



# *Jättarna som blåser bubblor av stjärnstoft*

*av Sofia Ramstedt*

Möt de röda jättestjärnorna som blåser liv i galaxen. Sofia Ramstedt forskar om AGB-stjärnor, döende solar som skapar himlens vackraste nebulosor och som dessutom kan berätta om vår egen stjärnas framtid.

Spiralen runt R Sculptoris: Våra nya observationer med ALMA bjöd på en rejäl överraskning. För 1 800 år sedan drabbades stjärnan R Sculptoris av en termisk puls, då den brände helium på ett våldsamt sätt djupt inne i stjärnans kärna. Tack vare pulsen kastade stjärnan ut mängder av gas och stoft. Hur formades materia till en spiral? Den skapades, tror vi, genom växelverkan mellan stjärnan och en tills nu okänd kompanjonstjärna.

**E**n planetarisk nebulosa är expanderande gas som omger en vit dvärg, och man har länge trott att alla lättare stjärnor blir planetariska nebulosor mot slutet av sina liv. Nyare forskning visar, som så ofta förr, att det verkar vara mer komplicerat än så. Det pågår därför en febril verksamhet för att försöka förstå vad som krävs för att dessa fascinerande objekt ska bildas. Övergången sker under alldeles för lång tid för att man ska kunna följa hela förloppet hos en enskild stjärna. Istället får man försöka pussla ihop en bild av hur stjärnan utvecklas från det ena stadiet till nästa.

### Stjärnors liv och död

De olika utvecklingsstadierna en stjärna går igenom under sitt liv bestäms av hur tung den är. Ju tyngre den är, desto snabbare förlöper de olika stadierna dessutom. Riktigt tunga stjärnor lever korta liv på några miljoner år och dör i kraftfulla supernovaexplosioner. De allra flesta stjärnor är lättare och följer en annan väg: En lättare stjärna föds i ett stort molekyl- och stoftrikt gasmoln tillsammans med andra stjärnor. Den lever lugnt sitt liv under flera miljarder år, precis som solen gör nu, tills bränslet tar slut längst in i stjärnans inre. Då sväller den upp till en röd jättestjärna. Innan den slutligen dör har den svällt upp två gånger. Den andra gången (under en fas som något färglöst kallas för den asymptotiska jättegrenen) utvecklar stjärnan en kraftig vind som blåser bort hela atmosfären under loppet av flera hundrausen år. Kvar blir den heta kärnan som sakta svalnar som en vit dvärg.

När den heta kärnan blottas lyser gasen upp under en kort tid. Det är då vi ser den som en planetarisk nebulosa (bilderna till höger), men det har visat sig att det behövs ganska speciella förutsättningar för att det ska fungera. Om stjärnan är för lätt sker övergången för långsamt och gasen har spridits ut för tunt när den heta strålningen väl når ut. Om stjärnan är för tung hinner inte gasen spridas ut tillräckligt, utan är för tät för att lysas upp av strålningen från den heta kärnan. Jämförelser mellan isotophalter hos jättestjärnor och hos planetariska nebulosor tyder också på att inte alla lätta stjärnor blir planetariska nebulosor.

Det finns fler frågor om planetariska nebulosor som vi inte kan besvara: Hur kan alla olika former uppstå från jättestjärnor, som för det mesta verkar vara ganska runda, och gör de det? Kanske behövs det vissa förutsättningar för att skapa dessa former?

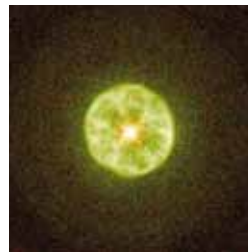
Flera förslag finns: om stjärnan är dubbel kan vinden formas genom gravitationell samverkan; likadant kanske om stjärnan har en tillräckligt tung planet; om stjärnan har ett starkt globalt magnetfält kan gasen formas av det; kanske behövs det en kombination av olika saker. Förutsättningarna för att strålningen ska kunna lysa upp gasen beror inte bara på hur tät den är, utan också på hur gasen är fördelad runt stjärnan. Om vi kan förstå vad som behövs för att olika former ska uppstå, så kanske vi kan förstå vad som behövs för att planetariska nebulosor ska bildas över huvud taget.

### Observationer

För att försöka förstå hur olika strukturer och former kan uppstå vill vi titta på vinden nära gamla stjärnor som håller på att lämna jättestadiet. Problemet är att en röd jättestjärna inte bara är stor, utan den strålar dessutom flera tusen gånger starkare än solen. Den svaga strålningen från materialet runt stjärnan drunknar därför i stjärnljuset och går inte att se.

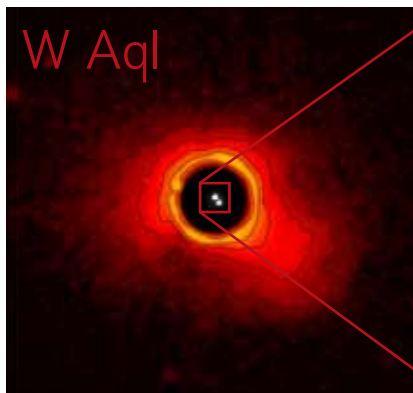
För att komma runt problemet observerar vi polariserat ljus. Ljus kan beskrivas som en vågrörelse. Opolariserat ljus svänger i alla riktningar vinkelrätt mot vågens rörelseriktning. När ljuset reflekteras mot en yta blir det polariserat (bild på nästa sida). Det betyder att ljusvågen nu bara svänger längs en riktning. Det är därför man kan använda polariserande glasögon för att dämpa reflexer från blänkande ytor. Man filtrerar helt enkelt bort ljus som svänger längs en viss riktning. Ljus som strålar ut från en jättestjärna reflekteras på ytan av mikroskopiska stoftkorn i stjärnvinden och blir då polariserat på samma sätt. Med hjälp av en kamera med ett polarisationsfilter kan man göra bilder av bara det reflekterade ljuset. Stjärnljuset är nästan opolariserat och kommer att filtreras bort. Har man dessutom en koronagraf, dvs. en liten platta som täcker över stjärnan, kan man bli av med stjärnljuset helt och hållet och se hur materialet runt stjärnan är fördelat.

PolCor är en polarimeter med koronograf som är byggd av Hans-Gustav Florén och Göran Olofsson vid Stockholms universitet. PolCor byggdes för att observera stoftrika skivor runt unga stjärnor, men vi har använt instrumentet för att titta på stoft runt gamla stjärnor. PolCor väger inte så mycket mer än en vanlig resväska, och man kan ta den med sig till olika teleskop. Första gångerna



Planetariska nebulosor observerade med Hubbleteleskopet.

BILDER: S. RAMSTEDT M. FL.



**Stoftet runt dubbeljättstjärnan Mira.** De båda stjärnorna ligger bakom den koronagrafiska masken i mitten av bilden. Ljuset distorderas av sekundärspigelns upphängningsanordningar som har täckts över.

**Dubbeljättstjärnan W Aquilae.** Den vänstra bilden är tagen med PolCor och visar hur stoftet är fördelat runt dubbelstjärnan. Bilden till höger är tagen med Hubbleteleskopet och visar de båda stjärnorna. De båda stjärnorna i den högra bilden ligger bakom den koronagrafiska masken i den vänstra bilden.

användes det på NOT på La Palma, Kanarieöarna, och förra året tog vi det med oss till ESO:s 3.6-meterteleskop på La Silla i Chile.

Det finns många spännande objekt att observera, men vi tittade i huvudsak på två typer av jättstjärnor: dubbelstjärnor och stjärnor som omges av stora gas- och stoftskal. Båda typerna kan säga oss något om hur vinden formas mot slutet av stjärnornas liv.

## Dubbelstjärnor och gravitationell samverkan

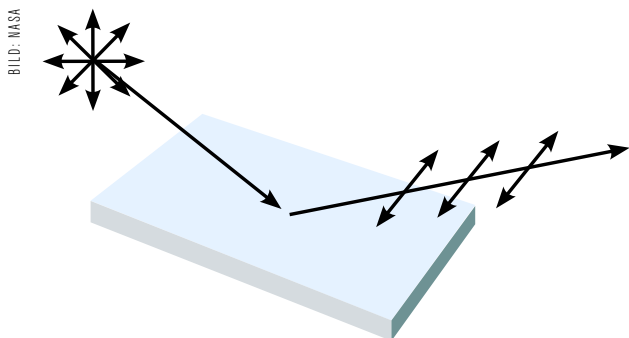
Liksom det är svårt att se vinden runt en starkt lysande jättstjärna är det svårt att se en ljussvag stjärna som ligger precis intill. Det finns därför bara en handfull jättstjärnor där man har lyckats observera en kompanjon och kunnat bestämma avståndet mellan de båda stjärnorna. Flera misstänkta dubbeljättstjärnor finns, där misstankarna ofta är baserade på att vinden är asymmetrisk, men man kan ju tänka sig andra orsaker till det. Även om avancerade

datamodeller finns som kan beräkna precis hur en vind kan röra sig i ett dubbelstjärnesystem, så finns det många osäkerheter i modellerna. Man har heller inte kunnat göra jämförelser med observationer förrän ganska nyligen, eftersom man precis har börjat kunna observera de här systemen i detalj.

## Underbara Mira

En riktig superstjärna är den välkända dubbelstjärnan Mira. Mira ligger ungefär 300 ljusår bort i stjärnbilden Valfisken nära himmelsekvatorn (2° söderut). Mira A är en röd jätte, och från röntgenbilder vet man att de båda stjärnorna samverkar med varandra. Kompanjonen är antingen en solliknande stjärna i ett tidigare utvecklingsstadium, eller en vit dvärg. Gasen runt Mira är inte jämnt fördelad, utan utsträckt och full med klumpar och stora bubblor (bild ovan till vänster). På riktigt stora skalor ser man en utsträckt svans skapad av stjärnans rörelse genom galaxen. Med PolCor har vi kunnat titta på stoftet ganska nära stjärnan. Synfältet i bilden täcker den tätare delen av stjärnvinden, men är alldeles för litet för att den stora svansen ska synas. De båda stjärnorna får plats bakom den koronagrafiska masken.

En annan, mindre känd, dubbelstjärna som vi har tittat på är W Aquilae. W Aql är lik Mira på många sätt. Den ligger på ungefär samma avstånd i stjärnbilden Örnen, också ganska nära himmelsekvatorn (7° söderut). Med Hubbleteleskopet har man kunnat göra en bild av de båda stjärnorna (bilden i mitten ovan) och vi vet att avståndet är ungefär 100 astronomiska enheter. Ju större avståndet mellan stjärnorna är, desto mindre kan de påverka varandra. Från olika beräkningar förväntar man sig inte någon större påverkan på vinden när avståndet mellan stjärnorna är större än 50 astronomiska enheter. Hos W Aql är avståndet dubbelt så



Ungefär såhär blir ljus polariserat när det reflekteras mot en yta.

# ETT RÖTT STJÄRNSTOFTSGALLERI

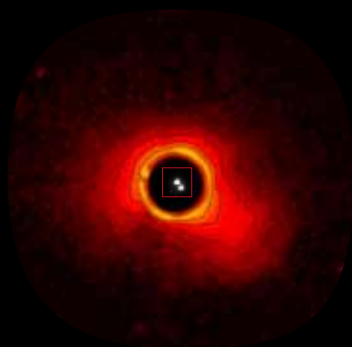
R Scl  
950 ljusår bort



U Cam  
1 400 ljusår bort



DR Ser  
2 500 ljusår bort



W Aql  
750 ljusår bort

Stjärnstoft kring de stjärnorna som vi avbildat med PolCor: de närliggande dubbelstjärnorna Mira och W Aquilae (i mitten av den syns Hubbleteleskop bilden på stjärnorna), samt skalén runt de mer avlägsna DR Serpentis, U Camelopardalis och R Sculptoris. I samtliga bilder ligger själva stjärnan bakom den koronografiska maskens svarta skiva i mitten.



Mira  
300 ljusår bort

5 000 ae eller 29 ljusdagar

A horizontal red line with vertical end caps, representing a scale of 5,000 astronomical units or 29 light days.



Skalet runt U Cam, denna gång sett i synligt ljus med Hubbleteleskopet. Stjärnan i mitten av skalet lyser starkt men är mycket mindre än den ser ut att vara.

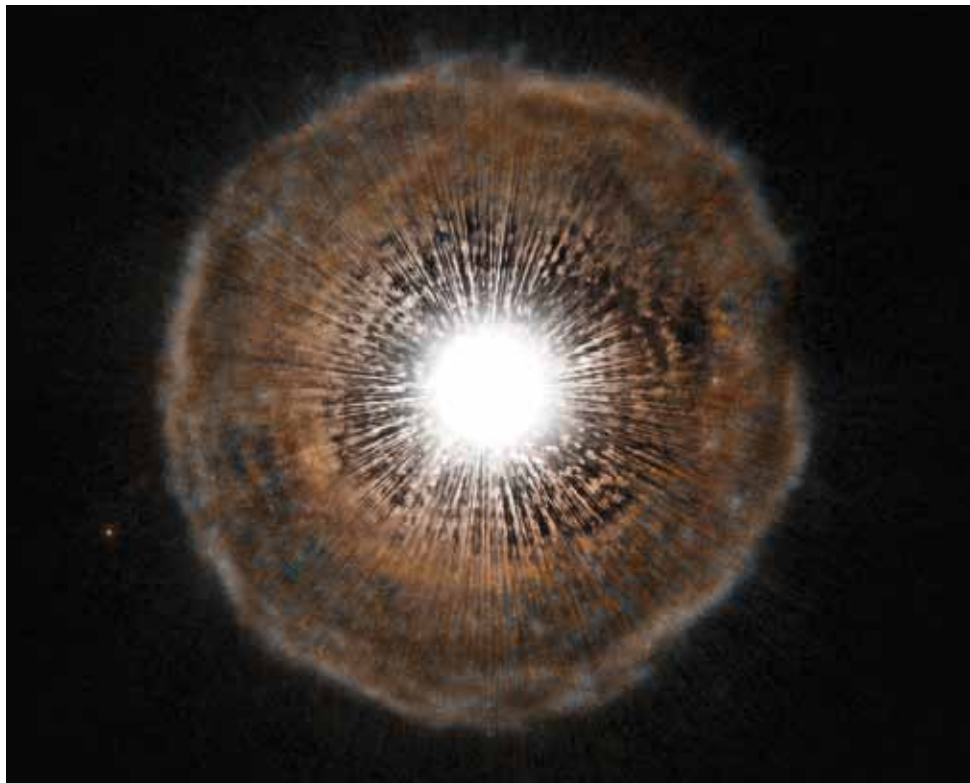


BILD: ESA/HUBBLE, MASA & H. DOFFSSON (ONKALA RYMDOBSERVATORIUM)

stort, och även om vi inte säkert vet vad som är orsaken ser vi inte en vind som flödar jämnt ut från stjärnan, utan det verkar finnas en stor bubbla eller kanske ett utflöde åt sydväst (se bilden på sidan 14).

Vi vet ännu inte vad som har format de stjärnvindar vi ser. Ingen systematisk undersökning har gjorts där man jämför dubbelstjärnor med enkla stjärnor. Magnetfält finns inte mätta för fler än ett fåtal jättestjärnor, och även där skulle man behöva undersöka dupliciteten för att kunna avgöra vad som har störst påverkan. Klart är att olika strukturer verkar kunna uppstå redan när en stjärna är en röd jätte och inte behöver skapas under övergången till nästa utvecklingsfas. Kanske finns de där redan under tidigare stadium, men blir tydliga först när gashöljet blåses upp och en planetarisk nebulosa bildas ...

### Stjärnor med skal och vindsamverkan

Vi känner till ett knappt tiotal röda jättar som omges av stora, runda skal. Skalen är frikopplade från stjärnan och består, precis som resten av vinden, av både gas och stoft. Många tror att skalen bildas efter en period då vinden blir mer intensiv på grund av processer inuti stjärnan. Skalen uppstår senare då den nya, snabbare vinden blåser in i en äldre, långsammare vind. Skallstjärnorna är intressanta då de visar att det finns jättestjärnor som har en väldigt jämn vind. Eftersom de är enklare både att observera och att göra beräkningar på, kan de även hjälpa oss att förstå hur vinden uppstår runt stjärnor med mer komplicerad struktur. Genom att mäta skalens storlek och tjocklek kan vi ta reda på hur lång tid det tar för skalen att bildas och hur gamla de är.

Med PolCor har vi tagit bilder av skal runt tre stjärnor: DR Serpens, U Camelopardalis och R Sculptoris (se

bilderna på sidan 15). Man kände redan till att det fanns gasskal runt alla tre, men det här är de första bilderna som tagits av skalet runt DR Ser. Man har fram till nyligen inte sett några tecken på att stjärnorna skulle vara dubbla, men med nya observationer med världens största teleskop, ALMA, upptäcktes en spiral runt R Scl (omslaget och bilden på sidan 12). Spiralen har med största sannolikhet bildats av att en mindre stjärna åker genom vinden runt R Scl och gör ett spår i den expanderande gasen. I så fall betyder det att ett runt skal kan bildas även om stjärnan är dubbel, tvärtom vad man har trott tidigare.

De tre skalen är i princip helt runda. De är olika stora och skapades för mellan 700 och 2000 år sedan då vinden blåste kraftigare under några hundra år. Det stämmer bra med tidsskalorna för de inre processer som man tror kan vara orsaken till att vinden intensifieras, och vi tror oss därför veta ungefär hur skalen kan ha uppstått.

### Framtida forskning

Det finns flera förslag på hur olika planetariska nebulosor kan bildas, men de har inte kunnat testas tidigare. Flera nya, stora teleskop som t.ex. använder adaptiv optik (som skärper bilden) och interferometerteknik (där man sammankopplar många teleskop så att de fungerar som ett stort) har precis börjat användas. Nya tekniker att mäta magnetfält på stora skalor håller också på att utvecklas. Olika typer av observationer av många stjärnor kommer att behövas innan vi kan förstå hur dessa vackra objekt bildas, men med helt nya möjligheter, och med lite tålamod, finns det mycket spännande forskning att se fram emot. ★

SOFIA RAMSTEDT är postdoktor i astronomi vid Uppsala universitet.