

# Astronomisches Anfängerpraktikum

## Galaxienklassifikation

HEURITSCH Julia, 0904211

KENN Michael, 8725258

16.März 2011

### **Zusammenfassung**

Im ersten Teil dieser Praktikumseinheit werden insgesamt 38 Galaxien in den Galaxienhaufen Virgo und Abell 1060 vermessen und klassifiziert. Mit den gewonnenen Daten werden im zweiten Teil Entfernungsbestimmungen der beiden Haufen auf drei verschiedene Arten durchgeführt.

## **1 Einleitung**

### **Aufgabenstellung :**

Das Anfängerpraktikum Galaxienentwicklung besteht aus der Durchführung folgender Aufgabenstellungen:

1. Identifizieren gegebener Galaxien im Virgohaufen und Abell 1060.
2. Bestimmung der Durchmesser dieser Galaxien.
3. Austragen der relativen Helligkeiten der Tabelle 1
4. Bestimmung des Durchmessers in kpc der jener Objekte aus dem Virgo-Haufen, von denen der Typ schon gegeben ist. Entfernungsmodul=31.5.
5. Bestimmung der Neigung aller Objekte aus 1 (Annahme bei Scheibengalaxien: sie sind intrinsisch gleichförmig)

6. Auftragen der Gesamthelligkeiten  $m$  aus 1 gegen  $\log(D)$ . Dabei sollen wir nach ESO und Spiralgalaxien trennen.
7. Berechnung der mittleren Flächenhelligkeit der Galaxien mittels der gegebenen D25-Werte bestimmter Galaxien aus dem Virgohaufen.

**Aufnahmen :**

Die Aufnahme stammen vom United Kingdom Schmidt Teleskope (UKST) in Siding Spring, Australien.

**Hubble Schema :**

Am bekanntesten ist das Klassifikationssystem nach Hubble. Die Hubble-Sequenz ist ein morphologisches Ordnungsschema für Galaxien, das 1936 von Edwin Hubble entwickelt wurde und bis heute eingeschränkt in Verwendung ist. In diesem Schema (auch Stimmgabeldiagramm) stehen E0 bis E7 für elliptische Galaxien mit zunehmender Abplattung, Sa bis Sc für Spiralgalaxien, SBa bis SBc für Balkenspiralgalaxien und Ir oder auch Im (engl.) für irreguläre Galaxien. S0 und SB0 sind die Übergangstypen der linsenförmigen (oder lentikuläre) Galaxien. Für die Klassifikation werden die folgenden 4 Kriterien herangezogen:

1. die relative Größe von Kern (Bulge) und Scheibe (Disk)
2. der Öffnungswinkel der Spiralarme
3. der Grad der Ausprägung der Spiralarme (Auflösung in einzelne Strukturen)
4. Form des Kerns (Elliptizität  $(a-b)/a$  bei E-Galaxien bzw. das Vorhandensein eines Balkens bei Spiralgalaxien)

Die Beschriftung folgt dabei folgendem Schema:

- Das Größenverhältnis von zentralem rundlichem Bulge zur Scheibe nimmt von a nach c ab.
- Die Spiralarme werden von a nach c offener.
- Der Anteil von Staub und jungen Sternen nimmt von a nach c zu.

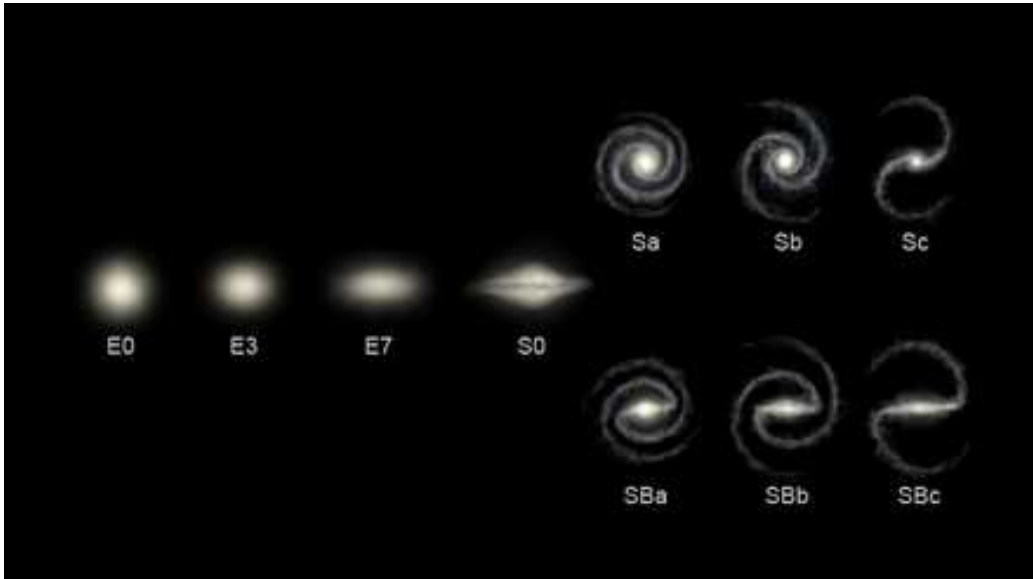


Abbildung 1: Hubble-Schema

## 2 Virgohaufen - Galaxienvermessung

Gegebene, gemessene und errechnete Parameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Das zweimalige Messen der Daten konnte nicht zur Gänze durchgeführt werden, da der Leuchttisch während der Messung auffällig geraucht und gerochen hat. In Folge mussten wir eine Alternativ-Möglichkeit finden: die beleuchtete Glasfläche eines Auslagetisches. Da dies jedoch Zeit gekostet hat, konnte die Messung nicht vollständig abgeschlossen werden. Interessant ist, dass die 2 Messungen der Durchmesser der Galaxien vom Virgohaufen stärker voneinander abweichen als die vom Abell 1060. Das kann dadurch begründet werden, dass die Galaxien vom Virgohaufen größer abgebildet und deren Strukturen daher leichter erkennbar sind. Die Definition der Grenze ist daher jedoch stark subjektiv.

### Identifikation der Galaxien :

Die Klassifikation erfolgte in Hubble-Typen.

### Entfernungen und Durchmesser :

Der Entfernungsmodul von 31.5 Magnituden entspricht einer Distanz von 20

Mpc. Einfache Trigonometrie liefert die Galaxiendurchmesser  $D$ .

$$D[\text{kpc}] \approx 0.097 \cdot D[']$$

Der Abbildungsmaßstab der Photoplatte ist  $67.1''/\text{mm}$ . Zur Berechnung der Galaxiendurchmesser haben wir nur die Hauptachsen  $a$  herangezogen. Da die Galaxiendurchmesser auf der Photoplatte ohne weiterreichende Hilfsmittel mit maximal  $0.1\text{mm}$  abgelesen werden können sind sämtliche Daten mit zumindest  $\pm 6.7''$  Ungenauigkeit behaftet. Das entspricht etwas weniger als  $\pm 1\text{kpc}$ .

Es hat sich gezeigt, dass speziell bei elliptischen Galaxien tendenziell der Trend vorliegt, die Durchmesser zu unterschätzen. Wir führen das darauf zurück, dass die Gesamtausdehnung dieser Galaxien mit freiem Auge offenbar nicht sichtbar ist.

#### **Neigung** :

Unter der Annahme, bei den Galaxien handelt es sich um flache Scheiben, errechnet sich der Neigungswinkel  $\alpha$

$$\alpha = \arccos \frac{b}{a}$$

Wie üblichen bezeichnen  $a$  und  $b$  die große und die kleiner Halbachse.

#### **Flächenhelligkeit** :

Bei der Flächenhelligkeit handelt es sich um eine entfernungsunabhängige Größe. Das erklärt sich so, dass sowohl die Fläche als auch die Gesamtleuchtkraft bei wachsender Entfernung quadratisch abnehmen. Das heißt, dass das Verhältnis Leuchtkraft pro Fläche, also die Flächenhelligkeit, konstant bleibt.

Unter der Annahme einer gleichmässigen Flächenhelligkeitsverteilung errechnet sich die durchschnittliche Oberflächenhelligkeit  $\mu/\text{arcsec}^2$  in Magnituden

$$\mu = m + \frac{5}{2} \log_{10} A$$

wobei  $m$  die relative Magnitude des Objekts und  $A = (\frac{D}{2})^2 \pi$  seine relative Fläche in Bogensekundenquadraten ist. Das Verhältnis des Lichtstroms  $L_{\text{gal}}$

der Galaxie gegenüber dem durchschnittlichen Hintergrundlichtstrom  $L_{\text{back}}$  ist dann gegeben durch

$$\frac{L_{\text{gal}}}{L_{\text{back}}} = 10^{-0.4(\mu_{\text{gal}} - \mu_{\text{back}})}$$

Bei guten Bedingungen kann man von einer durchschnittlichen Hintergrundhelligkeit  $\mu_{\text{back}} = 21.6$  ausgehen.

### **Größe-Helligkeit Relation :**

Abbildung 2 zeigt den annähernd linearen Zusammenhang zwischen dem Logarithmus des Durchmessers und der Helligkeit von Galaxien im Virgo Cluster. Elliptische Galaxien gleicher Größe sind demnach leuchtkräftiger als Spiralgalaxien. Grundsätzlich überdecken die elliptischen Galaxien auch einen um eine Magnitude helleren Leuchtkraftbereich.

## **3 Abell 1060 - Entfernungsbestimmung**

Zunächst haben wir, wie beim Virgohaufen, die Galaxien vermessen und katalogisiert. Danach haben wir eine Entfernungsbestimmung des Galaxienhaufens Abell 1060 auf drei verschiedenen Arten vorgenommen und verglichen.

### **Vermessung und Klassifikation :**

In Tabelle 2 sind die von uns gemessenen Parameter aufgelistet.

Wir haben 3 verschiedenen Methoden der Entfernungsbestimmung verglichen:

- Entfernungsbestimmung über Magnituden
- Entfernungsbestimmung über Galaxiendurchmesser
- Entfernungsbestimmung mittels Rotverschiebung

Dabei haben wir, wie vorgegeben, folgende Sets von Daten verwendet:

- 3-E: die drei hellsten elliptischen Galaxien bzw. S0-Galaxien
- 5-E: die fünf hellsten elliptischen Galaxien bzw. S0-Galaxien
- 3-S: die drei hellsten Spiralgalaxien

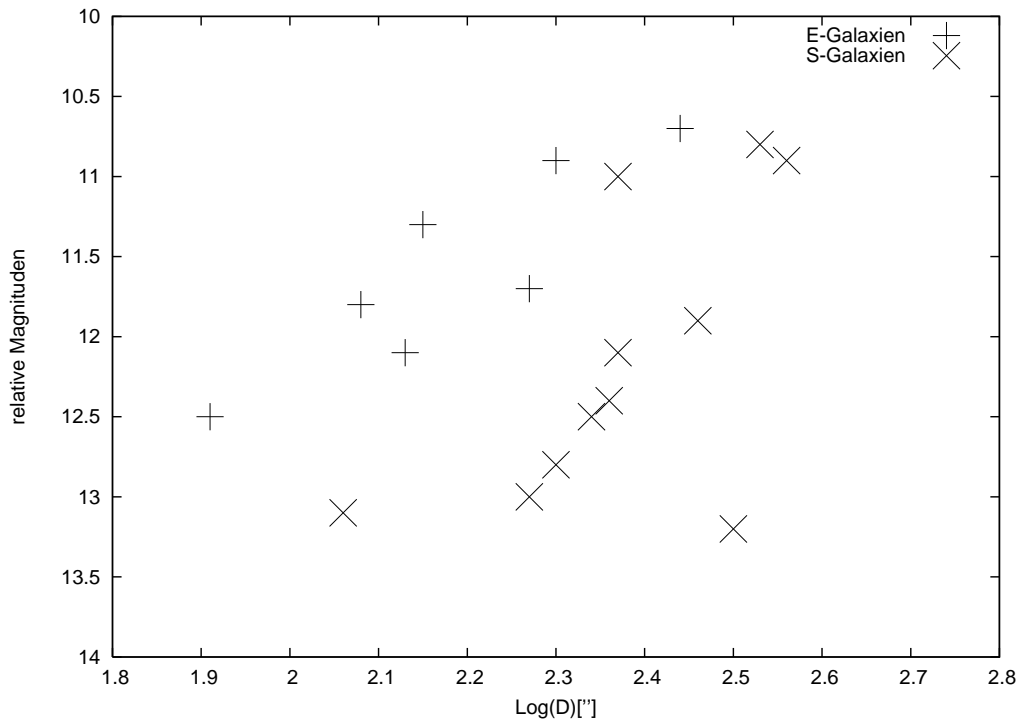


Abbildung 2: Abhängigkeit zwischen Größe und relativer Helligkeit von Galaxien im Virgohaufen. Größere Galaxien sind naturgemäß leuchtkräftiger. Interessant ist, dass elliptische Galaxien gleicher Größe leuchtkräftiger sind als Spiralgalaxien.

Objekt NGC#	rel. mag	Literatur			Messungen					Flächenhelligkeit		
		Typ	D["]	D[kpc]	Typ(M)	(J)	D[mm](M)	(J)	"	Neigung	$\mu$ [mag]	$L_G/L_H$
4294	13.0	SBc	186	18			2.8/1.0	2.5/0.8	188	70°	24.1	0.10
4299	13.1				Sb	Sc	1.7/1.3	1.2/1.2	114	40°		
4302	13.2				Sc	SBc	4.7/0.6	4.5/1.0	315	80°		
4321	10.8	Sc	414	40			5.1/5.1	5.0/4.5	342	0°	23.6	0.16
4371	12.1	SBa	234	23			3.5/1.4	3.5/1.2	235	70°	23.7	0.14
4374	10.9				E2	E2	3.0/2.4	3.0/2.5	201	n/a		
4379	n/a				E3	n/a	1.4/1.1	n/a	94	n/a		
4402	12.5				Sc	n/a	3.3/0.7	n/a	221	80°		
4431	n/a				E5	n/a	1.3/0.7	n/a	87	n/a		
4435	11.8				E3	n/a	1.8/1.3	n/a	121	n/a		
4440	n/a				SBab	n/a	1.9/1.5	n/a	127	40°		
4461	12.4	Sa	222	21			3.4/1.0	2.8/0.9	228	70°	23.9	0.12
4473	11.7	E5	270	26			2.8/1.6	3.0/1.4	188	n/a	23.6	0.16
4478	12.5				E2	n/a	1.2/1.0	n/a	81	30°		
4486	10.7	E0	432	42			4.1/3.3	3.5/3.5	275	n/a	23.6	0.16
4501	10.9	Sb	414	40			5.4/2.6	5.5/2.5	362	60°	23.7	0.14
4516	n/a				SBa	n/a	1.5/0.6	n/a	101	70°		
4548	11.9	SBb	324	31			4.3/3.5	4.2/3.2	289	40°	24.2	0.09
4552	11.3	S0(E0)	252	24			2.1/1.9	2.0/2.0	141	n/a	23.0	0.26
4564	12.1				E6	n/a	2.0/0.7	n/a	134	n/a		
4568	n/a				Sb	n/a	4.0/1.3	n/a	268	70°		
4571	12.8				Sb	n/a	3.0/2.8	n/a	201	20°		
4579	11.0				SBa	n/a	3.5/3.4	n/a	235	10°		

Tabelle 1: Gegebene, gemessene und errechnete Parameter von Galaxien im Virgo Galaxienhaufen

Objekt NGC#	Literatur		Messungen [MK]		Messungen [JH]	
	mag	V[km s <sup>-1</sup> ]	Typ	D[mm]	Typ	D[mm]
3285 A	14.0	n/a	Sc	1.0/0.7	Sbc	1.0/0.8
3285	13.2	3049	SBab	2.0/1.0	SBa	2.0/0.8
3285 B	14.0	2868	Sbc	1.1/0.7	SBc	1.1/0.5
3305	14.0	4549	E0	0.6/0.6	E0	0.6/0.6
3307	16.0	3616	SBa	0.6/0.3	SBa	0.5/0.2
3308	13.0	3687	S0	1.0/0.6	S0	1.0/0.6
3309	12.7	3801	E1	0.9/0.8	E1	0.8/0.6
3311	13.0	3575	S0	1.0/1.0	S0	1.0/1.0
IC 629 B	16.0	2461	E3	0.4/0.3	E2	0.3/0.2
3312	13.1	2512	Sb	3.1/1.0	Sb	2.6/1.0
3314	14.0	2635	SBa	1.4/0.5	Sa	1.1/0.4
3315	15.0	4555	SBa	0.7/0.3	SBa	0.7/0.3
3316	15.0	3752	SBa	0.7/0.4	Sa	0.6/0.4
IC 2597	13.0	2738	E2	1.0/0.8	S0	1.0/0.7
3336	13.0	3689	Sbc	1.8/1.5	Sb	1.8/1.4

Tabelle 2: Gegebene, gemessene und errechnete Parameter von Galaxien im Galaxienhaufen Abell 1060



- 5-S: die fünf hellsten Spiralgalaxien
- 5-G: die fünf hellsten Galaxien

In Tabellen 3 sind diese Galaxiengruppen mit ihren Mittelwerten angeführt. Es ist darauf zu achten, dass nicht Magnituden sondern nur die zugehörigen Flüsse gemittelt werden können.

### **Distanzabschätzung** :

Aus den gegebenen Daten kann nun das Verhältnis der Distanzen der beiden Galaxienhaufen bestimmt werden. Dabei werden die einzelnen Werte nochmals gemittelt. Über die Magnituden erhält man so eine Differenz von etwa 1.8 Magnituden, was einem Distanzfaktor von 2.3 entspricht. Zieht man die Größen der Galaxien heran, so ergibt sich ein Faktor 2.7 für das Verhältnis der Entfernungen von Abell 1060 und Virgo. Eine Distanzabschätzung mit Hilfe der Rotverschiebung ist insofern nicht sinnvoll, weil sich ja unsere lokale Gruppe gravitativ bedingt auf den Virgohaufen zubewegt. Das erklärt auch die durchschnittlich um den Faktor 2.9 größere Fluchtgeschwindigkeit von Abell 1060.

Zusammenfassend kann somit gesagt werden, dass sich Abell 1060 etwa 2.5 mal so weit entfernt befindet wie der Virgocluster, also 50 Mpc. Der Literaturwert beträgt 48 Mpc.

## **Literatur**

- [1] **Wikipedia - Hubble-Sequenz**,  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Hubble-Sequenz>

Virgo Cluster						Abell 1060					
Object	3-E	5-E	3-S	5-S	5-G	Object	3-E	5-E	3-S	5-S	5-G
4294						3285 A				X	
4299						3285			X	X	
4302						3285 B				X	
4321			X	X	X	3305		X			
4371				X		3307					
4374	X	X			X	3308	X	X			X
4379						3309	X	X			X
4402						3311	X	X			X
4431						IC 629 B					
4435		X				3312			X	X	
4440						3314					
4461						3315					
4473		X				3316					
4478						IC 2597		X			X
4486	X	X			X	3336			X	X	X
4501			X	X	X	$\bar{m}$	12.9	13.1	13.1	13.5	12.9
4516						$\bar{D}[\text{mm}]$	1.0	0.9	2.3	1.8	1.1
4548				X		$\bar{D}['']$	65	60	154	121	76
4552	X	X									
4564											
4568											
4571											
4579			X	X	X						
$\bar{m}$	11.0	11.3	10.9	11.3	10.9						
$\bar{D}[\text{mm}]$	3.1	2.8	4.7	4.4	4.2						
$\bar{D}['']$	206	185	313	293	283						

Tabelle 3: Vergleich von Parametern der beiden Galaxienhaufen Virgo und Abell 1060