

2. Vorlesung – Einführung in die Radioastronomie

Zusammenfassung

Strahlungstransportgleichung

$$\frac{dI_\nu}{d\tau} = -\kappa_\nu I_\nu + \varepsilon_\nu$$

Local thermodynamic equilibrium (LTE) \Rightarrow dann gilt:

$$I_\nu = B_\nu(T) = \varepsilon_\nu / \kappa_\nu$$

Definition der optischen Tiefe τ_ν entlang des Weges von s_0 nach s

$$\tau_\nu(s) = \int_{s_0}^s \kappa_\nu(s) ds$$

Lösung der Strahlungstransportgleichung

$$I_\nu(s) = I_\nu(0) e^{-\tau_\nu(s)} + \int_0^{\tau_\nu(s)} B_\nu(T(\tau)) e^{-\tau} d\tau$$

für $T = \text{const}$ gilt:

$$I_\nu(s) = I_\nu(0) e^{-\tau_\nu(s)} + B_\nu(T) (1 - e^{-\tau_\nu(s)})$$

Strahlungsverteilung eines idealen Schwarzen Körpers:

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$B(T) = \sigma T^4, \quad \sigma = \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} = 1.8047 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$$

Achtung: im cgs-System: π^4 ,
im SI-System kommt ein π
dazu, da π^5 !!

Wiensches Verschiebungsgesetz:

$$\lambda_{\text{max}} [\text{cm}] = 0,3 \text{ cm K} / T [\text{K}]$$

Mit Hilfe des Rayleigh-Jeans-Gesetzes

$$B_W(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} e^{-h\nu/kT}$$

läßt sich eine Helligkeitstemperatur (brightness temperature) definieren:

$$T_b = \frac{c^2}{2k} \frac{1}{\nu^2} I_\nu = \frac{\lambda^2}{2k} I_\nu$$

So kann die totale Flussdichte ausgedrückt werden:

$$S_\nu = \frac{2k\nu^2}{c^2} T_b \Delta\Omega$$

Im Bereich hoher Frequenzen, wo das RJ-Gesetz nur noch bedingt gilt, kann eine Korrektur eingeführt werden durch Einsetzen in die Strahlungstransportgleichung:

$$J(T) = \frac{c^2}{2k\nu^2} (B_\nu(T) - I_\nu(0))(1 - e^{-\tau_\nu(s)})$$

Im cm-Wellenlängenbereich bekommt die Strahlungstransportgl. die Form:

$$\frac{dT_b(s)}{d\tau_\nu} = T_b(s) - T(s)$$

Lösung im Fall von $T = \text{const}$:

$$T_b(s) = T_b(0)e^{-\tau_\nu(s)} + T(1 - e^{-\tau_\nu(s)})$$

Nyquist Theorem $P_\nu [\text{W}/1\text{Hz}] = k_B T$

$k_B = \text{Boltzmann-Konstante}$

Noise Temperature: thermische Eigenbewegung der Elektronen produziert Johnson-Rauschen, dieses wiederum kann man einer Rauschtemperatur gleichsetzen