



Mitteilungsblatt der
Fachgruppe

S P E K T R O S K O P I E

der Vereinigung der
Sternfreunde e.V.

Rundbrief Nr. 27 (2004)

Einzelheft: 3,50 Euro (plus Porto)
Herausgeber: Ernst Pollmann
Charlottenburgerstraße 26c
51377 Leverkusen

Inhaltsverzeichnis

Seite

Christiane Hanisch	Zwillingstest nach der Sternenlichtmethode.....1 oder Was uns das Sternenlicht über die „Zwillinge“ Kastor und Pollux erzählt (II)
Ernst Pollmann	Die Jahrestagung der FG-Spektroskopie.....10
Achim Mester	Entwicklung eines Spektralappates zur Beobachtung und Analyse von Sternspektren (II)....11
Michael Winkhaus	Aufnahme und Analyse von Sternspektren (I).....18
Ernst Pollmann	Kooperation mit der französischen Gruppe ARAS....23

Zwillingstest nach der Sternenlichtmethode
oder
Was uns das Sternenlicht über die „Zwillinge“ Kastor und Pollux erzählt (II)

(Facharbeit aus dem Fach Physik von Christiane Hanisch, Lebus)

3.3 Fotografische Beobachtungen (Sternspuraufnahme)

Die Sternspuraufnahme wurde am 30. 01. 2003 von 21.16 Uhr bis 21. 27 Uhr MEZ auf einen KODAK Elitechrome 200 – Film mit einem Objektiv 18/50 belichtet. Sie ist in Abbildung 6 zu sehen.

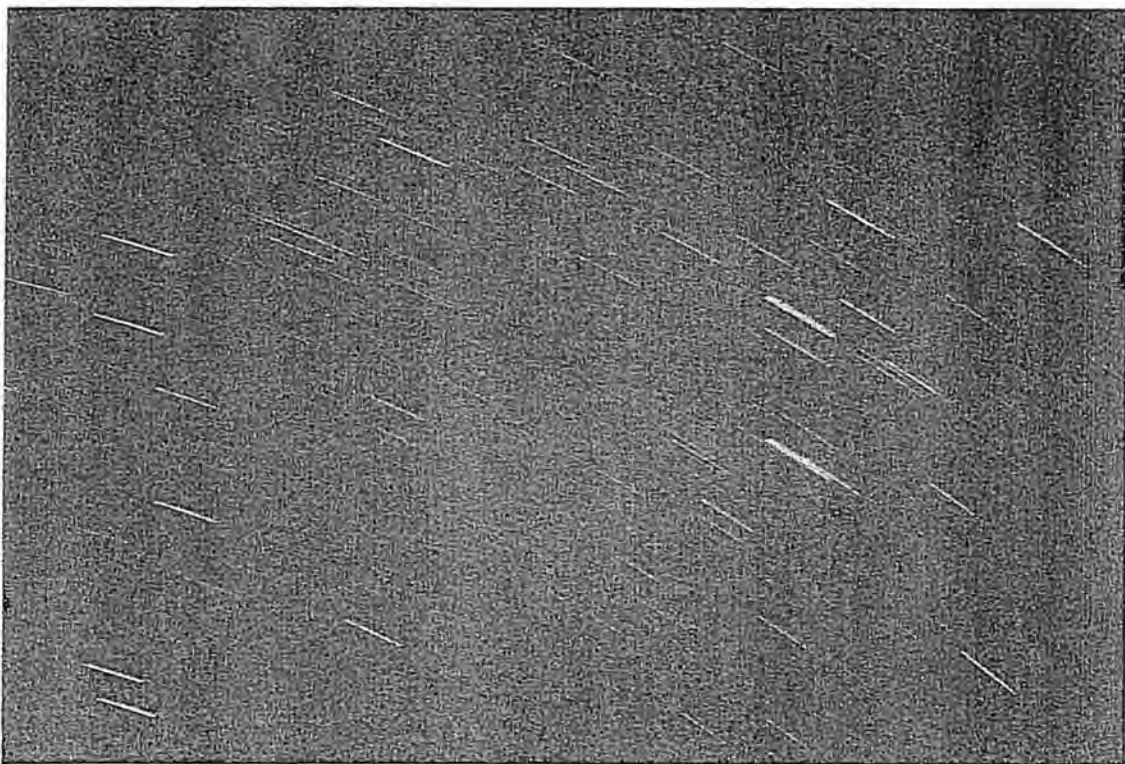


Abb. 6: Sternspuraufnahme aus dem Bereich des Sternbildes Zwillinge

Leider musste die Aufnahme nach einer Belichtungszeit von 11 min wegen aufziehender Wolken abgebrochen werden.

Beobachtungsergebnis:

Die bei den visuellen Beobachtungen gewonnenen unterschiedlichen Farbeindrücke bestätigen sich auf dem Foto und können dort dauerhaft dokumentiert werden. Kastor erscheint als weißer, Pollux als gelblich- roter Stern. Möglicherweise wäre der Farbunterschied bei etwas geringerer Belichtung (z.B. durch Abblenden des Objektivs) noch deutlicher geworden.

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, steht die Farbe eines Sterns im Zusammenhang mit seiner Oberflächentemperatur.

Tabelle 3: Sternfarben und Sterntemperaturen

Farbe des Sternlichtes	Temperatur an der Oberfläche (in K)
bläulich	25 000
bläulichweiß	15 000
weiß	9 000
gelblichweiß	7 000
gelblich	6 000
gelborange	4 000
rötlich	2 500

Es gilt die Regel: je rötlicher ein Stern erscheint, desto geringer ist seine Oberflächentemperatur. Daraus folgt, beide Sterne unterscheiden sich in ihrer Oberflächentemperatur, d.h., in der Temperatur der für uns sichtbaren Sternatmosphäre. Eigentlich haben die Sterne keine richtige Oberfläche, denn sie sind Gaskugeln, die nach außen allmählich in den Weltraum übergehen. Das Gas ist aber in den meisten Sternen wegen der großen Massen infolge der Schwerkraft so dicht zusammengepresst, dass die Übergangsschicht vernachlässigt werden kann. Dennoch entsteht in dieser Übergangsschicht (Photosphäre) der für uns wahrnehmbare Farbeindruck. Pollux ist ein rötlicher und Kastor ein nahezu weißer Stern, d.h. das Kastor eine höhere Oberflächentemperatur besitzt als Pollux [6].

Aus Tabelle 3 kann die Oberflächentemperatur für Kastor auf etwa 9000 K und für Pollux auf etwa 4000 K grob abgeschätzt werden. Dies stimmt recht gut mit den in der Literatur angegebenen Werten für Kastor von ca. 10000 K sowie für Pollux 4500 K überein [10, 13].

Eine Erklärung der unterschiedlichen Farbeindrücke infolge verschiedener Oberflächentemperaturen lässt sich aus den allgemeinen Strahlungsgesetzen der Physik ableiten. Jeder Körper sendet eine elektromagnetische Strahlung aus, deren Eigenschaften von seiner Temperatur und Beschaffenheit abhängig sind. Er kann umso mehr Strahlung aussenden, je größer sein Vermögen ist, Strahlung zu absorbieren. Dafür wurde ein Modell entwickelt, dass Schwarzer Körper genannt wird. Dieser Schwarze Körper absorbiert die gesamte Strahlung, die auf ihn trifft. Demzufolge sendet er von allen Körpern (mit gleicher Temperatur) die meiste Strahlung aus, die so genannte Schwarze Strahlung.

Die Energieverteilung im Spektrum eines Schwarzen Strahlers wird durch das Plancksche Strahlungsgesetz beschrieben, das besagt: Die Energiedichte ist an jeder Stelle im Spektrum umso höher, je größer die Temperatur T des Strahlers ist. Das Energiemaximum verschiebt sich mit wachsender Temperatur immer weiter zu kürzeren Wellenlängen. Beide Sachverhalte werden durch Abbildung 7 (nächste Seite) verdeutlicht. Das Produkt aus Wellenlänge und Temperatur ist konstant (Wiensches Verschiebungsgesetz).

Das Stefan- Boltzmannsche Gesetz besagt: Summiert man die Strahlungsenergie über das gesamte Spektrum, erhält man die Energie der Gesamtstrahlung. Diese ist nur von der Temperatur abhängig, sie wächst proportional zu T^4 [14].

Für den Vergleich von Kastor und Pollux folgt daraus:

1. Auf Grund der höheren Temperatur muss das Maximum der abgestrahlten Energie bei Kastor bei geringeren Wellenlängen liegen.
2. Kastor besitzt bei jeder Wellenlänge eine höhere Energiedichte.
3. Die Energie der Gesamtstrahlung muss bei Kastor deutlich größer sein, da die Temperatur mit der vierten Potenz eingeht.

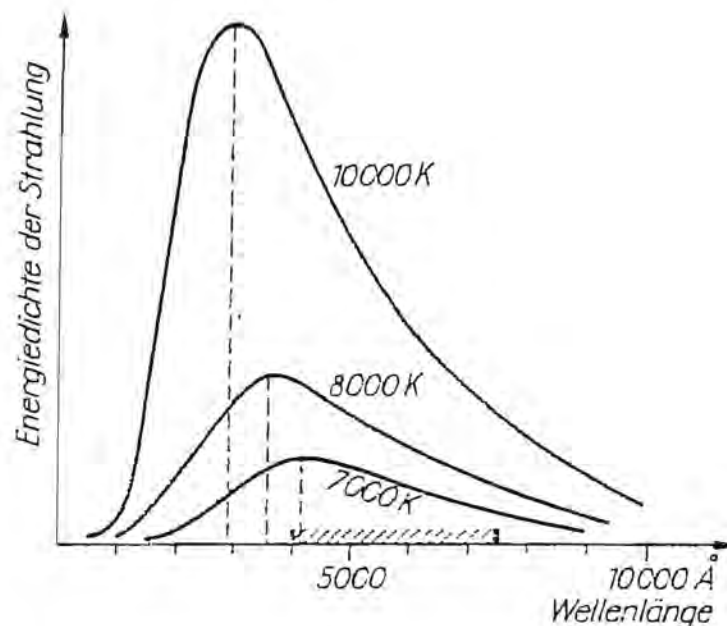


Abb. 7: Energieverteilung im Spektrum Schwarzer Körper bei verschiedenen Temperaturen [14]

3.4 Spektroskopische Beobachtungen

Die Spektralaufnahmen erfolgten am 11. 01. 2003 (schwarz- weiß Aufnahmen) und am 01.02 2003 (Farbaufnahmen) mit den folgenden Belichtungszeiten:

Kastor: 21.25 Uhr – 21.31 Uhr MEZ (sw- Aufnahme) bzw. 21.54 Uhr – 22.00 Uhr MEZ (Farbaufnahme)

Pollux: 21.41 Uhr – 21.50 Uhr MEZ (sw- Aufnahme) bzw. 23.52 Uhr – 23.58 Uhr MEZ (Farbaufnahme).

Das Aussehen des Spektrums von Kastor und Pollux im sichtbaren Bereich wird auf der nächsten Seite in Abbildung 8 dargestellt.

Mit einer jeweils fünffachen Negativvergrößerung werden zum Zwecke der Grobzuordnung der Wellenlängenbereiche ein Farb- und ein schwarz- weiß- Spektrum gegenübergestellt. Die Bezeichnung wichtiger Spektrallinien erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit an den zwölfmal vergrößerten Abzügen der schwarz- weiß- Spektren.

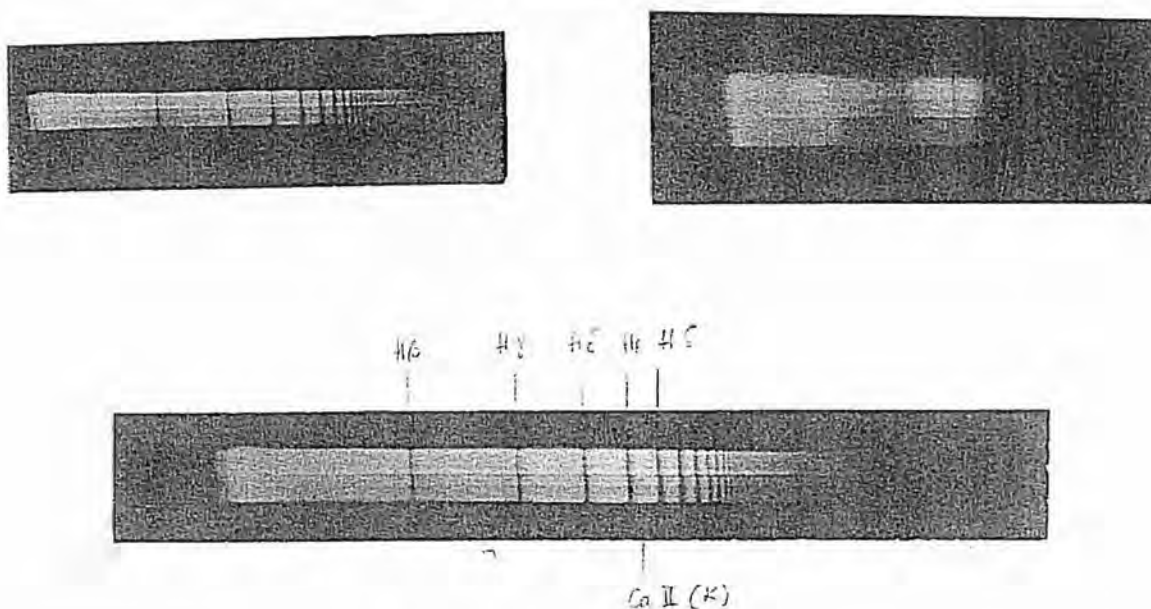
Aus Abbildung 8 ist ersichtlich, dass sich die Spektren von Kastor und Pollux schon augenscheinlich deutlich unterscheiden.

Das Spektrum des Kastors weist eine Reihe von Absorptionslinien auf, die sehr deutlich zu erkennen sind. Verglichen mit Standardspektren (siehe Abbildung 9

auf Seite 5) und unter Berücksichtigung der Aussagen der Tabelle 4 handelt es sich bei diesen Linien um die Balmerlinien des Wasserstoffs, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ usw. ($H\alpha$ ist im roten Spektralbereich zu finden und hier überbelichtet). Das bedeutet, dass sich in der Sternatmosphäre des Kastors Wasserstoff befindet und die Anregungsbedingungen für die Balmerlinien bei diesen Temperaturen günstig sind. Ganz schwach ist auch eine Kalziumlinie zu sehen.

Beim Pollux sind zwei starke Absorptionslinien gut sichtbar. Es sind dies die sogenannten Kalziumlinien H und K (Vergleich Abbildung 9). Außerdem tritt das G-Band (bei höher aufgelösten Spektren viele eng benachbarte Metalllinien) deutlich hervor. Für diese sind bei der geringeren Oberflächentemperatur des Pollux ebenfalls die Anregungsbedingungen sehr günstig.

Spektren des Sterns Kastor



Spektren des Sterns Pollux

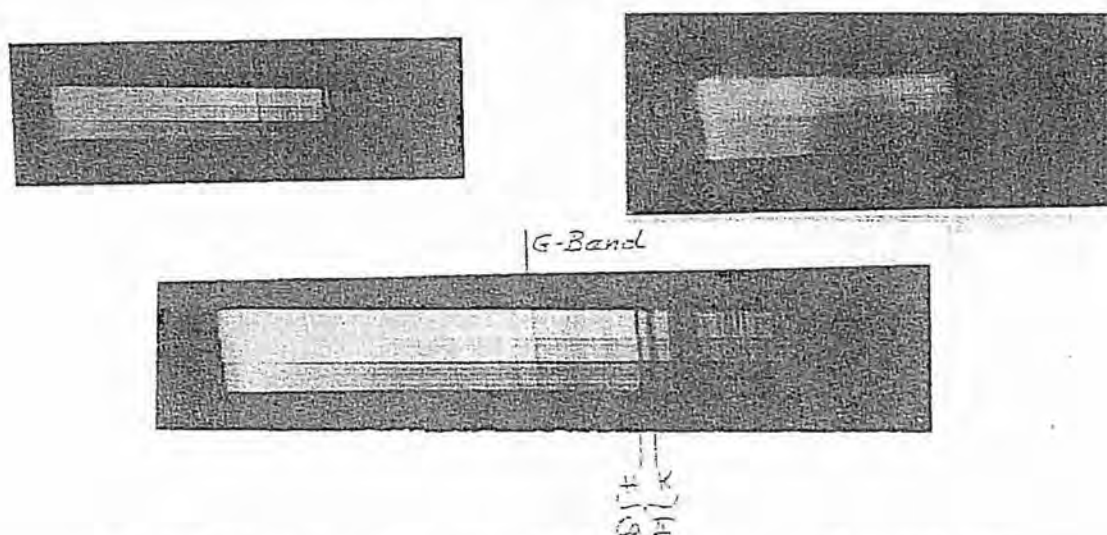


Abb. 8: Spektren von Kastor und Pollux (schwarz-weiß und farbig)

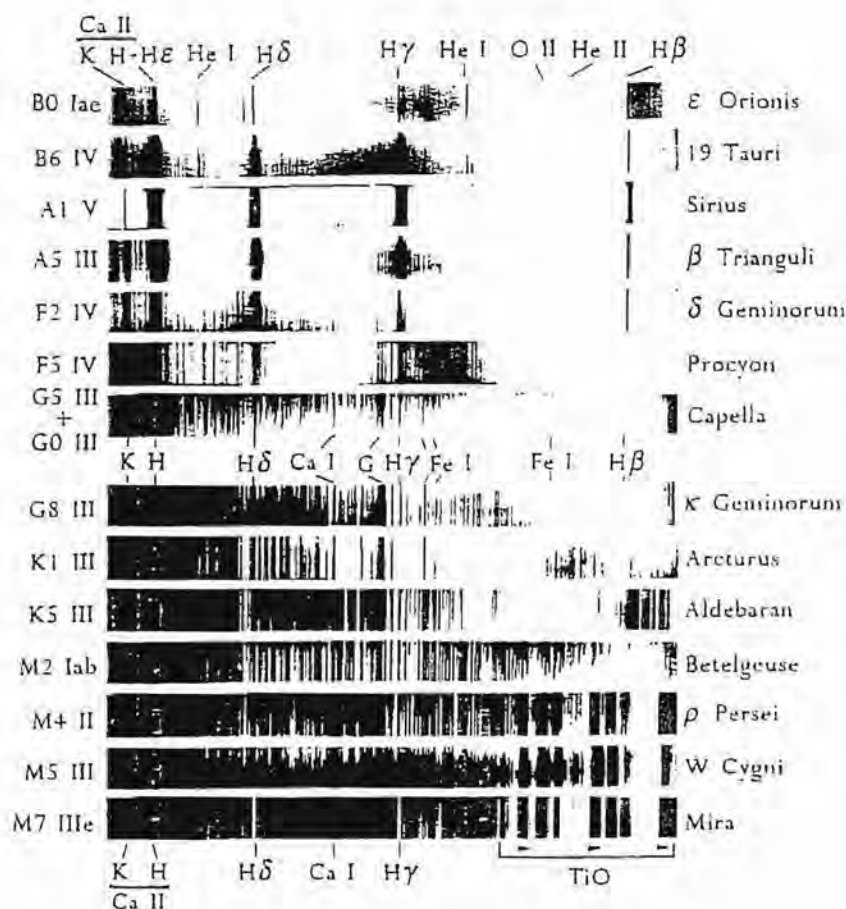


Abb. 9: Klassische Spektralsequenz [15]

Anmerkung:

Die exakte Identifizierung der Linien erfolgt normalerweise mit Hilfe von Kalibrierspektren (z.B. einer Quecksilberlampe), welche mit derselben Aufnahmekamera wie der Stern aufgenommen werden. Das Aufnehmen eines Kalibrierspektrums und das Ableiten einer daraus abgeleiteten Dispersionskurve würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Um die Vielfalt der Sternspektren zu ordnen, führte man eine Spektralklassifikation ein, wobei nach rein empirischen Kriterien entsprechend des Aussehens der Spektren Hauptspektralklassen festgelegt wurden.

Die Hauptspektralklassen werden durch die großen Buchstaben: O- B- A- F- G- K- M gekennzeichnet. Neben dieser Hauptfolge der O- bis M- Sterne gibt es auch Nebenfolgen, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Um eine noch feinere Unterscheidung und Charakterisierung zu bekommen, unterteilt man die einzelnen Spektralklassen, indem man die Ziffern 0 bis 9 an die großen Buchstaben setzt (außer bei der Klasse O, bei der sie mit O5 beginnt). So folgt z.B. auf F9 die Spektralklasse G0. Den Spektralklassen können ebenfalls charakteristische Oberflächentemperaturen zugeordnet werden. Die O-Sterne haben die höchste und die M- Sterne die niedrigste Temperatur.

Wichtige spektrale Merkmale der Hauptspektralklassen sowie die zugehörigen Oberflächentemperaturen sind aus Tabelle 4 zu entnehmen. Um eine Einordnung der Spektren von Kastor und Pollux in die Hauptfolge der Spektralklassen zu erreichen, können die spektralen Merkmale mit denen von Standardsternen der Hauptfolge verglichen werden. Standardspektren einer solchen Hauptsequenz sind der Abbildung 10 auf Seite 7 zu entnehmen (Aufnahmen von Bernd Hanisch, Oktober 1990 auf AGFA 1000 RS).

Tab. 4: Gegenüberstellung von Hauptspektraltyp, Oberflächentemperatur und wichtigen spektralen Merkmalen [16]

Spektraltyp	Oberflächentemperatur (in K)	Spektrale Merkmale
O	28 000 - 50 000	Absorptionslinien des ionisierten Heliums auf intensivem kontinuierlichen Spektrum im kurzwelligen Bereich
B	9 990 - 28 000	Absorptionslinien des neutralen Heliums und des Wasserstoffs (Balmerlinien)
A	7 400 - 9 900	Balmerlinien dominierend; einige Linien ionisierter Metalle; schwache Kalziumlinien H und K
F	6 000 - 7 400	Balmerlinien schwächer; H und K verstärkt; Auftreten des G-Bandes (eng beieinander liegende Metalllinien)
G	4 900 - 6 000	H und K noch stark ausgeprägt; zahlreiche Metalllinien; kräftige Eisenlinien; noch erkennbare Balmerlinien
K	3 500 - 4 900	H und K noch deutlich, G-Band am stärksten; erstes Auftreten von Titanoxid-Banden
M	2 000 - 3 500	Titanoxid-Banden; G-Band in einzelnen Linien aufgelöst

Ein Vergleich ergibt das folgende Resultat:

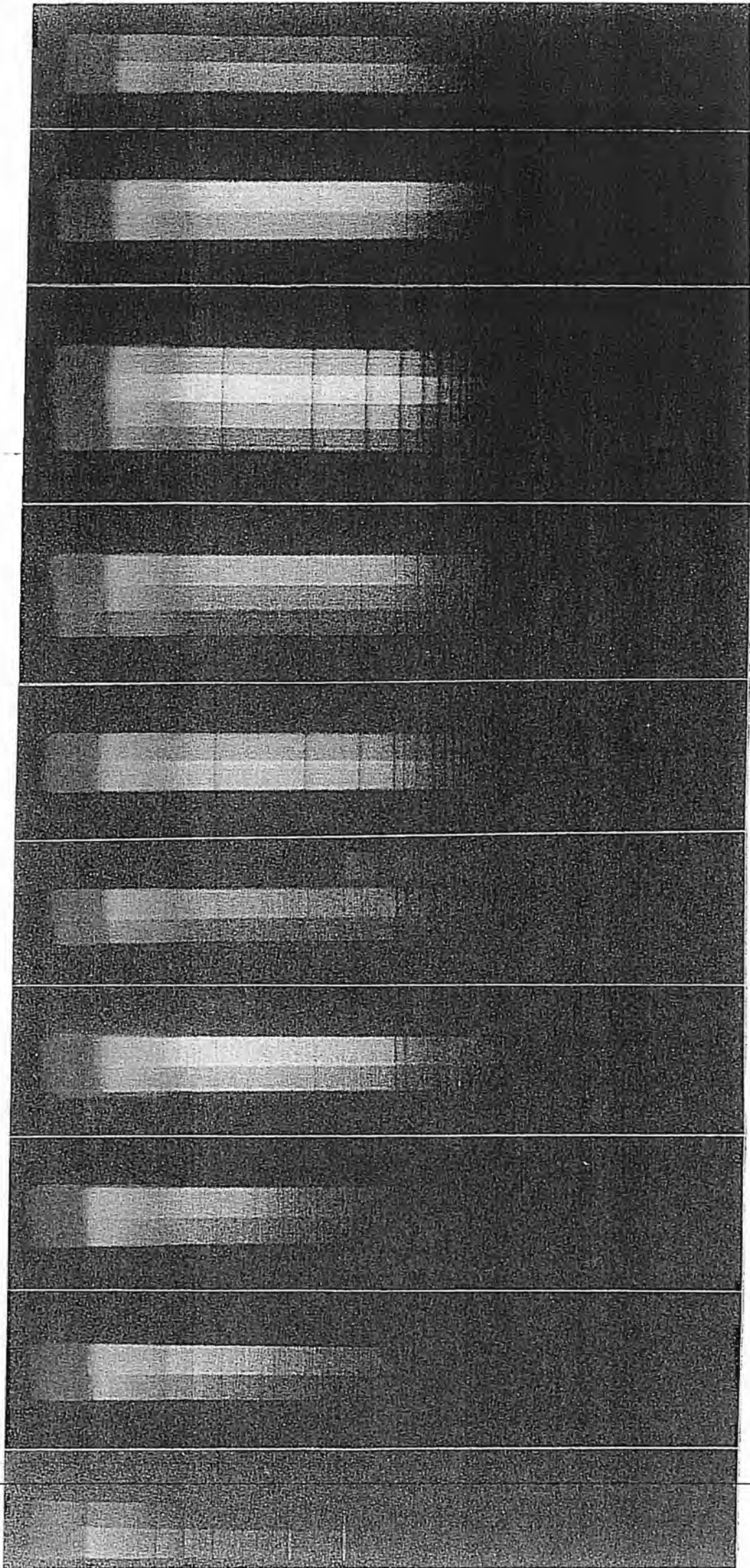
Kastor entspricht der Spektralklasse A --> sein Spektrum ähnelt dem der Wega
Pollux gehört in die Spektralklasse K --> sein Spektrum ist vergleichbar mit dem des Aldebaran.

Aus den Literaturangaben bekommt man die exakten Werte für die Spektralklassifizierung:

Kastor gehört zur Spektralklasse A und Pollux ist in die Spektralklasse K0 einzuordnen [17].

Das Spektrum wird jedoch durch die Angabe der Spektralklasse noch nicht eindeutig bestimmt. Deshalb wurde zusätzlich eine zweidimensionale Spektralklassifikation eingeführt, bei der außerdem die Leuchtkraft eines Sternes berücksichtigt wird. Die Leuchtkraft, also die je Sekunde von einem Stern abgestrahlte Energie, kann in fünf Leuchtkraftklassen (I – V) eingeteilt werden. Diese fünf Klassen, die wichtige Hinweise zur physikalischen Beschaffenheit und zum Entwicklungsstadium eines Sterns geben, werden später beschrieben.

Wird nun das Spektrum des Kastors mit den Spektren anderer A- Sterne (Wega und Deneb, siehe Abbildung 10) verglichen, lässt sich ansatzweise eine Aussage über die Leuchtkraftklasse von Kastor machen. Es ist deutlich erkennbar, dass Wega viel breitere Linien besitzt als Deneb. Wega und Deneb unterscheiden sich zwar nicht in ihrer Hauptspektralklasse (beides A- Sterne), jedoch in ihrer Leuchtkraftklasse. Wega gehört zur Leuchtkraftklasse V, Deneb hingegen zur Leuchtkraftklasse I [18].



Delta Ori
O 9.5 II
24.10.1990

Rigel
B8 Ia
24.10.1990

Wega
A0 V
21.10.1990

Deneb
A2 Ia
21.10.1990

Atair
A7 IV
21.10.1990

Gamma Cyg
F8 Ib
21.10.1990

Kapella
G8 III
24.10.1990

Aldebaran
K5 III
24.10.1990

Beteigeuze
M2 Iab
24.10.1990

Mira
M6 e
22.10.1990

Da das Kastorspektrum bezüglich der Linienbreite eher dem der Wega gleicht, dürfte auch Kastor der Leuchtkraftklasse V angehören. Diese Vermutung stimmt mit den Angaben in der Literatur überein [17]. Für Pollux ist eine Leuchtkraftklassifikation mit Spektren dieser Auflösung nicht so einfach möglich. Ferner ist unter den Standardspektren in Abbildung 10 nur ein Stern des Spektraltyps K vertreten. Deshalb lässt sich über die Leuchtkraftklasse des Pollux ein ähnlicher Vergleich nicht durchführen. Ein Vergleich mit den Literaturdaten zeigt, dass Pollux zur Leuchtkraftklasse III gehört [19]. Eine Darstellungsmöglichkeit der Leuchtkraft der Sterne (durch die absolute Helligkeit) im Verhältnis zu ihrer Spektralklasse ermöglicht das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD), das in Abbildung 11 dargestellt ist.

Es hat in der Astronomie eine große Bedeutung erlangt, da sich aus ihm grundlegende Schlüsse in Bezug auf wichtige physikalische Zustandsgrößen und das Entwicklungsstadium der Sterne ziehen lassen. Die Sterne im HRD sind in bestimmte Gebiete („Äste“) aufgeteilt. Die meisten Sterne befinden sich auf einem relativ scharf begrenzten Ast, der von den O-Sternen diagonal bis zu den M-Sternen (absolute Helligkeit von etwa -6^m bis 15^m) reicht. Er wird Hauptreihe oder Zwergenast genannt. Die auf ihm liegenden Hauptreihen- oder Zwergsterne gehören der Leuchtkraftklasse V an (wie z.B. auch die Sonne). Ein zweiter Ast wird hauptsächlich von den kühleren Sternen der Klassen G0 bis M (absolute Helligkeit von ca. 0^m) gebildet. Dieser Ast liegt über dem der Hauptreihe, weil hier die absolute Helligkeit bei gleicher Spektralklasse größer als die der Zwergsterne ist. Die Sterne dieses Astes werden als Riesensterne (Leuchtkraftklasse III) bezeichnet. Es sind Sterne mit großem Durchmesser in einem relativ späten Entwicklungsstadium.

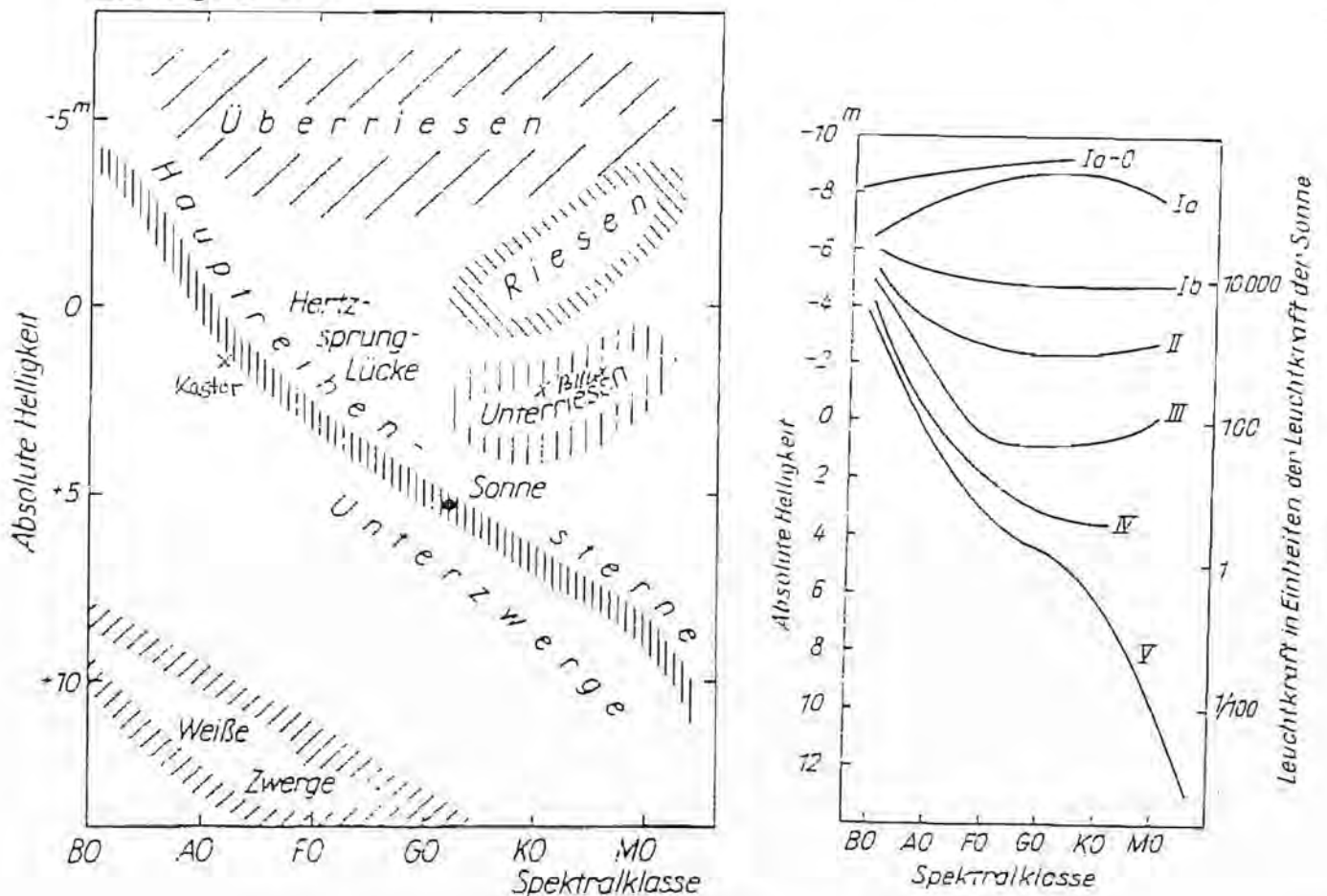


Abb. 11: Schematisches Hertzsprung-Russell-Diagramm [20]

Zwischen dem Riesenast und der Hauptreihe liegt das Gebiet der Unterriesen (Leuchtkraftklasse IV), deren Durchmesser sich zwischen denen der Riesen und denen der Zwerge befindet. In dem Gebiet der Spektralklassen A5 bis G0 in der Verlängerung des Riesenastes, sind nur noch wenige Sterne zu finden. Es wird deshalb Hertzsprung- Lücke genannt. Oberhalb des Riesenastes liegen die Überriesen (Leuchtkraftklasse I) und die hellen Riesen (Leuchtkraftklasse II).

Unterhalb der Hauptreihe bei den mittleren und späten Spektralklassen befinden sich die Unterzwerge. Das Gebiet, das sich 8^M bis 12^M unter der Hauptreihe erstreckt, ist das der Weißen Zwerge. Dies sind Sterne mit sehr geringem Durchmesser und ziemlich hoher Temperatur. Die Lage der beiden „Zwillingssterne“ im HRD ist sehr verschieden. Kastor besitzt die Spektralklasse A1 und eine absolute Helligkeit von 0, M_9 [21]. Demzufolge ist er in der Hauptreihe wieder zu finden, also ein Hauptreihenstern.

Pollux hingegen gehört zur Spektralklasse K0 mit einer absoluten Helligkeit von 1, M_1 [19]. Er gehört zu den Unterriesen mit der Leuchtkraftklasse III. Zur Sichtbarmachung der ungefähren Stellung von Kastor und Pollux im HRD wurden beide Sterne in Abbildung 11 eingezeichnet. Es wird deutlich, wie wenig Kastor und Pollux bezüglich ihrer Spektral- und Leuchtkraftklassen „Zwillingen“ gleichen.

4. Ausblick

Die zwischen Kastor und Pollux mittels der vorgestellten Beobachtungsmethoden festgestellten Unterschiede sind beispielhaft und keineswegs vollständig. Weiterführende Beobachtungen könnten z. B. sein:

- Aufnahme von Spektren mit größerer Auftrennung der Wellenlängenbereiche und exakter Bestimmung von Lage und Intensität der Linien, mit dem Ziel einer genaueren Bestimmung der physikalischen Zustandsgrößen
- Fotometrie der Sterne mit engbandigen Filtern und Bestimmung der fotografischen Helligkeiten in verschiedenen Bereichen des sichtbaren Spektrums (Ermittlung von Farbindices) [22].

Diese Beobachtungen würden jedoch anspruchsvolle instrumentelle Ausrüstungen erfordern, die zur Bearbeitung des Themas im Rahmen dieser Facharbeit nicht zur Verfügung standen.

5. Zusammenfassung

Entsprechend der Zielstellung der Arbeit sollte mit einfachen astrophysikalischen Beobachtungsmethoden festgestellt werden, ob die Bezeichnung „Zwillinge“ für die beiden Hauptsterne Kastor und Pollux gerechtfertigt ist. Das von beiden Sternen ausgesendete Licht wurde durch visuelle Beobachtungen mit und ohne Fernrohr, durch fotografische Beobachtungen der Sternspuren sowie durch spektrografische Beobachtungen mit einem fotografischen Film als Strahlungsempfänger beobachtet. Alle vier Beobachtungsmethoden zeigten deutliche Unterschiede zwischen Kastor und Pollux auf. So wurden durch visuelle Beobachtungen mit und ohne Fernrohr sowie durch die Sternspuraufnahmen unterschiedliche Färbungen der beiden Sterne festgestellt, die auf eine unterschiedliche Oberflächentemperatur hinweisen. Diese liegt bei dem weiß erscheinenden Kastor etwa bei 10.000 K, bei dem rötlich-gelb erscheinenden Pollux hingegen nur bei etwa 4500 K.

Die spektrografischen Beobachtungen zeigten darüber hinaus, dass Kastor aufgrund des Vergleiches seines Spektrums mit Standardsternen in die Spektralklasse A und in die Leuchtkraftklasse V (Hauptreihenstern) eingeordnet werden kann. Die spektralen Merkmale des Pollux entsprechen denen von Sternen der Spektralklasse K. Eine eindeutige Zuweisung der Leuchtkraftklasse ist für Pollux mit derartig niedrig aufgelösten Spektren nicht möglich. Der Literatur ist jedoch zu entnehmen, dass Pollux zu den Riesensternen der Leuchtkraftklasse III gehört.

Durch visuelle Beobachtungen beider Sterne im Fernrohr konnte Kastor ab einer etwa 100-fachen Vergrößerung eindeutig als Doppelstern mit etwa zwei gleich hellen Komponenten beobachtet werden, während Pollux bei allen benutzten Vergrößerungen als Einzelstern sichtbar war.

Die durchgeführten Beobachtungen belegen, dass die Bezeichnung „Zwillinge“ für die beiden Hauptsterne des gleichnamigen Sternbildes aus astrophysikalischer Sicht **nicht** gerechtfertigt ist, weil sich beide Sterne in wichtigen Zustandsgrößen deutlich unterscheiden. Informationen über solch wichtige, einen Stern charakterisierenden Größen wie Temperatur, Leuchtkraft und Schwerebeschleunigung, aber auch hinsichtlich von Besonderheiten in der chemischen Zusammensetzung, sind zumindest prinzipiell auch schon mit Hilfe einfacher Beobachtungen des Sternenlichtes zugänglich.

Literatur

- [1] Weigert, A.; Zimmermann, H.: Brockhaus ABC Astronomie
VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S.413
- [2] Lindner, K.: Der Sternhimmel. Urania- Verlag, Leipzig, Jena und Berlin 1975
- [3] Lindner, K.: Astronomie selbst erlebt. Urania- Verlag, Leipzig, Jena und Berlin 1973
- [4] Weigert, A. und Zimmermann, H.: Brockhaus ABC Astronomie
VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 106
- [5] Weigert, A. und Zimmermann, H.: Brockhaus ABC Astronomie.
VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 388
- [6] Lindner, K.: Astronomie selbst erlebt. Urania- Verlag, Leipzig, Jena und Berlin 1973, S. 133
- [7] Lindner, K.: Der Sternhimmel. Urania- Verlag, Leipzig und Jena und Berlin 2. Auflage 1975, S. 26
- [8] Weigert, A. und Zimmermann, H.: Brockhaus ABC Astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 124 ff.
- [9] ebenda S. 293 und 5
- [10] Sanford, J.: Der neue Kosmos-Sternatlas. Franckh- Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart 1990, S. 97
- [11] Weigert, A. und Zimmermann, H.: Brockhaus ABC Astronomie.
VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 58 ff.
- [12] Sanford, J.: Der neue Kosmos-Sternatlas. Franckh- Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart 1990, S. 97
- [13] www.enzyklop.info/glossNFZ.html
- [14] Weigert, A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 50 bzw. S. 293
- [15] [vgl. Kaler, James B.: Sterne Die physikalische Welt der kosmischen Sonnen. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg, Berlin 2000, S. 102]
- [16] Weigert, A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 378ff

- [17] Weigert, . A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 378ff.
- [18] Weigert, . A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 472 bzw. S. 57.
- [19] Weigert, . A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 293.
- [20] Weigert, . A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 129 und 205.
- [21] Ahnert, P., Kleine praktische Astronomie. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1974, S.118.
- [22] Weigert, . A. und Zimmermann, H.: brockhaus abc astronomie. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1977, S. 103.

Die Jahrestagung der Fachgruppe „Spektroskopie“

Die Jahrestagung der Fachgruppe „Spektroskopie“ findet vom 14.-16.5.04 entgegen früheren Ankündigungen nunmehr in der Starkenburg-Sternwarte Heppenheim (südlich Darmstadt im Odenwald an der Weinstraße gelegen) statt, in der wir bereits 1997 zu Gast sein durften. Viele Tagungsbesucher werden diese hervorragende Tagung sicher noch in angenehmer Erinnerung haben. Die dortigen Möglichkeiten einer zeitlich ungebundenen Programmgestaltung laden dazu ein, diese Tagung mit folgenden Themen auszustatten:

- Sternspektren/Sonnenspektren aufnehmen u. auswerten
- Auswertesoftware anwenden/demonstrieren

Bereits Freitagabend werden wir bei klarem Himmel an der 20cm-Flat-Field-Kamera mit meinem Gitterspektrographen Sternspektren aufnehmen, die Samstags (Vormittag/Nachmittag) mit verschiedenen Programmen wie MIDAS (Moderation: G.Gebhard) und (geplant) SKYSPEC (Moderation: B.Marquard) in zwangloser Atmosphäre bearbeitet und ausgewertet werden. Des Weiteren wird D.Goretzki am Samstag mit Foto-Objektiv, Lichtwellenleiter, Gitterspektrograph und seiner CCD-Kamera (alpha-Mini) Sonnenspektren gewinnen, die ebenfalls im Laufe des Samstag oder Sonntagvormittag besprochen/diskutiert werden. Außerdem findet in den Nachmittagsstunden des Samstag ein Fachvortrag statt:

Dr. Thomas Eversberg (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) spricht zum Thema: "Spektroskopisch-diagnostische Relevanz von Sternwindphänomenen"

Auch sind wieder Posterausstellungen und Gerätedemonstrationen geplant, an denen sich jedermann beteiligen kann. Ich möchte alle spektroskopisch ambitionierten Amateure dazu ermuntern, mit Ideen und eigenen Beiträgen daran teilzunehmen. Sollten Sie Informationen zu Übernachtungsmöglichkeiten und/oder Anreise wünschen, dann nehmen Sie bitte mit mir Kontakt auf:

eMail: ErnstPollmann@aol.com

Telefon: 0214-91829 oder Fax: 0403603038949

Entwicklung eines Spektralapparates zur Beobachtung und Analyse von Sternspektren (II)

(Facharbeit aus dem Fach Physik/Informatik von Achim Mester, Köln)

3 Die Computersteuerung

Für mein Konzept einer sinnvollen Teleskopsteuerungssoftware musste ich mit relativ geringem Zeitaufwand eine Software entwickeln, die folgende Anforderungen erfüllt:

- Zugriff auf die RS232-Schnittstelle zur Kommunikation mit dem Teleskop
- Netzwerkfähigkeit zur Steuerung aus weiterer Entfernung, z.B. über Intranet/Internet
- Einfache, übersichtliche und sichere Kontrolle des Teleskops
- Sinnvolle Funktionen zur Fokussierung und Belichtung von Sternspektren

Die einzige, mir – zumindest in Grundzügen- vertraute Programmiersprache, die mir für ein derartiges Projekt geeignet erscheint, ist „Java“ von Sun Microsystems. Um diese Entscheidung zu erläutern muss etwas über die Programmiersprache selbst gesagt werden.

3.1 „JAVA“

Java wurde ab 1990 von SUN Microsystems entwickelt, um Haushaltsgeräte steuern zu können. Die Sprache erlebte ihren Durchbruch, als sie 1995 von Netscape in deren Web-Browserkonzept übernommen wurde. Besondere Merkmale der Sprache sind der objektorientierte, hierarchische Aufbau und die Plattformunabhängigkeit. Das bedeutet, dass bei dieser Programmiersprache der Quellcode für jede Plattform derselbe ist („Write once, run everywhere“). Lediglich das Basisprogramm „Java“ (SDK – „Software Development Kit“) ist speziell für die jeweilige Plattform entwickelt worden. Diese „übersetzt“ (kompiliert) den Code in einen sog. „Binary-Code“ der dann vom jeweiligen Java-Interpreter ausgeführt werden kann. Die Idee der Java-Entwickler war es, eine Programmiersprache zu entwickeln, die im Gegensatz zu anderen, objektorientierten Sprachen nicht übermäßig komplex, sondern auf schnelle und einfache Programmierung von sicherem, fehlerfreien Codes ausgelegt ist.

Heute ist es mit Java möglich, mit vergleichsweise geringem Aufwand, interaktive Webanwendungen (Applets, JSP), netzwerkfähige graphische Applikationen, sowie Handy-Betriebssysteme und viele andere Dinge zu programmieren. Für den Zugriff mit Java auf die serielle Schnittstelle benötigt man außer dem Basispaket die sogenannte „Communications-API“ („Application Programming Interface“), die ebenfalls als Freeware bei SUN aus dem Internet heruntergeladen werden kann und spezielle Funktionen zur Benutzung der Standardschnittstelle bereitstellt.

3.2 „LXControl“

Die Steuerungssoftware besteht aus mehreren Dateien, die jeweils verschiedene Aufgaben übernehmen:

RS232Server.java: Dieses Programm läuft auf dem Server, der in der Nähe des Teleskops installiert werden muss. Es übermittelt einerseits Signale vom Tele-

skop in ein Netzwerk und kann andererseits Signale, die von einem Client kommen, an das Teleskop weiterleiten.

LXControl.java: Das Programm stellt die Plattform für das Client-Programm dar. Je nach Bedarf kann es auf verschiedene Weise eine Kontrollplattform erstellen, die dann mit dem o.g. Server kommuniziert. In Normalfall startet es ein GUI („Graphical User Interface“).

LXGUI.java: Hier wird eine graphische Benutzeroberfläche initialisiert. Sie besteht grundsätzlich aus einem Eingabefeld für Befehle und einem Ausgabefeld, in dem die Befehle und eventuell Antworten oder für den Benutzer relevante Fehlermeldungen, ausgegeben werden. In der Standardeinstellung wird dieses Feld von „Protokoll.java“ in eine Protokolldatei geschrieben.

Die wichtigste Funktion ist über das Menü „Server“ in der oberen Programmleiste zu finden. Hier kann man das Programm „LXClient“ veranlassen, die Verbindung zu einem Server her zu stellen bzw. zu beenden.

Eine weitere Option ist die Visualisierung der momentanen Ausrichtung des Teleskops durch „LXVisualize.java“.

LXClient.java: Wie bereits erwähnt, öffnet dieses Programm eine Verbindung zum Server und stellt Methoden zur Übermittlung und Annahme von Daten über das Netzwerk zur Verfügung.

Protokoll.java: Dieses Paket kann wahlweise ein Protokoll über die gesendeten Befehle und Kommentare führen, die anhand eines Zeitstempels photographischen Aufnahmen zugeordnet werden und so deren Auswertung vereinfachen können. Das Protokoll wird in eine ASCII-codierte Datei mit der Bezeichnung „DDMMYYYY.p“ geschrieben.

LXVisualize.java: Mit Hilfe dieses Codes kann das Teleskop in Form einer 2D-Darstellung im GUI angezeigt werden. Der Sinn dieser Methode ist es, eine zusätzliche visuelle Kontrolle über das Teleskop zu haben. Störungen bei der Steuerung der Teleskopmotoren, die zur Beschädigung von Motoren oder Geräten führen könnten, sollen so schneller erkannt werden können.

Functions.java: Diese Datei stellt eine Sammlung von nützlichen LX200-Befehlen zur Verfügung, die zur einfachen Steuerung komplexerer Bewegungen, wie z.B. der sehr feinen und zeitlich begrenzten Bewegung während der Belichtung von Sternen dient.

4. Praxis

Im praktischen Teil dieser Arbeit sollen die gerade erklärten Elemente zu einem möglichst effektiven Gesamtpaket zusammengesetzt werden.

Um die Entwicklung meines Spektralapparates möglichst realistisch darzustellen, habe ich mich für die chronologische Beschreibung vom Konzept bis zum fertigen System entschieden.

4.1 Konzept

Für die Planung meines Spektralapparats war es wichtig, sich von vornherein Gedanken über die Konstruktion zu machen: Das System muss relativ kompakt sein, damit das Teleskop noch steuerbar ist. Außerdem soll das Gerät transportabel und daher einfach und schnell zu installieren sein. In diesem Zusammenhang stellt die CCD-Kamera eine besondere Anforderung dar: Die Kamera ist mit 990g recht schwer und muss auf jedem Fall sicher installiert werden. Eine einfache Holzkonstruktion ist schwer am Teleskop zu befestigen und bot mir nicht die angemessene Sicherheit für die Kamera. Außerdem würde ein solcher Anbau die Bewegungsfreiheit des Teleskops zusätzlich einschränken.

Nach eingehender Untersuchung des Teleskops und seiner Befestigungsmöglichkeiten entschloss ich mich, das

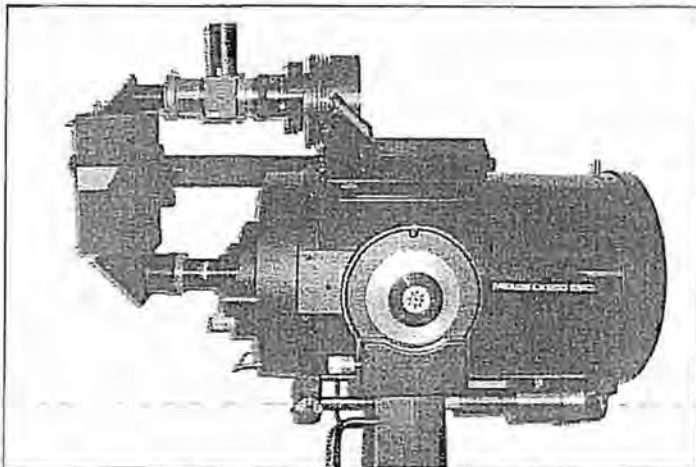


Abb. 4.1.1: Grundaufbau des Versuchs

Licht hinter dem Teleskop zunächst um 90° abzulenken, es durch eine Holzkonstruktion mit dem eigentlichen Spektralapparat zu lenken und sodann noch einmal um 90° in die - auf einer für einen Fotoapparat vorgesehenen Piggyback-Montierung befestigten - CCD-Kamera abzubilden.

So befindet sich die Kamera so nah wie möglich am ursprünglichen Schwerpunkt des Teleskops und kann mit wenigen Gegengewichten austariert

werden. Die Nachjustage dieses Schwerpunktes ist deshalb wichtig, weil die Motoren der Montierung einen ausgependelten Schwerpunkt erwarten und nicht auf dauerhafte Stabilisierung einer Hebelwirkung ausgelegt sind. In der Position, in der sich jetzt mein Eigenbau (o.g. Holzkonstruktion) befindet, liegt er auf einem Prisma auf und kann zusätzlich am Teleskop gesichert werden. Die Sicherung besteht aus einer Leiste, die an der Montierung eines optionalen Suchers am Tubus des Teleskops eingeklemmt wird.

Dieser Spektralapparat stellt die größte Herausforderung des optischen Versuchsaufbaus dar. Mittelpunkt dieser Vorrichtung ist ein Transmissionsgitter. Dieses Gitter hat ganz bestimmte Anforderungen:

Zum einen muss das zu analysierende Lichtbündel unbedingt parallel auf das Gitter treffen und zum anderen sollte es dort senkrecht ankommen, damit die Ablenkung des Gitters einfach berechnet werden kann. Das abgelenkte Licht ist hinter dem Gitter weiterhin parallel. Um es abzubilden muss ein weiteres optisches Element das Licht konvergieren.

Da ich mir über die Wahl des Transmissionsgitters (Blaze, Rowland, Gitterkonstante) wegen fehlender Erfahrung nicht sicher war, nahm ich eine ungünstige

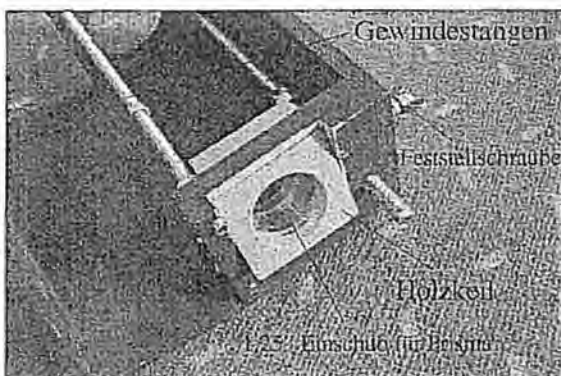


Abb. 4.1.2: „Holzkasten“. Vorrichtung zum flexiblen Einbau optischer Elemente

Drehung des Spektralfadens¹ auf dem CCD-Chip in Kauf. Dadurch wurde die Apparatur flexibel im Umgang mit unterschiedlichen Ablenkungswinkeln bei verschiedenen Gittern. Der jeweilige Ablenkungswinkel wird von einem Keil mit dem entsprechenden Winkel ausgeglichen. Verwendet man nun ein anderes Gitter, mit einer anderen Ablenkung, muss lediglich dieser Keil verändert und der Apparat ein wenig gedreht werden.

Die Positionen von Linsen stellen ebenfalls einen Risikofaktor bei der theoretischen Planung dar. Erfahrungsgemäß sind diese nicht rein rechnerisch exakt und endgültig zu bestimmen. Daher gibt

¹Da das Licht eines Sterns auf der Erde nur als Punkt zu sehen ist, erhält man ein sehr schmales Spektrum (auch Spektralfaden)

es in meinem Holzkasten zwei Gewindestangen, die als Aufhängung dienen. So kann man optischen Elemente - wie z.B. Linsen, oder Gitter - mit Muttern an verschiedenen Positionen, ähnlich wie bei einer optischen Bank, fixieren.

4.2 Entwicklung des Spektralapparats

Wie bereits erwähnt, spielt der „Holzkasten“ eine sehr wichtige Rolle. Es handelt sich dabei um den eigentlichen Spektralapparat. Hier soll das vom Teleskop eingefangene Licht eines Sterns in seine Bestandteile zerlegt werden.

Zunächst untersuchte ich die Eigenschaften des Transmissionsgitters mit einer optischen Bank meiner Schule. Als ich mir über den groben Aufbau im Klaren war, baute ich das 10" Schmidt-Cassegrain Teleskop in meinem Zimmer auf und richtete es auf eine entfernte Straßenlaterne aus. Mit Linsen und Haltevorrichtungen aus der Physiksammlung konnte ich so die Charakteristika des Teleskops bzgl. dessen variabler Brennweite ausmessen und den groben Aufbau des Spektralapparats mit den mir zur Verfügung stehenden Linsen ausprobieren. Als dies soweit funktionierte, bestellte ich bei einem Optiker die genau passenden Linsen und rahmte diese so ein, dass sie in die Haltevorrichtung des „Holzkastens“ eingebaut werden konnten. Selbiges tat ich mit dem Gitter.

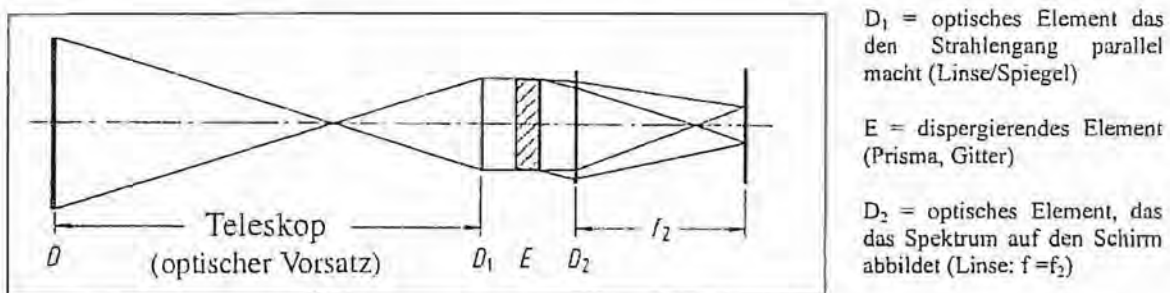


Abb. 4.2.1: Aufbau eines Spektrographen

Nach diesen Vorbereitungen gab es im Großen und Ganzen zwei „Entwicklungsstufen“ des Apparats:

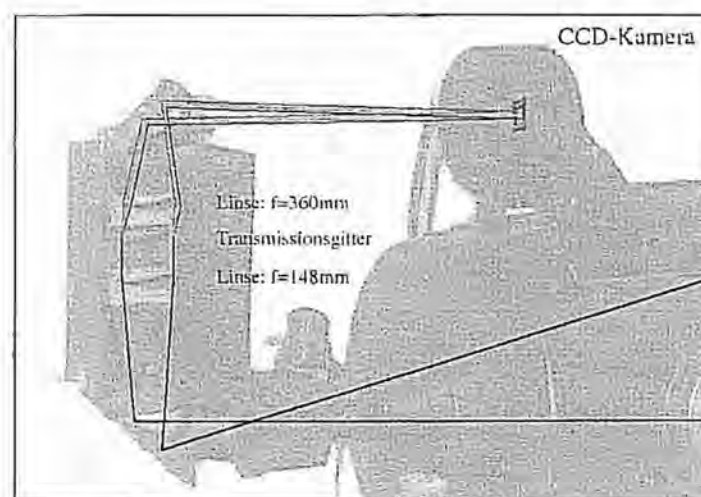


Abb. 4.2.3: Der optische Aufbau meines Spektrographen in der 1. Entwick-

Zwei Linsen sorgen dafür, dass das Licht zunächst parallelisiert und dann, nachdem es das Gitter durchquert hat, auf dem CCD-Chip abgebildet wird. Durch Veränderung der Position dieser Linsen konnte ich das Spektrum auf dem CCD-Chip fokussieren. Bei Test-Aufnahmen von Sirius aus dem Garten (Köln) wurde mir leider klar, dass dieses System zu viele Fehlerquellen bot. Oft war der Apparat nach dem Auf- und Abbauen dejustiert und trotz der Gewindestangen war es sehr zeitaufwendig und nervenaufreibend, das System neu einzustellen. Außerdem stellte sich heraus, dass eine Vorrichtung, die ich zunächst zum Verschieben des Spektrums auf dem Chip der CCD-Kamera entworfen hatte, nicht sehr sinnvoll ist. Die große Vergrößerung des Linsensystems ist im Vergleich zur Ergonomie bei der Bedienung eine vernachlässigbarer Eigenschaft – zumal der CCD-Chip über ausreichende Auflösung verfügt, um gute Spektren des gesamten interessanten Wellenlängenbereichs auf einmal zu fotografieren. Nach einigen Versuchen folgte daher eine zweite „Entwicklungsstufe“:

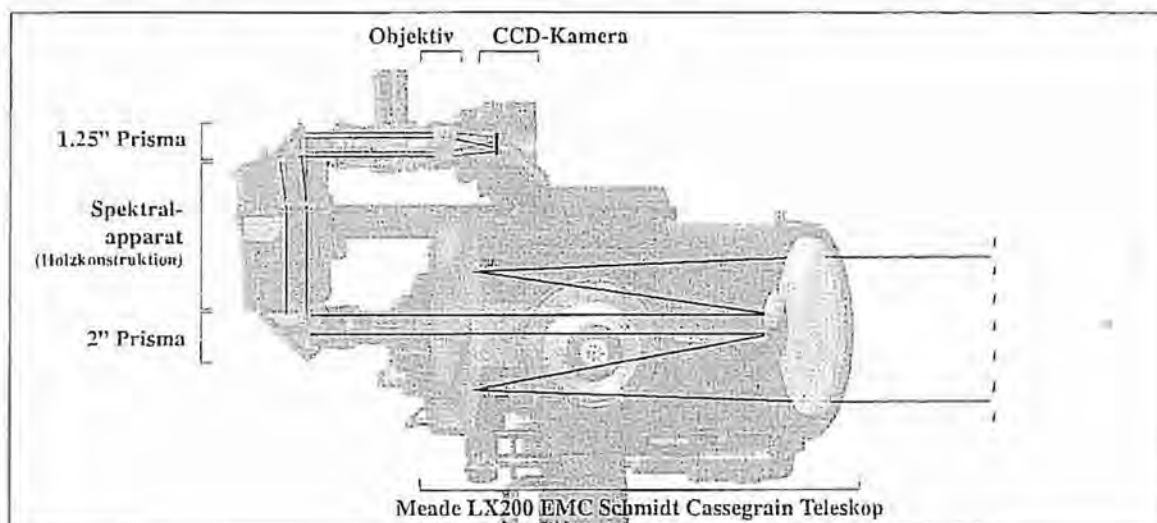


Abb. 4.2.3: Der optische Aufbau meines Spektrographen in der 2. Entwicklungsphase

Mit den aus vorangegangenen Beobachtungen gewonnenen Erfahrungen entwickelte ich einen neuen optischen Aufbau. Die Konstruktion an sich, damit meine ich den Aufbau mit den zwei Prismen, dem Holzkasten und der fest auf dem Teleskop befestigten CCD-Kamera hatte sich dagegen in der Praxis als stabil und sicher herausgestellt.

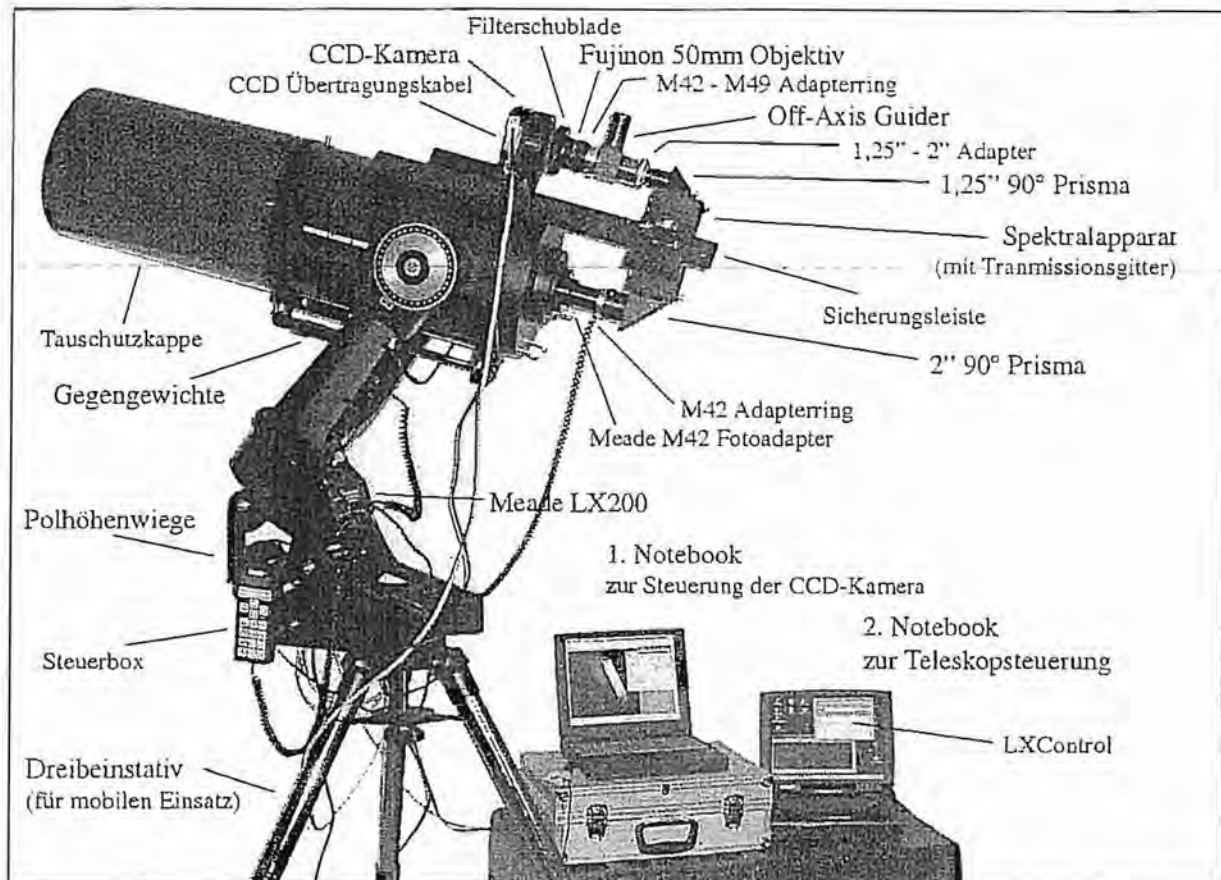
Zufällig zeigte sich, dass das Teleskop so eingestellt werden kann, dass das Licht bereits parallel aus dem Schmidt-Cassegrain System austritt. Daraus ergab sich, dass ich die erste Linse ersatzlos aus dem Apparat herausnehmen und so eine potenzielle Fehlerquelle entfernen konnte.

Die zweite Linse ersetzte ich durch ein handelsübliches Fotoobjektiv mit M42 Gewinde, welches ich direkt vor die Kamera einbaute (außerhalb der Holzkonstruktion). Das Objektiv ist von Fujinon ($f = 50\text{mm}$; Lichtstärke = 1:1,8). Es erlaubt die präzise Fokussierung des Bildes auf den CCD-Chip und verkleinert außerdem das Spektrum, so dass der interessante Wellenlängenbereich von ca. 450-680nm komplett auf dem Chip abgebildet wird.

Mit diesem Apparat funktionierte die Beobachtung auf Anhieb so, wie ich es mir vorgestellt hatte.

4.3 Versuchsaufbau

Der komplette Versuchsaufbau, der zur Aufnahme von Spektren benötigt wird sieht folgender Maßen aus:



4.4 Beobachtungsstandort und -bedingungen

Parallel zu dieser Arbeit habe ich mit meiner Mutter auf einem Grundstück in der Eifel im Herbst 2002 ein 1m x 1m x 1m großes Loch für ein Betonfundament ausgehoben. Darauf errichteten wir eine massive Betonsäule, in die drei Gewindestangen zur Befestigung einer Polhöhenwiege eingearbeitet sind. Dieses Fundament ist sehr stabil und daher wenig anfällig für Schwingungen. Für die Beobachtung bedeutet dies, dass die Aufnahmen nicht, oder nur sehr selten, durch Wind oder Bodenbewegungen verwackeln. In Köln ist jede Aufnahme, während deren Belichtung ein Zug über die ca. 200m von unserem Grundstück entfernte Trasse gefahren ist, unbrauchbar.

Der Eifel-Standort bietet noch weitere wesentliche Vorteile:

Miescheid (Hellenthal) liegt ca. 50 km südlich von Aachen (nach GPS: 6,382 O / 50,428 N / 660m üNN). Die Entfernung von anderen Städten und Dörfern sorgt für eine sehr geringe Lichtverschmutzung durch z.B. Straßenbeleuchtung und SkyBeamer. Die Nächte sind daher absolut dunkel. Fehlende Industrie ergibt außerdem transparenteren Himmel als in Köln.

Außerdem ist der ganze Horizont frei und dunkel, so dass nahezu das gesamte Firmament für Beobachtungen genutzt werden kann.

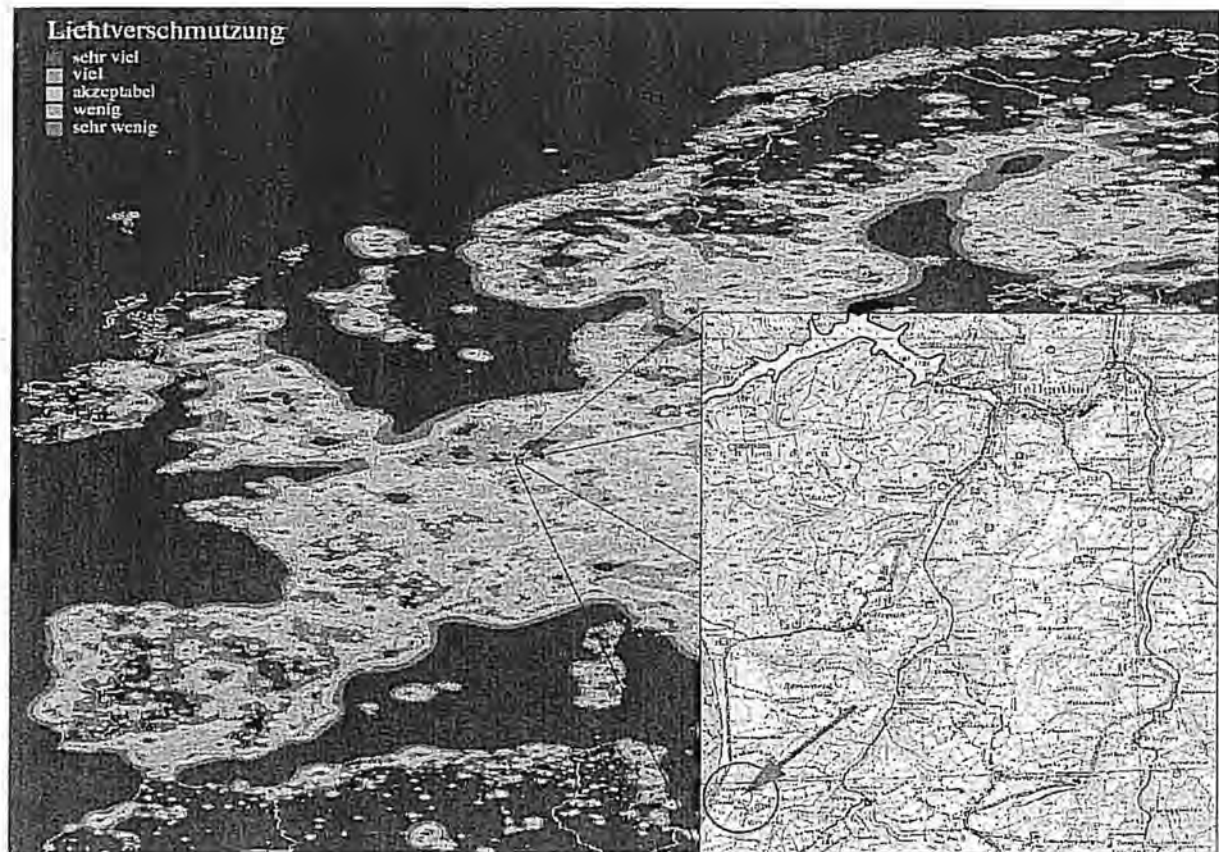


Abb. 4.4.1: Miescheid (Gem. Hellenthal) liegt in einem Gebiet mit verhältnismäßig geringer Lichtverschmutzung

Aufnahme und Analyse von Sternspektren (I)

Pädagogische Arbeit zur philologischen Staatsprüfung 12.7.1999
(von Michael Winkhaus, Wuppertal)

1.1 Streifzug durch die Geschichte der Spektroskopie

„Ich kenne einen wunderbaren Zauberstab, einen Zauberstab, gegen den die Zauberstäbe aller Hexenmeister ein Nichts sind. Halte meinen Stab in helle Sonnenlicht, halte ihn ins Licht der fernen Sterne, und er wird dir – wenn du ihn recht verstehen kannst eine wunderbare Geschichte erzählen. Er wird dir Probleme deuten, deren Erschließung man nie geahnt, Rätsel lösen, die ewig unlösbar schienen. Dieser Zauberstab ist ein unscheinbares, dreieckiges Glasstäbchen, und an alten Kronleuchtern kann man ihn zu Dutzenden hängen sehen; die Leute nennen ihn 'Prisma', und nur wenige wissen, welche Wunder er wirken kann“. (aus: Bürgels Himmelskunde [1])

*Das sind die einleitenden Worte des Dichter-Astronomen Bruno H. Bürgel (1875-1948) in seinem Kapitel „Was uns das Prisma von den Sternen mitteilt“, und trotz der heute übertriebenen Poetik enthält dieser Abschnitt den entscheidenden Hinweis zur Beantwortung unserer Frage, **wie** wir dem Sternenlicht Informationen über den physikalischen Zustand der Sterne entnehmen können: Durch die Zerlegung des Sternenlichts in seine spektralen Bestandteile und die anschließende Untersuchung des Spektrums erfahren wir die „Geheimnisse der Sterne“. Es soll hier zunächst eine kurze Reise durch die Geschichte der Spektroskopie gemacht werden. Sie beginnt im 17. Jahrhundert bei dem genialen englischen Mathematiker und Naturwissenschaftler Isaac Newton.*

Newton (1666) Entdeckung des Sonnenspektrums
--

Das Licht begann seine Natur im Jahre 1666 preiszugeben, als Isaac Newton (1643-1727) einen Sonnenstrahl durch ein Prisma lenkte und auf die Wand seines Zimmers einen Regenbogen – **das Spektrum** – erscheinen sah [2]. Er deutete die Erscheinung richtig: das weiß Licht ist zusammengesetzt aus mehreren Farben [3]. Damals konnte er nicht ahnen, welche Möglichkeiten er mit der Spektroskopie für die Astronomie und für die Wissenschaft im allgemeinen schaffen würde. Das Spektrum nannte man das „Kontinuum“, weil die Farben kontinuierlich ineinander übergingen. Nachdem das Licht als eine Wellenerscheinung erkannt worden war (Newton selbst glaubte an die Teilchentheorie [4], hat man es als eine eindeutige Zuordnung von Farbe und Wellenlänge betrachtet: Das blaue Ende des Spektrums entsprach den kurzen Wellenlängen, das rote den langen.

Wollaston (1802) Fraunhofer (1814) Entdeckung der dunk- len Linien im Son- nenspektrum
--

Im Jahre 1802 fand William Hyde Wollaston (1766-1828) im Kontinuum des Sonnenspektrums dünne dunkle Linien und glaubte, es handle sich dabei um Grenzen zwischen den einzelnen Farben. Zwölf Jahre später entdeckte sie Joseph von Fraunhofer (1787-1826) unabhängig von Wollaston noch einmal, schrieb sie aber der Unvollkommenheit seiner Gläser in der Farbdurchlässigkeit zu [5]. Aber exakt die gleichen Linien fanden sich in den Spektren des Mondes und der Planeten wieder, ein Beweis, daß die dunklen Linien tatsächlich dem Licht der Himmelskörper entstammen und keine Fehler der Optik sein konnten. Fraunhofer zählte im Spektrum insgesamt 574 Linien, deren stärkste er mit den Buchstaben A bis H bezeichnete [6]. Ihm zu Ehren werden diese Linien noch heute als *Fraunhofer'sche Linien* bezeichnet. Eine Erklärung für ihr Zustandekommen bahnte sich allerdings erst vier Jahrzehnte später an, als einige Forscher vermuteten, daß sie ein Charakteristikum für die in der Sonne vorhandenen chemischen Elemente sein könnten.

Bunsen/Kirchhoff (1859) Emission- und Absorptionsgesetz

Dieser Gedanke war schon sehr gut, doch aufgelöst wurde das Geheimnis um die dunklen Linien erst 1859 von Gustav Kirchhoff (1824-1887) und Robert Bunsen (1811-1899), die ein Verfahren zur Identifizierung dieser Linien entwickelten – ein halbes Jahrhundert vor dem Verständnis des Atommodells!

Die Spektralanalyse begann eigentlich mit einer Arbeit von Kirchhoff und Bunsen vom 1860 mit dem Titel: *„Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen“*. Es lohnt sich diese Arbeit zu lesen. Hier sind einige Zitate aufgeführt (aus [2] nach [7]):

„Fraunhofer hat beobachtet, daß die beiden dunklen Linien des Sonnenspektrums, die er mit 'D' bezeichnet hat, mit den beiden hellen Linien zusammenfallen, die jetzt als Linien des Natriums bekannt sind.“

„Die Beobachtungen am Sonnenspektrum scheinen mir die Gegenwart von Eisendämpfen in der Sonnenatmosphäre mit einer so großen Sicherheit zu beweisen, wie sie in den Naturwissenschaften überhaupt erreichbar ist.“

„Es ist wahrscheinlich, daß Stoffe, die an der Erdoberfläche in großen Mengen vorhanden sind und zugleich durch helle Linien in ihren Spektren sich auszeichnen, auf ähnliche Weise wie das Eisen sich in der Sonnenatmosphäre bemerklich machen werden. Es ist das in der Tat der Fall bei Calcium, Magnesium und Natrium.“

„Um die Linien des Sonnenspektrums zu erklären, muß man annehmen, daß die Sonnenatmosphäre einen leuchten Körper umhüllt, der für sich allein ein Spektrum ohne dunkle Linien geben würde. Danach würde die Sonne aus einem festen oder tropfbar flüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern bestehen, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur.“

Von dieser Methode der Spektralanalyse machte die Astronomie augenblicklich Gebrauch und hat sie im Grundprinzip bis in die heutige Zeit beibehalten. Sie beruht auf der exakten Vermessung der Position der Linien, ihrer Intensität, Breite und Form [8].

Lockyer (1868)
Ramsay (1895)
Entdeckung des
Elementes „Helium“

Der englische Astrophysiker Sir Norman Lockyer (1836-1920) fand 1868 im gelben Teil des Sonnenspektrums eine Linie, die keinem der damals bekannten chemischen Elemente zugehörte. Er nahm daher an, daß diese Absorptionslinie durch ein noch unbekanntes, nur auf der Sonnen vorkommendes Element erzeugt wird und nannte es Helium [griech. Helios = Sonne]. 1895 gewann William Ramsay (1852-1916) aus radioaktiven Materialien ein bis dahin unbekanntes Edelgas, dessen Identität mit dem Helium bald darauf durch Untersuchung seines Spektrums nachgewiesen werden konnte [6].

Secchi [1868]
Einteilung der Sterne
in Spektralklassen

Im Jahre 1868 erkannte Angelo Secchi [1818-1878], daß es verschiedene Erscheinungsformen der Spektren gab und sortierte sie in ihrem Aussehen nach in vier Klassen, die er mit den Buchstaben A bis D benannte: Es gab weiße Sterne wie Sirius, gelbe wie die Sonnen, orangefarbene und rötliche Sterne wie Beteigeuze und schwächere tiefrote Sterne [9].

Pickering/Maury
Henry-Draper-Katalog

Die technische Entwicklung trockener Gelantineplatten, der Vorläufer unserer Photographien, ermöglichte ein genaueres Studium der Sternspektren. Es konnten noch mehr Einzelheiten erkannt werden, und der Wellenlängenbereich wurde breiter, da die Photographien auch den ultravioletten Teil der Sternstrahlung erfaßten. Allerdings konnte bei den Ursachen für die Veränderung in den Spektrallinien keine Übereinstimmung erzielt werden: War die Temperatur der entscheidende Faktor? Oder war es die Dichte? – Eine Antwort darauf konnte erst durch die Fortschritte in der Atomtheorie gegeben werden.

Die Arbeit der Astronomen bestand in dieser Zeit in der Erstellung ausgedehnter Kataloge, die scheinbar unbegrenzte Mengen von Sterndaten enthielten. An der Harvard- Sternwarte (Massachusetts, USA) entwickelten Edward Charles Pickering (1846-1919) und Antonia Maury (1866-1952) den Henry-Draper-Katalog und schlugen abweichend zu Secchi eine Ordnung vor, die 16 Spektralklassen für Sterne umfaßte und die mit den Buchstaben A bis Q bezeichnet wurden [9].

Cannon (1922)
Harvard-Klassifikation der
Sternspektren

Die umfangreiche Arbeit an den Sternspektren wurde am Harvard-Observatorium von Annie J. Cannon (1863-1941) fortgesetzt, die über 225.000 Sterne in den Henry-Draper-Katalog aufnahm und klassifizierte. Die Ordnungssequenz wurde umgeordnet, Sondertypen aussortiert und die jetzt anerkannte Folge lautet bis heute:

(W) - O - B - A - F - G - K - M - (R - N - S)⁶

Diese sog. "Harvard-Klassifikation der Sternspektren" wurde in der ersten Versammlung der *Internationalen Astronomischen Union (IAU)* 1922 in Rom angenommen [10].

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren die physikalischen Gründe hinter dieser Reihe noch verschlossen. Später merkte man, daß sie eine Temperaturfolge darstellte. Die frühere Annahme, daß die Folge der Spektralklassen eine Reihenfolge von Entwicklungsstufen der Sterne sein könnte, erwies sich also als falsch. Die damit verbundene Bezeichnungsweise hat man aber unglücklicherweise niemals aufgegeben. Infolgedessen spricht man von den O- und B-Sternen als den Sternen des „frühen Spektraltyps“ und den K- und M-Sternen „als späten Spektraltyp“. Diese Bezeichnungen haben aber mit dem Alter der Sterne nichts zu tun.

Wer sich mit Astronomie beschäftigt, wird unweigerlich früher oder später auf diese „mystische“ Buchstabenkette stoßen, mit der die Sterne in sieben Hauptgruppen⁷ eingeteilt werden: O - B - A - F - G - K - M. Sie repräsentiert die Grundstruktur unserer Kenntnisse über die Sterne.

Wie und warum kann man mit ihrer Hilfe die verschiedenen Arten von Sternen unterscheiden und daraus wesentliche physikalische Zustände der Sterne ableiten? Um dies beantworten zu können, müssen wir das Licht der Sterne aus der Perspektive der modernen Astrophysik näher betrachten.

Literatur

- [1] Krug, E. (Hrsg.), Bürgels Himmelskunde, S. 57, Goldmann-Verlag (1979)
- [2] Schäfer, H., Elektromagnetische Strahlung, S. 116f, Vieweg-Verlag (1985)
- [3] Spektrum der Wissenschaften Biographie, Newton, S. 27 (1/1999)
- [4] Spektrum der Wissenschaften Biographie, Newton, S. 33 (1/1999)
- [5] Littrow, J.J.v., Die Wunder des Himmels, S. 245, Dümmler-Verlag (1963)
- [6] Littrow, J.J.v., Die Wunder des Himmels, S. 246, Dümmler-Verlag (1963)
- [7] Dannemann, F., Aus der Werkstatt großer Forscher, Engelmann-Verlag (1922)
- [8] Winkhaus, M., Bestimmung der Dichtestruktur oszillierender Be-Stern-Scheiben mittels Dopplertomographie, Diplomarbeit RUB, S. 15 (1977)
- [9] Littrow, J.J.v., Die Wunder des Himmels, S. 463, Dümmler-Verlag (1963)
- [10] Schäfer, H., Elektromagnetische Strahlung, S. 118, Vieweg-Verlag (1985)

(Beitrag wird in RB 28 fortgesetzt)

⁶ Die Nebengruppen W (für Wolf-Rayet-Sterne, also sehr heiße Sterne mit extrem starken Sternwinden), R, N und S werden in dieser Arbeit nicht näher betrachtet.

⁷ In der Hauptgruppe befinden sich 99,9% aller Sterne

Kooperation der FG-Spektroskopie
mit der französischen Gruppe ARAS
(Astronomical Ring for Access to Spectroscopy) ?
(von Ernst Pollmann, Leverkusen)

Der eine oder andere mag sich an die Spätherbstdiskussion des Jahres 2002 in der FG-Mailingliste noch erinnern, in der kontrovers zum Thema belebender Elemente zur Förderung inner- und interaktiver Aktivitäten unserer FG, Ansichten und Standpunkte ausgetauscht wurden. Rückblickend beurteilt, war dies wohl eher ein rhetorischer als konstruktiv orientierter Gedankenaustausch, denn aus praktischer Sicht hat er letzten Endes zu nichts Greifbarem geschweige Umsetzbarem geführt. Dennoch, oder gerade deshalb ordne ich auch heute noch - eineinhalb Jahre danach - dem prinzipiellen Ansatz der Belebungsfrage einen ungebrochenen hohen Stellenwert bei, möglicherweise hat ja die zurückliegende Zeit im Kreise der FG zu einer Art konstruktiv positiver Besinnung der Geisteshaltung geführt, auf der es heute eher möglich ist, ein bescheidenes Fundament zu bauen.

In diesem Sinne habe ich mich in den vergangenen Wochen (unter kommunikativer Unterstützung von Gerardo Avila, ESO) um entsprechende Kontakte in der französischen Astronomieszene - hier speziell zur o.g. ARAS-Gruppe, wenn man so will, eine Art franz. Äquivalent zu unserer Gruppe - bemüht. ARAS hat sich im besonderen die Förderung der Zusammenarbeit zwischen der professionellen und der Amateurastronomie in allen möglichen Bereichen der Astrospektroskopie auf die Fahnen geschrieben. Der bisherige erste Gedankenaustausch zeigte, dass ARAS reges Interesse dem spektroskopischen Geschehen im deutschen Lager entgegenbringt. Nach anfänglichen, dortigen Kommunikationshindernissen scheint der ARAS-Gruppenmentor, Sylvain Rondi deutlich an einer engen Kooperation mit uns Gefallen zu finden, wie er in einer eMail vom 9.3.04 mitteilte:

Hi everybody!

Thank you Gerardo to have forwarded me this message: In fact, as you said, we (in ARAS group) are extremely interested and motivated by this kind of cooperation with Ernst's German Group!

As you may read on its website (<http://astrosurf.com/aras/index1.htm>), ARAS has the vocation to promote exchanges between amateur and professionals spectroscopists, worldwide: so any participation is welcome!

I simply didn't know well about your group, but I just went on your website, and the work you do is simply impressive! I think it's a good idea to develop contacts between your group and ARAS. Some of your articles about star surveys or spectroscope building would interest many people here, as well as your meeting.

Also, it would be very interesting to have an english version of the articles of your SPEKTRUM magazine: does somebody in your group could translate it in order to propose it on ARAS pages? I've seen you subscribed recently to the Spectro-L group. This group has been created at the same time as the ARAS group and is an international discussion list on spectroscopy (people there speak french, english,...). It's the perfect place for you to inform the community about your programs and meetings.

With the help of Coralie Neiner, observation programs are proposed through ARAS website; they are still in french (as they were mainly proposed by french professionals) but any participation is welcome.

As a conclusion, be sure Ernst, that we want to know anything about a German participation! We stay in touch! Best regards, Sylvain.

Da ich natürlich nicht als Einzelkämpfer unserer Gruppe auftreten möchte und unterstelle, dass eine Kontakterweiterung im Sinne obiger Mitteilung unserem FG-Geschehen eher bekommt als schadet, bitte ich an dieser Stelle den geeigneten FG-Interessierten einmal über die positiven Aspekte einer Kooperation mit unseren französischen Kollegen konstruktiv nachzudenken. Unsere FG-Tagung im Mai böte eine willkommene Gelegenheit, in dieser Hinsicht einen weiteren Gedankenaustausch zu betreiben. Ich würde mich freuen, in dieser Angelegenheit nicht das Gefühl entwickeln zu müssen, wieder einmal auf verlorenem Posten Gehirnschmalz vergeudet zu haben.