

# Birgitta på Nya Uraniborg

PROFILEN

av Björn Stenholm (text och bild)

*Birgitta Nordström, svensk-dansk astronom, blev känd för en bredare krets tidigare i år. Hon och hennes forskarlag hade funnit en mycket gammal stjärna, vars ålder var jämförbar med hela universums. Beviset bestod av uran.*

*Hon arbetar nu på Lunds nya palatsliknande astronomihus, som därför kunde kallas Uraniborg!*

När jag cyklar iväg genom Lund för att göra denna intervju med Birgitta Nordström formligen vräker regnet ner. Jag kommer fram till den nya Institutionen för astronomi vid Lunds universitet mer lik en dränkt katt än en flygande reporter med kamera om halsen. Men trots regnet ska vi tala om stjärnor. När jag träffade Birgitta första gången var det i Stockholm, på observatoriet i Saltsjöbaden, i början av 1970-talet. Då var vi båda forskarstuderande, hon i slutet av sin utbildning och jag just i början av min. Men redan då var hon sysselsatt med stora spektroskopiska undersökningar av stjärnorna i Vintergatan, den egna galaxen.

— Ja, och så har det faktiskt i stort sett förblivit, säger Birgitta. Jag har hela tiden under mina dryga trettio år som aktiv forskare sysslat med stjärnutveckling i Vintergatan och Vintergatans egen utveckling. Den främsta observationsmetoden för mig har varit spektroskopiska undersökningar i såväl låg som hög upplösning av stora stjärnmaterier, dvs tusentals stjärnor.

**Men låt oss föralldel börja från början. Hur kom det sig att du hamnade bland astronomerna i Saltsjöbaden?**

— Jag är från Södermalm i Stockholm, så avståndet till Saltsjöbaden var inget problem! Men som så många andra funderade jag på lärarutbildning. På den tiden fanns det en obligatorisk kurs i astronomi för lärare i naturvetenskapliga ämnen. Jag hade vid det tillfället lite tid över och kunde då gå en lite mer omfattande kurs än nödvändigt i ämnet astronomi, och då kom jag i kontakt med Stockholms observatorium och dess personal. Ämnet intresserade mig, förstås. Det fick till följd att jag erbjöds sommarjobb där, och därefter fortsatte jag studierna vid observatoriet. Det blev först en fil lic 1970 och doktor blev jag 1975. Min handledare under forskarutbildningen var dåvarande docenten Lars Olof Lodén, som verkligen förstod att inspirera sina elever.

**Men du lämnade egentligen Sverige tidigt och har väl egentligen inte återvänt (ännu) på riktigt?**

— Ja, jag lämnade Sverige 1970, redan under forskarutbildningen och har sedan mest arbetat här under kortare besök. Jag träffade min blivande man 1972 i Provence, på det stora observatoriet där, och han är dansk astronom, Johannes Andersen heter han, så vi har mestadels haft Danmark och Köpenhamn som fast punkt i tillvaron. Där är också våra tre barn födda. Men astro-



nomer är ju kända för att resa mycket och vistas på andra platser än hemmahemmet, och det har även vi gjort. Jag har räknat ut att jag har arbetat och bott i inte mindre än sju länder, Sverige, Danmark, Schweiz, Frankrike, Kanada, Tyskland och USA. Därutöver har jag naturligtvis som många andra europeiska observerande astronomer flitigt utnyttjat de båda observatorierna i Chile, La Silla och Paranal.

**Och nu är du tillbaka i Sverige, i Lund. Dags att stanna upp nu?**

— Nej, inte alls, jag är gästprofessor här i Lund under en tid av två år, varav drygt ett har gått nu. Återstår alltså knappt ett år här. Jag bor fortfarande kvar i Danmark. Öresundsbron, som för övrigt invigdes samma dag som mitt arbete började här, underlättar resandet väsentligt. Men samarbetet med astronomer och fysiker här i Lund har varit mycket inspirerande, och jag skulle inte ha



Birgitta Nordströms medarbetare i Lund, fr v Hampus Nilsson, Johan Holmberg och Svereric Johansson.

något emot att flytta hem till Sverige igen. Kanske vistelsen här kan bli ett första steg i den riktningen.

**Men vi ska kanske återvända till de rent astronomiska problemen. Ditt namn blev ordentligt uppmärksammat i medierna i våras på grund av att du och dina medarbetare, som man sade, hade upptäckt universums äldsta stjärna. Inte illa! Hur var det egentligen med detta?**

— Ja, så var det ju inte riktigt. Det finns ju ingen praktisk möjlighet att undersöka alla Vintergatans stjärnor i detalj, så därför kan man inte säga att man funnit den äldsta. Men vi hade onekligen funnit en av de allra äldsta, och åldersbestämningen gjordes med en spektrallinje från det radioaktiva grundämnet uran, det var nytt och sensationellt. Metoden liknar den från arkeologin kända sk kol-14-metoden, men eftersom tidsrymderna är mycket längre i stjärnvärlden passar uranets halveringstid på 4,5 miljarder år perfekt in.

**Men ni påstod ju också att stjärnans ålder var lika med universums ålder. Hur hänger det ihop?**

— Vi kom fram till att denna stjärna tillhör de allra första stjärngenerationerna i Vintergatan, de låga halterna av tunga grundämnen tyder på det. Vintergatans ålder är därför inte mycket större än denna stjärnas, och vi antar att vår galax bildades tidigt i universums historia. Vi bestämde stjärnans ålder till 12,5 plus minus 3 miljarder år, alltså någonstans mellan 9,5 och 15,5 miljarder år. Då bör universums ålder inte vara mycket större än stjärnans, kanske högst en miljard år eller så.

**Redan innan du och din grupp publicerade dessa resultat var vår uppfattning om universums ålder ungefär så som din stjärnas med ungefär era felgränser.**

— Jovisst, men finessen är att vår metod är helt oberoende av tidigare metoder för bestämning av universums ålder! Att den ger samma resultat innebär naturligtvis ett starkt stöd för att vår nuvarande uppfattning är riktig. Men visst, felgränserna är fortfarande stora, men de beror till stor del på bristande kännedom om atomfysikaliska data för de grundämnen som studerats. Men detta är på väg att lösas. Här i det nya astronomihuset har fysiska institutionens atomspektroskopigrupp flyttat in, och de arbetar nu intensivt tillsammans med oss för att förbättra nödvändiga linjedata. Vi söker dessutom observationstid på Hubbleteleskopet för att kontrollera våra resultat även för andra grundämnen. Allt detta sammantaget kommer troligtvis att innebära att felgränserna kan sänkas till plus minus 1,5 miljarder så småningom, vilket kommer att bli en avsevärd förbättring.

**Men detta är ju strålande! Universums ålder kommer tydligt under det kommande året att bestämmas i ett hus på Sölvegatan i Lund.**

— Visst, säger Birgitta Nordström förtröstansfullt och strålar tillbaka. ♦

**H**ur gammal är solen? När föddes de första stjärnorna? Hur gammalt är universum? Sådana frågor sätter fantasin igång, men därifrån till att ge ett objektiva och någorlunda precist svar är steget långt. Intressant nog kan en och samma teknik användas på alla tre.

Astronomerna försöker på många sätt att datera universum och dess beståndsdelar. En slags kosmisk klocka är vad som behövs, men de flesta bygger på teoretiska modeller, antingen av universums expansion eller av stjärnornas utveckling. Därför är det viktigt att lista ut metoder som kan ge oavhängiga svar, något man kan mäta.

### Radioaktiv datering i arkeologi och astronomi

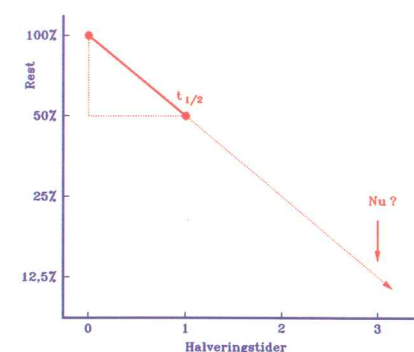
Arkeologerna står med precis samma problem: Man hittar något fynd från forntiden, har en teori om att det kan härstamma från någon bestämd epok, men vill gärna ha en bra mätning av tidpunkten. Det får man genom att mäta resthalten av den radioaktiva isotopen kol-14 relativt den dominerande stabila isotopen kol-12. Den kosmiska strålningen från rymden producerar en konstant mängd kol-14 i atmosfären, och allt levande material innehåller därför en konstant proportion kol-14 relativt kol-12. Men när ämnesomsättningen upphör – trädet faller, människan dör – sönderfaller det radioaktiva kol-14 obönhörligen efter kärnfysikens lagar. Efter halveringstiden – 5 730 år – finns bara hälften kvar, efter ytterligare en halveringstid bara 25% osv (se figur 1). Känner vi den ursprungliga kol-14-halten och mäter vad som nu finns kvar, så kan vi beräkna tiden från sönderfallets början. Metoden kan användas upp till åldrar på cirka 50 000 år.

Arkeologerna har två fördelar framför astronomerna: Resthalten av kol-14 kan mätas i laboratoriet, där kol-14-atomerna bokstavligen kan räknas en åt gången, så även mikroskopiska prov ger mycket noggranna resultat. Och kol-14 produceras i någorlunda konstanta kvantiteter i atmosfären, så den ursprungliga halten är ganska välbestämd (för specialister är historien längre, men vi klarar oss för tillfället). I stjärnor måste halten av atomer och isotoper mätas spektroskopiskt, och det

# Universums radioaktiva klockor

av Birgitta Nordström

*För att bestämma universums ålder måste vi kunna bestämma åldern för dess beståndsdelar. Här beskrivs hur man genom att studera grundämneshalterna i stjärnorna kan beräkna deras ålder.*



Figur 1: Sönderfallskurva för en radioaktiv isotop. Om halveringstiden är känd och såväl den ursprungliga halten som sluthalten kan bestämmas kan tiden sedan isotopens bildning beräknas.

är mycket svårt att få det samlade felet ner under 20–25%. Därtill bildas de intressanta isotoperna i supernovaexplosioner – en allt annat än jämn och förutsägbar process ...!

Så i astronomin består uppgiften att datera en gammal stjärna av tre delar: (1) Välja en lämplig radioaktiv isotop; (2) mäta den nuvarande halten i stjärnan så noggrant som möjligt; och (3) uppskatta den ursprungliga halten så noggrant som möjligt.

### Radioaktiva isotoper i astronomin

Radioaktiva dateringar föregår alltid efter principen i figur 1, i universum såväl som i arkeologin. Man skall bara välja rätt isotop: Av solsystemets ursprungliga halt av kol-14 finns knappast en enda atom kvar i dag! Men via ett antal isotoper med mycket längre halveringstider har man lyckats

bestämma solsystemets ålder till 4,65 miljarder år, med ett ganska litet fel. Och av alla modeller för stjärnornas utveckling krävs att de för denna ålder beskriver solen korrekt; gör de det kan man ha ett visst förtroende för att deras förutsägelser även gäller andra stjärnor.

För direkt datering av universums allra första stjärnor – och därmed av universum självt – måste man ta till isotoperna med de allra längsta halveringstiderna – miljarder år. Det finns två att välja på: torium ( $^{232}\text{Th}$ , halveringstid 14,05 miljarder år) och uran

( $^{238}\text{U}$ , halveringstid 4,55 miljarder år). Problemet är bara att de för det första är de två mest sällsynta av alla grundämnen och därför mycket svåra att observera; för det andra har de inga (mera) stabila isotoper som kan tjäna som referens motsvarande det vanliga kol-12 i arkeologin.

Torium och uran förmodas uppstå när de yttre skikten av en exploderande supernova bestrålas av ett intensivt flöde av neutroner från den sammamfallande kärnan (se figur 2). Härvid bildas också andra, stabila grundämnen som

Figur 2: Krabbnubulosan är de yttre delarna av en supernova som vi såg explodera år 1054. I dessa gasslöjor finns uran, torium och andra tunga grundämnen som bildades vid explosionen.



FOTO: ESOV/TIKUYEN.

t ex europium (Eu), som har varit använt som referenselement för torium. Utifrån ändringen i Th/Eu-förhållandet har åldrar bestämts för en del gamla stjärnor. Att detta är en riskabel procedur ses av relationen

$$(Th/Eu)_{nu} = (Th/Eu)_0 \cdot 2^{-t/t_{Th}}$$

eller

$$t = t_{Th} / \lg 2 \cdot (\lg(Th/Eu)_0 - \lg(Th/Eu)_{nu})$$

där  $t_{Th}$  är halveringstiden för  $^{232}\text{Th}$  och  $t_{Th}/\lg 2$  därmed 46 miljarder år. Gör vi därför ett fel på bara 25% (0,1 i logaritmen) i uppskattningen av den nuvarande eller ursprungliga toriumhalten, får vi varje gång ett fel på 4,6 miljarder år – 1/3 av universums ålder eller hela solsystemets livstid! Inte särskilt imponerande ...

Med sin långt kortare halveringstid skulle uran kunna ge mycket noggrannare resultat. Men uran är redan det sällsyntaste av alla grundämnen, och av det som bildades för cirka 13 miljarder år sedan finns nu bara 13% kvar. Därför var det litet av en sensation då vi tidigare i år äntligen hittade en mätbar spektrallinje av uran i en urgammal stjärna (se Astronomisk Tidskrift nr 2, 2001).

### De äldsta stjärnorna

Vid Big Bang bildades bara de tre grundämnena väte, helium och litium. De allra första stjärnorna innehöll bara dessa lätta grundämnen. Sedan har tyngre och tyngre grundämnen upp till och med järn byggts upp vid fusionsprocesser i stjärnorna, och ännu tyngre grundämnen vid våldsamma explosioner i t ex supernovor. De allra äldsta stjärnorna finns därför bland dem som har minst innehåll av tyngre grundämnen, och vår forskargrupp tilldelades hela 40 nätter under 2000–2001 på ESO:s Very Large Telescope (VLT) för att studera en stor grupp av just sådana metallfattiga stjärnor.

En av dessa bär det prosaiska namnet CS 31082–001, men visade sig vara oerhört intressant. Dens järnhalt är bara 1/800 av solens, så den måste vara bland de allra äldsta stjärnorna i Vintergatan och därmed i universum. Men av de tyngsta grundämnena, inklusive Th och U, finns det omkring 1/8 så mycket som i solen, och deras spektrallinjer är därför relativt ostörda av myriaderna av linjer från de mera vanliga grundämnena som järn, titan osv. Och i CS 31082–001 såg vi för första gången den starkaste linjen av uran vid

386 nm (figur 3). En snabb jämförelse med Eu gav en ålder på ungefär 12,5 miljarder år, men fortfarande med ett fel på omkring 3 miljarder år.

### Bestämningen förfinas

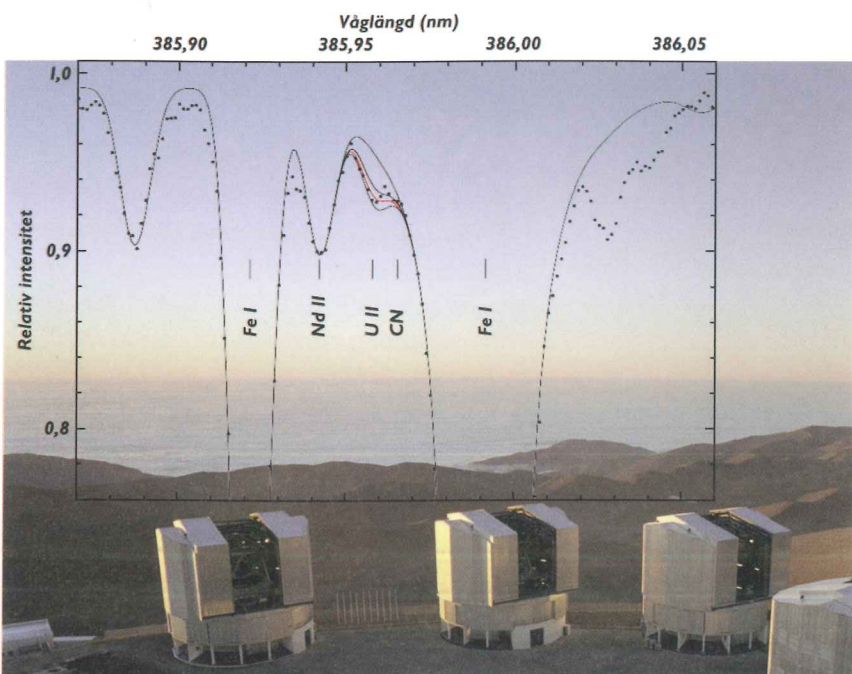
För att förbättra detta resultat arbetar vi nu på tre fronter: För det första samarbetar vi med Sverneric Johansson och Hampus Nilsson från atomspektroskopi-gruppen i Lund om förbättrade laboratoriedata för de observerade linjerna, så de nuvarande uran- och toriumhalten blir ännu mer noggrant bestämda. För det andra samarbetar vi med andra teoretiska kärnfysikgrupper för att förbättra de antagna värdena för de ursprungliga förhållanden mellan de tyngsta grundämnena, så som de bildades i supernovans explosion.

Men för det tredje har vi – lite otraditionellt – utnämnt Th till att vara "nästan stabilt". Visserligen "går klockan litet långsammare" när referensämnet också sönderfaller långsamt. I gengäld är både atom- och kärnstrukturerna hos Th och U så lika, att de flesta fel i bestämningen av både  $(U/Th)_{nu}$  och  $(U/Th)_0$  kompenseras varandra – häribland sådana systematiska fel som ger stora osäkerheter i t ex Th/Eu-förhållandet.

U/Th bör därför ge den säkraste bestämningen av åldrar för stjärnor så gamla som CS 31082–001. Det skall bli spännande att se om nästa stjärna av samma typ ger samma resultat. Jakten har redan börjat! ♦

Birgitta Nordström är gästprofessor i astronomi i Lund och intervjuas på s 26–28 i detta nummer.

Figur 3: Spektrallinjen av uran nära 386 nm i CS 31082–001, observerad med ESO:s VLT (teleskopet just under linjen). Den röda linjen visar beräknat spektrum för den bäst anpassade uranhalten.



Det stod i A.T.  
för 10 år  
sedan

Årgång 1991 av Astronomisk Tidskrift inleddes med en uppsats om Tycho Brahe-minnena på Ven och vad som sker med dem. Ett outslitligt ämne för tidskriften ...

En vetenskaplig världssensation, till på köpet från Sverige, avhandlades av Frans Wickman som fastställde den stora upptäckten – den första kända fossila stenmeteoriten, funnen i stenbrottet i Brunflo 1952. Den sändes då till geologiprofessorn i Uppsala Per Thorslund eftersom den såg så konstig ut, men det tog honom nästan 30 år att komma på tanken att det kunde röra sig om en meteorit; det visste man ju att sådana inte förekom i sedimentära bergarter.

År 1980 kunde så Wickman visa att det faktiskt var en stenmeteorit. Några år senare hittade paleontologen Maurits Lindström ännu en fossil sådan, eller snarare resterna efter en. De vittrar nämligen lätt sönder. Det var vid Österplana på Kinnekulle, och därmed var två fossila stenmeteoriter kända i hela världen.

I en liten notis i nummer 1 berättade Erik Tronstad om att astronomer vid La Silla-observatoriet funnit galaxen med den största kända rödförskjutningen. Rekordvärdet var hela 1,025, vilket placerade galaxen så långt bort att ljuset från den varit på väg hit i nästan två tredjedelar av hela universums livstid. I dag känner vi till galaxer mycket längre bort än så.

Årets andra häfte ägnades nästan helt åt de Magellanska molnen, avhandlade av Bengt Westerlund som studerat dem flitigt under åtskilliga år. Det var en fyllig genomgång av vad som förändrats i vårt vetande om Vintergatans närmaste grannar under trettio år.

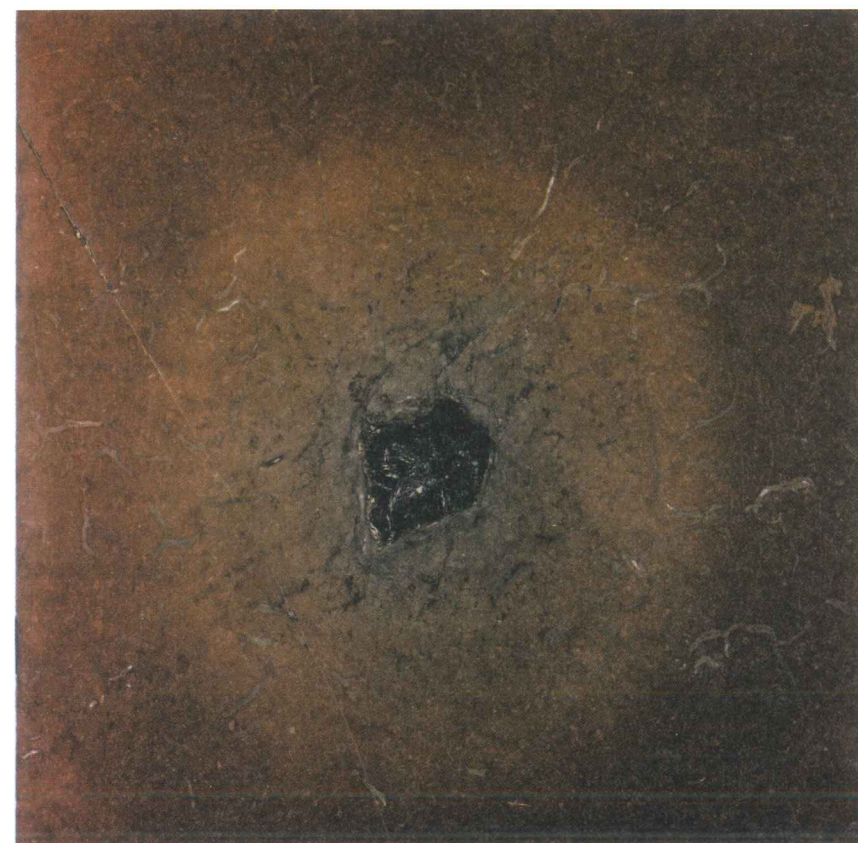
I övrigt uppmärksammades i nr 2 att Allan Sandage av Kungl Vetenskapsakademien fått Crafoordpriset på 1,5 miljoner kronor för sina många insatser inom den observationella kosmologin.

Betydligt mer varierat var årgångens tredje häfte, som belyste det danska Astronomisk Selskabs historia genom 75 år, berättade om en lyckosam dansk amatörastronom – E V Petersen, som bl a företog mängder av variabelobservationer – såväl som om uppsändandet av satelliten Hipparcos och "historiens dyraste felkonstruktion", Hubbleteleskopet. Därtill fanns artiklar om ccd-teknik, supernovor och astronomin i östtyska skolor.

På omslaget till årets sista häfte kunde man beundra solkoronan, avbildad under den långa solförmörkelsen i Mexiko 11 juli 1991. Dit hade Tycho Brahe-sällskapet ordnat en resa, och på den valda observationsorten i södra delen av Baja California var vädret utmärkt med solen nästan i zenit.

Olika sätt att beteckna stjärnor, med egennamn, placering inom en stjärnbild eller rätt och slätt efter positionen på himlen utan hänsyn till stjärnbilderna, beskrevs av Truls Ringnes i det fjärde häftet. Där berättade han bl a om de mödor som lagts ner på att tolka namnen *Sualocin* och *Rotanev* i Delfinen, vilka först dök upp i Piazzis Palermokatalog i början av 1800-talet – tills man insåg att katalogförfattarens medhjälpare Niccolò Cacciatore på latin också kunde skrivas *Nicolaus Venator* ...

I häftet kunde man också läsa om en lyckad sommarkurs i kosmologi i de svenska fjällen, där Ulf Torkelsson var en av de nöjda deltagarna. ♦



Brunflo meteoriten, den först identifierade fossila i hela världen. Bild från omslaget till A.T. nr 1, 1991.