thema sehr schwierig fiel. Während der Entscheidungszeit haben wir uns einige Projektarbeiten angesehen, um ein Thema wählen zu können, welches nicht zu häufig gewählt wurde. Im Endeffekt fiel unsere Wahl dann auf die Galaxien, weil sie sehr faszinierende Strukturen in unserem Universum sind.

Hierbei wollen wir uns auf die Fotografie der Andromeda-Galaxie fokussieren. Dafür haben wir ein eigenes Foto dieser aufgenommen und mit diesem dann gearbeitet. Nach dem Stackingverfahren war es für uns interessant herauszufinden, welche Objekte wir mit unserem Foto erfassen konnten und was besonders an diesen ist, um uns dann mit diesen weiter auseinander setzen zu können. Nach dem Vergleich unseres Bildes mit dem Aladin Programm haben wir uns dann über diese informiert. Ebenfalls wollten wir auch was wissen wie Galaxien überhaupt funktionieren und wie es so um unsere Milchstraße steht. Deshalb haben wir uns auch darüber informiert und werden diese Fragen hier beantworten.

Einführung

Galaxien jeder kennt sie, aber wer versteht sie denn schon so richtig? Die wohl bekannteste Galaxie ist die Milchstraße, in der auch unser Sonnensystem liegt. Aber auch Galaxien wie unsere Nachbargalaxie, die Andromeda-Galaxie, sind noch relativ bekannt, da wir selbst diese noch mit bloßem Auge erkennen können. Allerdings fragt sich kaum einer was dort drüben passiert, vielleicht gibt es dort außerirdisches Leben oder ganz andere Kulturen. Es gibt so viele Möglichkeiten. Aus diesem Grund schauen wir uns diese Galaxien mal genauer an.

Allgemeine Einführung in Galaxien

Galaxien sind eine der faszinierendsten Entdeckungen der modernen Astronomie. Es sind gewaltige Ansammlungen von Sternen, Gas, Staub und Dunkler Materie, die durch die Schwerkraft des Schwarzen Loches zusammengehalten werden. Schätzungsweise gibt es über 200 Milliarden von ihnen im Universum. Das Studium von Galaxien ist wichtig, um das Menschliche Verständnis über das Universum zu erweitern, aber auch um grundlegende Fragen zur Entstehung des Universums zu beantworten.

Die Untersuchung der Galaxien ermöglicht es den Menschen der kosmischen Strukturen zu verstehen. Es gibt verschiedene Arten von Galaxien, darunter Spiralgalaxien, Ellipsengalaxien, Balkenspiralgalaxien und Irregulären Galaxien. Jede Art hat ihre eigenen speziellen Eigenschaften und Entstehungsgeschichte.

Die Erforschung von Galaxien hat uns bereits viele wichtige Erkenntnisse geliefert. Zum Beispiel haben wir durch die Untersuchung von Galaxien die Existenz von dunkler Materie postuliert, welche einen großen Teil der Masse im Universum ausmacht, aber nicht beobachtet werden kann. Außerdem kann die Beobachtung der Galaxien helfen, die Sternentstehung zu verstehen und kann Einblicke in die kosmische Entwicklung. Ein gutes Beispiel der Möglichkeiten durch die Beobachtung der Galaxien entstehen ist an der Andromeda-Galaxie erkennbar durch welche wertvollen Informationen über Struktur, Dynamik, Sternentstehung sowie Wechselwirkungen geliefert hat.

Definition von Galaxie

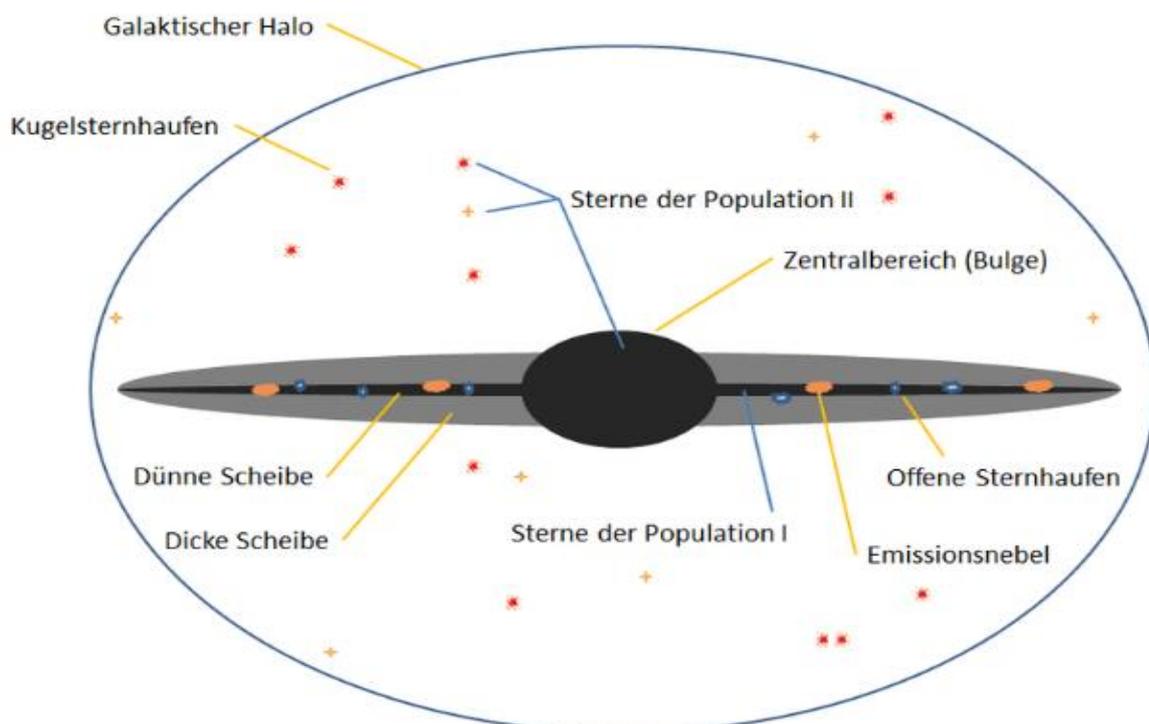
Zu Anfang unsere Projektarbeit wollen wir zunächst erklären, was Galaxien überhaupt sind. Der Name ($\gamma\alpha\lambda\alpha\xi\acute{\iota}\alpha\varsigma$ galaxías) kommt aus dem Altgriechischen und leitet sich aus einer alten Sage ab wonach es sich um die Milch der Göttermutter handelt. Unsere eigene Galaxie (die Milchstraße) wird Galaxis genannt. Sie sind durch Gravitation gebundene Systeme aus stellaren Objekten. Hierzu zählen Sterne, Gaswolken Planetensysteme, Gesteine (Asteroiden) sowie auch dunkle Materie, die alles zusammenhält. Durch die Gravitation ihres Schwarzen Loches in der Mitte der Galaxien werden zusammenhängende Gebilde gebildet. Im Universum gibt es unzählige verschiedene Galaxien in unterschiedlichsten Formen und Größen. Vor allem in ihrer Maße sind sie sehr verschieden. Sie kann zwischen 1 Milliarden und 10 Billionen Sonnenmassen betragen. Genauso formmäßig sind sie sehr verschieden das Spektrum reicht von kleinen Irrgärten bis hin zu riesigen elliptischen Galaxien.

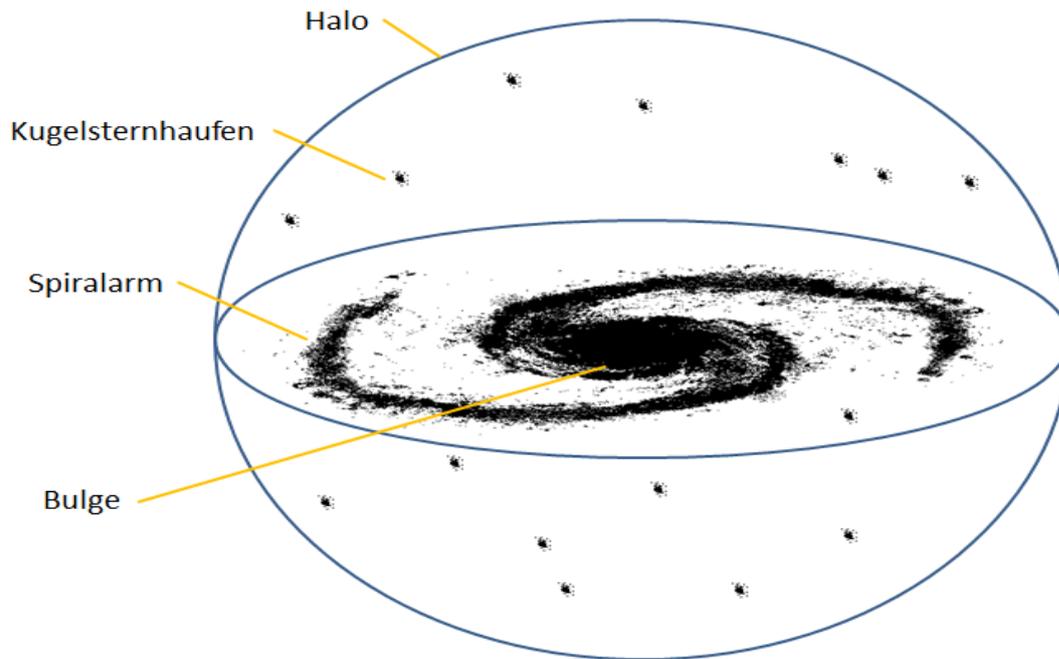
Spiralgalaxien

Spiralgalaxien gehören zu den faszinierendsten und am meisten untersuchten Objekten im Universum. Sie zeichnen sich durch ihr charakteristischen Spiralarme aus, die sich um einen zentralen Kern herumwinden. Sie gehören zu den der grundlegenden Galaxietypen. Sie kommen in verschiedenen Größen und Formen von, von kleinen Zwerg-Spiralgalaxien bis hin zu gigantischen Riesen-Spiralgalaxien, die hunderttausende von Lichtjahren durchmessen. Spiralgalaxien sind nicht nur wegen ihrer spektakulären Erscheinungen von großem Interesse für Astronomen, sondern auch aufgrund ihrer Rolle bei der Entstehung und Entwicklung des Universums. Sie sind Orte, an denen Sterne geboren werden und haben somit einen wichtigen Einfluss auf die Evolution von Galaxien im Allgemeinen. Außerdem sind sie eine gute Quelle zum Verständnis der Entstehung unseres Universums

Aufbau von Spiralgalaxien

Spiralgalaxien haben in ihren Armen die Sternentstehungsgebiete. Diese Arme sind eine dünne Komponente der Spiralgalaxie, hier befindet sich ungefähr 65% der sichtbaren Masse der Galaxien. Definition von Galaxie





Spiralgalaxien haben eine komplexe Struktur, die aus verschiedenen Komponenten besteht. Sie haben eine charakteristische Scheibenstruktur. Ein wichtiger Bestandteil einer Spiralgalaxie ist ein ausgeprägtes Sphäroid, welches auch als Bulge (Deutsch: Ausbuchtung) bezeichnet wird, das sich im Zentrum der Galaxie befindet. Es besteht aus, vielen vor allen Dingen älteren Sternen und kann verschiedene Formen und Größen haben. Die Entstehung der Bulge ist bis heute noch nicht vollständig geklärt. Eine Theorie sagt, dass der Bulge durch die Verschmelzung von kleineren Galaxien mit der Hauptgalaxie entsteht. Durch die Gravitationskräfte werden Sterne aus kleineren Galaxien in die größere Galaxie eingegliedert und bilden somit den Bulge. Eine andere besagt, dass sie durch eine schnelle Sternentstehung in der Frühphase der Galaxienentwicklung gebildet wurde. Der Bulge enthält ungefähr 33% der sichtbaren Materie der Galaxie. Die wichtigste Komponente der Scheibe sind die Spiralarme, die sich von der Galaxie Mitte aus erstreckt. Diese Spiralarme bestehen ebenfalls aus interstellarer Materie und sind die Orte, an denen aktive Sternentstehung stattfindet. Sie sind aufgeteilt in verschiedenen Scheiben, der dünnen und der dicken Scheibe. Die dünne Scheibe enthält die jungen Sterne und macht 65% der sichtbaren Masse einer Galaxie aus. Der zweite Teil der Spiralarme ist die dicke Scheibe, sie besteht aus den Alten Sternen der Galaxie, sie macht nur 5% der sichtbaren Masse der Galaxie aus und aus älteren Sternen besteht. Zudem werden die Spiralarme von der Dichte-Wellen-Theorie als dynamische Strukturen erklärt. Sie entstehen durch die gravitative Wechselwirkung von Sternen und interstellarem Gas in der

Scheibe, die in den Armen konzentriert werden. Dabei entstehen Verdichtungen, die die Spiralarme bilden rund um die Scheibe befindet sich der Halo, der aus älteren Sternen und Dunkler Materie besteht. Einige Galaxien haben auch eine Komponente namens BAR, die sich durch die Mitte der Galaxie erstreckt und ebenfalls zu einem Großteil aus älteren Sternen besteht. Die Bar besteht aus Sternen, Gas und Staub und bildet sich aus einer instabilen Scheibenregion, In den Bars findet man oft starke Sternentstehungsgebiete und Aktivitäten wie zum Beispiel Entstehung von Sternhaufen. Sie hat auch Auswirkungen auf die Bewegung der Sterne und des Gases in der Galaxie, indem sie eine Art starb, bildet, um den sich das Material bewegt. Dies ist jedoch nicht bei allen Galaxien vorhanden. Ebenfalls im Zentrum der Galaxie befindet sich häufig ein supermassereiches Schwarzes Loch, das von einer Akkretions-scheibe aus Gas und Staub umgeben ist. Das schwarze Loch in unserer Milchstraße ist ungefähr vier Millionen Sonnenmassen schwer.

Entstehung von Galaxien

Nachdem sich in den frühen Jahren des Universums Dichteflukationen gebildet hatten, sammelte sich an manchen Stellen Materie an. Durch die Gravitation und den Einfluss von dunkler Materie kollabierten diese und wurden zu dunklen Holos. An denen sammelte sich baryonische, also mit Licht wechselwirkende, Materie und Gas an, welches der Verteilung der dunklen Materie folgte, in die Hallos fiel und sich verdichtete. Dies führte zur Bildung der ersten Sterne und somit auch Galaxien. Diese Theorie ist allerdings noch nicht komplett bestätigt, da neu erzeugte Sterne das Gas beeinflussen und somit die Simulation erschweren. Nach dem hierarchischen Modell der Galaxienentstehung vergrößern sich Galaxien in dem sie mit anderen Galaxien kollidieren und verschmelzen. Nach und nach erreichen Galaxien somit die Größe von zum Beispiel unserer Milchstraße. Auf diese Art und Weise entwickeln sich Galaxien auch weiter. Wenn beispielsweise zwei Spiralgalaxien miteinander verschmelzen kann es sein, dass daraus eine elliptische Galaxie entsteht. Ein weiteres Modell der Galaxienentstehung geht davon aus, dass sich durch Rotation die ersten Gaswolken zu Spiralgalaxien entwickelt haben. Auch in diesem Modell entstanden elliptische Galaxien durch die Kollision von Spiralgalaxien. Allerdings wachsen Spiralgalaxien hiernach dadurch, dass kleinere Galaxien in ihre Scheibe stürzen und sich dort auflösen. Bestätigt ist allerdings auch dieses Modell nicht. Die Frage zur Entstehung und Weiterentwicklung von Galaxien bleibt also weiterhin offen.

Morphologie der Galaxien

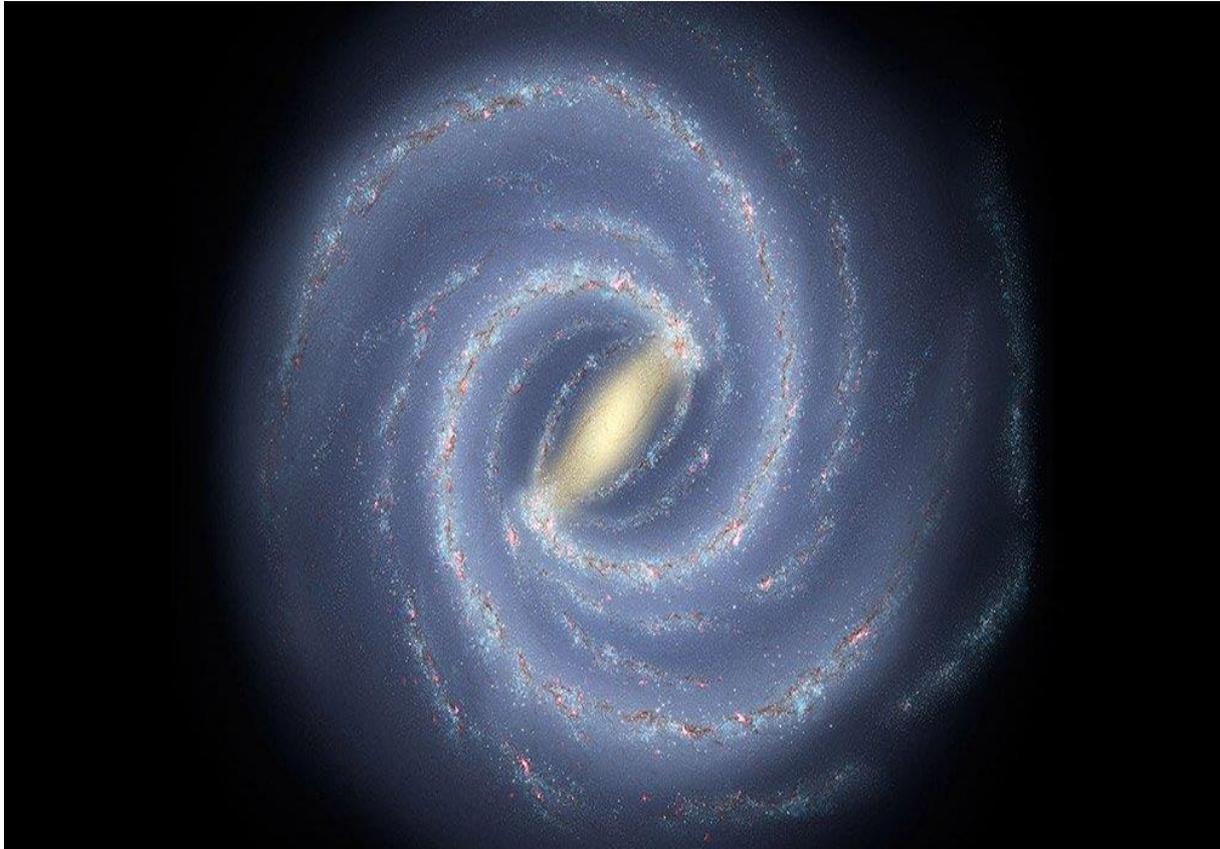
Das Hubble-Schema ist eine Klassifikation von Galaxien, die 1926 vom Astronomen Edwin Hubble entwickelt wurde. Es basiert auf der Beobachtung der Form und Struktur von Galaxien und unterteilt sie in drei Haupttypen: Elliptische Galaxien, Spiralgalaxien und irreguläre Galaxien. Elliptische Galaxien sind im Allgemeinen runde oder elliptische Körper ohne erkennbare Spiralstruktur. Sie haben wenig bis kein interstellares Gas und Staub und enthalten hauptsächlich ältere, gelbe bis rote Sterne. Elliptische Galaxien werden durch eine Zahl klassifiziert, die das Verhältnis der langen und kurzen Achse ihrer scheinbaren elliptischen Form angibt, wobei E0 eine Runde Galaxie und E7 eine stark elliptische Galaxie darstellt. Spiralgalaxien zeigen dagegen eine erkennbare Spiralstruktur, die durch Spiralarme aus jungen, blauen Sternen und interstellarem Gas und Staub gekennzeichnet ist. Die Spiralarme winden sich um einen zentralen Balken oder einen hellen Kern herum. Spiralgalaxien werden durch Buchstaben klassifiziert, die ihre Spiralstruktur angeben, sowie durch eine Zahl, die angibt, wie offen oder eng ihre Spiralarme sind. Zum Beispiel ist eine Galaxie vom Typ Sb eine Spiralgalaxie mit einer ausgeprägten Spiralstruktur und einem relativ engen Spiralarmmuster. Irreguläre Galaxien zeigen keine erkennbare Struktur oder haben eine unregelmäßige Form. Sie enthalten sowohl junge als auch alte Sterne sowie interstellares Gas und Staub. Diese Galaxien werden durch den Buchstaben "I" und eine Zahl klassifiziert, die ihre Unregelmäßigkeit und Größe angibt. Das Hubble-Schema wurde im Laufe der Jahre verfeinert und erweitert, aber es bleibt eine wichtige Grundlage für die Klassifikation und Untersuchung von Galaxien. Es ermöglicht es Astronomen, Galaxien anhand ihrer morphologischen Eigenschaften zu kategorisieren und zu vergleichen, um ein besseres Verständnis ihrer Entstehung und Entwicklung zu erlangen. Innerhalb der Kategorien Von Sa nach Sd wächst der Gasgehalt in der Galaxie. Damit wächst auch die Anzahl junger Sterne und die Sternentstehungsrate. Außerdem wächst das Verhältnis von Scheibe zu Zentralkörper und der Öffnungswinkel der Spiralarme nimmt zu, von etwa 6° bei Sa-Galaxien auf ca. 18° bei Sc-Galaxien.

Hier ist eine Tabelle, um die Unterschiede zwischen verschiedenen Galaxien zu verstehen

Bezeichnung	Beschreibung	Masse	Beispiel
Sa	Zusammenhängende und engliegende Arme, Großer Bulge	0,2 bis $6 \cdot 10^{12} M_{\odot}$	
Sb	Leichtgeöffnete Arme, mittelgroßer Bulge	0,2 bis $5 \cdot 10^{12} M_{\odot}$	
Sc	Schwach ausgeprägter Bulge, weit geöffnete und zerrissene Arme	0,2 bis $4 \cdot 10^{12} M_{\odot}$	
Sd	Spiralstruktur löst sich auf, Übergangstyp zur regulären Galaxie	$1 \cdot 10^{10} M_{\odot}$	

Milchstraße

Historischer Hintergrund

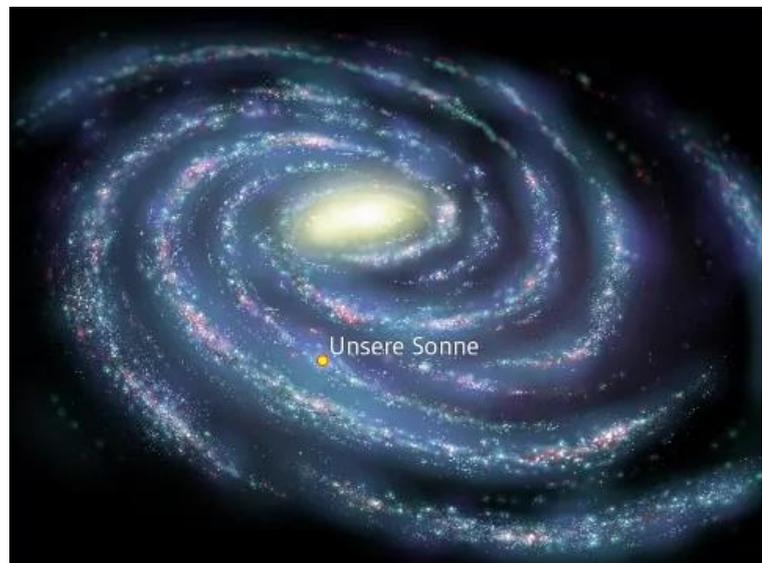


Die Milchstraße ist die Galaxie, in der sich unser Sonnensystem befindet, also unsere Heimatgalaxie. Sie ist Teil der lokalen Gruppe, zu welcher auch die Andromeda-Galaxie und mehrere Zwerggalaxien gehören. Durch sie haben Forscher erst angefangen das Wesen von Galaxien, dunkler Materie, und das Universum im Allgemeinen zu untersuchen und zu verstehen. Zudem ist sie der Ursprung der Hubble-Konstante und der Entdeckung von Pulsaren. Durch den Fortschritt der Teleskop- und Beobachtungstechnologie bekommen wir ein immer klareres Bild unserer Galaxie und somit auch ein klareres Verständnis von dieser und anderen Himmelskörper. Zurzeit, als die Menschen noch gar nicht wussten, dass es so etwas wie Galaxien überhaupt gibt, wunderten sie sich über dieses milchige Band, welches sich über den gesamten Himmel erstreckt und aus vielen verschiedenen Sternen besteht. Von diesem hat die Milchstraße auch ihren Namen bekommen. Es war Galileo Galilei, welcher es im Jahre 1609 als Milchstraße identifizierte und feststellte, dass diese aus unzähligen Sternen bestand. Es dauerte allerdings weitere 150 Jahre, bis ein Wissenschaftler namens Thomas Wright of Durham Galileis Gedankengang fortführte. Er glaubte Sterne seien in einer flachen, Schleifstein

ähnlichen Region angeordnet. Doch auch er konnte diese Theorie nicht beweisen, Erst im 20. Jahrhundert gelang es Astronomen ihre Form und wahre Natur zu entschlüsseln.

Aufbau der Milchstraße

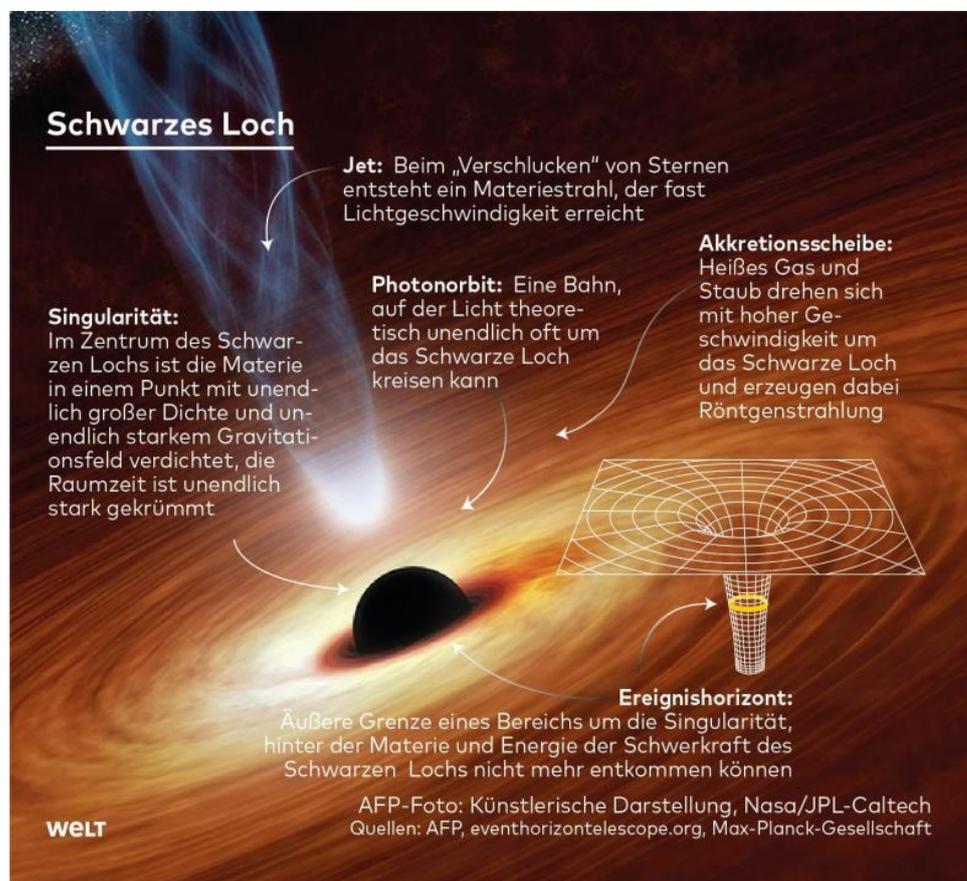
Die Milchstraße hat eine Barförmige Struktur, welche aus Spiralarmen und einer zentralen Bar besteht. Insgesamt gibt es vier Spiralarme. Der Durchmesser der Milchstraße beträgt ca. 105.700 Lichtjahre, weshalb der Radius 52.850 Lichtjahre beträgt und die Milchstraße somit eine der größeren Galaxien als der Durchschnitt ist. Sie hat eine Masse von ungefähr 1.500.000.000.000. Vor 13.610.000.000 Jahren ist die Milchstraße kurz nach Entstehung des Universums entstanden, welches fast 14 Milliarden Jahre alt ist. Die Fluchtgeschwindigkeit innerhalb der Milchstraße beträgt mindestens 550km/s. Das heißt ein Körper muss sich mit 550km/s bewegen, um der Anziehungskraft der Milchstraße zu entkommen. Die absolute Helligkeit der Galaxie beträgt -21, was sie zu einer der hellsten Himmelskörper am Nachthimmel macht. In der Milchstraße ist der Bulge als ellipsenförmige Verdickung in der Mitte der Galaxie zu erkennen. Sie hat eine Masse von 10.000.000.000 Sonnenmassen. Sie besteht hauptsächlich aus älteren Sternen und nur wenig jüngeren Sternen. Die Sternendichte nimmt in Richtung des Zentrums zu.



Innerhalb der Milchstraße befinden sich schätzungsweise zwischen 100 und 400 Milliarden Sterne. Unsere eigene Sonne und somit auch unser Sonnensystem befindet sich ungefähr 25.000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt und liegt somit am Rande eines Spiralarms. Es bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 220 km/s um das Zentrum der Galaxie herum. Um einmal das Zentrum der Milchstraße zu umlaufen braucht unser Sonnensystem ungefähr 240.000.000 Jahre. Von uns aus gesehen befindet sich das Zentrum der Milchstraße im Sternbild des Schützen und ist hinter dunklen Gaswolken verborgen. Dort befindet sich ein Supermassereiches schwarzes Loch, welches schätzungsweise eine Masse von 4.500.000 Sonnenmassen hat.

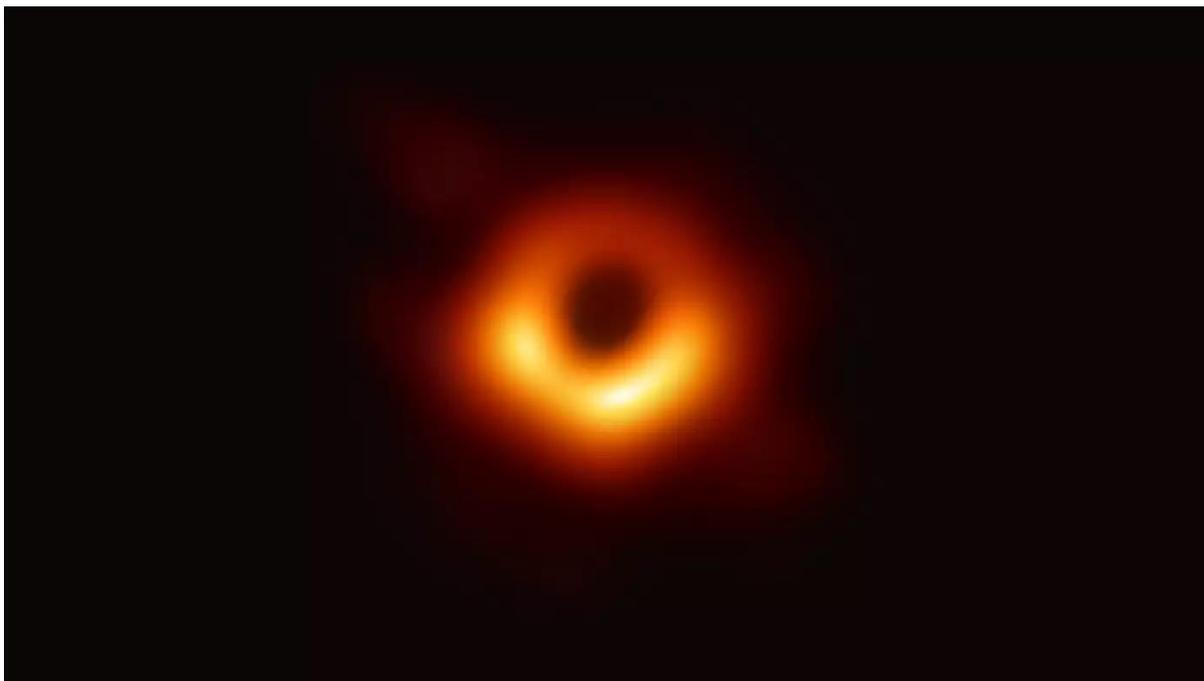
Schwarze Löcher

In der Mitte der meisten Galaxie befindet sich ein schwarzes Loch. Dies sind so ziemlich die mysteriösesten Gebilde im Universum. Die Masse von schwarzen Löchern ist auf ein kleines Volumen konzentriert. 1783 gab John Michell den ersten Hinweis auf die Existenz von schwarzen Löchern, allerdings wurde die Existenz dieser erst 1971 bestätigt. Es gibt zwei Arten und Weisen schwarze Löcher nachzuweisen. Einerseits kann das schwarze Loch Teil eines Doppelsternensystems sein, wobei die Umlaufbahn des Begleitsterns berechnet werden kann. Andererseits können sie durch von der einfallenden Materie ausgehende Röntgenstrahlung nachgewiesen werden. Das im Jahre 1971 nachgewiesene schwarze Loch war Teil von dem Doppelsternensystem Cygnus X-1, welches im Sternbild Schwan liegt. Sein Begleiter ist ein blauer Riese. Somit konnte ausgerechnet werden, dass dieses schwarze Loch acht bis zehn Sonnenmassen, einen Durchmesser von 50 bis 60 km und zu uns eine Entfernung von 2,4 Millionen Lichtjahren hat. Das es so lange gebraucht hat die Existenz von schwarzen Löchern zu bestätigen liegt daran, dass sie sich fast gar nicht beobachten lassen, da sie jegliches Licht in der Umgebung aufsaugen. Außerdem sind sie häufig von Gaswolken verdeckt. Aktive schwarze Löcher saugen jegliche Materie aus ihrer Umgebung auf und werden somit noch schwerer. Zudem biegt es den Raum und die Zeit mit seiner hohen Gravitation. Dies geht alles von der Singularität aus. Somit hält es eine Galaxie zusammen und lässt es sowohl Staub und Gas als auch andere Materie in einer scheibenförmigen Ansammlung umkreisen. Diese nennt man die Akkretionsscheibe. Außerhalb

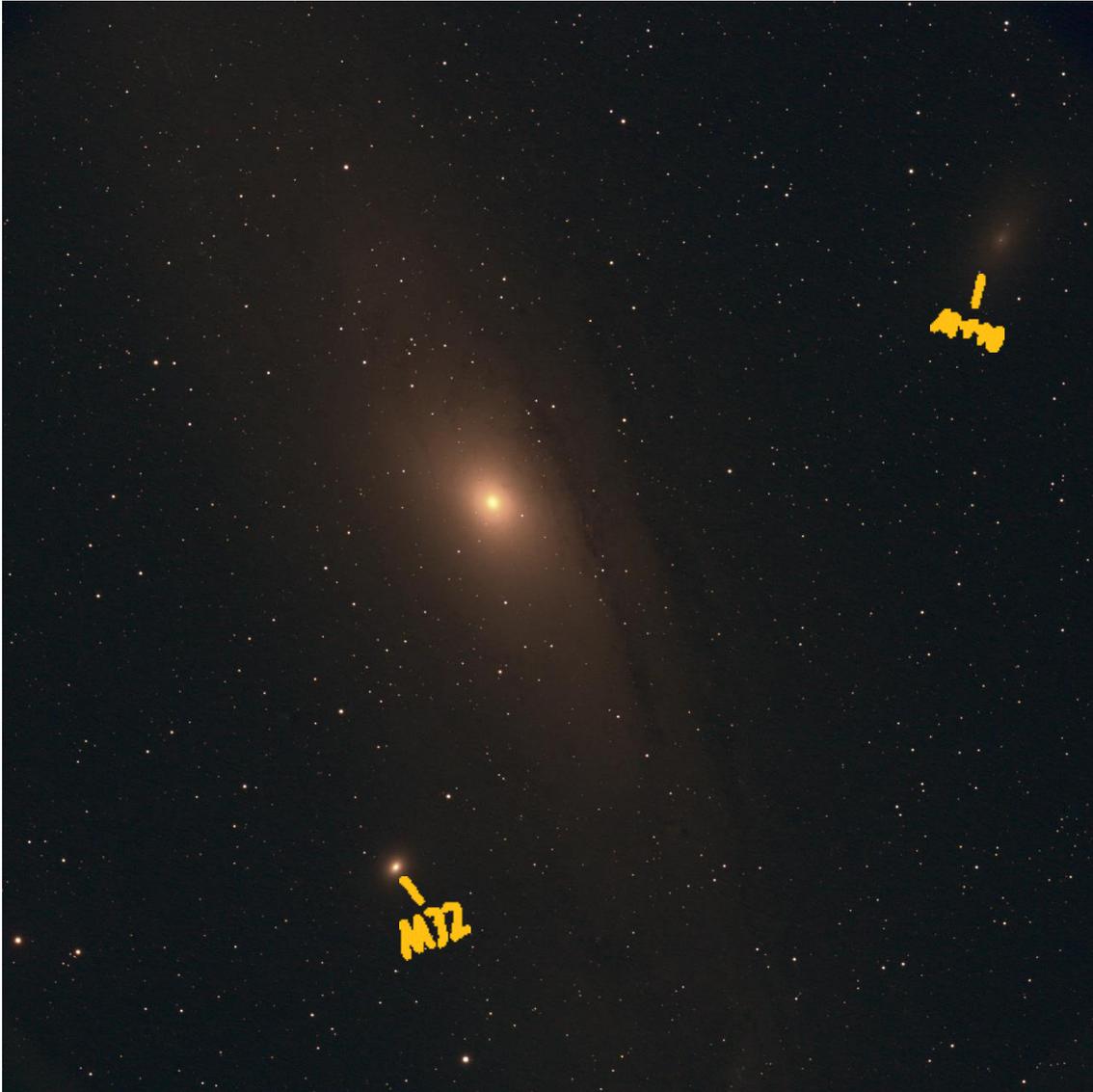


der Singularität befindet sich der Ereignishorizont. Er markiert die Grenze von dem aus nichts mehr dem schwarzen Loch entkommen kann. Im Gegensatz zum Großteil des schwarzen Lochs lässt sich der Ereignishorizont mit Teleskopen beobachten und spielt somit einen großen Faktor in unserem Verständnis für diese Objekte. Ein schwarzes Loch hat keine Oberfläche wie Planeten oder Sterne es haben, sondern ist ein Gebiet, in dem Materie in sich selbst zusammengefallen ist. Um die Mitte des schwarzen Lochs herum ist der Phantomorbit, auf welchem Licht unendlich unendlich lange um den Kern kreisen kann, da es ihm wegen der zu hohen Gravitation nicht entkommen kann. Es gibt verschiedene Arten von schwarzen Löchern. Stellare schwarze Löcher entstehen nach dem Tod eines massiven Sternes. Während die Hülle in einer Supernova explodiert, fällt der Kern durch seinen Schweredruck zu einem sehr kompakten Körper zusammen. Supermassereiche Schwarze Löcher haben eine millionen- bis gar milliardenfache Masse unserer Sonne. Das schwarze Loch in der Mitte der Milchstraße gehört zu dieser Art von schwarzen Löchern. Die Masse von diesen schwarzen Löchern lässt sich durch die Bewegung der Sterne in dessen Nähe genauer ermitteln. Schwarze Löcher mittlerer Masse liegen bezüglich ihrer Masse zwischen Stellaren- und Supermassereichen schwarzen Löchern. Sie haben also eine Sonnenmasse von mehreren Hundert bis Tausend. Bei der Verschmelzung von Sternen in beispielsweise dichten Sternenhaufen können diese Art von schwarzen Löchern entstehen. Was mit den Sachen passiert, die in ein schwarzes Loch eingesaugt wurden, ist nicht sicher. Man weiß nur, dass es dort garantiert, nicht mehr herauskommt.

Hier ein echtes Bild von einem schwarzen Loch:



Die Andromeda-Galaxie



Historischer Hintergrund

Die Andromeda-Galaxie gehört genauso wie unsere Galaxie, der Milchstraße, zu den Spiralgalaxien. Sie hat ihren Namen von dem Sternbild des Andromeda, in dem sie sich befindet. Sie faszinierte Wissenschaftler schon sehr lange und wurde deshalb auch seit jeher untersucht

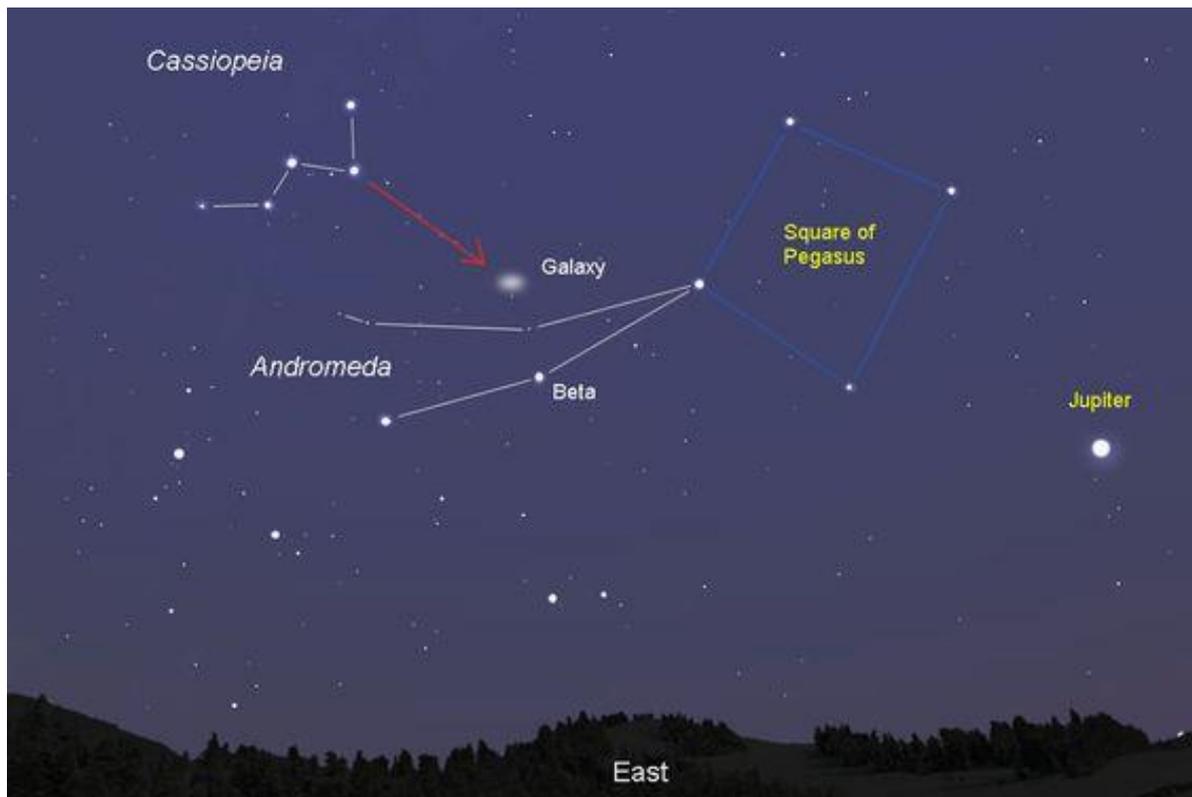
und wird auch seit langem bekannt sein. Der erste der sie beschrieb war der persische Astronom Al-Sufi dieser beschrieb sie schon im Jahre 905. Seine Entdeckung fiel jedoch leider in Vergessenheit, weshalb die Entdeckung Simon Marius zugeschrieben wurde, dieser hatte sie 1612 durch sein Teleskop betrachten können, also schon über 700 Jahre später. 1888 wurde sie dann erstmals im Katalog von J.L.E Dreyer unter NGC 224 aufgeführt. 3 Jahre zuvor wurde innerhalb der Galaxie eine minimal mit dem Auge sichtbare Supernova S Supernovae von Ernst Hartwig beobachtet, dieser untersuchte dieses Phänomen jedoch nicht weiter. 1912 wurde von Vesto Slipher anhand von Blauverschiebungen der Spektrallinien das diese sich mit 266km/s bewegt /später auf 266km/s korrigiert). 1917 wurden die ersten Sterne in der Galaxie identifiziert. Durch die Untersuchung der Andromeda-Galaxie konnten Astronomen wichtige Einsichten in die Struktur und Evolution von Spiralgalaxien gewinnen. Die Beobachtung und Analysen dieser Galaxie haben ein besseres Verständnis dafür geliefert, wie Galaxien sich im Laufe der Zeit entwickeln und wie sie von den Prozessen innerhalb und zwischen Galaxien beeinflusst werden. Persische Astronomen entdeckten sie erstmal im 11. Jahrhundert und bezeichneten sie damals als „Kleine Wolke“. Als Galaxie identifiziert hat sie erst Edwin Hubble am 7.12.1923. Sie fiel durch ungewöhnliche Eigenschaften wie andere Bewegung, Form und Drehung im Vergleich zu anderen Himmelskörpern auf. An diesem Tag suchte Hubble nach verschiedenen Nova-Sternen im Sternbild Andromeda. Das sind Sterne, welche plötzlich viel heller leuchten als zuvor. Am nächsten Tag vermerkte er drei verschiedene beobachtete Objekte als Nova-Sterne. Ihm fiel allerdings kurze Zeit später auf, dass sich die Helligkeit von einem dieser Objekte periodisch verändert und alle 31 Tage sein Maximum erreicht. Es stellte Scheich heraus, dass dies ein veränderlicher Stern vom Typ Cepheiden war. Ungefähr zehn Jahre zuvor bewies Henrietta Leavitt, dass sich mit Hilfe dieser Sterne Entfernungen im Weltall bestimmen lassen. Mit Hilfe von diesem Stern berechnete Hubbel die Entfernung von dem Andromeda-Nebel auf fast eine Millionen Lichtjahre, was zwar recht weit daneben war, aber trotzdem als Beweis reichte, dass es sich um eine andere Galaxie handeln muss. Durch die an diesem Tage entstandenen Erkenntnisse waren sich die Astronomen sicher, dass außerhalb der Milchstraße noch weitere Sternensysteme existieren. Dies bestätigte nun so auch die vorher entstandene Theorie von mehr als einer Galaxie in unserem Universum, welche entstand als Hubble in der Lage war ein Bild der „Kleinen Wolke“ am Mount Wilson Observatorium so weit zu vergrößern, das man Sterne erkennen konnte.

Generelle Informationen

Die Andromeda-Galaxie, wissenschaftlich M31 genannt, ist die Galaxie, welche unserer Milchstraße am nächsten ist. Obwohl sie unsere Nachbargalaxie ist, ist sie immer noch 2.537.000 Lichtjahre von uns entfernt und bewegt sich mit 260km/s auf uns zu, was bedeutet, dass in ungefähr 4 Mrd. Jahre mit der Milchstraße kollidieren wird. Sie ist das am weitesten entfernte Himmelsobjekt, welches immer noch mit bloßem Auge erkennbar ist. Ihr Name leitet sich von dem Sternbild ab, in dem sie liegt, denn dies ist das Sternbild Andromeda. Der Durchmesser der Andromeda Galaxie beträgt ca. 200.000 Lichtjahre, was sie zu einer der größten bekannten Galaxien macht und ungefähr doppelt so groß wie die Milchstraße ist. Ihre Arme strecken sich bis zu einer Distanz von bis zu 80.000 Lichtjahren. Die Galaxie besitzt eine hohe Sterndichte mit ungefähr 1 Billionen Sternen und ist reich an Gas und Staub, was sie zu einer aktiven Geburtsstätte für Sterne macht. Zudem sind in der Galaxie über 200 und Kugelsternhaufen zu finden, schätzungsweise sogar 500. Wie die meisten anderen Galaxie hat auch die Andromeda Galaxie in ihrer Mitte ein riesiges schwarzes Loch. Die Masse dessen wird auf ungefähr 100 Millionen Sonnenmassen geschätzt. Es gibt zwei Galaxien, welche direkt neben der Andromeda Galaxie sind. Diese Galaxien sind M110 und M32.

Position am Himmel

Sie befindet sich im Sternbild Andromeda und ist mit bloßem Auge als kleiner nebliger Fleck zu erkennen. Die genaue Position der Andromeda-Galaxie variiert je nach Jahreszeit und Zeitpunkt der Nacht, in der man sie betrachtet. Um die Andromeda-Galaxie zu finden kann man sich am besten am Sternbild Cassiopeia orientieren.



Cassiopeia ist ein charakteristisches W-förmiges Sternbild, das leicht zu erkennen ist. Wenn man von Cassiopeia aus in Richtung Osten schaut, findet man die Andromeda-Galaxie etwa eine Handbreit über dem Horizont.

Helligkeit

Die Visuelle Helligkeit der Andromeda-Galaxie liegt bei 3.5 Magnituden, während die scheinbare Helligkeit bei 4.3 Magnituden liegt. Das heißt, dass es so scheint, als ob die Andromeda Galaxie erheblich dunkler ist als sie tatsächlich ist. Die Flächenhelligkeit beträgt hingegen ungefähr 13,5 Magnituden. Was sie zu einer der hellsten Galaxien am Himmel macht. Im Spektrum ist die Andromeda-Galaxie blau verschoben, weil sie sich auf uns zu bewegt. Würde sie sich von uns wegbewegen, würde sie rot verschoben sein.

Lokale Gruppe

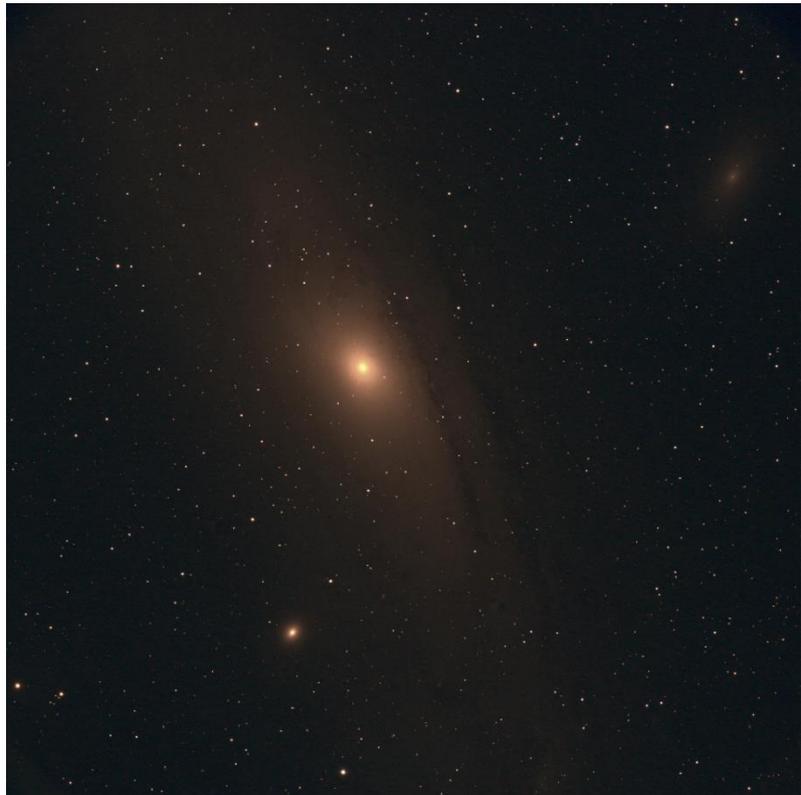
Unsere Milchstraße befindet sich in einer lokalen Gruppe von Galaxien, die auch als der Lokale Group bekannt ist. Diese Gruppe besteht aus etwa 54 Galaxien, die in einem Abstand von etwa 10 Millionen Lichtjahren voneinander entfernt sind. Die beiden größten Mitglieder dieser Gruppe sind die Milchstraße und die Andromeda-Galaxie. Die Milchstraße ist unsere

Heimatgalaxie und besteht aus etwa 100 Milliarden Sternen. In der Mitte der Milchstraße befindet sich ein supermassives schwarzes Loch, das eine Masse von etwa 4 Millionen Sonnenmassen hat. Die Milchstraße hat auch viele andere bemerkenswerte Objekte, wie zum Beispiel Sternhaufen, Nebel und Planetensysteme. Eines der bemerkenswertesten Planetensysteme ist natürlich unser eigenes, das Sonnensystem. Das Sonnensystem besteht aus der Sonne und den Objekten, die sich um sie herumbewegen. Die inneren Planeten, einschließlich Merkur, Venus, Erde und Mars, sind felsige Welten, während die äußeren Planeten, einschließlich Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, gasförmige Riesen sind. Es gibt auch eine Reihe von Zwergplaneten und anderen Objekten, die das Sonnensystem bevölkern, wie zum Beispiel die Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter und der Kuipergürtel jenseits der Umlaufbahn von Neptun. Ein weiteres bemerkenswertes Objekt in der Lokalen Gruppe ist die Andromeda-Galaxie, die unsere Nachbargalaxie ist. Die Andromeda-Galaxie ist etwa 2,5 Millionen Lichtjahre von uns entfernt und hat eine Masse von etwa einer Billion Sonnenmassen. Wie die Milchstraße hat auch die Andromeda-Galaxie eine Vielzahl von Sternhaufen, Nebeln und anderen interessanten Objekten. Neben der Milchstraße und der Andromeda-Galaxie gibt es in der Lokalen Gruppe viele weitere Galaxien von unterschiedlicher Größe und Form. Einige dieser Galaxien sind winzige Zwerggalaxien, die nur wenige Millionen Sterne enthalten, während andere wie die Dreiecks-Galaxie fast so groß wie die Milchstraße sind. Es gibt auch unregelmäßige Galaxien, die keine bestimmte Form haben, sondern eher chaotisch und wirr aussehen. In der Lokalen Gruppe gibt es auch viele Objekte, die als Neutronensterne und Pulsare bekannt sind. Neutronensterne sind Überreste von massereichen Sternen, die nach einer Supernova-Explosion übrigbleiben. Sie haben eine unglaubliche Dichte und können die Masse der Sonne in einem Radius von nur wenigen Kilometern enthalten. Pulsare sind Neutronensterne, die Strahlen von elektromagnetischer Strahlung aussenden, die in regelmäßigen Abständen pulsiert. Diese Strahlung kann von Wissenschaftlern genutzt werden, um das Universum zu erforschen und wichtige Erkenntnisse über die Natur der Physik zu gewinnen. Die Lokale Gruppe ist auch reich an interstellarem Gas und Staub, die die Grundbausteine der Entstehung von Sternen.

Nachbarsgalaxien

Hier markiert sieht man die beiden Nachbarsgalaxien der Andromeda-Galaxie. Diese beiden Zwerggalaxien namens M32 und M110 befinden sich in unmittelbarer Umgebung der Andromeda-Galaxie. M32 ist eine elliptische Galaxie, welche etwa 2,5 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Sie hat einen Durchmesser von etwa 6.500 Lichtjahren und enthält etwa 10 Milliarden Sterne. Im Vergleich hierzu hat M110 nur 60 Millionen Sterne aber einen Durchmesser von 16.000 Lichtjahren. Somit ist die 2,7 Millionen Lichtjahre entfernte M110 etwa doppelt so groß. Jedoch hat M32 eine viel höher Sternendichte als M110. Auch die Oberflächenhelligkeit ist bei M32 höher als bei M110. Die Sterne in M110 sind allerdings erheblich älter und haben eine höher Metallizität als die Sterne in M32. M110 enthält ebenfalls mehr interstellares Gas als M32. In der Masse unterscheiden sich die beiden dementsprechend auch. M32 hat eine Masse von etwa 3 Milliarden Sonnenmassen, während M110 sogar eine Masse von 10 Milliarden Sonnenmassen hat. Zudem unterscheiden sich die beiden in ihrer Entstehungsgeschichte sehr und dass, obwohl sie beide Nachbarsgalaxien derselben Galaxie sind. Bei M32 wird vermutet das sie ein Überrest einer Spiralgalaxie ist, welche von der Andromeda-Galaxie verschluckt wurde. Im Gegensatz hierzu ist M110 vermutlich eine unabhängige Zwerggalaxie, die von der Andromeda-Galaxie eingefangen wurde. Diese Vermutung wird durch die Position und Geschwindigkeit von M110 bestärkt. Ein weiterer Unterschied zwischen M32 und M110 ist ihre Zusammensetzung. M32 hat ein massives zentrales schwarzes Loch mit einer Masse von etwa 2.5 Millionen Sonnenmassen, dass sich im Verhältnis im Verhältnis zu ihrer Größe in der Mitte der Galaxie befindet. Im Gegensatz dazu hat M110 kein massives zentrales schwarzes Loch und ist insgesamt weniger massereich als M32.

her als bei M110. Die Sterne in M110 sind allerdings erheblich älter und haben eine höher Metallizität als die Sterne in M32. M110 enthält ebenfalls mehr interstellares Gas als M32. In der Masse unterscheiden sich die beiden dementsprechend auch. M32 hat eine Masse von etwa 3 Milliarden Sonnenmassen, während M110 sogar eine Masse von 10 Milliarden Sonnenmassen hat. Zudem unter-



scheiden sich die beiden in ihrer Entstehungsgeschichte sehr und dass, obwohl sie beide Nachbarsgalaxien derselben Galaxie sind. Bei M32 wird vermutet das sie ein Überrest einer Spiralgalaxie ist, welche von der Andromeda-Galaxie verschluckt wurde. Im Gegensatz hierzu ist M110 vermutlich eine unabhängige Zwerggalaxie, die von der Andromeda-Galaxie eingefangen wurde. Diese Vermutung wird durch die Position und Geschwindigkeit von M110 bestärkt. Ein weiterer Unterschied zwischen M32 und M110 ist ihre Zusammensetzung. M32 hat ein massives zentrales schwarzes Loch mit einer Masse von etwa 2.5 Millionen Sonnenmassen, dass sich im Verhältnis im Verhältnis zu ihrer Größe in der Mitte der Galaxie befindet. Im Gegensatz dazu hat M110 kein massives zentrales schwarzes Loch und ist insgesamt weniger massereich als M32.

Versuch

Mit dem Ziel die Andromeda-Galaxie zu beobachten, hatten wir an einer leicht wolkgigen Nacht das C11 Teleskop aufgebaut um möglichst Detaillierte Bilder zu bekommen, mit 30 Sekunden Belichtungszeit haben wir 60 Bilder aufgenom-



men, die Qualität der Bilder wurde durch immer wieder durchziehende Wolken ein wenig beeinträchtigt, jedoch war es uns möglich einige gute Bilder aufzunehmen mit denen wir dann



weiter arbeiten konnten, aufgrund der Wolken mussten wir leider einige Bilder aussortieren und uns blieben rund 40 Bilder zum Weiterarbeiten, mithilfe dieser und ebenfalls erzeugten Flatfields die wir aufgenommen hatten um Fehler in den Bildern rauszufiltern, haben wir mithilfe des Stackingverfahrens ein Bild erstellt, wessen Qualität sich sehr gut se-

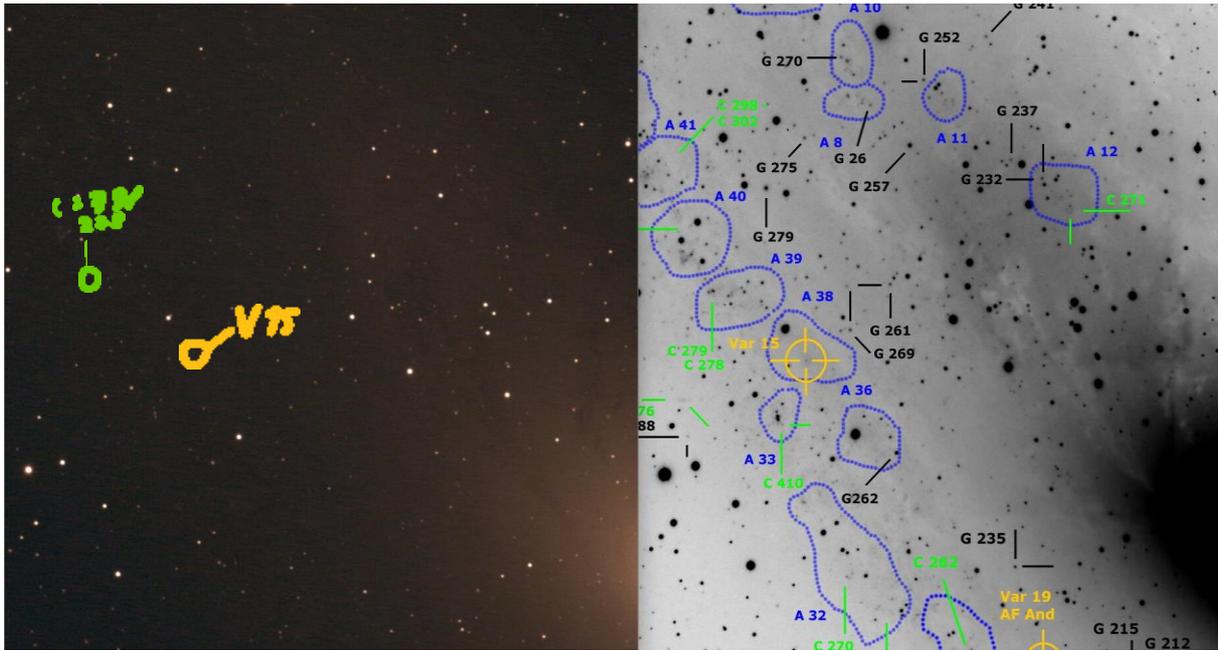
hen lassen kann. Zunächst öffnen wir das von uns gestackte Bild der Andromeda-Galaxie und das Referenzbild aus dem Projekt der Universität Hannover. Wir vergleichen die beiden Bilder, um Übereinstimmungen von Objekten zu finden, die in beiden Bildern sichtbar sind. Zuvor haben wir unser Bild mit Photoshop allerdings noch so gedreht, dass beide die beide Ausrichtung haben. Wir merken uns die Positionen dieser Objekte in beiden Bildern, um sie später in





Aladin zu lokalisieren. Dann lokalisieren wir die Objekte in Aladin und suche mithilfe der Simbad-Datenbank in Aladin, Informationen über die identifizierten Objekte. Die Verwendung von Referenzbildern aus Projekten wie dem der Universität Hannover ermöglicht es uns, Objekte in unse-

rem Bild besser zu identifizieren und auf unserem Bild zu lokalisieren. Wir können beispielsweise feststellen, dass eine bestimmte Region in unserem Bild eine Ansammlung von Sternhaufen ist, die bereits in dem Referenzbild identifiziert wurden. Durch den Vergleich mit Referenzbildern und die Verwendung von Aladin und der Simbad-Datenbank können wir auch bereits bekannte wissenschaftliche Erkenntnisse über die von uns identifizierten Objekte gewinnen. Wir können beispielsweise herausfinden, dass es in der von uns betrachteten Region der Galaxie mehrere Gasnebel oder Supernovae gibt, die bereits in früheren Studien identifiziert wurden.



V15

Dies ist ein massiv großer Stern, welcher nicht in unserer Milchstraße liegt. Fast alle anderen Objekte, welche man auf diesen Bildern sieht, befinden sich nämlich noch in unserer Milchstraße und liegen nur im Weg von unserem Blick in Richtung Andromeda-Galaxie. Sterne, welche so groß sind, sind ziemlich selten und haben nur eine recht geringe Lebensdauer. Ihre starken Sonnenwinde und die Supernova an ihrem Ende beeinflussen ihr chemisches Umfeld sehr stark. So weit entfernte Sterne wie dieser sind überhaupt erst durch Spektroskopie zu erkennen. Im Jahre 2006 wurde von der LGGs, was für „The Local Group Galaxy Survey“ steht, der erste Katalog veröffentlicht, in welchem der von uns markierte Stern verzeichnet war. Aus diesem Katalog haben insgesamt 1050 Sterne eine spektrale Klassifikation, welche größer als 0 ist. (0 bedeutet hierbei, dass dieser Stern ein Vordergrund Stern der Milchstraße wäre. 1 heißt, dass der Stern nachgewiesen ein Teil der Andromeda-Galaxie ist. 2 bedeutet, dass das Objekt wahrscheinlich ein Teil der Andromeda-Galaxie ist, während 3 indiziert, dass man nicht weiss, wozu das Objekt gehört.) 70% dieser Sterne hatten eine Klassifikation von 1. Der Großteil der restlichen 30% haben die Klassifikation 3, weshalb sie wahrscheinlich extragalaktisch sind und somit frei im Weltraum umherwandern. Da die Vordergrund Kontamination bei den Messungen sehr gering war sind diese Messungen ziemlich genau. Die iPFT-Studie zeigt tägliche Probeaufnahmen der Andromeda-Galaxie seit 2017. 2022 wurden die 1050 Sterne mit den Probeaufnahmen dieser Galaxie verglichen und es stellte sich heraus, dass sich 1015 dieser Sterne in diesen Aufnahmen wiederfinden lassen. Als nächstes wurden

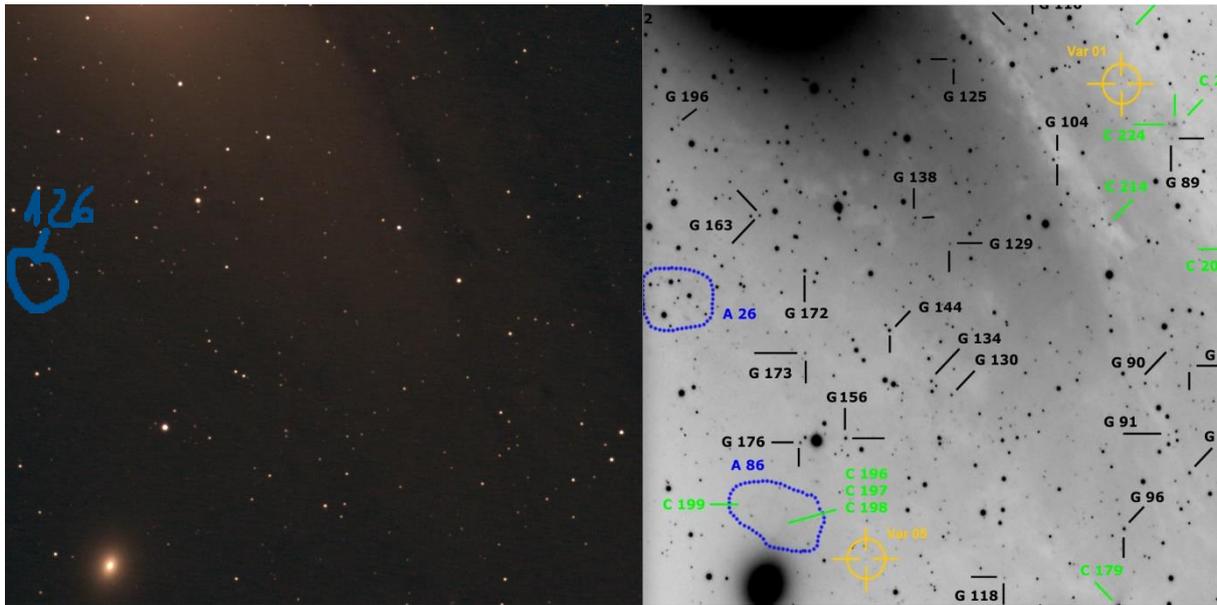
die Lichtkurven dieser Sterne via Zwangsphotometrie nachkonstruiert. Daraus wurde allerdings klar, dass es für die Lichtkurven 63 dieser Sterne kein Gegenstück in der iPFT-Studie gibt. Die Magnituden für fast die Hälfte der 63 Sterne bewegen sich im Bereich von 18-20, während die der restlichen Sterne bei über 20 liegen, was die typische Tiefe der iPFT-Studie ist. Es ist wahrscheinlich eine Mischung aus bei den Messungen verloren gegangenen Magnituden und falsch positionierten Objekten im Katalog, welche das Finden eines Gegenstücks verhinderten. Dass der von uns herausgesuchte Stern also ein Teil der Andromeda-Galaxie ist, ist also recht wahrscheinlich, allerdings auch nicht komplett sicher. Es besteht immer noch die 30-prozentige Wahrscheinlichkeit, dass er sich keiner Galaxie zuordnen lässt und somit extragalaktisch ist oder er zu den 63 sich nicht zuordnenden lassenden Sternen gehört und deshalb noch weiter ein kleines Mysterium bleibt. Da nicht erwähnt wird wozu genau der von uns markierte Stern gehört, lässt sich darüber nur spekulieren. Insgesamt spricht jedoch das meiste dafür dafür, dass er Teil der Andromeda-Galaxie oder ihr zumindest sehr nahe ist.

C278

Das ist ein riesen großes Sternen Kluster, also einem Bereich, welchem viele verschiedene Sterne ungewöhnlich nahe beieinander liegen. In unserem Blick auf die Andromeda-Galaxie liegen mindestens 700 schon bestätigte Sternen Kluster. Unter den Sternen in dem herausgesuchten Kluster befinden sich welche, deren Temperatur ansteigt. Wenn ein Stern das Ende seiner Lebenszeit erreicht, breitet sich dieser immer weiter aus. Falls es ein eher kleiner Stern ist, schrumpft dieser danach wieder zusammen und wird zu einem „weißem Zwerg“, einer hellen Kugel, welche sehr viel kleiner als die ursprüngliche Sonne ist und auch viel kälter ist und somit auch weniger Licht ab gibt. Dies wird auch in c.a. 7,5 Milliarden Jahren mit unserer Sonne geschehen. Wenn der Stern allerdings zuvor schon groß genug war, breitet er sich so weit aus bis er zu einem „rotem Riesen“ wird. In diesem Zustand ist ein Stern für ungefähr 600 Millionen Jahre. Danach werden diese Sterne allerdings nicht auch zu weißen Zwergen, sondern explodieren in einer gewaltigen Supernova. Dabei leuchtet ein Stern Millionen bis Milliarden mal heller als gewöhnlich, übrigbleibt aber nichts als Sternennebel. Damit das passieren kann, muss der Stern allerdings mindestens acht mal größer sein als unsere Sonne. Je größer ein Stern ist, desto kürzer ist im Durchschnitt seine Lebenszeit, da ein großer Stern schneller den Wasserstoff in seinem Kern verbraucht. In dem dort vorhandenem Kluster befinden sich rote Riesen. Das interessante hierbei ist, dass viele von ihnen aktuell dabei sind sich wieder zusammenzuziehen. Somit könnt man also mit etwas Glück in vergleichsweise

nicht all zu ferner Zukunft eine Supernova beobachten. Aber nicht nur rote-, sondern auch blaue- und gelbe Riesen lassen sich in diesem Sternenkuster wiederfinden. Im Gegensatz zu roten Riesen befinden sich blaue Riesen nicht am Ende ihrer Lebensspanne, sondern befinden sich mitten drinnen. Sie breiten sich ähnlich weit aus wie die roten Riesen und ihre Temperatur ist durch den hohen Druck im Kern ebenfalls deutlich höher als die eines normalen Sterns. Gelbe Riesen hingegen befinden sich kurz vor ihrem Lebensende und sind meistens ehemalige blaue Riesen. Allerdings sind sie sehr viel kälter und Masseuren als die blauen Riesen. Oberflächentemperatur von gelben Riesen ist ungefähr so groß wie die unserer Sonne. Wie man also merkt, befinden sich die verschiedensten Arten von besonderen Sternen in diesem Kuster

In der Andromeda-Galaxie liegen auch 400 bestätigte kugelförmige Kuster, was ungefähr dreimal so viel ist, wie in der Milchstraße. Diese Kuster haben eine sehr starke Anziehungskraft in Richtung der eigenen Mitte, da die Sterne dort eine extrem hohe Masse haben. Somit zieht ein solches Kuster immer mehr Sterne an und wird immer größer. Es können zehntausende bis Millionen Sterne in einem kugelförmigen Kuster sein. Das herausgesuchte Kuster hat zwei Unterpopulationen: eine Metall-arme und eine Metall-reiche. Dabei sind die Metallreichen Kuster im Durchschnitt jünger, als die Metall-armen. Der Metall-reiche Teil ist auf einen kleineren Raum konzentriert und weist sowohl ähnliche Eigenschaften wie die Bulge bei Galaxien auf, als auch eine gewisse Rotation. Der Metall-arme Teil ist räumlich vergrößert und legt auch eine signifikante Rotation vor. Dies ist eigenartig, weil die Metall-armen Teile der kugelförmigen Kuster in der Milchstraße diese Eigenschaft nicht haben. Es sind auch viel mehr junge kugelförmige Kuster in der Andromeda-Galaxie vorzufinden als in der Milchstraße. Dies deutet darauf hin, dass sich in der Andromeda-Galaxie um einiges mehr massive Sterne befinden als in der Milchstraße.



A 26:

Das ist ein H2 Gebiet. Diese gehören zu den bekanntesten Formationen von massiven Sternen überhaupt. Dichte Klumpen in solch gigantischen molekularen Wolken sind Entstehungsgebiete für neue Sterne. Die meisten neu geborenen Sterne sind anfangs in einem dichten Kern eingebettet und werden durch dichten Staub verdunkelt. Nur massive Sterne können das Gas und den Staub in ihrer Umgebung erhitzen, indem sie ultraviolette Photonen ausstrahlen und den umliegenden Wasserstoff ionisieren. So entstehen dann die H2 Gebiete. Meistens sind H2 Regionen in den Armen von Spiralgalaxien vorzufinden. Aus einer Monte Carlo Simulation zum Studieren der Evolution von H2 Gebieten ging hervor, dass die H2 Gebiete in den Spiralarmen liegenden die aktiven Gebiete sind, während die mehr in der Mitte der Galaxie positionierten Gebiete aus älteren Sternen bestehen. Diese Simulation gibt allerdings nur Auskunft über die Helligkeit der massiven Sterne in naheliegenden Galaxien. H2 Gebiete variieren untereinander sehr stark in ihrer Helligkeit. Zum Beispiel ist 30 Doradus, die größte H2 Region in der lokalen Gruppe, mit einer stellaren Masse von $(0.35-1) \cdot 10^5$ Magnituden um einiges heller als eine typische H2 Region in einer Galaxie, dessen Helligkeit zu einem großen Teil von einzelnen Sternen abhängt und kleiner als ein Parsek sein kann. Die Häufigkeit und die Eigenschaften der Population einer H2 Region hängt stark von der Galaxie ab, in der sie sich befindet. Sogar die Eigenschaften der Sternen Formationen einer Galaxie können durch das Untersuchen verschiedener H2 Regionen in dieser Galaxie bestimmt werden. Die

Messung und Kalkulation der Position von H2 Regionen funktioniert auch ähnlich wie bei Galaxien.

Hubble Chroniken

Seit seiner Inbetriebnahme im Jahr 1990 hat das Hubble-Weltraumteleskop unser Verständnis des Universums erweitert und uns erstaunliche Bilder und Daten von fernen Galaxien, Sternen und Planeten geliefert. Die Hubble Chroniken sind eine Sammlung von Geschichten und Entdeckungen, die durch das Hubble-Teleskop ermöglicht wurden. Diese Geschichten erzählen von den vielen Entdeckungen, die durch das Teleskop gemacht wurden, darunter die Entdeckung von Dunkler Materie, die Bestätigung der Existenz von Schwarzen Löchern und die Entdeckung von Exoplaneten.

Eine der bemerkenswertesten Entdeckungen, die durch das Hubble-Teleskop gemacht wurden, war die Entdeckung der Dunklen Energie. Diese Entdeckung half den Astronomen zu verstehen, dass das Universum nicht nur expandiert, sondern auch beschleunigt expandiert. Diese Entdeckung hat unser Verständnis des Universums grundlegend verändert und hat zu weiteren Entdeckungen und Forschungen geführt.

Eine weitere wichtige Entdeckung, die durch das Hubble-Teleskop gemacht wurde, war die Entdeckung von Exoplaneten. Exoplaneten sind Planeten, die außerhalb unseres Sonnensystems um andere Sterne kreisen. Die Entdeckung von Exoplaneten hat unser Verständnis des Universums erweitert und uns gezeigt, dass es viele andere Planeten gibt, die möglicherweise Leben beherbergen könnten.

Eine der faszinierendsten Entdeckungen, die durch das Hubble-Teleskop gemacht wurden, war die Entdeckung von Schwarzen Löchern. Diese Entdeckung hat unser Verständnis der Physik und der Naturgesetze grundlegend verändert.

Die Hubble Chroniken erzählen auch von den Herausforderungen, die bei der Wartung und Reparatur des Teleskops im Weltraum auftreten können. Das Hubble-Teleskop befindet sich in einer Umlaufbahn um die Erde und ist ständig den Gefahren des Weltraums ausgesetzt. Die Astronauten, die das Teleskop warten und reparieren, müssen äußerst vorsichtig sein und sich auf ihre Ausbildung und Erfahrung verlassen, um sicherzustellen, dass das Teleskop in einwandfreiem Zustand bleibt.

Eine der bemerkenswertesten Reparaturen des Hubble-Teleskops fand im Jahr 2009 statt, als Astronauten das Teleskop während einer Weltraummission reparierten und aktualisierten. Die Reparatur war äußerst komplex und erforderte viel Geschick und Präzision. Die Astronauten mussten das Teleskop öffnen und mehrere Komponenten ersetzen, um sicherzustellen, dass es weiterhin hochwertige Bilder und Daten liefern konnte.

Die Hubble Chroniken sind eine faszinierende Sammlung von Geschichten und Entdeckungen, die uns helfen, das Universum besser zu verstehen. Sie zeigen uns, wie Technologie und Wissenschaft zusammenarbeiten können, um uns neue Erkenntnisse und Erkenntnisse über das Universum zu liefern. Die Hubble Chroniken sind auch ein Beweis für die Bedeutung der Zusammenarbeit und des Engagements von Wissenschaftlern und Ingenieuren auf der ganzen Welt, um unser Verständnis des Universums zu erweitern.

Die Hubble Chroniken sind jedoch nicht nur eine Sammlung von Geschichten und Entdeckungen. Sie sind auch eine Einladung, das Universum zu erkunden und zu entdecken. Die Bilder und Daten, die durch das Hubble-Teleskop geliefert werden, sind atemberaubend und inspirierend. Sie zeigen uns die Schönheit und Komplexität des Universums und erinnern uns daran, wie klein wir in diesem großen Universum sind.

Insgesamt sind die Hubble Chroniken eine faszinierende Reise durch das Universum. Sie erzählen von den Entdeckungen und Herausforderungen, die durch das Hubble-Teleskop ermöglicht wurden, und zeigen uns, wie Technologie und Wissenschaft zusammenarbeiten können, um unser Verständnis des Universums zu erweitern. Die Hubble Chroniken sind eine Erinnerung daran, dass das Universum unendlich groß und komplex ist und dass es noch so viel zu entdecken und zu erforschen gibt.

Neue Erkenntnisse

Sternenwanderung:

Mit Hilfe des Dark Energy Spectroscopic Instrument (Desi.) konnte 2023 bewiesen werden, dass vor etwa zwei Milliarden Jahren die Andromeda-Galaxie eine Kolonie von etwa 7500 Sternen absorbiert hat. Die Galaxien umliegende Objekte anziehen und aufnehmen ist zwar nichts neues, doch dies nachvollziehen zu können ist etwas besonderes. Das Desi. konnte nämlich über eine Zeit lang die Lage, Position und Bewegung der Sterne nachzeichnen und brachte somit die Erkenntnis. Viele der beobachteten Sterne waren sehr metallreich und deuten somit darauf hin, dass die Galaxie, aus der sie ursprünglich herkommen eine lange Geschichte an Sternentstehung hat. Aus welcher Galaxie genau die Sterne kommen weiß man allerdings noch nicht. Diese Beobachtung unterstützt natürlich auch die Theorie, dass sich Galaxien durch die Aufnahme von außenstehenden Objekten vergrößern.

Nebel:

Es wurde 2022 ein Riesennebel in der Region der Andromeda-Galaxie entdeckt. Möglicherweise könnte es sich hierbei um die größte derartige Struktur in unserer nahen Umgebung handeln. Wie genau dieser Riesennebel entstanden ist weiß man noch nicht. Der Nebel hat eine bogenförmige Struktur, eine Ausdehnung von etwa $1,5 * 0,45$ Grad, ist nur 1,2 Grad vom Zentrum der Galaxie entfernt und befindet sich südöstlich vom Hauptkörper der Galaxie. Er blieb so lange verborgen, weil durch seine enorme Ausdehnung von den kleinen Gesichtsfeldern, welche durch die langen Brennweiten der großen Teleskope entstehen, nicht beobachtet werden konnte. Zudem hat er eine extrem geringe Oberflächenhelligkeit und eine ungewöhnlich große Ausdehnung. Auf von Breitbandfiltern oder Farbkameras aufgenommenen Bildern wird dieser Emissionsnebel also von dem Sternenlicht überstrahlt und quasi unsichtbar. Es ist sehr überraschend, dass eine so große Struktur in unserer unmittelbaren Umgebung so lange unentdeckt bleiben konnte. Um die Existenz dieser Struktur also endgültig zu bestätigen haben vier verschiedenen Fotografen mit Kameras und Filtern unterschiedlicher Hersteller an drei verschiedenen Orten der Welt das Objekt fotografiert. Somit wurde die Existenz dessen zweifellos bestätigt. Forscher machten sich also dran mehr über das Objekt herauszufinden. Dabei fanden sie heraus, dass der Emissionsbogen nur im Licht der türkisfarbenen Linie des doppelt

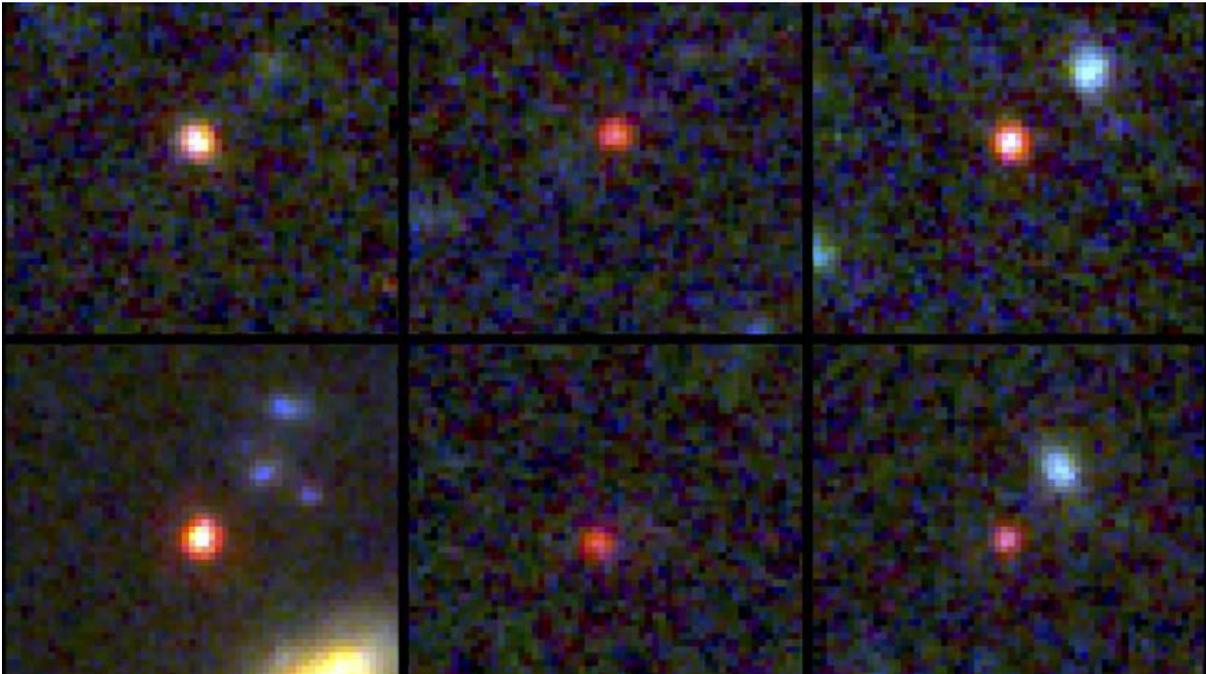
ionisierten Sauerstoffs nachgewiesen werden kann, wohingegen der normalerweise viel häufiger auftretende Wasserstoff mit seiner roten Linie in der Region nicht in dieser Form auftaucht. Nirgendwo wurde irgendeine Übereinstimmung mit diesen Emissionen gefunden. Gekrümmte Filament-Strukturen wie dieser Emissionsbogen werden häufig in sehr alten planetarischen Nebeln beobachtet. Sowohl das Fehlen von infraroten-, als auch das von ultravioletten Signalen könnte zu einem solchen Szenario von einem besonders nahen planetarischen Nebel passen. Allerdings zeigen Modelle, dass eine Elektronentemperatur von 60.000 K nötig sind, umfasst beobachtete Linienvhältnis von ionisiertem Sauerstoff zu Wasserstoff zu ermöglichen. Es sind aber alle potenziellen Quellen von UV-Strahlung, vorfallen weiße Zwerge, zu kalt, um eine so hohe Erwärmung zu erreichen. Der Emissionsnebel könnte auch, da er praktisch keine Wasserstoffemissionen aufweist, Überrest einer gewaltigen Supernova sein, welche hoch über der Scheibe gelegen sein muss. Weil aber eine übereinstimmende Struktur von Radio und Ultravioletten- Emissionen fehlt, ist dieses Szenario genau so unwahrscheinlich. Es gibt aber noch zwei weitere Theorien, welche wahrscheinlicher sind als die zuvor. Die erste besagt, dass der Emissionsnebel durch die Wechselwirkung von Stern- und Gezeitenströmen wegen den galaktischen Verschmelzungen der Andromeda-Galaxie entstanden ist. Ein Vergleich zeigte allerdings, dass der Emissionsbogen der Galaxie zu keinem der stellaren Ströme passt. Dennoch ist eine neue derartige Struktur nicht auszuschließen, da Modellrechnungen schon seit längerem zeigen, dass solch gigantische Strukturen in so einer Form eigentlich existieren müssten. In diesem Fall wäre das gefundene Gebilde aus über 60.000 Grad heißem Plasma fast so groß wie unsere gesamte Milchstraße. Die zweite Theorie ist noch etwas spekulativer. Nach ihr ist der Emissionsnebel folge der Kollision der äußerst dünnen Gashülle der Andromeda-Galaxie mit unserer Milchstraße. Galaxie haben solche Gashüllen aus extrem dünnem Material, welche weit über die im Sternenlicht sichtbare Zone hinausragen und da wir wissen, dass sich die Milchstraße und die Andromeda-Galaxie aufeinander zu bewegen, könnte es durchaus sein, dass man hier die Wechselwirkung der äußersten Halo-Gases der Andromeda-Galaxie mit der Milchstraße beobachten kann. Was genau es mit dem Emissionsnebel auf sich hat ist aber immer noch nicht ganz klar.

James Web Teleskop

Forscher haben im Februar 2023 mit Hilfe des James-Webb-Weltraumteleskops sechs so massereiche Galaxien im frühen Universum entdeckt, dass es sie eigentlich gar nicht geben können sollte. Sie haben nämlich viel mehr Masse, als sie zu diesem frühen Zeitpunkt unseres frühen Universums nach unseren aktuellen Theorien haben dürfte. Nach der Urknall-Theorie

wurde es vor 13,8 Milliarden Jahren in einem extrem kleinen Punkt so eng, dass dieser Explodierte und somit sowohl das Universum als auch Materie, Raum und Zeit wie wir es kennen begann. Das Universum breitet sich seitdem mit einer unfassbaren Geschwindigkeit immer weiter aus. Die ersten Atome entstanden nach etwa 300.000 bis 400.000 Jahre, wobei das Universum zu einem durchsichtigen Raum wurde. Alles bis zu diesem Zeitpunkt wird als die Zeit des Urknalls definiert. Die ersten Sterne entstanden erst eine lange Zeit später nach ungefähr 400 Millionen Jahren. Ab da an begannen sich, von über Milliarden Jahre hinweg, die ersten Galaxien zu bilden. Die ersten Galaxien, wie wir sie kennen, sollen eine Milliarde Jahre nach dem Urknall entstanden sein. Die neue Entdeckung des James-Webb-Weltraumteleskops stellt die Theorie jetzt allerdings komplett auf den Kopf. Die sechs neu gefundenen Galaxien haben nämlich eine Sternenmasse, die jeweils bis zu zehn Milliarden Mal so groß ist wie unsere Sonne. Darunter ist auch eine Galaxie, welche möglicherweise eine stellare Maße hat, die 100 Milliarden größer als unsere Sonnenmasse ist. Schon als das Universum nur drei Prozent seines heutigen Alters hatte waren diese Objekte bereits so groß wie unsere Milchstraße. Die Galaxien müssten schon etwa 500.000 bis 700.000 Jahre nach dem Urknall zu lebendigen Galaxien mit neuen Sternen und Planeten herangereift sein, um ihre aktuelle Größe haben zu können. Da dies allerdings im Widerspruch zu der vorherigen Theorie, dass Galaxien erst ungefähr eine Milliarde Jahre nach dem Urknall entstanden sind, steht, fragen sich Forscher nun, wie diese Galaxien überhaupt existieren können. Sie sollten sich nach unserer Ansicht über das Universum schlichtweg nicht so schnell geformt haben können. Deshalb werden sie auch Universums Brecher genannt. Vielleicht müssen wir unsere Theorie über die Entstehung von Galaxien verändern, oder wir hatten bisher an ganz anderen Stellen in unserem Verständnis über das Universum Fehler. So oder so werfen diese sechs Galaxien weiterhin große Fragen auf.

Hier die Bilder von den neuen entdeckten Galaxien:



Danksagung

Wir möchten uns hier ganz herzlich bei Herrn Koch für Ihre Unterstützung bei unserer Projektarbeit bedanken, da sie uns bei unserer Aufnahme und Bearbeitung unseres Bildes geholfen haben und uns die Inspiration für unsere Themen gebracht haben. Ohne Ihre Hilfe hätten wir unsere Projektarbeit nicht erfolgreich verfassen können. Vielen Dank auch dafür, dass Sie uns Ihre Begeisterung für die Astronomie und insbesondere für die Galaxien vermittelt haben. Sie haben uns motiviert, uns tiefer mit diesem Thema auseinanderzusetzen und uns mit sowohl neuen Erkenntnissen zu beschäftigen als auch uns neue Einblicke zu verschaffen.

Abschlussklärung

Hiermit versichern wir, dass wir diese Arbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die von uns angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Projektarbeit, die im Wortlaut oder dem Inhalt nach aus anderen Werken entnommen wurden, in jedem einzelnen Fall mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Ich bin damit einverstanden, dass die von uns verfasste Projektarbeit der schulinternen Öffentlichkeit in der Bibliothek der Schule zugänglich gemacht wird.

Quellenverzeichnis

DIE ANDROMEDA-GALAXIE MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR RADIOASTRONOMIE (MPG.DE)	3
Galaxien: Arten, Namen & Definition StudySmarter.....	5-8
PowerPoint Presentation (uibk.ac.at)	8
Galaxien – Astrokramkiste.....	8
Galaxie – Physik-Schule (cosmos-indirekt.de)	8
Datei:M104 - Sombrero.jpg – Physik-Schule (cosmos-indirekt.de)	9
Datei:Messier 81 HST.jpg – Physik-Schule (cosmos-indirekt.de).....	9
Datei:Messier 74 by HST.jpg – Physik-Schule (cosmos-indirekt.de).....	9
Datei:Messier 74 by HST.jpg – Physik-Schule (cosmos-indirekt.de).....	9
Welt der Physik: Milchstraße hat vier SpiralarmeDie wilden Jahre unserer Milchstraße Max-Planck-Gesellschaft (mpg.de).....	11
Das Rückgrat der Nacht Max-Planck-Gesellschaft (mpg.de).....	12-13
Schwarzes Loch: Wie kann ein Bild davon überhaupt entstehen? - WELT.....	12-13
https://astrokramkiste.de/schwarzes-loch	12-13
https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/schwarze-loecher/	12-13
Milkomeda: Kollision der Andromedagalaxie mit unserer Milchstraße Peter Kroll - YouTube Die Andromeda-Galaxie 	14
Andromedagalaxie - Astrokramkiste.....	15
DIE ANDROMEDA-GALAXIE MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR RADIOASTRONOMIE (MPG.DE)	16
https://www.deutschlandfunk.de/vor-95-jahren-die-beobachtung-der-andromeda-galaxie-100.html .	16
https://www.researchgate.net/publication/346744483_The_properties_of_dwarf_spheroidal_galaxies_in_the_CenA_group_Stellar_populations_internal_dynamics_and_a_heart-shaped_Halpha_ring	18
Variability of Massive Stars in M31 from the Palomar Transient Factory - IOPscience.....	22
THE EVOLUTION OF THE GALAXY STELLAR MASS FUNCTION AT $z = 4-8$: A STEEPENING LOW-MASS-END SLOPE WITH INCREASING REDSHIFT - IOPscience.....	23
THE HUBBLE SPACE TELESCOPE WIDE FIELD CAMERA 3 EARLY RELEASE SCIENCE DATA: PANCHROMATIC FAINT OBJECT COUNTS FOR 0.2–2 μm WAVELENGTH - IOPscience	24
A COMPREHENSIVE GALEX ULTRAVIOLET CATALOG OF STAR CLUSTERS IN M31 AND A STUDY OF THE YOUNG CLUSTERS - IOPscience	25
<i>Weltraumteleskop Hubble – 30 Jahre unser "Auge im All" wissen.de</i>	26-27
Der astronomische Dauerbrenner im All - Hubble, die halbe Raumfahrt und die erneute Rettung deutschlandfunk.de.....	26-27
Edwin Hubble vor 130 Jahren geboren - Der Astronom für Galaxien und Urknall deutschlandfunk.de	26-27
Universum: Beweis für gigantische Sternenwanderung entdeckt - Futurezone	28

James Webb Teleskop entdeckt extrem frühe Galaxien: Stimmt unser Bild vom Universum noch? | MDR.DE 29

James Webb: Weltraumteleskop entdeckt Universumsbrecher - Golem.de 29