

4.6 Das Hertzsprung-Russel-Diagramm

Spektralklassen:

Bei der Analyse der Spektren von Sternen zeigen sich große Unterschiede

bei

und

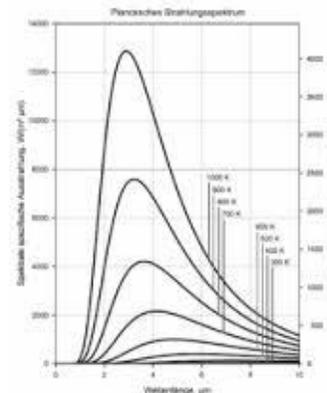
Anfang des letzten Jahrhunderts führte man dafür ein System unterschiedlicher Spektralklassen ein (O, B, A, F, G, K, M). Zur Verfeinerung konnten diese 7 Klassen nochmals unterteilt werden, z.B. B1, B2, ... B9.

Tabelle der Spektralklassen:

Abkürzung	Unterteilung	Farbe	Oberflächen- temperatur	Linien von	Beispiele
O	O 5 - O 9	bläul.-weiß	bis 50 000 K	He, He ⁺ , H (wenig Abs.)	Sterne im Orion- nebel
B	B 1 - B 9	bläul.-weiß	20 000 K	H / He	β Ori
A	A 1 - A 9	weiß	10 000 K	H stark	α CMa (Sirius)
F	F 1 - F 9	gelbl.-weiß	7 000 K	Metallionen u. -atome	α CMi (Procyon)
G	G 1 - G 9	gelb	5 500 K	Ca ⁺ , Metall- atome	Sonne, α Cen A, α Aur
K	K 1 - K 9	orange-gelb	4 000 K	Ca ⁺ , Metall- atome, CN, CH	α Tau, α Cen B
M	M 1 - M 9	orangerot	3 200 K	Ca, TiO-Banden	α Ori, α Sco Proxima Cen

Bei der Anwendung der Formeln aus den letzten Kapiteln zur Bestimmung der Entfernung von Sternen ist immer noch die Frage offen, wie wir die absolute Helligkeit bzw. die tatsächliche Leuchtkraft der Sterne bestimmen können. Die Grundlage für das wohl wichtigste Verfahren hierzu schuf der Astronom Pickering mit seinem Team durch die Katalogisierung zahlreicher Sterne in Spektralklassen. Die Unterschiede hinsichtlich der Farbe von Sternen ist schon bei Beobachtung erkennbar.

Aus der Farbe (Wellenlänge maximaler Intensität !) ergibt sich die Temperatur. Im Kern ist das also eine Temperatureinteilung. Moleküle können sich erst bei niedrigen Temperaturen bilden.



Graphik aus wikipedia.de

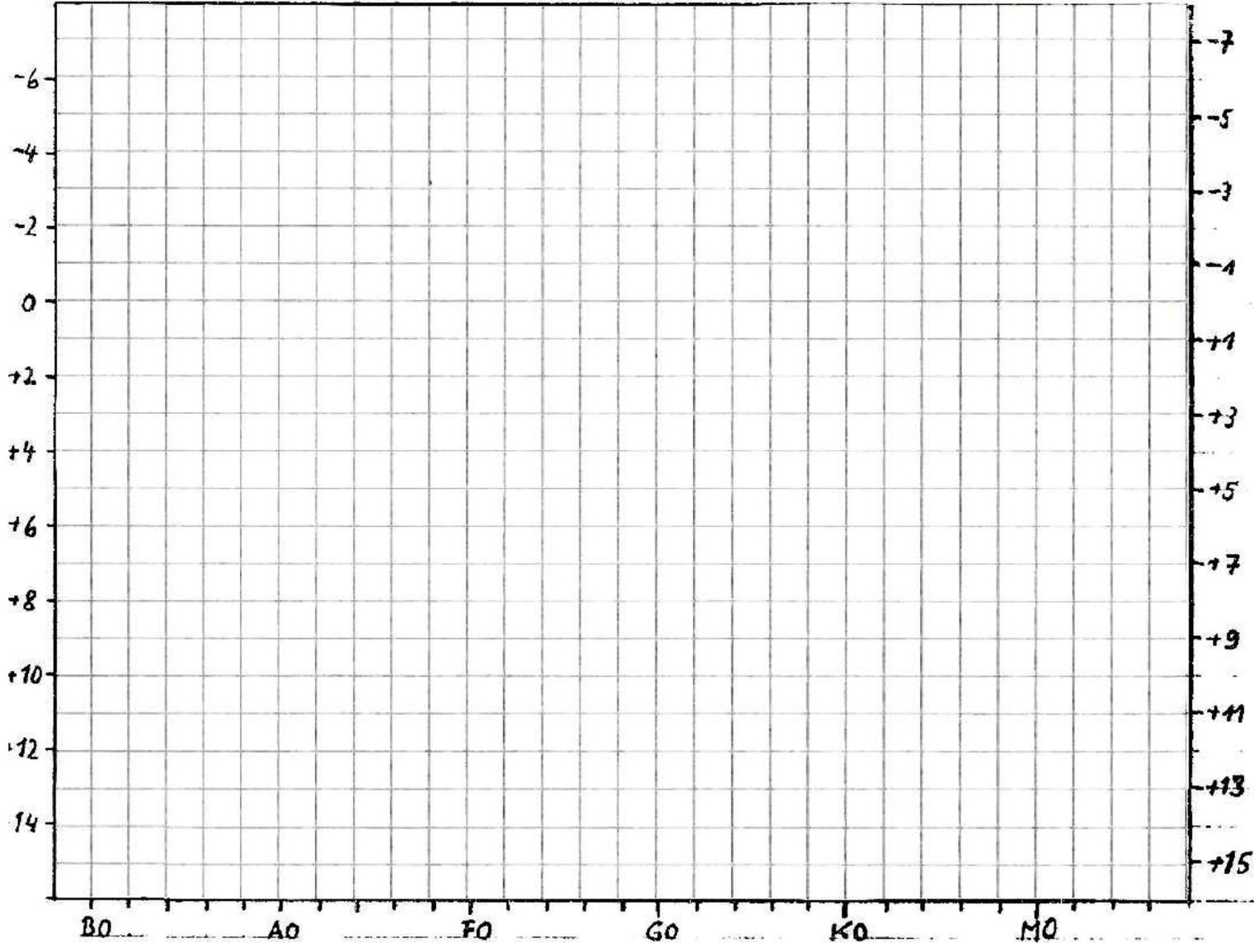
Wir folgen den Spuren von Henry Russel und tragen Sterne aus der Umgebung (für die kann man über die Parallaxe die Entfernung und daraus M ermitteln) die absolute Helligkeit gegen die Spektralklasse an.

Hertzsprung-Russel-Diagramm

Da eine höhere Oberflächentemperatur nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz

..... führt, lag es nahe, nach einem empirischen (beobachtbaren) Zusammenhang zwischen Spektralklasse und absoluter Helligkeit zu suchen.

Stern	M	Sp-Klasse
S Mon	- 5,5	O8
λ Sco	-3,6	B2
α Eri	-2,6	B5
α Leo	-0,7	B8
α Lyr	0,5	A0
α Cma	1,5	A1
α Aql	2,3	A5
α Cmi	2,7	F5
α Cen A	4,4	G0
Sonne	4,8	G2
α Cen B	5,7	K5
61 Cyg B	8,4	K7
+36°2146	10,5	M2
Prox.Cen	15,1	M5
Sirius B	11,5	A5
α Tau	-0,6	K5
α Ori	-5,7	M2
Rigel	-7,1	B8

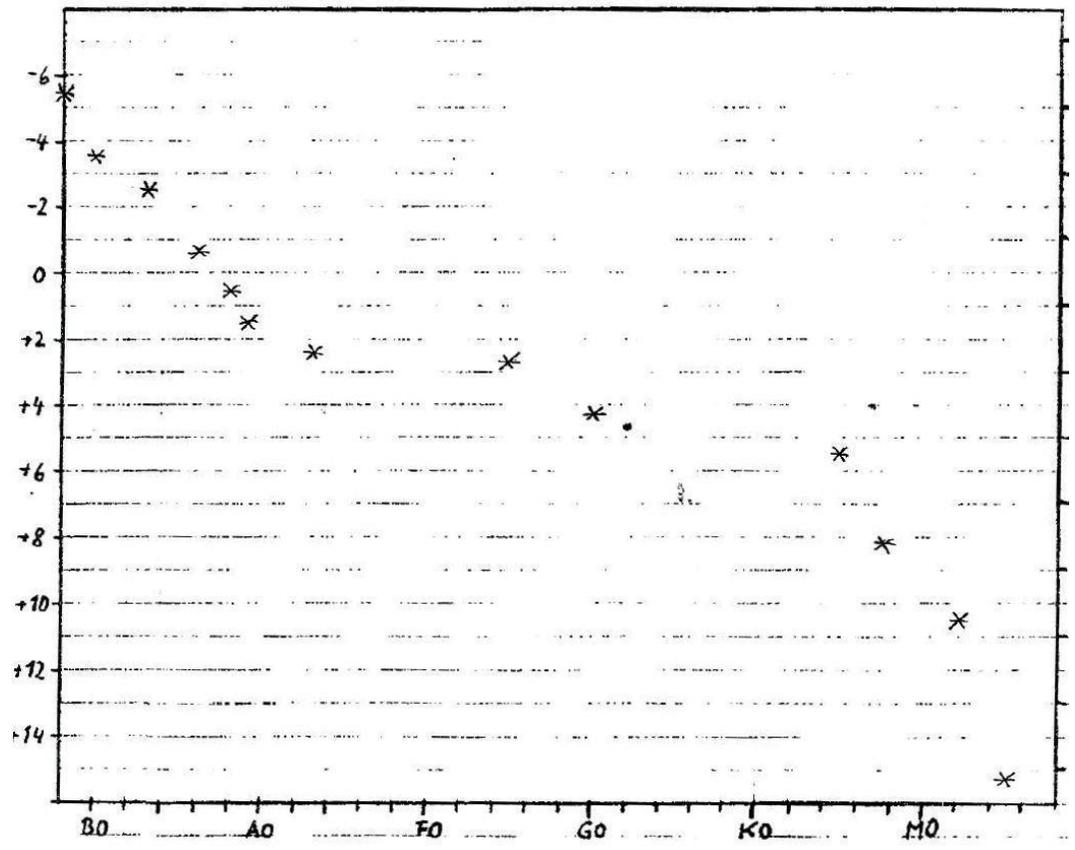


Jetzt können wir endlich an eine Entfernungsbestimmung von weiter entfernten Sternen gehen, die sich komplett auf Messdaten stützt. **Atair, der hellste im Sternbild Adler ist ein Hauptreihenstern der Spektralklasse A5. Seine scheinbare Helligkeit beträgt 0,80. Berechne seinen Abstand in parsec.**

Zusatzaufgabe:
Bestimme für die relativen Leuchtkräfte L^* zwischen den Werten $0,001$ und 10^5 auf einer logarithmischen Skala die zugehörigen Werte der absoluten Helligkeiten und trage sie auf der rechten Hochachse ein.

Entfernungsbestimmung von Sternen mit Hilfe des HRD

1) Sofern der Stern auf der Hauptreihe liegt, ermöglicht uns das HRD, die absolute Helligkeit M zu ermitteln, da wir die Spektralklasse aus der Analyse des Spektrums erhalten.



2) Nachdem man M ermittelt hat, kann man das Entfernungsmodul aus $4.5 \frac{L^*}{L_{\odot}}$ verwenden.

Aus der relativen Leuchtkraft eines Sterns, die sich aus seiner absoluten Helligkeit ergibt, kann man auch eine Aussage über die Größe (Radius) des Sterns machen. Verantwortlich dafür ist das Stefan-Boltzmann-Gesetz (Kap. Sonne).

Achtung:

Diese Formel findet sich nicht in der Formelsammlung, taucht aber oft im Abitur auf. Die Herleitung dafür sollte man also kennen.

Aufgabe:

Berechne den Radius von Rigel
(Daten siehe Kap. 4.5).

Selbst-Check:

- Spektralklassen
- HRD (Bedeutung)
- Hauptreihe, Riesen, Zwerge
- Bestimmung von Sternradien

Bestimmung von Sternradien:

Aufgaben:

Hier bieten sich die Aufgaben im Buch S.122/123 an, darunter gibt es auch zwei Musteraufgaben, die eine rasche Überprüfung ermöglichen.