

REBECCA FORSBERG

Galaktisk arkeologi

Vintergatans historia genom dess stjärnor

Som en del av utforskningen av universum har miljontals galaxer upptäckts och avbildats. Men ingen har ännu kunnat fånga en bild av vår hemgalax, sedd från utsidan. Detta är en bedrift som troligtvis aldrig kommer uppnås, åtminstone inte under vår livstid. Det hindrar oss dock inte från att undra hur Vintergatan ser ut och hur den bildats, samt formats över tid. Rebecca Forsberg skriver om hur forskare idag kan kartlägga och göra arkeologiska studier av Vintergatan genom att kombinera teleskop och superdatorer. Dessa studier avslöjar Vintergatans dramatiska förflutna och låter oss spana in i dess framtid.

Att kartlägga något som man befinner sig omsluten av är svårare än det kan verka. Det är lite som att bli ombedd att rita en karta över staden du bor i, utan att kunna lämna ditt hus. Du har förhoppningsvis möjlighet att titta genom fönstren och se vissa karaktäristiska drag som gator och höga byggnader, men mycket av staden kommer att döljas av dina väggar och närliggande hus och träd. Detta är samma utmaning som astronomer i hundratals år stött på när man försökt att kartlägga Vintergatan.

För att få lite perspektiv på hur långt ut i ”vår stad”, Vintergatan, som vi har kommit kan vi till vår hjälp betrakta rymdsonden Voyager 1. Det är den sond som hittills färdats längst från oss – efter 45 år befinner den sig mer än 20 miljarder kilometer bort. Ändå är detta bara som att ha gått ut genom dörren och tagit ett trevande steg från vår galaktiska tomt. För att kunna se hela galaxen och få en klar bild av Vintergatan från utsidan skulle du behöva vara flera miljoner gånger längre bort än vad Voyager redan färdats.

När vi tittar upp mot himlen en mörk och klar natt kan vi urskilja det disiga stjärnbandet som utgör vår galax, med mörka delar av stoft och gas som skymmer galaxens inre, något som ytterligare försvårar vår galaktiska kartläggning. Utrustade med denna kunskap vill jag ta er med på en resa i hur vi astronomer kartlägger Vintergatan.

ETT HISTORISKT DJUPDYK

Ett av de första försöken att göra en karta över Vintergatan ägde rum år 1785, av astronomerna – och syskonen – **Caroline** och **William Herschel**. Syskonen Herschel räknade de stjärnor de kunde se på natthimlen, och antog att galaxen sträckte sig djupare i de riktningar där det fanns fler stjärnor. De områden som täcks av damm och gas mot stjärnbilden Skytten blir tydliga redan på detta första utkast till karta, i det vita utrymmet mellan de två högra utsträckta armarna. Syskonen Herschel tolkade detta som kanten av galaxen, men vi vet idag att detta är riktningen mot Vintergatans täta centrum, eftersom ljuset från stjärnorna på andra sidan centrum blockeras.

Det kan vara värt att påpeka att astronomer vid slutet av 1700-talet trodde att det endast fanns en galax, Vintergatan. De spiralformade och oregelbundna ”molnen” som kunde studeras genom teleskop fick alla namnen nebulosor, från latinets ord för just moln, eller dimma. Först för 100 år sedan började idéer kring andra galaxer stötas och blötas, i diskussioner som inte var utan kontroverser. I början av 1900-talet mätte astronomen **Harlow Shapley** fördelningen av klotformiga hopar – gamla, massiva samlingar av stjärnor – i Vintergatan. Han såg att de befann sig i ett sfäriskt arrangemang



- Den första kartan av Vintergatan skapad av Caroline och William Herschel, år 1785. Observera att de placerat solen nära centrum. Bildkälla: Caroline Herschel.

runt vad han korrekt antog var galaxens centrum. Detta gjorde det möjligt för honom att både uppskatta den faktiska storleken på Vintergatan och att korrekt placera solen på en plats som inte var i galaxens centrum.

Samtidigt mätte astronomen **Heber Curtis** beståndsdelarna av ljuset från den spiralformade "Andromeda-nebulosan", och argumenterade för dess likhet med Vintergatan och framhöll att det fanns galaxer utanför vår egen. Detta ledde till en paradigmskiftande diskussion bland astronomer om Andromedas status som en egen galax eller som ett nebulöst moln inom Vintergatan. En debatt som tog plats år 1920 var så pass avgörande i diskussionen att den inom astronomin kallas för "den stora debatten". Fastän Shapley hävdade att ingenting kunde vara så pass stort som Vintergatan, avgjordes debatten till Curtis fördel när ytterligare en astronom, **Edwin Hubble**, lyckades mäta avståndet till stjärnorna i Andromeda. Han fann att de var 10 gånger längre bort än de mest avlägsna stjärnorna i Vintergatan. Detta markerade början på en ny era inom astronomin, då man insåg att den observerbara storleken på universum var mycket större än vad man tidigare kunnat ana.

Lunds observatorium, där undertecknad jobbar med sin avhandling, har länge varit världsledande i utforskandet av vår galax. År 1950 gav Lundastronomen **Knut Lundmark** vid Lunds universitet makarna, och astronomerna, **Martin** och **Tatjana Kesküla** uppdraget att måla en karta av galaxen sedd från vår position. Målningen skapades för hand, där de med skalenlig ljusstyrka för cirka 7000 enskilda stjärnor tog fram en, vid den tiden, aldrig tidigare skådad bild av Vintergatan. Denna målning, som mäter 2x1 meter och tog två år att färdigställa, är numera känd som Lunds Vintergatspanorama och har reproducerats i otaliga fackböcker. Än idag kan den ses vid Lunds observatorium.

Ett språng i kartläggningen av Vintergatan kom i början av 1990-talet när Lundastronomen **Lennart Lindegren** tillsammans med **Michael Perryman** och den Europeiska rymdorganisationen, European Space Agency, föreslog konstruktionen av rymdteleskopet Gaia, efterföljaren till det tidigare rymdteleskopet Hipparcos (1989-1993). Gaia sändes upp 2013 och har sen dess tillåtit oss att lämna "vårt hus" och försett oss med ovärderlig information om hur vår galax ser ut.

DET KEMISKA FINGERAVTRYCKET

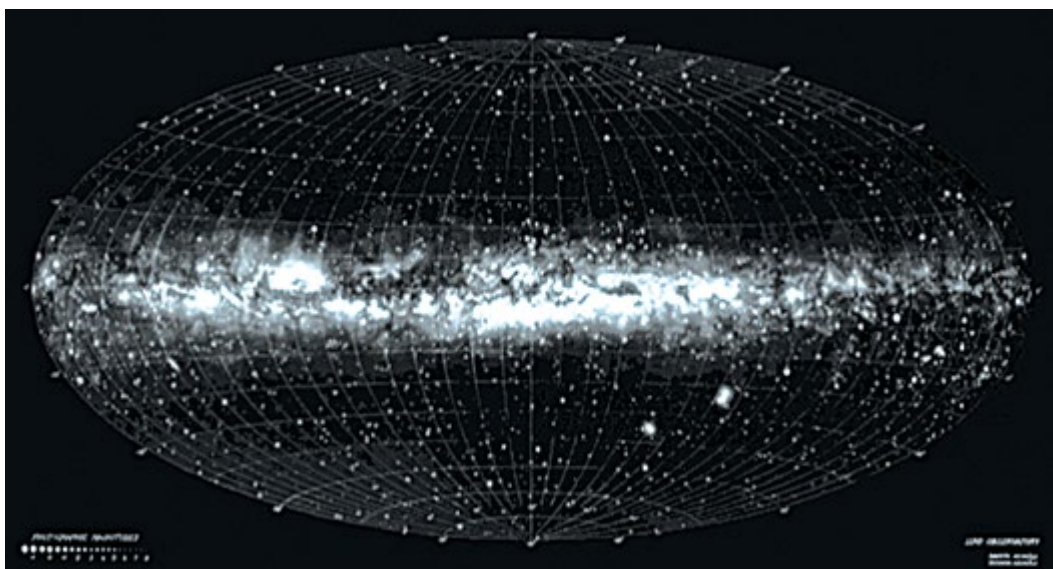
Rymdteleskopet Gaia är expert på att mäta stjärnors position, avstånd och rörelser, och har hittills kartlagt nästan 2 miljarder – ungefär 1 procent – av Vintergatans stjärnor. Att veta var stjärnorna befinner sig hjälper oss att se Vintergatans stora strukturer medan stjärnornas rörelser låter oss modellera varifrån de kommer, men också vart de är på väg. Detta ger ledtrådar om hur galaxen brukade se ut och vad som väntar i dess framtid.

Galaktiska arkeologer använder stjärnor som tidskapslar till Vintergatans förflutna. Ett mer passande namn för fältet hade måhända varit "Galaktisk paleontologi", då stjärnornas användning här liknas vid fossiler. Men det är som med mycket annat inom astronomisk forskning: när ett namn väl har yppats fastnar det lätt.

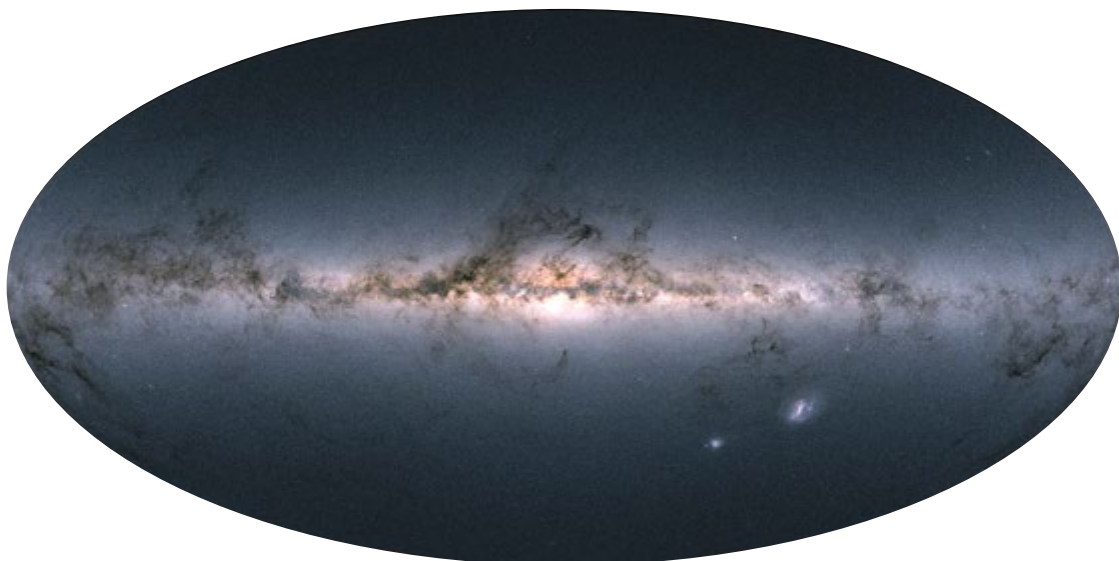
För att studera Vintergatans förflutna kan vi, förutom att studera en uppskattning av stjärnornas tidigare rörelsemönster, även mäta deras kemiska fingeravtryck. Här får vi ta en liten avstickare från vår resa till Vintergatans kartläggning, och gå tillbaka till grunden – stjärnorna och dess beståndsdelar.

Den första generationen stjärnor bildades av kosmiska gasmoln som endast bestod av de två enklaste grundämnena som bildades i den stora smällen – väte och helium. Alla andra tyngre grundämnen, som syret vi andas och kolet i våra kroppar, har bildats i olika processer som involverar stjärnor.

Majoriteten av en stjärnas liv spenderas med att slå samman – fusionera – väte till helium. Detta är en process som frigör energi – ljus som strålar utåt och ser till att stjärnan inte kollapsar under sin massa. Den här fasen varar tills det att vätet i stjärnans mitt tar slut. När stjärnan inte längre har den utåtriktade energin i kärnan för att hålla sig stabil, börjar kärnan att krympa. Detta skapar ett högre tryck i kärnan som höjer temperaturen och möjliggör fusion av helium till kol. För de lättaste stjärnorna, som vår sol, finns inte tillräckligt med massa för att skapa tryck och värme nog för att fusionera kol vidare till syre. När heliumet i kärnan tar slut, stoppas alltså det yttre trycket. Det yttre lagret av solen kommer att kastas ut, och bilda en planetarisk nebulosa. Kvar finns den kompakta kärnan – en vit dvärg, som under många mil-



- Lunds Vintergatspanorama. Bildkälla: Lunds observatorium. Bilden får ej distribueras utan godkännande från observatoriet.



- Vintergatan sett med rymdteleskopet Gaia. Detta är inte ett fotografi utan en sammanställning av alla de stjärnor, datapunkter, som Gaia har samlat in. Den ljusstarka mitten är galaxens centrum, som delvis täcks av moln av stoft och gas. Under Vintergatan, strax till höger, syns de två närmsta grannarna, de Magellanska molnen. Bildkälla: ESA/Gaia/DPAC.

jarder års tid kommer att svalna och tappa sin ljusstyrka.

För de tyngre grundämnena måste vi också beakta stjärnans massa – ju mer massiv en stjärna är, desto högre förmåga har den att komprimera sin kärna, vilket leder till att fusion av tyngre grundämnen kan äga rum. De massiva stjärnorna kan fortsätta skapa tyngre grundämnen, tills fusionen når järn, där det tar stopp. Till skillnad från fusionen av lättare element, som frigör energi, kräver fusion av järn energi. När kärnan når järn, tappas den utåtriktade energin och stjärnan kollapsar under sin egen massa. För stjärnor med upp till ungefär 25 solmassor, trycker den kollapsande stjärnans intensiva gravitation elektroner och protoner samman för att bilda neutroner, där trycket från neutronerna så småningom kommer stabilisera kärnan och lämna efter sig en extremt tät neutronstjärna.

För de mest massiva stjärnorna kommer gravitationen att bryta neutronernas tryck

och kärnan kommer att kollapsa helt och bilda ett svart hål. Som en motreaktion på kollapsen, sker ofta en explosion av stjärnans yttre lager, något som kallas supernova. Förhållandena i dessa explosioner är sådana att många grundämnen som är tyngre än järn kan bildas. Dessutom, om neutronstjärnor råkar stöta samman med en annan neutronstjärna eller ett svart hål, kan dessa smälta samman och skapa några av de tyngsta grundämnena, exempelvis guld.

Så varför är stjärnorna viktiga för att förstå Vintergatans historia? Den materia som stjärnorna slänger ifrån sig, i planetariska nebulosor och supernovor, återbrukas för att bilda nästa generation stjärnor. Detta gör att ju yngre en stjärna är, desto mer kommer den bestå av tyngre grundämnen. Detta i sin tur ger ledtrådar om stjärnornas ålder och ursprung, samt om vilka typer av stjärnor som har existerat och format galaxen över tid. Men stjärnor tenderar dock att flytta bort från den plats där de bildats, vilket

gör pusslet om deras ursprungsplats svårare att lösa. Genom att kombinera positioner och hastigheter från Gaia med stjärnors kemiska fingeravtryck, har vi lyckats erhålla den mest kompletta bilden av Vintergatans utveckling hittills.

GÖMT BLAND STJÄRNORNA

För att bilda en galax behövs gas och mörk materia. Mörk materia bidrar med gravitation som får gas att kollapsa till stjärnor, som i sin tur klumpas samman för att skapa en galax. Med tiden kommer galaxen att förändras, delvis med hjälp av stjärnornas påverkan, vilket ju gör dem till lämpliga fossiler i vår arkeologiska utgrävning. Men galaxer kan också påverka varandra, vilket vi snart ska bli varse.

Vintergatan är en spiralgalax, med en skiva där väldefinierade spiralarmar bildar nya stjärnor. Blickar vi mot mitten finner vi ett stjärntätt område som kallas utbuktningen, eller ”bulben”. Skivan och bulben är inbäddade i en halo som är fattig på stjärnor och innehåller den gäckande mörka materian.

Detta har dock visat sig vara en förenklad bild av Vintergatan. I början av 80-talet när astronomer räknade stjärnor i galaxen upptäckte de att skivan egentligen bestod av två skivor som kamoufleras som en. Skivorna har olika tjocklek och stjärndensitet, vilket gav dem namnen ”tjock” och ”tunn”. Med hjälp av kemiska fingeravtryck av skivornas stjärnor har man funnit att de kan separeras både i ålder och i kemi. Stjärnorna i den tunnare skivan har visat sig vara relativt unga, max 9 miljarder år och rika på tyngre grundämnen. Den tjocka skivan å andra sidan är fattig både på tyngre grundämnen och på gas och stoft och bildar därför inga nya stjärnor och är markant äldre.

ETT DRAMATISKT FÖRFLUTET, NUTID OCH FRAMTID

Var kommer dessa två skivor ifrån? Vi tror oss se resultatet av att Vintergatan slukat en annan galax. I universum kan vi se galaktiska danser, där två, eller flera galaxer är mitt i ak-

ten av att smälta samman. Det kallas ibland för kollision, men det är en långsam process där galaxerna drar sönder varandra och gas och stoft blandas. Denna blandning kan leda till starka perioder av stjärnbildning, vilket vi kan återskapa i simuleringar gjorda med hjälp av superdatorer, forskning vid yttersta fronten som bedrivs bland annat i Lund.

I dessa simuleringar ser vi att Vintergatan först bör ha bildats genom en sammanklumpning av mindre galaxer. Därefter fortsatte Vintergatan att sluka galaxer under sin uppbyggnad. Genom att studera rörelser och den kemiska sammansättningen hos stjärnor i Vintergatan, har de utspridda resterna av flera gamla slukade galaxer kunnat identifieras. Det sista stora slukandet skedde för ungefär 9 miljarder år sedan. Denna slukade galax förde in så pass mycket gas och stoft till Vintergatan, att det skapade en explosionsartad stjärnbildning, vilket vi tror ledde till det som vi idag kan observera som den tunna, yngre skivan i Vintergatan.

Men denna episod var inte slutet på Vintergatans hektiska historia. Vår galax är just nu i färd med att sluka en annan galax: dvärggalaxen Skytten. Denna mindre galax har passerat genom Vintergatan flera gånger och för varje passage slits Skytten isär av Vintergatans gravitation. Precis som att kasta en sten i vatten har Skyttens upprepade passager skapat ringar i Vintergatans plan, vilket får stjärnorna att röra sig upp och ner, något som vi först kunde observera tack vare Gaia.

Spolarvi framåt fyra miljarder år in i framtiden närmar vi oss slutet på Vintergatan så som vi lärt känna den. Då kommer Vintergatan och Andromeda att genomgå en sammanslagning där gas, stoft och stjärnor i de två galaxerna kommer att blandas och bilda en annan typ av galax, en elliptisk jätte.

HAR VI HELA BILDEN?

Har vi nått fram till vår slutgiltiga karta över Vintergatan? Kanske inte riktigt, men vi närmar oss! Tack vare stora kartläggningar blotnas Vintergatans strukturer i en rasande fart, och vi har lyckats skapa oss en detaljerad



uppfattning om dess spiralarmar och skivornas olika egenskaper. Men precis som då du vill rita en karta över din stad från ditt hem, kan det vara särskilt svårt att studera de tätaste områdena, som ligger mest centralt. I Vintergatans fall är vår utsikt mot centrum täckt av stoftmoln som blockerar det visuella ljuset. Men tack vare teleskop som kan se andra delar av ljusspektret – så som infrarött och radio – är det möjligt att titta igenom stoftet (lite som att du skulle kunna se igenom husen som blockerar din vy in mot staden). Dessa teleskop har möjliggjort fantastiska bedrifter, som att ta en bild av Skytten A*, det supermassiva svarta hålet i mitten av vår galax, samt lyckats beräkna dess massa till hela 4 miljarder solmassor.

I framtiden kommer Gaia förhoppningsvis få sällskap av en infraröd tvilling som kan studera galaxens inre i större detalj. Tillsammans kommer dessa två kunna gräva fram många av Vintergatans hemligheter, så att vi en dag kan ha en komplett karta över vår galax. Vi här på marken fortsätter att kolla upp mot skyn och förundras över det band av stjärnor som är vårt hem.

- Stjärnor som solen slutar som planetariska nebulosor (till vänster) medan tyngre stjärnor exploderar som supernovor (till höger) och lämnar kvar antingen en neutronstjärna eller ett svart hål. Bildkälla: ESO.





Mötet mellan människan och yttre rymden



PIIA POSTI

Mötet med den yttre rymden kan ge upphov till frågor om vilka vi som människor är och vad vi bär med oss i vårt utforskande. Pii Posti skriver om betydelsen som konst, kultur och humaniora kan ha i detta sammanhang.

”Deep space exploration” är en fras som ofta dyker upp när man gör en snabb sökning om rymden och rymdforskning på nätet. Frasen kan översättas som ”utforskandet av den yttre rymden”, och uttrycket väcker många spännande tankar om vad vi kan tänkas finna där ute vid den yttre gränsen, bortom våra kända himlakroppar, när väl tekniken tillåter oss att komma allt längre i vårt utforskande. Finns det intelligent liv på andra platser än jorden? Tänk om någon eller något svarar på våra kommunikationssignaler? Vad händer om vi skulle få kontakt?

Uttrycket vittnar också om att vi likställer rymdens utforskande med det utforskande som en gång skedde på vår hemplanet, och påminner om vår efterföljande kolonisationshistoria. De gamla upptäcktsresorna ledde till att nya platser och kontinenter kom på kartan och olika kulturer kom i kontakt med varandra, men också till att en stor del av planeten och mänskligheten koloniserades och försattes i ett ojämnt förhållande till Europa, kolonistörernas hemvist.

Dessa kopplingar mellan rymdens utforskande och kolonialism märks inte minst i litteraturens och populärkulturens intresse för rymden och rymdresor. Varför vill vi ut i rymden? Vad händer med människan i mötet med yttre rymden?

Jules Verne föreställde sig redan 1877 i romanen *Hector Servadac* att en komet krockar med jorden och för med sig en bit av området kring Gibraltar. Berättelsen utspelar sig visserligen inte i yttre rymden som vi uppfattar den idag, men 1877 var en kometresa lika spektakulär som en resa till ett annat solsystem skulle vara i vår tid. Hector Servadac, kapten i den fransk-algeriska armén, och ett trettital andra människor av olika nationaliteter följer med jordbiten som fastnar på kometen. Tillsammans reser de i två år genom solsystemet innan kometen återvänder mot jorden och människorna kan hoppa av den med hjälp av en luftballong de byggt av några gamla segel.

I filmen *Avatar* från 2009 får vi följa en grupp människor som utforskar Pandora,

en måne i ett avlägset stjärnsystem, i jakt på ett mineral som kan lösa jordens energikris. Men månen är redan bebodd av ett slags humanoider, Na’vi, och filmen handlar om den konflikt som uppstår mellan människorna och humanoiderna i och med den förstörelse av månens komplicerade biologisk-neurologiska nätverk som är nära förestående på grund av gruvsdriften.

Vernes berättelse och filmen *Avatar* är intressanta eftersom de utgör exempel på ett vanligt grepp inom både litterära och populärkulturella berättelser om rymdresor och rymdforskning. Rymden används för att visa att hur långt vi än förflyttar oss från jorden tar vi ändå med oss våra föreställningar om hur vår värld ser ut och de frågor och problem vi ännu inte lyckats lösa på jorden. Trots att Vernes lilla grupp har alla möjligheter att skapa ett helt nytt sätt att leva när de sveps med av kometen behåller de samma samhällsförhållanden som på jorden. Man skapar små kolonier: engelsmännen håller sig för sig själva i en egen koloni, precis som de gjorde på Gibraltar som var en engelsk koloni under Vernes tid.

Och konflikten på månen Pandora, i *Avatar*, är ju samma typ av konflikt mellan västerländska storföretag och ursprungsfolkningar som vi kan se idag i till exempel Australien. Där exploaterar stora gruvföretag landområden som traditionellt hör till de aboriginska folken, vars livssystem och trossystem påverkats katastrofalt av gruvsdriften. Detta är konflikter som har sina rötter i kolonialtidens föreställningar att vissa människor kan ta sig rätten att ta över andras landområden för egen vinnings skull.

Rymdforskningen väcker alltså fler frågor än de rent tekniska om hur vi hittar vägar ut i rymden. Vi måste också ställa frågor om vem som har rätten till rymden. Vår lust att breda ut oss lever vidare. Företaget Orbital Assembly Corporation och rymdprogrammet LifeShip samarbetar sedan 2022 för att sända ut ett slags ark med konstverk och mänskligt DNA i yttre rymden. Människan vill sprida sig, kommunicera vad hon är.

Men vet vi verkligen vilka vi är? Vilka är dessa vi som utforskar rymden? Vad bär vi med oss ut i stjärnsystemen? Kan vi ge oss ut i rymden och ta med oss samma samhällsformer som vi har här på jorden?

I dagens alltmer globaliserade verklighet talas det redan om att vi lever i en så kallad postnationell tillvaro, alltså en värld där nationalstaterna inte längre delar på världsmakten, utan multinationella storföretag har minst lika mycket, om inte mer, att säga till om när beslut ska fattas på global nivå. Hur blir det om vi ger oss ut i rymden? Vem bestämmer då? Vem kommer att tala för oss människor vid en eventuell kontakt med andra livsformer? Och vem beslutar om hur mänskligheten ska förhålla sig till andra platser och livsformer?

Kan vi till exempel behålla vårt sätt att tänka i nationer och stater när vi ger oss ut i rymden? Konstnären *Mikael Genberg* satte fingret på just den frågan genom ett projekt som gick ut på att placera en faluröd stuga med vita knutar på månen. Projektet initierades 2014 och har ännu inte realiserats. Finanskrisen kom emellan. Men projektet ligger kvar på hemsidan för den svenska Rymdstyrelsen och det utgör en tankeställare. Får man verkligen göra vad som helst ute i rymden? FN har regler mot reklam på månen. Den röda stugan kan visserligen inte sägas vara reklam, däremot kan den uppfattas som en nationell symbol, och det politiska intresset bakom detta konstprojekt tyder på att projektet stöds just för att det uppfattas som ett slags reklam för Sverige. Stugan beskrevs som "Sveriges Eiffeltorn", den "fångar något svenskt". Men är det inte lika problematiskt att göra reklam för en nation som för en kommersiell produkt? Hur ska vi egentligen se på rymden vars yttre gränser kommer allt närmare i takt med teknikens framsteg?

Människans möte med och närvaro i yttre rymden väcker alltså fler frågor än naturvetenskaperna kan besvara. Vi behöver fler röster inom rymdforskningen, röster som vi kan höra i litteraturen, i populärkulturen, i konsten, och kanske allra viktigast, bland dagens

forskare inom historia, kultur och samhällsvetenskap. Samtidigt behövs rymdforskningen för vår förståelse av oss själva eftersom den återspeglar centrala frågor om hur vårt samhälle på jorden ser ut idag.

Rymdforskningen är viktig eftersom mötet mellan människan och den yttre rymden gör nya frågor om mänskligheten och dess gränser relevanta.

TIPS PÅ VIDARE LÄSNING

Scot Dutfield. "New contest will send artwork to the moon," Space.com 2022-04-28, <https://www.space.com/orbital-assembly-contest-artwork-to-moon>

Matilda Gustavsson. "Röd stuga på månen på väg att bli verklighet." *Dagens Nyheter* 2014-05-26, <http://www.dn.se/kultur-noje/rod-stuga-pa-manen-pa-vag-att-bli-verklighet/>

Jules Verne, *Hector Servadacs resor i rymden*, övers. Roland Adlerberth (Stockholm: AWE/Gebbers, 1988).