

Vintergatans svarta hål avslöjat

För första gången någonsin har astronomer lyckats fånga det gäckande svarta hålet i mitten av Vintergatan på bild. Mer än tio års arbete och teleskop utplacerade över hela världen krävdes för att skapa genombrottsbilden.

av Jonas Enander

Den 12 maj 2022 skrevs astronomisk historia. Då presenterade organisationen Event Horizon Telescope en bild som visar vad som händer längst inuti vår egen galax. Bilden föreställer en glödande ring som omgärdar ett kompakt mörker.

– Det här är den första bilden av det supermassiva svarta hålet i hjärtat av vår egen Vintergata: Sagittarius A*, sa astronomen Sara Issaoun på en av Event Horizons Telescopes presskonferenser där bilden presenterades.

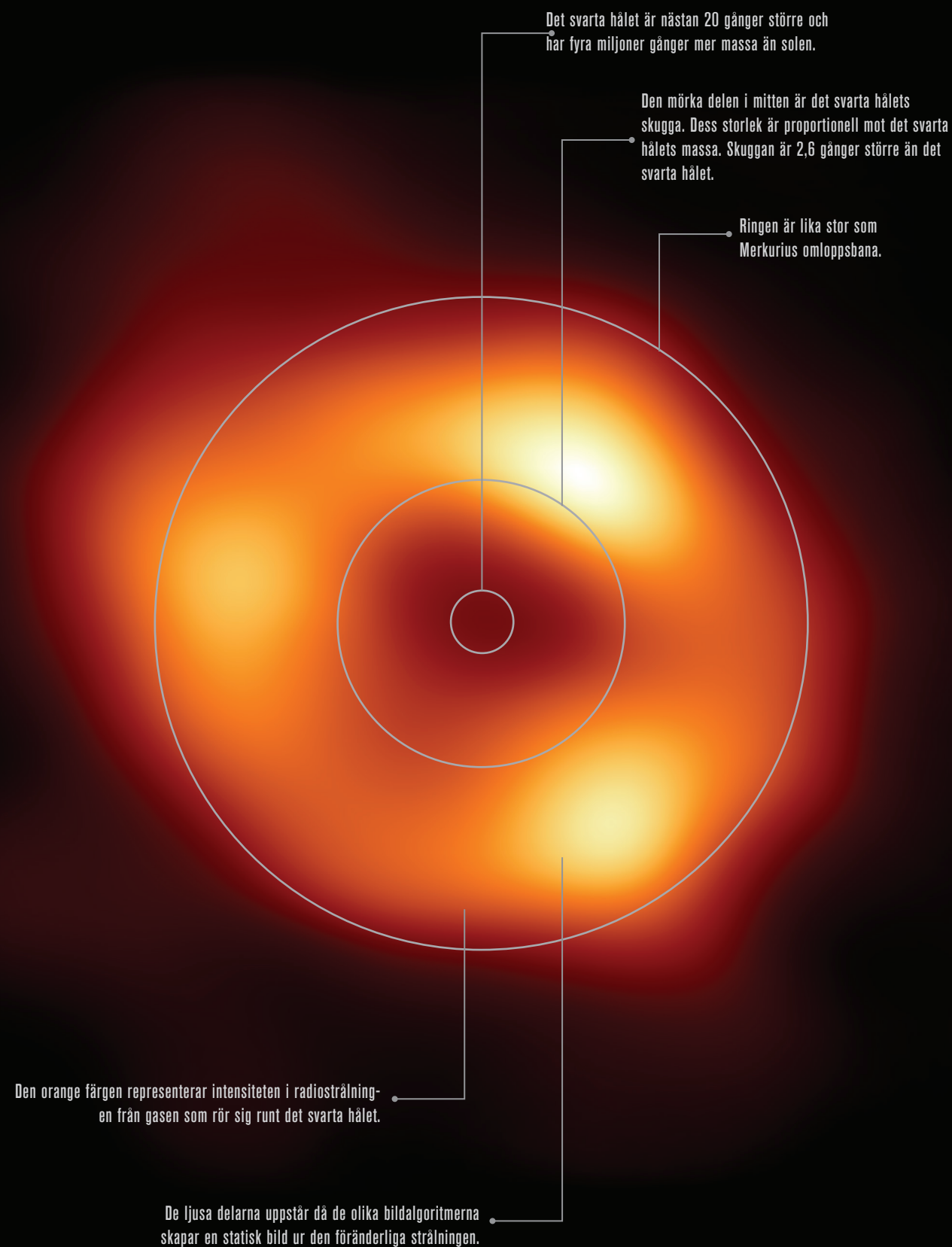
Hon är *Nasa Einstein Fellow* vid Harvard & Smithsonian Center for Astrophysics i Boston och har arbetat med att ta fram bilden av Sagittarius A*. Namnet på det svarta hålet kommer dels från att Vintergatans centrum ligger 27 000 ljusår bort från jorden i stjärnbilden Skytten (Sagittarius på latin), dels från att A* är den starkast lysande radiokällan i det området.

– Vi var väldigt nervösa när vi skulle visa bilden, berättar Sara Issaoun för *Populär Astronomi* efter presskonferensen. Bilden skulle visas på en bestämd tidpunkt över hela världen. För oss som ofta måste hålla tiden under våra observationer var det väldigt svårt att hålla tiden på presskonferensen. Jag var väldigt spänd fram till dess.

Förväntningarna inför presskonferensen var stora. Många astronomer har länge misstänkt att det finns ett gigantiskt svart hål i mitten av Vintergatan. År 2020 belönades Andrea Ghez och Reinhard Genzel med Nobelpriset i fysik för sina observationer av stjärnor som rör sig nära Sagittarius A*. Ghez och Genzel kunde slå fast att stjärnornas omloppsbanor orsakas av ett objekt med en massa som är ungefär fyra miljoner gånger så stor som vår egen sol. De kunde dock inte observera detta objekt direkt och avgöra

om det var ett svart hål. Därför sade Nobelkommittén att Ghez och Genzel fick Nobelpriset för ”upptäckten av ett supermassivt kompakt objekt”.

Att observera ett svart hål direkt är dock omöjligt. Ett svart hål är en plats i universum där gravitationen är så stark att inte ens ljus kan färdas därifrån. Trots detta finns det en möjlighet att avbilda dem. På samma sätt som det går att lysa upp ett objekt i ett mörkt rum med hjälp av en lampa går det att lysa upp ett svart hål med hjälp av en extern ljuskälla. I fallet med Sagittarius A* är denna externa ljuskälla en het gas. Gasen rör sig kring det svarta hålet och skickar iväg strålning i alla riktningar. Delar av den strålningen kommer att nå jorden, medan andra delar kommer att försvinna in i det svarta hålet. Ett svart hål går därför att ”se” i form av frånvaron av ljus. Denna frånvaro kallas för det svarta hålets skugga.



Den första bilden av det svarta hålet Sagittarius A* i mitten av Vintergatan.

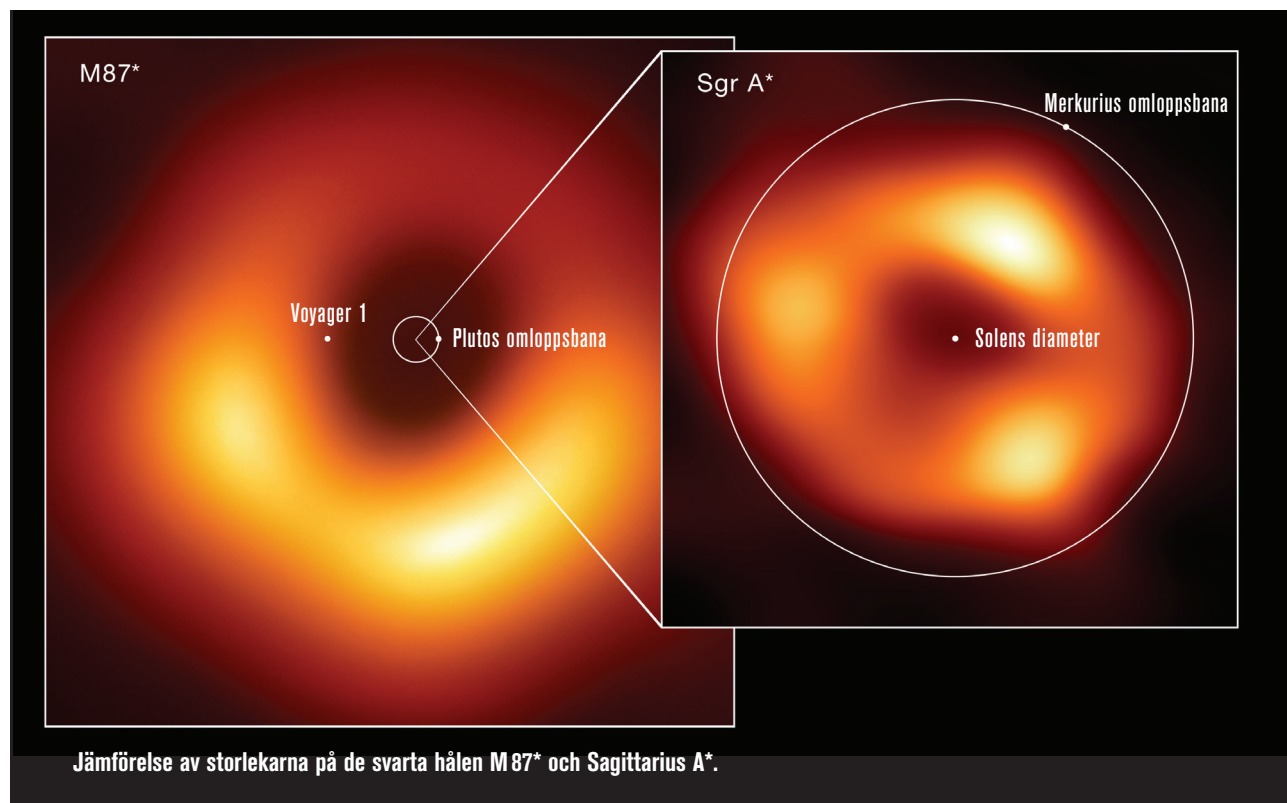


BILD: EHT COLLABORATION.

– Det var väldigt spännande när vi äntligen kunde se skuggan stirra tillbaka på oss, säger Sara Issaoun. Det faktum att vi ser skuggan ger oss ett rätt så definitivt bevis för att det här objektet är ett svart hål.

Event Horizon Telescope

Att skapa bilden var en enorm teknisk utmaning. Vintergatans centrum omgärdas av moln av rymdmolekyler som blockerar mycket ljus. Att se rakt in i Vintergatan är därför svårt. För att kunna registrera ljus som klarar av att färdas obehindrat hela vägen från randen av ett svart hål, genom Vintergatan och vår atmosfär, observerar Event Horizon Telescope radioljus som har en våglängd som är ungefär två tusen gånger längre än vad vi kan se med våra ögon. En enkel beräkning visar dock att sådana radiosignaler ställer ett omöjligt krav på astronomernas teleskop: det måste vara lika stort som jorden. Det är omöjligt att bygga, och astronomerna skulle i princip kunna ge upp på en gång.

Det finns dock en lösning. Genom att kombinera signalerna från enskilda teleskop som är utspridda på olika platser på jordens yta går det att imi-

tera ett jordstort teleskop och urskilja vad som händer kring svarta hål. Att det borde vara möjligt att se Sagittarius A*:s skugga från jorden förutspådde forskarna Heino Falcke, Fulvio Melia och Eric Agol år 2000 i artikeln *Viewing the shadow of the black hole at the galactic center*. År 2009 sjösattes projektet Event Horizon Telescope med astrofysikern Shep Doeleman i spetsen. Målet var att se skuggan, men på grund av tekniska svårigheter var det först 2017 som det gick att utföra de observationer som ligger till grund för bilden på Sagittarius A*.

Då riktade åtta teleskop på fyra kontinenter blickarna mot flera av universums största svarta hål. Sara Issaoun observerade med hjälp av Submillimeter Telescope som ligger på en bergstopp i Arizonas öken.

– Vid en tidpunkt var jag vaken i mer än 30 timmar, berättar hon. Jag sov i två-tre timmar i ett rum som ligger under teleskopet. Det är svårt att sova samtidigt som ett högljutt teleskop vrider sig ovanför ens huvud.

Observationerna resulterade i fyra tusen terabyte data som lagrades på hårddiskar vid teleskopet. Dessa data skulle analyseras vid två datorcentraler i USA och Tyskland, men att skicka hela datamängden över

internet skulle ta för lång tid. Flygplan och budfirmor transporterade därför hårddiskarna fysiskt från teleskopet till datorcentralerna. När hårddiskarna hade anlänt började en mödosam process med att vaska fram signalerna från de svarta hålen ur den enorma datamängden.

Den 10 april 2019 kunde Event Horizon Telescope presentera sitt första resultat: bilden av skuggan av det svarta hålet M87*. Det ligger mer än 55 miljoner ljusår bort från jorden i mitten av galaxen M87. Event Horizon Telescopes bild av M87* blev snabbt ikonisk, men att få fram en bild av Sagittarius A* visade sig vara svårt.

– Även om Sagittarius A* ligger närmare oss är det betydligt mindre än M87*, säger Chiara Ceccobello vid Chalmers tekniska högskola.

Chiara Ceccobello har arbetat med ta fram bilden av Sagittarius A* och är medförfattare till Event Horizon Telescopes vetenskapliga artiklar.

– Allt som kretsar runt Sagittarius A* gör det på en mycket kortare tid i jämförelse med M87*, förklarar hon.

Under den tid som Event Horizon Telescope observerade Sagittarius A* förändrades strålningen väsentligt. Gasen färdas kring det svarta hålet med närapå ljusets hastighet, och den

behöver mindre än en timme för att slutföra ett varv. På presskonferensen beskrevs det som att ”ta ett foto av ett springande barn på natten”.

– Vi får inte en unik bild av ringen, utan flera bilder med olika saker framför ringen, berättar Chiara Ceccobello. Det tog lång tid att klura ut hur vi skulle hantera det.

Lösningen blev att använda avancerade bildalgoritmer och att simulera hur det borde se ut kring ett svart hål med hjälp av superdatorer. Flera olika slags bilder visade sig vara kompatibla med de data som teleskopet samlade in. Den bild som Event Horizon Telescope presenterade för allmänheten är ett genomsnitt av dessa bilder. Bilden är därför inte ett fotografi i traditionell bemärkelse, utan snarare den mest sannolika bilden av vad ett teleskop av jordens storlek skulle ha sett.

Med hjälp av bilden kan Event Horizon Telescope slå fast hur stor skuggan av Sagittarius A* är på himlen: ungefär 50 mikrobågsekunder. Det motsvarar hur stor en apelsin på månen är sedd från jorden. En väldigt liten del av himlen i stjärnbilden Skytten består därför av ett mörker som det aldrig kommer att komma något ljus ifrån.

Hade Einstein rätt?

– Ett av de främsta målen med Event Horizon Telescope är att förstå rummets och tidens egenskaper kring ett svart hål, säger Sara Issaoun.

Enligt Einsteins allmänna relativitetsteori är gravitation inte en kraft, utan en förändring av rum och tid. Teorin förutspår att svarta hål kan uppstå då tillräckligt mycket materia samlas på en tillräckligt liten volym.

– Einstein själv tyckte att svarta hål är vackra matematiska objekt men att sådana objekt inte kan existera. Hur skulle något så enkelt och samtidigt abstrakt kunna finnas i universum? Men vi ser en skugga och en ring i bilden, vilket är ett tydligt tecken på kraftig gravitation och att rumtiden böjs. I mitten av bilden kan

du se rummets och tidens slut. Det är helt galet för mig.

Einsteins teori anger hur stor skuggan borde vara i relation till hur stor massa ett svart hål har. Sagittarius A*:s massa var redan känd från de mätningar som Andrea Ghez och Reinhard Genzel hade gjort av stjärnornas rörelser, och utifrån Einsteins teori borde skuggans storlek vara lika med just det uppmätta värdet på 50 mikrobågsekunder.

– Efter flera års analys var det spännande att se hur väl storleken på skuggan stämde överens med vad vi förväntade oss från massan som gick att få fram från stjärnornas omloppsbånar, säger Chiara Ceccobello. Jag är fascinerad över hur väl de teoretiska modellerna kan ge oss förutsägelser om så svårgräpbara objekt som svarta hål.

Men måste det verkligen vara ett svart hål? Event Horizon Telescope har utforskat alternativa förklaringar som att mörkret uppstår på grund av exempelvis en reflekterande yta eller ett maskhål. Även om det inte går att utesluta vissa av de alternativa förklaringarna tror Chiara Ceccobello ändå att det är ett svart hål som ligger bakom Sagittarius A*:s mörker.

– Det ser ut som ett svart hål, det betar sig som ett svart hål, vi kan inbilla oss att det är en anka, men den enklaste förklaringen är att det är ett svart hål.

Två bilder, samma resultat

Placerar man bilderna av Sagittarius A* och M87* bredvid varandra ser de väldigt lika ut. M87* har ungefär 2000 gånger så stor massa som Sagittarius A*, men ligger också ungefär 2000 gånger längre bort. Därför är deras skuggor nästan lika stora på himlen.

– Det känns otroligt att se dem sida vid sida eftersom det har varit en så lång resa att avbilda de här två svarta hålen, säger Sara Issaoun.

Men medan M87* slukar stora mängder materia och skickar iväg gigantiska jetstrålar verkar Sagittarius A* gå på en diet. Sara Issaoun liknar det vid att om man skalar om

mängden materia som Sagittarius A* får i sig till vad en människa skulle äta motsvarar det bara ett riskorn per miljoner år. Det gör att strålningen från Sagittarius A* också är väldigt svag.

– Om du placerade Sagittarius A* i en annan galax skulle du förmodligen inte kunna se det, säger Chiara Ceccobello.

Men det som överraskade mest med den nya bilden var hur Sagittarius A* roterar.

– Innan våra observationer visste vi inte om Sagittarius A* roterade och vad dess lutning var relativt oss, berättar Sara Issaoun.

Tack vare observationerna kan Event Horizon Telescope slå fast att Sagittarius A* roterar och att dess rotationsaxel pekar ungefär i jordens riktning. Precis som med M87* så ser vi Sgr A* nästan rakt på, snarare än från sidan.

– Det är förmodligen vad som överraskade mig mest, säger Sara Issaoun. Vad är oddsen för att de två svarta hål som vi kan avbilda från jorden är vinklade så rakt mot oss?

#OurBlackHole

Över trehundra forskare från Event Horizon Telescope har arbetat med att ta fram bilden. Även om bildens vetenskapliga värde är stort är kanske dess existentiella värde större. Vi får äntligen en nära relation till det super tunga svarta hålet i vår egen galax. På Twitter placerade Event Horizon Telescopes medlemmar hashtaggen #OurBlackHole bredvid bilden för att understryka att Sagittarius A* är en central del av vårt eget galaktiska hem.

– Vi känner ett slags tillhörighet eftersom det är det svarta hålet som finns i mitten av vår egen galax, säger Sara Issaoun. Men bilden är inte slutet för oss, utan mer en början. Vi har väldigt spännande vetenskap på gång. *

FOTO: CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA.



Chiara Ceccobello



Sara Issaoun