

1 Nycklarna till tideräkningen – en gåva från himlen

Himlen har ända från tidernas början stått ovanför alla händelser. Den har sett lika ut även om omgivningen har förändrats. Himlens fenomen har upprepat sig från dygn till dygn, från månad till månad och från årstid till årstid. Himlen har gett människorna en tro på de stora strukturernas stabilitet.

Tideräkningen har baserat sig på de himmelska fenomenens regelbundenhet. Tideräkningen hos jakt- och nomadkulturerna baserade sig på Månens bana. Det bofasta jordbrukarsamhället organiserade sina göromål efter Solen och årstiderna. I floddalarnas högkulturer började man övergå till solkalendrar vid samma tider som skrivkonsten uppstod. Observationen av de himmelska fenomenen har också bidragit till att forma det begreppsliga tänkandet. Iakttagandet av himlakropparna har gett upphov till begreppen konstans, variation, periodicitet och kontinuitet.

Behärskandet av himlen har också medfört makt på jorden. Himlens symboler har varit maktsymboler. Under de forntida kulturernas tid byggdes templen så att de följde väderstrecken. I många gamla byggnader anges väderstreck, som har utvisat Solens uppgång och nedgång under årets viktiga dagar.

1.1 Den stora oxen i grottmålningen i Lascaux har öppnat rum för nya tolkningar. Det har föreslagits att skaran av prickar skulle föreställa Plejaderna. Målningens ålder har uppskattats till 16 000 år.

1.2 Under den tidigaste perioden av Stonehenge (ca 3000 f.Kr.) har Solens uppgång angivits på morgonen den dag som sommarsolståndet infaller. De monumentala stenkonstruktionerna är av mycket senare datum och har troligen inget samband med himlen.

1.3 Himmelskivan från Nebra är ett exempel på himmelsdyrkan från den europeiska bronsåldern. Den är tillverkad omkring år 1600 f.Kr. Månen, kanske Solen, Plejaderna och andra stjärnor är avbildade på skivan. Området för Solens upp- och nedgångar är troligen avgränsat med bågarna på kanten.

1.4 a-b Två kinesiska jadeskivor, som troligen har burit vittne om makt som har fått från himlen. Skivan till vänster är omkring femtusen år gammal, den till höger omkring 1800 år gammal.

2 Tidiga bilder av himlen

Skapelsens gudar härskade också över himlen. Sambandet mellan Livet och Solen stod klart redan tidigt och många myter har skapats för att förklara det.

2.1 Den egyptiska himmels gudinnan Nut bugar sig inför jordguden Geb. Luftens gud Shu bär upp Nut. Nut var också ett populärt bildmotiv på sarkofagers lock.

2.2. Till myten om Nut hörde också Himmelskon. Stjärnor bildar fläckarna på kons mage.

2.3 Målningarna i farao Seti I:s 3300 år gamla grav skildrar de egyptiska himmelsmyterna. Oxen och Lejonet finns också på vår egen himmel. Mera exotiska är Flodhästen och Krokodilen.

Den 49:e runan i *Kalevala* berättar exakt, hur välfärdssamhället är beroende av Solens ljus och värme.

Kalevala Fyrtionionde sången (en del)

*Vakna åter varje morgon,
som i dag lys alla dagar!
Ge oss hälsa, ge oss lycka,
ge oss allt vad vi behöver,
skicka feta fångster åt oss,
skänk åt kroken fiskelycka!*

*Vandra själv din väg med hälsa,
håll dig rask och kry på resan,
må din båge vackert böjas,
ner mot kvällens milda glädje.*

Översättning Lars Huldén och Mats Huldén Söderström & Co Helsingfors och Atlantis, Stockholm 1999.

3 Dyrkan av himlen

Himlen och dess detaljer har i många myter kopplats samman med skapelsen, med världens ordning, med de upprätthållande och förstörande krafterna, dvs. samhällets identitet. Himlen roterar som helhet under nattens gång. Mot bakgrunden av stjärnhimlen urskiljer sig de kroppar som rör sig i förhållandet till stjärnorna: Solen, Månen samt fem planeter som kan ses med blotta ögat. Sedan urminnes tider har de här himlakropparna kopplats ihop med olika gudamyter. Övriga fenomen som förmörkelser, stjärnskott, kometer, norrsken och blixtrar har man däremot varit tvungen att förklara på andra sätt.

Solens rörelse och årstidernas växlingar har beskrivits i många myter. De trosföreställningar som himlen har framkallat har gett upphov till astrologi, dvs. en önskan att se in i framtiden. Förklaringar till olika förebud är kända från 3500 år gamla sumeriska texter. Senare började man lägga märke till himlakropparna och deras inbördes positioner dvs. aspekter. Dessa inverkade dock endast på regentens och rikets öden. Först under den hellenistiska tidens stoicism och epikurism, som betonade individens betydelse, följde astrologins tredje skede, horoskopastrologi.

3.1 Zodiakens tecken och rum är viktiga på den senbabiloniska himmelskartan.

3.2. Stenskivan i Denderas tempel i Egypten föreställer himlen. Skivan är från hellenistisk tid, men den förmedlar också ett tidigare arv. På området i mitten kan man känna igen zodiakens bekanta tecken. Kofoten (Karlavagnen) och Flodhästen är exempel på egyptiska stjärntecken. I himlens kant ser man trettiosex dekantecken, vilkas uppgång användes för att räkna nattens timmar. Himmelskartan i Dendera föreställer himlen sedd från jordytan.

4 Det grekiska världssättet av sfärer

Grekiska filosofer konstaterade redan på 500-talet f.Kr. att jorden är ett klot. Också

himlen uppfattades som ett klot, i vars medelpunkt jorden låg. Grekerna var sjöfarare och hade empirisk kunskap som stöd för sitt påstående, som förblev oomstritt under antiken och starkt levde vidare i Europa.

För att beskriva himlakropparnas positioner och rörelser skapade man koordinatsystem både utgående från observatör en och för den roterande himmelssfären. Den sfäriska geometrin utvecklades för att man skulle kunna övergå från ett koordinatsystem till ett annat. De för himmelssfärerna skapade koordinatsystemen kunde också tillämpas på geografiska kartor. Klaudios Ptolemaios lade grunden till kartografin i sin astronomiska framställning *Almagest*, samt i sin inledning till geografin, *Geographike hyfegesis*, på latin vanligen *Geographia*. Himlens koordinatsystem utgjorde grunden för de geografiska kartornas latitud- och longitudsystem.

4.1 Jordens sfäriska form motiveras i Johannes Sacroboscus lärobok. På den övre bilden är klockan under månförmörkelsen mera i öster än i väster. Den nedre bilden visar att söderns stjärnor inte syns i norr.

4.2 Jordytans krökning förklarar det sätt på vilket skeppet och hamnen syns på långa avstånd.

4.3 Ptolemaios utvecklade tre projektionsprinciper för avbildning av jordklotets yta på en plankarta. En baserar sig på en kon, som jordklotet tangerar inifrån. Jordklotets punkter projiceras på konens yta, som klipps upp och rätas ut till ett plan.

5 Himmelskartor och stjärnguides under senantiken

De tidigaste kartgloberna i den hellenistiska världen var beskrivningar av himlen. Det äldsta bevarade exemplet är Farneses Atlas, en skulptur, där en titan står på knä och lyfter upp himmelsgloben.

För romarna var omen och profetior viktiga. I den hellenistiska världen var zodiakens tecken ett populärt motiv inom konsten. Sättet att förutspå utgående från himmelska fenomen bevarades i Västeuropa genom hela senantiken. Det av Aratos under det tredje århundradet f.Kr. författade poemet *Fainomena* (Fenomen) och Hyginus' *Poeticon astronomicon* (Astronomiskt poem) fungerade som guider över stjärnhimlen i det medeltida Europa.

Inom den islamska kulturen gav beduinernas sagovärld sitt bidrag till den bild av himlen som hade nedärvt från den tidiga antiken. Stjärnbilderna är idag kända under sina mesopotamisk-grekisk-romerska namn, men största delen av stjärnornas namn är av arabiskt ursprung. De tidigaste stjärnguidernas tradition fördes vidare av den persiske astronomen och astrologen Abu'l-Husayn al-Sufi s – i Västeuropa känd under namnet Azophi – bok om fixstjärnor från 964. Boken anger också stjärnornas färger.

5.1 Farneses Atlas härstammar från det andra århundradet av vår tideräkning, men man vet att den är en kopia av en tidigare staty. Skulpturen finns nuförtiden i nationalmuseet i Neapel.

5.2 Farnese himmelsklot är 65 cm i diameter, och det innehåller över fyrtio av Ptolemaios' fyrtioåtta stjärnbilder. På klotkartan framställs ett koordinatsystem för himmelssfären.

5.3 Astrologiska illustrationer av planeter.

5.4 Symboler för planeter i en planetbok från 1562.

5.5 I olika upplagor av samma verk trycktes ofta samma stjärnbilder som varandras spegelbilder utan att man brydde sig om stjärnbildernas positioner på himlen.

5.6 a-b Stjärnbilder i enlighet med Aratos' tradition. Hugo Grotius, *Sintagma arateorum*. Leyden 1600.

5.7 Perseus hänger ut Medusans huvud i en arabisk handskrift.

5.8 Stora och Lilla björnen i en arabisk handskrift.

6 Kalifens lilla paradiset

Sättet att beskriva himlen utifrån har levt vidare också i sådana sammanhang, i vilka man kunde vänta sig att synsättet skulle ha förändrats. I Jordanien finns ökenslottet Qasr Amra, som byggdes av kalifen Walid I mellan åren 711 och 715. Slottet, som är känt för freskerna i sin badinrättning, är ett uppskattat monument över den islamska arkitekturen och ett av Unescos världskulturarv. Badinrättningens kupoltak är bemålat med olika stjärnbilder. Flera av dem kan identifieras fastän de har skadats. Kartan i Qasr Amra hör till de tidigaste bevarade avbildningarna av himlen.

På Qasr Amras stjärnkarta betraktas himlen utifrån i enlighet med traditionen från antiken. Man skulle kunna vänta sig, att himlen skulle ha framställts "naturenligt", dvs. sedd inifrån stjärnklotet. Traditionen att framställa himlen på det här sättet torde ha varit gammal och motivet var kanske så främmande för målarna, att man inte ville eller kunde svänga stjärnhimlen åt "rätt håll". När man beskådar taket börjar man å andra sidan misstänka att perspektivet har valts avsiktligt. Kanske kalifen i badinrättningen ville beundra himlen liksom från paradiset.

6.1 Ökenslottet Qasr Amra i Jordanien.

6.2 Himmelstaket i badinrättningen i Qasr Amra är svårt förvittrat. I taket kan man urskilja himmelscirklar och tolv meridianer. Stjärnbildernas ordningsföljd är som om man skulle betrakta himlen utifrån.

6.3 I den islamska kulturen är stjärnhimlen ofta en symbol för lyckan. Takpanelerna i Alhambra dekorerar av stiliserade stjärnor.

6.4 I slottet Amber i Jaipur har fettlampans flämtande reflekterats som tindrande stjärnor i de små speglarna i taket i maharajans sovrums.

7 Himlarna i den medeltida världsbilden

I den senmedeltida världsbilden kombinerades antikens uppfattning om koncentriska sfärer med den kristna tron på Guds och helgonens placering i världsalltet. Det aristoteliska världsalltet var välordnat, riktigt och vackert. Världen bestod av fem grundämnen och allt hade sin naturliga, rätta plats i överensstämmelse med sitt grundämne. En sten föll till marken eftersom jorden var dess element och dess rätta

plats var i världens medelpunkt. I all sin enkelhet gav den aristoteliska naturläran en täckande beskrivning av orsakerna till de naturliga händelserna, alltså av naturens dynamik.

Nedanför månens sfär skedde förändringar, i världen ovanom månen förändrades däremot ingenting, och även stjärnornas antal förblev detsamma ända sedan skapelsen. En himlakroppars position var absolut. Himlakropparnas ordning var samtidigt också en rangordning, så att orsaken till ett fenomen var mera värdefull än följd. Primum mobile var rörelsens yttersta orsak och därmed också den mest värdefulla. Gud identifierades med primum mobile. Försynen strömmade genom himlarnas förmedling mot världsalltets medelpunkt och människan. Världsalltet hade ett mål, mot vilket det strävade enligt Guds skapelseplan. När allting – även människosjälarna – skulle vara på sina rätta platser, skulle världen vara färdig. Varje själ skulle komma till helvetet eller till himlen, beroende på var den genom sina förtjänster och enligt nådens ordning hörde hemma.

7.1 Den medeltida aristoteliska världsbilden. Den klotformiga Jorden var belägen i världsalltets medelpunkt, runt omkring den fanns vattnet, luften och elden i nämnda ordningsföljd. Från månens sfär uppåt roterade himlarna kring Jorden. Utanför fixstjärnhimlen dvs. firmamentet fanns en orörlig primus motor, från vilken rörelsens kraft strömmade till jorden.

8 Diskussionen om världsbilden i början av nya tiden

Den medeltida världsbilden har en synlig plats i litteraturen och bildkonsten. Traditionen levde vidare långt in på nya tiden. När nya viktiga händelser beskrevs, fann man också de himmelska tecken som vittnade om händelsens betydelse.

Beräkningen av himlakropparnas uppgångar och nedgångar gav upphov till en särskild litteraturgenre. I titlarna på läroböckerna i ämnet ingår vanligen antingen *De sphaera* (om klotet) eller *Sphaera mundi* (världsklotet). Flera verk och reproduktioner är utställda.

Utöver den enklare sphaera-litteraturen behandlades också den matematiskt mera krävande planetteorin, med vilken planeternas rörelser kan förklaras med hjälp av geometriska modeller. Teorierna baserade sig närmast på Ptolemaios arbeten. De här böckerna bär vanligen titeln *Theorica planetarum*. När man började trycka böcker i slutet av 1400-talet publicerades *Theorica planetarum* ofta tillsammans med *De sphaera*.

8.1 Mästarna från Limburg illustrerade på 1210-talet kalenderdelen av hertigens av Berry bönebok. Solen vandrar genom årstidernas gång mellan zodiakens olika tecken i helg och söcken: i hovet, på åkrarna och i böndernas hyddor. I bilden maj.

8.2 På Jean Heys målning från 1498 kan vi se Jungfrun och barnet i den högsta himlen mot bakgrunden av koncentrisk sfärer. Någonstans i mitten av dem finns Jorden och människan, frälsningshistoriens mål.

8.3 När historien illustrerades, vittnade himmelska förebud om händelsens betydelse. Serieteckningen på Bayeuxtapeten föreställer striden om England 1066. En ”fruktansvärd stjärna” berättar om den kommande förstörelsen. Det rörde sig om Halleys komet under ett av dess besök i solsystemets inre delar.

8.4 Halleys komet har också fått föreställa Betlehems stjärna. Ovanför stallet i Giottos Kungarnas tillbedjan i Scrovegnis kapell i Padua lyser Halleys komet.

8.5 Domenico de Michelinos minnesmärke över Dante i domkyrkan i Florens från mitten av 1400-talet föreställer poeten i sin födelsestads landskap. Helvetesporten och avgrunden i den *Gudomliga komedin* leder allt djupare ned, i bakgrunden syns skärseldens berg, på dess topp det världsliga paradiset och ovanför alltsammans himlarnas bågar.

8.6 Cosimo I ville ha den yttersta domen målad i kupolen i domkyrkan i Florens. Den utfördes av Vasari, Zuccari, Cresti m.fl. 1568–79. I kupolen reser sig himlarna ovanför varandra.

8.7 Mars' bana på himlen år 2008. Mars rör sig från höger över Oxen till Tvillingarna och vänder tillbaka. Den stannar nedanför Capella i Kusken och vänder sedan tillbaka till den framskridande rörelsen. Nedanför slingan är Orions övre del. Den antika astronomin utvecklade komplicerade geometriska modeller för att ”rädda planeternas slingor”.

9 Perspektivet förändras

År 1543 utgav Nikolaus Kopernikus sitt verk om himla sfärernas rörelser. I detta verk framhöll han att det i stället är Jorden som kretsar kring Solen. Påståendet var inte bara en allmän hypotes, utan Kopernikus försökte beskriva i detalj hur planeterna – även Jorden – rör sig. Det blev sedan efterföljar nas, framför allt Johannes Keplers och Isaac Newtons uppgift att skapa grunden för en ny världsbild och en matematisk modell för solsystemet.

Man dristade sig även till att förnya beskrivningen av himlen. Italienaren Alessandro Piccolomini utmärkte sig som en av de tidigaste popularisatorerna av astronomin. Hans bok på toskanska om fi xstjärnor utkom 1540. Verket var ett seriöst försök att presentera olika uppfattningar om världsaltet på folkets eget språk. Boken blev populär och översattes till latin och franska. I sina senare verk framställde Piccolomini kon kurrerande världsbilder på ett tydligt sätt, men han förblev dock en sträng aristoteliker.

I taket i Salamancas universitetsbibliotek (numera univerversitetets museum) har målats en del av stjärnhimlen sedd från Jorden. Himlen i Salamanca har målats på 1480-talet, under samma tid som Columbus höll på att förbereda sin första resa till Indien. Under denna tid var det sällsynt att man betraktade himmelskartan från detta perspektiv.

9.1 Nikolaus Kopernikus framställde den heliocentriska världsordningen i inledningen till sitt huvudverk *De revolutionibus orbium celestium libri sex*, dvs. Sex böcker om de himmelska sfärernas rotationsrörelse. Bokens huvuddel utgörs av matematiskt krävande utläggningar om geometriska modeller. Bild från handskriften i universitetet i Kraków.

9.2 Största delen av *De revolutionibus* utgörs av krävande geometri. Sida 60 i den första upplagan av verket, tryckt i Nürnberg 1543.

9.3 a-b I sin bok om fi xstjärnor beskrev Piccolomini stjärnbilderna sedda från Jorden, och han fäste särskild uppmärksamhet vid stjärnornas inbördes positioner och

magnituder. Han lämnade bort de mytologiska gestalterna. På bilden Lilla och Stora Karlavagnen samt Orion.

9.4 Fernando Gallego målade i slutet av 1480-talet stjärnbilder i Salamancas universitetsbibliotek. Stjärnbilderna från Lejonet till Skorpionen är i rätt ordningsföljd. Också Örnen, Björnvaktaren och Herkules framställs så som de syns på himlen. På bilden finns rikligt med slumpmässigt strödda stjärnor.

10 Stjärnkartorna i början av nya tiden

I och med boktryckarkonsten utvecklades graveringsteknikerna och stjärnkartornas framställningsmöjligheter. Den tyske konstnären och grafikern Albrecht Dürer var en av föregångarna inom den naturvetenskapliga illustrationskonsten. Hans karta från 1515 föreställer den norra och den södra stjärnhimlen skilt för sig. Den beställdes från Dürer av den österrikiske kartografen Ioannes Stabius. Stjärnornas positioner fastställdes av Konrad Heinfogel. Plankartorna föreställer himlen sedd utifrån. Ptolemaios' alla 48 stjärnbilder är avbildade.

Ptolemaios värderades i det medeltida Europa särskilt som astrolog på grund av sitt verk *Tetrabiblos* (Fyra böcker). I slutet av boken fanns ofta bifogat en samling aforismer, entiloquium, som ansågs vara skriven av Ptolemaios. Här följer några utdrag ut centiloquium, som också kallades Quadripartitas frukt:

2. När en forskare på ett moget sätt betraktar en förväntad händelse, gives ingen materiell skillnad mellan själva händelsen och dess idé.

5. En skicklig person, som känner stjärnornas natur, förmår avvärja många av deras inflytanden och kan i förväg förbereda sig för dem.

12. Kärleken och hatet försvårar omdömet, samtidigt som de förstörar upp obetydligheter.

57. Om det sjunde rummet och dess härskare under sjukdomens gång står i en ogynnsam aspekt, skall du byta läkare.

86. Solen är livets källa, Månen den naturliga kraftens.

89. Överväg din farfars angelägenheter i det sjunde rummet och din morbrors i det sjätte.

10.1 I medelpunkten för Dürers karta ses zodiakens pol: de tolv stjärnbilderna omger kartans kant. Valet framhäver zodiakens betydelse. Stjärnorna är utmärkta med bokstäver och siffror. I hörnen kan man se de mest berömda astrologerna, Aratos, Ptolemaios, den "arabiske" Azophi och den romerske Marcus Manilius.

10.2 På Dürers karta över den södra himlen finns bara de 15 stjärnbilder som var kända redan under antiken. De Magalhães' expedition återvände 1522 från sin första världsomsegling och förde med sig kunskap om stjärnhimlen i den djupa södern.

11 En seg tradition

Även om stjärnkartorna började förnyas i början av 1500-talet, höll man fast vid de gamla traditionerna, i synnerhet som man ville förse representationslokaler med något av stjärnhimlens prakt. Till de mest imponerande hör världskartsalen, sala del mappamondo, i Villa Farnese i Caprarola i Italien. Salen blev färdig 1575. Taket täcks i sin helhet av stjärnhimlen. Det är förbryllande att med huvudet bakåtlutat betrakta himlen, som är framställd som en – felvänd – spegelbild.

Antikens sätt att betrakta himlen utifrån kom att leva kvar på himmelskartorna under en lång tid framåt. Ett utmärkt exempel på detta är Andreas Cellarius' *Harmonia macrocosmica* från 1660. Verket är oöverträffat i sin praktfullhet. I verket beskrivs olika världssystem, planeternas positioner i solsystemet, stjärnbilderna. Största delen av bilderna är tecknade av Jan Janssonius för dennes egen *Atlas Maior*. I inledningarna till stora atlaserna framställdes i allmänhet först världssalltets struktur och himlen med hjälp av bilder och kartor. Johann Gabriel Doppelmajers atlas i fyra delar från 1742 innehåller också en omfattande kosmografi och stjärnatlas. Det heliocentriska systemet hade redan accepterats, men i enlighet med traditionen presenterades också tidigare konkurrerande system. Olika forskares kometteorier fick också en grundlig presentation.

11.1 Stjärnhimlen i taket i Villa Farneses kartsal. De mytologiska gestalterna är framställda på ett färgstarkt och detaljerat sätt. Konstnären är okänd. Bland bilderna har strötts ut stjärnor med mycket fri hand.

11.2 a-c Stjärnbilder i Villa Farnese: A. Den fjättrade Andromeda, drottning Cassiopeia och nedanför hjälten Perseus. B. Centauren jagar en varg med sitt spjut, C. Argonauternas skepp.

11.3 I Cellarius *Harmonia macrocosmica* syns jordklotet innanför en himmelssfär som täcks av stjärnbilder. Det har inte varit lätt att frångå traditionen att betrakta världen från paradiset.

11.4 a-c I Cellarius' atlas presenterades lika stilfullt både den a. geocentriska, b. heliocentriska och c. Tycho Brahes världsmodell.

11.5 Julius Schillers *Kristna stjärnhimmel* från 1627. I stället för antikens sagogestalter ses profeter, helgon och änglar sväva omkring. De tolv apostlarna har placerats på zodiaken. Den norra himlen avbildar Nya testamentet, den södra det Gamla. Argonauternas skepp är Noaks ark.

11.6 Halva himmelssfären kring vårdagjämningpunkten. Pegasus är ärkeängeln Gabriel, Lyran är Maria Magdalena på knä vid den heliga graven och Svanen är det kors som bärs av den Heliga Helena.

11.7 I Doppelmajers atlas framställdes hur planeterna rör sig sedda från Jorden. Merkurius och Venus pendlar i förhållande till Solen liksom barn i en gunga.

11.8 Doppelmajer publicerade i sin atlas också två tidiga kartor som han hade gjort av Månen med hjälp av ett teleskop. Till vänster Hevelius' (1647), till höger Ricciolis (1651) karta. Vid namngivningen av ytformationerna överfl yttade Hevelius Medelhavsregionen till Månen. Ricciolis gav de mörka områdena namn som Stormarnas Ocean (*Oceanus procellarium*) eller Molnens hav (*Mare nubium*).

12 Sjöfararnas longitudproblem

Allt sedan de stora upptäcktsfärderna hade positionsbestämningen varit ett problem för sjöfarten. Den geografiska latituden kunde man klarlägga med hjälp av stjärnobservationer, men longitudproblemet kunde man länge inte lösa. Det gällde också för sjöfararna att känna igen de obekanta stjärnorna på den södra stjärnhimlen. Nu måste kartorna förses med stjärnornas positioner och korrekta magnituder (ljusstyrkor) och de mytologiska bilderna minskade i betydelse. Kartorna ritades dock fortfarande som om man skulle betrakta himlen utifrån.

Även astronomin behövde allt mera exakta observationer. Dansken Tycho Brahe ledde i sitt observatorium ett målmedvetet observationsarbete under två årtionden. På basen av Tychos resultat fann Johannes Kepler sina lagar om planeternas rörelser och befäste den heliocentriska världsbilden. De uppgående stormakterna grundade observatorier för sjöfartens behov.

För att fastställa longituderna till havs utvecklades två metoder. Den ena byggde på att mäta månens exakta position i förhållande till stjärnorna, den andra på en kronometer som togs med på resan. Båda togs i bruk i mitten av 1700-talet. Galilei upptäckte fyra av Jupiters månar 1610. Han föreslog att man skulle använda Jupiters månsystem som en klocka, som skulle ses överallt, men på ett gungande fartyg kunde metoden inte tillämpas. Till lands har metoden däremot kommit mycket till användning.

12.1 Gestaltning av latitudens mätningsprincip i den nederländska Adriaen Metius' sjöfartsguide. Åbo akademis första matematikprofessor Simon Kexlerus studerade vid Franekers universitet under Metius.

12.2 Longitudens problem. Längdskillnaden utgörs av skillnaden mellan lokaltiderna på positionsorten och vid jämförelsemeridianen. Tiden på positionsorten kan bestämmas med sol- och stjärnobservationer. Under århundraden vardet i praktiken ett olösligt problem att veta tiden vid jämförelsemeridianen.

12.3 Tycho Brahes observatorium på ön Ven i Öresund. Där gjordes regelbundna observationer under två årtionden.

12.4 Genom att undersöka Tycho Brahes observationer utvecklade Johannes Kepler sina lagar om planeternas rörelser. Segerns gudinna höjer en lagerkrans för att hedra upptäckten av banellipsen. Bild från *Astronomia nova*, 1609.

12.5 a-b Observatorierna i Paris (a) och Greenwich i London (b) gr undades inkom för att lösa sjöfartens longitudproblem.

12.6 1609 riktade Galilei sitt teleskop mot himlen. På Månen upptäckte han en annan värld med berg och allt. Han upptäckte också fyra av Jupiters månar, vilkas förmörkelser han föreslog att skulle utnyttjas för att lösa longitudproblemet. På bilden några av Galileis månobservationer.

13 Stjärnhimlen sedd inifrån

Framställningstraditionen genomgick en förändring i början av 1600-talet. Tysken Johann Bayer utgav 1603 en stjärnatlas, där himlen betraktades inifrån, dvs. från

Jorden. I sin stjärnatlas Uranometria använde han sig av de 1005 stjärnorna i Tycho Brahes stjärnkatalog. Stjärnorna i varje stjärnbild utmärktes med små grekiska bokstäver i ljusstyrkeordning.

Fortsättning följde. Den framgångsrike ölbryggaren Johannes Hevelius och hans fru Elisabetha observerade stjärnors positioner och magnituder i det observatorium som de hade byggt i Danzig (Gdansk). Efter sin mans död publicerade Elisabetha Hevelius en katalog över mer än 1500 stjärnor, Prodrum Astronomiae, och en stjärnatlas på basis av denna 1690.

Den engelske kunglige astronomen John Flamsteeds energiska arbete i Greenwich gav ett ståtligt resultat. Hans efterföljare Halley publicerade en på Flamsteeds observationer baserad stjärnkatalog 1725 samt stjärnatlasen Atlas coelestis 1729. Det var först Flamsteed som vände upp och ner på himlens gestalter, så att "framsidan" visade sig mot betraktaren på jorden. Sedan dess har himlens klubbekrigare, Herkules, Orion m.fl. åter avbildats som högerhänta.

13.1 På Bayers atlas har himlen framställts inifrån. På bilden plockar Herkules, iförd det nemeiska lejonets fäll, äpplena från hesperidernas trädgård.

13.2 Orion i Uranometria svingar sin klubba med vänstra handen. Figuren är i den finska traditionen känd som Väinämöinsens lie, och även som Kalevas svärd.

13.3 Vattumannen håller vatten i Bayers atlas. Den mörkare remsan är zodiakens zon.

13.4 Perseus och Andromeda i Flamsteeds atlas. Gestalternas framsida är vända mot en betraktare på jorden.

14 Politiska besökare på stjärnhimlen

Ptolemaios hade i sin stjärnkatalog namngivit 48 stjärnbilder. Under tiden för Aristoteles obestridda auktoritet upptäcktes ingenting nytt och ströks ingenting. I och med den nya tiden började kartograferna skapa nya stjärnbilder, och namngav dem i många fall efter sina sponsorer. Svaga stjärnor i närheten av de klassiska stjärnbilderna hopades samman och kombinerades på nytt. På detta sätt har många stjärnbilder uppstått och försvunnit under historiens gång.

Enstaka stjärnbilder som namngivits efter Ptolemaios har förblivit bestående. Tycho Brahe skapade den svagt lysande stjärnbilden Berenikes hår, Heveliusarna stjärnbilden Jakthundarna och Sobieskis sköld. Den senare lever vidare som Skölden. Nära himlens nordpol finns stjärnbilden Giraffen, som består av ljussvaga stjärnor. Den uppstod 1614 och namngavs efter den kamel på vilken Rebecka i Gamla testamentet red till Isak. Kännedomen om djurvärlden i fjärran länder var tydligen inte så utbredd i Europa.

14.1 Kejsar Hadrianus favorit Antinous offrade sig själv för sin herre. Kejsaren upphöjde honom till himlen. Antinous har dock inte fått behålla sin plats på himlen.

14.2 Karl II av England grundade observatoriet i Greenwich 1675. Halley konstruerade Kung Karls ek till minnet av det träd där Karl gömde sig för Cromwells trupper.

14.3 Kung Georg II fick sitt namn på himlen när stjärnbilden Kung Georgs harpa

skapades av föreståndaren för observatoriet i Wien Maximilian Hell, som också var en pionjär inom den finskugriska språkforskningen.

15 Bollkontroll

Fastän de tvådimensionella himmelskartorna var oöverträffade när det gällde att praktiskt framställa både himlen och jordens yta, var klotkartorna fortfarande efterfrågade, ofta såsom maktsymboler eller uppseendeväckande inredningselement. Italienaren Vincenzo Coronelli förfärdigade allt större och mera dekorativa kartklot över både jorden och himlen.

15.1 Vincenzo Coronellis kartklot i Prunksaal (praktsalen) i det österrikiska nationalbiblioteket i Wien.

15.2 Remsor i Coronellis kartklot. Man kunde klippa dem isär och klistra dem på klotets yta. På remsan syns en del av Perseus, som håller Medusans huvud i sin hand. Coronellis bild är rätt vänd eftersom kartklotets himmel betraktas utifrån.

15.3 Den södra polen i Coronellis kartklot domineras av Kameleonten, Påfågeln, Lilla vattenormen och de Magellanska molnen.

16 Bugningar inför makten

Föreståndaren för observatoriet i Berlin Johann Elert Bode utgav 1778 en stjärnkatalog och utarbetade utgående från den en stor stjärnatlas Uranographia 1801. På atlasens tjugo uppslag introducerade han många stjärnbilder som hade föreslagits tidigare samt skapade också nya. Koordinatsystemet i Bodes atlas är fullständigt ekvatorialt, endast zodiakens båg med longitudskala har utmärkts.

16.1 a-b I början av sin atlas Uranographia gjorde Bode en allmän översikt över himlen på två kartor, vilkas medelpunkter var (a) höst- och (b) vårdagjämningpunkterna.

16.2 Bode införde många nyheter i sin atlas, bl.a. Renen (Rangifer), som Le Monnier hade skapat för att hedra gradmätningen i Tornedalen. Renen glänser inte mera på himlen.

16.3 Hell presenterade 1781 en ny stjärnbild, Herschels teleskop, för att hedra upptäckaren av den nya planeten Uranus. Bode införde den på sin karta och antecknade "13.3.1781" vid stället där Uranus hade upptäckts.

16.4 Mellan Örnen och Ormbäraren föreslogs stjärnbilden Poniatowskis tjur (Taurus Poniatovii) för att hylla den polska kungen. Denna stjärnbild förekommer inte mera på våra kartor.

16.5 Uppslaget domineras av jägaren Orion, Tjuren och Tvillingarna. Där finns också den engelska kungen Georg II:s harpa.

17 Söderns exotik, Argonauternas skeppsbrott och Luftpumpen

Upptäcktsfärderna öppnade den södra himlen för européerna. Nya observationer fick man från Halleys resa till Saint Helena och särskilt från fransmannen La Cailles färd till Godahoppssudden. I samband med det sistnämnda projektet lyckades också den finska

naturvetenskapliga forskningen knyta nya internationella kontakter. Nicolas Louis La Caille reste 1740 till Godahoppsudden för att kartlägga den södra himlen och för att mäta Månens och Solens avstånd från Jorden. Detta gjordes med en triangelmätning, vid vilken triangelns ena hörn placerades i spetsen av Sydafrika, det andra i Norden. Från Finland deltog observatorn Jacob Gadolin, senare professor och biskop i Åbo. Avståndet till Solen blev ännu inte tillfredsställande klarlagt, men projektet gav erfarenhet av internationellt samarbete.

Många av La Cailles stjärnbilder, såsom Tukanen och Taffelberget, passar helt naturligt på den södra himlen. Samtidigt introducerades också nya stjärnbilder med konstiga namn, såsom Elektricitetsmaskinen, Luftpumpen, den Kemiska ugnen (nuförtiden Ugnen) och olika konstnärsvärktyg, till och med i två olika urval. Nu introducerades Teleskopet, Teleskopets trådkors (numera Reticulum eller Rombiska nätet) och Mikroskopet, som i och för sig passade bra på himlen. De nya stjärnbilderna reflekterade upplysningstidens ideal på samma sätt som Varmluftsballongen. På den södra himlen gjordes också radikala nyorganiseringar. Den stora figuren i Argonauternas skepp spjälktes upp närmast för att underlätta katalogiseringen. På detta sätt tillkom Kölen, Akterskeppet, Seglet och Kompassen.

17.1 Till miljöförstörelsens minne: Den Ensamma trasten (*Turdus solitarius*). Le Monnier föreslog namnet för att hedra minnet av dodofågeln. Europeiska sjöfarare utrotade arten på ön Rodrigues i slutet av 1600-talet. Arten har försvunnit också från himlen.

17.2 Skeppet Argo var den största stjärnbilden. Från den har avskilts Skeppskompassen (*Pyxis nautica*), fastän argonauterna inte torde ha haft någon kompass. I upplysningens anda hedrades boktryckarkonsten med en egen stjärnbild.

17.3 Himlens sydpol omges av många varelser som på ett naturligt sätt passar in där, såsom Kameleonten, Södra korset, Paradisfågeln, Tukanen och Taffelberget (*Mons mensae*). Här finner man också Karls ek samt Magalhães' eller Magellans stjärnmoln, *Nubecula major* och *Nubecula minor*.

17.4 a-b Administrativa arrangemang på stjärnhimlen. Internationella astronomiska unionen (IAU) har fastställt stjärnbildernas gränser. På bilden Orions område enligt IAU:s stadgar. Bredvid den Orion i Bodes *Uranographia* från 1801.

18 Tidiga finländska kontakter med himlen

Man känner till förhistoriska rödmyllemålningar på strandklippor vid finländska vattendrag. Klippkonsten i Nordeuropa är i allmänhet ristad i sten. Som motiv har använts djur- och människogestalter, men abstrakta figurer förekommer också. Sådana här bilder har gjorts allt sedan stenålderns fångstkultur fram till bronsålderns odlingskultur. Det är svårt att tyda bilderna. Det har även föreslagits att en del av målningsfälten skulle föreställa stjärnhimlen. Man vet att stjärnhimlen i skapelseberättelserna och i beskrivningen av det egna ursprunget har en central roll hos många nordliga folk.

De äldsta kopplingarna till himmelska fenomen under finsk historisk tid hänför sig till tideräkningen och ordnandet av det kyrkliga livet. Den första bok som trycktes för Finland var mässboken för Åbo stift, *Missale aboense* 1488. Dess kalendariedel innehåller information som församlingens präst kunde använda för att räkna ut

tidpunkterna för påsken och andra rörliga högtider. Följande verk som behandlade tideräkningen var Mikael Agricolas Rucouskiria, som han skrev på finska 1544.

18.1 På en flat klippa i Soroka (Belomorsk) på västra stranden av sjön Onega finns en hållristning, som den estniska astronomen Heino Eelsalu har tolkat som en bild av himlen.

18.2 I samband med sin reform av kyrkan utgav Agricola sin Rucouskiria 1544. Med den ”naturliga” astrologins hjälp kunde man förutse vädret och sköta sin hälsa. Böneboken förutspådde utgående från himmelstecken, hurdana åtgärder man skulle vidta. Det fanns tre grader av spådomar, god, genomsnittlig och dålig. Överskriften lyder:

Ptolemeus

En vis man styrs av stjärnorna, som ger antydningar, men inte tvingar. Därför kan deras antydningar varna eller lindra förnuftet med råd och varningar. Sist och slutligen måste vi i allt vad vi gör förlita oss på Guds ord och följa detta.

19 Vad är det där för en stjärna, var är den och den stjärnan?

Med blotta ögat kan man se omkring 3000 stjärnor på en gång. När teleskopen blev större ökade antalet snabbt. En katalogisering och kartläggning av stjärnor som kunde urskiljas bara med teleskop blev nödvändig av två orsaker. Från och med början av 1800-talet började man i solsystemet hitta asteroider, som man måste hålla isär från stjärnorna. Avstånden till närliggande stjärnor har man kunnat mäta tillförlitligt sedan år 1838: till och med de närmaste stjärnorna befinner sig på flera ljusårs avstånd. Stjärnsystemet blev ett självständigt forskningsobjekt. Dittills hade det bara varit en bakgrund, framför vilken planeterna och kometerna framträdde.

I detta skede började också den finländska astronomin delta i kartläggningen av himlen. Åbo akademi fick ett observatorium till vars föreståndare utnämndes den framstående astronomen Friedrich Argelander. Efter Åbo brand 1827 flyttades universitetet till Helsingfors. År 1837 kallades Argelander till Bonns universitet. Efter att det nya observatoriet hade blivit färdigt där inledde Argelander ett stort stjärnkatalogiserings- och -kartlägningsarbete, som slutfördes 1863.

19.1 Åbo akademis observatorium blev färdigt 1819, och till dess observator utsågs 1823 Friedrich Argelander från Königsberg. Han hade på fädernet rötter i Savitaipale. I Åbo gjorde Argelander observationer med vilka han 1837 påvisade att solsystemet rör sig mot en punkt (apex) i stjärnbilden Herkules.

19.2 Friedrich Argelander (1799–1875) blev universitetets första professor i astronomi 1828. Målning av Peter Mazér.

19.3 Helsingfors universitetets observatorium uppfördes 1834 på Observatoriebacken i Helsingfors som ett samarbete mellan Argelander och Engel. På olika håll i världen, bland annat för det ryska centralobservatoriet i Pulkovo, som stod färdigt 1839, tog man modell av de banbrytande funktionella lösningarna i Helsingfors.

20 De stora stjärnkatalogernas tradition

Det framgick snart att bestämningen av stjärnornas exakta positioner och rörelser

krävde ett omfattande samarbete. Det astronomiska sällskapet i Tyskland startade 1869 på initiativ av Argelander ett program i vilket tretton observatorier deltog. Himlen delades in i zoner, och observatoriet i Helsingfors fick sin egen zon. Under arbetets gång observerades noggrant 144 218 stjärnors positioner. Katalogen, *Catalog der Astronomischen Gesellschaft*, utkom i femton delar under åren 1890–1910. Katalogiseringsarbetet utfördes i Helsingfors under ledning av professor Adalbert Krueger 1869–76. Medan arbetet pågick flyttade Krueger till Tyskland, och observationerna slutfördes där 1880 med ett instrument som var lånat från Helsingfors. De ca 30 000 zonobservationer som gjordes i Helsingfors och Gotha publicerades av Helsingfors universitet 1883 och 1885.

20.1 Adalbert Krueger (1832–1896), professor i astronomi vid universitetet 1862–76. Han kallades först till Gotha, sedan till föreståndare för observatoriet i Kiel. Målning av L. Bohnstedt.

20.2 Zonobservationerna gjordes med det stora passage-instrumentet vid Helsingfors observatorium.

21 Fotografisk stjärnkatalog och himmelskarta – Carte du ciel

Fotograferingskonsten revolutionerade astronomin, i och med att torremulsionen uppfanns 1871. Man fick nu genom långa exponeringar fram objekt som man tidigare inte hade kunnat se. Ett fotografi var också ett bestående dokument som kunde bevaras och utforskas upprepade gånger. År 1888 startades ett nytt program för en fotografisk stjärnkatalog och stjärnkarta, och det fick det franskspråkiga namnet *carte du ciel*, karta över himlen. I det internationella programmet deltog ursprungligen sju observatorier, av vilka det sydligaste var beläget i Melbourne och det nordligaste i Helsingfors. Det sistnämnda var med i programmet ända från början under ledning av professor Anders Donner. Ett nytt torn för ett teleskop utrustat med kamera byggdes 1890.

Det krävdes 1008 bilder för att kartlägga Helsingfors hela himmelszon. De tog två årtionden att fotografera dem alla. Mätningen av plåtarna och framställningen av katalogen tog ett halvt århundrade. Uppgiften var mera arbetsdryg än man först trodde, och det var många observatorier som lämnade projektet. Helsingfors observatorium var länge det enda som hade publicerat en helt färdig stjärnkatalog. Kartorna gjordes inte i Helsingfors, en del gjordes av olika observatorier, även om dessa inte själva var med och producerade katalogen.

Man hoppades att utarbetandet av den stora stjärnkatalogen och kartan skulle producera material för utforskningen av stjärnsystemets struktur och dynamik. Trots sin omfattning innehöll den inte tillräckligt med stjärnor, och man behövde få med också ljussvagare och mera avlägsna stjärnor. Forskningsresultaten om stjärnornas distribution i rymden har erhållits på basis av material av ett annat slag. Helsingfors zon har fotograferats på nytt och genom att jämföra med gamla plåtar har man kunnat undersöka stjärnors egenrörelser samt räknat ut avstånd baserade på statistiska rörelser.

21.1 Anders Donner (1854–1938), professor i astronomi vid Helsingfors universitet 1883–1915.

21.2 Arbetena med det fotografiska teleskopet vid Helsingfors observatorium inleddes

1890.

21.3 Helsingfors observatoriums katalogplåt nr 908. Bildområdet är i Svanens stjärnbild i Vintergatans bälte. Antalet stjärnor är stort. Bilden är exponerad tre gånger för att stjärnorna skall urskiljas från emulsionsfelen. Donner har tagit bilden 3.9.1895.

22 De stora fotografiska himmelskartorna

Kartläggningen av himlen genom fotografering kom i gång, när esten Bernhard Schmidt på 1930-talet utvecklade ett fotograferingsteleskop, i vilket bildfältet var brett och de optiska bildfelen korrigerade. I Finland kom Yrjö Väisälä fram till samma tekniska lösning. Efter andra världskriget skaffades en stor Schmidt-kamera till Palomar-observatoriet. Med den sammanställdes 1950–1958 himmelsatlasen National Geographic Society – Palomar Observatory Sky Survey och *Palomar Sky Atlas*.

Liksom flera gånger tidigare, ville man efter att Palomars atlas hade blivit färdig också ha en sydlig motsvarighet till denna. En sådan atlas utarbetades i samarbete mellan Australien och det Europeiska sydobservatoriet i Chile. Tack vare teknikens snabba utveckling beslöt man i början av 1980-talet att förnya den fotografiska kartläggningen av himlen på det blåa, det röda och det infraröda våglängdsområdet. Den nya digitaliserade stjärnkartan *Palomar Observatory Sky Survey II (POSS II)* finns tillgänglig på nätet. Dess södra del är fotograferad i Australien. Helheten är känd under namnet *Digitized Sky Survey, DSS*, och den upprätthålls av bl.a. det amerikanska forskningsinstitutet Space Telescope Science Institute, som administrerar rymdteleskopet Hubble.

22.1 Stjärnmoln i Skytten i E. Barnards atlas 1927.

22.2 a-b Från berget Palomar fotograferades himlen två gånger, på blåkänsliga (a) och rödkänsliga (b) plåtar. Utgående från plåtarna sammanställdes *Palomar Sky Atlas*. Materialet har varit av central betydelse för utforskningen av universums struktur och utveckling. Bild i riktning mot Vintergatans rotationspol med ett stort antal galaxer.

23 Stjärnkartor och himmelsguider för amatörer

I Finland har astronomin och universum intresserat allmänheten redan under flera generationer. Hos oss läste man tidigare mycket svenskspråkig populariserad astronomisk litteratur: det kändaste verket torde vara den svenska översättningen av fransmannen Camille Flammarions *L'Astronomie populaire*, skriven 1880.

Snart började det göras stjärnguider också i vårt land, till och med en Kalevala-stjärnkarta 1882. En av föregångarna inom det vetenskapliga upplysningsarbetet i Finland, överläraren i matematik vid finska normallyceet Ernst Bonsdorff utgav 1899 boken *Tähtitiede*. Traditionen har levt vidare starkt.

23.1 Ernst Bonsdorff redogjorde i sin bok *Tähtitiede* för de nyaste rönen om universum, även observationer av stjärnors rörelse på himlen.

23.2 Ernst Bonsdorff beskrev i bokens färgbilaga dubbelstjärnor, vilkas komponenter har olika färg.

23.3 I Ilmari Bonsdorffs *Tähtitiede* framställs den norra stjärnhimlen i sina huvuddrag.

23.4 Ilmari Bonsdorff åskådliggjorde i sin bok *Tähtitiede* stjärnbilderna kring himmelspolen samt sevärda objekt under olika årstider. På bilderna Karlavagnen och Lilla Karlavagnen.

23.5 I bilagan till julnumret av tidskriften *Nuori Voima* 1928 fanns en planisfärstjärnkarta som man kunde klippa ut och klistra. När datumet och klockslaget vänds mot varandra ser man i öppningen stjärnhimlen i rätt position.

24 Vetenskapligt upplysningsarbete och amatörastronomer

Det vetenskapliga upplysningsarbetet blomstrade i Finland också vid tiden för andra världskriget och har sedan dess gått starkt framåt. I *Tietojen kirja* i sex band presenterades trettio olika vetenskapsområden allt från historia till fysiologi. Nästan varje kurs fortgick från band till band. Den astronomiska delen skrevs av den flitiga popularisatorn Eyvind Sucksdorff. Under årtiondenas lopp har flera inhemska stjärnkartor utkommit. Dessutom står rikligt med utländska handböcker och himmelskartor till amatörastronomernas förfogande.

24.1 Till den erfarna amatörastronomens kunskapskällor har hört tjecken Antonín Bečvář's *Atlas coeli Skalnate Pleso 1950.0* (gränsmagnitud 7,75) och dess katalog *Catalogue 1950.0*. Olika färger har använts för att särskilja olika typer av objekt.

24.2 På *Skalnate Plesos* atlas har galaxerna utmärkts med rött. Nedanför Karlavagnen i riktning mot Jakthundarna och Berenikes hår finns det rikligt av dem.

25 Himmelsbilderna av idag

I stället för det traditionella fotograferandet har vi fått elektronisk lagring och digital bildbehandling. De digra katalogerna utkommer inte mera som tjocka volymer, utan i elektronisk form. I stället för tryckta kartor har vi fått fram sådant material som användaren själv kan bearbeta beroende på en hurudan grafisk framställning han eller hon behöver. Samtidigt har det blivit möjligt att observera världsalltet utanför jordens atmosfär på den elektromagnetiska strålningens alla våglängder. Sålunda kan man undersöka strukturer och fysikaliska fenomen av olika energinivåer, temperaturer, densiteter och hastigheter. Samtidigt har förmågan att urskilja detaljer förbättrats med svindlande fart.

Rymdsonderna har förändrat kartläggningen av vårt solsystem så att denna har blivit lik den geofysikaliska eller geologiska kartläggningen. Nya planetystem upptäcks med jämna mellanrum. Numera kan man med hjälp av bilderna av himlen se allt djupare in i världsalltet, och detta gäller både tid och rum. Vi kan blicka bakåt nästan ända till universums uppkomst. För vår blick har avslöjats en helhet, som ständigt förändras både till sin struktur och sitt innehåll. Från en rätt diffus början har världsalltet under 13 miljarder år utvecklats en häpnadsväckande stor mångfald. Som en följd av denna har också livet kunnat uppstå.

25.1 Dagens himmelsbilder visar oss ett dynamiskt universum som hela tiden förändras. På bilden Kattögnnebulosan NGC 6543.

25.2 I stjärnornas barnkammare. I de interstellära gas- och stoftmolnen uppstår hela

tiden nya stjärngenerationer. M 16.

25.3 Kartor från olika våglängdsområden berättar om vår Vintergatas struktur och om hur olika utvecklingsstadier av materian fördelas i stjärnsystemet. Bilder tagna med rymdteleskopet Spitzer.

25.4 Fördelningskartan över två miljoner galaxer berättar, att galaxerna i universums stora struktur är placerade liksom i såpbubblors väggar.

25.5 Den avkylda efterglöden av Big bang. Mikrovågsstrålningen från himlen motsvarar en temperatur som är tre grader över den absoluta nollpunkten. Strålningen härstammar från ett universum som är några hundra tusentals år gammalt.

25.6 I Solen lyfts heta gasbågar högt upp av magnetiska krafter.

25.7 Även galaxerna påverkar varandra.

25.8 När vi ser långt bort, blickar vi bakåt i tiden. Numera når blicken nästan ända fram till universums begynnelse för knappt 14 miljarder år sedan.