



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Onderzoekingen over delta cephei en over het cepheidenprobleem

Reesinck, J.J.M.

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Reesinck, J. J. M. (1950). *Onderzoekingen over delta cephei en over het cepheidenprobleem* Amsterdam: Paris

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <http://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

I

KLEURMETINGEN VAN δ CEPHEI

Nauwkeurige kennis van de effectieve kleurtemperatuur der cepheiden is o.a. van belang voor de berekening van de bolometrische helderheid, de grootheid die een rol speelt in theoretische beschouwingen. De bolometrische amplitude der cepheiden is geringer dan de visuele; volgens berekeningen van J. HOPMANN³⁾ zou zij zelfs zeer gering en soms negatief zijn.

Dat de kleur der cepheiden verandert is ontdekt door K. SCHWARZSCHILD⁴⁾, die de photographische amplitude van η Aquilae ongeveer 1,5 maal zoo groot vond als de visuele. Later is hetzelfde gevonden bij andere cepheiden en is deze kleurverandering nog op velerlei andere wijzen bevestigd.

Van δ Cephei is de *visuele lichtkromme* door zeer veel waarnemers bepaald (zie LUTZET's verhandeling: „Les Cepheides”⁵⁾), waarin de gegevens tot 1912 kritisch verwerkt zijn). Voor de kennis van de amplitude komen als regel alleen photometrische metingen in aanmerking. Het is te verwachten dat schattingen steeds een te kleine amplitude zullen opleveren, daar de waarnemer, onbewust van de phase, in het maximum de ster wél te zwak zal schatten, maar zelden te

helder, en analoog in het minimum. Dit wordt door de uitkomsten bevestigd.

E. C. PICKERING⁶⁾ vindt uit 48 metingen met een nicol-photometer een amplitude van $0^m,88$. L. TERKAN⁷⁾ met een Zöllnerphotometer uit 24 vrij slechte en slecht verdeelde metingen $0^m,82$ en J. STEBBINS⁸⁾ eveneens met een nicol-photometer uit 74 goede metingen $0^m,76$.

F. C. JORDAN⁹⁾ vindt uit 31 opnamen een *photovisuele* amplitude $0^m,78$. De magnitudes werden bepaald uit de middellijnen der sterbeelden. In de aangenomen formule: $m = a + b\sqrt{D}$ kon de schaalwaarde b voor alle platen gelijk worden aangenomen; zij werd bepaald met opnamen van de Pleiaden en met een tralieverzwakker.

Een *photographische lichtkromme* is bepaald door C. W. WIRTZ¹⁰⁾ uit 42 extrafocale opnamen, ieder met 3 expositietijden. Met twee platen, waarop ook een opname voorkwam van de Pleiaden, werd de schaalwaarde vastgelegd. De gevonden amplitude is $1^m,25$.

B. MEYERMANN¹¹⁾ maakte 30 opnamen van de ster met een z.g. Schraffierkassette, in het algemeen onder ongunstige omstandigheden. Het magnitudesysteem werd bij dat van WIRTZ aangesloten. De amplitude is $1^m,30$ in goede overeenstemming met die van WIRTZ, doch MEYERMANN vindt het maximum $0^m,36$ en het minimum $0^m,31$ helderder dan WIRTZ.

JORDAN bepaalde tegelijk met zijn *photovisuele lichtkromme* ook een *photographische*, volgens geheel dezelfde methode, uit 29 opnamen. De gevonden amplitude is $1^m,35$.

F. HENROTEAU¹²⁾ vindt uit schattingen op 22 focale opnamen een amplitude van $1^m,1$. Op deze methode is echter van toepassing hetgeen hierboven gezegd is omtrent visuele schattingen.

Met de visuele en de photographische lichtkromme, die betrekking hebben op straling met een gemiddelde golflengte van resp. 570 en 425 $\mu\mu$ ongeveer, kan men nog vergelijken de *photoelectrische lichtkromme*. De maximumgevoeligheid van een photoelectrische cel ligt bij 400 a 500 $\mu\mu$, bij de Rb-cel bij een aanmerkelijk grootere golflengte dan bij de K-cel.

P. GUTHNICK¹³⁾ heeft metingen van δ Cephei verricht met een Rb-cel. De amplitude bleek te zijn 0^m,98.

Bij een later onderzoek¹⁴⁾ vond GUTHNICK met een K-cel een amplitude 1^m,05. Daarbij werden tegelijkertijd *kleurindices* bepaald door de metingen te verrichten *met en zonder geelfilter*. De photoelectrische kleurindex wisselt tusschen — 0^m,92 in het maximum en — 0^m,85 in het minimum.

Bij al deze metingen heeft GUTHNICK de witte begeleider van δ Cephei meegemeten. Deze begeleider is met de K-cel één keer afzonderlijk gemeten en bleek toen 1^m,07 zwakker te zijn dan het minimum van de hoofdster. Neemt men hetzelfde helderheidsverschil aan voor de Rb-cel, dan worden de amplitudes met de Rb-cel en met de K-cel resp. 1^m,20 en 1^m,28. De amplitude van de kleurindex wordt door het meemeten van de begeleider niet sterk beïnvloed en is dus 0^m,07.

Kleurindices op dezelfde wijze bepaald met een Na-cel¹⁵⁾ hebben een 4 maal nauwere schaal dan de kleurindices van KING. Daar de K-cel ongeveer dezelfde selectieve gevoeligheid heeft als de Na-cel, zou uit GUTHNICK's metingen volgen dat de photographische amplitude ongeveer 0^m,3 grooter moet zijn dan de visuele.

Op vergelijking van de intensiteit in verschillende deelen van het spectrum, berust ook de *photomètre hétérochrome* van C. NORDMANN¹⁶⁾. Dit is een photometer volgens ZÖLLNER,

die voorzien is van een inrichting om gemakkelijk achter het oculair verschillende kleurfilters aan te brengen. Als zoodanig worden gebruikt drie glazen bakjes met planparallele wanden, gevuld met vloeistofoplossingen van nauwkeurig gedefinieerde samenstelling, die resp. het roode, groene en blauwe deel van het spectrum doorlaten.

Voor de amplitude van δ Cephei vindt C. NORDMANN¹⁷⁾ met dit instrument, in het roode, groene en blauwe licht resp. 0^m,67; 0^m,79 en 1^m,16. Iedere kromme berust echter slechts op 8 avondgemiddelden.

J. HOPMANN heeft metingen verricht van verschillende veranderlijke sterren, met een *kolorimeter van WILSING*¹⁸⁾. Dit instrument berust op het bestaan van een (roode) glas-soort, waarvan de absorptiecoëfficiënt voor verschillende golflengten evenredig is met $\exp(a/\lambda)$, waarin a een positieve constante is, die men in het laboratorium kan bepalen. Valt door een laag van dit glas zwarte straling van een bepaalde temperatuur, dan verandert door de absorptie de samenstelling daarvan in die van zwarte straling van een lagere temperatuur, volgens de formule van PLANCK. De kolorimeter van WILSING is een wigphotometer, waarbij nog in de lichtbundel van de natuurlijke ster een wig van deze glassoort is geplaatst. Door verschuiving van deze wig en van de neutrale photometerwig, worden kleur en helderheid van de natuurlijke en van de kunstmatige ster, aan elkaar gelijk gemaakt. Uit de aflezing der beide wiggen is met de formule van PLANCK C_2/T en de bolometrische magnitude te berekenen¹⁹⁾.

Met dit instrument heeft HOPMANN²⁰⁾ 47 metingen verricht van δ Cephei. Voor C_2/T in het maximum en minimum wordt resp. gevonden 2,14 en 3,01; de bolometrische amplitude is 0^m,77.

R. A. SAMPSON ²¹⁾ maakte 13 opnamen van het spectrum van δ Cephei, met het spectrum van Polaris op dezelfde plaat. Deze spectra werden gephotometreerd met een *microphotometer volgens KOCH*. Uit de voor Polaris aangenomen waarde $C_2/T = 2,21$, volgt voor het maximum van δ Cephei 2,0 en voor het minimum 2,5. Deze metingen zijn zeer onnauwkeurig en de waarden van C_2/T zijn voor dit type in doorsnee iets kleiner dan in de schaal van HERTZSPRUNG ²²⁾. Belangrijk is de uitkomst dat de straling van δ Cephei niet overeenkomt met die van een zwart lichaam. W. GYLLENBERG ²³⁾ komt tot een dergelijk resultaat bij de cepheide S Sagittae.

Uit het bovenstaande overzicht kan men zien hoe weinig systematische onderzoeken er bestaan over de temperatuurverandering van δ Cephei. Hetzelfde geldt voor de andere heldere cepheiden. Toch is op dit gebied zeer veel te bereiken met uiterst eenvoudige instrumentele hulpmiddelen.

In September 1925 ben ik begonnen met een programma van kleurmetingen van de helderste cepheiden en tevens van een aantal andere sterren van allerlei kleur en helderheid, om de uitkomsten te kunnen reduceeren op een der gebruikelijke schalen van effectieve temperaturen. Wegens het ongunstige weer in 1925—26 kan ik slechts een voorloopig resultaat voor δ Cephei mededeelen.

De metingen zijn verricht op de Sterrewacht van het St. Ignatiuscollege te Amsterdam, met een wigphotometer volgens GRAFF, bevestigd aan een equatoriaal opgestelde kijker, zonder drijfwerk, van 160 mm. opening en 2,25 M. brandpuntsafstand. Bij alle hier ter sprake komende metingen was het objectief afgedekt tot 90 mm. Het oogdopje van de pho-

tometer werd vervangen door een ander waarin zich een draai-bare schijf bevond, met behulp waarvan o.a. een rood en een blauw glas voor het oculair konden worden gebracht. Deze verandering werd door de firma MARIUS, te Utrecht, uitgevoerd. Het roode glas is van de glassoort F2745 en is 0,8 mm. dik, het blauwe van F3873 is 1,0 mm. dik.

Met deze photometer werden de magnitudes van verschillende sterren bepaald in het roode licht en in het blauwe. Het verschil van beide magnitudes kan als kleurequivalent gebruikt worden. De methode is dus in wezen hetzelfde als die van NORDMANN.

Dr. M. MINNAERT was zoo welwillend de beide glazen in het Natuurkundig Laboratorium te Utrecht, spectraalphotometrisch te onderzoeken. Voor het doorlatingsvermogen van het roode glas vindt hij:

Golflengte in $\mu\mu$710	682	658	636	604	570
Doorlatingsvermogen in %	84,3	70,7	62,3	47,2	18,5	0,9

Voor nog kleinere golflengten wordt praktisch niets meer doorgelaten.

Met de gevoeligheidskromme van het oog ²⁴⁾ vindt men als effectieve golflengte voor het roode glas 620 $\mu\mu$.

Voor het blauwe glas vindt Dr. MINNAERT de volgende getallen:

Golflengte in $\mu\mu$	512	488	468	436
Doorlatingsvermogen in %	13,9	37,4	60,8	65,7

De effectieve golflengte voor dit glas is 460 $\mu\mu$.

Als photometerwig werd gebruikt een wig, geleend van Prof. FREUNDLICH, toebehoorende aan de Einstein Stiftung van het Astrophysikalisches Institut te Potsdam.

Voor de schaalwaarde der wig bij verschillende golflengten

(de schaalwaarde uitgedrukt in grootteklassen per cm.) vond
Dr. MINNAERT:

Golflengte in $\mu\mu$	650	573	546	436
Schaalwaarde	2.16	1.88	1.90	1.70

Er was eenige aanwijzing van kleine verschillen (tot 2%) voor verschillende deelen van de wig.

Van de laboratoriumgegevens over de wigconstante maak ik bij de reductie geen gebruik omdat bij het meten van puntvormige lichtbronnen, allerlei subjectieve invloeden aanmerkelijke systematische afwijkingen doen ontstaan²⁵⁾. De werkelijke schaalreductie kan daarom alleen uit stermetingen worden afgeleid. Ook bij een ideale wig kan niet a priori worden aangenomen dat het verband tusschen grootteklasse en schaalaflezing zuiver lineair is.

Om de reductie van de schaalaflezings op magnituden te bepalen werden 23 sterren in beide kleuren gemeten. De magnitudes m_r en m_b van die sterren, in het roode en blauwe licht werden aldus berekend: Uit de visuele magnitude (Potsdam en Harvard gemiddeld met gewichten 2 en 1) en de waarde van C_2/T volgens HERTZSPRUNG²⁶⁾ werd, met de tabel van BRILL²⁴⁾, de bolometrische magnitude berekend. De magnitude voor monochromatisch licht van een golflengte λ (uitgedrukt in μ 's) is volgens de formule van PLANCK:

$$m_\lambda = m(\text{bol}) - 10 \log \frac{C_2}{T} + \frac{C_2}{\lambda T} \cdot 2,5 \cdot \log e + \text{constante. (1)}$$

Met zeer groote benadering kan men m_r en m_b gelijk stellen aan $M_{0,02}$ en $m_{0,46}$. De willekeurige constanten worden voor rood en blauw resp. gelijk gesteld aan $-1,10$ en $-2,20$, waardoor bereikt wordt dat voor een A-ster, ongeveer $m_r = m_b = m$ (vis).

Nadat voor de 23 gemeten sterren de m_r en m_b was berekend, werden met de methode der kleinste kwadraten de volgende formules afgeleid voor de schaalaflezings s_r en s_b :

$$s_r = -197,0 + 52,5 m_r - 1,4 (m_r - 3,54)^2 \quad (2)$$

$$\pm 1,8 \quad \pm 0,7 \quad (\text{midd. fout}).$$

$$s_b = -177,0 + 47,0 m_b - 1,0 (m_b - 3,84)^2 \quad (3)$$

$$\pm 1,4 \quad \pm 0,9$$

In tegenstelling met de laboratoriumuitkomsten, vinden we voor het blauw een grootere schaalwaarde dan voor het rood. De kwadratische term schijnt reëel te zijn.

Met de formules (4) en (5) werden de schaalaflezings in magnitudes omgezet. Als de effectieve golflengten der kleurfilters volkomen juist waren aangenomen, zou voor de kleurindex $K = m_b - m_r$ moeten gelden:

$$K = -1,10 + 0,62 C_2/T.$$

Met de methode der kleinste kwadraten vindt men echter:

$$K = +0,160 + 0,505 C_2/T \quad (4)$$

$$\pm 0,086 \pm 0,032$$

De verschillen van de met formule (4) berekende waarden van C_2/T , met die van HERTZSPRUNG vertoonen een duidelijk verloop met de magnitude. Grootendeels is dit daaraan toe te schrijven, dat van de gemeten sterren de zwakkere gemiddeld rooder zijn, waardoor een fout in de effectieve golflengten der filters invloed krijgt op de schaalreductie. Een bepaling van deze magnitudefout, die naar een ruwe schatting tot 0.3 in C_2/T kan oploopen stel ik uit tot een definitief onderzoek gepubliceerd kan worden, waarin een uitgebreider en meer homogeen materiaal ter beschikking staat.

Uit de volgende gegevens kan men zich een denkbeeld vor-

men over de nauwkeurigheid van een photometerinstelling.

De afwijkingen in m_r en m_b worden, behalve door mijn meetfouten, ook veroorzaakt door fouten in de aangenomen magnitudes en temperaturen en in de aangenomen effectieve golflengten der filters.

Door dit buiten beschouwing te laten krijgt men dus een te groote waarde voor de middelbare fout. Men vindt op die wijze voor de middelbare fout van een instelling, in het rood en in het blauw resp $0^m,21$ en $0^m,23$.

Door vergelijking van paren instellingen die bijna onmiddellijk na elkaar zijn uitgevoerd vind ik voor rood en blauw resp. $0^m,07$ en $0^m,10$. Door allerlei veranderende systematische fouten is de middelbare fout voor het geheele onderzoek natuurlijk aanmerkelijk grooter.

Een derde gegeven leveren de residuen van de metingen van δ Cephei (blz. 17). Daaruit zou volgen $0^m,18$ voor het rood en $0^m,16$ voor het blauw.

Als vergelijkingsster voor δ Cephei werd ζ Cephei gebruikt. Iedere meting bestond uit 2 instellingen op ζ en 2 op δ , in de volgorde $\zeta - \delta - \delta - \zeta$.

De metingen zijn niet zoo nauwkeurig als wel kon zijn, wegens gebrek aan oefening en omdat zij grootendeels vericht zijn bij geringe zenithsafstand, terwijl de instelling sterk afhangt van de plaats van het oog, die bij de lastige houding van het lichaam, wel niet steeds hetzelfde zal zijn geweest.

ζ Cephei is onderhevig aan onregelmatige veranderingen van ongeveer $0^m,1$. ϵ Cephei zou daarom geschikter zijn geweest als vergelijkobject.

De metingen werden naar de phase gerangschikt en in

groepen van 4 à 5 samengenomen. Daar ζ Cephei onder de 23 ijkingssterren voorkomt konden de metingen met de formules (2) en (3) worden omgerekend in grootteklassen.

Tabel I geeft de groepgemiddelden voor de roode, tabel II die voor de blauwe metingen. In beide tabellen geeft de eerste kolom de phase in dagen na het maximum volgens HERTZSPRUNG ²⁷⁾, kolom 2 geeft de helderheid in grootte klassen.

TABEL I

ROODE METINGEN

Dagen na max.	m wrg.	m ber. I	wrg.— ber. I	m ber. II	wrg.— ber. II
0,05	3,42	3,46	— 4	3,46	— 4
0,45	3,58	3,52	+ 6	3,56	+ 2
0,80	3,64	3,65	— 1	3,68	— 4
1,35	3,87	3,78	+ 9	3,80	+ 7
1,74	3,73	3,86	— 13	3,88	— 15
2,01	3,85	3,90	— 5	3,92	— 7
2,37	3,94	3,96	— 2	3,97	— 3
2,53	4,05	3,99	+ 6	4,00	+ 5
2,62	4,06	4,00	+ 6	4,01	+ 5
3,24	4,10	4,08	+ 2	4,09	+ 1
3,52	4,16	4,10	+ 6	4,11	+ 5
3,84	3,95	4,14	— 19	4,14	— 19
4,25	4,15	4,13	+ 2	4,10	+ 5
4,68	4,03	3,92	+ 11	3,85	+ 18
5,14	3,46	3,55	— 9	3,50	— 4

TABEL II

BLAUWE METINGEN

Dagen na max.	m wrg.	m ber. I	wrg.— ber. I	m ber. II	wrg.— ber. II
0,06	3,96	4,01	— 5	3,99	— 3
0,23	4,18	4,10	+ 8	4,03	+ 15
0,51	4,32	4,27	+ 5	4,18	+ 14
0,79	4,39	4,37	+ 2	4,30	+ 9
1,09	4,42	4,47	— 5	4,41	+ 1
1,58	4,60	4,62	— 2	4,56	+ 4
1,84	4,60	4,69	— 9	4,64	— 4
2,12	4,81	4,75	+ 6	4,71	+ 10
2,35	4,74	4,81	— 7	4,77	— 3
2,76	4,75	4,83	— 8	4,79	— 4
3,38	5,16	4,99	+ 17	4,96	+ 20
3,52	4,95	5,00	— 5	4,98	— 3
3,83	5,12	5,02	+ 10	5,02	+ 10
4,17	4,96	4,93	+ 3	4,96	0
4,54	4,49	4,52	— 3	4,72	— 23
5,00	3,97	4,00	— 3	4,21	— 24
5,21	3,99	3,95	+ 4	4,02	— 3

Om de metingen te vereffenen zonder te veel willekeur, werd aangenomen dat de vorm van de lichtkromme voor beide kleuren identiek was met die van de photoelectrische van GUTHNICK²⁸⁾.

Uit deze kromme werd voor iedere phase uit de tabel de

magnitude G en hare oogenblikkelijke dagelijksche variatie g afgelezen. Daarna werd met de methode der kleinste kwadraten afgeleid:

$$m_r = + 3,918 + 0,694 G - 0,0639 g \quad (5)$$

$$\pm 0,025 \pm 0,072 \quad \pm 0,0505$$

$$m_b = + 4,686 + 1,045 G + 0,1971 g \quad (6)$$

$$\pm 0,024 \pm 0,064 \quad \pm 0,0471$$

In kolom 3 zijn de met deze formules berekende waarden van m_r en m_b vermeld, in kolom 4 de afwijkingen in den zin waarneming — berekening.

De m. f. van een groepsgemiddelde is $0^m,09$ voor het rood en $0^m,08$ voor het blauw.

Volgens deze berekening is de blauwe straling in phase $0,19 \pm 0,05$ dagen vóór, de roode $0,09 \pm 0,07$ dagen achter bij HERTZSPRUNG's formule. Het phaseverschil tusschen de roode en de blauwe straling is dus $0^d,28 \pm 0^d,09$. De m. f. schijnt er op te wijzen dat het reëel is. Om dit nog iets duidelijker aan te toonen heb ik voor m_r en m_b formules afgeleid zonder term met g. De beide andere termen blijven dan nagenoeg ongewijzigd. Met deze formules zijn de waarden van kolom 5 en 6 berekend. De residuen in de stijgende tak zijn nu abnormaal groot.

Er is derhalve een sterke aanwijzing dat de temperatuur van δ Cephei in een punt van de stijgende tak hooger is dan die in het overeenkomstige punt van de dalende tak. Dat we deze uitkomst vinden in den vorm van een phaseverschil is natuurlijk slechts een gevolg van de toegepaste vereffeningsmethode.

Om het groote belang der kwestie lijkt het mij gewenscht na te gaan wat andere onderzoekers hieromtrent gevonden

hebben. De photoelectrische kleurindex kromme van δ Cephei, die bepaald is door GUTHNICK, is vrijwel symmetrisch t. o. v. het lichtmaximum, m. a. w. de temperatuur in de stijgende tak is hoger dan in de dalende. Hetzelfde resultaat volgt ook uit de waarnemingen van JORDAN en is ook gevonden door HOPMANN (zie blz. 6—10 van dit proefschrift).

Al deze onderzoeken bevestigen onze uitkomst. Daarom lijkt een nader onderzoek van deze kwestie mij zeer gewenscht.

Een gevolg van een dergelijk faseverschil, bij een kromme met een steile stijgende tak is, dat de amplitude van de kleurindex, gedefinieerd met behulp van twee bepaalde lichtsoorten, aanmerkelijk groter kan zijn dan het verschil van de amplituden der lichtkrommen voor die beide lichtsoorten *).

Om de maximumwaarde van de temperatuur te kunnen berekenen moet men het faseverschil en de vorm der beide lichtkrommen in de nabijheid van het maximum nauwkeurig kennen. Tabel III is berekend in de onderstelling van een faseverschil 0.

TABEL III

	m_r	m_b	C_2/T	m (bol.)	m (vis.)	m (phgr)
Maximum . . .	$3^m,46$	$3^m,99$	2,69	$4^m,15$	$3^m,83$	4,45
Minimum. . . .	4,14	5,02	3,39	4,57	4,54	5,64
Amplitude * . .	0,68	1,03	0,70	+0,42	0,71	1,19

*) Misschien is ook in deze richting, althans gedeeltelijk, een verklaring te vinden van de eenigszins verrassende uitkomst van metingen van ζ Geminorum, verricht door C. GALLISSOT, met den photomètre hétérochrome van NORDMANN ⁴⁷⁾. GALLISSOT vindt in het roode, groene en blauwe licht ongeveer dezelfde amplitude $0^m,7$. Er schijnt echter eenig faseverschil tusschen rood en blauw in zijn metingen te zijn aangeduid; het blauw is ongeveer 0,3 dagen vóór. De groene metingen zijn daarmee tenminste niet in tegenspraak. De kleurindex blauw-rood heeft in die onderstelling een amplitude van $0^m,15$ en een minimum ongeveer in het midden van de stijgende tak.

De amplituden van m_r en m_b hebben volgens (5) en (6) een m. f. van $0^m,07$. De afzonderlijke waarden voor maximum en minimum kunnen aanmerkelijk minder nauwkeurig zijn, door een fout in de meting van ζ Cephei. Deze fout zou overgaan in de waarden van C_2/T , die daarenboven nog beïnvloed zijn door de, op blz. 13 besproken magnitodefout, en, zooover het maximum betreft, door het zoeven behandelde faseverschil.

De 3 laatste kolommen van tabel 3 zijn berekend met formule (1). Voor de effectieve golflengte der photographische plaat is $425 \mu\mu$ aangenomen. Het nulpunt van de photographische magnitudes is zoodanig bepaald, dat voor een A-ster, ongeveer m (phgr) = m (vis).

De berekende visuele en photographische amplitude stemmen vrij goed met de, in het begin van dit hoofdstuk besproken waarnemingsuitkomsten overeen. De waarden van C_2/T en de amplitude van m (bol) wijken sterk af van die welke HOPMANN vindt. Een nauwkeurig onderzoek is zeer gewenscht.

Bij een definitief onderzoek zal het aanbeveling verdienen δ Cephei met ϵ Cephei te vergelijken en tevens ϵ Cephei met een groot aantal andere sterren. 8 van deze vergelijkingen $\delta-\epsilon$ zijn reeds uitgevoerd. Zij passen zeer goed bij de berekende lichtkrommen.

Conclusies:

1^e. De amplitude van δ Cephei in licht met een effectieve golflengte van $620 \mu\mu$ en $460 \mu\mu$ is resp. $0^m,68 \pm 0^m,07$ en $1^m,03 \pm 0^m,07$.

2^e. De effectieve temperatuur van δ Cephei is in een punt van de stijgende tak van de lichtkromme hoger dan in het

overeenkomstige punt van de dalende tak. Een nauwkeuriger onderzoek is zeer gewenscht.

3^e. In het maximum en minimum van δ Cephei is voor de waarde van C_2/T gevonden resp. 2,69 en 3,39. De bolometrische amplitude is $+ 0^m,42$. Deze getallen zijn echter zeer onzeker.

II

SCHATTINGEN VAN LIJNINTENSITEITEN OP SPECTROGRAMMEN VAN δ CEPHEI

Het spectrum der cepheiden is veranderlijk met de phase. We bepalen ons hier uitsluitend tot de veranderlijkheid van de *relatieve lijnintensiteiten*, laten dus de breedte en de absolute intensiteit der lijnen geheel buiten beschouwing.

De veranderingen in het lijnenspectrum der cepheiden zijn ontdekt door S. ALBRECHT. Deze toonde aan ²⁰⁾ dat de golflengte van sommige samengestelde lijnen, waarvan de intensiteiten der beide componenten in tegengestelde zin met de temperatuur varieeren, een functie is van het spectraaltype, en dat men dus, uit de residuen van de radieele snelheden, afgeleid uit afzonderlijke lijnen, het spectraaltype kan bepalen. Toepassing van deze methode op de cepheiden ³⁰⁾ gaf als resultaat dat het type in het maximum ongeveer één spectraalklasse vroeger is dan in het minimum.

I. LEHMANN ³¹⁾ onderzocht 33 spectrogrammen van δ Cephei, opgenomen door Belopolsky met een 3-prisma-spectrograaf en vond daarop 8 lijnen, die goed zichtbaar waren in het minimum, doch geheel of bijna geheel verdwenen waren in het maximum.

In een onderzoek (zie blz. 24) van Prof. A. PANNEKOEK