

11-Farben-Photometrie des magnetischen Veränderlichen HD 125248

H. M. MAITZEN und A. F. J. MOFFAT

Astronomisches Institut der Ruhr-Universität Bochum

Eingegangen am 30. August 1971

Eleven-Band Photometry of the Magnetic Variable HD 125248

The continuum intensity distribution of the AOp-star HD 125248 has been obtained relative to that of the comparison star HD 124683 (B9 V) from photoelectric observations using the filters: *UBV*, *wby*, *H β* -wide, *H α* -wide and two intermediate band filters centred on $\lambda\lambda$ 5030 and 5240 Å. These lead to the following characteristics concerning HD 125248:

- 1) Two distinct depressions of the continuum at $\lambda\lambda$ 4100 and 5250 Å are evident in all phases.
- 2) Two maxima appear in the light curves for all observations redwards of λ 4600 Å.
- 3) The continua at phases 0.0 and 0.5 resp. cross each other at λ 5150 Å.

These phenomena are similar to those of HD 221568 (Osawa's star). The depression at λ 4100 Å resembles that of HD 71866.

Because the effects of silicon are insignificant in HD 125248 (cf. Babcock, 1951) it appears that Peterson's (1970) suggestion is unsound that the photoelectric variations are due to Si as a source of opacity. Furthermore, the fact that the largest amplitude of the light curve occurs at the depression of the continuum at λ 4100 Å contradicts the interpretation that the light variability is caused by backwarming of the continuum by ultra-violet absorption.

In all 3 Ap-stars (HD 125248, HD 221568 and HD 71866) the only common Ap-feature is the strong periodic variation of the spectral lines of Eu II. This leads to the speculation that Eu II may be the main cause of the light variations. Further observations of other Ap-stars in the form presented here may help clarify this.

Finally, a quasiperiodic variation of ca. 1 hour duration has been confirmed for HD 125248 from observations in *U* made over an unbroken time interval of several hours.

Lichtelektrische Messungen von HD 125248 in *UBV*, *wby*, *H β* -Breit, *H α* -Breit und zwei Filtern mittlerer Bandbreite bei $\lambda\lambda$ 5030 und 5240 Å ergeben einen angenäherten Kontinuumsverlauf (bezogen auf den Vergleichssterne) mit folgenden Eigenschaften:

- 1) Bei $\lambda\lambda$ 4100 und 5250 Å treten zwei deutliche Kontinuumsdepressionen in allen Phasen auf.
- 2) Bei λ 4600 Å zum Roten hin erscheinen zwei Maxima in den Lichtkurven (Doppelwelle).
- 3) Bei λ 5150 Å erfolgt eine Überkreuzung der Kontinua von Phase 0.0 und 0.5.

Diese Phänomene sind ähnlich jenen von HD 221568 (Osawas Stern) und, was die Depression bei λ 4100 Å betrifft, auch HD 71866.

Da Silizium eine ganz untergeordnete Rolle in HD 125248 spielt, erscheint der Vorschlag Petersons (1970) die lichtelektrische Variabilität mit Si als Opazitätsquelle zu erklären, nicht stichhaltig. Auch die Tatsache, daß die größte Amplitude in der Kontinuumsdepression bei λ 4100 Å auftritt, steht im Widerspruch zur Erklärung der Variabilität durch Rückaufheizung des Kontinuums wegen UV-Absorption. Da als einzige spektrale Erscheinung, die allen drei Ap-Sternen gemeinsam ist, starke variable Eu II-Linien auftreten, wird die durch weitere Messungen dieser Art zu erhärtende Vermutung ausgesprochen, daß dieses Element für die Lichtveränderlichkeit verantwortlich sein könnte. Im weiteren zeigen Beobachtungen über mehrere Stunden hinweg eine quasiperiodische Veränderlichkeit von ungefähr einer Stunde in *U*.

Key words: magnetic stars — light and spectrum variability — HD 125248

1. Einführung

Obwohl die Helligkeitsänderung bei magnetischen Sternen schon lange bekannt ist, ist deren Ursache bis heute nicht voll geklärt, ebenso wenig wie ihre Beziehung zu den anderen variablen Ap-Erscheinungen. Was man bisher feststellen konnte, ist die Phasenabhängigkeit von Helligkeits- und Magnet-

feldänderung (Koinzidenz der Extrema) (cf. Jarzębowski, 1960) und zumindest teilweise ein Zusammenhang von Spektrums- und Helligkeitsvariationen (cf. Deutsch, 1947).

Um den Zusammenhang von Spektrum- und Lichtvariabilität zu bestimmen, ist die Kenntnis der Wellenlängenabhängigkeit des Lichtwechsels not-

wendig (cf. Stępień, 1968). Einen direkten Anstoß dazu gab die Entdeckung einer sehr deutlich ausgeprägten Doppelwelle in der visuellen Lichtkurve von HD 125248 (Maitzen und Rakosch, 1970). Das *UBV*-System ist wegen seiner Breitbandigkeit nicht geeignet, Informationen über Amplituden- und Niveauänderungen für genügend kleine Spektralbereiche zu liefern. Bevor daher der Schritt zur lichtelektrischen Spektralabtastung getan wurde, der durch den Mangel solcher Geräte auf der Südhemisphäre und die geforderte Genauigkeit teilweise behindert wird, entschlossen wir uns eine angenäherte Abtastung durch ein entsprechendes Filtersystem durchzuführen und so den Vorteil des unmittelbaren Vergleiches zu einem gut gelegenen Vergleichssterne auszunützen. Die Bandbreite der zusätzlich zum *UBV*-System gewählten Filter liegt zwischen ungefähr 100 und 200 Å. Es wurde darauf Bedacht genommen, den Bereich des Überganges vom einfachen Maximum zur Doppelwelle (also zwischen *B* und *V*) möglichst äquidistant mit Filtern mittlerer Bandbreite zu besetzen.

Dabei sollte auch der Zusammenhang mit dem Osawaschen Stern HD 221568 geprüft werden, dessen *UBV*-Lichtkurven ähnlich sind denen von HD 125248 und von dem bereits *wavy*- und Scannermessungen vorliegen (Nishimura *et al.*, 1969, resp. Kodaira, 1969). In neuester Zeit erschien eine Arbeit von Wolff und Wolff (1971), die aus denselben Motiven eine Beobachtungsreihe von acht Ap-Sternen im *wavy*-System enthält, in der auch HD 125248 inbegriffen ist.

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse einer 11-Farben-Photometrie veröffentlicht, die das Johnsonsche und Strömgrensche System mitein-

schließt, darüber hinaus noch das Crawford'sche H β -Breit, zwei Grünfilter bei $\lambda\lambda$ 5030 und 5240 Å und H α -Breit.

Damit kann untersucht werden, ob die Theorie Petersons (1970) ihre u.a. am Beispiel von HD 221568 vorgeführte Gültigkeit hat. Diese Theorie erklärt den Lichtwechsel bei Ap-Sternen als Effekt veränderlicher Si-Häufigkeit auf der Oberfläche eines starren, schiefen Rotators, wobei wegen starker Absorptionskontinua im UV eine dementsprechend variable Rückverteilung der Energie in den visuellen Bereich erfolgt.

2. Durchführung der Beobachtungen

Die Messungen wurden mit der schon beschriebenen Apparatur (Maitzen und Rakosch, 1970) durchgeführt und zwar im Zeitraum von März bis Juni 1970 sowie April 1971. In Tabelle 1 befindet sich eine Aufstellung der benutzten Filter. Als Vergleichssterne wurde wieder HD 124683 verwendet. Eine typische Beobachtungssequenz hatte das folgende Aussehen: V(ergleichssterne)-Ap-V-Ap-V.... Dabei wurden meist drei bis vier Filter gleichzeitig für jeden Stern gemessen. Die innere Genauigkeit liegt bei 0,001 bis 0,003 Größenklassen, die äußere Genauigkeit ist durch verschiedene Faktoren bestimmt, wie sie auch Hardie (1967) erwähnte. Sie beträgt maximal 0,003 Größenklassen. Die Streuung der in Fig. 1 gezeigten Lichtkurven kann also einerseits durch wechselnde Apparatekonstanten (Schwankungen der Grob- und Feinstufenverhältnisse im Verstärker, Schwankungen der Schreiberlinearität) bedingt sein, andererseits durch reelle, kurzperiodische Variabilität (cf. Wood, 1968). Um diese festzustellen, wurden an einigen Nächten im Frühling 1970 Meßreihen von jeweils mehreren Stunden in *UBV* durchgeführt. Das Ergebnis vom 17./18. Mai 1970 in Fig. 2 zeigt Schwankungen mit einer Amplitude bis zu 0^m010 in *U* und einer Quasiperiode von etwa 1 Stunde. Weitere Beobachtungen sollten die Realität dieses Effektes erhärten.

Als Photozellen wurden für den größten Teil der Beobachtungen eine EMI 9502, für die letzten sieben Beobachtungsnächte eine EMI 9558 wegen der H α -Messungen verwendet, wobei ein entsprechend angepaßtes *V*-Filter eingesetzt wurde.

Die Beobachtungswerte wurden wegen differentieller Extinktion mit mittleren Koeffizienten (siehe Tab. 1) reduziert und sind im System des Beobachters wiedergegeben. Der Vollständigkeit halber finden sich in Fig. 1 auch die bereits publizierten

Tabelle 1. *Filter*

Be- zeichn.	Typ	λ (Å)	HW (Å)	Extinkt. koeff.
<i>u</i>	4mm Schott UG 11	3500	250	0 ^m 55
<i>U</i>	2mm Schott UG 2	3600	1000	0,50
<i>v</i>	Baird Atomic B-3	4118	160	0,31
<i>B</i>	1mm Schott BG 12 +2mm GG 385	4400	1000	0,25
<i>b</i>	Baird Atomic B-3	4670	170	0,22
H β	Baird Atomic B-2	4848	98	0,20
<i>g</i> 1	Schott IL	5030	130	0,18
<i>g</i> 2	Schott IL	5240	130	0,16
<i>y</i>	Baird Atomic B-3	5465	230	0,15
<i>V</i>	2mm Schott GG 495	5500	1000	0,14
H α	Baird Atomic B-1	6566	157	0,12

Tabelle 2. *Lichtkurve von HD 125248*

J. D.	Phase	Δm	Zahl d. Beob.
<i>1) u:</i>			
2440680,83	0,121	0,299	2
2440682,83	0,336	0,362	2
2440687,77	0,868	0,302	2
2440688,79	0,977	0,282	3
2440713,63	0,649	0,354	3
2440714,65	0,760	0,336	3
2440715,65	0,867	0,302	2
2440717,63	0,080	0,290	2
2440720,75	0,416	0,355	2
2440721,70	0,518	0,357	3
2440729,71	0,379	0,365	2
2440730,69	0,485	0,358	2
2440741,57	0,656	0,357	3
2440749,61	0,521	0,354	4
2440750,57	0,623	0,352	3
2440752,56	0,837	0,320	3
2440754,66	0,064	0,287	3
2441043,74	0,163	0,310	2
2441044,80	0,277	0,347	2
2441046,86	0,499	0,351	2
2441048,73	0,700	0,351	2
2441049,76	0,810	0,320	2
2441050,80	0,923	0,286	2
2441052,68	0,125	0,295	2
<i>2) U:</i>			
2440607,86	0,271	0,362	3
2440608,87	0,380	0,379	3
2440609,88	0,488	0,376	3
2440610,87	0,595	0,372	3
2440611,87	0,703	0,354	3
2440612,88	0,811	0,322	2
2440613,89	0,919	0,290	3
2440614,88	0,026	0,278	3
2440615,88	0,134	0,300	3
2440618,88	0,457	0,378	3
2440619,88	0,564	0,379	3
2440674,83	0,475	0,378	3
2440675,71	0,571	0,377	3
2440676,81	0,688	0,361	3
2440677,72	0,787	0,327	3
2440678,71	0,893	0,293	2
2440679,67	0,996	0,280	3
2440680,83	0,121	0,299	2
2440681,86	0,232	0,335	3
2440682,83	0,336	0,374	2
2440683,72	0,432	0,378	3
2440684,72	0,539	0,377	3
2440685,81	0,657	0,366	3
2440687,77	0,868	0,295	2
2440688,79	0,977	0,281	3
2440689,79	0,085	0,285	4
2440695,81	0,732	0,345	3
2440696,77	0,836	0,311	3
2440697,76	0,942	0,284	2
2440705,75	0,802	0,321	3

Tabelle 2 (Fortsetzung)

J. D.	Phase	Δm	Zahl d. Beob.
<i>2) U:</i>			
2440706,79	0,914	0,288	3
2440707,65	0,006	0,278	3
2440713,56	0,642	0,368	4
2440713,78	0,665	0,364	3
2440714,56	0,749	0,340	3
2440714,67	0,761	0,338	3
2440714,78	0,773	0,335	3
2440715,54	0,855	0,303	3
2440715,68	0,870	0,292	3
2440720,73	0,414	0,379	3
2440725,54	0,931	0,285	3
2440728,63	0,263	0,354	3
2441043,74	0,163	0,313	2
2441044,80	0,277	0,351	2
2441046,84	0,497	0,380	2
2441048,76	0,703	0,361	2
2441049,73	0,808	0,332	2
2441050,78	0,920	0,293	2
2441052,65	0,122	0,301	2
<i>3) v:</i>			
2440680,83	0,121	0,333	2
2440682,83	0,337	0,403	2
2440687,77	0,868	0,342	2
2440688,79	0,978	0,322	3
2440713,62	0,649	0,411	3
2440714,65	0,759	0,373	3
2440715,65	0,867	0,342	2
2440717,62	0,079	0,331	2
2440720,75	0,416	0,436	2
2440721,70	0,518	0,448	3
2440729,71	0,379	0,414	2
2440730,69	0,485	0,448	2
2440741,57	0,656	0,412	3
2440749,61	0,521	0,446	4
2440750,56	0,623	0,425	3
2440752,55	0,837	0,343	3
2440754,66	0,063	0,325	3
2441043,74	0,163	0,347	2
<i>4) B:</i>			
2440607,86	0,271	0,351	3
2440608,87	0,380	0,378	3
2440609,88	0,488	0,389	3
2440610,87	0,595	0,386	3
2440611,87	0,703	0,364	3
2440612,88	0,811	0,330	2
2440613,88	0,919	0,315	3
2440614,88	0,026	0,306	3
2440615,88	0,134	0,322	3
2440618,88	0,457	0,389	3
2440619,88	0,564	0,394	3
2440674,83	0,476	0,387	3
2440675,71	0,571	0,392	3
2440676,81	0,688	0,364	3
2440677,72	0,787	0,338	3

Tabelle 2 (Fortsetzung)

J. D.	Phase	Δm	Zahl d. Beob.
4) B:			
2440678,71	0,893	0,317	2
2440679,67	0,996	0,305	3
2440680,83	0,121	0,318	2
2440681,86	0,232	0,336	3
2440682,83	0,336	0,370	2
2440683,72	0,432	0,382	3
2440684,72	0,539	0,390	3
2440685,81	0,657	0,374	3
2440687,77	0,868	0,323	2
2440688,79	0,977	0,307	3
2440689,80	0,086	0,314	4
2440695,81	0,732	0,351	3
2440696,77	0,835	0,325	3
2440697,75	0,942	0,308	3
2440705,75	0,801	0,333	3
2440706,79	0,914	0,314	3
2440707,63	0,006	0,306	3
2440713,56	0,642	0,378	4
2440713,78	0,665	0,372	3
2440714,56	0,749	0,352	3
2440714,67	0,761	0,350	3
2440714,78	0,773	0,343	3
2440715,54	0,855	0,327	3
2440715,68	0,870	0,324	3
2440720,73	0,413	0,382	3
2440725,54	0,931	0,316	3
2440728,63	0,264	0,344	3
2440743,63	0,877	0,316	2
2441043,75	0,164	0,328	2
2441044,80	0,277	0,348	2
2441046,84	0,497	0,385	2
2441048,76	0,703	0,360	2
2441049,73	0,808	0,329	2
2441050,78	0,920	0,310	2
2441052,65	0,122	0,317	2
5) b:			
2440680,83	0,121	0,304	2
2440682,83	0,336	0,323	2
2440687,77	0,868	0,308	2
2440688,79	0,978	0,297	3
2440713,63	0,649	0,324	3
2440714,65	0,759	0,312	3
2440715,65	0,867	0,304	2
2440717,63	0,080	0,296	2
2440720,75	0,416	0,318	2
2440721,70	0,518	0,318	3
2440729,71	0,379	0,321	2
2440730,69	0,485	0,316	2
2440741,57	0,656	0,321	3
2440749,61	0,521	0,316	4
2440750,56	0,623	0,317	3
2440752,56	0,837	0,314	3
2440754,66	0,063	0,293	3
2441043,74	0,163	0,305	2
2441044,80	0,277	0,317	2

Tabelle 2 (Fortsetzung)

J. D.	Phase	Δm	Zahl d. Beob.
5) b:			
2441046,86	0,499	0,314	2
2441048,73	0,700	0,318	2
2441049,75	0,810	0,310	2
2441050,80	0,923	0,297	2
2441052,68	0,125	0,297	2
2441054,75	0,348	0,326	2
2441055,79	0,460	0,315	2
2441056,82	0,570	0,317	2
2441057,80	0,675	0,321	2
2441058,64	0,766	0,313	2
2441059,71	0,881	0,300	2
2441060,79	0,997	0,298	3
6) H β :			
2441043,74	0,163	0,294	2
2441044,80	0,277	0,317	2
2441046,84	0,497	0,280	2
2441047,75	0,594	0,281	2
2441048,75	0,702	0,301	2
2441049,75	0,809	0,300	2
2441050,79	0,921	0,271	2
2441052,67	0,123	0,285	2
2441054,76	0,348	0,300	2
2441055,71	0,451	0,282	3
2441056,74	0,561	0,282	2
2441057,76	0,671	0,301	3
2441058,82	0,785	0,300	2
2441059,71	0,881	0,287	2
2441060,76	0,995	0,268	3
7) g1:			
2441043,77	0,166	0,319	2
2441044,80	0,277	0,334	2
2441046,86	0,499	0,319	2
2441047,74	0,593	0,326	3
2441048,75	0,702	0,340	2
2441049,74	0,809	0,325	2
2441050,79	0,921	0,304	2
2441052,67	0,123	0,311	2
2441054,76	0,348	0,325	2
2441055,71	0,451	0,320	3
2441056,74	0,561	0,321	2
2441057,76	0,671	0,330	3
2441058,82	0,785	0,324	2
2441059,71	0,881	0,310	2
2441060,76	0,994	0,295	3
8) g2:			
2441043,77	0,166	0,380	2
2441044,79	0,276	0,381	2
2441046,86	0,499	0,347	2
2441047,74	0,593	0,360	3
2441048,75	0,702	0,376	2
2441049,74	0,809	0,379	2
2441050,79	0,921	0,367	2

Tabelle 2 (Fortsetzung)

J. D.	Phase	Δm	Zahl. d Beob.
8) g_2 :			
2441052,67	0,123	0,373	3
2441054,75	0,348	0,374	2
2441055,71	0,450	0,358	3
2441056,74	0,561	0,359	2
2441057,75	0,671	0,380	3
2441058,82	0,785	0,380	2
2441059,71	0,881	0,375	2
2441060,76	0,994	0,372	3
9) y :			
2440680,83	0,121	0,363	2
2440682,83	0,337	0,345	2
2440687,77	0,868	0,348	2
2440688,79	0,978	0,341	3
2440713,62	0,649	0,318	3
2440714,65	0,759	0,349	3
2440715,65	0,867	0,353	2
2440717,63	0,080	0,352	2
2440720,75	0,416	0,326	2
2440721,70	0,518	0,313	3
2440729,71	0,379	0,325	2
2440730,69	0,485	0,315	2
2440741,57	0,656	0,330	3
2440749,61	0,521	0,311	4
2440750,56	0,623	0,313	3
2440752,55	0,837	0,354	3
2440754,66	0,063	0,349	3
2441043,74	0,163	0,365	2
2441044,79	0,276	0,361	2
2441048,73	0,700	0,347	2
2441049,76	0,811	0,354	2
2441050,80	0,923	0,350	2
2441052,68	0,125	0,357	2
2441054,75	0,348	0,335	2
2441055,79	0,460	0,318	2
2441056,82	0,570	0,314	2
2441057,80	0,675	0,339	2
2441058,64	0,766	0,350	2
2441059,71	0,881	0,351	2
2441060,78	0,997	0,347	3
10) V :			
2440607,86	0,271	0,355	3
2440608,87	0,380	0,336	3
2440609,88	0,488	0,323	3
2440610,87	0,595	0,330	3
2440611,87	0,703	0,344	3
2440612,88	0,811	0,342	2
2440613,88	0,919	0,333	3
2440614,88	0,026	0,328	3
2440615,88	0,134	0,338	3
2440618,88	0,457	0,326	3
2440619,88	0,564	0,324	3
2440674,83	0,475	0,324	3
2440675,71	0,571	0,328	3

Tabelle 2 (Fortsetzung)

J. D.	Phase	Δm	Zahl. d Beob.
10) V :			
2440676,81	0,688	0,343	3
2440677,72	0,787	0,348	3
2440678,71	0,893	0,337	2
2440679,67	0,996	0,324	3
2440680,83	0,121	0,339	2
2440681,86	0,232	0,349	3
2440682,83	0,336	0,339	2
2440683,72	0,432	0,326	3
2440684,72	0,539	0,326	3
2440685,81	0,657	0,337	3
2440687,77	0,868	0,339	2
2440688,79	0,977	0,329	3
2440689,79	0,085	0,334	4
2440695,81	0,732	0,347	3
2440696,77	0,835	0,342	3
2440697,75	0,942	0,330	3
2440705,74	0,801	0,345	3
2440706,79	0,914	0,336	3
2440707,65	0,006	0,330	3
2440713,56	0,642	0,334	3
2440713,78	0,665	0,341	3
2440714,56	0,749	0,355	3
2440714,67	0,761	0,347	3
2440714,78	0,773	0,347	3
2440715,54	0,855	0,340	3
2440715,68	0,870	0,336	3
2440720,73	0,413	0,330	3
2440725,53	0,930	0,334	3
2440728,66	0,266	0,347	3
2440743,63	0,877	0,335	2
2441046,84	0,497	0,325	2
2441048,76	0,703	0,349	2
2441049,73	0,808	0,350	2
2441050,78	0,920	0,337	2
2441052,65	0,122	0,339	2
2441054,75	0,348	0,338	2
2441055,79	0,459	0,326	2
2441056,82	0,570	0,321	2
2441057,80	0,675	0,338	2
2441058,64	0,766	0,346	2
2441059,71	0,881	0,335	2
2441060,78	0,997	0,332	3
11) $H\alpha$:			
2441054,75	0,348	0,309	2
2441055,79	0,459	0,297	2
2441056,81	0,570	0,288	2
2441057,79	0,675	0,304	2
2441058,64	0,766	0,318	3
2441059,71	0,881	0,302	2
2441060,78	0,996	0,293	3

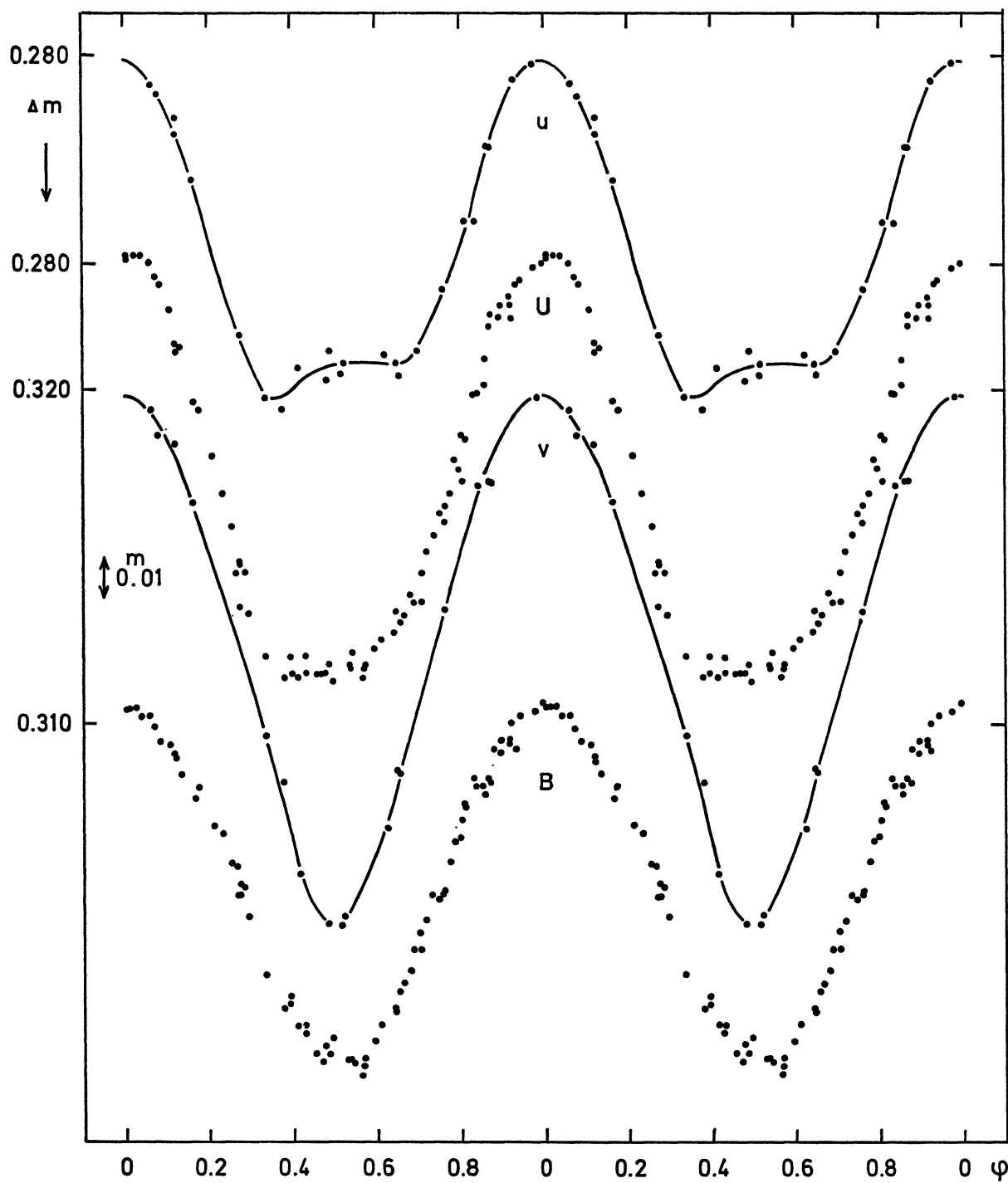


Fig. 1. Lichtkurven des Ap-Sternes HD 125248 in den jeweiligen Filterbereichen (siehe Tab. 1). Die Punkte stellen Größenklassendifferenzen im Sinne $m(\text{Ap}) - m(\text{HD 124683})$ dar

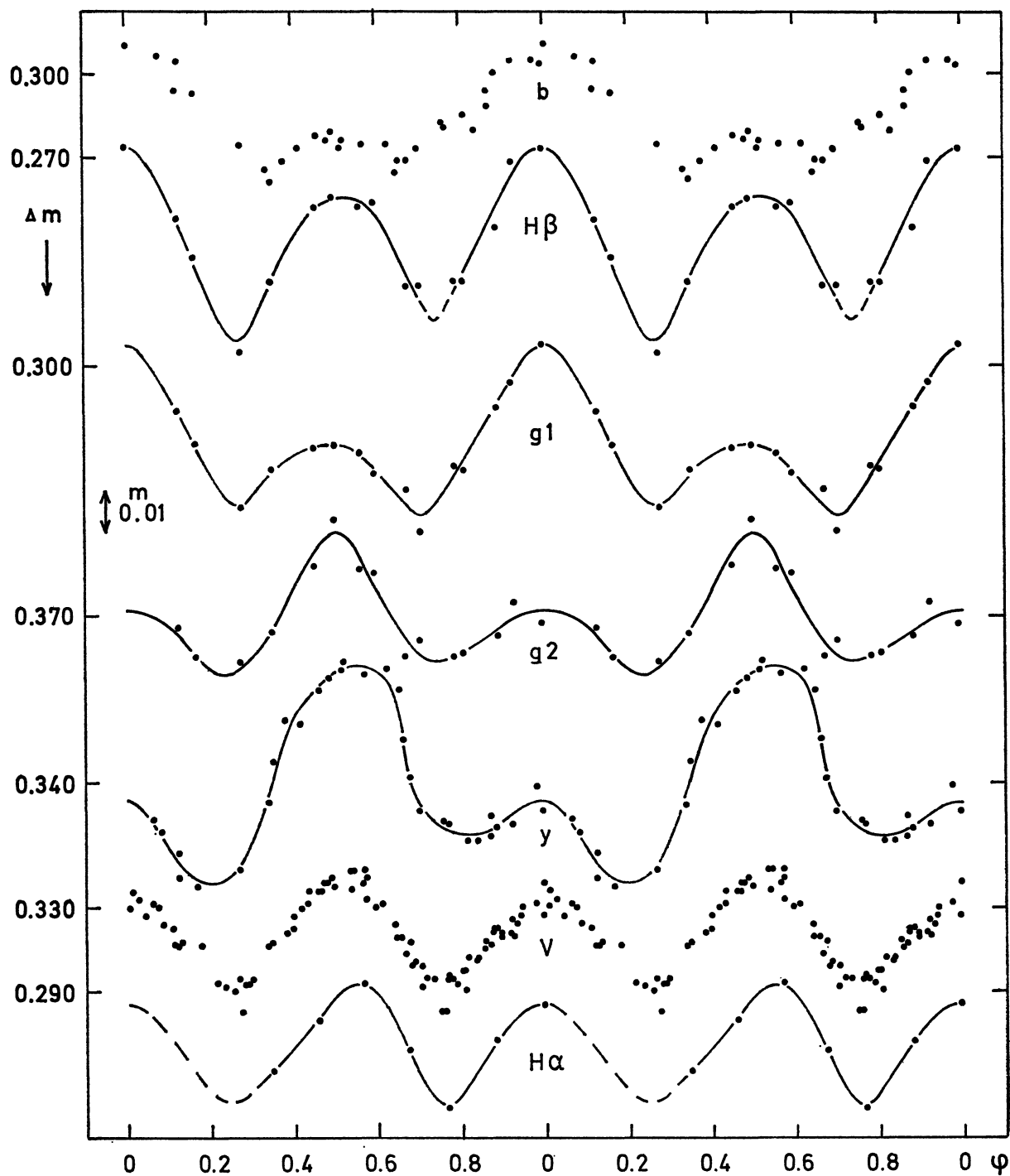


Fig. 1 (Fortsetzung)

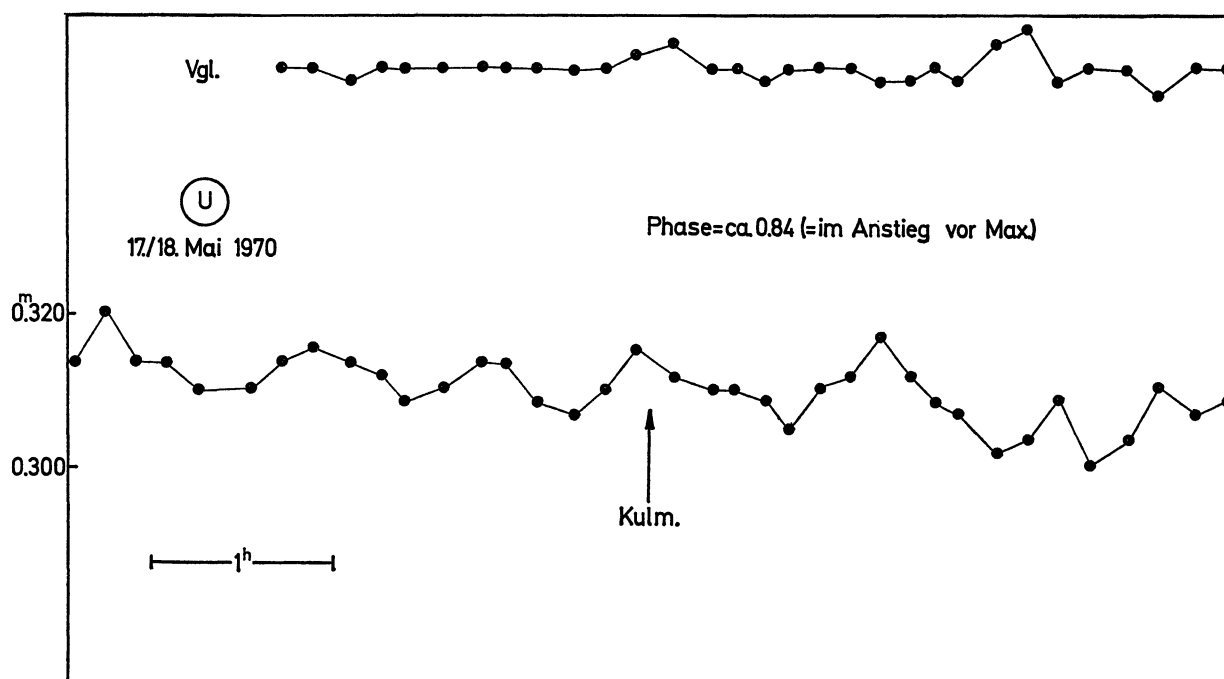


Fig. 2. Kurzperiodische Schwankungen in U des Ap-Sternes (untere Kurve) bezogen auf den Vergleichssterne wie in Fig. 1. Vergleichssterne HD 124683 mit

Die obere Kurve gibt zum Vergleich den Helligkeitsverlauf in Größenklassen (mit willkürlichem Nullpunkt) des Vergleichssterne HD 124683 mit demselben Maßstab wieder

(Maitzen und Rakosch, 1970) Werte in VBU , sie sind jedoch in Tab. 2 nicht angeführt. Die Reduktion erfolgte mit der Periode von 9,2954 Tagen, die durch Autokorrelation erhalten wurde. Die Besetzung der Lichtkurven ist am besten für UBV (ca. 80 Messungen je Filter), für die Strömgrenfilter liegen ungefähr je 30 Beobachtungen vor, während aufgrund beschränkter Beobachtungsmöglichkeit für die restlichen Filter nur ca. je 15 Messungen vorhanden sind. $H\alpha$ liegt im Spektralbereich etwas isoliert und wurde daher nur siebenmal gemessen, was aber dennoch den Informationsbedarf befriedigt.

3. Diskussion der Resultate

Die in Fig. 1 dargestellten Lichtkurven zeigen folgende besonderen Merkmale:

1. In u ist das Minimum breit, eventuell sogar asymmetrisch, die Amplitude (0^m08) ist geringer als die von U (0^m10).
2. Die größte Amplitude tritt bei v auf (0^m13), das Minimum ist dort sehr schmal, die Form des Maximums ähnlich dem von u .
3. Die Amplitude fällt nach b hin rasch ab und beträgt dort kaum 0^m03 . Es tritt bereits ein schwaches Sekundärmaximum auf. Die beiden Minima liegen

aber nicht bei Phase 0,25 und 0,75, sondern sind zum Sekundärmaximum hin verschoben.

4. In $H\beta$ -Breit nimmt die Primär-Amplitude wieder zu (0^m05), ganz deutlich erscheint hier das Sekundärmaximum mit einer Amplitude von 0^m04 .

5. Bei $\lambda 5030$ (g_1) geht das Sekundärmaximum wieder auf weniger als 0^m02 zurück, während das Primärmaximum erhalten bleibt.

6. Gerade umgekehrt sind für Verhältnisse bei $\lambda 5240$ (g_2). Das Sekundärmaximum übertrifft mit 0^m03 deutlich das Primärmaximum, das nur halb so groß ist.

7. Die Form der Lichtkurve bei y nimmt im Gegensatz zu den bisher besprochenen Filtern eine deutlich asymmetrische Gestalt an. Die beiden Minima zeigen einen Niveauunterschied von 0^m015 . Das Sekundärmaximum steigt langsamer an und fällt steil ab, wobei die Maximumphase deutlich später als bei Phase 0,50 erscheint. Das Primärmaximum ist nur schwach ausgebildet.

8. Bei $H\alpha$ -Breit tritt ebenso wie bei y und V eine Phasenverschiebung des Sekundärmaximums auf. Die Amplitudenverhältnisse sind ähnlich denen bei V .

Die Form der Lichtkurven in $uvby$ stimmt mit den jüngsten Beobachtungen von Wolff und Wolff

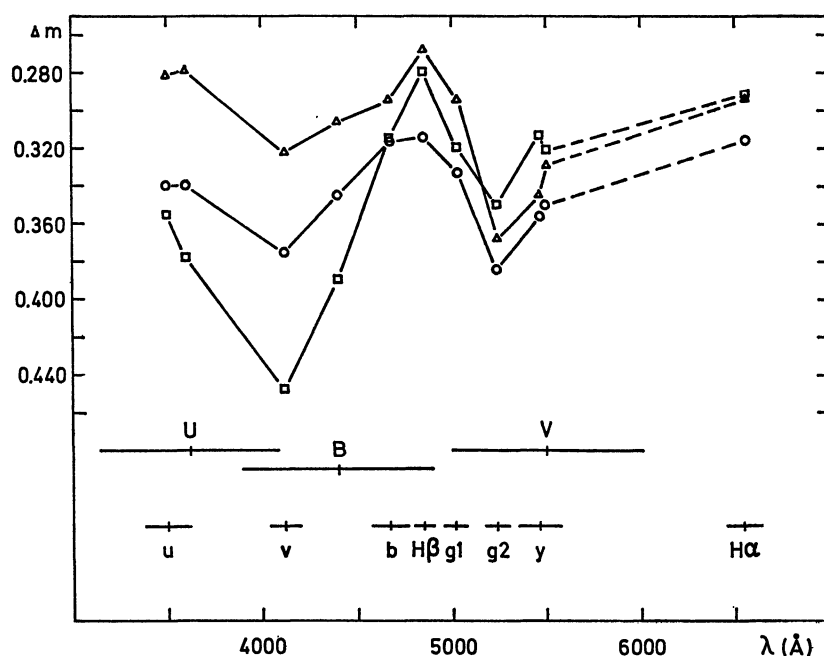


Fig. 3. Helligkeitsniveaus als Funktion der Wellenlänge im Sinne $m(\text{Ap}) - m(\text{HD 124683})$. Die Dreiecke, Kreise und

Quadrate beziehen sich auf die Phasen 0,00 (negativer Magnetpol) bzw. 0,25 und 0,75 gemittelt (magnetischer Äquator) bzw. 0,50 (positiver Magnetpol)

(1971) im Rahmen der dort gegebenen Genauigkeit gut überein. Eine Betrachtung der Lichtkurven muß um vollständig zu sein, auch eine Darstellung der Helligkeitsniveaus in den einzelnen Filtern miteinschließen. Diese erfolgt in Fig. 3. Darin sind in Abhängigkeit von der Wellenlänge die Größenklassendifferenzen (HD 125248 minus HD 124683) bei den Phasen 0,00 (Dreiecke), 0,25 und 0,75 gemittelt (Kreise) und 0,50 (Quadrate) dargestellt. Darunter finden sich zur besseren Übersicht die Bänder der benutzten Filter. Eine solche Darstellung gibt unmittelbar die Abweichungen des Ap-Sternkontinuums vom Kontinuum des Vergleichssterne wieder. "Kontinuum" kann hier natürlich nur in der durch die begrenzte Zahl von Filtern möglichen Näherung verstanden werden. Vorausgesetzt ist dabei, daß der Vergleichssterne keine Pekuliaritäten besitzt. Sein Spektraltyp ist B9 V im Vergleich zu A0p.

Im Lichte der Theorie des Schiefen Rotators kann man von den drei dargestellten Linienzügen als den Kontinua des negativen Magnetpols (Phase 0,00), des positiven Magnetpols (0,50) und des magnetischen Äquators (0,25 resp. 0,75) sprechen (cf. Babcock, 1951).

Der Informationswert der breiten *UBV*-Filter ist ein geringer, vor allem dort, wo sich das Kontinuum in kleinen Wellenlängenintervallen ändert, vor

allem also im *V*-Bereich. Die *Hα*-Breit-Beobachtungen liegen etwas isoliert, sind aber trotzdem von Wichtigkeit, weil erstens auch dort eine Doppelwelle auftritt und zweitens eine Aussage über das Niveau gemacht werden kann.

Das deutlichste Charakteristikum in Fig. 3 ist das Auftreten von zwei Kontinuumsdepressionen bei ungefähr 4100 und 5250 Å. Gerade in der ersten tritt auch die größte Lichtwechselamplitude des betrachteten Wellenlängenbereiches auf. Daraus ergibt sich, daß der Lichtwechsel in diesem Bereich durch variable Opazität bedingt ist und nicht durch Rückaufheizung des Kontinuums wegen Absorption im UV.

Bemerkenswert ist weiterhin, daß alle Phasen den Kontinuumsgang mitmachen. Von 4600 Å zum Roten hin ist das Äquatorkontinuum schwächer als die beiden Polkontinua. Es tritt daher eine Doppelwelle in den Lichtkurven auf, die im ganzen roten Bereich erhalten bleibt.

Das dritte Charakteristikum ist der Wechsel der dominierenden Rolle der Polkontinua bei ungefähr 5150 Å. Damit könnte in Analogie zu HD 221568 von einer Blau- und einer Rotphase des Ap-Sterne gesprochen werden, die dem Negativpol- resp. dem Positivpolkontinuum entsprechen. Überraschend ist auch die Analogie bezüglich der beiden Kontinuums-

depressionen. Wie man sich aus der Arbeit von Kodaira (1969) überzeugt, zeigen die Kontinuums-scans von HD 221568 ebenfalls ein Überkreuzen der Polkontinua und auch die Depressionen an den gleichen Stellen. Diese Kreuzung erfolgt allerdings schon bei 44600 \AA , also deutlich verschieden von HD 125248. Dennoch ist zu bemerken, daß bei dieser Wellenlänge bei HD 125248 gerade das Äquator-kontinuum vom Positivpolkontinuum gekreuzt wird und somit eine Doppelwelle aufzutreten beginnt.

Auch die Lichtkurven von HD 221568 zeigen deutliche Ähnlichkeiten mit jenen von HD 125248 (Nishimura *et al.*, 1969). Lediglich bei u ist ein Vergleich wegen einer deutlichen Beobachtungslücke schwer möglich.

Der Vergleich mit Osawas Stern ist sehr interessant für Schlüsse über die Ursachen des Lichtwechsels bei Ap-Sternen. Peterson (1970) versucht in Anwendung der Diffusionstheorie von Michaud (1970) die photometrische Variabilität der Ap-Sterne durch variable Absorptionskontinua im UV auf der Oberfläche derselben zu erklären, wobei er zum Schluß kommt, daß Silizium der effektivste Absorbent sei. Der im UV abgeblockte Fluß würde in den sichtbaren Bereich rückverteilt und würde dort zu einer Aufheizung des Kontinuums führen. Dieser Mechanismus verlangt die Phasengleichheit der Absorptionslinienstärke und der Helligkeit im visuellen Bereich. Er ist offensichtlich nicht geeignet, das tiefe Minimum des Positivpolkontinuums bei 44100 \AA zu erklären. Peterson widmet HD 221568 einen eigenen Abschnitt, weil in diesem Fall diese Phasengleichheit bezüglich der Si-Linien im blauen Bereich verletzt wird. Die bei diesem Stern beobachteten Depressionen bei 445300 und 6300 \AA ließen sich durch Gebunden-Frei-Diskontinuitäten des Si I erklären. Die Depression bei 44200 \AA erscheint jedoch nicht in den Modellrechnungen und wird hypothetisch durch Autoionisation des neutralen Si erklärt.

Nach Wolff und Wolff (1971) tritt auch bei HD 71866 die maximale Amplitude in v , also im Bereich um 44100 \AA auf, wobei das Minimum wie bei HD 125248 sehr schmal und tief ist. Es ist nun nach einer eventuellen Beziehung dieser bei drei Ap-Sternen beobachteten photometrischen Erscheinung zum Verhalten der jeweiligen Spektralcharakteristiken zu suchen: HD 221568 zeigt nach Kodaira (1967) folgendes Verhalten der Äquivalentbreiten bestimmter Linien:

1. Die größten Variationen hat Eu II 4129 mit einer Doppelwelle.
2. Cr ist wenig veränderlich.

3. Si II ändert sich in einer deutlichen Doppelwelle, die der von Eu II ähnlich ist (Hauptmaximum phasengleich und koinzident mit der Rotphase des Sterns).

4. Sr II ist ebenfalls veränderlich.

Cr I und Sr II variieren in Antiphasen zum Hauptmaximum von Eu II und Si II.

Zum Vergleich die Ergebnisse von Hockey (1969) bei HD 125248:

1. Eu II variiert ohne Doppelwelle und weist mit Cr II die größte Amplitude auf, wobei beide gegenphasig sind.

2. Ce II, Fe I und Fe II ändern sich in Phase mit Eu II, jedoch mit deutlich geringerer Amplitude.

3. Si spielt eine ganz unbedeutende Rolle.

Bei HD 71866 sind nur Eu II und Gd II variable Elemente. Es erscheint daher nicht unangebracht, Eu II als mögliche Ursache für die beobachteten Helligkeitsvariationen vorzuschlagen, wenn man die Anregung von Peterson auf dieses Element überträgt. Silizium selbst scheint nicht dafür verantwortlich gemacht zu werden können, da es nur in HD 221568 deutlich auftritt. Für die Zukunft sollten sich daher die Bemühungen auf photometrische Untersuchungen dieser Art bei Eu-Objekten sowie auf theoretische Überlegungen bezüglich der Rolle von Eu II als Opazitätsquelle konzentrieren.

Unser Dank gilt Herrn Prof. Schmidt-Kaler und Dr. Vogt für die Durchführung einiger Messungen im Rahmen dieses Programms.

Literatur

- Babcock, H.W. 1951, *Ap. J.* 114, 1.
 Deutsch, A.J. 1947, *Ap. J.* 105, 283.
 Hardie, R.H. 1967, Photometric Aspects of the Magnetic Stars in *The Magnetic and Related Stars*, Ed. R. C. Cameron, Mono Book Corporation, Baltimore, p. 481.
 Hockey, M.S. 1969, *M.N.R.A.S.* 142, 543.
 Jarzębowski, T. 1960, *Acta Astronomica* 10, 31.
 Kodaira, K. 1967, *Ann. Tokyo Obs. Ser. II* 10, 157.
 Kodaira, K. 1969, *Ap. J.* 157, L59.
 Maitzen, H.M., Rakosch, K.D. 1970, *Astr. Astrophys.* 7, 10.
 Michaud, G. 1970, *Ap. J.* 160, 641.
 Nishimura, S., Ichimura, K., Osawa, K. 1969, *Ann. Tokyo Obs. Ser. II* 11, 123.
 Peterson, D.M. 1970, *Ap. J.* 161, 685.
 Stepień, K. 1968, *Ap. J.* 154, 945.
 Wolff, S.C., Wolff, R.J. 1971, *A. J.* 76, 422.
 Wood, H.J. 1968, *Ap. J.* 152, 117.

H. M. Maitzen
 A. F. J. Moffat
 Astronomisches Institut
 der Ruhr-Universität
 BRD-4630 Bochum, Deutschland