

# Nordstjernen – en spændende stjerne

Af Michael Quaade

Fra Danmark kan man se *Nordstjernen* eller *Polaris* enhver stjerneklar nat. Ikke alle ved at det er en dobbeltstjerne, hvor den klareste faktisk også er dobbelt. Nordstjernen er desuden en cepheide-variabel stjerne.

Nordstjernen står mindre end en grad fra himmelpolen – det punkt, der ligger lige i forlængelse af Jordens omdrejningsakse. Det er derfor, den altid står næsten helt samme sted på himlen, mod nord omkring  $56^\circ$  over horisonten. Derfor kan den bruges som en slags kompas til at finde nordretningen.

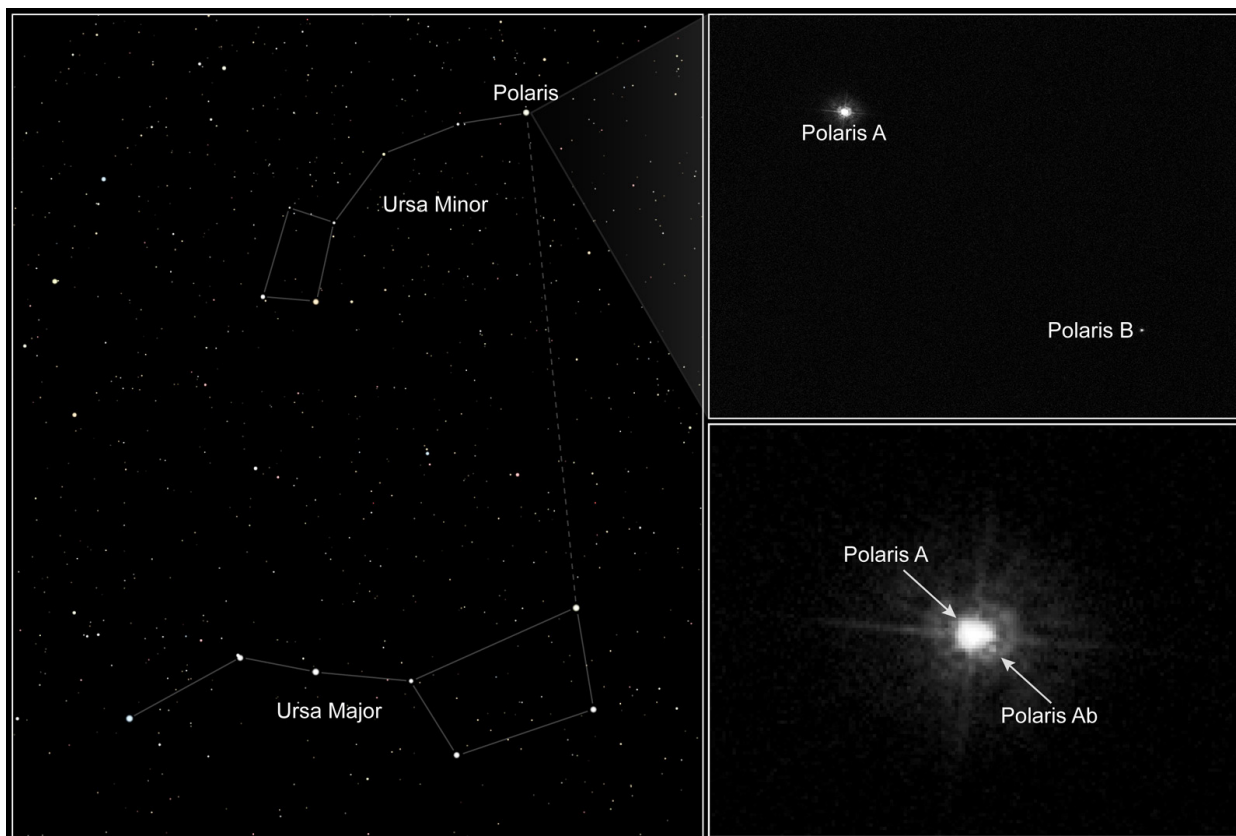
Det er langt fra den eneste interessante egenskab ved Nordstjernen. I en astronomisk kikkert kan man se at den er en dobbeltstjerne. Den lysstærke komponent, Polaris A, har en markant svagere ledsagerstjerne, Polaris B. Størrelsesklasserne for Polaris A og B er henholdsvis 2 og 8,6. De to dobbeltstjernekomponenter lyser henholdsvis 1200 og 4 gange så kraftigt som Solen. Polaris B blev opdaget af William Herschel i 1780. Vinkelafstanden mellem de to stjerner er  $18''$  eller  $1/200$  af en grad. Den rumlige afstand er 2400 astronomiske enheder, 2400 gange Jordens afstand fra Solen. Det er 80 gange afstanden fra Solen til den yderste planet Neptun.

I 1929 viste det sig at Polaris A selv er en dobbeltstjerne. Dengang kunne det kun ses ved analyse af stjernens spektrum. En dobbeltstjerne, hvor man ikke kan skelne de to stjerner i en kikkert, men kun påvise ledsageren i stjernens spektrum, kaldes en spektroskopisk dobbeltstjerne. Den tætte ledsagerstjerne kaldes Polaris Ab.

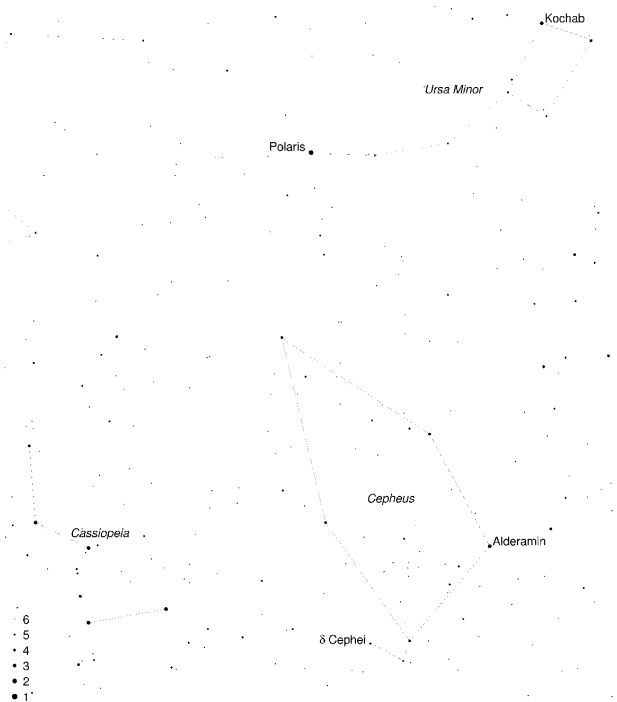
I august 2005 lykkedes det for første gang at optage et billede, der viser både Polaris A og Ab med Hubble Rumteleskopet [1] og [2]. Den står kun  $0,172''$  fra Polaris A på himlen og afstanden mellem de to stjerner er 18 astronomiske enheder, nogenlunde som afstanden mellem Solen og Uranus. Det tager dem knap 30 år at fuldføre et baneomløb om deres fælles tyngdepunkt.

En anden interessant egenskab ved Nordstjernen er, at den pulserer. Polaris A udvider sig og trækker sig sammen regelmæssigt med en periode på knap fire døgn. Det ses ved at stjernens lysstyrke varierer med den samme periode. Udsvingene er ganske små, lysstyrken ændrer sig kun omkring 3 % eller lidt mere end 0,03 størrelsesklasse.

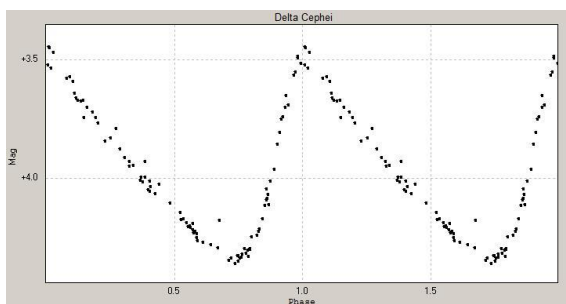
Polaris A tilhører den klasse af pulserende stjerner, der kaldes cepheider. Pulsationerne i cepheider og andre stjerner er udførligt beskrevet i [3]. De er opkaldt efter stjernen  $\delta$  Cephei i stjernebilledet *Cepheus*, nogenlunde tæt ved Nordstjernen i *Lille Bjørn*, *Ursa Minor*.  $\delta$  Cephei pulserer med en lidt længere periode, 5 døgn og 16 timer, og med en meget større amplitude, se figur 3. Når den er klarer lyser den mere end dobbelt så kraftigt som når den er svagest – en forskel på 0,9 størrelsesklasse. Lysstyrkevariationerne hos  $\delta$  Cephei blev opdaget af John Goodricke i 1784.



**Figur 1.** Nordstjernens (Polaris) tre komponenter. Øverst t.h. ses Polaris A og B, som de kan ses i selv en mindre astronomisk kikkert. Nederst t.h. ses Polaris A og Ab optaget med Hubble Rumteleskopet i 2005 (NASA/ESA) [1].



**Figur 2.** Stjernekort, der viser stjernebillederne *Ursa Minor*, *Lille Bjørn* og *Cepheus* med stjernerne *Polaris* og  $\delta$  *Cephei*.



**Figur 3.** Lysvariationen i  $\delta$  *Cephei* over to hele pulsationer (Wikimedia Commons).

Pulsationerne holdes ved lige ved at visse lag i stjernen skiftevis opsuger energi fra stjernelyset og slipper energien løs igen. Når de fanger energien pustes stjernen op og når energien slippes løs falder den sammen igen.

De relevante lag er dem, hvor en temperaturforøgelse bevirker en forøget ionisation af stjernematerialet. I stjernes indre dele er temperaturen så høj at alt stoffet er ioniseret. Nær stjernes overflade, hvor temperaturen er lavere, er stoffet ikke eller kun delvis ioniseret. Bevæger man sig fra stjernes overflade til dens ioniserede indre passerer man en overgangszone, hvor stoffet gradvis overgår til den ioniserede tilstand. Det er netop denne zone, der gør det muligt for nogle stjerner at opretholde pulsation med stor amplitude.

Det er kun ionisationszonerne for brint og helium, der spiller en rolle, fordi en stjerne næsten kun består af de to stoffer. Brint og neutral helium ioniseres ved temperaturer på omkring 10-15.000 K mens én gang ioniseret helium ioniseres yderligere ved 40.000 K.

I den fase af pulsationen, hvor stjernen trækker sig sammen, stiger tryk og temperatur i gassen, der udgør stjernen. Det øgede tryk puster herefter stjernen op igen. Når stjernes rumfang øges falder tryk og temperatur igen og stjernes egen tyngdekraft trækker den sammen igen og forløbet gentages. Svingningstiden afhænger af stjernes størrelse; en stor stjerne pulserer langsommere end en mindre. Det kan sammenlignes med luftens svingninger i en orgelpibe.

I et orgel er det de de største piber, der giver de dybe, lavfrekvente toner.

Grunden til at en ionisationszone kan bidrage til at øge pulsationen er, at den forøgede temperatur i kompressionsfasen ioniserer stoffet. Det betyder, at trykket stiger yderligere, så stjernen udvider sig ved et større tryk end den skulle overvinde i den forudgående sammentrækningsfase. På den måde overføres energi til pulsationen, der derved forøges.

Det er kun et fåtal af stjernerne, der pulserer med store amplituder. Kun stjerner, hvor ionisationszonerne ligger i en passende dybde i stjernen kan bruge ionisationen til at holde pulsationen i gang. Det skyldes, at der skal være en tilstrækkelig stor del af stjernes masse, der ligger i ionisationszonen og samtidig tager del i pulsationsbevægelserne. Langt ude i stjernen er stoffet ganske tyndt, mens massefylden tiltager ind gennem stjernen. Til gengæld er udsvingene i løbet af pulsationen langt større i stjernes ydre del – det meste af de indre dele ligger næsten helt stille.

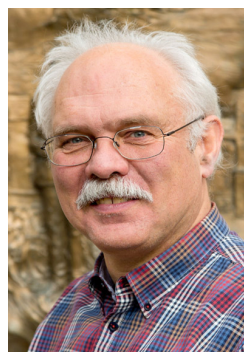
I stjerner med en høj overfladetemperatur ligger ionisationszonerne yderligt, hvor massefylden ikke er særlig stor og der er derfor ikke tilstrækkeligt med stof, der kan gå til og fra den ioniserede tilstand i løbet af en svingning. I kolde stjerner ligger ionisationszonerne så dybt, at pulsationsamplituden er for lille til at forårsage tilstrækkelige variationer i ionisationen. Overfladetemperaturen spiller derfor en stor rolle for, om vi kan forvente pulsationer i en given stjerne.

Ud over temperaturen spiller stjernes størrelse og lysstyrke også en væsentlig rolle. I store, lysstærke kæmpestjerner ligger det "rigtige" temperaturinterval for pulsation ved lavere temperatur end i mindre stjerner. Denne sammenhæng fremgår af Hertzsprung-Russell-diagrammet, der viser sammenhængen mellem stjernerne temperatur og lysstyrke. Her ligger hovedparten af de pulserende stjerner i et karakteristisk skråt bånd gennem diagrammet.

Ovenstående gælder kun for stjerner med store pulsationsamplituder. Ved hjælp af vore dages følsomme instrumenter kan man observere svingninger i alle stjerner, se [4]. Enhver stjerne har et karakteristisk svingningsspektrum, der udviser et stort antal resonansfrekvenser. Svingningsspektret giver meget detaljerede oplysninger om stjernes opbygning, størrelse mv.

## Litteratur

- [1] Nancy Evans, Howard Bond, <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/02>.
- [2] Nancy Ramage Evans m.fl. (2008), Direct Detection of the Close Companion of Polaris with the Hubble Space Telescope; <http://arxiv.org/abs/0806.4904>.
- [3] John P. Cox, Theory of Stellar Pulsation, Princeton University Press 1980.
- [4] Torben Arentoft, Jørgen Christensen-Dalsgaard m.fl. (2009), Helio- og asteroseismologi, *KVANT* årgang 20, nr. 2.



*Michael Quaade* er kommunikationsmedarbejder ved Niels Bohr Institutet.