CHALMERS

Onsala rymdobservatorium

SOLUR OCH SFÄRISK ASTRONOMI

Här beskrivs hur man bygger ett **solur**, men först kommer en ganska lång introduktion till **sfärisk astronomi**. Läs den först, eftersom den ligger till grund för förståelsen av hur ett solur fungerar. Här finns också en mer kortfattad beskrivning av solur. Texterna, både om sfärisk astronomi och om solur, är skrivna av Christer Andersson vid Onsala Rymdobservatorium.

CHALMERS

Onsala rymdobservatorium

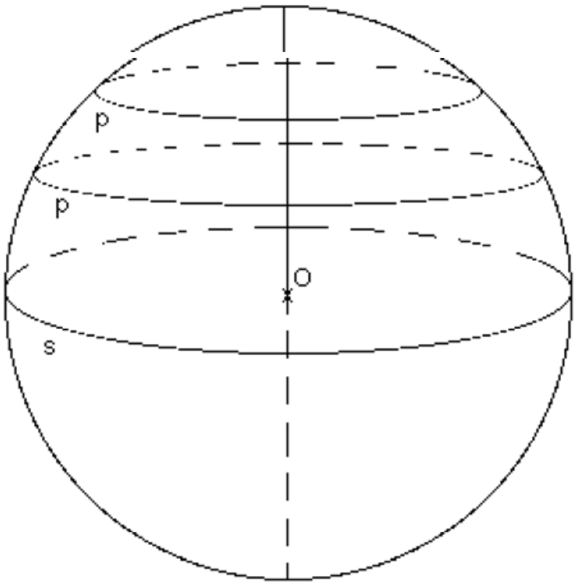
SFÄRISK ASTRONOMI

För dem som vill kombinera teoretiskt och praktiskt arbete har vi sammanställt en inledning här nedan till sfärisk astronomi, viktigt för att kunna förstå solur. Sfärisk astronomi handlar om hur man hittar på himlen. Detta ligger t.ex till grund för hur man ställer in ett radioteleskop mot en radiokälla. Vi har lagt ner särskild möda på att utforma denna inledning med så litet matematik som möjligt utan att för den skull förenkla teorin. Mer än kännedom om de fyra räknesätten och regula-de-tri behövs ej. Däremot erfodras en skärpt hjärna vid genomläsningen. Här gäller det att hålla reda på soltider, stjärntider och olika korrektioner. Använd penna och papper och anteckna mycket.

För att kunna förstå solur måste vi ha kännedom om några olika koordinatsystem på himmelssfären.

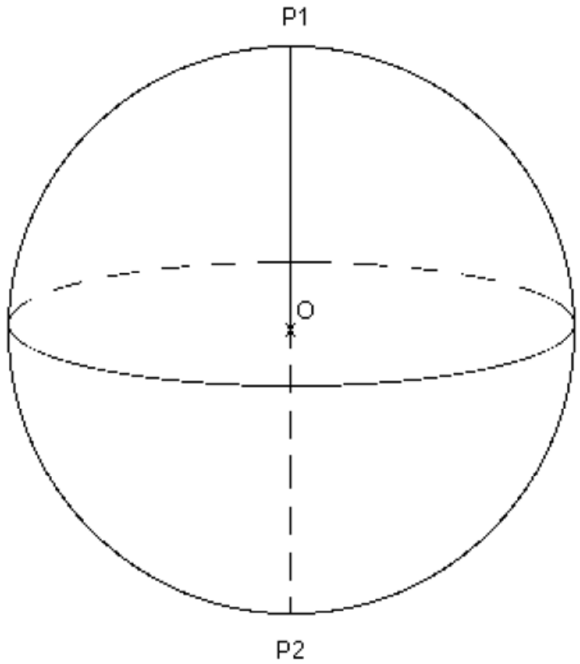
Först måste vi veta vad som menas med en **cirkel** och en **sfär**! En cirkel består av punkter i ett plan som alla har samma avstånd till en given punkt, nämligen cirkelns medelpunkt. En sfär består på liknande sätt av punkter i rymden som alla har samma avstånd till en given punkt, nämligen sfärens centrum.

Storcirkeln är mycket viktig! Om man lägger ett plan genom sfärens centrum O, skär den ut en storcirkel på sfären! Se figuren nedan. Alla andra cirklar kallas **parallellcirklar** eller ibland **lillcirklar.**



Storcirkel (s) och parallellcirklar (p)

Varje storcirkel har två poler! Om man i sfärens medelpunkt O, drar normalen till ett plan som går genom sfärens medelpunkt, så skär normalen sfären i två punkter som kallas poler, P1 och P2, till den storcirkel som skärs ut av planet!



Varje storcirkel har två poler

En storcirkel definierar alltså två poler. Det räcker emellertid med en pol för att bestämma den tillhörande storcirkeln. Drag nämligen linjen mellan polen och sfärens centrum. Låt denna linje vara normal till ett plan som går genom sfärens centrum. Detta plan skär då ut den sökta storcirkeln!

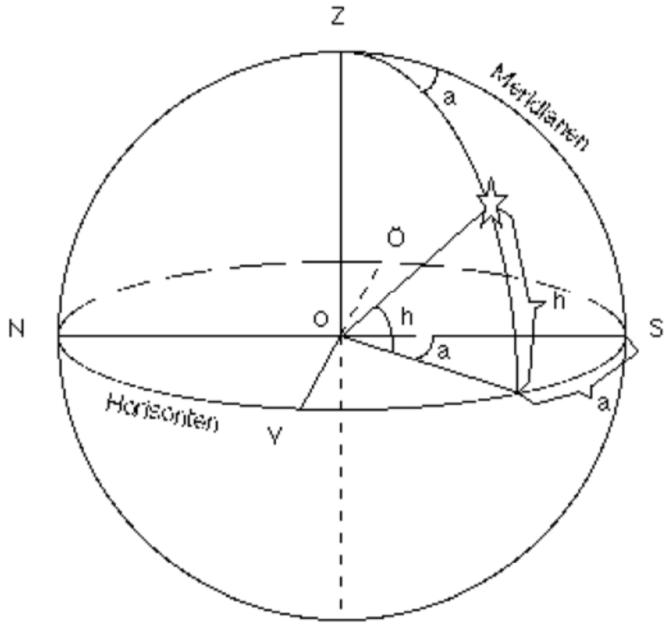
Eftersom vi tycker att vi befinner oss i mitten på en sfär, himmelssfären, skall vi visa att det räcker med två vinkelkoordinater för att ange läget av en himlakropp! Vi bryr oss endast om riktningen ej avståndet! Alla stjärnor befinner sig på samma avstånd på himmelssfären i våra koordinatsystem!

Följande är mycket viktigt:

I varje koordinatsystem skall finnas ett grundplan, en utgångspunkt på storcirkeln, en riktning och två koordinater.

Horisontalsystemet:

Grundplan:	Horisontalplanet
Utgångspunkt:	Sydpunkten
Riktning:	Från sydpunkten i horisonten mot väster
Koordinater:	Azimut (a) och höjd (h)



Azimut (a) och höjd (h) för en stjärna. Z = zenit, som är horisontens ena pol. Den andra polen heter nadir.

Hur bestäms **horisontalplanet**? Inte ens på en klippa vid havet med fri horisont går det att använda sig av horisonten för att bestämma horisontalplanet, långt mindre i terräng med höga berg och djupa dalar! Anledningen till att det inte går att använda sig av horisonten, är att vi måste bestämma horisontalplanet på ett vetenskapligt sätt. Det betyder att vem som än gör observationen så måste man komma till samma svar (inom vissa felgränser förstås). Därför kan man inte bestämma horisontalplanet genom att stå på klippan vid havet och påstå att havshorisonten är den storcirkel som horisontalplanet skär ut på himmelssfären. En lång person ser nämligen längre bort än en kortare person och därmed en annan horisont, fastän de står på samma plats!

Ange en metod att bestämma horisontalplanet på ett vetenskapligt sätt! Fundera först innan du läser svaret.

Svar: Bestäm polen Z (**zenit**), till horisonten. Det gör vi genom att binda fast en sten i ett snöre och i tanken förlänga snöret uppåt tills det träffar himmelssfären. Eftersom det räcker med en pol för att bestämma tillhörande storcirkel har vi nu bestämt denna oberoende av vem som håller i snöret. Den horisont vi nu bestämt kallas astronomisk horisont. Observera, att denna har en ganska intressant egenskap! Står det nämligen ett berg alldeles intill vår ort så drar berget med sin tyngdkraft teoretiskt till sig stenen en aning. Spränger vi bort berget får vi alltså en annan horisont!

Zenit är nu fastlagd, men vi har **sydpunkten** kvar att bestämma. Vi skall ju räkna koordinaten längs horisonten från söder mot väster! Vi väntar med att bestämma sydpunkten med hjälp av observationer tills vi går igenom ytterligare ett koordinatsystem (ekvatorssystemet). Därför märker vi nu endast ut väderstrecken i vår figur!

Man tänker sig nu, att man själv befinner sig i sfärens mittpunkt (vid O). Drag nu en storcirkelbåge från zenit genom stjärnan till horisonten. Observera, att eftersom det är en storcirkelbåge blir skärningen mot horisonten 90 grader! Azimuten räknas från söder mot väster utefter horisonten till skärningen, från 0-360 grader, och höjden från 0-90 grader från horisonten till stjärnan längs storcirkelbågen mot zenit. Under horisonten räknas höjden negativ. Både azimut och höjd kan räknas såväl från sfärens mittpunkt som på bågarna. Storcirkelbågen som går genom horisontens nord- och sydpunkt och genom zenit kallas för meridianen.

Horisontalsystemet är inte praktiskt att använda om man vill ange stjärnornas koordinater i en tabell, eftersom både azimut och höjd ändras med tiden. De är dessutom olika för olika orter. Solen står ju till exempel inte i meridianen (azimut=0) samtidigt både i Stockholm och Göteborg. I detta fall är ekvatorssystemet bättre.

Himmelsekvatorn fås om man lägger ett plan genom jordens ekvator. Planet skär då himmelssfären längs himmelsekvatorn. Observera, att vi som pekar ut stjärnan fortfarande befinner oss i mitten av sfären, men egentligen står vi ju på jordens yta, så jordekvatorn borde inte gå genom sfärens mittpunkt!

Emellertid är avståndet från jordens yta till dess centrum försvinnande litet i förhållande till avståndet till stjärnorna på himmelssfären. Därför kan man anse att både observatören och mittpunkten på jorden är i himmelssfärens centrum. Sådana approximationer är mycket vanliga inom astronomin, men går inte att tillämpa om man observerar närliggande objekt som jordsatelliter och vår egen måne t. ex.

Ekliptikan är den storcirkel som solen följer under året på sin skenbara bana runt jorden på himmelssfären. Den lutar 23,5 grader mot himmelsekvatorn.

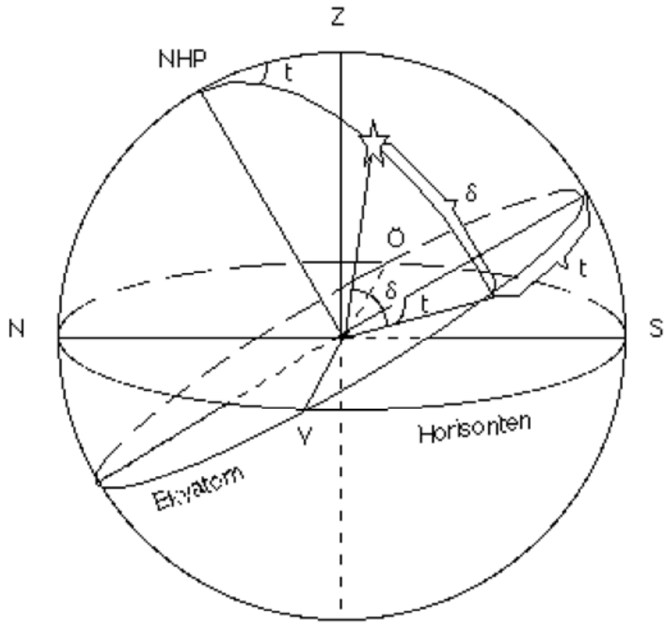
Vårdagjämningspunkten är skärningspunkten mellan ekliptikan och himmelsekvatorn, där solen övergår från den södra till den norra himmelssfären. Den andra skärningspunkten kallas höstdagjämnings-punkten. Dessa skärningspunkter (noder) följer alltså med himmelssfärens dagliga rörelse (som beror på jordens vridning kring sin axel!).

Kan du rita en figur som visar att dagarna blir längre och nätterna kortare på norra halvklotet när solen passerat vårdagjämningspunkten? Det motsatta gäller när solen passerar höstdagjämningspunkten.

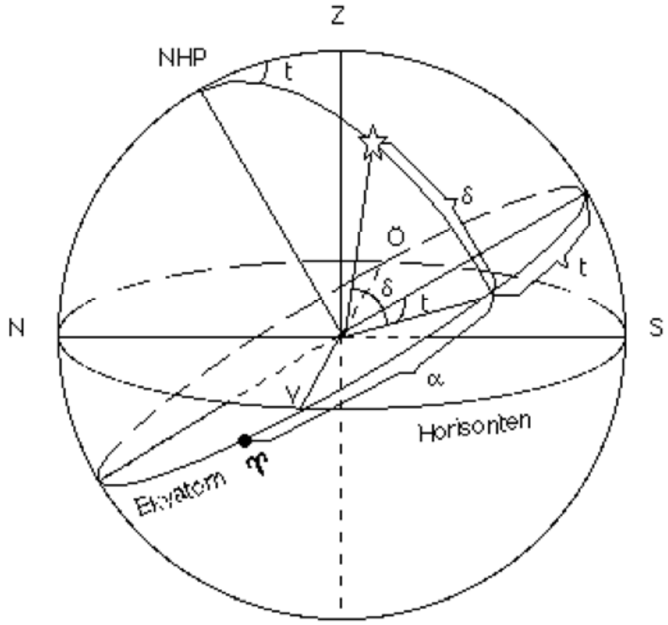
Hur står solen i förhållande till vårdagjämnings- och höstdagjämningspunkterna vid sommarsolstånd och vintersolstånd?

Ekvatorsystemet:

I	Grundplan	Himmelsekvatorns plan.
	Utgångspunkt	Sydpunkten.
	Riktning	Från sydpunkten på himmelsekvatorn mot väster.
	Koordinater	Timvinkel (t) och deklination (delta)
II	Grundplan	Himmelsekvatorns plan
	Utgångspunkt	Vårdagjämningspunkten
	Riktning	Från vårdagjämningspunkten på himmelsekvatorn i motsatt riktning som timvinkeln.
	Koordinater	Rektascension (alfa) och deklination (delta).



Timvinkel (t) och deklination (delta) för en stjärna. NHP = norra himmelspolen.



Rektascension (alfa), timvinkel (t) och deklination (delta) för en stjärna.

Timvinkeln och rektascensionen mäts utefter ekvatorn från 0-24 timmar och deklinationen mäts från ekvatorn till stjärnan längs storcirkelbågen som går genom stjärnan till himmelspolen. Deklinationen räknas från 0-90 grader och är positiv på norra himmelssfären och negativ på södra.

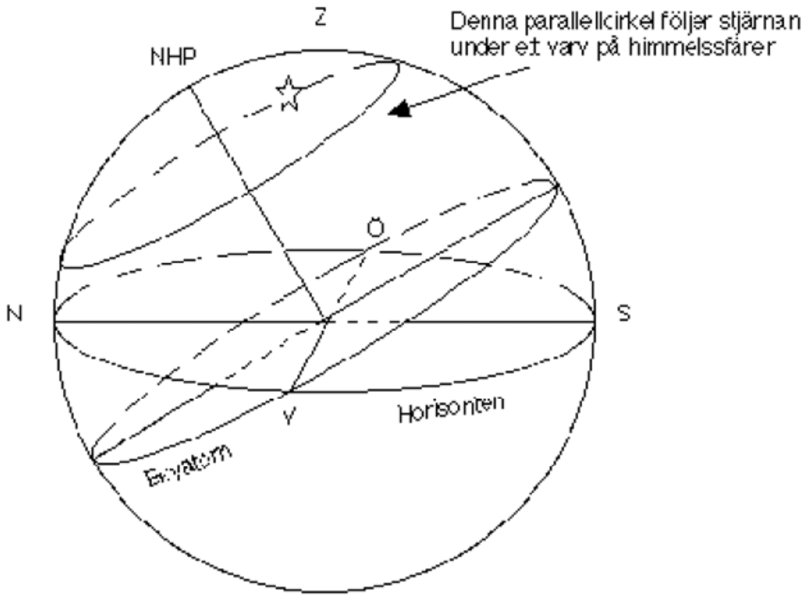
Anledningen till att man har två olika alternativ att mäta koordinaten längs himmelsekvatorn, beror på att timvinkeln (t) växer med den dagliga rörelsen, medan däremot rektascensionen (alfa) är uppmätt relativt en punkt som medföljer stjärnhimlen i dess kringvridning och därför ej ändrar sig.

Ekvatorssystem I är lämpligt att använda när man skall observera en stjärna med ett teleskop som har ekvatoriell montering. Med det menas att teleskopets ena axel är parallell med jordaxeln. Dess lutning mot horisonten beror alltså på teleskopets latitud! Teleskopets andra axel är vinkelrät mot dess första.

Förstår du varför ett ekvatoriellt monterat teleskop är en enkel montering för att hålla ett teleskop inriktat mot en stjärna under en längre tid? Tänk först innan du läser svaret nedan.

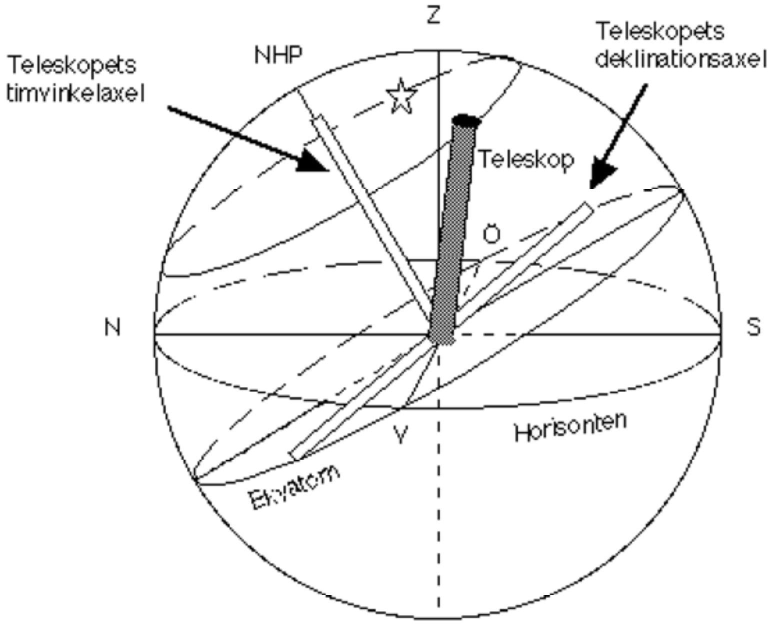
Svar: Teleskopet är ju förankrat i marken och därför är det bra att ha söder som utgångspunkt. Det är en punkt som är fix och som är lätt att nollställa teleskopets timvinkelskala på. Vrider man dessutom in teleskopet mot stjärnan behöver man inte ändra teleskopets deklination med tiden. Teleskopet följer ju en parallellcirkel till himmelsekvatorn på himlen därför att stjärnans rörelse på himmelssfären beror på jordens dagliga vridning runt sin axel.

Om teleskopet är ekvatoriellt monterat kan vi alltså lätt följa en stjärna genom att montera en motor som vrider teleskopet runt sin axel lika fort som jorden roterar kring sin axel men i motsatt riktning.Teleskopets axel är parallell med jordaxeln!



En stjärnas rörelse på himmelssfären beroende på jordens dagliga rotation.

Teleskopets timvinkelaxel vrider sig i figuren runt jordaxelns förlängning. Egentligen är den parallell med jordaxeln men eftersom avståndet från teleskopet till jordens centrum är försumbart i förhållande till teleskopets avstånd till stjärnorna kan man säga att teleskopet befinner sig i jordens mittpunkt.
Teleskopets deklinationsaxel vrider teleskopet i höjd relativt ekvatorn.

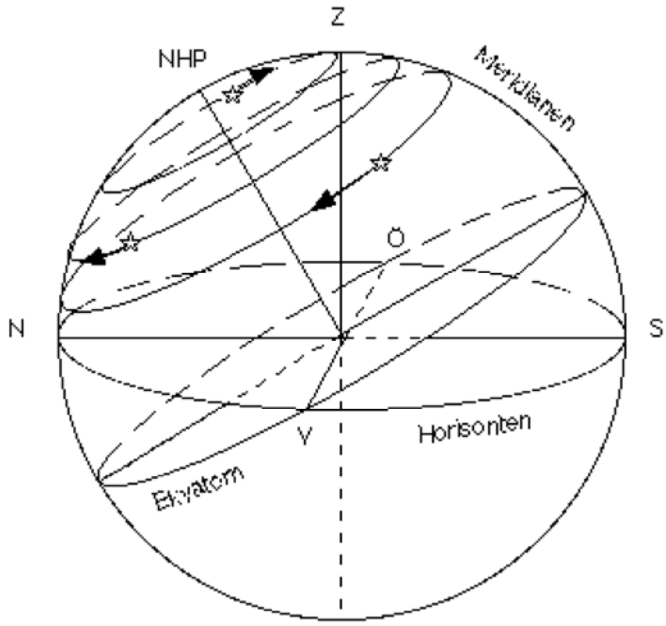


Teleskopets timvinkelaxel och deklinationsaxel.

Nu återkommer vi till frågan om hur väderstrecken kan bestämmas med en vetenskaplig metod. En kompass ligger nära till hands att tänka på men en sådan har alltid en missvisning och visar definitivt fel om man står intill ett ställe där det finns järnmalm eller liknande som kan påverka kompassen. Den avstår vi ifrån.

Försök fundera ut en bättre lösning innan du läser svaret nedan:

Svar: Vi måste bestämma läget av norra himmelspolen! Detta kan vi göra genom att alla stjärnor rör sig i parallellcirklar till himmelsekvatorn. Centrum för alla dessa cirklar är norra himmelspolen. Lättaste sättet att göra denna observation är att montera en kamera med öppen slutare mot riktningen till polen en klar natt. När vi väl har bestämt läget av norra himmelspolen drar vi en storcirkel genom zenit och norra himmelspolen. Denna storcirkel kallas meridianen och skär horisonten i två punkter. Den punkt som ligger på samma sida om zenit som norra himmelspolen kallas för norr och den andra för söder.



Norra himmelspolen.

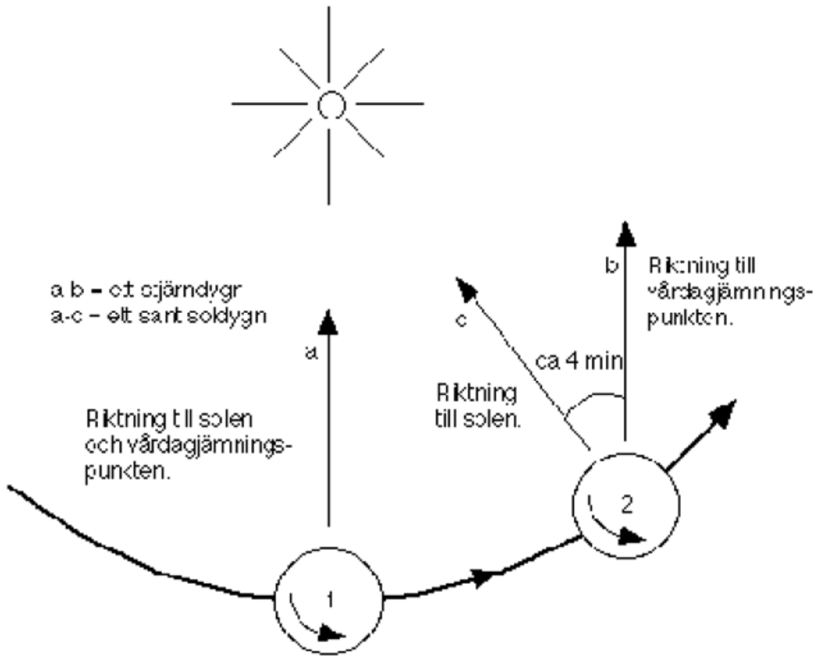
Ekvatorssystem II är lämpligt att använda när man skall föra in stjärnans koordinater i en tabell. Bägge koordinaterna (rektascension och deklination) är nämligen fixa i detta system!

Vi skall nu övergå till hur man hittar ett himmelsobjekt med hjälp av dess koordinater. Då måste vi definiera vad som menas med stjärntid som är ett mycket viktigt begrepp inom astronomin!

Stjärntiden är vårdagjämningspunktens timvinkel och betecknas med teta.

Vårdagjämningspunkten har en timvinkel som räknas från söder mot väster längs himmelsekvatorn fram till vårdagjämningspunkten. Denna timvinkel kallar vi för stjärntiden. Vårdagjämningspunktens timvinkel rör sig med jämn hastighet utefter himmelsekvatorn och kan därför användas som klocka.

Stjärntidsdygnet är nästan 4 minuter kortare än soldygnet eftersom solen rör sig bland stjärnorna (dvs i förhållande till vårdagjämningspunkten). Kan du förklara detta med en figur? Tänk över detta och läs sedan svaret nedan.



Stjärntidsdygnet är kortare än soldygnet.

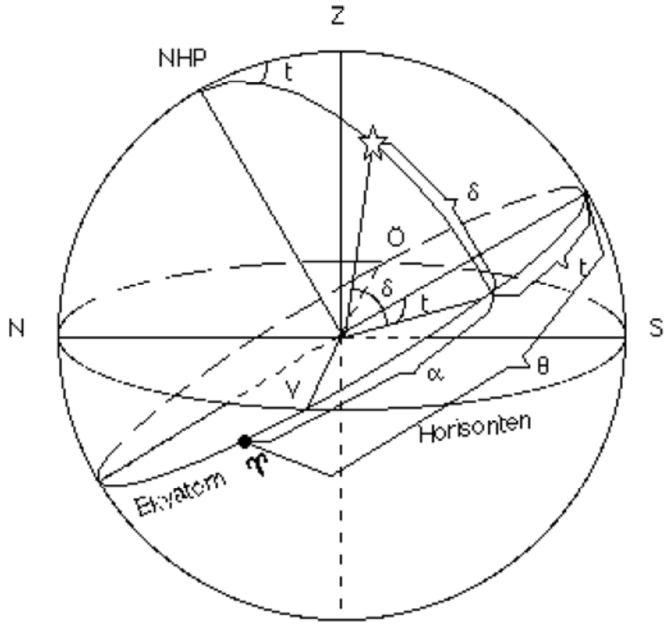
Observera, att vårdagjämningspunkten ligger så långt borta att riktningen till den är oförändrad när jorden rör sig runt solen!
När jorden i den årliga rörelsen flyttat sig från läge 1 till läge 2 har den samtidigt vridit sig ett helt varv i förhållande till stjärnorna. Därefter måste jorden vrida sig ytterligare något för att ha vridit sig ett helt varv i förhållande till solen. Därför är stjärndygnet något kortare än soldygnet!

Följande gäller:

24^t medelsoltid = 24^t 03m 56,s 555 stjärntid
24^t stjärntid = 24^t - 03m 55,s 909 medelsoltid

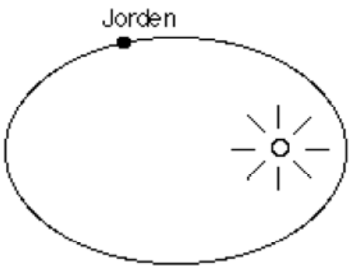
I figuren nedan är förutom stjärntiden, som är vårdagjämningspunktens timvinkel, även rektascensionen och timvinkeln utsatta för en stjärna som vi vill hitta på himlavalvet. Ur figuren fås det mycket viktiga sambandet att teta = alfa + t

Stjärntiden är lätt att få reda på med hjälp av Den Svenska Almanackan. Där finns för varje dag stjärntiden vid 0 timmar medelsoltid för Stockholm.



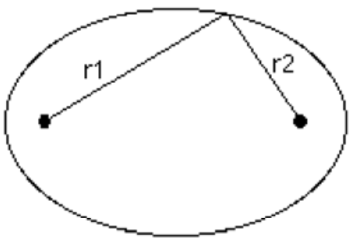
Stjärntiden, samt rektascensionen och timvinkeln för en stjärna.

Nu stöter vi på ett nytt begrepp, **medelsoltid**. Jordens bana kring solen är inte helt cirkelrund. Den har formen av en ellips med solen i ena brännpunkten.



Jordens bana runt solen är elliptisk.

En ellips får man om man sätter ut två punkter på ett papper och sedan ritar ut alla punkter vars sammanlagda avstånd till de två punkterna är konstant. I figuren nedan betyder det att r1 + r2 = konstant.



Så här kan man konstruera en ellips.

De två punkterna kallas **brännpunkter** eftersom det kan visas att en stråle utgående från ena brännpunkten reflekteras mot ellipsen till den andra brännpunkten.

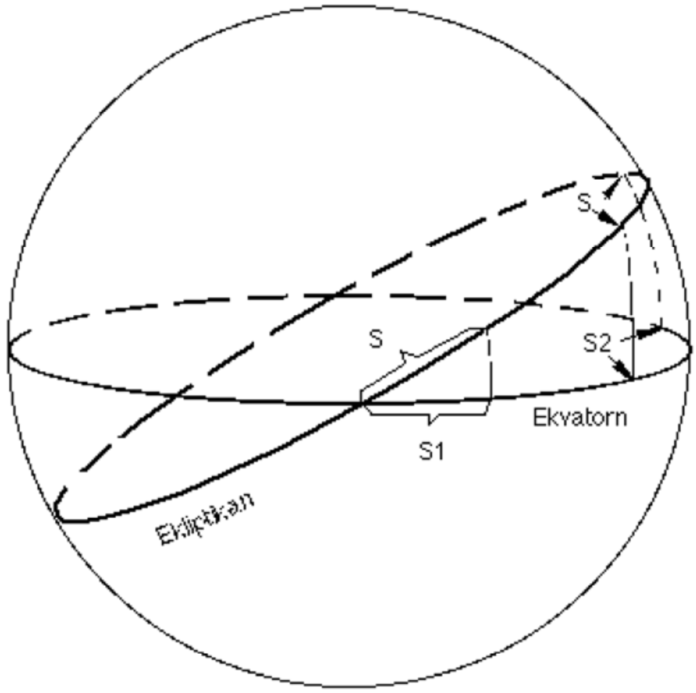
Rita ut en ellips på ett papper. Det gör du enklast genom att binda fast ett snöre i två häftstift som du sätter fast i brännpunkterna. Sträck sedan snöret med en blyertspenna och rita ut ellipsen. Snörets längd är konstant vilket är detsamma som att r1 + r2 också är konstant. Lägg en speglande plastremsa längs ellipsen. Lys med en ficklampa som ger en riktad ljusstråle från ena brännpunkten så ser du att den reflekteras mot den andra brännpunkten.

Johannes **Kepler**, som var lärjunge till Tycho Brahe, formulerade tre berömda lagar för planetrörelsen. Den första av Keplers tre lagar som publicerades 1609 lyder:

- Varje planets bana är en ellips i vars ena brännpunkt solen befinner sig.

Under det halvår då jorden är närmare solen går jorden snabbare i sin bana på grund av att solens dragningskraft på jorden då är större. Detta medför att solens rörelse på ekliptikan inte är likformig. Men även om solens rörelse skulle vara likformig på ekliptikan skulle solens timvinkel (som mäts på ekvatorn) ändå beskriva en olikformig rörelse. Dvs. en timme skulle inte vara lika lång på sommaren som på vintern.
Kan du visa det med en figur? Tänk över detta innan du läser svaret nedan.

Ur figuren fås att samma sträcka S vid två olika ställen på ekliptikan är olika lång då den projiceras på himmelsekvatorn där timvinkeln mätes!



S är inte lika lång som S1 men ungefär lika lång som S2!

Den sol vi ser på himlen kallar astronomerna den sanna solen och den tid som den sanna solen visar kallas för **sann soltid**.

sann soltid = sanna solens timvinkel + 12 tim.

Eftersom det är opraktiskt med en tid som har timmar som inte är lika långa på sommaren som på vintern har man infört begreppet **medelsoltid**. Medelsoltiden grundar sig på en fiktiv sol som går med jämn hastighet längs himmelsekvatorn medan däremot den sanna solen går med ojämn hastighet längs ekliptikan. Medelsoltiden är alltså en likformigt löpande tid, där de årliga ojämnheterna i solens skenbara rörelse på himmelssfären utjämnats med **tidsekvationen**. Tidsekvationen är angiven i **Den Svenska Almanackan** för varje dag. Tidsekvationen anger den tid man skall lägga till en orts medelsoltid för att erhålla den sanna soltiden. Den varierar mellan ca + 16 min. och - 14 min. Det kan vara intressant att veta, att man på medeltiden, t. ex i kloster, hade olika långa timmar för dagar och nätter. Eftersom dygnet indelades i 12 ljusa timmar och 12 mörka timmar ändrades längden på dessa under året.

Innan järnvägen byggdes mellan Göteborg och Stockholm hade varje ort sin egen medelsoltid. Den skiljer sig för olika orter. Varför? Fundera först, och läs sedan svaret nedan.

Svar: Solen står inte i meridianen i t. ex. Stockholm och Göteborg samtidigt!

Eftersom man lätt kan tänka sig vilket besvär det blev när tidtabellerna för tågen skulle göras då varje station hade sin egen tid, så införde man samma tid för hela Sverige. Sveriges tidsmeridian ligger 15 grader öster om Greenwich och går i det närmaste genom Karlshamn, Eksjö, Motala, Nora, Leksand och Östersund.

Denna tid kallades förr svensk borgerlig tid men heter numera svensk normaltid och är alltså medelsoltiden för dessa orter. Orter som inte ligger på sveriges tidsmeridian har alltså en medelsoltid som skiljer sig från svensk normaltid.

Skillnaden mellan svensk normaltid och en orts medelsoltid kallas för tidsskillnad. Göteborgs tidsskillnad är +12 minuter och Stockholms tidsskillnad är -12 minuter.

Man talar också om tidsskillnaden mellan två orters medelsoltid. Tidsskillnaden mellan Göteborg och Stockholm är 24 minuter.

Vi är nu mogna att sammanfatta våra studier i några användbara formler!

Sann soltid = T_s
Den sanna solens timvinkel = t_s
Medelsoltid = T_m
Tidsskillnad = T_{sk}
Tidsekvation = T_{ek}
Svensk normaltid = T_n

Vi har visat att:
$T_s = t_s + 12^t$
$T_m = T_s - T_{ek}$
$T_n = T_m + T_{sk}$

Dessa tre ekvationer kan sammanfattas i:

$T_n = t_s + 12^t - T_{ek} + T_{sk}$

Med hjälp av denna formel kan svensk normaltid fås med hjälp av den sanna solens timvinkel.

Räkna ut svensk normaltid då solens timvinkel i Göteborg är 1 tim. 15 min och tidsekvationen är +8 min.Tidsskillnaden för Göteborg är +12 min.

Här kan du kontrollera svaret:

Svar: Vi får:

$T_n = 1^t\ 15^m + 12^t - 8^m + 12^m = 13^t\ 19^m$

CHALMERS

Onsala rymdobservatorium

SOLUR (KORTFATTAD BESKRIVNING)

Så här kan man bygga ett enkelt solur

Skaffa en plan plywoodskiva eller liknande, cirka 30 cm i fyrkant. Borra ett hål i mitten och med detta hål som centrum ritar man upp 24 timstreck med 360:24=15 grader mellan varje.

Eftersom Jorden vrider sig runt sin axel ett varv på 24 timmar, så ändrar sig riktningen till solen 15 grader om vinkeln mäts utefter himmelsekvatorn (som är vinkelrät mot jordens axel!

Stick nu en träpinne eller järnstång genom hålet så att den blir parallell med jordaxeln, så överfar solskuggan 15 grader på en sann soltimme. Om pinnens lutning mot horisonten är samma som ortens latitud och pinnen pekar mot norr blir den parallell med jordaxeln.

Eftersom den sanna solens rörelse är ojämn måste vi korrigera för detta med tidsekvationen och får då ortens medelsoltid istället för ortens sanna soltid. (Vi har ju två rörelser! Dels jordens dagliga rotation som går jämn rörelse. Men så har vi också solens årliga rörelse bland stjärnorna som sker ojämnt.)

Nu vill man ha samma tid på soluret som man har på sin vanliga klocka och får då lägga till tidsskillnaden från medelsoltiden som en ort på sveriges tidsmeridian har. Solen står ju inte i söder på dessa bägge orter samtidigt!

För Göteborg är t.ex. tidsskillnaden +12 minuter eftersom Göteborgs longitud ligger 3 grader från Sveriges tidsmeridian genom Motala och Eksjö, som ligger 15 grader öster om Greenwich. (360 grader på 24 timmar medför 4 grader på en minut.)

Vi har alltså att den tiden vi har på den vanliga klockan = sann soltid - tidsekvationen + tidsskillnaden.

Med detta solur kan man också se när det är höst- eller vårdagjämning eftersom skuggan bara syns på översidan när solen ligger på ekliptikan mellan vår- och höstdagjämningen och på undersidan då dagen är kortare än natten!

Man kan också konstruera skuggans längd för sommar- och vintersolstånd. Denna längd blir radien för en cirkel med centrum där pinnen går igenom skivan.

Eftersom solens deklination vid sommar och vintersolstånd är +23,5 resp. -23,5 pgrader är radien = pinnens höjd ovanför skivan dividerat med tangenten för 23,5 grader.

Om vi inte har tillgång till en kompass för att märka ut väderstrecken kan vi bara sätta en pinne i marken och markera åt vilket håll skuggan pekar när den är som kortast. Åt det hållet ligger norr!

CHALMERS

Onsala rymdobservatorium

SOLUR (DETALJERAD BESKRIVNING)

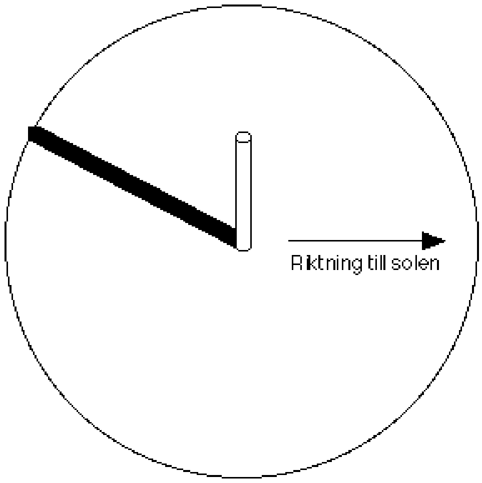
Om du nu har läst och förstått **texten om sfärisk astronomi** är det dags att bygga soluret!

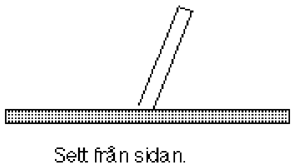
Observera nu, att avståndet från jordytan till jordens mittpunkt är försumbart i förhållande till avståndet till solen, när vi skall tillverka vårt solur. Den vinkel under vilken jordens ekvatorsradie syns från solen är 8,79 bågsekunder, dvs ca 0,002 grader. (1 grad = 60 bågminuter och 1 bågminut = 60 bågsekunder.)
Vi tänker oss därför, att vi befinner oss i jordens mittpunkt. Ett plan genom jordens ekvator skär ut himmelsekvatorn på himmelssfären. Timvinklarna räknas utefter himmelsekvatorn 0-24 timmar från söder mot väster så därför gäller det för oss att få urtavlan på vårt solur parallellt med himmelsekvatorn. Vi skall också ha en stav genom soluret så att vi får solens skugga som anger solens timvinkel +12 timmar. Skuggan pekar ju åt motsatt håll som solen! För att timvinkeln skall bli riktig måste staven vara vinkelrät mot urtavlan.

Varför det? Rita en figur som förklarar det och läs sedan svaret nedan.

Svar: Här ser vi den felaktiga urtavlan rakt uppifrån.
Eftersom staven lutar anger inte dess skugga den sanna solens timvinkel + 12^t.

Urtavlan är graderad längs periferin på en cirkel. Staven sitter i cirkelns centrum och kastar en skugga på urtavlan. Antag, att staven lutar något. Den kommer då att kasta en skugga som (utom på två ställen) skiljer sig från en skugga som faller från en vinkelrät monterad stav. Från en sådan stav kommer det hela tiden en skugga från en punkt på staven som befinner sig rakt ovanför cirkelns centrum. Det är nödvändigt eftersom det är cirkelns centrum som är utgångspunkt för markeringen utefter cirkeln!

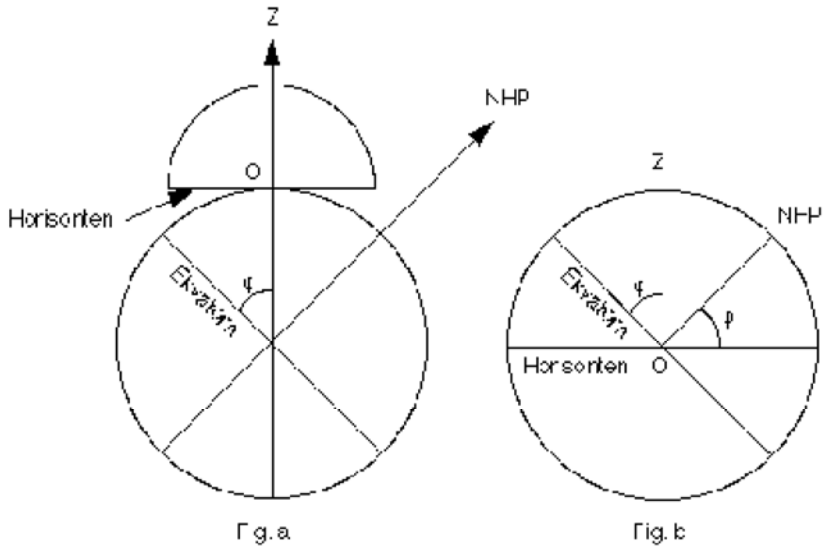




Urtavla till solur.

Antag nu, att vi har tillverkat en urtavla av t. ex. en spånskiva och att vi har en stav som är vinkelrät mot spånskivan. Om urtavlan skall ligga i ekvatorsplanet (i jordens mittpunkt) måste staven vara parallell med jordaxeln eller med andra ord peka mot norra himmelspolen.

Befinner vi oss på nordpolen skall alltså staven peka mot zenit och befinner vi oss på ekvatorn skall staven peka mot horisonten i norr (eller söder). Stavens lutning beror alltså på ortens latitud. Se på följande figurer!



Solurets lutning.

I figur a befinner vi oss på jordytan vid O. Z är zenit på himmelssfären som är utritad omkring observationsorten. Dess latitud är (fi). Eftersom vi kan försumma avståndet till jordens centrum i förhållande till avståndet till solen så flyttar vi ned O till jordens centrum i fig. b. Då ser vi lätt att phi är vinkeln mellan horisonten och norra himmelspolen.

Staven skall alltså peka mot norr och ha en lutning mot horisonten som är lika med ortens latitud!

Vi har förut angett en metod att finna ut nordpunkten på horisonten på natten. Kan du hitta på en metod att finna denna punkt på dagen? Fundera först och läs sedan svaret nedan.

Svar: Sätt ner en stav i marken!
När solens timvinkel är 0 timmar så faller stavens skugga åt norr!

I formeln:

$T_n = t_s + 12_t - T_{ek} + T_{sk}$

sätter vi $t_s = 0$ och får

$T_n = 12^t - T_{ek} + T_{sk}$

Uppgifter på tidsekvationen och ortens tidsskillnad finner du i den svenska almanackan. Om tidsekvationen är +4 min. och platsen där soluret skall ställas upp är Göteborg, som har tidsskillnaden 12 min. så pekar stavens skugga åt norr klockan 12 timmar och 8 minuter svensk normaltid.

För att lättare markera ut tiden på spånskivan kan man limma fast ett papper på denna och sedan stryka ett lager lack över papperet när man ritat ut tidsmarkeringarna.

Vi skall här visa några varianter på ett solur med urtavlan i ekvatorsplanet.

Förslag 1.

Markera timvinklarna längs en cirkel. 12-timmarsmarkeringen skall peka rakt mot norr. Glöm inte att göra staven så lång att skuggan hela tiden når ut till markeringen.

Hur gör man det? Fundera först och läs sedan svaret nedan.

Svar: Stavens skugga beror på solens höjd. Solen är som högst i söder men höjden i söder varierar under året beroende på att solens deklination (höjden över himmelsekvatorn) ändras. Den är som mest 23,5 grader (vid sommarsolståndet). Då är stavens skugga som kortast i söder. Tag därför en gradskiva och lägg på cirkeln. Syftlinjen utefter 24 - gradersstrecket mot staven bör därför nå över stavens längd.

Inne i cirkeln kan du sedan ha en tabell där du t. ex. några gånger i månaden anger ortens tidsskillnad minus tidsekvationen. Denna tid skall då adderas till den tid du med hjälp av solens skugga avläser på urtavlan, för att få svensk normaltid! (Tidsekvationen ändras inte mycket för samma datum år från år. I december är ändringen under året som mest och är då 30 sekunder på ett dygn.)

Vi har nu ett litet problem! Vad händer när solen passerat höstdagjämningspunkten? Jo, solens deklination blir negativ och den ligger alltså under himmelsekvatorn och kan inte lysa på ovansidan av vår spånskiva som ju ligger i himmelsekvatorns plan!
Men det är inget som hindrar att man klistrar en urtavla på undersidan också och låter vår stav gå rätt igenom spånskivan. Gör då staven av en järnstång så att spånskivan kan lyftas upp en bit så att solen kan lysa på den undre

urtavlan.

En annan variant är att försöka göra något som liknar de solur som säljs i järnaffärer. Där finns ingen skiva som hindrar skuggan.

Förslag 2.

Vi kan också skriva in svensk normaltid direkt utefter cirkeln men då får vi antingen göra ett par solur för varje månad eller skriva med olika färger, för att det inte skall bli för rörigt. En variant är att utnyttja att solens deklination ändras under året. Då kan vi göra staven så lång att den vid sommarsolståndet faller på en inre cirkel och allteftersom deklinationen ändras kan man rita ut andra cirklar där tidsmarkeringen i svensk normaltid ritas ut. Gör t .ex. en cirkel för varje månad. Solens deklination fås ur den svenska almanackan.

Cirkelns radie fås på följande sätt:
cirkelns radie = stavens längd dividerat med tangenten för deklinationen

Funktionen tangent (TAN), finns på de flesta miniräknare.

Observera också, att efter höstdagjämningen är natten längre än dagen och tvärtom vid vårdagjämningen. Den kunskapen kan spara en del jobb. Solens upp och nedgång står i den svenska almanackan. Observera, att almanackans uppgifter är lämnade för Stockholm, men med den gedigna kunskap vi nu har, omvandlar vi dem lätt till vilken ort som helst! (Med hjälp av ortens tidsskillnad!)

Med formlerna ovan är det lätt att peka ut riktningen till solen även en mulen dag, men hur gör vi för att hitta till exempel Saturnus?

I den svenska almanackan står fyra gånger per månad när Saturnus går upp och ner i svensk normaltid samt när den är i meridianen, allt uträknat för Stockholms horisont. Om svensk normaltid är 22 tim. 10 min. när vi önskar observera Saturnus i Göteborg och Saturnus står i meridianen kl. 20 tim. 26 min. svensk normaltid samma dag i Stockholm enligt den svenska almanackan, får vi gå tillväga på följande sätt:

Saturnus står i meridianen i Göteborg 24 minuter senare eftersom tidsskillnaden mellan Göteborg och Stockholm är 24 minuter. Vill vi vara sekundnoga måste vi taga hänsyn till att Saturnus rörelse på himmelssfären skiljer sig från solens (den sättes lika med stjärnornas) och därför draga ifrån 4 sekunder. Saturnus rör sig ju fortare än solen på himmelssfären. Jämför med frågan varför stjärntidsdygnet är kortare än soldygnet. Den gör ett varv 3 min. och 56 sek. snabbare än solen. Ett varv i förhållande till solen är 24 medelsoltimmar. På 24 minuter som är tidsskillnaden mellan Stockholm och Göteborg kommer alltså Saturnus fram 4 sekunder tidigare än solen! Saturnus står alltså i Göteborgs meridian 23 minuter 56 sekunder efter det att den står i meridianen i Stockholm eller 20 tim. 26 min. + 23 min. 56 sek. svensk normaltid.

Intervallet i medelsoltid från det att Saturnus står i meridianen till dess vi vill observera den blir då 22t 10m - 20t 49m 56s = 1t 20m 04s under förutsättning att Saturnus ligger still bland stjärnorna på himlen, vilket är en god approximation. Motsvarande stjärntidsintervall kan då användas för att räkna ut timvinkeln! Timvinkeln blir då 1t 20m 04s + (80/(24x60))x237s = 1t 20m 17s eftersom stjärntiden ökar med 3m 57s under ett medelsoldygn.. Deklinationen ändras obetydligt och fås direkt ur almanackan utan bearbetning.

När vi nu skall leta upp Saturnus har vi god nytta av det först beskrivna soluret med timvinklarna utritade och urtavlan i himmelsekvatorns plan.

Antag nu, att vi vill hitta en stjärna på himlen, t. ex. Sirius. I den svenska almanackan finner vi att Sirius har följande koordinater: rektascension = 6t 44m och deklination = - 16 grader 43 bågminuter = -16,7 grader.

Vi har förut härlett det viktiga sambandet teta = alfa + t

Med hjälp av Den Svenska Almanackan skall vi först bestämma stjärntiden för den tidpunkt vi vill göra observationen.

Antag, att almanackan ger att stjärntiden vid 0t medelsoltid den aktuella dagen är 3t 53m för Stockholm. Om observationsorten är Göteborg blir det med vår minutnoggrannhet samma tid.Observera dock, att stjärntidens dragning är 3m 57s per dygn. Eftersom stjärntiden ökar med 3m 57s på 24 medelsoltimmar och det tar 24 medelsolminuter för solen att förflytta sig från meridianen i Stockholm till meridianen i Göteborg, är stjärntiden i Göteborg vid 0t medelsoltid med sekundnoggrannhet:

$3^t\ 53^m + (24 / (24x\ 60))\ x\ 3^m\ 57^s = 3^t\ 53^m 04^s$

Om vi vill observera Sirius klockan 22t 15m svensk normaltid så måste vi räkna ut stjärntiden vid denna tidpunkt. Först gör vi om normaltiden till medelsoltid för Göteborg: $22^t\ 15^m - 12^m = 22^t\ 03^m$

Vad är stjärntiden i Göteborg kl $22^t\ 03^m$ medelsoltid? Om vi vill ha en noggrannhet på minuter när, måste vi ta hänsyn till stjärntidens dragning från 0^t till $22^t\ 03^m$ medelsoltid. Vi omvandlar medeltidsintervallet till motsvarande stjärntidsintervall, och vi får då:

$3^t\ 53^m\ 04^s + 22^t 03^m + (22x60+3) / (24x60)\ x\ 3^m\ 57^s = 25^t\ 59^m\ 42^s$

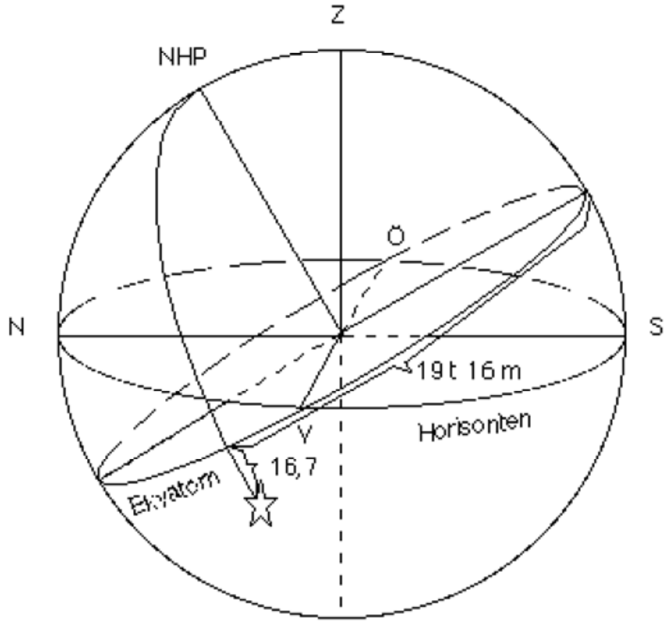
Vi subtraherar 24^t från denna tid, avrundar till minuter, och får att stjärntiden = $2^t\ 00^m$

Ur sambandet ovan får vi att t = teta - alfa.

Timvinkeln för Sirius i Göteborg den aktuella dagen kl 22t 15m svensk normaltid är alltså: $2^t\ 00^m$ - $6^t\ 44^m$ = (Lägg till 24^t) = $26^t\ 00^m$ - $6^t\ 44^m$ = $19^t\ 16^m$.

Av detta lär vi oss att först göra en grov uppskattning av en stjärnas timvinkel innan vi börjar räkna i detalj eftersom Sirius vid denna timvinkel är långt under horisonten! Det syns lätt om vi använder förslag 1 på vår solursmodell. Med hjälp av denna inses att en stjärna med timvinkeln $19^t\ 16^m$ och deklinationen - 16,7 grader står långt under horisonten.

Vi kan också se det ur följande figur:



Sirius är under horisonten i det här exemplet.

Vi skulle först ha gjort följande överslagsberäkning där vi rundar av till närmaste kvart:
Stjärntiden vid 0^t medelsoltid för Gbg är ungefär 4^t. Vi vill observera Sirius vid ungefär 22^t medelsoltid i Gbg. Då är stjärntiden ungefär 2^t. Sirius har då timvinkeln 2^t - $6^t\ 45^m$ = $19^t\ 15^m$.

Lycka till!