

## Durchführung

Wir mussten einfach einen Negativabzug der Fotoplatte auf einem Projektor legen und auf diese eine durchsichtige Folie mit Klebestreifen befestigen. Anschließend suchten wir die Galaxien mittels den angegebenen Koordinaten und bestimmten ihren Typ, Durchmesser und etwaige Besonderheiten. Hierzu verwendeten wir eine Lupe mit Skala, welche wir zum Messen des Durchmessers (wobei wir immer den größten und wenn erforderlich den kleinsten (bei Subtypenbestimmen von E-Galaxien und Neigung von Spiralgalaxien im Virgo-Haufen)), verwendeten. Die untersuchten Galaxien wurden auf der Folie eingekreist und markiert. Aus den hiermit gewonnenen und uns bereits zur Verfügung gestellten Daten errechneten wir anschließend die gesuchten Größen.

## Auswertung

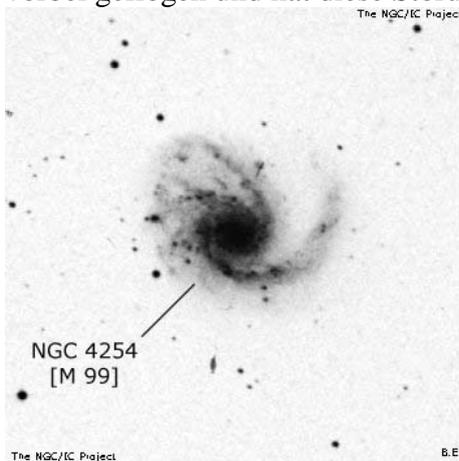
### 2.1.1

Folie mit Identifizierung beigelegt

Bei folgenden Galaxien wurden Besonderheiten festgestellt:

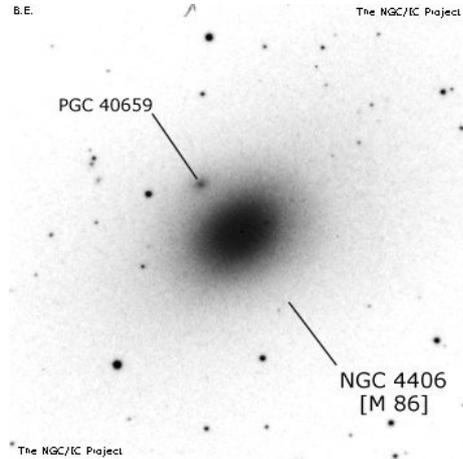
#### *NGC 4254*

Die Spiralgalaxie NGC 4254 (M99) zeigt eine deutliche Störung in einem Arm. Vermutlich ist eine andere Galaxie vor nicht allzu langer Zeit an ihr entgegen ihrer Rotationsrichtung vorbei geflogen und hat diese Störung verursacht.



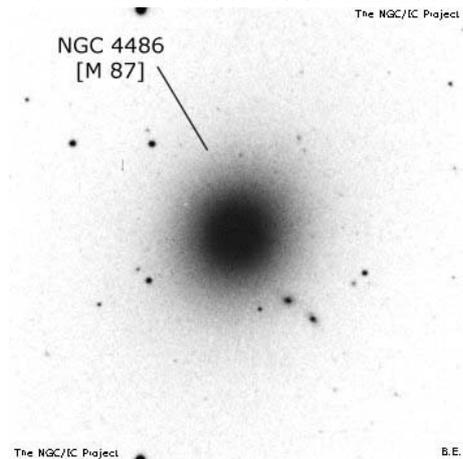
### NGC 4406

Bei der Elliptischen Galaxie NGC 4406 (M86) ist ein weiteres diffuses Objekt im Halo zu erkennen. Leider ließ sich durch Beobachtung allein nicht feststellen ob es sich hierbei um eine Begleitgalaxie oder nur um ein anderes Objekt in Sichtlinie handelt. Durch Nachforschungen konnten wir feststellen, dass es sich hierbei um eine elliptische Zwerggalaxie namens PGC 40659 handelt.



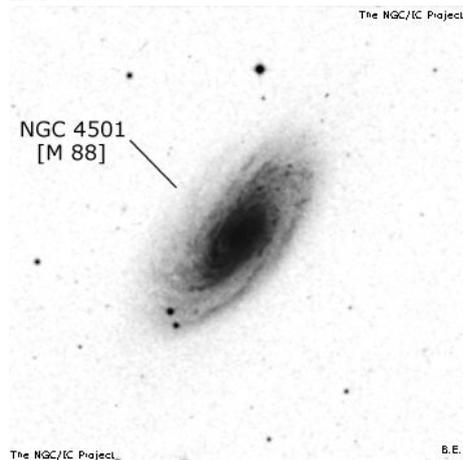
### NGC 4486

Am Rand der Elliptischen Galaxie NGC 4486 (M87) sind 2 kleine diffuse Objekte sichtbar. Vermutlich handelt es sich hierbei um 2 Begleitgalaxien.



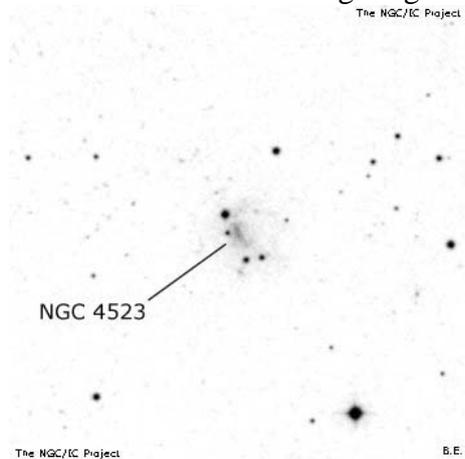
### NGC 4501

Die Spiralgalaxie NGC 4501 (M88) sticht durch viele eng beisammen gewundene Spiralarms heraus.



### NGC 4526

Die Balkenspiralgalaxie NGC 4526 ist kaum als solche zu erkennen. Der Balken in Zentrum war zwar noch halbwegs sichtbar, doch die Spiralarme herum erscheinen sehr unregelmäßig. Dies ist vielleicht auf die geringe Helligkeit der Galaxie zurückzuführen.



### 2.1.2

Die von uns gemessenen Durchmesser sind in der Tabelle in Anhang 1 zu finden.

Das Messen des Durchmessers einer Galaxie ohne genaue Messinstrumente ist eine sehr subjektive Unterfangen. In den Messwerten wurde ein tendenzieller Unterschied zwischen beiden Messpersonen festgestellt. Eine Messperson schätzte im Allgemeinen die Galaxien ein wenig größer ein als die andere, doch die Abweichung ist überraschender Weise geringer als erwartet. Doch bei der Berechnung der Neigung (in welche das Verhältnis der scheinbaren großen und kleinen Halbachse einer Galaxie eingeht) ergaben sich bei beiden Messpersonen fast die gleichen Werte, womit gezeigt war, dass es wirklich bei einer der Personen zu tendenziell großzügigeren Schätzungen kam, was die Begrenzung der Galaxie betraf. Vergleicht man nun die von uns gemessenen Durchmesser mit dem  $D_{25}$  aus der Tabelle zu zeigt sich, dass im Schnitt  $D_{25}$  um  $1/3$  größer ist als unsere bestimmten Durchmesser.

### 2.1.3

Aus dem Entfernungsmodul von 31,5m ergibt sich für den Virgohaufen durch Anwenden der Formel

$$r = 10^{\frac{(m-M)+5}{5}}$$

eine Entfernung von ca. 20Mpc. Die Durchmesser der Galaxien in kpc erhält man in dem man die Entfernung und die Winkeldurchmesser in folgende Näherungsformel (gültig nur für  $e \gg D$ ) einsetzt.

$$D[kpc] = \frac{e[kpc] \cdot d[rad]}{2}$$

Die sich daraus ergebende Werte sind in der Tabelle in Anhang 1 zu finden.

### 2.2.1

Die Messdaten zu diesem Punkt sind auch in der Tabelle in Anhang 1 aufzufinden.

Die Neigung einer Galaxie lässt sich (natürlich unter der Annahme sie ist kreisförmig) aus dem Verhältnis der großen und kleinen Halbachse der scheinbaren (wegen Projektionseffekt) Ellipse berechnen. Hierzu wurde folgende Formel verwendet.

$$\arccos\left(\frac{b}{a}\right) = \alpha$$

### 2.2.2

Unter der Annahme, dass die Flächenhelligkeit über die ganze Galaxie konstant wäre, wäre ein linearer Zusammenhang zwischen der Helligkeit (in Magnituden) und dem  $\log(D)$  zu erwarten. Eigentlich würde die Helligkeit (in linearen Maß) unter diesen Bedingungen quadratisch mit dem Durchmesser steigen, doch auf Grund der Eigenschaft des Logarithmus erhalten wir die Beziehung

$$m \sim \log(D)$$

Da Elliptische Galaxien im Allgemeinen regelmäßiger geformt sind als Spiralgalaxien und auch weiters hier die Neigungseffekte geringer sind, passt bei E und S0 Galaxien natürlich der Zusammenhang besser als Spiralgalaxien.

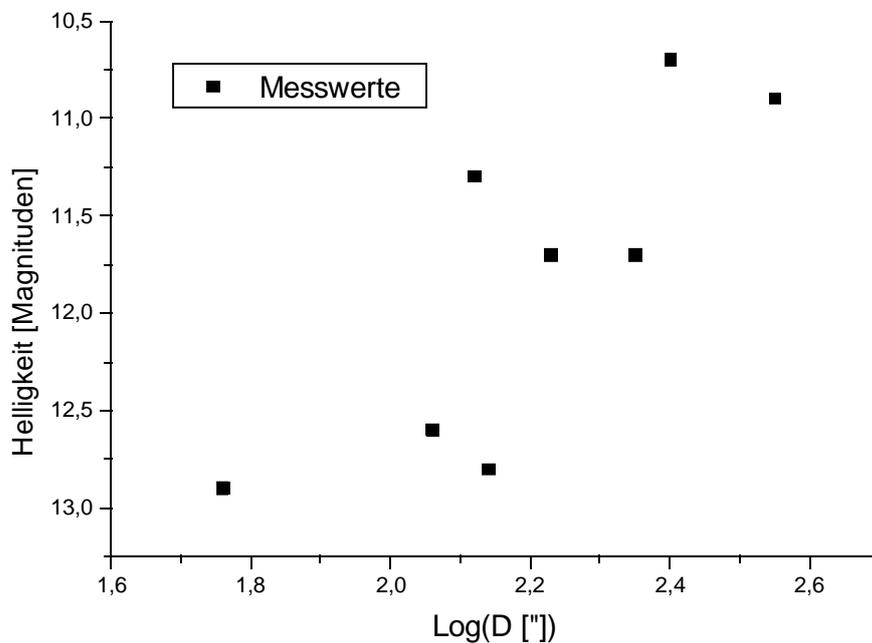


Abb.: Die Helligkeit der E- und S0-Galaxien zeigt eine klare lineare Korrelation mit dem Logarithmus des Winkeldurchmessers.

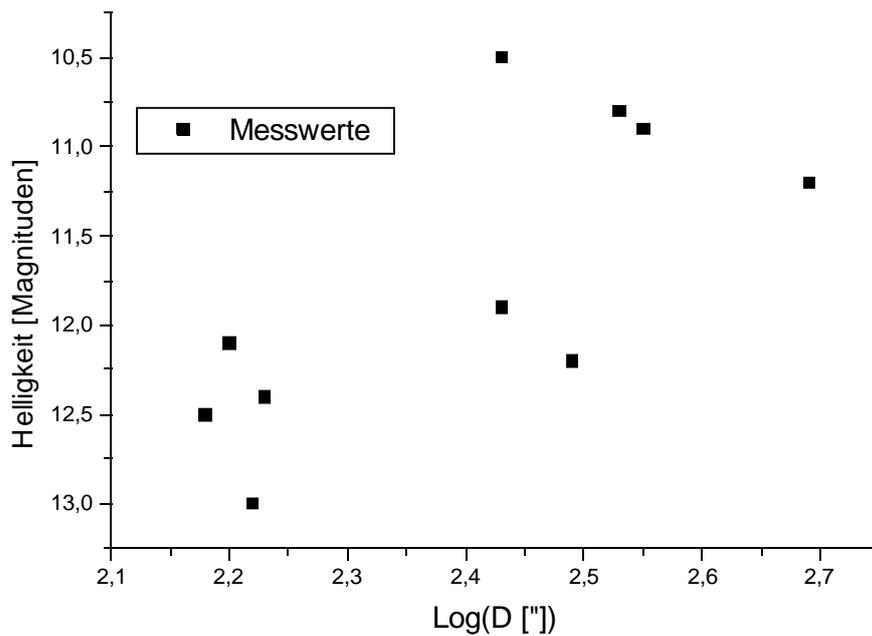


Abb.: Der Zusammenhang zwischen Helligkeit und  $\log(D)$  ist bei Spiralgalaxien zwar erkennbar, aber weniger deutlich. Auffällig ist dass das hellste Objekt stark von der Korrelation abweiche. Bei ihm handelt sich um die bereits als gestört erkannte M99.

### 2.2.3

Zuerst wurden die Helligkeiten welche im logarithmischen Maß Magnituden gegeben waren in, eine lineares Maß umgewandelt. Hierzu verwendet ich die gängige Umrechnungsformel Intensitäten, wobei ich auf Magnitude 0 = Intensität 1normierte:

$$I = 10^{-0,4m}$$

Die Fläche der Galaxie wurde mit der Formel

$$A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi$$

errechnet. Die Flächenhelligkeit(in Magnituden) erhält man dann mittels

$$FH = \frac{\log(I/A)}{-0,4} H[\% HG] = \frac{100 * 10^{-0,4FH}}{10^{-0,4HGH}}$$

Und die Flächenhelligkeit in % der Hintergrundhelligkeit bekommt man mittels der Formel:

$$H[\% HG] = \frac{100 * 10^{-0,4FH}}{10^{-0,4HGH}}$$

Leider erhalten wir Werte die nur im Bereich von 10-20% der Hintergrundhelligkeit liegen und somit nicht sichtbar wären, wenn die Helligkeit homogen über die Galaxie verteilt ist.

### 2.2.4

Die Leuchtkräfte der Galaxien kann man berechnen indem man sich ihre absolute Helligkeit errechnet und danach über diese ihre Leuchtkräfte mit den Werten der Sonne vergleicht. Es zeigt sich somit, dass sie sich die Leuchtkräfte der Galaxien zwischen  $9 \cdot 10^{35} \text{W}$  und  $9 \cdot 10^{36} \text{W}$  bewegen, also mehrere Milliarden Sonnenleuchtkräfte, was zu erwarten war.

### 2.3

Die gemessen Durchmesser und Typen der Galaxien sind in der Tabelle in Anhang 2.

<i>Virgohaufen</i>		<i>Abell 1060</i>		Relativentfernung Abell 1060/Virgohaufen
5 hellsten E/S0		5 hellsten E/S0		
MW D	226,13	MW D	54,64	4,1
MW m	11,2	MW m	13,1	4,2
3 hellsten E/S0		3 hellsten E/S0		
MW D	244,92	MW D	64,86	3,8
MW m	10,9	MW m	12,9	4,1
5 hellsten S		5 hellsten S		
MW D	342,21	MW D	88,57	3,9
MW m	11,0	MW m	13,4	3,3
3 hellsten S		3 hellsten S		
MW D	318,73	MW D	105,12	3,0
MW m	10,7	MW m	13,1	3,3
5 hellsten gesamt		5 hellsten gesamt		
MW D	312,02	MW D	73,14	4,3
MW m	10,7	MW m	12,9	3,7

*D immer in Bogensekunden und m immer in Magnituden*

Weiters erhält man aus den gegebenen Radialgeschwindigkeiten ein Relativentfernung on Abell 1060 zum Virgohaufen von 2,9.

Die Werte für die Relativentfernung der beiden Galaxienhaufen schwanken zwischen 2,9 und 4,3. Die 5 bzw. 3 hellsten E/S0 Galaxien liefern sehr einheitliche Werte, welcher aber deutlich höher sind als der Wert aus der Radialgeschwindigkeitsmethode. Diese Methode ist die einzige von denen, welche nicht voraussetzt, dass die hellsten Galaxien in einem Haufen überhaupt zuverlässig vergleichbar sind. Auf jeden Fall handelt es sich bei Galaxien um Individuen und um keine Standardkerzen. Daher wäre es einmal schon unklug Galaxientypen zu in einem Vergleich zu mischen. Um systematische Fehler zu vermeiden haben wir beim Virgohaufen nicht die vorgebenden  $D_{25}$  verwendet sondern auch unserer eigenen Messwerte. Wenn man über alle Relativentfernungen mittelt erhält man eine Wert von  $(3,7 \pm 0,5)$ . Vermutlich wird die wahre Relativentfernung irgendwo um 3,5 liegen, da einerseits die Radialgeschwindigkeitsbestimmung als sehr genau Methode bekannt ist, jedoch liefert sie hier den niedrigsten Wert und andererseits Elliptische Galaxien einheitlicher Objekte sind als Spiralgalaxien, jedoch liefern die E-Galaxien die höchsten Werte.

## Anhang 1: Tabelle Virgohaufen

		Christoph Saulder				Bernhard Wenzel													
Galaxie	Typ	D [mm]	D ["]	b [mm]	Neigung [°]	D [mm]	D ["]	b [mm]	Neigung [°]	Helligkeit [m]	D <sub>25</sub> [0,1']	D <sub>25</sub> ["]	D [kpc]	D <sub>Mittel</sub> ["]	I <sub>normiert</sub>	Fläche ["] <sup>2</sup>	Flächenhelligkeit [m/"] <sup>2</sup>	Flächenhelligkeit [% HGH]	
NG C	4254 Sb	4,0	268,40	3,5	29	4,0	268,40	3,5	29	10,5				268,40	6,31*10 <sup>-5</sup>				
NG C	4267 S0	1,6	107,36	1,5	20	1,8	120,78	1,6	27	12,6				114,07	9,12*10 <sup>-6</sup>				
NG C	4294 SBc	2,5	167,75	0,9	69	2,5	167,75	0,9	69	13,0	31	186	18,0	167,75	6,31*10 <sup>-6</sup>	27172	24,1	10,14	
NG C	4298 Sc	2,0	134,20	1,0	60	2,5	167,75	1,5	53	12,5				150,98	1,00*10 <sup>-5</sup>				
NG C	4321 Sc	5,0	335,50	4,5	26	5,0	335,50	4,5	26	10,8	69	414	40,0	335,50	4,79*10 <sup>-5</sup>	134614	23,6	15,52	
NG C	4371 SB	2,2	147,62	1,2	57	2,5	167,75	1,4	56	12,1	39	234	22,6	157,69	1,45*10 <sup>-5</sup>	43005	23,7	14,67	
NG C	4388 SB	4,7	315,37	0,9	79	4,5	301,95	1,0	77	12,2				308,66	1,32*10 <sup>-5</sup>				
NG C	4406 E3	3,5	234,85			7,0	469,70			10,9				352,28	4,37*10 <sup>-5</sup>				
NG C	4421 SBa	1,4	93,94	0,9	50	1,8	120,78	1,0	56					107,36					
NG C	4429 S0	2,7	181,17	1,0	68	4,0	268,40	1,8	63	11,7				224,79	2,09*10 <sup>-5</sup>				
NG C	4458 E0	0,7	46,97			1,0	67,10			12,9				57,04	6,92*10 <sup>-6</sup>				
NG C	4461 Sa	2,6	174,46	0,8	72	2,5	167,75	1,0	66	12,4	37	222	21,5	171,11	1,10*10 <sup>-5</sup>	38708	23,9	12,37	
NG C	4473 E5	2,1	140,91			3,0	201,30			11,7	45	270	26,1	171,11	2,09*10 <sup>-5</sup>	57256	23,6	15,93	
NG C	4486 E0	3,0	201,30			4,5	301,95			10,7	72	432	41,8	251,63	5,25*10 <sup>-5</sup>	146574	23,6	15,63	
NG C	4501 Sb	5,0	335,50	2,5	60	5,5	369,05	2,6	62	10,9	69	414	40,0	352,28	4,37*10 <sup>-5</sup>	134614	23,7	14,15	
NG C	4503 S0	1,6	107,36	0,8	60	2,5	167,75	1,0	66	12,8				137,56	7,59*10 <sup>-6</sup>				

NG C	4523	SBc	1,4	93,94	1,3	22	1,5	100,65	1,5	0					97,30				
NG C	4548	SBb	4,0	268,40	3,0	41	4,0	268,40	3,5	29	11,9	54	324	31,3	268,40	$1,74 \cdot 10^{-5}$	82448	24,2	9,20
NG C	4552	S0(E0)	1,4	93,94			2,5	167,75			11,3	42	252	24,4	130,85	$3,02 \cdot 10^{-5}$	49876	23,0	26,43
NG C	4567	Sb	1,6	107,36	1,0	51	2,0	134,20	1,4	46					120,78				
NG C	4569	Sb	7,5	503,25	3,0	66	7,0	469,70	3,0	65	11,2				486,48	$3,31 \cdot 10^{-5}$			
NG C	4608	SBa	1,2	80,52	0,7	54	1,8	120,78	0,8	64					100,65				
NG C	4621	E4	1,8	120,78			2,5	167,75							144,27				

## Anhang 2: Tabelle Abell 1060

Christoph Saulder Bernhard Wenzel

Galaxie	Typ	D [mm]	D ["]	D [mm]	D ["]	D <sub>Mittel</sub> ["]	v [km/s]	Helligkeit [m]	I <sub>normiert</sub>
NG C 3285A	Sb	0,7	46,97	0,8	53,68	50,33		14,0	2,51*10 <sup>-6</sup>
NG C 3285	Sb	0,6	40,26	0,7	46,97	43,62	3049	13,2	5,25*10 <sup>-6</sup>
NG C 3285B	SBb	1,2	80,52	1,1	73,81	77,17	2868	14,0	2,51*10 <sup>-6</sup>
NG C 3305	E2	0,5	33,55	0,7	46,97	40,26	4549	14,0	2,51*10 <sup>-6</sup>
NG C 3307	S0	0,5	33,55	0,6	40,26	36,91	3616	16,0	3,98*10 <sup>-7</sup>
NG C 3308	E3	0,9	60,39	1,0	67,10	63,75	3687	13,0	6,31*10 <sup>-6</sup>
NG C 3309	E1	0,7	46,97	1,0	67,10	57,04	3801	12,7	8,32*10 <sup>-6</sup>
NG C 3311	S0	1,2	80,52	1,0	67,10	73,81	3575	13,0	6,31*10 <sup>-6</sup>
IC 629	E3	0,3	20,13	0,4	26,84	23,49	2461	16,0	3,98*10 <sup>-7</sup>
NG C 3312	Sb	2,6	174,46	2,6	174,46	174,46	2512	13,1	5,75*10 <sup>-6</sup>
NG C 3314	S merge S	1,0	67,10	1,2	80,52	73,81	2635	14,0	2,51*10 <sup>-6</sup>
NG C 3315	E7	0,6	40,26	0,6	40,26	40,26	4555	15,0	1,00*10 <sup>-6</sup>
NG C 3316	SBa	0,6	40,26	0,5	33,55	36,91	3752	15,0	1,00*10 <sup>-6</sup>
IC 2597	S0	1,2	80,52	1,0	67,10	73,81	2738	13,0	6,31*10 <sup>-6</sup>
NG C 3336	Sc	1,5	100,65	1,4	93,94	97,30	3689	13,0	6,31*10 <sup>-6</sup>