

**Übungsblatt 4 (Besprechung am 15. November)**

1. a) Wie groß ist die theoretische Auflösung eines Teleskops mit einer Öffnung von 1 m bei einer Wellenlänge von  $\lambda = 600 \text{ nm}$ ?

b) Könnte das Hubble Space Telescope ( $D = 2.5 \text{ m}$ ) das auf dem Mond verbliebene Landemodul der Apollo 11 Mission (Größe  $\sim 5 \text{ m}$ ) auflösen?

c) Wie hoch ist die maximale Auflösung des VLA Interferometers bei einer Frequenz von 5 GHz, wenn der größte Abstand zwischen den Antennen 36 km beträgt?

2. Die Stärke einer Radioquelle wird durch die Spektralflußdichte  $S(\nu)$  gegeben. Dies ist die Energie, die pro Sekunde und Frequenzintervall eine Einheitsfläche des Radio-Teleskops trifft. Um die Gesamtenergie (pro Sekunde) im Empfänger zu erhalten, muss  $S(\nu)$  über die Teleskopfläche und über das  $\nu$ -Intervall integriert werden:

$$P = \int_A \int_{\nu} S(\nu) f_{\nu} d\nu dA$$

wobei  $f_{\nu}$  die Effizienz des Detektors bei der Frequenz  $\nu$  angibt. Eine typische Radioquelle hat eine Spektralflussdichte von  $\sim 1 \text{ Jy}$  (Jansky), wobei  $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1} = 10^{-23} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ .

Die stärkste Radioquelle am Himmel (abgesehen von der Sonne) ist die Galaxie Cygnus A. Bei 400 MHz ist ihre Spektralflußdichte 4500 Jy. Unter der Annahme, dass ein Teleskop mit einem Durchmesser von 25 m und einer Effizienz von 95% die Radioenergie dieser Quelle über eine Bandbreite von 5 MHz sammelt, wie groß ist die Gesamtleistung, die am Empfänger nachgewiesen wird?

3. Die Rotation der Sonne bewirkt eine Verbreiterung der beobachteten Spektrallinien. Die Rotationsperiode der Sonne beträgt etwa 25 Tage am Äquator. Wie groß ist ihre Rotationsgeschwindigkeit? Wie groß ist die maximale Verschiebung des Peaks der H $\alpha$ -Linie des Wasserstoffs ( $E = 13.6 \text{ eV}$ ) durch diesen Effekt?

4. Ein Teleskop hat eine Eigentemperatur von  $\sim 300$  K. In welchem Wellenlängenbereich ist das ein Problem, und in welchem Bereich spielt die Eigentemperatur keine Rolle?

5. Das menschliche Auge hat einen maximalen Pupillendurchmesser von 7 mm und eine Quantenausbeute von  $\approx 4\%$ . Die Integrationszeit des Auges sei 0.1 s. Weiterhin sei angenommen, dass das Licht eines Sterns auf einer Netzhautfläche gebündelt wird, die einem Radius von 3 Bogenminuten am Himmel entspricht und dass das Auge kein "Detektorrauschen" besitzt.

a) Kann ein Stern der Helligkeit  $m = 6.0$  noch gesehen werden, wenn die Hintergrundhelligkeit  $20 \text{ mag/arcsec}^2$  beträgt? (das geforderte Signal-zu-Rausch Verhältnis sei  $S/N=5$ ).

b) Ist der Stern in einer Großstadt mit einer Himmelshelligkeit von  $17 \text{ mag/arcsec}^2$  noch sichtbar?

c) Wie lange muss das HST integrieren, um einen Stern mit  $m = 23$  mit einem Signal-zu-Rausch Verhältnis  $S/N=20$  zu detektieren? Die Quantenausbeute des Gesamtsystems (Teleskop + Detektor) sei 70%. Himmelshintergrund und Detektorrauschen werden vernachlässigt.

Hinweis: der Photonenfluss eines Sterns der Grössenklasse  $m=0$  im sichtbaren Licht ist  $I_0=7 \times 10^6 \text{ Photonen/(cm}^2 \text{ s)}$ .

$S/N$  (ohne Detektorrauschen) ist:

$$\frac{S}{N} = \frac{I_Q q A t}{\sqrt{(I_Q + I_H) q A t}}$$

wobei

$I_Q$  = Fluss von der Quelle;  $I_H$  = Fluss des Himmelshintergrunds,  $A$  = Lichtsammelfläche,  $q$ =Quanteneffizienz,  $t$  = Integrationszeit.

6. Das Large Binocular Telescope (LBT) ist ein neues Teleskop, das auf dem Mt. Graham in Arizona gebaut wird. Es wird zwei Spiegel mit je einem Spiegeldurchmesser von  $D=8.4$  m benutzen.

a) vergleichen Sie das Lichtsammelvermögen des LBT mit dem vom HST.

b) was sind die Vorteile/Nachteile vom LBT/HST? Erläutern Sie.