

Protokoll

Spektralklassifikation

Astronomisches Anfängerpraktikum

Datum: 03.05.2006
Betreuer: Prof. Rode

Gruppe 8
Teilnehmer:
Christoph Saulder
Bernhard Wenzel

Theorie

Über den Spektraltyp können Aussagen über Sterngröße, Masse, Temperatur und den Entwicklungsstand gemacht werden.

Die Absorptionslinien von chemischen Elementen und deren Isotope sind wichtige Indikatoren. zB. Call-H (3933,68 Å)

Einteilung:

Zuerst wurden Buchstaben mit A beginnend entsprechend schwächer werdenden Balmer Linien zugeordnet. Ein A Stern hat somit die stärkste H Linie. Später fand man eine Sequenz die nach abfallender Temperatur zeigt und parallel zur Änderung der Farbindices verläuft. Im MK-System kam die temperaturunabhängige Größe der Leuchtkraft hinzu.

Harvard Typen:

O B A F G S
 K M
 R-N

Frühe blau; mittlere gelb ; späte Spektraltypen rot

R-N...Kohlenstoffsterne, Feinunterteilung von 0 bis 9 zB: A0 Stern
 Frühe, mittlere, späte Typen: Das waren inkorrekte Vorstellungen über Entwicklungsstadien, jedoch hat sich der Sprachgebrauch eingebürgert.

einfach 10%

I. Klassifikation der Sternspektren

Temperatur [K]	Klassifikationskriterien
50 000	Linien hochionisierter Atome: He II, Si IV, N III, ... ; Wasserstoff H relativ schwach; gelegentlich Emissionslinien.
25 000	He II fehlt; He I stark; Si III, O II; H stärker.
10 000	He I fehlt; H im Maximum; Mg II, Si II stark; Fe II, Ti II schwach; Ca II schwach.
7600	H schwächer; Ca II stark; die ionisierten Metalle, z. B. Fe II, Ti II hatten ihr Maximum bei ~ A 5; die neutralen Metalle, z. B. Fe I, Ca I erreichen nun etwa die gleiche Stärke.
6000	Ca II sehr stark; neutrale Metalle Fe I, ... sehr stark.
5100	H relativ schwach, neutrale Atomlinien stark; Molekülbanden.
3600	Neutrale Atomlinien, z. B. Ca I, sehr stark; TiO-Banden. <i>→neutra</i>
3000	Ca I sehr stark, TiO-Banden stärker.
3000	Starke CN-, CH-, C ₂ -Banden, TiO fehlt. Neutrale Metalle wie bei K und M.
3000	Starke ZrO-, YO-, LaO-Banden; neutrale Atome wie bei K und M.

HRD:

Das HRD gibt den Zusammenhang zwischen Spektraltyp und absoluter Helligkeit M_v an. Rechts oben sind Riesensterne. Sterne die bei gleichem Spektraltyp eine viel kleinere Leuchtkraft haben sind Zwergsterne, da bei etwa gleichen Temperaturen die Differenz von M_v nur auf unterschiedliche Radien beruhen kann.

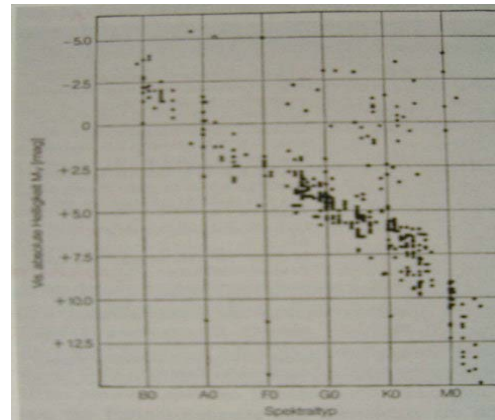


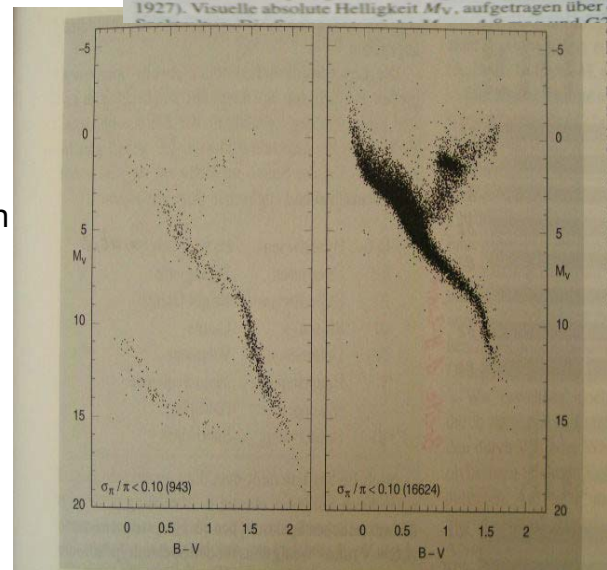
Abb. 6.8. Hertzsprung-Russell-Diagramm (H. N. Russell, 1927). Visuelle absolute Helligkeit M_v , aufgetragen über Spektraltyp.

Farben Helligkeits Diagramm:

Das FHD hat den Farbindex B-V und M_v aufgetragen. Sterne mit scharfen H Linien haben große Leuchtkräfte. zB. A2 α Cyg.

Man kann M_v weiter unterteilen indem die Linien der ionisierten Atome relativ zu den Linien der neutralen Atome verstärkt werden. Daher kann bei A Sternen die schärfe der H-Linien als Leuchtkraftkriterium verwendet werden.

Für bestimmte SP-Typen kann somit mit Hilfe bekannter M_v Sterne aus spektroskopischem Weg M_v bestimmt werden.



MK-Klassifikation (Morgan,Keenan):

verwendet: empirische Kriterien (beobachtete) einheitliches Beobachtungsmaterial Übertragbarkeit durch Liste mit Standardsternen Klassifikation nach SP-Typ und L-class Die Aufteilung der Leuchtkraftklassen I – V , erfolgt nach der Breite der H-Linien.

I wird in a,ab,b unterteilt.
n..nebulous, e..emission, v..variables Sp.
p..peculiar (Besonderheiten)

Ia-0	Hyperriesen	Hypergiants σ_1
I	Überriesen	Supergiants
II	Helle Riesen	Bright Giants
III	Riesen	Giants
IV	Unterriesen	Subgiants
V	Hauptsequenz (Zwerg)	Main Sequence (Dwarfs)
VI	Unterzwerg	Subdwarfs

3. Auswertung

Alle berechneten Werte / Daten sind in Tabelle 4 nachzulesen.

Formeln:

$$C = M_v - M_{bol}$$

$$M_{bol} = M_v - BC$$

Das Verhältnis der Leuchtkräfte wurde berechnet mit:

$$\frac{L}{L_o} = 10^{\frac{M_o - M_{bol}}{2,5}}$$

Das Verhältnis der Radien ergibt:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4 \quad \frac{R}{R_o} = \frac{T_o^2}{T^2} \sqrt{\frac{L}{L_o}}$$

$$L_o = 4\pi R_o^2 \sigma T_o^4$$

oder mit:

$$L_o = 3,846 \cdot 10^{24} \text{ W} \quad \sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4}$$

$$R = (L_o / 4\pi^2 \sigma T_o^4)^{1/2}$$

Berechnung der Entfernung:

$$5 \log r = (m_v - M_v) - 5 + A_v$$

daraus die Entfernung:

$$r = 10^{(m_v - M_v) + 5 - A_v / 5}$$

$$E_{B-V} = (B-V) - (B-V)_o$$

$$A_v = 3,2 E_{B-V}$$

Fragen:

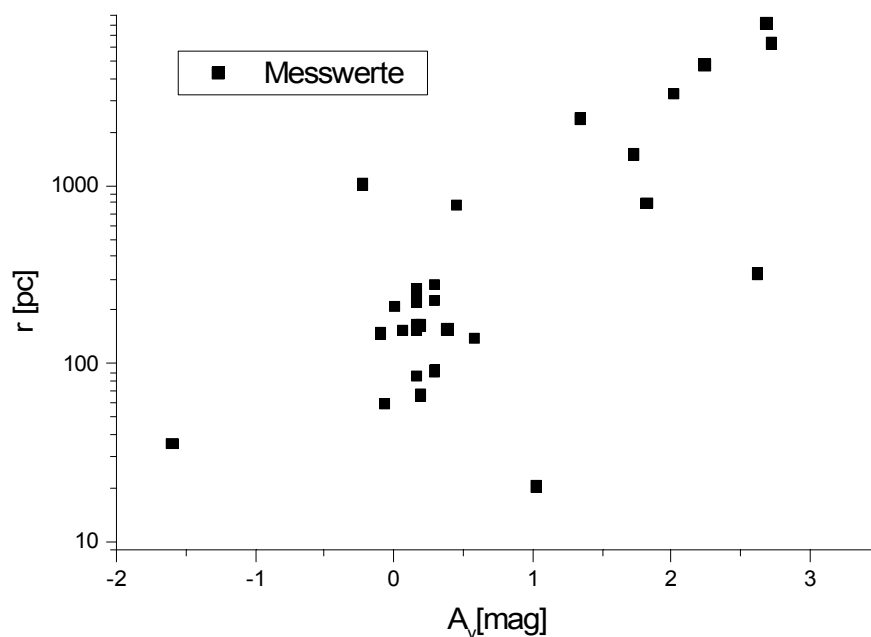
- 1) Zusammenhang zwischen visueller Extinktion und Entfernung:
Bei Entfernungen größer als 10 pc fällt die interstellare Extinktion zunehmend ins Gewicht.

$$m - M = 5 \log(r) [\text{pc}] - 5 + A$$

$$A = -2.5 \log e^{-\tau} = 1,08 \tau$$

$A = 1 \text{ mag}$ entspricht einer optischen Dicke von ca. $\tau \sim 1$

Bei unseren Messungen kann man ebenfalls eine Zunahme der Extinktion mit der Entfernung erkennen. Die Entfernung in Parsec aufgetragen. Die Extinktion in Magnituden nimmt linear mit dem Logarithmus der Entfernung zu. Das heißt, die Intensität ist direkt proportional zur Entfernung.



Die Extinktion in Magnituden nimmt linear mit dem Logarithmus der Entfernung zu. Das heißt, die Intensität ist direkt proportional zur Entfernung.

2.0

Für 29 Objektivspektren wurde der Spektraltyp bestimmt. Leider waren diese teilweise von sehr schlechter Qualität, so kam es manchmal zu etwas größeren Fehlbestimmungen, obwohl wir die meisten anderen Sterne mit hoher Genauigkeit klassifizieren konnten. Somit erhielte wir einen Mittleren Fehler von 6,2069 Unterklassen, welcher seine Höhe ein paar Ausreißern zu verdanken hat. Alle Daten sind in Tabelle 1 nachzulesen.

2.1

Für 10 mittels des Programm CLEA-Spec „aufgenommen“ Sterne aus den Plejaden wurden die Identifikationsnummer, Rektazension, Deklination, visuelle Helligkeit und unsere „Belichtungszeit“ notiert. Diese Daten sind in Tabelle 2 zu finden.

2.2

30 Sterne wurden im Programm CLEA-Spec zweidimensional klassifiziert und dann nach den mittleren Fehler in der Fehlklassifikation berechnet, welcher 2,6167 Unterklassen betrug. Die Daten sind in der Tabelle 3 nachzuschlagen.

2.3

Zwischen der Äquivalenzbreite der Spektrallinien und dem Spektraltyp besteht ein Zusammenhang. Mit zunehmender Späte des Spektraltyps nimmt die Linienbreite zu. Dies sieht man bei unseren Messungen bei den heißen Steren relativ gut, während man bei kühleren schon etwas mehr Vorstellungskraft braucht. Mit mehr Messwerten wäre der Zusammenhang deutlich zu sehen. Alle Messwerte können in der Tabelle 5 nachzulesen.

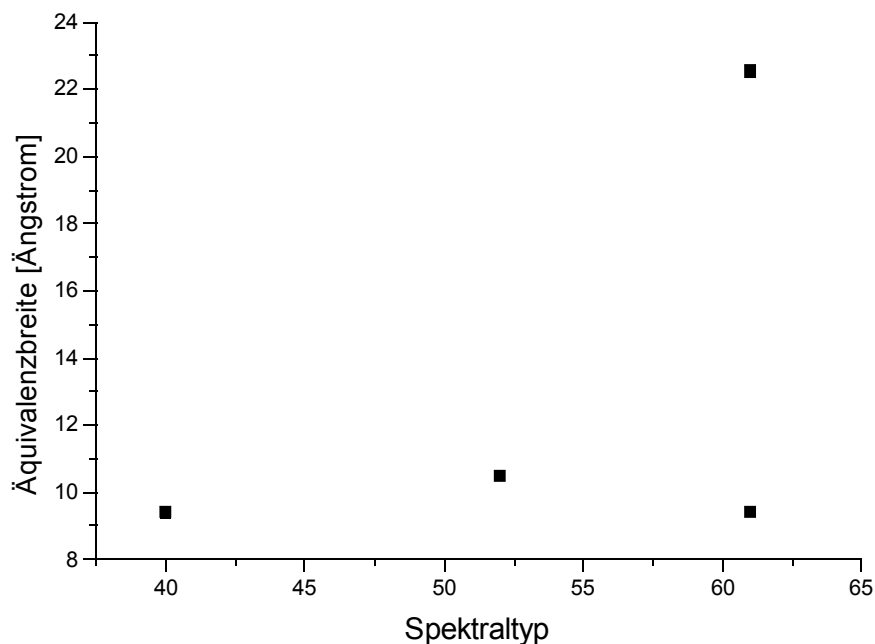


Abb.: Äquivalenzbreite gegen Spektraltyp für eine Linie bei 3934 Ångstrom.

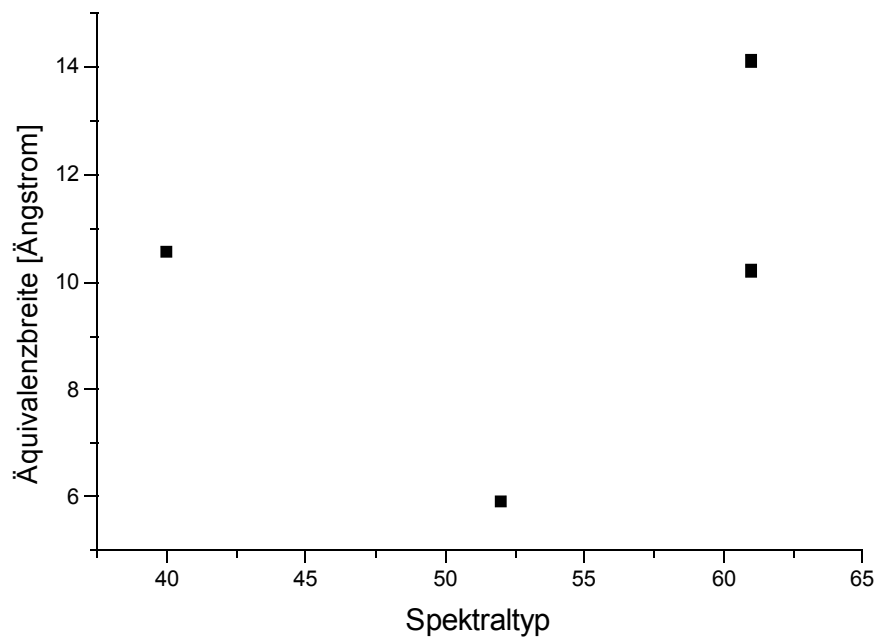


Abb.: Äquivalenzbreite gegen Spektraltyp für eine Linie bei 3969 Ångstrom.

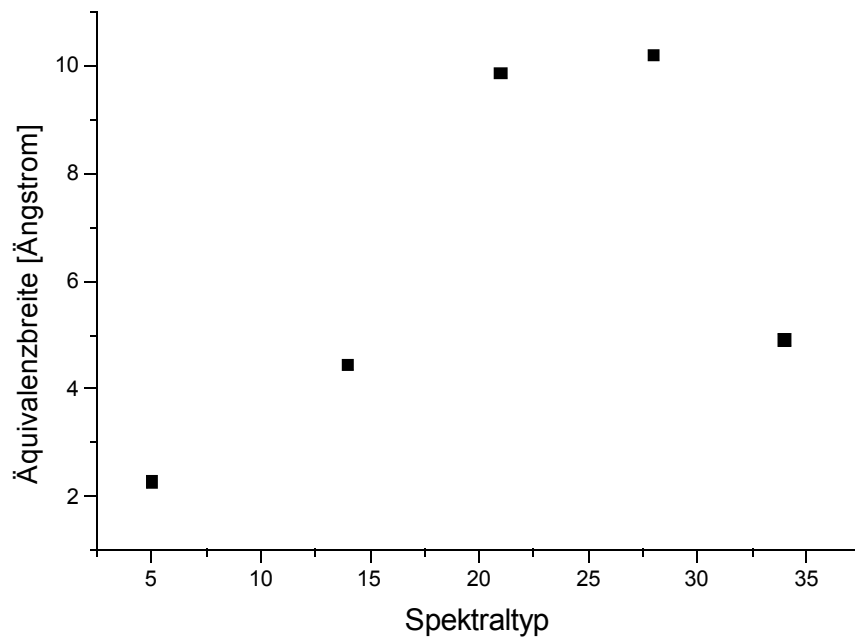


Abb.: Äquivalenzbreite gegen Spektraltyp für eine Linie bei 4101 Ångstrom.

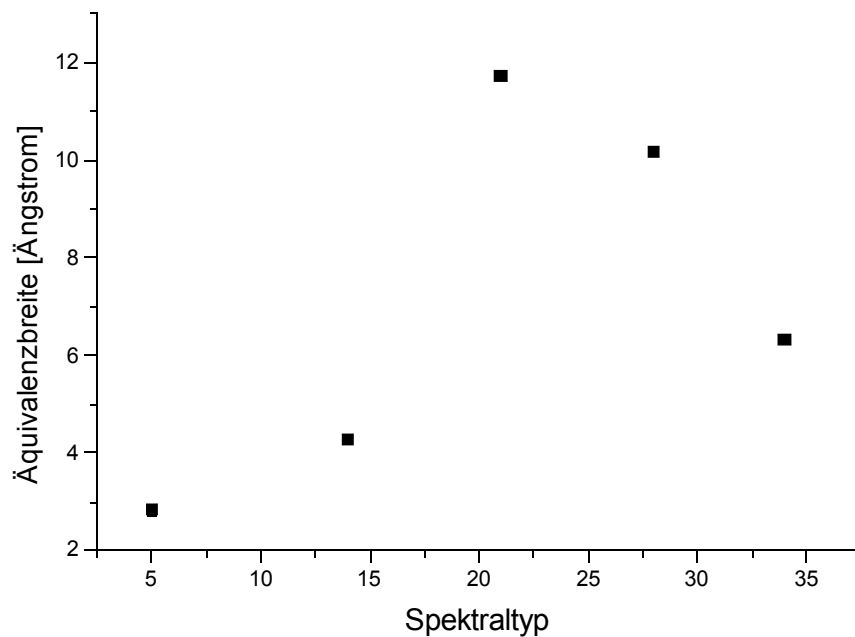


Abb.: Äquivalenzbreite gegen Spektraltyp für eine Linie bei 4340 Ångstrom.

ad 3

Es musste feststellen wie sich eine Fehlklassifikation auswirkt. Hierzu wurde die Entfernung aller Sterne jedoch mit falschen Leuchtkraftklassen neu berechnet. Zuerst einmal erstellten wir überblickshalber zwei Diagramme. In dem ersten wurde der relative Fehler der Entfernungsbestimmung gegen die Spektraltypen aufgetragen. Aus Programmtechnischen Gründen wandelten wir den Spektraltyp in eine numerische Sequenz um. Wobei wir für jede Hauptklasse von O beginnen 10 hinzu zur Unterklasse addierten. Die Rechnungen sind in Tabelle 6 ausführlich nach zu verfolgen.

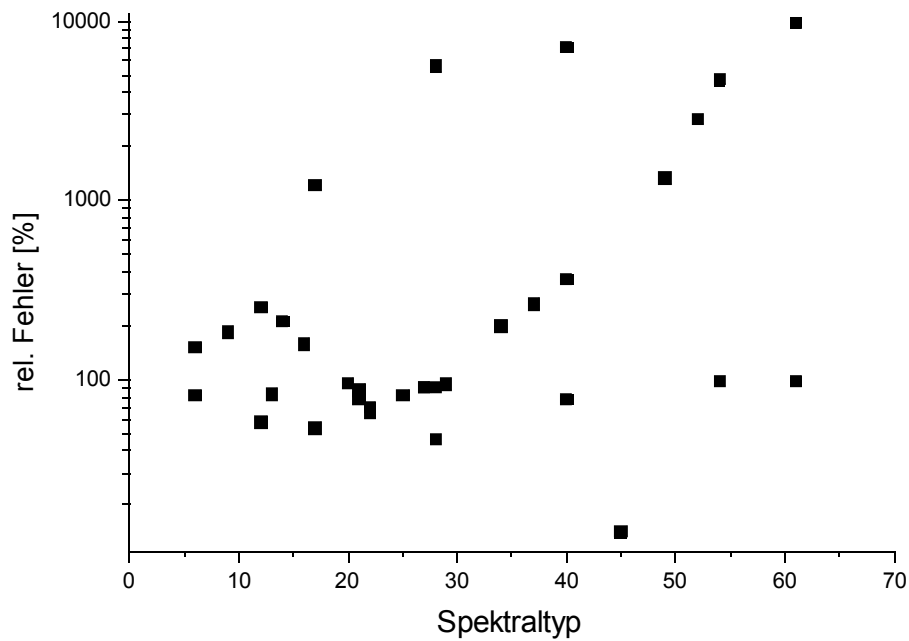


Abb.: Beziehung relativer Fehler der Entfernungsbestimmung gegen den Spektraltyp, bei einer Abweichung von 2 Leuchtkraftklassen.

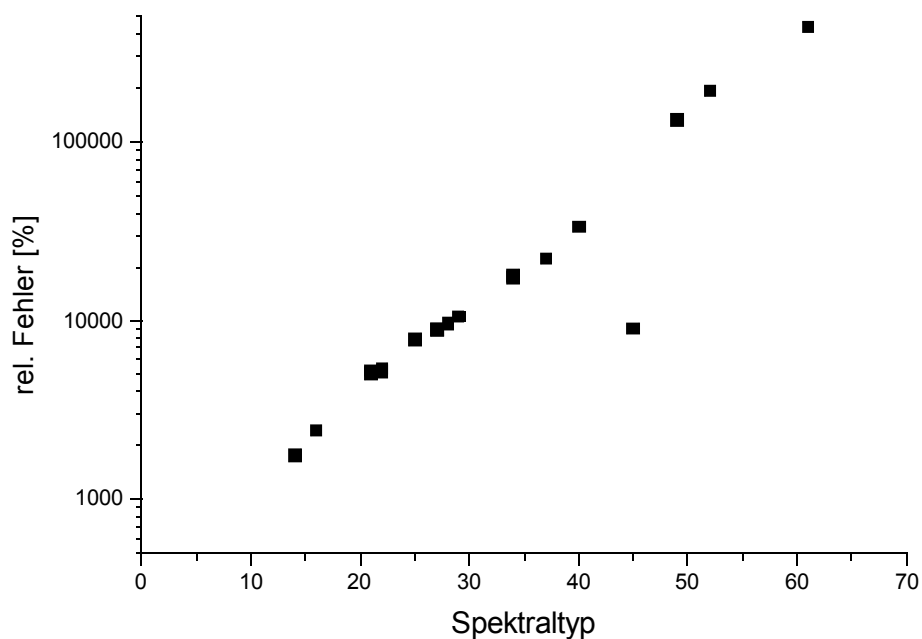


Abb.: Beziehung relativer Fehler der Entfernungsbestimmung gegen den Spektraltyp, bei einer Abweichung von 4 Leuchtkraftklassen.

Da hier noch nicht unterschieden ist wie die Abweichung der Leuchtkraftklasse genau ist, also ob wir einen Zwerg als Überriesen oder einen Riesen als Zwerg klassifiziert haben, ist der Zusammenhang hier noch nicht sehr deutlich zu sehen, außer bei 2 Diagramm, doch hier gibt es nur 2 Möglichkeiten. Man erkennt jedoch schon, dass der relative Fehler der

Entfernungsbestimmung exponentiell (da Skala logarithmiert) mit dem zunehmend späteren Spektraltyp zunimmt. Um diese Zusammenhänge etwas zu verdeutlichen, haben wir nun jeden Fall einer Fehlklassifikation gesondert behandelt.

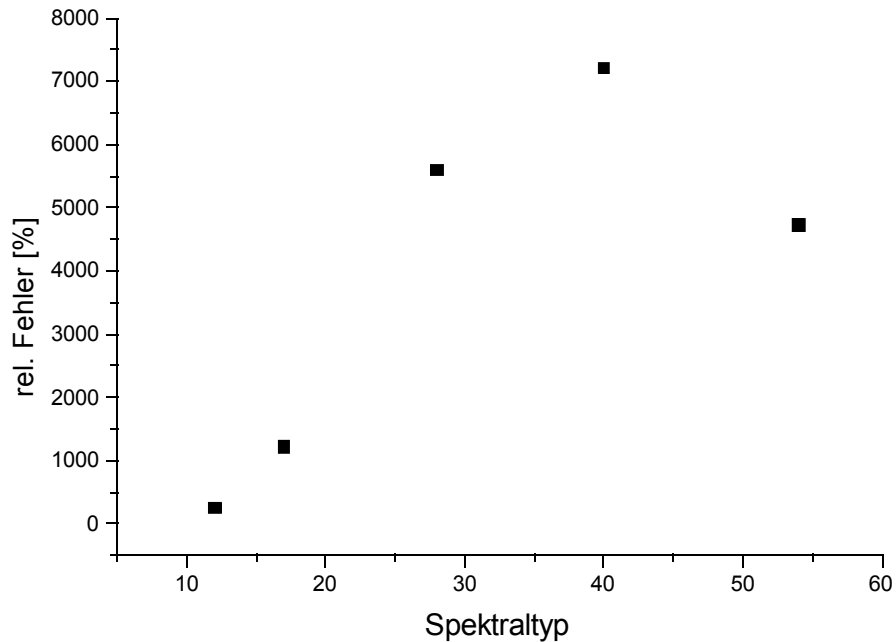


Abb.: Fehlklassifikation Leuchtkraftklasse I statt III. Hier zeigt sich ein linearer Zusammenhang zwischen relativen Fehler der Entfernungsbestimmung und zunehmender Späte des Spektraltyps.

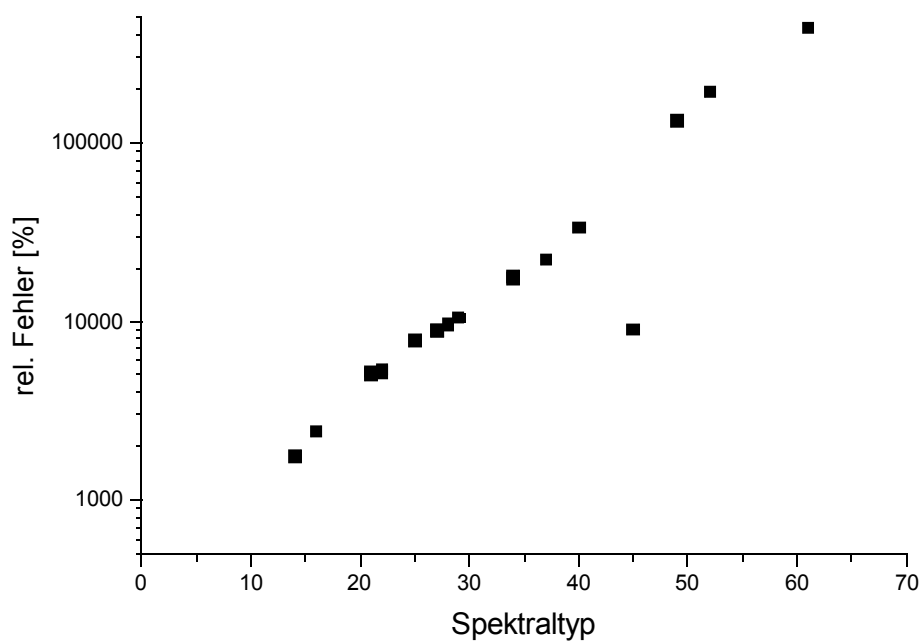


Abb.: Fehlklassifikation Leuchtkraftklasse I statt V. Hier zeigt sich ein fast perfekter exponentieller Zusammenhang zwischen relativen Fehler (bzw. linearer zwischen Logarithmus des rel. Fehlers) der Entfernungsbestimmung und zunehmender Späte des Spektraltyps.

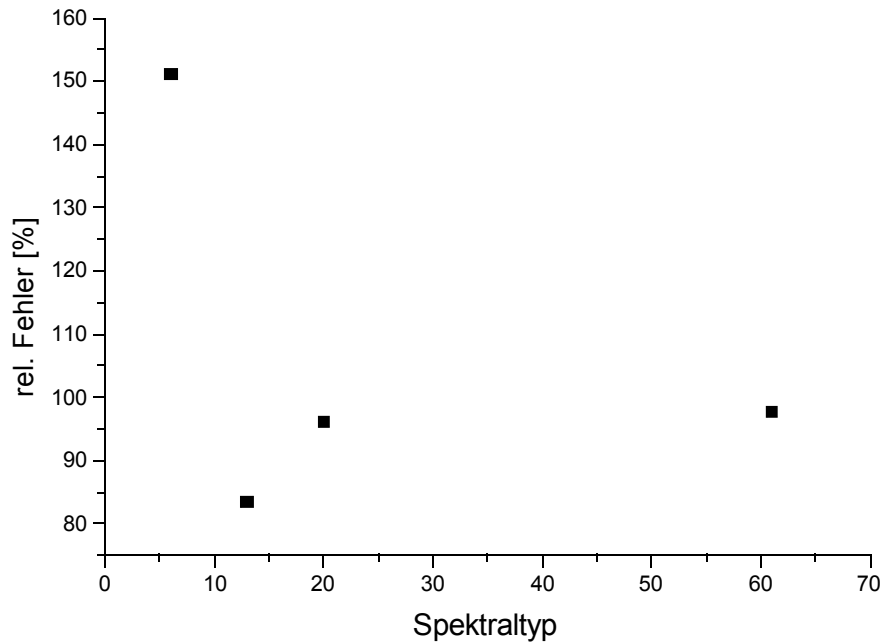


Abb.: Fehlklassifikation Leuchtkraftklasse III statt I. Hier ist leider kein Zusammenhang erkennbar, was an den zu wenigen Messpunkten liegt.

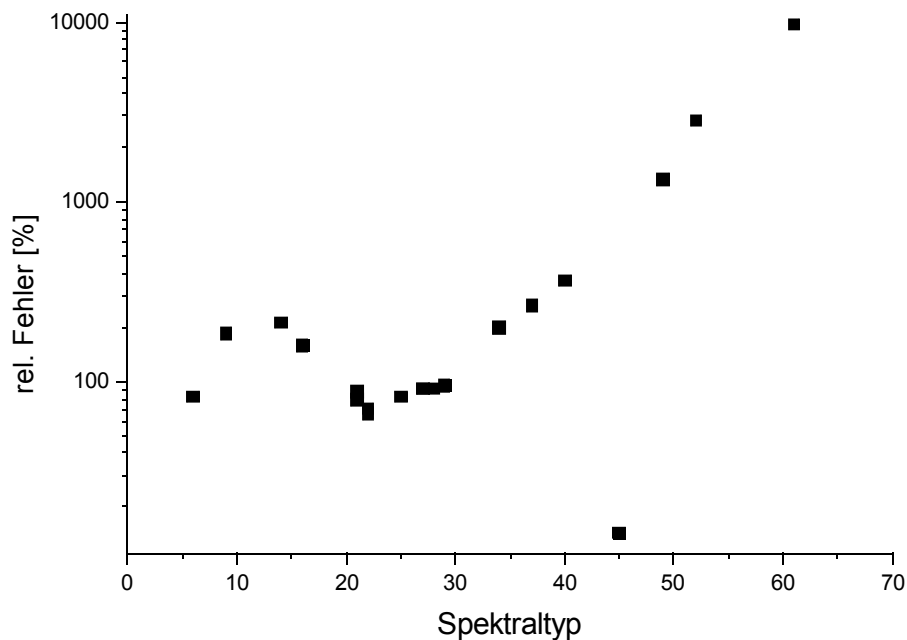


Abb.: Fehlklassifikation Leuchtkraftklasse III statt V. Hier zeigt sich ein exponentieller Zusammenhang zwischen relativen Fehler (bzw. linearer zwischen Logarithmus des rel.

Fehlern) der Entfernungsbestimmung und zunehmender Späte des Spektraltyps, jedoch erst ab einem Spektraltyp von A0. Bei früheren Typen zeigt sich ein anders Verhalten, was als eine Art Höcker des Fehlers um B0 Sterne zu beschreiben ist.

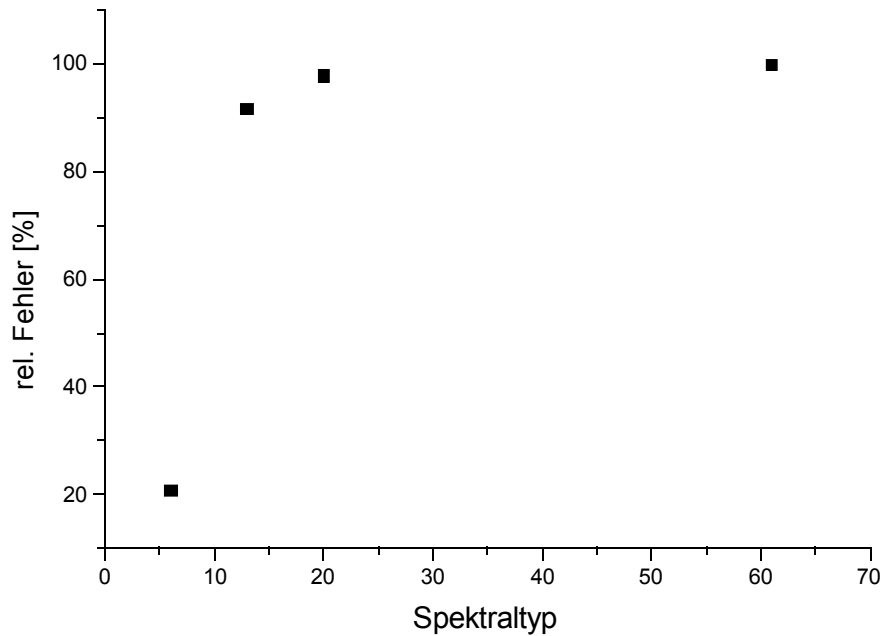


Abb.: Fehlklassifikation Leuchtkraftklasse V statt I. Hier ist leider kein Zusammenhang erkennbar, was an den zu wenigen Messpunkten liegt. Mit etwas guten Willen kann man behaupten, dass für Spektraltypen später als B, der relative Fehler konstant bei etwa 100% liegt.

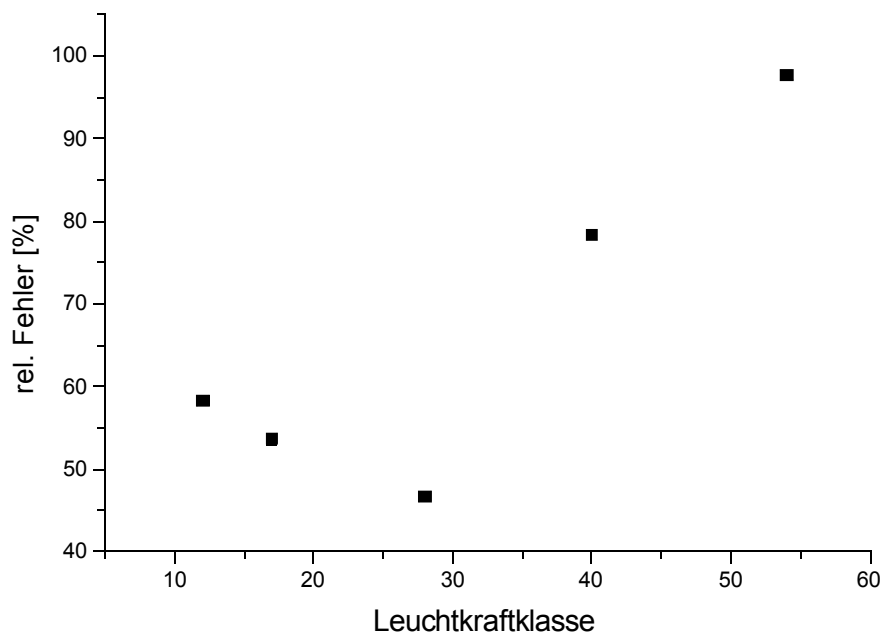


Abb.: Fehlklassifikation Leuchtkraftklasse V statt III. Hier nimmt der relative Fehler mit späterem Spektraltyp linear zu. Auf Grund der wenigen Werte kann man nicht klar sagen ob es hier vielleicht ein nichtlineares Verhalten bei sehr frühen Spektraltypen gibt oder ob es nur eine natürliche Streuung der Werte ist.