

Fra Hven til rummet – Om betydningen af Tycho Brahes observationer

Erling Poulsen, Rundetaarn.

Et livslangt projekt

I 1563 sad den 16-årige Tycho Brahe i al hemmelighed om natten i et loftsvindue og studerede planeterne Saturn og Jupiters færd mellem stjernebillederne. Det foregik i Leipzig, hvor han var kommet for at studere jura, fordi han som adelssøn skulle have en karriere i statsadministrationen. Han fik dog ikke læst så meget, da juraen ikke havde hans store interesse. I stedet dyrkede han sin lidenskab, astronomien, men det måtte ske i hemmelighed, for med ham havde forældrene sendt en hushovmester, Anders Sørensen Vedel, som skulle holde ham ved studiet.

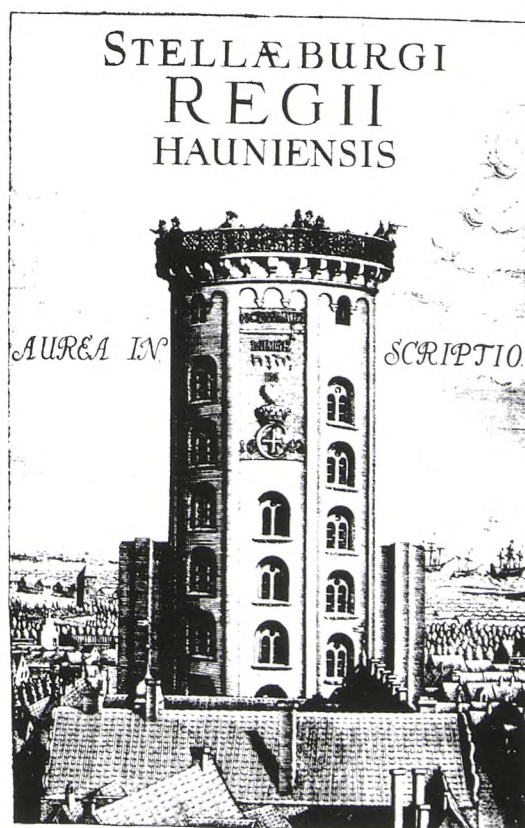
Saturn og Jupiter havde i august måned det år en stor konjunktion, dvs. de kom tæt på hinanden, men Tycho fandt, at ikke alene tidspunktet for konjunktionen, men også afstanden mellem planeterne ikke passede med de tabeller over planeterne stilling, der fandtes. Hverken de gamle tabeller, baseret på det klassiske græske system, som gik ud fra at jorden var placeret i midten af universet, eller de nye kopernikanske tabeller, hvor jorden var blevet reduceret til en planet omkring solen. Tycho erfarede dog, at de nye tabeller passede bedst.

Dengang tillagde man det stor betydning, når planeterne var tæt på hinanden og i hvilket stjerntegn det skete; astrologien betød meget. Derfor var det vigtigt at kunne forudse planeterne gang, men tabellerne passede, som Tycho opdagede, ikke særlig godt, og han fandt, at der skulle nye og meget mere nøjagtige observationer til, så man kunne lave nye tabeller og beregninger af planeterne fremtidige positioner.

Resten af Thykos liv blev en jagt på mere og mere nøjagtige målinger og en udvikling af bedre og bedre instrumenter. Den store målenøjagtighed opnåede han ved at indse, at alt måleapparat har indbyggede fejl, men ved at måle den samme størrelse med forskellige apparater kunne han opdage og derefter tage højde for fejlene ved det enkelte apparat. Han nåede ikke selv frem til en forbedret teori for planeterne bevægelser, men det lykkedes for ham at forbedre beregningerne for månens bevægelse, hvilket han blev den første, der gjorde siden oldtiden.

Hans berømmelse i samtiden kom da han i 1573 udgav sin lille bog om den nye stjerne der havde vist sig på himlen i 1572. I bogen prøver han først at finde afstanden til stjernen ved at måle dens daglige parallakse (den forskydning i retningen til stjernen der forårsages af Jordens daglige rotation), men da han ingen ændring kan måle slutter han at stjernen må være længere væk end Månen. Derpå måler han om stjernen ligesom

planeterne flytter sig i forhold til fiksstjernerne, og da han efter et halvt år intet har kunnet måle slutter han at stjernen må være længere væk end planeten Saturn eller ude i stjernernes sfære. Det medførte det problem at alt uden for atmosfæren ifølge tidens fysik burde bestå af et femte element som både var guddommeligt og uforanderligt, så fysikken måtte tage fejl. I dag ved vi at det han så aldeles ikke var en ny stjerne, men det modsatte, en tung stjerne der døde i et supernovaudbrud, for ham var den dog ny, da han intet kunne se på dens sted tidligere.



Figur 1. Efter Tychos død overgik magten på Hven atter til kongen og hans observatorium Stjerneborg forfaldt. Men da det havde været det mest avancerede i Europa blev det i 1642 modellen for Christian d. IV's "Københavns kongelige Stjerneborg", Rundetaarn.

Selvom Tycho samlede observationer det meste af sit liv, kom de fleste til i de 21 år, han arbejdede på øen Hven. Her fik han organiseret et observatorium, Stjerneborg, med mange assistenter til at hjælpe sig, et mekanisk værksted, hvor han kunne prøve sine nye

instrument-ideer af, og et bogtrykkeri med papirmølle, der gjorde det muligt for ham at publicere resultaterne af sit arbejde. Observationernes enorme omfang, deres nøjagtighed og den systematiske måde de var blevet foretaget på betød, at Tycho Brahes observationer helt frem til 1700-tallet var de bedste, der fandtes.

Tycho Brahe forlader Danmark og et nyt forskningsmiljø opstår i Prag

I løbet af 1590'erne fik Tycho flere og flere problemer med den nye konge Christian d. IV og med Rigsrådet. Den statsstøtte forskningen på Hven hidtil havde modtaget svandt ind, og livet i Danmark blev for besværligt for den midaldrende Tycho. Det hele endte med, at han i juni 1597 forlod Danmark og slog sig ned i nærheden af Hamborg, hvor han udgav sin berømte bog "Mecanica" med beskrivelser af sine instrumenter.

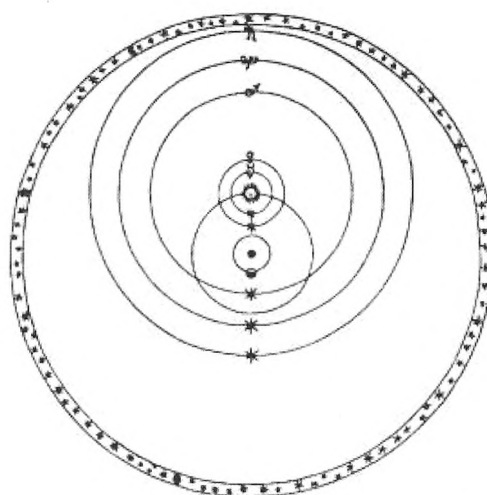
I 1599 blev han tilbudt husly i Bøhmen af kejser Rudolf II, og i juli dette år foretog han sin første observation i Prag. Tycho var efterhånden blevet en gammel mand, men fik alligevel sine instrumenter sendt ned fra Danmark og prøvede at oprette et nyt "Stjerneborg". Astronomen Kepler blev hans assistent, og et nyt forskningsmiljø opstod i Prag. Der var dog en del gnidninger og diskussion mellem de to store astronomer bl.a. omkring spørgsmålet om hvilket verdenssystem, der var det sande. Kepler var tilhænger af det nye kopernikanske system med solen i midten, mens Tycho holdt på, at jorden måtte være centrum, fordi det stemte bedst overens med hans målinger.

Verdenssystemet der både var et frem- og tilbageskridt

Det var tre år før Tycho Brahe blev født, at den polske astronom Kopernikus havde udgivet den revolutionerende bog, hvori han præsenterede sit nye verdenssystem, med solen i centrum af universet og planeterne og jorden i cirkler udenom. Kopernikus' system var en smule enklere end det gamle græske system, men gav de samme beregningsmæssige besværligheder som det, og næsten samme unøjagtighed. De største indvendinger mod hans system kom dog fra kirkelige kredse, for kunne man ikke i 1. Mosebog læse, at Gud først havde skabt Jorden og Himlen og først på tredjedagen solen? Derfor måtte jorden være centrum i universet!

Et var at komme med et nyt verdenssystem noget andet at bevise, at det var rigtigt. Tycho Brahe satte det nye system på prøve, for hvis jorden bevæger sig rundt om en sol i centrum af universet, så måtte vor sigtelinie til en stjerne ændre sig i årets løb, og vi ville derfor se stjernerne bevæge sig i små ellipser på himlen – jo længere væk de var, jo mindre ellipser. Tychos målenøjagtighed var tidens bedste, men på trods af det kunne han ikke måle nogen ændring i sigtelinien, så enten måtte jorden befinde sig i centrum af universet, eller også var stjernerne meget længere væk end man

regnede med [1]. Et så enormt og meningsløst tomrum mellem solsystemet og stjernerne, kunne man på Tychos tid ikke forestille sig skabt af en guddommelig skaber. Så Tycho valgte den anden mulighed og anbragte jorden i centrum igen, men fordelene ved det kopernikanske system syntes han var så store, at han lod månen og solen bevæge sig rundt om jorden og alle planeterne rundt om solen. På denne måde fik han fordelene ved det kopernikanske system og konsekvensen af sine målinger bygget sammen i sit verdenssystem. Hvor man tidligere havde bestemt verdens opbygning ud fra forestillinger om, hvordan den burde være, dvs. oftest ud fra religion og gammel sædvane, lod Tycho i stedet sine observationer bestemme, hvordan verden var bygget op. Og det var helt nyt og kendetegnende for ham og hans tid.



Figur 2. Tycho Brahes verdenssystem med jorden i centrum. Månen og solen bevæger sig rundt om jorden og alle planeterne rundt om solen.

Keplers beregninger og 3 love

Kejser Rudolf II ønskede, at der på grundlag af Tychos mange observationer skulle udarbejdes nye og forbedrede tabeller over planeternes fremtidige gang på himlen og overdrog denne opgave til Kepler kort før Tychos død i 1601 i Prag. Efter Tychos død købte kejseren alle hans observationer og gav dem til Kepler.

Kepler var som sagt tilhænger af det kopernikanske verdensbillede, som han ønskede skulle danne grundlag for sine tabeller. Han vidste, at Tychos observationer var meget nøjagtige; usikkerheden var nede på et bueminut ($1/60$ grad), og det betød, at de beregningsmetoder, han brugte, skulle give resultater, der stemte med det. I det kopernikanske verdenssystem var solen i midten af universet, og planeterne bevægede sig rundt om den i små cirkler, der igen bevægede sig i en cirkulær bane om centrum, ligesom i det gamle græske verdensbillede. Kepler regnede og regnede og fik det til at stemme meget godt med Tychos observationer – undtagen for planeten Mars. Den var ikke der, hvor

den i følge Keplers beregninger burde være. Kepler måtte til sidst erkende, at der måtte være noget galt med det verdenssystem, han benyttede i beregningerne. Han prøvede derfor at gå væk fra cirklerne hos Kopernikus. Cirklerne var ellers siden oldtiden blevet betragtet som det eneste rigtige, da de pga. deres enkle, logiske form måtte være skabt af Gud. Men da Kepler prøvede at erstatte cirklerne med ellipser og anbragte solen i det ene af ellipsens brændpunkter, kom også beregningerne af planeten Mars placering på himlen til at stemme med Tychos observationer. Foruden planeternes ellipsebaner fandt Kepler to andre geometriske regler [2], ud fra hvilken man kunne bestemme, hvor planeterne befandt sig. Disse tre love gav ham det værktøj, der skulle bruges til at beregne, de tabeller han havde fået til opgave at udarbejde.

Newtons gravitationsteori

Selvom Keplers geometriske regler for planetberegninger var udmærkede og fungerede godt i praksis, opstod i England en idé om, at der måske bag reglerne lå en fysisk lov. I 1687 lykkedes det englænderen Isac Newton at påvise en sådan. Newton påviste først, at kraft er lig masse gange acceleration og udviklede derefter sin gravitationsteori: tyngdeloven [3]. Ifølge Newton skabes tyngdekraften af massen. Jo større masse, jo større tiltrækningskraft. Tyngdekraften er universel, den gælder for såvel æbler som planeter, og med opdagelsen af tyngdekraften kunne Newton forklare såvel planeternes regelbundne bevægelser i solsystemet som hvorfor hverken mennesker eller æbler falder op og væk fra jorden, men i stedet tiltrækkes af den.

Rejser i rummet

Keplers love for planeternes bevægelser gælder kun tilnærmelsesvis, fordi planeternes indbyrdes tiltrækning får de konstanter, der indgår, til at ændre sig med tiden. Med Newtons nye lov blev det muligt at tage hensyn til det og dermed lave beregninger over solsystemet, der rakte mange tusind år ud i fremtiden. I praksis har det dog kun kunnet lade sig gøre med hjælp fra moderne regnemaskiner, for selvom tyngdeloven ser simpel ud, er den meget svær at have med at gøre, når der skal regnes på flere end to legemer, der tiltrækker hinanden. Når man i dag skal beregne en bane for en rumsonde, der for eksempel skal besøge en anden planet, så benytter man Newtons tyngdelov. Rumsonden er selvfølgelig påvirket af alle legemer i solsystemet, og det er nødvendigt at tage hensyn til dem alle, hvis man vil være sikker på at ramme sit mål.

Der går altså en linie fra den 16-årige Tycho, der fandt at hans tids astronomiske teorier ikke duede, og at der skulle nøjagtige observationer til for at forbedre videnskaben. En linie der går over Kepler, der ikke kunne få Tychos observationer af Mars til at passe med sine beregninger, og frem til Newton, der sammenfattede

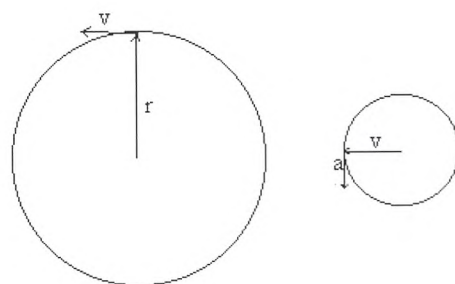
Keplers regler til den kraftlov, som bruges i dag, når man sender raketter ud i rummet.

Noter

[1] På baggrund af Tychos observationer beregnede den danske astronom Ole Rømer, omkring år 1700, at hvis den manglende ændring i sigtelinien skyldtes stjernernes afstand, så måtte deres afstand være mere end 2000 gange afstanden til Solen. Og da den yderste kendte planet, Saturn, kun var omkring 8 gange længere væk end solen, så måtte der være et meget stort tomrum mellem solsystemet og stjernerne.

[2] Keplers 3 love:

1. Planeterne bevæger sig i ellipsebaner med solen i det ene brændpunkt.
2. Linien fra solen til planeten overstryger lige store arealer i lige store tidsrum.
3. Planetens omløbstid i anden potens er lig en konstant gange ellipsebanens halve storakse i tredje: $T^2 = konst. \times r^3$



Figur 3.

[3] Hvis vi et øjeblik siger (det er næsten rigtigt), at planeterne bevæger sig i cirkler (radius r) med konstant fart v og med omløbstiden T så gælder $v = 2\pi r/T$. Tilsvarende vil ændringen i hastigheden $a = 2\pi v/T$ fordi v svinger en gang rundt når r svinger en gang rundt. Tilsammen får vi at $a = 4\pi^2 * r/T^2$ og sammenholdt med Keplers 3. lov $T^2 = konst. * r^3$ fås at hastighedsændringen (accelerationen) $a = konst. / r^2$ og rettet mod centrum af cirklen til venstre.

I 1687 lykkedes det englænderen Newton at vise, at det der står ovenfor også gælder for en ellipse med solen i det ene brændpunkt og at konstanten er $G \times M$, hvor G er en universel konstant og M er solens masse. Newtons kraftlov: Kraft = masse $\times$ acceleration fører så til hans tyngdelov: $K = GMm/r^2$, hvor m er planetens masse.



Erling Poulsen er observator ved Rundetaarn.