

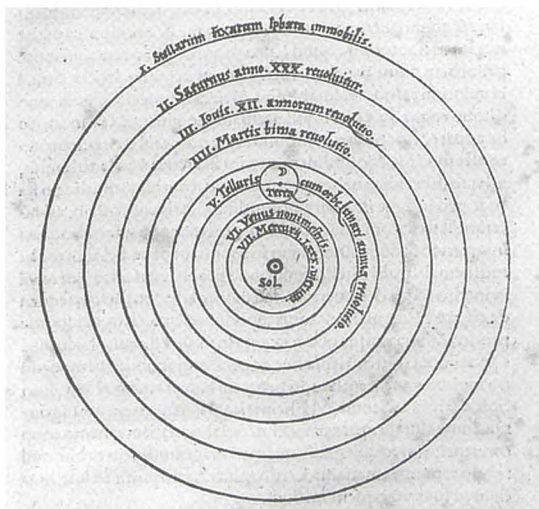
Tycho Brahe og renæssancens verdensbillede

Helge Kragh, Steno Institutet, Aarhus Universitet

I en dansk sammenhæng – og måske også i en international – er Tycho Brahe, alias Tyge Ottesen Brahe, renæssanceforskeren par excellence. Hans unikke plads i videnskabshistorien skyldes primært hans reformation af den observationelle astronomi som en eksakt videnskab, hvilket især skyldtes hans fremragende instrumenter og den innovative brug, han gjorde af dem. Tychos anden væsentlige indsats var at konstruere en ny kosmologisk model, der i en periode blev anset for et attraktivt alternativ til både det ptolemaiske og kopernikanske verdensbillede [1; 2]. Det er sidstnævnte område, Tycho som kosmolog, der her er emnet.

Fra Kopernikus til Tycho

Nikolaus Kopernikus beskrev først sit heliocentriske system i det anonymt forfattede håndskrift kendt som *Commentariolus* fra omkring 1510, og siden i langt større detaljer i det skelsættende værk, der i 1543 udkom som *De revolutionibus orbium coelestium* [3]. Tycho var bekendt med *Commentariolus*, som han havde fået en afskrift af i 1575, på et tidspunkt hvor han også havde sat sig ind i Kopernikus' krævende hovedværk, som han samme år introducerede i Danmark i sine forelæsninger ved Københavns Universitet.



Figur 1. Det heliocentriske verdenssystem, foreslået af Kopernikus i 1543.

Når det kopernikanske system ikke straks vandt anerkendelse, skyldtes det flere faktorer, hvoraf modstand fra kirken (eller kirkerne) ikke hørte med. Systemet var på flere måder simplere og mere "elegant" end det ptolemaiske, f.eks. når det gjaldt forklaringen på planeternes retrograde¹ bevægelser og den begrænsede elongation², der fremvises af Merkur og Venus. Desuden kunne Kopernikus give et naturligt og velbegrundet forslag til planeternes rækkefølge og endda beregne deres relative afstande fra Solen, idet han benyttede afstanden mellem Solen og Jorden som enhed.

Men set ud fra renæssancevidenskabens perspektiv var der også alvorlige problemer med det

kopernikanske alternativ. For det første var det udpræget "ufysisk" i den dobbelte forstand af at være kon-traintuitivt og stride mod den hævdevundne aristoteliske fysik med dens naturlige bevægelser og tendenser. Ifølge Aristoteles var tyngden en naturlig tendens til bevægelse mod verdens centrum, mens Kopernikus var tvunget til at hævde, at hvert himmellegeme havde sit eget tyngdecentrum.

Den manglende observation af en årlig parallakse for fiksstjerner var forståeligt nok et alvorligt problem for det heliocentriske system, hvilket man havde ind-set allerede i oldtiden, da Aristark foreslog et sådant system. Kopernikus' svar på denne pinlige anomali var klart *ad hoc*, om end det skulle vise sig, at svaret var korrekt. Han flyttede nemlig simpelthen stjerneskæren så langt væk, at parallaksen blev mindre, end hvad øjet kunne skelne. I *De revolutionibus* skrev han, at "ifølge vore sansers bedømmelse forholder Jordens størrelse sig til himlens som punkt til legeme og det endelige til det ubegrænsede." [3, s. 24] Med andre ord, afstanden fra Saturn til stjerneskæren var umådeligt større end efter traditionelle forestillinger. Udtrykt i rumfang var det kopernikanske univers mindst 400.000 gange så stort som det ptolemaiske! Og dette var en minimumsværdi: "Hvor langt ud derimod egentlig dette umådeligt store himmelrum strækker sig, er slet ikke afgjort." Det gigantiske himmelrum var ubegrænset i forhold til Jorden, men dog endeligt. Et egentligt uendeligt univers kunne Kopernikus ikke acceptere, bl.a. fordi der da ikke ville være noget centrum, hvor Solen kunne være placeret.

På den tid, da Tycho begyndte at interessere sig for det kopernikanske system, var det kun lidet kendt og endnu mindre anerkendt. Blandt astronomerne var der enkelte kopernikanere, men de var få og opfattede typisk det nye system som en matematisk hypotese snarere end som en fysisk acceptabel teori for universets opbygning.

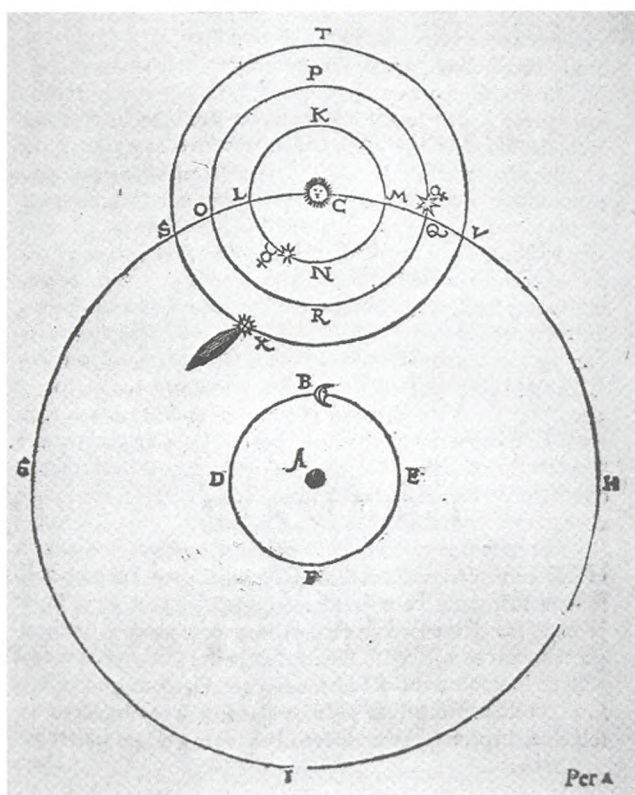
Det tychoniske verdensbillede

Tychos astronomiske karriere og berømmelse i den lærde verden startede da han i 1572 observerede et stjernelignende fænomen i Cassiopeia – en supernova

¹Retrograd: Modsat den almindelige omløbsretning.

²Elongation: En planets længdeforskel fra Solen.

– og i *De nova stella* fra 1573 argumenterede, at der faktisk var tale om en ny stjerne [4, s. 25-48]. Da stjernehimlen efter den traditionelle, aristoteliske tankegang var uforanderlig, var der tale om en kontroversiel fortolkning, der da også vakte stor debat. Som andre af renæssancens lærde var Tycho overbevist om, at menneske, natur og Gud indgik i en holistisk enhed. Verden var et tæt forbundet mikro-makrosystem, der kunne forstås af mennesket og derved bringe det i nærmere kontakt med den skabende og almægtige Gud. Dette tidstypiske element af såkaldt naturlig teologi fremgår af *De nova stella*, hvor Tycho skriver: "Overalt, såvel i den lave elementverden som i den høje og himmelske, fremstår der lysende vidnesbyrd om det guddommelige værk, thi intet dyr er så værdiløst, ingen plante så lille, intet metal eller mineral så uanseligt, at man ikke i hver af dem kan se Guds bygmesterkunst." [1, s. 225]



Figur 2. Tycho Brahes verdenssystem – med den store komet i 1577 – og med Jorden i centrum.

Det var dog ikke den nye stjerne, der bragte Tycho på sporet af en ny kosmologi, men derimod hans analyse af den store komet, der i Europa vakte opstandelse i efteråret 1577 og som Tycho først observerede tidligt om aftenen den 13. november. Tycho konkluderede, at kometen omtrentligt bevægede sig i en stor cirkel omkring Jorden og at den måtte være langt fjernere væk end Månen. Ja, da den tilsyneladende uhindret bevægede sig gennem Venus' sfære, måtte dens afstand svare til planeternes. Og, hvad der var nok så vigtigt, kometens bane viste ifølge Tycho at troen på de faste "krystallinske" sfærer, der formodedes at bære planeterne, måtte forkastes. Erkendelsen af, at planeterne bevæger sig frit i verdensrummet, var ikke blot

endnu et søm i ligkisten til den aristoteliske kosmologi, den var også begyndelsen på et nyt verdensbillede, om end det først fremkom i 1588, i Tychos bog om den store komet, *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* (dvs. nye fænomener om den æteriske verden).

Efter 1577 begyndte Tycho at overveje et alternativ til det kopernikanske system, som han i øvrigt værdsatte og betragtede som bedre end det uantagelige ptolemaiske system. Han har formentlig været inspireret af de "proto-tychoniske" systemer, som blev fremsat af bl.a. den tyske matematiker Paul Wittich, der foreslog, at mens Merkur og Venus kredsede omkring Solen, så kredsede de ydre planeter omkring den centrale Jord. Tycho indså, at hvis kometen var gået gennem Merkurs og Venus' baner, hvilket hans data viste, så måtte man også forvente, at Mars kunne krydse Solens bane, hvilket gav nye muligheder.

I kapitel 8 af *De mundi aetherei* fremlagde Tycho sit geo-heliocentriske system, hvor Solen og Månen kredser om den ubevægelige Jord, mens de øvrige planeter kredser om Solen. Det var et kompromis mellem det ptolemaiske og kopernikanske, i fysisk henseende tættere ved det første, mens det i matematisk henseende var tættere ved sidstnævnte. Tychos planetsystem var geometrisk ækvivalent med Kopernikus', hvilket indelbar, at det kunne redegøre for alle dettes forudsigelser inden for den planetariske verden (men naturligvis ikke for parallaksen, der involverer fiksstjernerne). De kosmiske afstande, Tycho fandt frem til, var af den traditionelle størrelsesorden. Middelfstanden til den fjerneste planet, Saturn, var omkring 11.000 jordradier, og umiddelbart uden for Saturns sfære anbragte han fiksstjernerne i en afstand af ca. 14.000 jordradier. Hans univers havde altså en radius på omkring 70 millioner km, knap halvdelen af den moderne afstand mellem Solen og Jorden.

Bevæger Jorden sig?

Hvorfor stoppede Tycho på halvvejen, i stedet for at tilslutte sig det nye kopernikanske system? Spørgsmålet er noget anakronistisk, da det er baseret på vores viden om solsystemet, men det er ikke urimeligt og blev diskuteret i samtiden. Dette skete bl.a. i brevvekslinger med den tyske kopernikanske astronom Christopher Rothmann, der i 1590 besøgte Hven og der diskuterede sagen med Tycho Brahe. Vi kan skematisk opdele Tychos indvendinger mod det kopernikanske verdensbillede i fire punkter.

(1) Som næsten alle i samtiden var Tycho overbevist om, at stjernerne og planeterne påvirkede jordiske fænomener og menneskers liv. Han opfattede den himmelske verden som et sammenvævet levende system, gennemtrængt af astrologisk signifikante påvirkninger. Hvis Jorden og dens menneskelige beboere bedst skulle være i stand til at modtage de kosmiske impulser fra de omgivende stjerner og planeter, ville en central placering da ikke være den eneste naturlige?

(2) Tycho var ikke specielt religiøs, men tog naturligvis Bibelen alvorligt, og endda mere

bogstaveligt end Rothmann og flere andre af datidens astronomer. De bibelske passager, der direkte eller indirekte henviser til en ubevægelig Jord, kunne man ikke bare fortolke efter forgodtbefindende. Om Kopernikus' teori skrev han i et brev, at "når den tilskriver Jorden (dette robuste og uædle legeme) en regelmæssig, perfekt og på ingen måde indviklet bevægelse, så bliver denne antagelse ikke mindre suspect, og især ikke fordi den så tydeligt modsiger Den hellige Skrift på ikke så få steder." [1, s. 248] Bemærk at Jorden betegnes som et uædelt legeme, hvilket skal ses i forhold til den ædle og guddommelige himmel: da Jorden er korrupt og uædel, må den befinde sig længst væk fra de himmelske regioner og engelenes bolig, dvs. i universets geometriske centrum.

(3) Ud fra sine aristotelisk-fysiske forestillinger kunne Tycho ikke acceptere Kopernikus' påstand om en dobbelt bevæget Jord. Han havde ganske vist brudt med disse, når det gjaldt den celeste fysik, men var grundlæggende aristoteliker i spørgsmål om Jordens fysik. Anno 1590 var der jo kun én konsistent fysisk teori, og det var den aristoteliske. Som han skrev til Rothmann, hvis Jorden virkelig roterer om sin akse med en periode på et døgn, så ville en blykugle jo ikke falde lodret ned fra et tårn. Dette berømte tankeeksperiment havde været diskuteret allerede i middelalderen, og senere tog Galilei det op til kritisk vurdering, men for Tycho var det altså et gyldigt argument.

(4) Tycho vidste, at Jordens årlige bevægelse måtte afspejle sig i en stjerneparallaxse, og da hverken han eller andre kunne observere en sådan, mente han, at Kopernikus' teori derfor var falsificeret. Eller rettere, hvis der var en parallaxse, måtte den være mindre end 1', hvilket efter Kopernikus' teori måtte indebære, at fiksstjernebeholdningen befandt sig mere end 7 millioner jordradier væk. For Tycho var dette ikke blot utroligt, det var umuligt, da der jo så måtte være et enormt tomrum mellem Saturn og fiksstjernebeholdningen. Gud havde jo skabt alt i universet med et bestemt formål, men det forekom helt formålsløst – ja, nærmest uanstændigt sløset – at anbringe et vældigt og overflødigt tomrum uden for Saturn. Den slags teologisk-teleologiske argumenter ville snart blive udfaset af naturvidenskaben, men på Tychos tid var de almindeligt anerkendte. I øvrigt blev stjerneparallaxsen først påvist af Bessel i 1838.

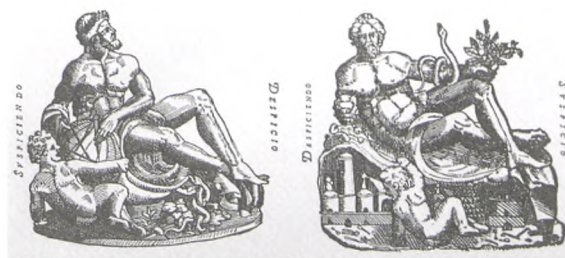
Tychos "fysiske kosmologi"

Ligesom andre astronomer interesserede Tycho Brahe sig først og fremmest for at udvikle et system for planeterne (inklusive Sol og Måne) der stemte med observationer. Siden oldtiden havde der været enighed om, at det var astronomiens hovedformål, mens spørgsmål om stjernerne og om himmellegemernes fysiske beskaffenhed enten var uløselige eller hørte til andre områder end astronomien. Som Tycho formulerede det: "Astronomen bestræber sig på at undersøge tingene gennem nøjagtige observationer, ikke med hvad himlen er og af hvilken årsag dens herlige legemer findes, men nærmere med hvordan alle disse legemer bevæger sig.

Spørgsmålet om det himmelske stof hører til teologerne og fysikerne [dvs. filosofierne], blandt hvilke der stadig ikke er nogen tilfredsstillende forklaring." [1, s. 249] Det var en holdning, der holdt sig helt op til midten af det 19. århundrede, da astrofysikken gjorde sit indtog.

Renæssance-holismen Tycho Brahe var dog overbevist om, at der også var fysiske, kemiske og kosmologiske aspekter forbundet med astronomien, og at de jordiske videnskaber ikke ganske kunne skilles fra de himmelske. Han var stærkt optaget af kemisk-alkymistiske eksperimenter og tankegange i den såkaldt hermetiske tradition, der var forbundet med den svejtsiske læge Paracelsus. Naturforskerne i denne tradition var såkaldt iatrokemikere, idet de brugte kemiske og alkymistiske præparater og teknikker i deres form for lægekunst ('iatro' stammer fra det græske ord for læge). I et skrift fra 1578 om den store komet henviste han direkte til paracelsisk kosmologi: "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..." [1, s. 227]

Den analogi, der var mellem det jordiske og det himmelske, var et vigtigt træk i Tychos tænkning, der indeholder elementer af et astrokemisk forskningsprogram. I sin *Astronomiae instauratae mechanica* berettede han om sin store interesse for alkymien, eller hvad han kaldte "den jordiske astronomi." Omvendt betegnede han astronomien som den himmelske kemi; de to så tilsyneladende forskellige videnskaber var blot to sider af samme sag. Han understregede symmetrien i de reliefskulpturer, der var ved indgangen til Uraniborg og som på allegorisk vis fremstillede mikro-makroanalogien mellem det jordiske og det himmelske.



Figur 3. Tycho Brahes reliefskulpturer over indgangen til hans slot og observatorium, Uraniborg. Figuren til venstre symboliserer astronomien og figuren til højre kemien [1].

Skønt Tycho i det store og hele anerkendte den traditionelle skelnen mellem den sublunare (jordiske) og superlunare (himmelske) verden, så anså han den ikke for at være absolut. Han forestillede sig at luften gradvist blev tyndere op mod Månen, for så at gå over i det æteriske element eller fluidum (*quinta essentia*), der var karakteristisk for himlen. Denne himmelske æter kunne optræde i forskellige tæthedstilstande, kondenseret som i Mælkevejen og i endnu stærkere form i stjernerne. De tanker, Tycho gjorde sig om fysisk kosmologi, blev videreudviklet af hans elev Cort Aslaksen, der senere blev professor i teologi i København. Aslaksen udgav i 1597 en bog om de tre himle (*De natura caeli*

triplicis), nemlig lufthimlen, stjernehimlen og den evige himmel, hvori han gav sit bud på stjernernes natur ud fra en blanding af naturvidenskabelige og teologiske slutninger.

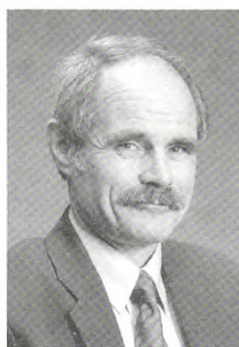
Aslaksen mente ligesom Tycho at den himmelske æter havde visse lighedspunkter med stærkt fortyndet atmosfærisk luft, om end den var endnu finere og tyndere. Bl.a. ved at henvise til optiske erfaringer konkluderede han, at stjernehimlen må bestå af et materielt fluidum og ikke have f.eks. krystallinsk natur. Det er interessant, at Aslaksen inkluderede optik og matematik i sin argumentation for det himmelske stofs materialitet, ligesom han brugte analogislutninger fra kemien. Men det er nok så karakteristisk, at hele hans tankegang var knyttet til den teologiske tradition, idet han sammenlignede med det for en fysiker så væsentlige spørgsmål om englenes natur. Denne natur var såvel legemlig (men ikke kødelig) som åndelig, hvilket fik Aslaksen til retorisk at spørge: "Hvorfor kan så ikke himlen, en så yderst fortyndet og fin substans, med en endog større ret anses for at bestå af en om end meget subtil materie og form?" [1, s. 263]

Udbredelsen af det tychoniske system fandt først sted efter Tycho Brahes død i 1601. I første halvdel af 1600-tallet havde det mange tilhængere, ikke mindst i de katolske lande, og det blev udviklet i adskillige "semi-tychoniske" varianter. Gennem det meste af et århundrede satte det sit stærke præg på astronomiens og kosmologiens udvikling [5]. Herhjemme blev det

energisk forsvaret af astronomiprofessoren Longomontanus, der var elev af Tycho og hvis *Astronomia Danica* fra 1622 var kendt som "den tychoniske Almagest."

Litteratur

- [1] Helge Kragh m.fl., Dansk Naturvidenskabs Historie, bd. 1. Aarhus Universitetsforlag 2005.
- [2] A. Wittendorff, Tyge Brahe. Gad 1994.
- [3] H. Kragh, red., Omkring Kopernikus. De Tidligste Skrifter om det Kopernikanske Verdensbillede. Steno Museets Venner 2006.
- [4] J. Teuber, red., Højdepunkter i Dansk Naturvidenskab. Gad 2002.
- [5] O. Pedersen og H. Kragh, Fra Kaos til Kosmos. Verdensbilledets Historie Gennem 3000 År. Gyldendal 2000.



Helge Kragh er professor i videnskabshistorie ved Steno Institutet, Århus Universitet, og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie. Han har ledet udgivelsen af firebindsværket "Dansk Naturvidenskabs Historie".

Planetkalender 2007

Martin Götz, Frederikssund Gymnasium

På side 15 er – ligesom sidste år – trykt en meget detaljeret "Planetkalender for København 2007". Planetkalenderen er udregnet for København og giver et hurtigt overblik over en række astronomiske forhold, f.eks. hvornår de enkelte planeter er synlige og om Månen eventuelt forstyrrer, samt:

- Opgangs- og nedgangstider for Solen, Månen og planeterne, der er synlige med det blotte øje (Månen er oppe i de grå områder og dens opgangs- og nedgangstider er yderligere markeret med små cirkler),
- Kulminationstidspunkter for planeterne,
- Slutningen og begyndelsen for det borgerlige, nautiske og astronomiske tussmørke, når Solen henholdsvis er 6°, 12° og 18° under horisonten,
- Solens kulmination + 12 timer (f.eks. aflæses kl. 0:15 i natten mellem d. 4.1. til d. 5.1. – så kulminerer Solen kl. 12:15 d. 4.1.),
- Månens fase (kl. 0:00 DNT står for nymåne, kl. 1:00 DNT for fuldmåne og kl. 0:30 DNT for halvmånefaserne).

På datoskalaen markerer prikkerne på kalenderens venstre og højre begrænsning nedgangs- og opgangstiderne for Solen. Datoerne er vist for hver syvende nat (angivet mellem søndag og mandag). Solens nedgangs- og opgangstider er markeret med gule eller hvide prikker. I tiden 25. marts - 27. oktober gælder dansk sommertid (DST), hvor tiderne på den nederste tidsskala skal anvendes. Resten af året gælder dansk normaltid (DNT), hvor den øverste tidsskala bruges. Kalenderen kan hentes elektronisk – helt gratis – med uddybende forklaring på web-adressen:

<http://www.planetkalender.tk>

