

Schyren- Gymnasium  
Abiturjahrgang Pfaffenhofen  
2013/2015

## SEMINARARBEIT

Rahmenthema des Wissenschaftspropädeutischen Seminars:

### Das Universum - Unendliche Weiten

Leitfach: PHYSIK

Thema der Arbeit:

### Die Kollision von Milchstraße und Andromedagalaxie

Verfasser: Schmidl Andreas  
Breitsameter

Seminarleiter: Herr

Abgabetermin: Spätestens 4. November 2014, 10 Uhr

Bewertung	Note	Notenstufe in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
				Summe:	
Gesamtleistung nach § 61 (7) GSO = Summe : 2 (gerundet):					

# **Kollision von Milchstraße und Andromedagalaxie**

## **Gliederung**

- A** Einleitung
- B** Kollision von Milchstraße und Andromedagalaxie
  - I.** Die Milchstraße: Daten und deren Bestimmung
  - II.** Die Andromedagalaxie: Daten und deren Bestimmung
  - III.** Kollision der Galaxien
    - 1.** Allgemeines
    - 2.** Verschmelzung anstatt eines Riesencrashes
    - 3.** Methode der kleinen Schritte
    - 4.** Excel- Tabellenkalkulation
  - IV.** Galaxienverschmelzung- allgemeiner Ablauf
    - 1.** Schritte der Galaxienverschmelzung
    - 2.** Einordnung der Milchstraße und der Andromedagalaxie
    - 3.** Vergleichsbeispiele mit Bildmaterial
  - V.** Epilog- Der Nachthimmel
- C** Schluss
- D** Nummernverzeichnis
- E** Quellenverzeichnis

# Kollision von Milchstraße und Andromedagalaxie

## A Einleitung

Der Weltraum ist ein unvorstellbar großer Raum, der unzählige Galaxien beherbergt. Eine dieser Galaxien ist die von uns Menschen so benannte Milchstraße. Sie ist die Heimatgalaxie der Erde, ein Planet auf dem sich Leben entwickelt hat und schließlich durch Evolution den Menschen hervorgebracht hat. Dieser ist sehr hungrig nach Wissen und strebt bereits seit Jahrtausenden danach, das Weltall zu erforschen. Im Laufe der Jahre hat ihn die Erkenntnis ereilt, dass neben seinem Heimatplaneten, der Sonne und dem Mond ein ganzes Sonnensystem existiert, in dem noch weitere Planeten in ihrer Bahn um die Sonne kreisen. Der Mensch war aber noch nicht zufrieden. Er wollte mehr Wissen. Er wollte über die Grenzen des Sonnensystems hinaus zu den Sternen. Die Sterne sind überall am Nachthimmel verteilt. An manchen Stellen sind mehrere Grüppchen, sodass man mit etwas Fantasie Bilder darin sehen kann und dann hat man sie auch danach benannt, auch wenn heute manche Namen zu den Sternbildern nicht nachzuvollziehen sind. Aber eine große Vielzahl an Sternen bildet etwas das viel größer ist als ein einziges Sonnensystem: eine Galaxie. Unser Sonnensystem und damit auch unser Planet ist natürlich auch Bestandteil einer solchen Galaxie. Unsere Heimatgalaxie ist die Milchstraße. Sie ist aber nicht die einzige Galaxie in den Weiten des Universums. Wir können mit unserer Sternbeobachtung noch weitere Galaxien sehen, eine davon ist in unserer direkten Nachbarschaft zu sehen. Sie ist im Sternbild Andromeda zu finden und ist die gleichnamige Andromedagalaxie. Beide Galaxien sind Teile der lokalen Gruppe, in der noch weitere kleinere Zwerggalaxien zu finden sind. Nachdem nun die Menschen viele Erkenntnisse über das Universum errungen hatten, auf die im Folgenden nicht näher eingegangen wird, kam eine neue Entdeckung zum Vorschein. Es ist Wissenschaftlern aufgefallen, dass sich die Andromedagalaxie und die Milchstraße aufeinander zubewegen und in ferner Zukunft miteinander kollidieren

werden. Über diese Kollision wird die folgende Seminararbeit informieren.

## **B** Kollision von Milchstraße und Andromedagalaxie

### **I.** Die Milchstraße: Daten und deren Bestimmung

Die Milchstraße ist unsere Heimatgalaxie. Sie ist eine Spiralgalaxie mit einer Ausdehnung von 100 000 Lichtjahren. Ihre sichtbare Gesamtmasse liegt bei circa 1250 Milliarden Sonnenmassen. Dies lässt sich mithilfe der Bewegung eines Sterns der Milchstraße um das Zentrum der Milchstraße berechnen. Man muss lediglich die Geschwindigkeit und den Radius des Sterns bestimmen, mit der er sich auf einer Kreisbahn um das Zentrum bewegt. Dieser Stern muss sich im äußersten Randbereich der Milchstraße befinden, weil nur die Masse innerhalb der Kreisbahn mit dieser Rechnung bestimmt wird.

$$\text{Es gilt: } G * m_{\text{Stern}} * m_{\text{Milchstraße}} / r^2 = m_{\text{Stern}} * v^2 / r$$

$$\text{Aufgelöst nach } m_{\text{Milchstraße}}: m_{\text{Milchstraße}} = v^2 * r / G$$

Näherungsweise lässt sich die Masse der Milchstraße auch mithilfe unserer Sonne berechnen, diese ist aber nicht ganz am Rand der Milchstraße. Man kann mithilfe des Doppler Effekts nachweisen, dass sie sich mit einer Geschwindigkeit von 250 km/s und einem Radius von 30 000 Lichtjahren in einer Kreisbahn um das Zentrum der Milchstraße bewegt. (1,2)

Die Sonne als Stern mit durchschnittlicher Größe ermöglicht, mithilfe der Masse der Milchstraße, eine Schätzung über die Anzahl der Sterne in der Milchstraße. Diese beläuft sich auf circa 100 Milliarden Sterne. (2)

In der Seitenansicht zeigt sich bei der Milchstraße der typische Aufbau einer Spiralgalaxie, denn sie besteht aus zwei Komponenten: eine flache Scheibe und ein konzentrierter Halo, der im Zentralgebiet eine Verdichtung aufweist. Die Verdichtung in der Mitte ist der zentrale Bulge, dieser ist eine „kompakte, zentrale Aufbauchung der Sternverteilung“ (Scheffler, Elsässer: „Bau und Physik der Galaxis“ S.155). Nachzuweisen ließ sich dieser in unserer Galaxis durch die

Beobachtung mit dem Infrared Astronomical Satellite (IRAS) im Jahre 1983. Das Infrarotteleskop ermöglicht Beobachtungen, die von interstellarer Extinktion (Schwächung des Lichts beim Durchgang durch interstellare Materie) (3) praktisch unverfälscht sind. Die Spiralstruktur ist unregelmäßig, deformiert und bruchstückhaft. Sie unterteilt sich in die verschiedenen Spiralarme, von denen die Größten der Perseus Arm und der Scutum-Centaurus Arm sind. (4)

## II. Die Andromedagalaxie: Daten und deren Bestimmung

Die Andromedagalaxie, auch bekannt unter dem Namen M31, ist genauso wie die Milchstraße eine Spiralgalaxie. Sie ist eines der wenigen Objekte am Himmel, die sich auf uns zubewegen und sich nicht von uns entfernen. Zu finden ist die Andromedagalaxie im Sternbild Andromeda. Sie ist ähnlich wie die Milchstraße mit einer Gesamtmasse von 1230 Milliarden Sonnenmassen. Sie hat eine Ausdehnung von 200 000 Lichtjahren und enthält schätzungsweise eine Billion Sterne. Die Andromedagalaxie ist rund 2 500 000 Lichtjahre entfernt und bewegt sich mit rund 140 km/s auf uns zu. (5,6)

Die Masse der Andromedagalaxie lässt sich ähnlich wie bei der Milchstraße mit dem Kraftansatz *Gravitationskraft = Zentripetalkraft* eines Sterns X der Andromedagalaxie berechnen, wobei man mit der Erde und dem Sonnensystem vergleichen muss, um die Masse in Vielfachen der Sonnenmasse anzugeben:

$$G * M / r = v^2 \Rightarrow \text{Vergleich mit Erde} \Rightarrow (G/G) * (M_A * r_E) / (M_S * r_X) = v_X^2 / v_E^2$$

$$\Rightarrow M_A = (v_X / v_E)^2 * r_X / r_E * M_S$$

Bei  $v_X$  handelt es sich um die Sterngeschwindigkeit, bei  $r_X$  um die Entfernung des Sterns vom Zentralbereich.

Edwin Hubble ist es 1923 als erstem gelungen die Entfernung der Andromedagalaxie mithilfe von Cepheiden zu bestimmen. (7) Es gibt bei ihnen einen gesetzlichen Zusammenhang zwischen der Pulsationsperiode  $p$  und der scheinbaren Helligkeit  $m$ , also auch mit der absoluten Helligkeit

M. Die Perioden- Helligkeitsbeziehung lautet:

$$M = -1,67 - 2,54 * \lg (p / 1d)$$

Man kann ihre Entfernung mithilfe des Entfernungsmoduls berechnen. Es gilt folgende Beziehung:

$$m - M = 5 * \lg (r / 10pc) \Rightarrow r = 10pc * (m - M) / 5$$

Die Geschwindigkeit mit der sich die Andromedagalaxie auf die Milchstraße zubewegt lässt sich mithilfe des Doppler- Effekts bestimmen:

$$v = (\Delta\lambda / \lambda) * c$$

Lambda ist die Wellenlänge von  $H_{\alpha}$ - Photonen, Delta- Lambda ist die Differenz zwischen dieser und der Wellenlänge der beobachteten  $H_{\alpha}$ - Photonen von der Andromedagalaxie, die sich durch die Rot- beziehungsweise Blauverschiebung des Doppler- Effekts von der normalen Wellenlänge unterscheiden. Der Doppler- Effekt tritt auf, wenn ein Körper Photonen einer bestimmten Wellenlänge aussendet, und sich dabei auf einen Beobachter zu- oder wegbewegt, wodurch sich die Wellenlänge durch diese Bewegung verändert. Analog tritt der Doppler- Effekt auch bei anderen Wellen, zum Beispiel Schallwellen, auf. (8,9)

### III. Kollision der Galaxien

#### 1. Allgemeines

Nun kommen wir zum Hauptteil der Seminararbeit: Die Kollision der Galaxien. Dieses Thema ist recht aktuell, da es erst seit gut zwei Jahren bewiesen ist (Veröffentlichung am 8. Juni 2012), dass die Galaxien kollidieren. Nachweisen kann man dies mithilfe des Hubble- Space- Telescop, indem man die Sternenbewegung einzelner Sterne über einen längeren Zeitraum verfolgt. Die Professoren, die dies gemacht haben, waren Sangmo Tony Sohn, Jay Anderson and Roeland P. van der Marel vom Space Telescop Science Institute (STScI).

Es besteht nun die Frage, wie so eine Galaxienkollision zustande kommen kann: Das Universum

dehnt sich zwar aus und zieht dabei die Galaxien auseinander, aber manchmal sind zwei Galaxien nah genug beieinander, damit ihre gravitativen Wechselwirkungen stark genug sind, um sich gegenseitig anzuziehen. Im Laufe der Jahrtausende werden sie immer schneller und kommen immer näher zusammen, bis sie sich treffen. Es wird vermutet, dass früher, als das Universum noch kleiner war, Galaxienkollisionen häufiger auftraten als heute, weil die Entfernungen zwischen den Galaxien damals noch nicht ganz so groß waren wie sie heute sind. Genau das wird auch zwischen der Milchstraße und der Andromedagalaxie passieren und als Ergebnis werden die zwei Spiralgalaxien zu einer ellipsoiden Riesengalaxie verschmelzen. (10)

## 2. Verschmelzung anstatt eines Riesencrashes

Bei dem Wort Kollision denken wir sofort an einen frontalen Autounfall, bei dem beide Autos einen Totalschaden haben. Bei der Kollision von Milchstraße und Andromedagalaxie verhält es sich aber anders, da weniger ein gewaltiger Galaxien-Crash erfolgen wird, sondern die beiden Galaxien verschmelzen miteinander. Das wird so passieren, da zwischen den einzelnen Sternen in den Galaxien gigantisch große Abstände sind, zwischen denen außer etwas interstellarem Staub und Gas nichts ist. Es ist durchaus möglich, dass einzelne Sterne zusammenstoßen, das ist allerdings äußerst unwahrscheinlich. Vergleichbar sind die Abstände, wenn man sich die Sonne auf die Größe einer Murmel von 1,4 cm Durchmesser geschrumpft denkt, dann wäre der nächste Stern, Proxima Centauri, rund 400 km entfernt. Dies entspricht etwa dem Abstand zwischen Frankfurt und Berlin. (10)

Zum Ablauf der Galaxienverschmelzung kann man sagen, dass sich die beiden Galaxien zunächst durch die wirkende Gravitation annähern. Danach werden sie sich erstmals durchdringen, aber aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeiten wieder etwas auseinanderdriften. Die Gravitation sorgt dafür, dass sich die beiden Galaxien immer anziehen und dadurch bremst sie die Galaxien wieder ab. Als nächstes werden sie ihre Bewegungsrichtung umkehren um sich erneut anzunähern. Wenn sie sich dann endgültig durchdringen, verschmelzen die Milchstraße und die Andromedagalaxie schließlich zu einer ellipsoiden Riesengalaxie. (10)

### 3. Methode der kleinen Schritte

Die Methode der kleinen Schritte wird dazu verwendet, eine Bewegung mit verändernder Beschleunigung zu erfassen. Es gibt hierbei keine Formel um die Geschwindigkeit und den zurückgelegten Weg zum Zeitpunkt  $t$  zu berechnen, also nutzt man diese Methode. Man unterteilt die Bewegung in kleine Abschnitte, die näherungsweise konstante Beschleunigung aufweisen, und berechnet in jedem dieser Abschnitte erneut die aktuelle Geschwindigkeit und die zurückgelegte Strecke mithilfe der Formeln  $v_n(t) = a_n * t + v_{n-1}$  und  $s_n(t) = 0,5 * a_n * t^2 + v_{n-1} * t + s_{n-1}$  zum Zeitpunkt  $t$ .

### 4. Excel- Tabellenkalkulation

	Masse Milchstraße	2,4862E+42	kg			
	Masse Andromedagalaxie	2,4464E+42	kg			
	Aktuelle Geschwindigkeit	140000	m/s			
	Aktuelle Entfernung	2500000	LJ			
	Zeitschritte	100000000	a			
Iteration	t[a]	a(A)[m/s <sup>2</sup> ]	a(M)[m/s <sup>2</sup> ]	a(res)[m/s <sup>2</sup> ]	v[m/s]	s[m]
0	0	0	0	0	140000	2,3653E+22
1	100000000	2,9658E-13	2,9184E-13	2,9421E-13	140928,483	2,3211E+22
2	200000000	3,0798E-13	3,0305E-13	3,0552E-13	141892,65	2,2764E+22
3	300000000	3,2017E-13	3,1505E-13	3,1761E-13	142894,985	2,2315E+22
4	400000000	3,332E-13	3,2787E-13	3,3053E-13	143938,091	2,1863E+22
5	500000000	3,4713E-13	3,4158E-13	3,4436E-13	145024,826	2,1407E+22
6	600000000	3,6208E-13	3,5628E-13	3,5918E-13	146158,342	2,0947E+22
7	700000000	3,7813E-13	3,7208E-13	3,7511E-13	147342,12	2,0484E+22
8	800000000	3,9542E-13	3,8909E-13	3,9226E-13	148580,022	2,0017E+22
9	900000000	4,1408E-13	4,0745E-13	4,1077E-13	149876,338	1,9547E+22
10	1000000000	4,3427E-13	4,2732E-13	4,3079E-13	151235,86	1,9072E+22
11	1100000000	4,5617E-13	4,4887E-13	4,5252E-13	152663,951	1,8592E+22
12	1200000000	4,8E-13	4,7232E-13	4,7616E-13	154166,641	1,8108E+22



13	1300000000	5,0601E-13	4,9791E-13	5,0196E-13	155750,741	1,7619E+22
14	1400000000	5,3448E-13	5,2592E-13	5,302E-13	157423,972	1,7125E+22
15	1500000000	5,6576E-13	5,5671E-13	5,6123E-13	159195,133	1,6626E+22
16	1600000000	6,0026E-13	5,9066E-13	5,9546E-13	161074,306	1,6121E+22
17	1700000000	6,3847E-13	6,2826E-13	6,3336E-13	163073,104	1,5609E+22
18	1800000000	6,8098E-13	6,7009E-13	6,7554E-13	165204,991	1,5091E+22
19	1900000000	7,2851E-13	7,1686E-13	7,2269E-13	167485,678	1,4567E+22
20	2000000000	7,8194E-13	7,6943E-13	7,7569E-13	169933,635	1,4035E+22
21	2100000000	8,4237E-13	8,2889E-13	8,3563E-13	172570,753	1,3494E+22
22	2200000000	9,1115E-13	8,9658E-13	9,0386E-13	175423,209	1,2946E+22
23	2300000000	9,9004E-13	9,742E-13	9,8212E-13	178522,624	1,2388E+22
24	2400000000	1,0813E-12	1,064E-12	1,0726E-12	181907,612	1,1819E+22
25	2500000000	1,1877E-12	1,1687E-12	1,1782E-12	185625,932	1,124E+22
26	2600000000	1,3133E-12	1,2923E-12	1,3028E-12	189737,492	1,0648E+22
27	2700000000	1,4634E-12	1,4399E-12	1,4516E-12	194318,669	1,0043E+22
28	2800000000	1,6451E-12	1,6187E-12	1,6319E-12	199468,687	9,4224E+21
29	2900000000	1,8688E-12	1,8389E-12	1,8539E-12	205319,295	8,7848E+21
30	3000000000	2,15E-12	2,1156E-12	2,1328E-12	212050,021	8,1276E+21
31	3100000000	2,5117E-12	2,4715E-12	2,4916E-12	219913,225	7,4478E+21
32	3200000000	2,9912E-12	2,9433E-12	2,9672E-12	229277,408	6,7414E+21
33	3300000000	3,6509E-12	3,5925E-12	3,6217E-12	240706,93	6,0031E+21
34	3400000000	4,6042E-12	4,5305E-12	4,5674E-12	255120,877	5,2254E+21
35	3500000000	6,0766E-12	5,9794E-12	6,028E-12	274144,392	4,3975E+21
36	3600000000	8,5799E-12	8,4427E-12	8,5113E-12	301004,753	3,5023E+21
37	3700000000	1,3526E-11	1,331E-11	1,3418E-11	343350,478	2,51E+21
38	3800000000	2,6335E-11	2,5914E-11	2,6125E-11	425795,993	1,3597E+21
39	3900000000	8,9751E-11	8,8315E-11	8,9033E-11	706771,011	-1,1418E+20
40	4000000000	1,2727E-08	1,2523E-08	1,2625E-08	40549452	-2,788E+21

In der Tabelle lässt sich sehr schön erkennen, dass die Beschleunigung mit abnehmender Entfernung immer stärker ansteigt. Infolgedessen steigt auch die Geschwindigkeit stärker an, mit der sich die Galaxien annähern. Man kann in der Tabelle allerdings eine Besonderheit ausmachen, nämlich dass die Entfernung zwischen 3,8 und 3,9 Milliarden Jahren ins Negative wechselt. Das heißt, in diesem Zeitraum haben sich die Galaxien erreicht und driften gerade aneinander vorbei, um danach ihre Bewegungsrichtung zu ändern.

## **IV. Galaxienverschmelzung- allgemeiner Ablauf**

### **1. Schritte der Galaxienverschmelzung**

Die Galaxienverschmelzung teilt sich in fünf einzelne Phasen auf:

Die erste dieser Phasen ist die Annäherungsphase. In dieser wirken gravitative Wechselwirkungen, wie oben bereits genannt, zwischen den Galaxien. Als Ergebnis dessen bewegen sich die Galaxien aufeinander zu: Sie beschleunigen und nähern sich gegenseitig an.

Die zweite Phase ist die Einschlagsphase. Sie beschreibt das erste Zusammentreffen der beiden Galaxien an ihren Außenbereichen. Sie sind dennoch als separate Galaxien zu betrachten.

Die dritte Phase ist die Selbstgravitationsphase. In dieser sind die Galaxien bereits aneinander vorbeigestreift. Dennoch haben sich die Zentren noch nicht durchdrungen.

Die vierte Phase ist die eigentliche Verschmelzungsphase. Hier haben sich die Kerne bereits durchdrungen. Gleichzeitig wird interstellares Gas verdichtet, sodass sich die Sternentstehungsrate erhöht.

Die letzte Phase ist die sogenannte Beruhigungsphase. Sie steht stellvertretend als Ergebnis der Kollision und Verschmelzung zweier Galaxien. Der Prozess der Galaxienverschmelzung ist noch nicht ganz abgeschlossen, da noch keine regelmäßige Struktur wie eine Ellipse oder Spirale ausgebildet wurde. (11)

### **2. Einordnung der Milchstraße und der Andromedagalaxie**

Die Milchstraße und die Andromedagalaxie befinden sich momentan in der Annäherungsphase. Sie sind noch relativ weit voneinander entfernt, rund 2,5 Millionen Lichtjahre. In circa zwei Milliarden Jahren werden die Galaxien in die Einschlagsphase übergehen, da dann die Randbereiche zwischen den beiden zusammenstoßen werden. Danach werden die Kerne der

Galaxien in der Selbstgravitationsphase aneinander vorbeistreichen, abbremsen und die Bewegungsrichtung umkehren, sodass sie sich wieder aufeinander zubewegen und in die eigentliche Verschmelzungsphase übergehen. Dies wird in etwa vier Milliarden Jahren der Fall sein. Die Beruhigungsphase wird in fünf Milliarden Jahren einsetzen. In sechs Milliarden Jahren ist der ganze Prozess dann abgeschlossen und die Galaxien werden sich zu „Milchomeda“ (nach Cox und Loeb, laut 12), einer ellipsoiden Riesengalaxie vereint haben.

### 3. Vergleichsbeispiele mit Bildmaterial

Da sich unsere Galaxie hierbei erst in der frühen, ersten Phase befindet und aus unserem Blickwinkel noch sehr wenige beobachtbare Prozesse stattfinden, folgen nun ein paar andere Galaxien, die sich momentan in diesem Prozess befinden und bei denen neutral von außen größere Veränderungen schon erkennbar werden:

Die Hickson Compact Group 87 befindet sich zurzeit in der Annäherungsphase. Sie besteht aus den Galaxien HGC 87a, 87b und 87c, ist rund 400 Millionen Lichtjahre entfernt, sie erstreckt sich über 170.000 Lichtjahre und steht im Sternbild Steinbock. Alle drei Galaxien der Gruppe haben eine hohe Sternentstehungsrate. Die Galaxien werden sich umkreisen und mehrmals durchdringen, bis sie in mehreren hundert Millionen Jahren zu einer einzigen elliptischen Galaxie verschmelzen.



Hickson Compact Group 87

Die Galaxien NGC 2207 und IC 2163 sind reine Spiralgalaxien, genauso wie die Milchstraße und die Andromedagalaxie. NGC steht für New General Catalogue, er ist ein Katalog von galaktischen Nebeln, Sternhaufen und Galaxien. Dieser wurde 1895 und 1908 um die Index- Kataloge IC I und IC II erweitert. (13) Die Galaxien befinden sich in der Einschlagsphase und befinden sich rund 144 Millionen Lichtjahre entfernt. Sie beginnen zwar mit der Verschmelzung, sind aber noch vollkommen separate Galaxien. In etwa einer Milliarde Jahren werden sie zu einer großen, elliptischen Galaxie. Man kann sie im Sternbild Hund beobachten. Entdeckt hat sie 1835 John Herschel.



NGC 2207 und IC 2163

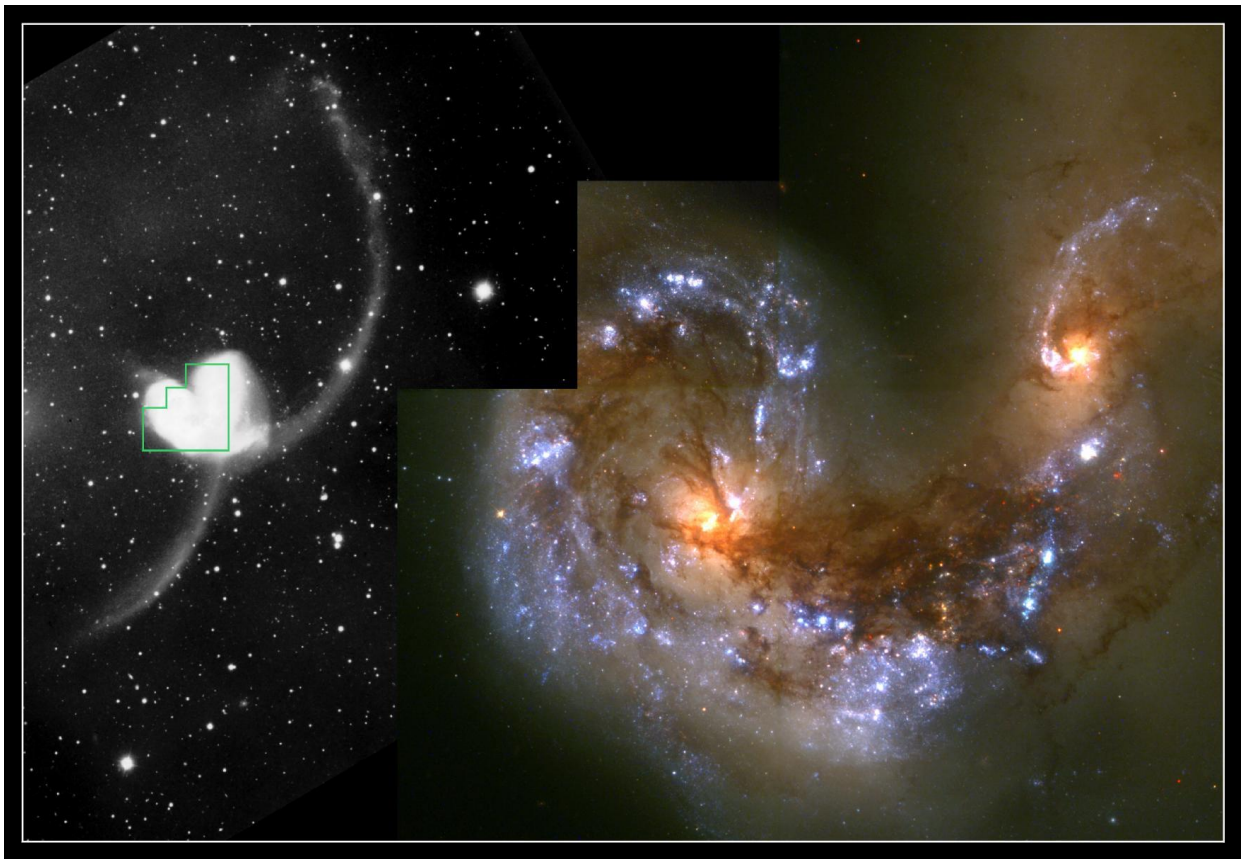
NGC 4676 befindet sich in der Selbstgravitationsphase und ist 300 Millionen Lichtjahre entfernt. Die Galaxien sind hier aneinander vorbeigestreift, wie man an der Struktur sehen kann, aber ihre Zentren haben sich noch nicht durchdrungen. Sie liegen im Sternbild Coma Berenices.



NGC 4676

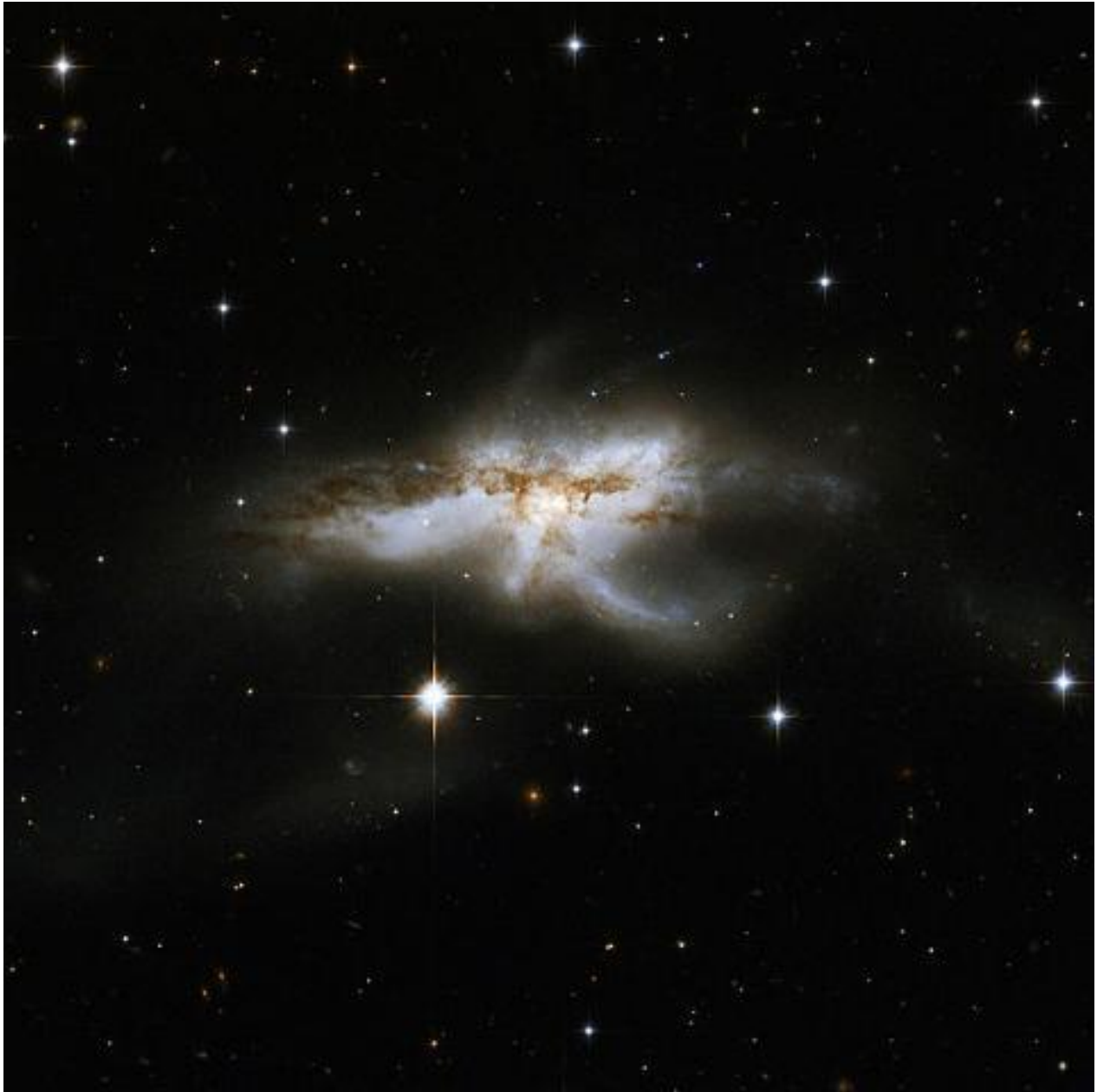
Die Antennengalaxie befindet sich für uns sichtbar in der Verschmelzungsphase. Die Kerne haben sich hier durchdrungen und die erhöhte Sternentstehungsrate ist sichtbar an

Emissionsnebeln als helle Knoten in den Spiralarmen. Vermutet wird, dass das erste Zusammentreffen der Galaxien vor 900 Millionen Jahren stattfand, vor 600 Millionen Jahren war sie in der Selbstgravitationsphase wie NGC 4676 und in circa 400 Millionen Jahren wird sich ein gemeinsamer Kern gebildet haben. Die Antennengalaxie ist im Sternbild Rabe zu finden und rund 68 Millionen Lichtjahre entfernt.



Antennengalaxie

In der letzten Phase der Galaxienverschmelzung, der Beruhigungsphase, befindet sich die Starfish- Galaxie. Die Verschmelzung ist noch nicht ganz abgeschlossen. In ihrer Mitte kreisen zwei schwarze Löcher im Abstand von 3000 Lichtjahren umeinander. Sie werden in rund 100 Millionen Jahren verschmelzen. (11)



Starfish-Galaxie

## V. Epilog- Der Nachthimmel

Es wird Veränderungen für uns geben. Besonders der Anblick des Nachthimmels wird sich dramatisch verändern. Zunächst, wenn sich die Andromedagalaxie annähert, wird sich der



Andromedanebel im Sternbild Andromeda vergrößern und es werden mehr Sterne mit bloßem Auge erkennbar sein. Danach wird sich der komplette Nachthimmel, so wie wir ihn kennen, verwandeln. Die Andromedagalaxie wird als mächtiges Sternbild den Nachthimmel dominieren. Simulationen der NASA haben bereits ein mögliches Bild ergeben:



## C Schluss

Dennoch bleibt fraglich, ob Menschen dies alles noch erleben werden. Es bleibt fraglich, ob die Menschen mit ihren selbst verursachten Problemen wie dem Treibhauseffekt, Atommüll, Umweltverschmutzung und vielleicht zukünftigen, noch nicht erahnbaren Problemen fertig werden. Ein weiteres Problem ist die Sonne. Die Sonneneinstrahlung wird bereits in 500 Millionen Jahren so groß auf der Erde sein, dass das Wasser verdampfen und Leben auf dem Planeten unmöglich sein wird. Die Sonne wird nämlich zu einem roten Riesen, da ihr der Brennstoff für die Kernfusion ausgehen wird. Sie wird sich zunächst sehr stark ausdehnen und dabei Merkur, Venus und nach neuestem Forschungsstand sogar die Erde in 7,6 Milliarden Jahren verschlucken. (14) Die Menschen könnten dann, sofern sie noch als solche existieren, als



Zwischenlösung auf dem Mars ansiedeln, bis sie eine endgültigere Lösung gefunden haben, sprich einen Planeten gefunden haben, der in einer habitablen Zone liegt, Wasser enthält und erdähnlich ist, um darauf siedeln zu können. Wie dort der Nachthimmel aussehen wird ist allerdings fraglich.

## D Nummernverzeichnis

- (1) vgl. Müller Andreas, Astro Lexikon M 4
- (2) vgl. Giesen Jürgen, Wieviele Sterne gibt es in unserer Milchstraße?
- (3) vgl. Wikipedia, Extinktion (Astronomie)
- (4) vgl. Scheffler H., Elsässer H.: „Bau und Physik der Galaxis“
- (5) vgl. Wikipedia, Andromedagalaxie
- (6) vgl. Denise (Username), Andromedagalaxie
- (7) vgl. Unbekannter Verfasser, Abenteuer Universum, Die Andromeda- Galaxie
- (8) vgl. Leifiphysik
- (9) vgl. Freistetters Florian, ARI Heidelberg, Wie weit ist die Andromedagalaxie entfernt?
- (10) vgl. Hetznecker Helmut, Giganten auf Kollisionskurs
- (11) vgl. Wikipedia, Wechselwirkende Galaxien
- (12) vgl. Vaas Rüdiger, Andromeda auf Kollisionskurs
- (13) vgl. Wikipedia, New General Catalogue
- (14) vgl. Unbekannter Verfasser, Sonne wird Erde schlucken

## E Quellenverzeichnis

### Textquellen:

Denise (Username, kein Nachname vorhanden), Andromedagalaxie (14.4.2014)

<http://www.astrokramkiste.de/andromedagalaxie>

Freistetters Florian, ARI Heidelberg, Wie weit ist die Andromedagalaxie entfernt?(27.10.2014)

[http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fcds.u-strasbg.fr%2FwikiAIDA%2Fpub%2FEuroVOAIDA%2FWP5WorkProgrammeUsecases%2FProjekt\\_M31.pdf&ei=9G0pVIP\\_KaKhyAP514HABQ&usg=AFQjCNE8JTdiCULKTR-HHL3zKndXQdRuHA](http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fcds.u-strasbg.fr%2FwikiAIDA%2Fpub%2FEuroVOAIDA%2FWP5WorkProgrammeUsecases%2FProjekt_M31.pdf&ei=9G0pVIP_KaKhyAP514HABQ&usg=AFQjCNE8JTdiCULKTR-HHL3zKndXQdRuHA)

Giesen Jürgen, Wieviele Sterne gibt es in unserer Milchstraße? (24.05.2014)

<http://www.jgiesen.de/astro/stars/milchstrasse.htm>

Hetznecker Helmut, Giganten auf Kollisionskurs (18.08.2014)

<http://www.spektrum.de/alias/galaxien/giganten-auf-kollisionskurs/1179943>

Leifiphysik, Aufgabe + Lösung von Grundkurs Abitur Bayern 2008/VI – 2 zur Andromedagalaxie (27.10.2014)

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/galaxien/lb/musteraufgabe-andromedagalaxie>  
<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/galaxien/lb/musteraufgaben-andromedagalaxie-loesung?back-button>

Müller Andreas, Astro Lexikon M 4 (Aufgerufen am 12.08.2014)

[http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt\\_m04.html#mstr](http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_m04.html#mstr)

Scheffler H., Elsässer H.: „Bau und Physik der Galaxis“, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage, 1991, o.O.

Unbekannter Verfasser, Abenteuer Universum, Die Andromeda- Galaxie (13.08.2014)

<http://abenteuer-universum.de/galaxien/andro.html>

Unbekannter Verfasser, Sonne wird Erde schlucken (28.08.2014)

<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-7845-2008-02-22.html>

Vaas Rüdiger, Andromeda auf Kollisionskurs (03.09.2014)

[http://www.bild-der-wissenschaft.de/bdw/bdwlive/heftarchiv/index2.php?object\\_id=31316844](http://www.bild-der-wissenschaft.de/bdw/bdwlive/heftarchiv/index2.php?object_id=31316844)

Wikipedia, Andromedagalaxie (06.03.2014) <http://de.wikipedia.org/wiki/Andromedagalaxie>

Wikipedia, Extinktion (Astronomie) (14.09.2014)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Extinktion\\_\(Astronomie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Extinktion_(Astronomie))

Wikipedia, New General Catalogue (06.09.2014)

[http://de.wikipedia.org/wiki/New\\_General\\_Catalogue](http://de.wikipedia.org/wiki/New_General_Catalogue)

Wikipedia, Wechselwirkende Galaxien (04.09.2014)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselwirkende\\_Galaxien](http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselwirkende_Galaxien)

Wissenschaftliche Arbeiten zur Unterstützung:

The collision between the Milky Way and Andromeda ; Cox, T. J.; Loeb, Abraham ; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 386, Issue 1, pp. 461-474. (Aufgerufen am 21.08.2014)

[http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle\\_query?bibcode=2008MNRAS.386..461C&db\\_key=AST&page\\_ind=0&plate\\_select=NO&data\\_type=GIF&type=SCREEN\\_GIF&classic=YES](http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?bibcode=2008MNRAS.386..461C&db_key=AST&page_ind=0&plate_select=NO&data_type=GIF&type=SCREEN_GIF&classic=YES)

The M31 Velocity Vector. I. Hubble Space Telescope Proper-motion Measurements ; Sohn, Sangmo Tony; Anderson, Jay; van der Marel, Roeland P. ; The Astrophysical Journal, Volume 753, Issue 1, article id. 7, 15 pp. (2012). (Aufgerufen am 18.08.2014)

[http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/7/pdf/0004-637X\\_753\\_1\\_7.pdf](http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/7/pdf/0004-637X_753_1_7.pdf)

The M31 Velocity Vector. II. Radial Orbit toward the Milky Way and Implied Local Group Mass ; van der Marel, Roeland P.; Fardal, Mark; Besla, Gurtina; Beaton, Rachael L.; Sohn, Sangmo Tony; Anderson, Jay; Brown, Tom; Guhathakurta, Puragra ; The Astrophysical Journal, Volume 753,

Issue 1, article id. 8, 14 pp. (2012). (Aufgerufen am 19.08.2014)

[http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/8/pdf/0004-637X\\_753\\_1\\_8.pdf](http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/8/pdf/0004-637X_753_1_8.pdf)

The M31 Velocity Vector. III. Future Milky Way M31-M33 Orbital Evolution, Merging, and Fate of the Sun ; van der Marel, Roeland P.; Besla, Gurtina; Cox, T. J.; Sohn, Sangmo Tony; Anderson, Jay ; The Astrophysical Journal, Volume 753, Issue 1, article id. 9, 21 pp. (2012). (ApJ Homepage) (Aufgerufen am 20.08.2014)

[http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/9/pdf/0004-637X\\_753\\_1\\_9.pdf](http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/9/pdf/0004-637X_753_1_9.pdf)

**Bildquellen:**

**Grafik in III.4:**

The M31 Velocity Vector. III. Future Milky Way M31-M33 Orbital Evolution, Merging, and Fate of the Sun van der Marel, Roeland P.; Besla, Gurtina; Cox, T. J.; Sohn, Sangmo Tony; Anderson, Jay: The Astrophysical Journal, Volume 753, Issue 1, article id. 9, 21 pp. (2012). (ApJ Homepage)

[http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/9/pdf/0004-637X\\_753\\_1\\_9.pdf](http://iopscience.iop.org/0004-637X/753/1/9/pdf/0004-637X_753_1_9.pdf)

**Bilder in IV.3:**

Aufgenommen von Hubble Space Telescope (Aufgerufen am 04.09.2014)

Antennengalaxie: <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1997/34/image/a/>

Hickson Compact Group 87: <http://apod.nasa.gov/apod/ap100706.html>

NGC 2207 und IC 2163: <http://www.spacetelescope.org/images/opo9941a/>

NGC 4676: <http://apod.nasa.gov/apod/ap040612.html>

Starfish-Galaxie: [http://planetstar.wikia.com/wiki/File:Starfish\\_Galaxy.jpg](http://planetstar.wikia.com/wiki/File:Starfish_Galaxy.jpg)

**Bild Nachthimmel in V.:**

Helmut Hetznecker, Giganten auf Kollisionskurs, Bild: Simulation der NASA (18.08.2014)

<http://www.spektrum.de/news/giganten-auf-kollisionskurs/1179943>

Ich habe diese Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benützt.

Ort

Datum

Unterschrift

---