

VERANDERLIJKE STERREN

Rho Cassiopeiae – de hyperreus

Veranderlijke van het Jaar

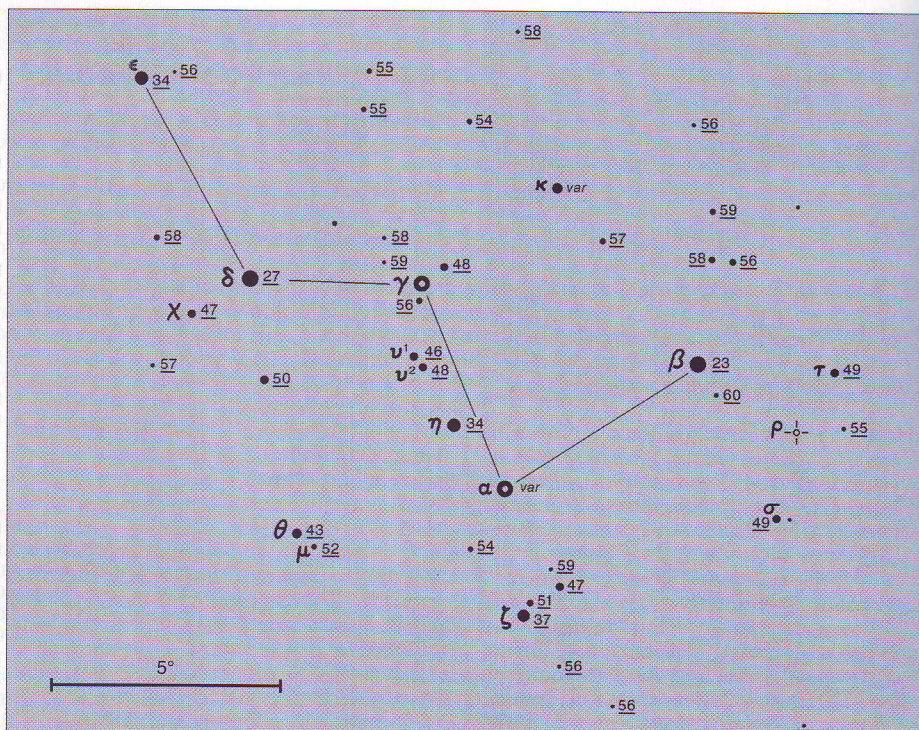
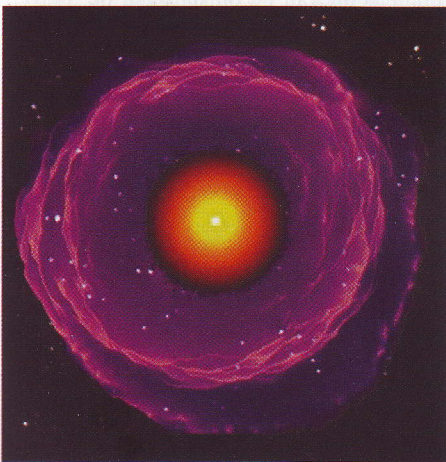
Rho (ρ) Cas is een gele ster, doorgaans van de vierde grootte. Hij is dus met het blote oog zichtbaar, maar het duurde tot 1900 voordat de astronoom L. D. Wells van de Harvard Sterrenwacht ontdekte dat deze ster veranderlijk was. In de decennia na de ontdekking werd deze ster regelmatig waargenomen. Men trachtte enige regelmaat in de lichtwisselingen te ontdekken. De helderheid bleek te variëren tussen magnitude +4.1 en +4.7 en er zou een zwakke aanduiding zijn van een periodiciteit in de orde van 100 dagen. Sommigen meenden, dat ρ een cepheïde was met een zeer lange periode, anderen dachten aan een variabele van het type R Coronae Borealis.

Hyperreus

Inmiddels weten we dat de ster ρ Cas een langzaam pulserende, gele hyperreus is met een massa van ongeveer 40 maal die van de Zon. Waarachtig een reus onder de sterren, zelfs een van de grootste sterren die we kennen! Ook het spectrum is variabel. Meestal is het spectraaltipe F8 maar als de ster sterk in helderheid daalt, verschuift het spectraaltipe van F naar K of zelfs M. In de rustige fase is de oppervlaktetemperatuur circa 7300 K en de ster straalt dan vooral in het zichtbaar licht. In de onrustige fase is deze 3000 K en dan straalt ρ Cas het sterkst in het infrarood.

Hij behoort tot de hyperreuzen, spectraalklasse Ia+; deze groep sterren heeft de hoofdreeks in het HR-diagram al lang geleden verlaten. Ze zijn eerst nog een tijdje koele rode superreuzen geweest en waren toen nog veel groter dan nu! Daarna hebben ze zich zodanig ontwikkeld dat ze weer heter werden: naar links in het HR-diagram richting blauwe superreuzen. Hyperreuzen zijn schaars: in ons Melkwegstelsel zijn maar zeven (!) van dit soort sterren bekend. Ze hebben kosmisch gesproken maar een korte tijd om als 'gewone' ster (d.w.z. op basis van waterstoffusie in de kern) te leven: enkele miljoenen jaren. Vergelijk dat met de levensduur van een ster als de Zon die vele miljarden jaren heeft te gaan.

Tekening van ρ Cas na de uitbarsting van 2000: de ster is omgeven door een relatief koele moleculaire wolk. Na enige maanden is die wolk zo ijl geworden dat we de ster weer in zijn oude situatie zien met een heet oppervlak. (naar A.Lobel)



De AAVSO-kaart van ρ Cas met vergelijkingssterren. Noord is boven, oost is links. Het decimaalteken is weggelaten.: als er staat 57 betekent dat een helderheid van +5,7, enz.

Dit type sterren heeft een ongewone combinatie van absolute helderheid en oppervlaktetemperatuur waardoor ze in het HR-diagram dicht bij een apart gebied voorkomen waar, zo denken de astronomen, geen sterren (kunnen) bestaan. De ster ondergaat af en toe een flinke uitbarsting. Door voldoende massa uit te stoten vermindert hij het 'lege gebied' in het HR-diagram.

Hyperreuzen hebben zoals vrijwel alle sterren een atmosfeer die grotendeels uit waterstof en helium bestaat, maar in vergelijking met andere sterren bevat de atmosfeer veel stikstof en natrium. Tijdens de 'rustige' fase van hun bestaan zijn – zoals dat hoort bij een ster van 7300 K – ook de Balmerlijnen van waterstof prominent aanwezig; de H α -lijn ook in emissie. Ze vertonen tevens emissielijnen van ijzer (FeI), nikkel (Ni I) en calcium (Ca I).

Gigaster

Rho Cas bevindt zich op circa 10.000 lichtjaar ($\pm$ 1600 lj) van ons vandaan. Dat hij toch zo'n schijnbaar grote helderheid vertoont (magnitude +4) betekent dus dat zijn werkelijke lichtkracht zeer groot moet zijn. Men heeft berekend dat ρ Cas 550.000 maal zo helder is als de Zon! De absolute helderheid is -9.6. Dat betekent dat als hij op 10 parsec (33 lichtjaar) zou staan, hij honderd maal helderder zou zijn dan de planeet Venus. De diameter van de ster is vermoedelijk 400 tot 450 maal die van de Zon. Op de plaats van de Zon gedacht zou hij zich tot 4 AE ofwel voorbij de baan van de meeste planeetoiden uitstrekken!

Explosies

In 1946 verraste ρ Cas de astronomische gemeenschap door plotseling veel lichtzwakker te worden en zo bleek het spectrumtype F8 in K5 te veranderen en zelfs korte tijd in type M5. De helderheid nam van de 4e naar de 6e grootte af en de oppervlaktetemperatuur daalde naar 3000K. Men was waarschijnlijk getuige geweest van het optreden van een reusach-

tige uitbarsting, maar hoe groot die was of hoe dat kon gebeuren, was niet duidelijk. Ook in 1985/86 deden zich soortgelijke verschijnselen voor. Meer recent deed zich nog een interessante gelegenheid voor.

Begin 2000 nam de H α emissielijn sterk in helderheid toe en vervolgens verdween die emissie helemaal! Ongeveer 200 dagen later was ρ Cas korte tijd 20% helderder dan gewoonlijk en vervolgens daalde de helderheid flink (visueel naar +5,4). De oppervlaktetemperatuur daalde opnieuw naar 3000 K. Minder dan een jaar na deze explosie was de ster weer op de normale helderheid en vertoonde hij weer het spectrum met waterstoflijnen.

Schokgolf

Een internationale groep astronomen, waaronder de Belgische sterrenkundige A. Lobel van het Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics en de Nederlandse sterrenkundigen H. Nieuwenhuijzen en C. de Jager van SRON bestuderen deze ster al vanaf 1993 met de Utrechtse spectrograaf gekoppeld aan de 4,2 meter William Herschel telescoop op de Europese Sterrenwacht op La Palma en met behulp van diverse andere telescopen, o.a. in de VS en Rusland. In het spectrum werden met name met hoge resolutie molecuulbanden van TiO in het nabije infrarood waargenomen.

Ze trachtten de verschijnselen bij ρ Cas met behulp van computermodellen te reconstrueren en te verklaren. Zo bleek onder meer, dat bij de explosie in 2000 een koele expanderende materieschil werd gevormd die loskwam van de ster door een supersone schokgolf. Dagelijks werd voor 50 aardmassa's materie de ruimte in geslingerd en dat gedurende 200 dagen, in totaal dus 10.000 aardmassa's ofwel 0,03 van de massa van de Zon. Dat is – afgezien van een supernova-explosie – het grootste massaverlies dat ooit bij een enkele stellaire eruptie werd waargenomen. Het gas bewoog met een snelheid van 36 km/sec, vier maal de geluidssnelheid ter plaatse.

Men de
ster de
die op
het puls
van het
gelaagd
van de
weging
buitenla
veel w
buitenla
onderste
vrije pr
stofator
kwam e
tenlaag
werd al
met de
ruimte i

Eenmaa
materie
af tot 3
wenen
schene
vormin
sfeer v
Met na
is dan p

Beperk
Hyperre
den ker
als een
ren zijn

Deze z
conditie
het eind
brands
steeds l
bieler.
'misse
kwijt ...

Toekor
Sinds
vreemd
al weer
sie op h
uit de
fotosfe
sep 200
niumox
Reden
te gater
ge keer
volgen
ook be
Maar d
zeke
mijn...

In de i
50.000
explosi
waarsc
blauwe
instabil
dat de
explod
type II
pernov
Wolk.
ving g
nenste
een zw

Omdat
vandaan

Men denkt dat bij het gestaag pulseren van de ster de ijle buitenlaag zo instabiel werd dat die op de onderliggende lagen neerstortte. Bij het pulseren bewegen blijkbaar niet alle lagen van het sterlichaam even snel. De ster is sterk gelaagd vanwege de enorme uitgebreidheid van de atmosfeer waar deze pulsaties en bewegingen optreden. Bij het inkrimpen van de buitenlaag steeg de temperatuur zodanig dat veel waterstofatomen werden geïoniseerd. De buitenlaag kaatst dan hard terug waardoor de onderste lagen sterk afkoelen zodanig dat veel vrije protonen met elektronen weer tot waterstofatomen werden samengevoegd. Daarbij kwam energie vrij en wel genoeg om de buitenlaag naar buiten weg te blazen. De laag werd als het ware na inkrimping en botsing met de dichtere onderlagen teruggekaatst de ruimte in.

Eenmaal in de ruimte buiten de ster koelde de materie (aanvankelijk een heet plasma) al snel af tot 3000 K. In het optische spectrum verdwenen de Balmerlijnen van waterstof en verschenen donkere banden, die wezen op de vorming van moleculen, die niet in de atmosfeer van een hete ster kunnen voorkomen. Met name het molecuul TiO (titaniumoxide) is dan prominent in het spectrum aanwezig.

Bepaalde grootte

Hyperreuzen zijn groot en lichtsterk; honderden keren zo groot als de Zon en zo lichtsterk als een half miljoen zonnen. Veel grotere sterren zijn er niet. Waarom niet?

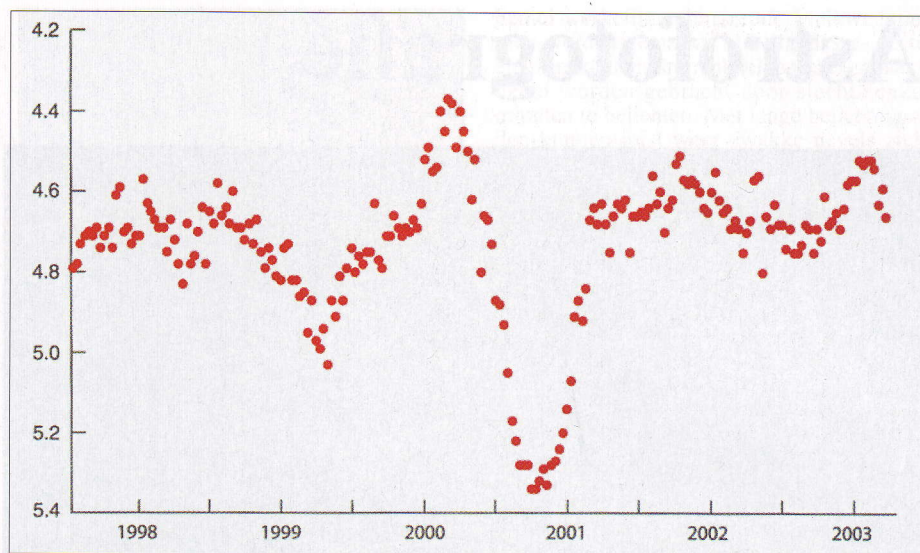
Deze zware sterren zorgen dat ze, gezien hun conditie, regelmatig massa kwijtraken. Tegen het einde van hun 'normale' bestaan begint de brandstof op te raken, wordt het pulseren steeds heftiger en worden de sterlagen instabieler. De ster wordt als het ware af en toe 'misselijk' en moet dan even wat materie kwijt ...

Toekomst van ρ Cas

Sinds begin 2003 pulseert de ster op een vreemde manier, blijkbaar zijn de buitenlagen al weer instabiel en is er opnieuw een explosie op handen. In het voorjaar van 2003 bleek uit de meting van de radiaalsnelheid dat de fotosfeer opnieuw relatief snel expandeert. In sep 2003 zijn al weer zwakke banden van titaniumoxide waargenomen. Reden genoeg om de helderheid van de ster in te gaten te houden: als het gaat zoals de vorige keer is er eerst een kleine toename en vervolgens een afname in helderheid. Dat zou ook begin 2004 nog het geval kunnen zijn. Maar of dat zo zal gebeuren is geenszins zeker. Tot zover de toekomst op korte termijn...

In de iets verdere toekomst (binnen nu en 50.000 jaar!) is mogelijk een nog veel grotere explosie te verwachten... Rho Cas evolueert waarschijnlijk van gele hyperreus naar een blauwe superreus, maar ondertussen wordt de instabiliteit van de ster steeds groter o.a. omdat de brandstof opraakt. Als die echt op is, explodeert de ster supersnel: hij wordt een type II-supernova, net zoals de beroemde supernova 1987 A in de Grote Magelhaense Wolk. Hierbij zal ρ Cas na een laatste opleving grotendeels uit elkaar spatten. Het binnenste van het sterlichaam klappt in elkaar tot een zwart gat of een neutronenster.

Omdat ρ op zo'n 10.000 lichtjaar van ons vandaan staat, is het zeer wel mogelijk, dat ze



Lichtkromme van ρ Cas van 1998 tot 2003 gebaseerd op de visuele waarneming van honderden amateurs over de hele wereld. Toelichting zie tekst. (bron: AAVSO)

inmiddels al een supernova is geworden, en dat de lichtflits van deze gigantische catastrofe naar ons onderweg is... Misschien dat wij dat pas over een paar duizend jaar zullen merken. Als dat gebeurt zal ze ongetwijfeld wekenlang als een helder schijnsel de hemel verlichten, natuurlijk 's nachts, maar ook overdag!

Waarnemen van ρ Cas

De ster bevindt zich in het sterrenbeeld Cassiopeia dicht bij de rechterster van de bekende 'W', β Cas (+2,3). Het is de middelste in een rijtje van drie ongeveer gelijk heldere sterren (naast ρ ook σ en τ Cas; die laatste twee zijn van magnitude +4,9). Zie de kaart.

Op het platteland is ρ Cas bij helder weer en zonder maanlicht meestal met het blote oog zichtbaar. In een omgeving met veel lichtvervuiling ('stoorlicht') is hij in ieder geval met een eenvoudige verrekijker te zien.

Omdat de ster een opvallende gele kleur heeft dient het schatten van de helderheid van ρ

Cas extrafocaal te gebeuren. Extrafocaal wil zeggen zodanig dat de sterbeeldjes iets uit focus worden gedraaid: men ziet de sterren dan als kleine lichtschijfjes.

Eén helderheidsschatting per week is voldoende. De amplitude van de veranderingen ligt visueel tussen 4.1–6.2 maar dat zijn extremen, meestal is die tussen +4,5 en +4,8.

Ook voor CCD-metingen is ρ een uitstekend object, juist omdat de lichtwisselingen meestal heel gering zijn. Rho Cas rekent men wel tot de halfregelmatige variabelen van het SRd-type, hetgeen betekent, dat de ster soms een geringe periodiciteit lijkt te vertonen, waarbij de helderheid gelijkmatig toeneemt en afneemt, maar het houdt tevens in dat er ook lange perioden van vrijwel constante helderheid zijn: zie de lichtkromme.

Op de homepage van de Werkgroep Veranderlijke Sterren van de NKVWS vindt men alle instructies om deze ster te kunnen schatten: www.veranderlijkesterreninfo.nl. Veel succes!

Simulatiespectra van ρ Cas: In blauw het normale spectrum als de ster aan het oppervlak 7300 K heet is, in rood het spectrum na een explosie bij 3000 K. Het blauwe spectrum laat prominent de Balmerlijnen van waterstof en enkele bekende calciumlijnen zien. De rode lijn vertoont fraai de kenmerkende structuren van moleculen als titaniumoxide. (Naar A. Lobel)

