



**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.

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

3<sup>e</sup>. In het maximum en minimum van  $\delta$  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 $\delta$ 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 <sup>20)</sup> 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 <sup>30)</sup> gaf als resultaat dat het type in het maximum ongeveer één spectraalklasse vroeger is dan in het minimum.

I. LEHMANN <sup>31)</sup> onderzocht 33 spectrogrammen van  $\delta$  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

en schrijver dezes <sup>32)</sup>, verricht aan het Sterrekundig Instituut van de Universiteit te Amsterdam, is een aantal spectraallijnen geklassificeerd naar hun gedrag t. o. v. temperatuur- en drukverandering. 3 van de door LEHMANN aangegeven lijnen komen daaronder voor; het zijn alle drie laagtemperatuurlijnen, twee ervan zijn booglijnen (ALL \*), de derde is gecombineerd met een vonklijn (AELL).

H. SHAPLEY <sup>33)</sup> heeft van 20 verschillende cepheiden, waaronder eenige van het clustertype, doch geen met symmetrische lichtkromme, de verandering van het spectraaltype nagegaan volgens de Harvardmethode (vergelijking van de intensiteit der waterstoflijnen met die van de laagtemperatuurlijnen H en K van Ca +). Hij vindt in al die gevallen een variatie van ongeveer één spectraalklasse,

W. S. ADAMS en H. SHAPLEY <sup>34)</sup> hebben het spectrum van  $\delta$  Cephei onderzocht. Zij komen tot het resultaat, dat de waterstoflijnen en de Fe-, Ti-, Si- en Cr-vonklijnen, in het maximum sterker zijn dan in het minimum, vooral echter de lijn 4481 Å van Mg +. De lijn 4227 van Ca en de andere laagtemperatuurlijnen van Ca, Fe, Ti en Cr, zijn sterker in het minimum. Volgens de door ADAMS ontwikkelde methode, ter bepaling van het spectraaltype uit de intensiteit der waterstoflijnen vinden zij een verandering van ongeveer één spectraalklasse.

W. S. ADAMS en A. H. JOY <sup>35)</sup> hebben dezelfde methode toegepast bij 9 andere cepheiden. Bij 8 daarvan wordt een variatie van één spectraalklasse gevonden, bij één echter, n.l.  $\zeta$

\*) A = booglijn, E = vonklijn, AE = een combinatie van beide; L = laagtemperatuurlijn, H = hoogtemperatuurlijn, verdubbeling van deze letters duidt aan dat een lijn het L- of H-karakter in sterke mate bezet.

Geminorum is het verschil tusschen maximum en minimum slechts  $\frac{1}{10}$  spectraalklasse. Nadat dit is vastgesteld komt echter de opmerking „that the more general features of the spectra, in particular the intensities of the arc lines of the various elements, and other characteristics which seem to be primarily a function of general spectral type”, vrijwel onveranderd blijven. De vonklijnen zijn echter in het maximum sterker dan in het minimum, wat door ADAMS en JOY geïnterpreteerd wordt, niet als een verandering van type, doch als een verandering van absolute magnitude.

Van de 9 in het stuk genoemde vonklijnen komen er 2 voor onder de, door PANNEKOEK en de schrijver geklassificeerde lijnen. Deze twee lijnen vertoonen echter een vrij sterke afhankelijkheid van de temperatuur (beide zijn EH lijnen) en dus van het spectraaltype. Is dit met de 7 andere ook het geval, wat niet onwaarschijnlijk is, dan is het zeer de vraag of de versterking van deze lijnen door ADAMS en JOY juist geïnterpreteerd is.

Hun conclusie over het algemeene spectrum der cepheiden is m. i. niet alleen in strijd met de uitkomsten van ALBRECHT <sup>36)</sup> en LEHMANN, doch ook met die van ADAMS en SHAPLEY over  $\delta$  Cephei. De bij die ster gevonden veranderingen toch hebben meerendeels betrekking op het algemeene spectrum.

HENROTEAU <sup>37)</sup> vond dat de intensiteitsverhouding van een bepaalde vonklijn en booglijn, beide van Titanium, bij  $\delta$  Cephei in het maximum groter is dan in het minimum. De twee gebruikte lijnen \*) zijn een hoogtemperatuurvonklijn en een laagtemperatuurbooglijn (EH en ALL).

\*) De booglijn is 4536,0 en niet 4535,0, zooals men uit HENROTEAU's golflengten zou kunnen opmaken. De zwakke lijn 4535,0 uit B. A. N. 79 komt op zijn platen niet afzonderlijk voor.

Merkwaardig is de uitkomst die HENROTEAU, met hetzelfde paar lijnen vindt voor de beide sterren met symmetrische lichtkromme,  $\alpha$  Ursae Minoris<sup>38)</sup> en  $\zeta$  Geminorum<sup>39)</sup>. De intensiteitsverhouding der beide lijnen schijnt daar het grootst te zijn, ongeveer in het midden van de stijgende tak van de lichtkromme, en het kleinst een halve periode later. De uitkomst van ADAMS en JOY, die voor het maximum en minimum van  $\zeta$  Geminorum hetzelfde spectraaltype vinden, stemt daarmee zeer goed overeen.

De spectra der sterren vormen een tweedimensionale menigvuldigheid. Lagere druk verhoogt de ionisatie, maakt dus dat de vonklijnen sterker worden vergeleken met de booglijnen. Hoogere temperatuur verhoogt eveneens de ionisatie, doch vermeerdert tevens het aantal atomen dat in een hoogere quantitoestand verkeert. Door temperatuurverhoging worden dus de vonklijnen versterkt en de booglijnen verzwakt, doch tevens die vonk- en booglijnen, die behooren bij een hooger energieniveau, versterkt relatief tot de overige.

Nu stemmen de verschillende onderzoekers over het spectrum van  $\delta$  Cephei en de verwante cepheiden, daarin overeen, dat in het maximum de hoogtemperatuurvonklijnen versterkt zijn t. o. v. de laagtemperatuurbooglijnen, vergeleken met het minimum, doch het is duidelijk dat dit verschijnsel op verschillende manieren kan worden geïnterpreteerd. Vandaar de bestaande tegenstrijdigheden.

Teneinde deze op te lossen zullen we een methode toepassen die door PROF. PANNEKOEK en de schrijver uitgewerkt is in B. A. N. 79 en 87, om uit het spectrum van een ster de beide parameters: temperatuur en gasdruk \*) te bepalen.

\*) Waar we spreken over sterren die niet in evenwicht zijn lijkt

In B.A.N. 79 werden op spectrogrammen van verschillende F en G sterren, van allerlei temperatuur en absolute magnitude, de intensiteiten van 159 lijnen nauwkeurig geschat. Daarna werden deze lijnen ingedeeld in 3 klassen naar hun gedrag tegenover drukverandering, en in 6 klassen naar hun gedrag tegenover temperatuurverandering.

Met behulp van deze classificatie kon nu voor ieder spectrum waarop deze 159 lijnen geschat waren, een parameter  $p$  worden afgeleid, die met de temperatuur varieert, en een parameter  $q$ , die tegengesteld varieert met de druk. In B.A.N. 87 is dit reeds uitgevoerd voor verschillende spectra, waaronder ook eenige maximum- en minimumspectra van cepheiden.

Het bleek dat voor  $\delta$  Cephei, de  $p$  in het maximum aanmerkelijk groter was dan in het minimum, waaruit volgt dat het spectraaltype veranderlijk is. De  $q$  was in maximum en minimum ongeveer hetzelfde. Trouwens, een klein verschil in druk, tusschen maximum en minimum zou, volgens deze methode, nooit met zekerheid te constataren zijn, omdat  $q$  in geringe mate ook van de temperatuur afhangt, evenals  $p$  van de druk. Wel is in B.A.N. 87 deze invloed zooveel mogelijk geelimineerd, doch deze eliminatie berust op sterren van betrekkelijk geringe absolute helderheid, zoodat het onbekend is in hoeverre de afgeleide formules toepasselijk zijn op sterren als de cepheiden.

In dit hoofdstuk is de methode van B.A.N. 79 en 87 toegepast op 6, nog niet in die artikelen onderzochte spectrogrammen van  $\delta$  Cephei. De gegevens en uitkomsten van de

het mij ongewenscht de „gravitatie” als tweede parameter te nemen. Met gasdruk is natuurlijk bedoeld: de gasdruk op bepaalde optische diepte.

10 platen die nu behandeld zijn, zijn aangegeven in tabel IV. Kolom 1 geeft een loopend nummer, kolom 2 de tijd van opname, kolom 3 de phase in perioden na het maximum volgens HERTZSPRUNG's formule, kolom 4 een korte aanduiding over den aard van het spectrogram. De nrs. 4, 5, 9 en 10 zijn de reeds in B. A. N. 87 behandelde platen van de Lick-Sterrewacht; de later toegezonden nrs. 2 en 3 zijn met hetzelfde instrument opgenomen als deze; de nrs 7 en 8 zijn 4 maal vergroote diapositieven van hetzelfde soort opnamen als de vorige; de nrs. 1 en 6 zijn platen, opgenomen door PROF. PLASKETT te Victoria, met een 3-prismaspectrograaf. De dispersie van de Victoriaplatten is ongeveer hetzelfde als die van de Lickplaten; ze zijn van zeer goede kwaliteit en als gelijksoortig met de overige platen te behandelen.

TABEL IV

no.	Datum en G.M.T. van opname	Soort plaat	phase	p	q
1	1924 Sept. 4, 17 <sup>u</sup> 57 <sup>m</sup>	Victoria	0,041	+20,8	+ 17,7
2	1907 Sept. 23, 17 <sup>u</sup> 50 <sup>m</sup>	Lick neg.	0,370	-18,3	+ 18,1
3	1907 Sept. 23, 19 <sup>u</sup> 49 <sup>m</sup>	Lick neg.	0,385	-16,5	+ 18,2
4	1907 Sept. 25, 17 <sup>u</sup> 38 <sup>m</sup>	Lick neg.	0,741	-13,6	+ 15,8
5	1907 Oct. 6, 19 <sup>u</sup> 36 <sup>m</sup>	Lick neg.	0,806	+ 1,2	+ 13,0
6	1924 Sept. 3, 17 <sup>u</sup> 49 <sup>m</sup>	Victoria	0,854	+ 6,6	+ 16,3
7	1907 Nov. 13, 17 <sup>u</sup> 41 <sup>m</sup>	Lick diap.	0,870	+ 14,1	+ 15,1
8	1907 Oct. 12, 14 <sup>u</sup> 31 <sup>m</sup>	Lick diap.	0,884	+ 16,2	+ 12,0
9	1907 Oct. 7, 17 <sup>u</sup> 11 <sup>m</sup>	Lick neg.	0,974	+ 32,9	+ 13,3
10	1907 Oct. 7, 18 <sup>u</sup> 40 <sup>m</sup>	Lick neg.	0,985	+ 33,9	+ 14,7

De behandeling van de negatieven was geheel hetzelfde als

in de genoemde artikelen. De diapositieven werden geschat met een leesglas en verder op dezelfde manier behandeld.

De berekende waarden van p en q zijn in de 5e en 6e kolom aangegeven. Voor de Lick-negatieven werd als m.f. van een waarde van p en q gevonden, resp.  $\pm 3,3$  en  $\pm 0,9$  (B.A.N. 87). De diapositieven geven natuurlijk minder nauwkeurige waarden; waarschijnlijk treden hier bovendien systematische fouten op.

Voor diapositief no. 7 werden de 3 afzonderlijke schattingen gereduceerd en hetzelfde is gedaan met Victoriaplaat no. 1. De uitkomst is:

No.	1 <sup>e</sup> schatting		2 <sup>e</sup> schatting		3 <sup>e</sup> schatting	
	p	q	p	q	p	q
1	+ 21,3	+ 18,9	+ 21,2	+ 17,6	+ 20,5	+ 17,4
7	+ 16,4	+ 14,6	+ 15,0	+ 15,6	+ 16,8	+ 14,8

De gevonden p en q zijn in fig. 1 uitgezet tegen de phase.

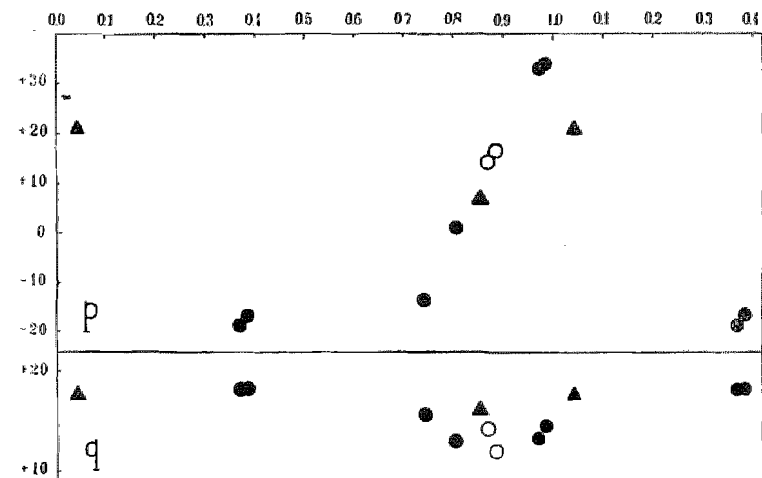


Fig. 1.

De stippen stellen voor de Lick-negatieven, de open cirkeltjes

de Lick-diapositieven en de driehoekjes de Victoria-platen.

De kromme voor p stemt volkomen overeen met die welke Shapley <sup>40)</sup> heeft gevonden voor het spectraaltype volgens Harvard. Met name vindt men hier dezelfde snelle afname van p na het lichtmaximum, waardoor deze grootte gedurende de lichttoename grooter is dan gedurende de lichtafname, in goede overeenstemming met de kolorimetriscne uitkomsten.

De kromme voor q vertoont een duidelijk verloop. Zooals we gezien hebben kan een kleine verandering van q, voorzoverre zij evenredig is met de verandering van p, volgens deze methode niet worden aangetoond. De totale verandering van q blijft dus onbekend. De kromme voor q schijnt er echter op te wijzen dat q een variatie heeft die in phase verschilt met die van p.

In fig. 2 zijn p en q tegen elkaar uitgezet. \*) Bij ieder punt

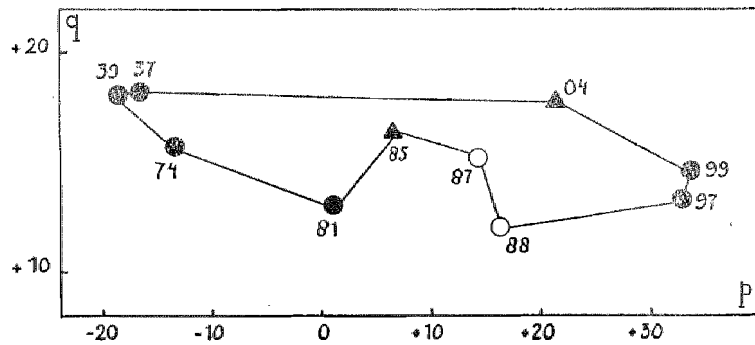


Fig. 2.

zijn de twee eerste decimalen van de phase aangegeven. De

\*) In tegenstelling met fig. 1 in B.A.N. 87 is hier de p naar rechts toenemend. De verhouding van de schalen van p en q is in beide figuren hetzelfde.

punten liggen niet op een rechte lijn, doch veeleer op een ellips. Het schijnt dus dat q in de stijgende tak van de p-kromme kleiner is dan in de dalende tak. Eenige spectrogrammen, kort na het maximum opgenomen, zouden ter bevestiging van deze uitkomst zeer bruikbaar en zeer gewenscht zijn.

Conclusies:

- 1e bij toenemende helderheid de temperatuur hooger dan bij gelijke afnemende helderheid.
- 2e bij stijgende temperatuur de ionisatie waarschijnlijk geringer dan bij gelijke, doch dalende temperatuur.