

Tycho Brahe: Fra ny stjerne til nyt verdensbillede

Helge Kragh, Niels Bohr Institutet

Tycho Brahe er berømt for at have opdaget en ny stjerne i 1572 og en ny komet fem år senere. Han søgte også at forklare den fysiske natur af de to himmellegemer. Hvori bestod hans opdagelser og skyldtes de virkelig Tycho og kun ham? Artiklen reflekterer over disse spørgsmål i forbindelse med en kort og mere generel diskussion af, hvad der kendetegner en videnskabelig opdagelse.

Når vi i år fejrer Tyge Ottesen Brahe alias Tycho Brahe, er den umiddelbare anledning, at han for 450 år siden og mere præcist den 11. november 1572 observerede en ny stjerne i stjernebilledet Cassiopeia. Det blev indledningen til den da 26-årige adelsmands eventyrlige astronomiske karriere, der i høj grad stod i gæld til det dansk-norske riges hersker Frederik II. Det var nemlig kongen, der i februar 1576 tilbød Tycho øen Hven som len med den ene betingelse, at han stillede sin videnskab i kongens tjeneste. Faktisk blev observatoriet og slottet Uraniborg ikke til på Tychos foranledning, men på kongens. Det var da også, hvad Tycho skrev i en kort selvbiografi fra 1598 [1, s. 11]:

Denne udmærkede konge, som ikke kan prises tilstrækkeligt, tilbød mig af egen drift og efter sin allernådigste vilje den ø i det vidtbekendte danske sund, som vore landsmænd kalder Hven ... Han bad mig om på den at lade opføre bygninger og fremstille instrumenter til astronomiske undersøgelser såvel som til kemiske arbejder og var så nådig at tilsige mig, at han i rigt mål ville bestride udgifterne hertil.

Fra Hven observerede Tycho en ny stor komet den 13. november 1577, næsten præcist fem år efter han havde set den nye stjerne fra det skånske kloster i Herrevad. Mens de to observationer ikke i sig selv var i klar modstrid med det etablerede verdensbillede, var det i høj grad tilfældet med hans analyse og fortolkning af dem. Det er ikke mindst disse innovative og for en tid kontroversielle fortolkninger, der har skabt billedet af Tycho som en dristig reformator af astronomien og en progressiv skikkelse i videnskabshistorien. Det glemmes nogle gange, at han var et barn af sin tid og som sådan stod med den ene fod i fortiden og den anden i fremtiden. Set i historiens lange (og anakronistiske) lys var han både progressiv og konservativ. Ja, på visse områder var han endda reaktionær, hvis man kan tillade sig at bruge den betegnelse for vort nationale videnskabsikon.

Et himmelsk mirakel

Tychos delvise forankring i den gamle naturfilosofi illustreres af hans beskrivelse af den nye stjerne i *De nova stella* fra maj 1573. Efter tidens hovedsageligt aristoteliske standarder var himlene jo uforanderlige og perfekte, så hvordan kunne Tycho *forklare* det fænomen,

han observationelt havde bestemt som en ny fiksstjerne? Andre astronomer i tiden søgte at forklare det ud fra spekulative hypoteser i overensstemmelse med det aristoteliske dogme, fx at det skyldtes en hidtil upåagtet stjerne, hvis lysstyrke pludseligt voksede på grund af ændringer i atmosfæren lige under stjernen. Den slags forklaringer eller bortforklaringer afviste Tycho. Han redegjorde nøje for sine observationer og argumenter, men uden at komme nærmere ind på stjernens fysiske natur og helt uden at forklare dens fremkomst. Og det var der gode grunde til, for han mente, at fremkomsten af fænomenet var uforklarligt.



Figur 1. Frimærker udgivet i anledning af 400-året for Tycho Brahes fødsel (t.v.) og 400-året for udgivelsen af *De nova stella* (t.h.).

Som Tycho skrev i starten af *De nova stella*, så var stjernen “det største af de mirakler, der er indtruffet i naturen siden verdens skabelse” og sammenligneligt med det, der beskrives i Det gamle Testamente (Josvabogen, kap. 10), hvor Gud stopper Solen i dens gang over himlen [2, s. 28]. Man kunne så tro, at Tycho brugte ordet “mirakel” i dets moderne og noget uskyldige betydning, nemlig som noget usandsynligt, der alligevel sker. Men det var der ikke tale om, for som han skriver lidt senere [2, s. 31]:

[Stjernens] tilblivelsesmåde kan ikke forklares, hverken af teologer eller filosoffer, ej heller af matematikerne selv. Vi må følgelig slå fast, at den er en vidunderlig åbenbaring uden for naturens orden stammende fra Gud, hele Universets skaber Den guddommelige højhed handler nemlig helt frit og er ikke bundet af naturens lænker, men kan, når den vil, standse vandene i floderne og få stjernerne til at gå baglæns.

Det må her bemærkes, at “filosoffer” ikke skal forstås i en nutidig betydning af ordet, men nærmest som “naturforskere” eller “fysikere”. Desuden nævner Tycho ikke eksplicit astronomerne, men han gør det dog implicit. De er nemlig indeholdt i “matematikerne”, idet astronomi i renessancen blev regnet for en matematisk videnskab.

Senere i *De nova stella* hedder det om stjernen, at den er opstået i selve æteren “uden for de almindelige naturlove”. Det afgørende er, at Tycho opfattede den nye stjerne som et egentligt mirakel – en “åbenbaring uden for naturens orden” – i omtrent den forstand som Thomas Aquinas og andre middelalderteologer havde knæsat i 1200-tallet. Ifølge denne forståelse af begrebet er et ægte mirakel (a) faktisk og ikke i sig selv overnaturligt; men det er (b) naturstridigt ved at bryde en eller flere naturlove; og så er det (c) forårsaget af Gud, der alene kan sætte naturlovene ud af kraft [3].

Tycho havde altså ikke noget problem med at “forklare” stjernen som et guddommeligt mirakel, men det havde senere naturfilosoffer i den naturvidenskabelige revolutions æra. Ikke fordi de var mindre faste i deres kristentro, hvad de på ingen måde var, men fordi de nu opfattede de fysiske love som direkte udtryk for Guds skaberkraft. Ville Gud bryde sine egne love? Ifølge Newton intervererede Gud til stadighed i naturens orden, men kun ikke-mirakuløst ved at korrigere og finjustere naturlovene. Selv om Newton og hans samtidige ikke afviste, at Gud kunne lave egentlige mirakler, så afviste de, at han faktisk gjorde det eller rettere stadig gjorde det. Et videnskabeligt arbejde anno 1700, der forklarede et naturfænomen på den måde, Tycho havde forklaret den nye stjerne, ville blive ignoreret eller latterliggjort. Det er selvsagt stadig tilfældet.

Æter og kosmisk alkymi

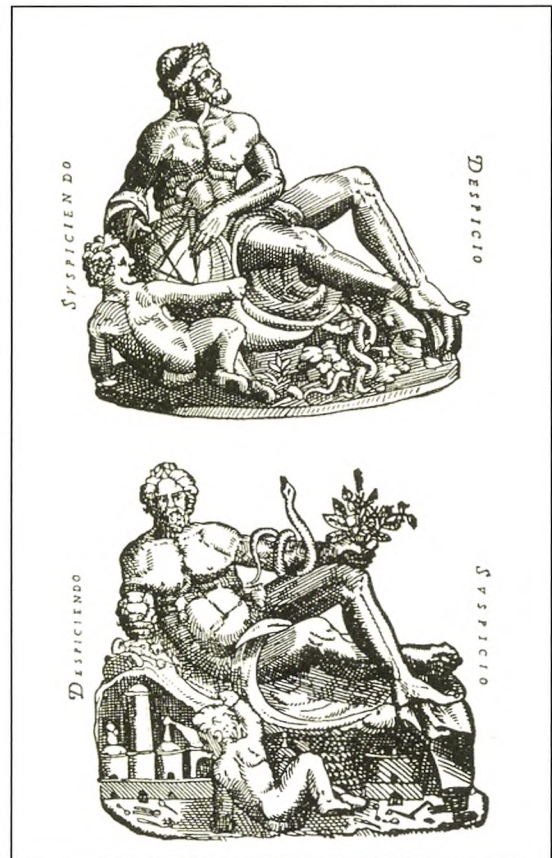
Når Tycho i 1572 beskrev den nye stjerne som en uforklarlig hændelse, var det med henvisning til dens fremkomst eller “tilblivelsesmåde”. Derimod mente han nok, at den mærkelige stjernes fysisk-kemiske natur kunne forklares uden direkte henvisning til Gud, sådan som han antydede i den rapport om kometen, han nedskrev i 1578. Her foreslog han, at såvel kometen som den nye stjerne var dannet af samme slags æter eller himmelske substans, som Mælkevejen bestod af. Denne form for æter var ikke helt ren og gennemsigtig, sådan som fiksstjernernes tætpackede æter var, og dens tæthed var også mindre.

Det afgørende for Tycho var, at både kometen og novaen var skabt langt fra den jordiske sfære og derfor eksempler på, “at der forekommer en sådan ny fødsel i himlen, der består af den mest subtile, mest gennemsigtige og mest uforgængelige af alle substanser” [4, s. 133]. Hvad angår kometen og de omdannelser af æteren, der havde skabt den, henviste Tycho på samme sted til den navnkundige, men også kontroversielle naturfilosof og læge Paracelsus:

Fordi paracelsisterne anser himlen for det fjerde ildelement og erkender, at der kan forekomme både opståen og undergang, er det efter deres filosofi ikke umuligt, at

kometerne kan fødes i himlen på samme måde, som der undertiden forekommer sjældne gevækster på jorden og i metallerne og monstre hos dyrene.

Tycho var inspireret af dele af Paracelsus’ filosofiske system og ikke mindst af dets holistiske sammenkobling mellem mikrokosmos og makrokosmos. Da han i 1574 forelæste over astronomien ved Københavns Universitet, beskæftigede han sig med, hvad man kan tillade sig at kalde astrokemi eller måske bedre astroalkymi, hvor “astro” dog nok så meget står for astrologi som astronomi. Ikke blot var de syv metaller intimt forbundne med de syv planeter (inklusive Sol og Måne), der var også tilsvarende forbindelser eller affiniteter mellem de himmelske legemer og det menneskelige legemes syv organer.



Figur 2. Reliefskulpturerne ved Uraniborg. Det øverste relief symboliserer astronomien, det nederste kemien og medicinen. Bemærk Asklepios’ slange, oldtidens symbol for lægekunsten.

Som bekendt arbejdede Tycho på Uraniborg lige så flittigt med kemi som med astronomi, idet han anså de to aktiviteter som to sider af samme høje sag. “Også på alkymistiske undersøgelser eller kemiske eksperimenter har jeg ikke anvendt nogen ringe omhu” hedder det i hans selvbiografi, hvor han også nævner, at “det stof, som de behandler, har nogen analogi med himmellegemerne og deres virkninger” [1, s. 23]. Som kemien var den jordiske astronomi, således var astronomien den himmelske kemi. Budskabet om en analogi mellem det himmelske og det jordiske, mellem observatoriet og laboratoriet, blev slået fast ved indgangen til Uraniborg, hvor der

var opsat to reliefskulpturer. Indskriften på den ene var *Desciπendo / Suscipio* og på den anden *Susciπendo / Desciπio*, der kan oversættes som henholdsvis “idet jeg ser ned, skuer jeg opad” og “idet jeg ser op, skuer jeg nedad”.

Tychos opdagelser

Ifølge den amerikanske videnskabshistoriker Steven Dick var det først med Tycho Brahe, at man kan tale om opdagelsen af nye astronomiske objekter [5, s. 33]. Før den tid blev himlen anset for uforanderlig, hvilket gjorde det næsten umuligt at forestille sig nyheder og søge efter dem.

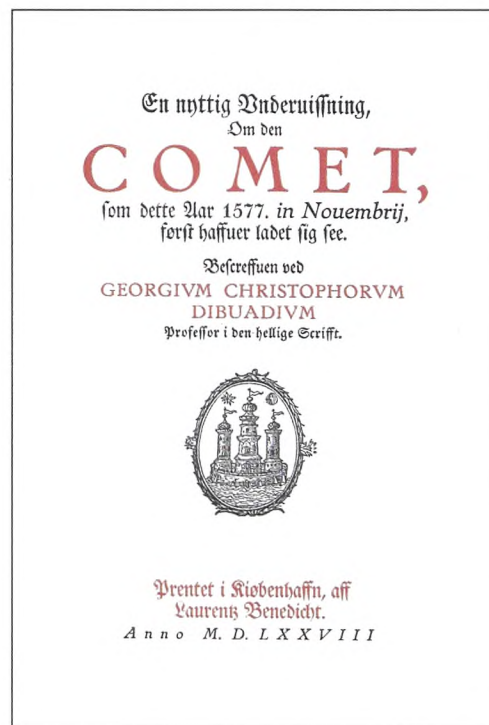
Tycho krediteres for to vigtige opdagelser, hvoraf den ene er stjernen fra 1572 og den anden er kometen fra 1577. Men i begge tilfælde var der astronomer, som tidligere havde iagttaget himmelfænomenet, så man kan umiddelbart undre sig over, at netop Tycho er blevet tildelt æren som opdager. I tilfældet med stjernen ved vi, at den blev iagttaget af bl.a. den anerkendte flamske astronom Cornelius Gemma og også af tyskeren Paul Hainzel, som Tycho tidligere havde mødt i Augsburg, og som han siden var i brevkontakt med. Sidstnævnte er i denne sammenhæng interessant, da han så tidligt som den 7. november ud fra præcise målinger konkluderede, at det lysende himmelske objekt måtte befinde sig langt over Månen. Hainzel vovede dog ikke at offentliggøre sine kontroversielle resultater, men efter at have modtaget et eksemplar af *De nova stella*, priste han Tychos skrift [6, s. 41].

Da Tychos nye stjerne jo i virkeligheden var en supernova (SN 1572), kan det være relevant at nævne, at der var rapporter om andre “nye stjerner” eller supernovaer flere hundrede år før Tycho. Således beskrev kinesiske astronomer allerede i 1054 et mærkeligt lysende objekt, der siden 1942 har været identificeret som Krabbetågen (SN 1054). Kineserne tillagde dog ikke observationen stor betydning, og da den ikke var kendt i Europa, spillede den ingen rolle for hverken Tycho eller andre renæssanceastronomer.

For kometen fra 1577 gælder tilsvarende, at den var blevet observeret flere gange før Tycho. Første gang var i det fjerne Peru den 27. oktober, altså mere end to uger tidligere. I det ikke mindre fjerne Japan blev den set den 8. november. Ikke engang i Danmark var Tycho den første til at observere og skrive om kometen, for på Sorø Kloster observerede teologiprofessoren Jørgen Christoffersen Dybvad det sælsomme fænomen den 11. november og det endda i selskab med kongen [7, s. 227]. Efter mindre end to måneder havde Dybvad nedskrevet sit danske og astrologiske skrift om kometen, der underdanigst var dedikeret til Frederik II. Skriftet er tilgængeligt i et genoptryk i anledning af 350-året for dets udgivelse [8].

Dybvad eller Divadius, som hans latiniserede navn var, skiftede lidt senere sit professorat i teologi ud med et i matematik. Han accepterede som Tycho, at kometen var et tegn på himlens omskiftelighed, men hans argumenter byggede ikke på observationer og systematiske studier. I øvrigt var Dybvad også den første danske lærde, der kommenterede og priste Kopernikus’ heliocentriske

kosmologi, hvilket han gjorde i skriftet *Comentarii breves in secundum librum Copernici* fra 1569. Lige så lidt som Tycho tilsluttede Dybvad sig dog Kopernikus’ teori som en beskrivelse af det virkelige univers.



Figur 3. Forsiden til Dybvads skrift om kometen fra 1577.

På trods af de nævnte forgængere (og andre kunne nævnes) er Tychos prioritet med hensyn til de to opdagelser fra 1572 og 1577 i det store og hele berettiget. For hvad mener vi egentlig med en opdagelse? Her er det vigtigt, at begrebet om en videnskabelig opdagelse af et objekt eller fænomen X omfatter mere end blot en passiv iagttagelse eller registrering af X [9, s. 157-164]. At gøre en opdagelse er en aktiv mental proces, hvor X ikke blot observeres, men også identificeres som X, fx at X tilhører en bestemt kategori af objekter eller fænomener. Desuden vil man ofte (men ikke altid) hævde, at opdagelser kun kan vedrøre, hvad der faktisk findes i naturen, og derfor hvad der er sandt. Der er dog nogen uenighed om, hvorvidt dette kriterium skal henvise til moderne viden eller kun den bedste viden på den tid, da opdagelsen blev gjort. Endelig er der blandt filosoffer og historikere enighed om, at opdagelsesbegrebet indeholder et socialt element. En videnskabelig opdagelse er ikke en privat affære, men må indebære, at opdagelsespåstanden kommunikerer til den relevante videnskabelige offentlighed og godkendes af en væsentlig del af denne. Afvises den, er den netop blot en opdagelsespåstand og ikke en opdagelse.

Efter de nævnte kriterier er det rimeligt at konkludere, at Tycho faktisk opdagede såvel den nye stjerne i 1572 som kometen fem år senere. Når man alligevel kan nære tvivl med hensyn til hans opdagelse af kometen, skyldes det kun, at Tycho ikke straks publicerede sine undersøgelser og konklusioner om den. Han skrev ganske vist i 1578 et dansk manuskript beregnet til kongen, men det blev aldrig offentligt kendt endsige udgivet og findes vist ikke længere. Først lang tid senere

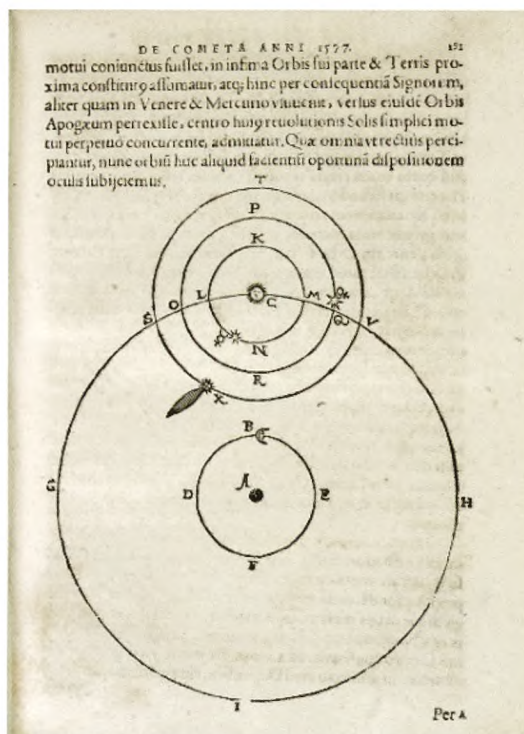
fandt man en tysk version af manuskriptet med en forkortet titel, der på dansk er *Om kometernes oprindelse* [4]. En fuld beskrivelse af kometen måtte vente til 1588, da Tycho udførligt behandlede den i værket *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*.

Astronomiske opdagelser og ikke-opdagelser

For at illustrere opdagelsesbegrebet skal jeg kort nævne nogle få episoder fra fire forskellige århundreder af astronomihistorien, der på den ene eller anden måde sætter Tychos opdagelser i perspektiv.

- Galilei opdagede Solens pletter engang i foråret 1611, men rapporterede først sine observationer og konklusioner i en bog trykt i marts 1613 med den forkortede titel *Istoria e Dimostrazioni*. Solpletterne var tidligere blevet observeret og beskrevet, men ikke erkendt som pletter på Solens overflade. Fortolkningen af dem blev genstand for en længere kontrovers mellem Galilei og Christoph Scheiner, der beskrev dem før Galilei. Allerede den 8. december 1610 så den engelske astronom Thomas Harriot solpletterne i sin kikkert og var klar over, at de hørte til Solen. Men da Harriot kun nedskrev sine observationer i en notesbog og ikke gjorde dem offentligt tilgængelige, opdagede han ikke Solens pletter.
- William Herschel så først den nye planet Uranus den 13. marts 1781, og 26. april samme år bekendtgjorde Royal Society hans opdagelse – dog ikke af en ny planet, men af en komet. Herschel var nemlig overbevist om, at han med sit spejlteleskop havde opdaget en komet, der nærmede sig Jorden, og det tog det meste af et år, før han indså sin fejltagelse. I mellemtiden havde Laplace og andre beregnet objektets bane til at være omtrentlig cirkulær og deraf sluttet, at det var en planet. Herschel opdagede altså noget i foråret 1781, men kan næppe krediteres for da at have opdaget planeten Uranus. Alligevel blev han hyldet for at have opdaget, hvad han først kaldte *Georgium sidus* til ære for den engelske konge George III.
- Er der en lille planet mellem Solen og Merkur? Det var, hvad den franske amatør-astronom Edmond Lescarbault bekræftede med observationer fra december 1859, og hvad med støtte fra videnskabsakademiet i Paris blev annonceret den 2. januar 1860. Lescarbault og flere andre astronomer mente, at opdagelsen af den nye planet Vulcan (som den blev kaldt) var virkelig, og at den kunne forklare visse uregelmæssigheder i Merkurs bane omkring Solen [10]. Men der var tale om en ikke-opdagelse. Vulcan viste sig snart at være en spøgelsesplanet, og problemet med Merkurs bane blev først løst med Einsteins generelle relativitetsteori fra 1915.
- Da Nobelprisen for 1978 blev tildelt Arno Penzias og Robert Wilson, var det for “deres opdagelse

af den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling”. Historien bag denne berømte opdagelse er dog, at ganske vist opdagede de to radioastronomer i 1964 en svag elektromagnetisk kosmisk støj, men uden at forstå, hvad støjen var, eller relatere den til kosmologiske teorier for universets udvikling. Koblingen til teorien om et Big Bang skyldtes andre og stammer først fra foråret 1965. Så Penzias og Wilson fik en Nobelpris for at have opdaget noget, de ikke vidste, hvad var. Man kan med rette diskutere, om de overhovedet opdagede den kosmologiske baggrundsstråling og, hvis de gjorde det, om det var i 1964 eller 1965.



Figur 4. Det tychoniske verdensbillede som fremstillet i *De mundi aetherei* med Merkur og Venus i omløb om Solen. Den store komet er anbragt i en cirkelbane uden for Venus.

Det tychoniske verdensbillede

Analysen af kometen fra 1577 inspirerede Tycho til med tiden at udtænke sin egen geocentriske kosmologi, som han i 1588 fremlagde i *De mundi aetherei*. Det såkaldte tychoniske system var en slags hybrid mellem det klassiske ptolemaiske og det nye kopernikanske alternativ. Det var konstrueret så snedigt, at det inden for stjernesfæren var geometrisk ækvivalent med Kopernikus' heliocentriske system, således at man ikke dengang kunne skelne observationelt mellem de to verdensbilleder. Tychos system var for en tid i 1600-tallet populært blandt især katolske astronomer, der på den måde kunne fastholde dogmet om Jorden som centrum i universet. Men systemet skulle vise sig blot at være en parentes i astronomi- og kosmologihistorien.

Jeg skal her nøjes med at fremhæve, at Tychos afvisning af det kopernikanske system var baseret på en karakteristisk blanding af, hvad vi i dag vil kalde videnskabelige og uvidenskabelige argumenter. Tycho

var grundlæggende aristoteliker, når det gjaldt Jordens fysik og den traditionelle skelnen mellem verden under og over Månen. Han kunne umuligt forestille sig en Jord, der drejede rundt om sig selv og tilmed var i omløb omkring Solen.

Nogle af Tychos argumenter var astronomiske, som manglen på en årlig stjerneparallakse. Andre var derimod teologiske, nemlig med udgangspunkt i Bibelens henvisninger til den ubevægelige Jord, sådan som han allerede havde omtalt i sit skrift om den nye stjerne fra 1572. Tycho var måske ikke bibelfundamentalist, men nogle gange var det tæt ved. I sin brevveksling med den tyske kopernikaner Christopher Rothmann hævdede denne, at Bibelen ikke skulle læses helt bogstaveligt og derfor ikke – passende fortolket – udelukkede det heliocentriske system. Men den slags sofisteri ville Tycho ikke vide af, sådan som han meddelte Rothmann i et brev af 21. februar 1589 [11, s. 12]:

Thi større er og bør være Den hellige Skrifts autoritet og værdighed, end at den fortjener sådan tvetydig tolkning. Altså står til denne time Den hellige Skrifts autoritet urokket ... og du kan heller ikke fra den kant forsvare Kopernikus' standpunkt.

Endnu et eksempel på, at Tycho, som jeg formulerede det, stod med det ene ben i fortiden.

Litteratur

- [1] H. Buhl (1996) "Tycho Brahe: Liv, Gerning og Instrumenter", Steno Museets Venner.
- [2] T. Brahe (2002) "Om den nye stjerne", i J. Teuber, "Højdepunkter i Dansk Naturvidenskab", Gad, side 25–48, oversat af C.G. Tortzen.

- [3] H. Kragh (2008) "Er der plads til mirakler i naturvidenskaben?", i B.H. Callesen m.fl., "Mirakler", Aarhus Universitetsforlag, side 27-40.
- [4] J.R. Christianson (1979) "Tycho Brahe's German treatise on the comet of 1577", *Isis*, bind 70, side 110–140.
- [5] S.J. Dick (2013) "Discovery and Classification in Astronomy: Controversy and Consensus", Cambridge University Press.
- [6] W. Norlind (1970) "Tycho Brahe: En Levnadsteckning", Gleerup.
- [7] H. Kragh (2005) "Dansk Naturvidenskabs Historie", bind 1, Aarhus Universitetsforlag.
- [8] J. Dybvad (1572/1922) "Om Kometers Betydning som Jærtegn i Fordums Dage", Niels Thomsen.
- [9] H. Kragh (2004) "Naturerkendelse og Videnskabsteori: De Uorganiske Videnskabers Filosofi og Historie", Aarhus Universitetsforlag.
- [10] R. Baum og W. Sheehan (1997) "In Search of Planet Vulcan: The Ghost in Newton's Clockwork Universe", Basic Books.
- [11] K.P. Moesgaard (1974) "Copernicus' indflydelse på Tycho Brahe", *Astronomisk Tidsskrift*, bind 7, side 1-16.



Helge Kragh er professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie.

Frit flyvende sort hul

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

ASTROFYSIK. Astronomer har for første gang observeret et sort hul, som bevæger sig frit igennem rummet. Tidligere er sorte huller blevet observeret i binære systemer med en anden stjerne, hvor deres tyngdekraft holder dem sammen i kredsløbet.

Astronomerne har forventet, at isolerede sorte huller eksisterer, men det har ikke været muligt at bekræfte deres eksistens før nu. En del sorte huller dannes, når en stjerne dør og kolliderer under sin egen vægt i en supernova eksplosion. Da der er observeret mange supernovaer, forventede forskerne, at der eksisterede mange isolerede sorte huller, som de bare ikke har opdaget. Det er svært at observere sorte huller, da de ikke udsender stråling (med undtagelse af Hawkingstråling), og man kan derfor kun observere dem ved at se på, hvordan de påvirker deres omgivelser med deres enorme tyngdekraft. Det sorte hul krummer rumtiden omkring sig, så lys der bevæger sig forbi, vil blive afbøjet, forstærket eller dæmpet, ligesom når lys bevæger sig gennem en linse. Derfor kaldes effekten gravitationel linseeffekt. Når lyset fra en stjerne bliver afbøjet af det sorte huls tyngdekraft, ser det ud som om, at stjernen

befinder sig et andet sted end den faktisk er. Det er dog svært at observere linseeffekten pga. de store afstande, og det er ikke sikkert, at det er et sort hul, der skaber linseeffekten. Fx kan en tung exoplanet også påvirke stjernen med sin tyngdekraft. Derfor skal man observere objektet længe for at udelukke andre muligheder.

I 2011 så forskerne en linseeffekt fra en stjerne, hvor lyset blev forstærket 400 gange, og i flere år observerede de forstørrelsen af stjernens lys med Hubbleteleskopet og flere teleskoper på Jorden, blandt andet et dansk teleskop ved det Europæiske Sydobseratorium (ESO) i Chile. Forskerne opdagede, at stjernens position også ændrede sig, hvilket var uventet, og de foreslog, at denne ændring kunne være fordi objektet, der skabte linseeffekten, var i bevægelse, så det trak i stjernens lys, når det passerede forbi. Forskerne fortsatte med at studere stjernen, og viste, at forstørrelsen havde en lang varighed, og de målte det forbipasserende objekts størrelse til 7 solmasser og dets hastighed til 45 km/s. Den langvarige forstørrelse og den store masse på det usynlige forbipasserende objekt indikerer også et sort hul. Her 11 år efter den første observation har forskerne bevist nok til at sige, at de har observeret det første frit flyvende sorte hul.

Kilde: www.nasa.gov/feature/goddard/2022/hubble-determines-mass-of-isolated-black-hole-roaming-our-milky-way-galaxy.