

INNEHÅLL

4	TID	3
4.1	Allmänt	3
4.2	Årstiderna	3
4.2.1	Ekvinoktierna	3
4.2.2	Polcirkelarna	4
4.2.3	Perihelium och aphelium	5
4.3	Dygsdefinitioner	5
4.3.1	Siderisk tid	5
4.3.2	Sant soldygn	6
4.3.3	Medelsoltid	8
4.4	Solens upp- och nedgång	11
4.5	Atomtid	12

4 TID

4.1 ALLMÄNT

Begreppet tid är nära relaterat till himlakropparnas rörelser relativt jorden. På detta sätt utgör ett år den tid jorden behöver för att fullborda ett varv runt solen och ett dygn är den tid jorden behöver för att rotera ett varv kring sin axel. För tidsangivelser behövs en tidsenhet av oföränderlig längd. Sedan forntiden har som tidsenhet använts *stjärndygn*, vilket anger tiden för en fullständig rotation av jorden kring sin axel, så kallad *siderisk tid*. Det är också vanligt att definiera tiden ur jordrotationen (kring sin axel) relativt solen varvid man får olika former av soldygn.

Dygnnet delas universellt in i 24 timmar, 1 timme i 60 minuter och 1 minut i 60 sekunder. Under senare tid har man lyckats konstruera tidsreferenser med hög stabilitet varvid sekunden är den naturliga definitionsenheten, se avsn 4.5 Atomtid. Året indelas vidare i 12 månader där 1 månad är av storleksordningen 30 dygn. Månadsenheten motsvarar månens rotation kring jorden.

4.2 ÅRSTIDERNA

4.2.1 Ekvinoktierna

Jorden rör sig i en bana runt solen och en observatör på solen skulle se jorden förflytta sig runt himmelsfären under årets lopp. Från jorden får man emellertid intrycket att solen rör sig runt jorden relativt stjärnorna ett varv på omkring 365,25 dagar. För att kunna studera detta måste man negligera jordens dagsrotation och alltid betrakta sig som placerad på jordens solsida.

Eftersom vi befinner oss på jorden, brukar denna väljas som himmelssfärens centrum. De olika almanackor som finns i bruk tabulerar solens positioner projicerad på sfärens yta, vid täta tidsintervaller för hela året. Denna skenbara solbana på himlavalvet brukar kallas *ekliptikan*.

Jordens ekvatorplan lutar med en vinkel av ungefär $23^{\circ} 27'$ relativt planet för jordbanan runt solen och ekvatorialplanet, som sammanfaller med ekvatorplanet, lutar således i samma vinkel. Detta medför att solens deklination (vinkelavstånd från himmelsekvatorn) varierar kontinuerligt med tiden under året vilket i sin tur orsakar årstiderna. Bild 4.1 illustrerar detta. Som nämnts ovan kallas solens skenbara bana runt himlavalvet för ekliptikan. Ekliptikan är således en storcirkel runt himmelssfären och lutar $23^{\circ} 27'$ mot ekvatorn. De två punkter där ekliptikan skär ekvatorn kallas för *ekvinoktierna* (dagjämningspunkterna), varav den ena kallas *vårdagjämningspunkt* och den andra *höstdagjämningspunkt*.

Ekliptikan är den naturliga himmelsekvatorn och från den mäts himmelslatitud och longitud. Himmelslatitud mäts som vanligt från 0° till 90° N eller S, himmelslongitud däremot från vårdagjämningspunkten österut från 0° till 360° . Solen befinner sig vid vårdagjämningspunkten den 21 mars och vid höstdagjämningspunkten den 21 september och dessa datum kallas vår- respektive höstdagjämningspunkt. Solen befinner sig rakt över huvudet i zenit vid ekvatorn vid middagstid på vårdagjämningsdagen och från detta datum ökar den sin nordliga deklination till omkring 21 juni, sommarsolståndet, då den når den nordligaste punkten i sin bana.

4.2.2 Polcirkarna

På dagen för sommarsolståndet är solen i zenit vid latitudparallellen $23^{\circ} 27' N$, vilken kallas kräftans vändkrets. Namnet härrör från det förhållandet att solen befann sig i kräftans stjärnbild vid denna tidpunkt när beteckningen infördes. Solen börjar nu skenbart röra sig söderut igen och passerar ekvatorn den 21 september för att nå sin maximala sydliga deklination omkring 21 december, vintersolståndet, då den står i zenit vid stenbockens vändkrets, dvs latitudparallellen $23^{\circ} 27' S$, se bild 4.2. Solen rör sig sedan skenbart norrut igen och kompletterar cykeln genom att passera ekvatorn omkring 21 mars. Endast den del av jorden, som ligger mellan vändkretsarna, har solen rakt över huvudet under någon period av året.

Latitudparallellerna $66^{\circ} 33' N$ och S brukar kallas norra respektive södra polcirkeln. När solen är i zenit vid kräftans vändkrets på dagen för sommarsolståndet är den synlig för observatörer på bågavstånd av upp till 90° . Om detta avstånd mäts längs meridianen i nordlig riktning passeras nordpolen vid $66^{\circ} 33'$ och de återstående $23^{\circ} 27'$ når polcirkel på andra sidan av polen. Av detta förstår man att solen på dagen för sommarsolståndet kommer att vara synlig över horisonten dygnet runt på punkter ovanför polcirkeln. På motsvarande sätt är solen ej synlig ovanför polcirkeln på dagen för vintersolståndet. Man inser också att en observatör vid nordpolen endast kommer att se en soluppgång, omkring 21 mars. Till omkring 21 september stannar solen över horisonten dygnet runt och från september till mars är den aldrig synlig.

Våren börjar vid vårdagjämningen och slutar när solen skenbart vridit sig 90° , dvs vid sommarsolståndet, se bild 4.1 och 4.2. Emedan solens skenbara rörelse

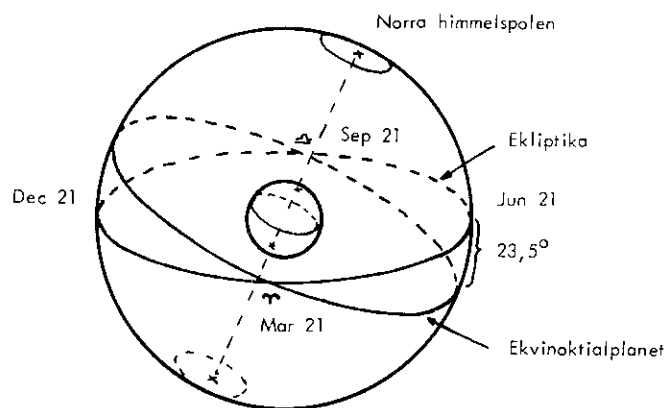


Bild 4.1 Vår- och höstdagjämningarna

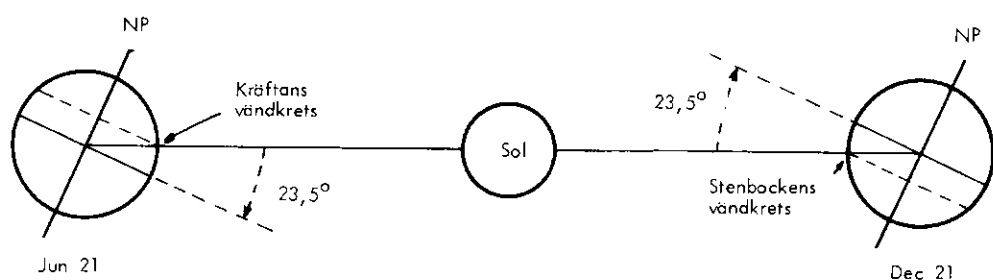


Bild 4.2 Kräftans och stenbockens vändkrets

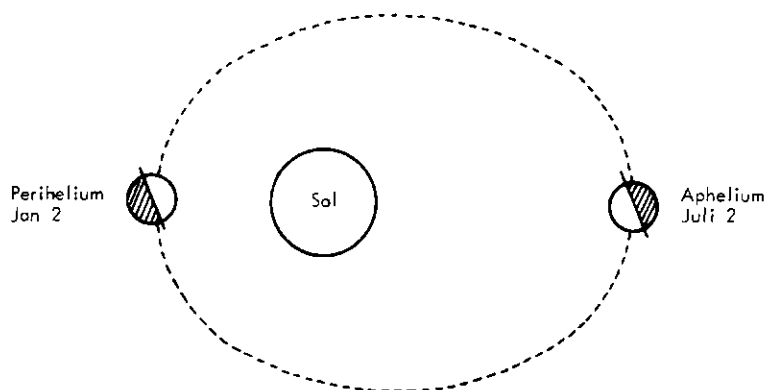


Bild 4.3 Perihelium och aphelium

runt ekliptikan ej är likformig är årstiderna inte likformiga och man kan visa att bortsett från smärre störningar, årstidernas längd för norra halvklotet är

Vår	92,8 dagar
Sommar	93,6 »
Höst	89,8 »
Vinter	89,0 »

4.2.3 Perihelium och aphelium

Jordens omloppsbanan är ej cirkulär utan elliptisk och avståndet mellan jorden och solen varierar således under året. Vid omkring 21 januari när jorden är vid den del av sin omloppsbanan som är närmast solen, sägs den befinna sig i perihelium. Sex månader senare, omkring 2 juli när avståndet till solen är störst sägs den befinna sig i aphelium. Norra halvklotet är därför sommartid på ett större avstånd från solen än vintertid, vilket framgår av bild 4.3. Enligt Keplers lagar befinner sig solen i en av ellipsens foci varav de nämnda fenomenen följer.

4.3 DYGNSDEFINITIONER

4.3.1 Siderisk tid

Tiden kan mätas genom att man bestämmer jordens rotation relativt någon fixpunkt på himmelssfären. Tid som mäts på detta sätt brukar kallas siderisk tid eller stjärntid. Referenspunkt är vårdagjämningspunkten (γ) som betraktas som stationär på himmelssfären (även om den har en viss rörelse relativt stjärnorna).

Det sideriska dygnet börjar när vårdagjämningspunkten passerar den övre delen av observatörens meridian. Lokal siderisk tid (local sidereal time, LST), är det antal timmar som vårdagjämningspunkten har rört sig västerut från observatörens median. Uttryckt i grader är detta den lokala timvinkeln (local Hour Angle, LHA). Lokal siderisk tid vid Greenwich betecknas Greenwich Sideral Time (GST), vilket motsvarar timvinkeln Greenwich Hour Angle (GHA). Se bild 4.4.

Greenwich Sidereal Time, specificerar himmelssfärens position relativt jorden och eftersom stjärnorna är i bestämda positioner på himmelssfären, specificerar den även stjärnornas positioner relativt jorden. En given stjärna befinner sig alltså i samma position relativt jorden vid samma tid varje dag. Siderisk tid används ej i någon större utsträckning vid navigering men begreppet är en god hjälp vid studiet av solsystemet.

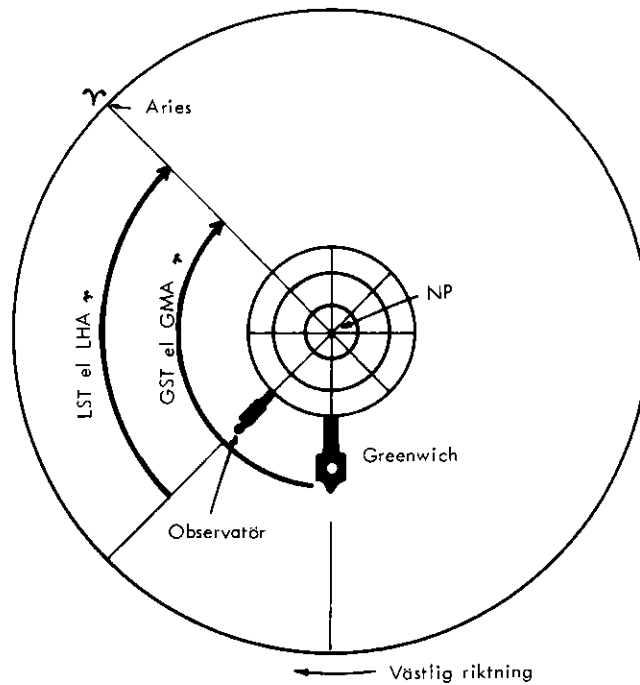


Bild 4.4 Greenwich siderisk tid

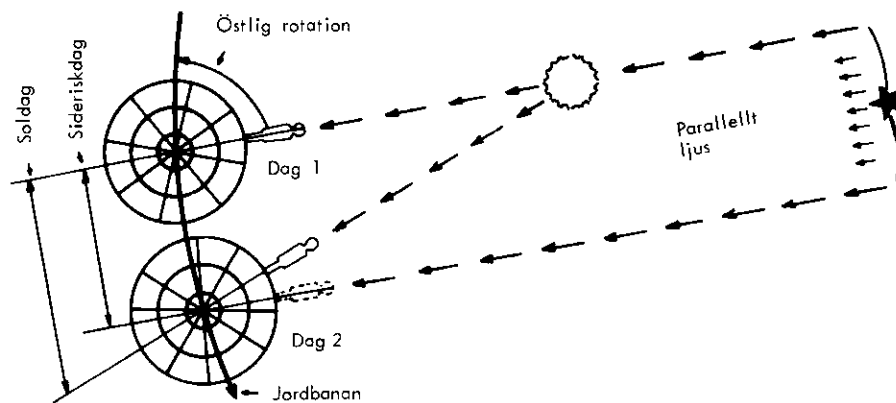


Bild 4.5 Jämförelse mellan soldag och siderisk dag

Ett sideriskt dygn utgörs av perioden mellan två successiva passager av vårdagjämningpunkten över samma meridian, vilket alltså motsvarar jordens rotations-tid. Ett soldygn däremot (se avsn 4.3.2), vilket motsvarar solens omloppstid, är ca 4 min längre emedan solen på grund av jordens banrörelse rör sig österut ungefär 1° per dygn. Detta framgår av bild 4.5.

4.3.2 Sant soldygn

Det sanna soldygnnet erhålls genom att man utnyttjar solens verkliga meridianpassager. Sann middag inträffar alltså när solen passerar den övre delen av observatörens himmelsmeridian och sann midnatt när solen passerar den lägre delen av denna meridian. Bild 4.6 visar hur man mäter lokal sann tid (Local Apparent Time, LAT) och sann Greenwich tid (Greenwich Apparent Time, GAT).

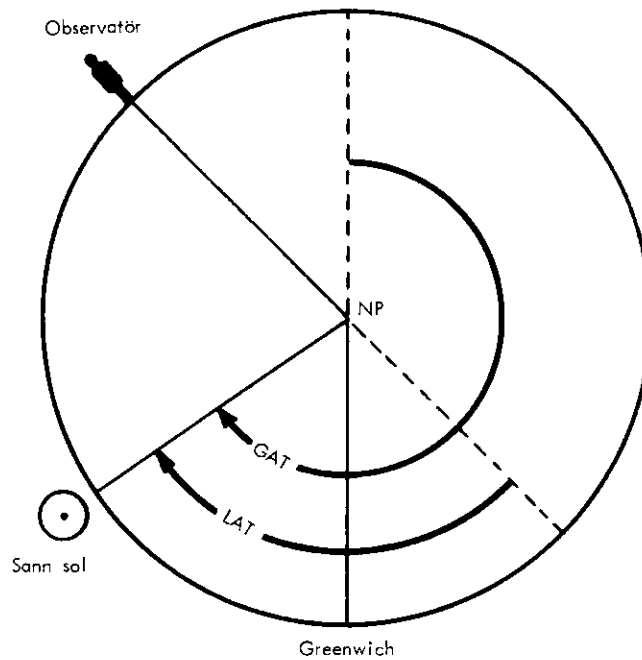


Bild 4.6 Mätning av sann Greenwich-tid

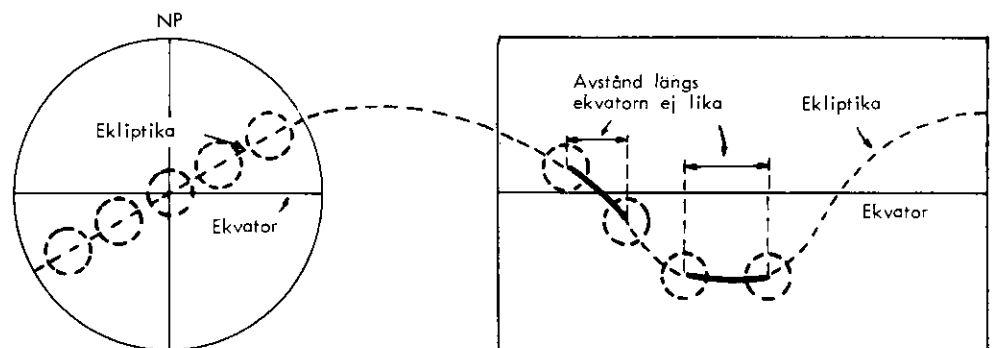


Bild 4.7 Solens skenbara lineära rörelse är ej likformig

Det sanna soldygnen varierar i längd på olika tider under året. Denna variation bestäms av huvudsakligen två effekter, nämligen ekliptikans lutning relativt ekvatorn samt variationen i jordens banhastighet. Den sanna solbanan utgörs av ekliptikan. Soltiden mäts längs ekvatorn och på grund av den nämnda lutningen kommer solens skenbara rörelse projicerad på ekvatorn ej att bli likformig, vilket framgår av bild 4.7.

Av bild 4.8 framgår att jordens banhastighet varierar under året på grund av att banan är ellipsformad. Enligt Keplers 2:a lag (ytlagen) beskriver den räta linje som sammanbinder solen och planeten på olika tider lika stora ytor. Detta innebär att banhastigheten är störst när jorden är närmast solen. Vi har tidigare nämnt att det sanna soldygnen utgörs av tidsintervallet mellan två successiva solpassager över samma meridian. Av bild 4.9 finner vi nu att detta tidsintervall ej motsvarar ett helt jordvarv av 360° , utan något mer än 360° till följd av att jorden under rotationen förflyttar sig i banan runt solen. Som nämnts ovan förflyttar sig ej jorden likformigt i solbanan under året, varför alltså vinkeltilskottet ovan, och därmed det sanna soldygnen varierar under året.

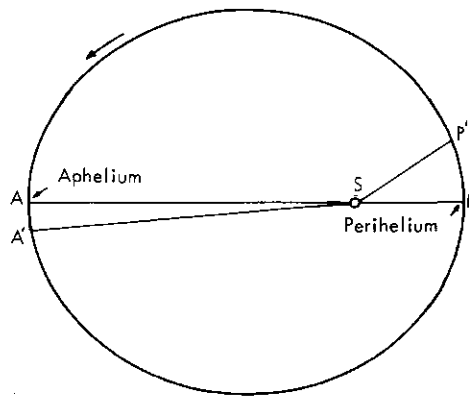


Bild 4.8 Jordens banhastighet är ej konstant. Eftersom ytan SPP' = ytan SAA' är hastigheten vid perihelium större än vid aphelium

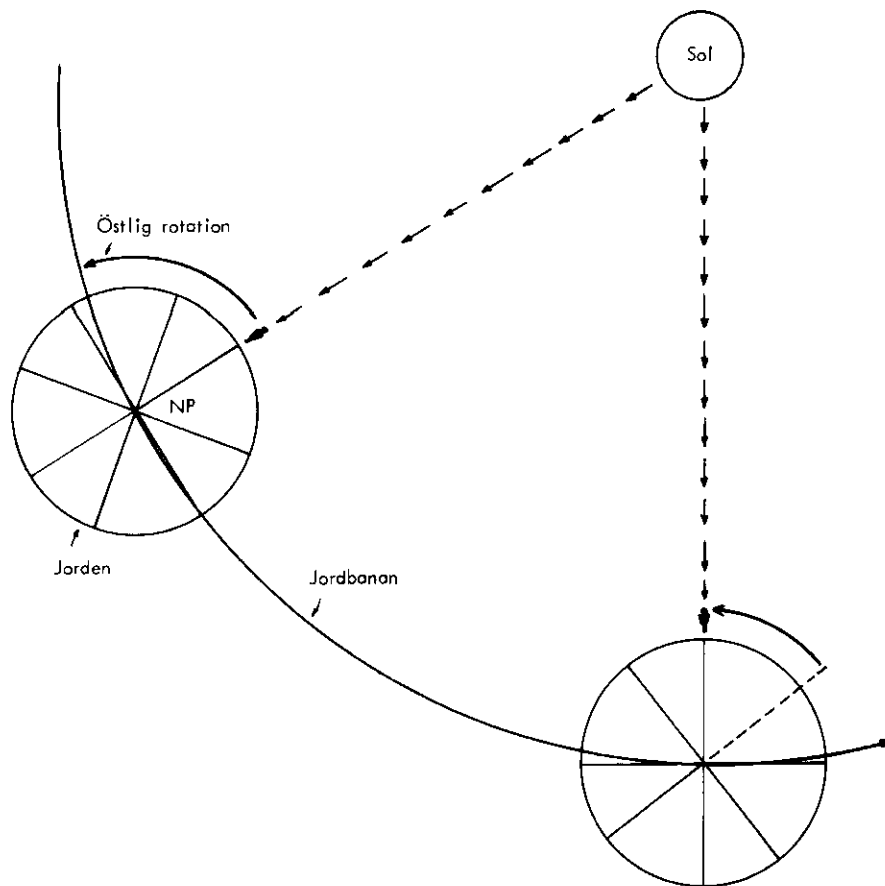


Bild 4.9 Jorden vrider sig mer än 360° mellan successiva solpassager

4.3.3 Medelsoltid

Ett medelsoldygn är en artificiell enhet med konstant längd baserad på medelvärdet av alla sanna soldygn över en period av år. Tiden under ett medeldygn mäts med referens till en fiktiv kropp (medelsol) som tänks förflytta sig västerut längs himmelsekvatorn med konstant fart. Denna tid kallas medelsoltid och motsvarar ungefär medelvärdet av sann soltid. Skillnaden mellan det sanna soldygnets och medelsoldygnets är aldrig så mycket som en minut. Skillnaden är emellertid kumulativ, så att den »fiktiva» solen föregår eller släpar efter den »sanna» solen med upp till 15 minuter vissa tider på året.

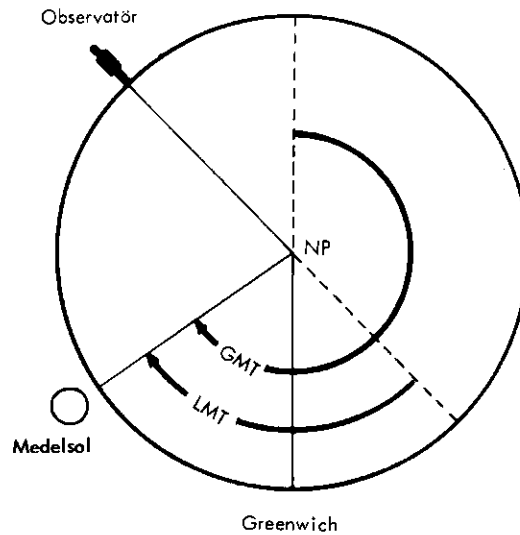


Bild 4.10 Mätning av GMT

Med lokal tid (Local Mean Time, LMT) vid en observatörs meridian menas medelsolens timvinkelläge relativt meridianens lägre del. Ett specialfall av detta är medeltiden vid Greenwich (GMT), se bild 4.10. När det gäller att bestämma himlakropparnas lägen relativt jorden, måste man utnyttja tidsbestämning och det är då lämpligt att referera till en viss meridian varvid man har valt 0° -meridianen vid Greenwich.

Vi har tidigare nämnt att medelsolen förflyttar sig med konstant hastighet. Följaktligen passerar medelsolen en viss meridian två gånger per dygn (24 timmar). Sambandet mellan tid och läge framgår av tabell 4.1.

Tabell 4.1. Samband mellan tid och medelsolens läge

Tid	Båge
24 timmar	360 grader
1 timme	15 grader
4 minuter	1 grad
1 minut	15 minuter
4 sekunder	1 minut

Lokal tid är tiden vid en viss meridian. Två olika meridianer kan ej ha samma lokala tid. Tidsskillnaden mellan två meridianer motsvarar tiden för solens förflyttning mellan dessa meridianer. Denna tid är proportionell mot vinkelavståndet mellan de två meridianerna, dvs longitudskillnaden. Av tabellen ovan finner vi då att om två meridianer är 30° åtskilda så är tidsskillnaden dem emellan 2 timmar. Den lokala tiden är senare vid den meridian som ligger längst österut, eftersom solen har passerat här först. Förhållandet framgår av bild 4.10.

Det skulle vara mycket opraktiskt att använda den lokala tiden för varje meridian. Varje stad skulle då ha sin egen tid till stor nackdel för resenärer. En tidsdefinition som exempelvis GMT, skulle kunna användas över hela världen, men i detta fall skulle för de flesta longituder tiden ej ha sin normala relation till solens läge på himlen. En kompromiss mellan de två nämnda ytterligheterna är systemet med *zontid*. Jorden indelas i 24 zoner, var och en 15° bred i longitud, och varje zon utnyttjar LMT för dess centrala meridian. Eftersom Greenwichmeridianen är den centrala meridianen för en av zonerna och varje zon är

15^o eller 1 timme bred skiljer sig tiden i varje zon från GMT med ett helt antal timmar. Den lokala zontiden brukar betecknas LZT (Local Zone Time) eller helt enkelt zontid. Zonerna betecknas med nummer från 0 till -12 respektive +12 vilket motsvarar det antal timmar som måste adderas till LZT för att man skall erhålla GMT. Således har zonerna väster om Greenwich positiva nummer. En karta över tidszonerna visas i bild 4.11.

Om man reser västerut från Greenwich runt jorden och flyttar tillbaka klockan 1 timme för varje tidszon man passerar kommer man, när man är tillbaka i Greenwich, att ha flyttat tillbaka klockan 24 timmar och man är ett dygn efter Greenwich. Omvänt ligger man ett dygn före om man reser runt jorden österut. För att datumräkningen skall bli korrekt måste man alltså addera en dag någonstans om man reser västerut och dra ifrån en dag om man reser österut. 180^o-meridianen har godtyckligt valts för detta ändamål, och den brukar kallas datumgräns. Datumgränsen återfinns på bild 4.11. Den följer meridianen utom vid östra Sibirien, västra Aleuterna samt vid vissa ögrupper i Stilla havet.

Det lokala datumet skiftar kl 24.00 eller vid midnatt, det vill säga när medelsolen passerar meridianens lägre del.

I bild 4.12 ges en åskådlig bild av förhållandena. Medelsolens timcirkel delas i två delar av himmelspolerna. För den halva som är längst bort från solen (den nedre delen) är det alltid midnatt lokal medeltid. När den lägre delen av timcirkeln rör sig västerut skjuter den det gamla datumet framför sig och drar det nya datumet efter sig, enligt bilden.

Ett vanligt tidssystem är även *standardtid*, som påminner om zontid. Zonerna bestäms av meridianerna, men standardtid-»zonerna» bestäms av olika staters gränser samt geografiska gränser av olika slag såsom floder, bergskedjor osv.

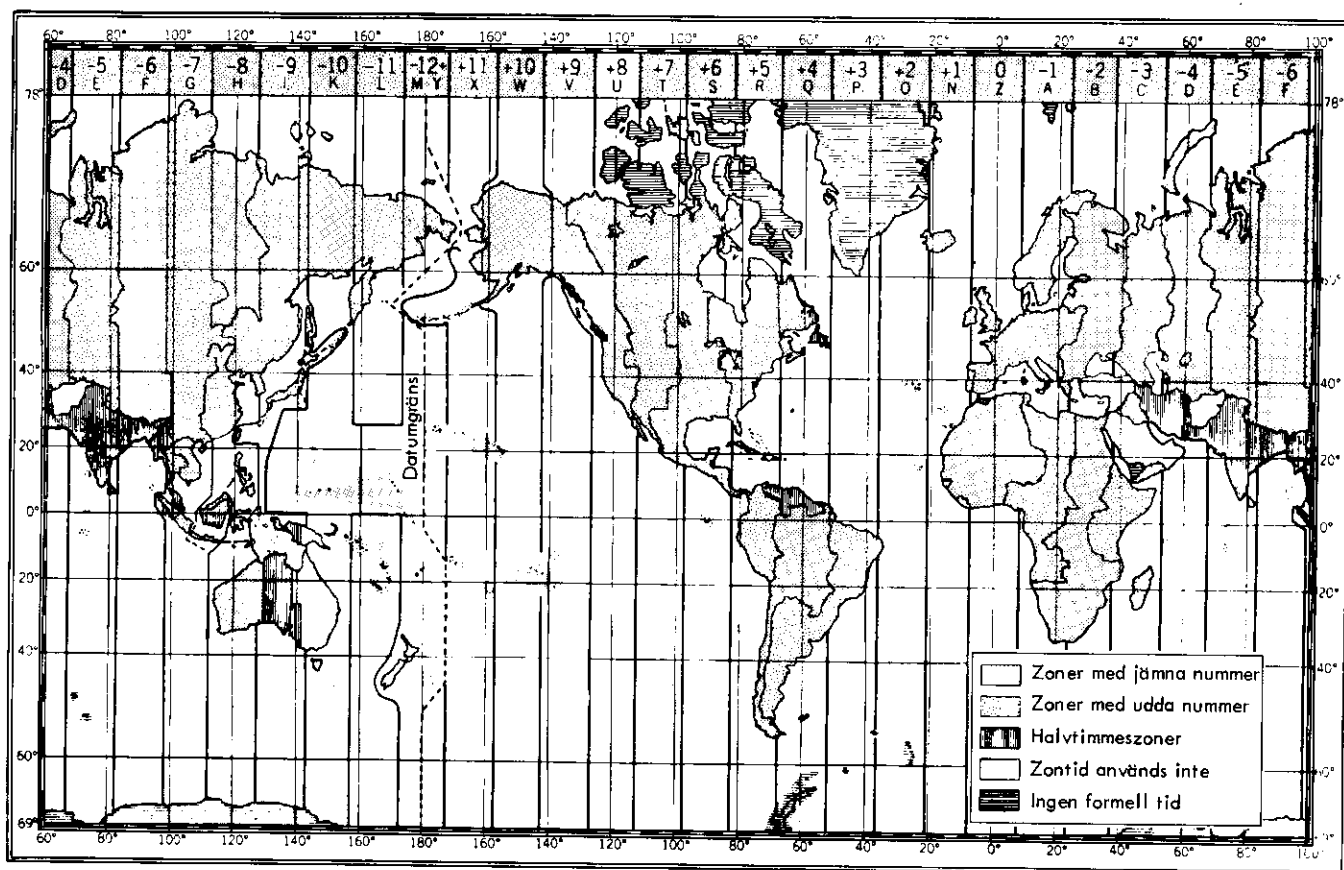


Bild 4.11 Tidszonerna

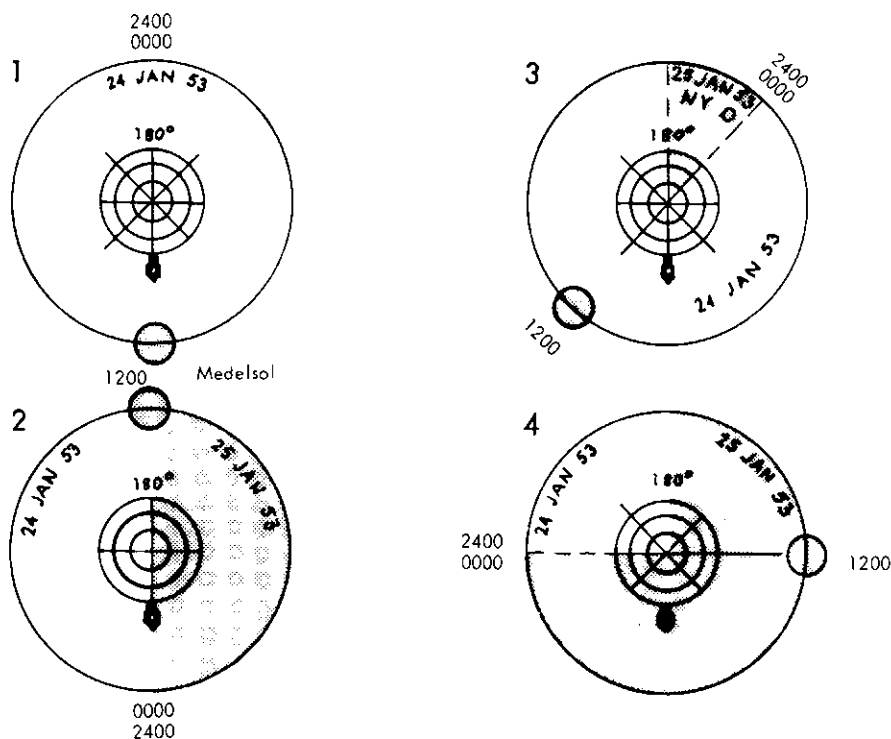


Bild 4.12 Det är aldrig samma lokaltid över hela jordklotet

De olika tiderna bestäms godtyckligt av respektive regeringar och dessa tider finns listade i Air Almanac. Bild 4.11 ger en bild av hur standardtiden bildas ur tidzonerna.

Slutligen utnyttjar många länder så kallad sommartid. För att man under våren och sommaren bättre skall kunna utnyttja den ljusa delen av dygnet förflyttas tiden 1 timme närmare soluppgången genom att alla klockor vrids fram 1 timme relativt standardtiden. I vissa länder, exempelvis Frankrike och Spanien, utnyttjas en sådan förskjutning året runt.

4.4 SOLENS UPP- OCH NEDGÅNG

Tidpunkten för solens upp- respektive nedgång är den tidpunkt där solens övre kant passerar den synliga horisonten. Denna tid bestäms av solens deklination och observatörens latitud. Tidpunkterna finns tabellerade i flygalmanackan.

När solen ej är alltför långt under horisonten reflekteras solljuset av den övre atmosfären så att en del av ljuset når jorden. Den period under vilken detta ljus föreligger brukar kallas skymning eller gryning beroende på om solen är på väg ner eller upp. Skymningen indelas efter utseendet hos de ljusfenomen som uppträder i ett antal faser nämligen: första skymningen, borgerliga skymningen, andra skymningen och den astronomiska skymningen. Den sistnämnda utmärks av att stjärnorna framträder på himlen och den inträffar då solens centrum befinner sig 18° under horisonten. De övriga faserna genomgås inte närmare här. speciellt vid höga latituder varierar skymningens varaktighet med årstiderna och speciellt vid flygning på hög höjd på höga latituder är skymningen en mycket obestämd faktor.

Vid gryningen uppträder samma ljusfenomen som ovan fast i omvänd ordning.

4.5 ATOMTID

Att definiera begreppet tid erbjuder från filosofisk och fysikalisk synpunkt stora svårigheter. Medan en längd är någonting beständigt, som kan mätas flera gånger genom jämförelse med exempelvis en meterprototyp, är ett visst tidsintervall någonting, som ej upprepas och därför ej kan mätas på nytt. Av denna anledning kan man ej arkivera någon tidsenhet utan måste alltid använda nya intervall.

Den förr använda tidsenheten grundar sig på jordens och himlakropparnas periodiska rörelse. Då jämförelse mellan å ena sidan jordens rotation och å andra sidan jordens och månens banrörelser visat variationer i förhållandet mellan perioderna, har man kommit till slutsatsen, att jordrotationen under de senaste trettio åren undergått en monoton förändring av $5 \cdot 10^8$. Andra jämförelsemätningar gjorda med hjälp av noggranna klockor ha visat, att jordens rotation undergår årstidsvariationer av storleksordningen $1 \cdot 10^8$. På grund av dessa instabiliteter har man måst överge jordrotationen som tidsstandard och i stället utnyttja jordens och månens banrörelse.

Även om jordens och himlakropparnas rörelse är tillräckligt stabila för att tjäna som tidsstandard, är perioderna så långa, att man måste ha någon sekundär standard med kortare period vid de flesta mätningar. För detta ändamål används en rättgående klocka. I pendeluret utför pendeln en periodisk svängning. Denna är dock beroende av pendelns längd, lufttrycket och andra omständigheter, som kan variera med tiden, varför den uppnådda precisionen ej är alltför hög.

I kvartsuret finns en elektrisk svängningskrets vars frekvens bestäms av en kristall och är av storleksordningen kHz eller MHz. Kvartsuret är temperaturkänsligt, men i termostat har man uppnått en stabilitet av $1 \cdot 10^9$ under några dagar. Då kristallen åldras, försämras efter någon tid klockan en faktor 10, varför man nätt och jämnt kunnat observera jordrotationens periodiska variationer med kvartsklockans hjälp.

Sedan länge har man tänkt sig möjligheten att utnyttja vissa för atomer och molekyler karakteristiska frekvenser för mätning av tid. Dessa ha ofta fördelen att endast i ringa utsträckning påverkas av yttre omständigheter såsom temperaturen, vartill kommer att de ej varierar med tiden på grund av någon åldring. En apparat, där antalet svängningar i ett atomärt system lätt kan räknas med tillräcklig precision, kallas en atomklocka. I och med den utveckling av radio- och mikrovågsspektroskopien, som följde på de framsteg som gjordes inom högfrequenstekniken under andra världskriget, möjliggjordes konstruktion av olika slags atomklockor. De tre viktigaste typerna är ammoniaklockan, cesiumklockan och den så kallade ammoniakmasern. I de båda förstnämnda inducerar ett mikrovågsfält övergångar mellan två olika energitillstånd. En detektor korrigerar medelst en servoanordning oscillatorfrekvensen, så att antalet övergångar blir maximalt. I ammoniakmasern däremot sänder man molekyler i det högre tillståndet in i en avstämd resonanskrets för mikrovågor, en kavitet. Där avges energiöverskottet och kaviteten börjar självsvänga med en mycket stabil frekvens. Med ammoniakmasern och cesiumklockan har man nu uppnått en stabilitet av $1 \cdot 10^{11}$ vilket innebär en sekund på tretusen år.

År 1964 beslöt den internationella kommittén för mått och vikt (CIPM) att anta en tillfällig sidodefinition av tidsintervallenheten 1 sekund för användning vid fysikaliska mätningar. Sekunden baserades härvid på cesiumatomuren, vilka alltså upphöjdes till absolutnormaler i klass med strömvågar och den berömda internationella kilogramprototypen. Tidspunktsangivelser baseras numera även på cesiumur men med tillägg av en från år till år varierande korrektionsfaktor för att en bättre överensstämmelse med den varierande jordrotationen skall erhållas.