

Visueel waarnemen

De rol van achtergrondhelderheid, contrast,
vergroting en aperture

© Jan van Gastel

december, 2006

Deepsky objecten

- Puntbronnen: sterren
- Uitgebreide objecten: galaxies, planetaire nevels etc.

Gerelateerde begrippen

- *Achtergrondhelderheid*: in magnitude per boogmin² of boogsec²
- *Oppervlaktehelderheid* : in magnitude per boogmin² of boogsec²
- *Contrast*: verschil tussen achtergrondhelderheid en oppervlaktehelderheid
- *Drempelwaarde contrast*: nog net waarneembaar contrast
- *Magnitude*: totale hoeveelheid licht die ons bereikt, ongeacht de grootte van het object
- *Grensmagnitude*: zwakste ster te zien met blote oog onder bepaalde omstandigheden

achtergrondhelderheid

Bepalen achtergrondhelderheid

- **Subjectief:** grensmagnitude
- **Objectief:** meten (SQM)

Relatie achtergrondhelderheid - grensmagnitude

- Van achtergrondhelderheid nr. grensmagnitude

$$AH = 21.58 - 5 \log(10^{(1.586 - G/5)} - 1)$$

- Van grensmagnitude naar achtergrondhelderheid

$$G = 7.97 - 5 \log(1 + 10^{(4.316 - AH/5)})$$

oppervlaktehelderheid

oppervlaktehelderheid

- Belangrijk bij uitgebreide objecten
- Te berekenen uit magnitude en afmetingen:
 $OH = M + 2.5 \log(\text{oppervlakte})$
- Omgekeerd:
 $M = OH - 2.5 \log(\text{oppervlakte})$
 - M = geïntegreerde magnitude
 - OH = oppervlaktehelderheid

Voorbeeld oppervlaktehelderheid

Stel de complete hemel in de Alpen zien we als één object met oppervlaktehelderheid 21.6 mag/boogsec²

$$M = 21.6 - 2.5 \log(\pi * ((10800 * 10800) / 4) * 3600) = -7.2$$

Dus: de geïntegreerde mag. van deze donkere hemelachtergrond is gelijk aan die van een ster van magnitude -7.2

aperture

Aperture: diameter objectief

Meer aperture:

- meer opgevangen licht
- meer vergroting mogelijk
- Zwakkere objecten zichtbaar

Meer aperture: sterren

- Meer lichtopbrengst
- Hogere vergroting mogelijk, dus **hoger contrast** omdat de achtergrond donkerder wordt door uitsmering en de ster niet
- **Resultaat:** Zwakkere sterren zichtbaar

Meer aperture: uitgebreide objecten

- Helderder achtergrond bij gelijke vergroting, dus gunstiger drempelwaarde
- Hogere vergroting mogelijk voordat drempelwaarde wordt bereikt

vergroting

Hogere vergroting

- Maakt zwakkere sterren zichtbaar
- Maakt zwakkere uitgebreide objecten zichtbaar

Via verschillende mechanismen

Het effect van vergroting: sterren

- Sterren zijn **puntbronnen**, **niet** uitgesmeerd door vergroting
- achtergrondlicht **wel** uitgesmeerd, daarom zwakkere sterren zichtbaar door *groter contrast* met achtergrond
- maakt effect van lichtvervuiling **(groten)deels** ongedaan

Tabel: achtergrondhelderheid, vergroting en grensmagnitude

Pupil	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.9	6.2	6.6
?	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.6
7.0	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.9	6.2	6.6
6.5	4.14	4.43	4.92	5.22	5.61	6.00	6.29	6.68
6.0	4.29	4.66	5.05	5.44	5.72	6.10	6.38	6.76
5.5	5.44	4.81	5.19	5.57	5.84	6.21	6.48	6.85
5.0	4.60	4.97	5.34	5.71	5.96	6.32	6.58	6.94
4.5	4.78	5.14	5.50	5.85	6.10	6.44	6.69	7.03
4.0	4.98	5.32	5.67	6.01	6.24	6.57	6.80	7.13
3.5	5.19	5.52	5.85	6.18	6.39	6.71	6.92	7.23
3.0	5.42	5.74	6.05	6.36	6.56	6.85	7.04	7.33
2.5	5.69	5.98	6.28	6.56	6.73	7.01	7.18	7.44
2.0	5.99	6.26	6.52	6.78	6.93	7.17	7.32	7.58
1.5	6.34	6.57	6.80	7.03	7.14	7.35	7.47	7.68
1.0	6.76	6.94	7.13	7.30	7.37	7.55	7.64	7.81
0.5	7.28	7.39	7.50	7.62	7.64	7.77	7.82	7.95

Vergroting: uitgebreide objecten

- Achtergrondlicht en licht van DSO wordt *in gelijke* mate uitgesmeerd
- dus: *contrast verandert niet*
- Vergroting *compenseert dus niet* de lichtvervuiling

Vergroting en zichtbaarheid uitgebreid DSO: mechanisme

- De **hoekgrootte** van het DSO neemt toe
- *Daarom* (beter) zichtbaar, want:
- **Meer** fotonen treffen gevoelige detectoren (rods) in het oog

Eigenschappen oog

➤ Ziet **lager** contrast bij **helderder** achtergrond

dus: je ziet DSO's
beter met **meer**
aperture bij gelijke
vergroting

➤ Ziet bij **laag** contrast
geen kleine objecten

dus: je ziet grotere
DSO's beter dan
kleine **bij laag**
contrast

Belangrijkste verschil sterren uitgebreide objecten

Bij waarnemen van uitgebreide objecten is het **niet mogelijk** om met behulp van je telescoop het contrast tussen object en achtergrond te verhogen

Twee tegengestelde mechanismen bij vergroting van uitgebreide objecten

- Object **slechter zichtbaar** door donkerder achtergrond, want oog ziet laag-contrast objecten beter bij meer licht; contrast nadert hierdoor dus de **drempelwaarde**
- Objecten **beter zichtbaar** door:
 - toename hoekgrootte
 - helderder achtergrond bij gelijke vergroting

Wie wint het?

Het naderen van de drempelwaarde door donkerder maken van achtergrond **gaat sneller** dan het positieve effect van toename hoekgrootte.

Een voorbeeld

Berekend met programma:

Optimum Detection Magnification van
Mel Bartels.

Voorbeeld 6: obj. mag. 12, beide assen 2'
achtergrond 19 mag.boogsec²
500 mm aperture

- Sky Background 19.00
- Object Without Telescope 22.13
- Reduction Due to ODM 0.40
- Object in Scope at ODM 22.53
- Obj+Back in Scope at ODM 19.34
- Background in Scope at ODM 19.40
- Log Object Contrast -1.25
- Log Threshold Contrast -1.25
- Log Contrast Difference 0.00

*** The Object is NOT Detectable ***

Voorbeeld 7: obj. mag. 12, beide assen 2'
achtergrond 21.7 mag.boogsec²,
100 mm aperture.

- Sky Background 21.70
- Object Without Telescope 22.13
- Reduction Due to ODM 2.25
- Object in Scope at ODM 24.39
- Obj+Back in Scope at ODM 23.40
- Background in Scope at ODM 23.95
- Log Object Contrast -0.17
- Log Threshold Contrast -0.27
- Log Contrast Difference 0.10
- Optimum Detection magnification 32

conclusie

Voor het waarnemen van uitgebreide, zwakke DSO's is een donkere hemel het belangrijkste, omdat die als enige factor het contrast verhoogd.

Vooraf bepalen zichtbaarheid?

Relevante factoren:

- Achtergrondhelderheid
- Helderheid object
- Telescoop (aperture, baffeling)
- Ervaring waarnemer
- Lichtverdeling object

Dus: niet voor iedereen en overal eenduidig vast te stellen

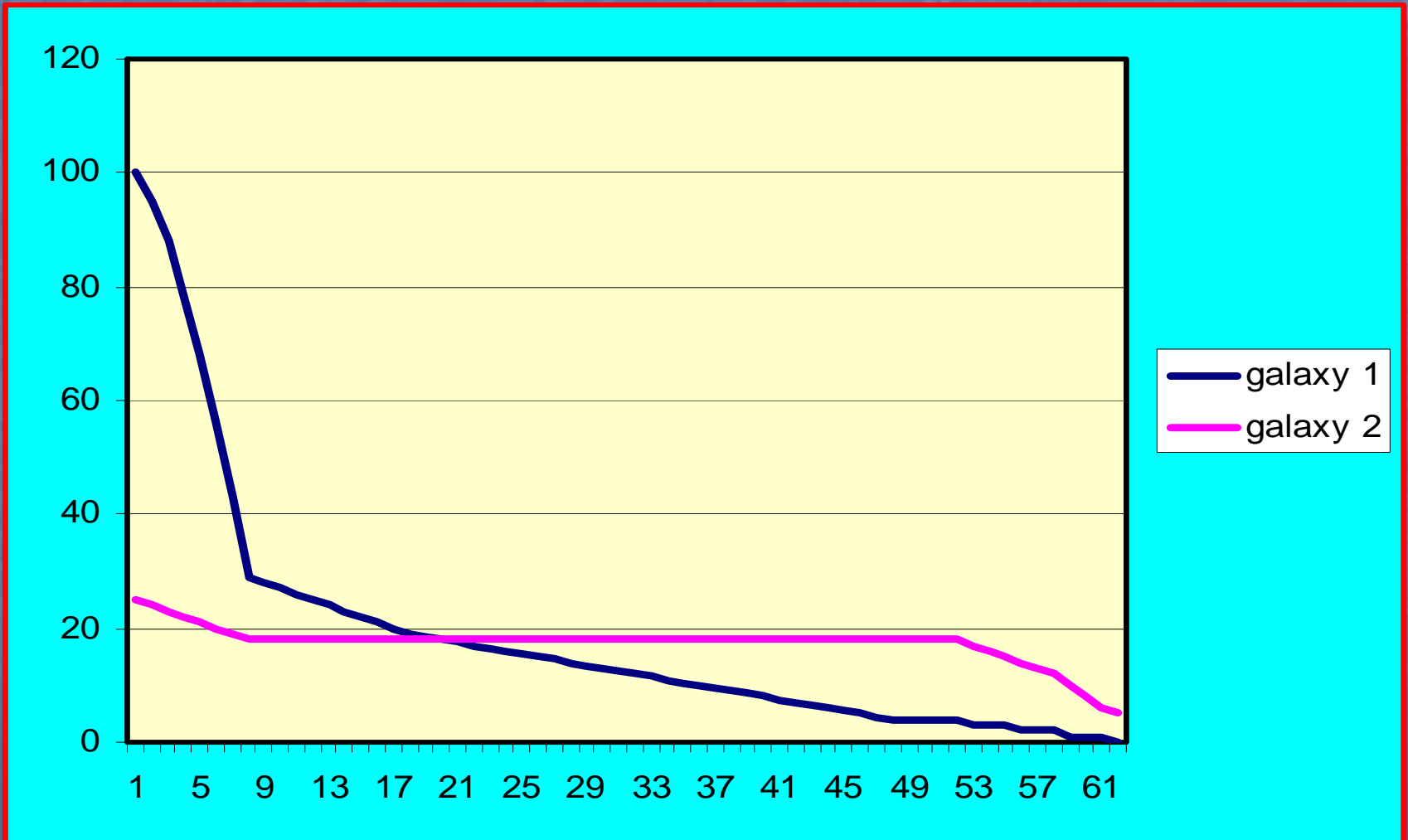
Wanneer is object zichtbaar in een bepaalde telescoop?

- Clark: Optimum Magnified Visual Angle
- Bartels: Optimum Detection Magnification
- Luginbuhl en Skiff: Surface Brightness
(15cm -> 13; 25cm->14; 30 cm->14.5 mag/boogmin²)

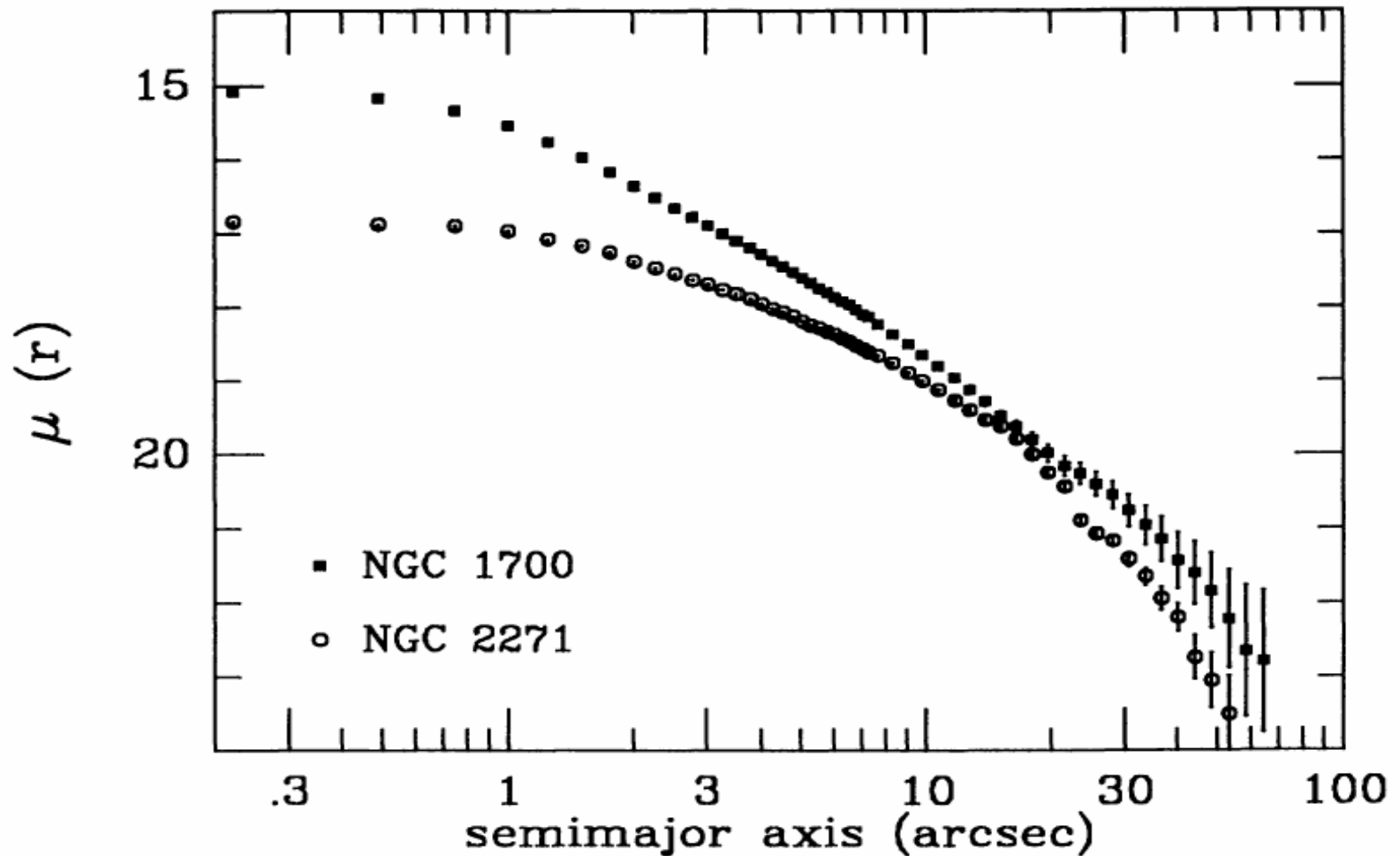
Probleem met zichtbaarheids formules

Gaan impliciet uit van gelijke lichtverdeling
over het gehele oppervlak, hetgeen vaak
niet realistisch is

Lichtverloop in 2 even grote galaxies van dezelfde magnitude



Lichtverdeling in twee galaxies



Andere methoden

- **Bert Dekker**: $Z = 2M_v + 2.5 \log(A) - 13 < 12$,
(waarin: M_v = magnitude, A = oppervlakte in boogmin²)
- **Brian Rachford**: gaat uit van ongelijke lichtverdeling over het object

Wat doet Bert?

- Trekt de voor zijn telescoop op zijn waarneemplaats **maximaal haalbare** oppervlaktehelderheid (13) af van de opgegeven oppervlaktehelderheid
- Telt bij de uitkomst de oppervlaktehelderheid van ruim 1 boogmin² (= magnitude object) weer op

Wat doet Brian?

- Gaat er van uit dat je van zwakke objecten alleen het heldere centrum ziet
- Gaat daarom uit van de hoeveelheid licht in het centrum van het object

M	Major	Minor	Vmag	Avg SB	V(.5)	V(1.0)	V(2.0)	SB(0.5)	SB(1)	SB(2)	Z
32	8.7	6.5	8.1	21.1	9.6	9.1	8.7	7.8	8.8	9.9	7.3
31	####	61.7	3.4	22.2	9.1	8.0	7.0	7.3	7.7	8.2	3.8
33	70.8	41.7	5.7	23.0	12.5	11.5	10.0	10.7	11.2	11.2	6.8
74	10.5	9.6	9.4	23.0	12.8	11.9	10.9	11.0	11.6	12.1	10.5
77	7.1	6.0	8.9	21.6	10.3	9.8	9.4	8.5	9.5	10.6	8.5
81	26.9	14.1	6.9	22.0	10.0	9.2	8.5	8.2	8.9	9.7	7.1
82	11.2	4.3	8.4	21.2	10.9	10.2	9.4	9.1	9.9	10.6	7.7
95	7.4	5.0	9.7	22.3	12.0	11.1	10.5	10.2	10.8	11.7	10.1
96	7.6	5.3	9.3	21.9	11.2	10.6	10.0	9.4	10.3	11.2	9.2
65	9.8	2.9	9.3	21.6	11.4	10.7	10.0	9.6	10.4	11.2	9.0
66	9.1	4.2	8.9	21.5	11.2	10.4	9.8	9.4	10.1	11.0	8.5
98	9.8	2.8	10.1	22.3	12.5	11.7	11.0	10.7	11.4	12.2	10.6
99	5.4	4.7	9.9	22.0	12.2	11.3	10.6	10.4	11.0	11.8	10.0
61	6.5	5.8	9.7	22.2	12.1	11.3	10.4	10.3	11.0	11.6	10.0
84	6.5	5.6	9.1	21.6	11.0	10.4	9.9	9.2	10.1	11.1	8.8
85	7.1	5.5	9.1	21.7	11.1	10.5	10.0	9.3	10.2	11.2	8.9
86	8.9	5.8	8.9	21.8	11.3	10.6	10.1	9.5	10.3	11.3	8.8
49	10.2	8.3	8.4	21.9	10.8	10.1	9.5	9.0	9.8	10.7	8.4
87	8.3	6.6	8.6	21.6	11.1	10.3	9.7	9.3	10.0	10.9	8.3
88	6.9	3.7	9.6	21.8	11.9	11.0	10.3	10.1	10.7	11.5	9.5
91	5.4	4.3	10.2	22.2	12.3	11.6	10.9	10.5	11.3	12.1	10.4
89	5.1	4.7	9.8	21.8	11.2	10.7	10.4	9.4	10.4	11.6	9.7

Extreem voorbeeld: gelijkmatig verlicht object van magnitude -1, met diameter 180°

➤ $ASB = -1 + 2.5 \log(5400^2 \cdot \pi) = 18.9$
mag/boogmin² = absolute duisternis.

➤ $Z = 2^* - 1 + 2.5 \log(5400^2 \cdot \pi) - 13 = 4.9$

➤ $SB(0.5) = 18.9$