

Leksjon 5: Himmelenes koordinater

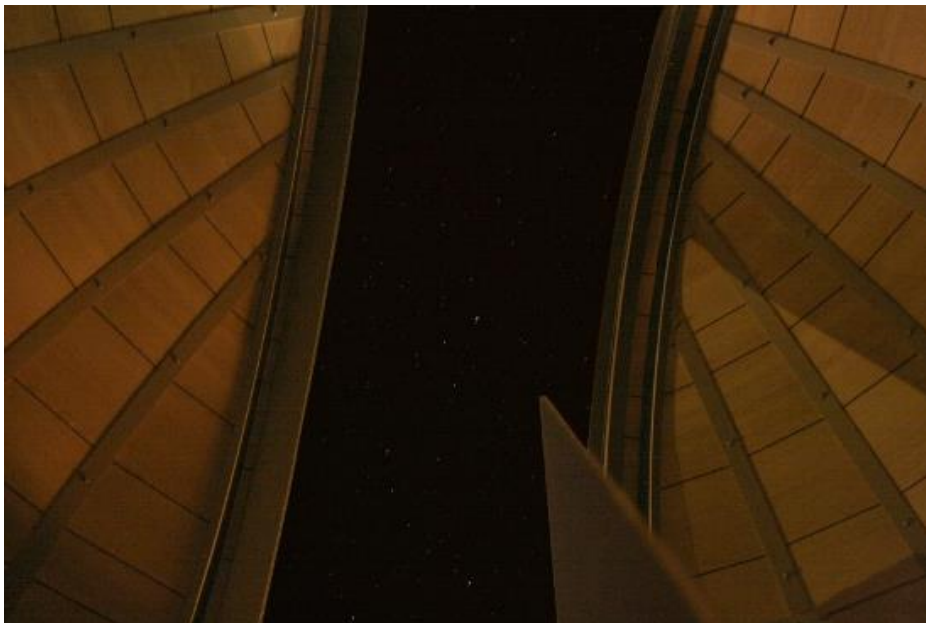
1.1 Montering av UiA teleskopet



Bildet viser den nye ekvatoriale pilaren. Den er festet midlertidig på et horisontalt fundament med en bolt (til høyre) og en "bordklemme" (til venstre). Permanent montering vil skje når pilarens skråplan "er en del" av himmelens ekvatorplan. Denne justeringen krever kunnskap om retningen til himmelens nordpol. Planen er å benytte Nordstjernen (Polaris). Jordens magnetfelt er ubrukelig på grunn av for stor misvisning i observatoriet.



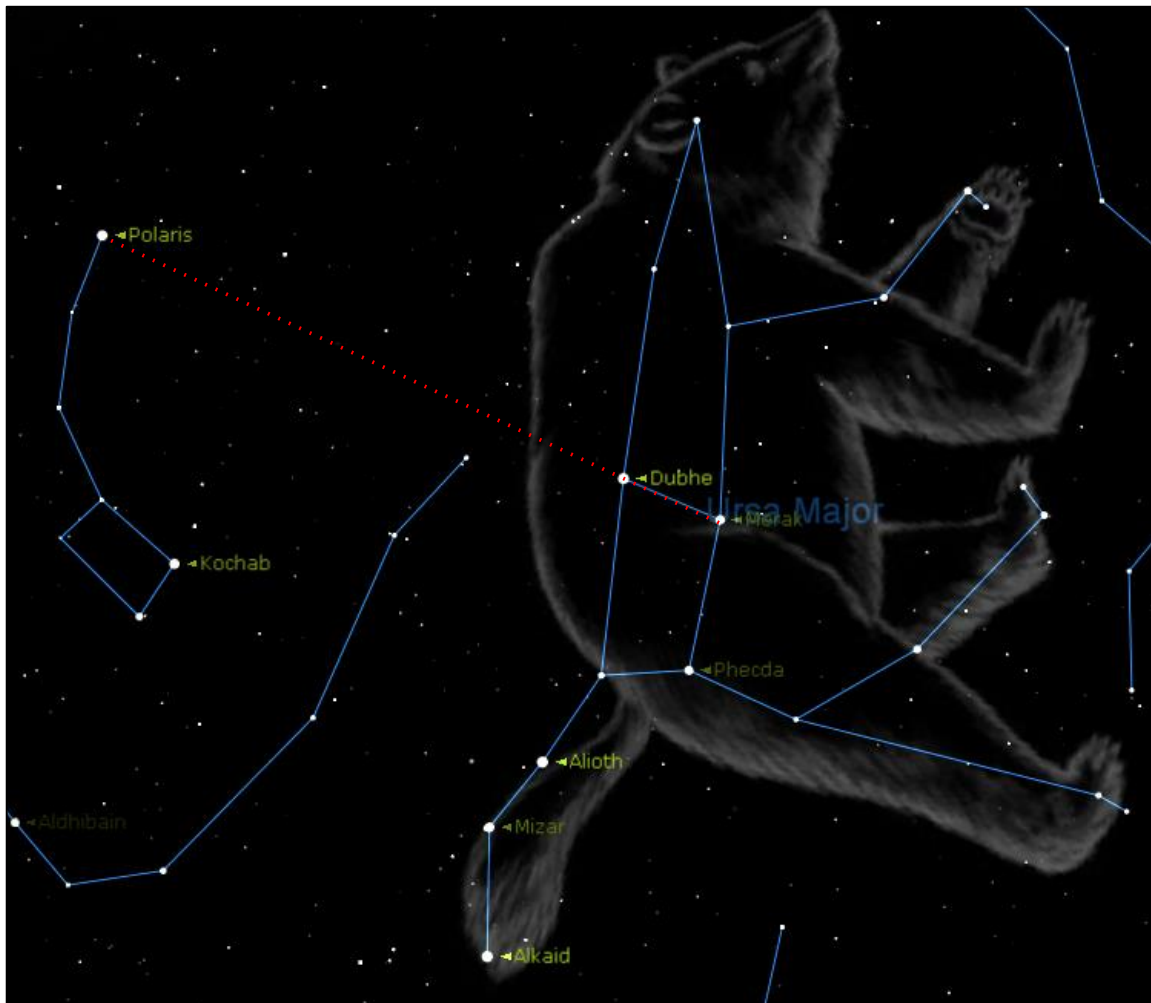
Linjalen og Polaris viser veien til himmelens nordpol. Linjalen er montert midt på skråplanet (ekvatorplanet). Siktelinjen er den største kateten, den står normalt på skråplanet. Pilaren står i riktig posisjon når siktelinjen peker mot Polaris.



Bildet viser innsiden av kuppelen og stjernehimmelen med Polaris i sentrum av bildet. Legg merke til linjalens retning. Pilaren er i riktig posisjon når linjalens hypotenus peker mot Polaris. Bildet viser at pilaren er kommet i stilling og vi kan starte monteringen av teleskopet.

Sett inn bilde av teleskopet når vi justerer Polaris til sentrum av synsfeltet

1.2 Polarstjerna



“Veien” til Polaris

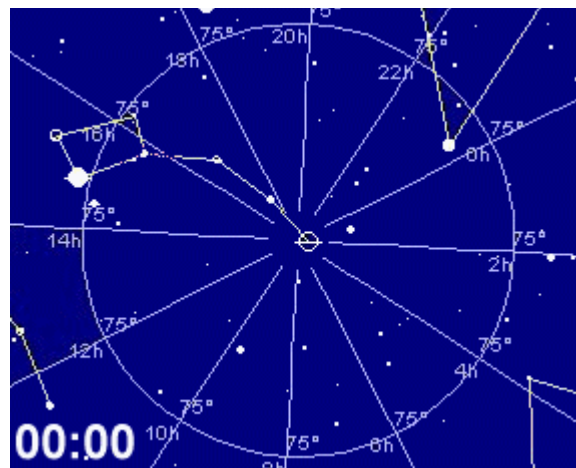
Polarstjerna eller Polaris (på latin) ligger mindre enn en grad fra himmelpolen. Polarstjerna ligger nesten i ro og viser retningen til Nordpolen (nordlig retning) fra observatør. Hvordan finner vi Polarstjerna på himmelen? En metode er å ta utgangspunkt i de syv sterkeste stjernene Storebjørn, disse stjernene danner et mønster som har fått navnet Karlsvogna. Tre av stjernene viser både bjørnens hale og vognens drag, de fire andre viser vognen. Vi må tenke oss linjen mellom de to bakre stjernene forlenget (stiplet rød kurve). Avstanden mellom Polaris og Dubhe er omtrent fem ganger så stor som avstanden mellom de to bakre stjernene vogna (Dubhe og Merak).

Polarstjerna er kun synlig på den nordlige halvkule. Befinner vi oss på ekvator og ser nordover vil Polaris ligge i horisont (overgangen mellom himmel og hav). Er vi på Nord Polen vil Polaris stå i senit. I Kristiansand vil Polaris ligger 58 grader over horisonten fordi Kristiansand har breddegraden 58 grader.

For navigatøren er Polarstjerne viktig stjerne, den gir retningen til nord og breddegraden navigatøren befinner seg på. Navigatøren trenger en sekstant og fint vær.

Trekker vi linjen fra Polaris (α) til stjernen Kochab (β) vil himmelens nordpol ligge på denne linjen og ha en vinkelavstand fra Polaris mindre enn en grad. Et ekvatorielt montert teleskop er finjustert når teleskopets timeakse er parallellt med jordaksen, skal vi få det til må vi kjenne posisjonen til polpunktet i forhold til Polarstjerna. Vi skal i første omgang være fornøyd derom teleskopets timeakse treffer Polarstjerna.

1.3 Rotasjon av himmelkula

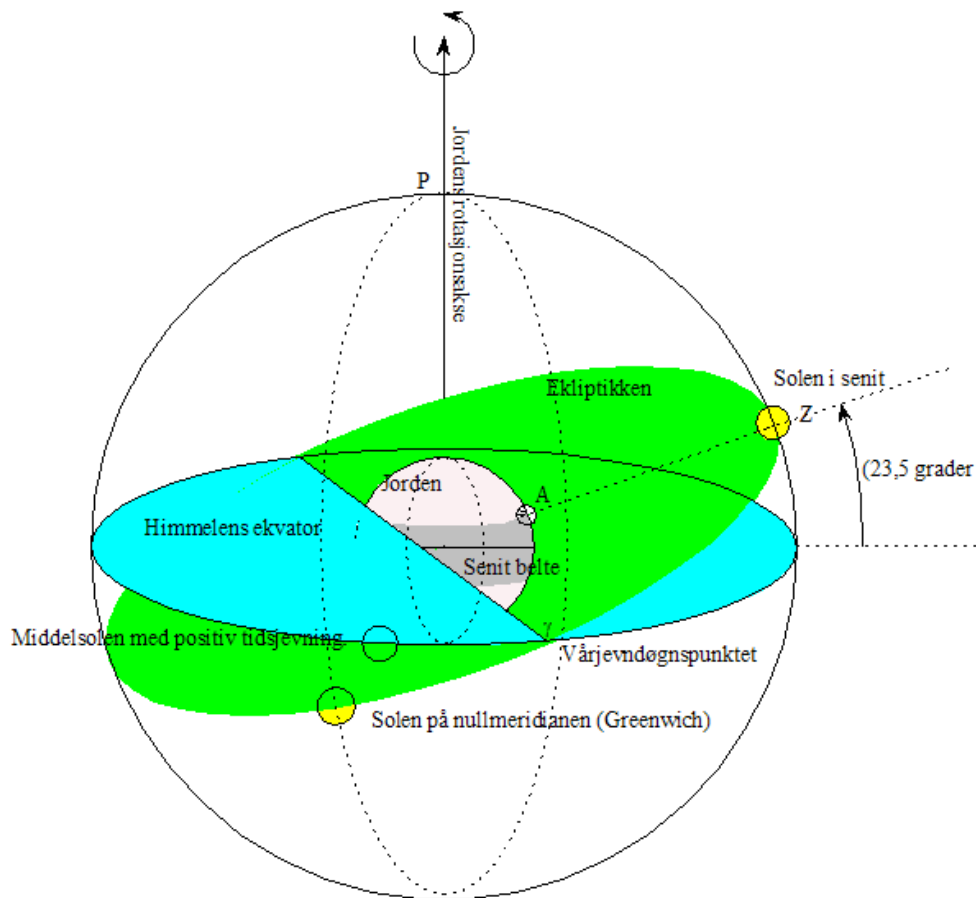


Studer animasjonen: [Lille Bjørns bane rundt Polarstjerna](#) (HiA 2002 /Cornelia). Lille Bjørn roterer mot urviseren nå vi vender blikket mot Polar stjerna. De rette radielle linjene i stjernekartet peker på himmelkulas rotasjonspunkt, litt forskjøvet ligger Polaris.

Det kan være en fin opplevelse å observere stjernehimmelen noen timer en natt, helst uten månen og andre forstyrrende lyskilder. Det er lett å forestille seg at stjernene tilsynelatende befinner seg i samme avstand fra jordens sentrum og at disse er plassert på innsiden av en kule som roterer fra øst mot vest.

I dag vet vi at denne universmodellen ikke er riktig. At stjernene tilsynelatende roterer fra øst til vest skyldes at jorden roterer om sin akse fra vest mot øst. At stjernebildene vandrer opp og ned på himmelen i løpet av et år skyldes jordens bevegelse rundt solen. Astronomene har vist oss at **himmelkula er en imaginær kule med stor radius**, men den er et nyttig verktøy når stjerneposisjonen skal angis.

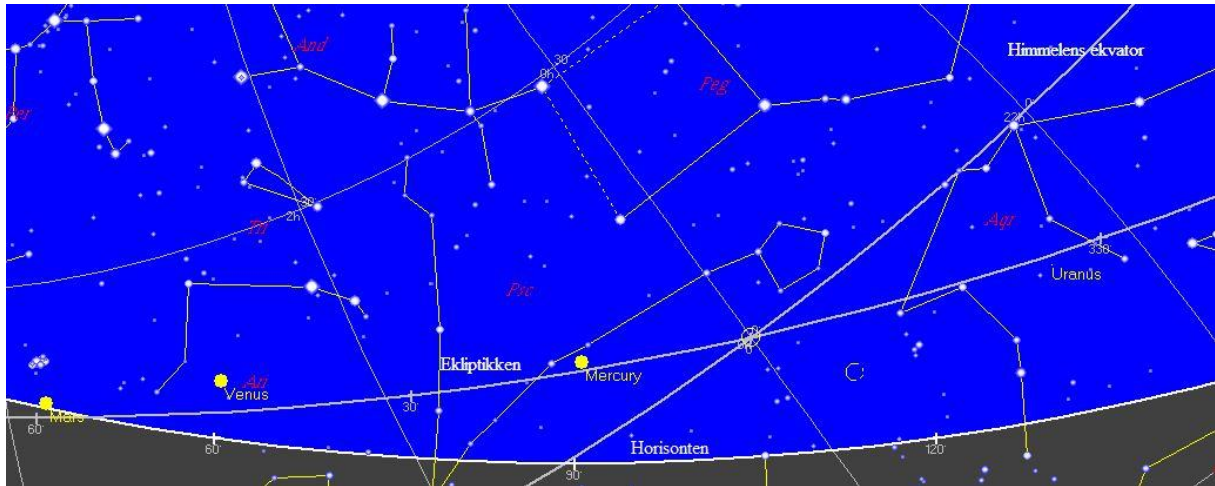
1.4 Jorden i sentrum av himmelkula



Sett fra Jordens sentrum vil Solen bevege seg langs **eklipikken** på himmelkula, i løpet av ett år vil Solen tilbakelegge 360 grader mellom stjernene. Ekliptikkens baneplan på figuren er markert med grønn farge. Himmels ekvatorplan er markert med blått. Himmels ekvator er projeksjonen av Jordens ekvator på himmel kula. Vinkelen mellom disse to planene er 23,5 grader fordi Jordens rotasjonsakse danner 23,5 grader med normalen på ekliptikkplanet. Punktet A har breddegrad på 23,5 grader, en observatør i punktet A vil oppleve Solen i senit 21. juni. Vi kaller punktet A for Solens projeksjonspunkt. Alle som bor i senitbelte vil oppleve Solen i senit løpet av et år. Senitbelte på Jorden strekker seg fra 23,5 grader nordlig bredde til 23,5 grader sydlig bredde.

Figuren viser også skjæringslinjen mellom eklipikken og ekvatorplanet, det er denne linjen som bestemmer himmelens referansepunkt (origo). I astronomisk litteratur gis vårjevndøgnspunktet symbolet γ (gamma). Solens projeksjonspunkt vil treffe Jordens ekvator rundt 21. mars hvert år, i denne posisjonen har Solen en deklinasjonsvinkel som er null grader og en lengdevinkel på null grader. Lengdevinkelen kalles for **rektascensjon** og har positiv retning østover langs himmelens ekvator, det vil si at i løpet av et år vil Solen rektascensjon øke fra 0 grader til 360. Astronomene benytter ikke grader som enhet for rektascensjon, de bruker timer, minutter og sekunder (enhetsformat: hh:mm:ss). Ved sommersolverv har Solen en rektascensjon på omtrent: RA = 6h, på dette tidspunktet er Solen i ferd med å forlate stjernebildet Tyren.

Figuren viser også Solen på meridianen (stiplet sirkel) over Greenwich. Meridianen over Greenwich kalles for nullmeridianen, den er projeksjonen lengdesirkelen gjennom Greenwich på himmelkula. Stedets **meridian** er en storsirkel som går gjennom pol punktet (P) og stedets senit (Z) på himmelkula.

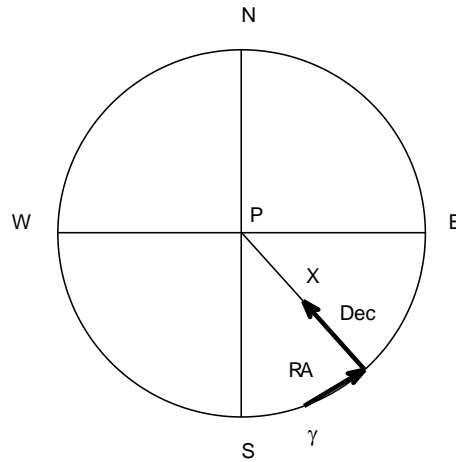


Stjernekartet ("SkyMap") på figuren viser Solen i vårjevndøgnspunktet 20. mars 2004 kl 8h48m49s, solens koordinater (RA=0h, Dec=0°). Det vil si at solen ligger både på himmelens ekvator og ekliptikken (solen går fra den sydlige himmel kule til den nordlige). Stjernekartet viser at vårjevndøgnspunktet ligger i stjernebildet Fisken (Pisces). Vårjevndøgnspunktet beveger seg vestover på himmelkula fordi Jordens rotasjonsakse dreier seg rundt på en sirkel i løpet av 25 800 år.

1.5 Koordinatene deklinasjon (Dec) og rektascensjon (RA)

Stjernekartet over viser også Merkur 20. mars 2004 kl. 8h48m49s, planetens koordinater er (RA=0h53m42s, Dec=6°33'21"). Merkur ligger ca. 6° over himmelens ekvator og ca. 53 minutter øst for vårjevndøgnspunktet. Venus har nettopp kommet over horisonten. Solens vil i løpet av året bevege seg fra stjernebilde til stjernebilde på sin vei langs ekliptikken.

Deklinasjonen regnes som positiv fra ekvator langs storsirkelen gjennom stjernen til himmelens nordpol. Rektascensjonen regnes som positiv fra vårjevndøgnspunktet og østover langs himmelens ekvator. (Solen går østover mellom stjernene fordi solens rektascensjon øker fra dag til dag). Legg merke til at rektascensjonen er en vinkelavstand med tidsenhet (timer, minutter og sekunder).



Figuren ("SmartSketch") viser RA- og Dec-pilene som angir posisjonen til stjernen X når origo er vårjevndøgnspunktet (γ). Rektascensjonen (RA-koordinaten) har positiv retning (økende) østover, samme retning som Sola beveger seg mellom stjernene. På grunn av der er 365,25 døgn i et år og 360 grader i en sirkel, vil solen bevege seg ca 1 grad pr dag fra vest mot øst.

Vi bør legge merke til at vårjevndøgnspunktets ikke er et fast punkt på himmelen fordi jordens rotasjonsakse **presiserer**. Polpunktet vil i løpet av 26000 år foreta en omdreining på himmelkula (rundt ekliptikkens nordpol). For 4000 år siden (2000 år før Kr) markerte alfa Draco (Thuban) himmelens nordpol. På denne tiden ble pyramidene bygd, de ble orientert mot nord ved hjelp av Thuban. Om 12000 år vil himmelens nordpol peke mot stjernen Vega i stjernebildet Lyren. Ekliptikkens helning med ekvatorplanet er konstant under presiseringen. Som en følge av denne presisjonen av jordaksen må stjerneposisjonen oppgis med dato ("epoketidspunktet"). Epoketidspunktet eller referanseåret for vårjevndøgnets posisjon er i år 2000. I 2025 vil vi bytte referansepunkt igjen. Det vil si at stjernenes koordinater vil bli korrigert og få nye verdier.

1.6 Den lokale sideriske tiden



Vårjevndøgspunktet (Vernal Equinox eller γ -punktet) ligger på meridianen 7. februar 2012 klokken 15h19m33s lokal tid i Kristiansand, den sideriske tiden er da 00h00m00s

Neste gang γ -punktet er på meridianen er 8. februar 2012 klokken 15h15m37s (etter en siderisk dag; $15h19m32s + 23h56m04s - 24h = 15h15m37s$). Legg merke til Jupiter, planeten har en rektascensjon som er litt mer enn 2 timer. Tallene på himmelens ekvator viser RA-verdiene. Venus har en RA-verdi som nesten er null, denne planeten ligger nesten i origo for himmelens koordinatsystem.

Skal vi komme videre må vi først definere **timevinkelen** (HA) for en stjerne (objekt).

Timevinkelen sier hvor lang tid det har gått siden stjernen passerte meridianen. Meridianen er storsirkelen på himmel kula som går gjennom stedets senit (Z) og pol punktet (P)

For eksempel:

- Dersom en stjerne passerer meridianen i dette øyeblikk er timevinkelen 0^h .
- Dersom stjernen har passert meridianen for 3 timer siden er timevinkelen 3^h .
- Dersom stjernen vil passere meridianen om en time er timevinkelen -1^h eller 23^h . Stjernen har passert meridianen for 23 timer siden.

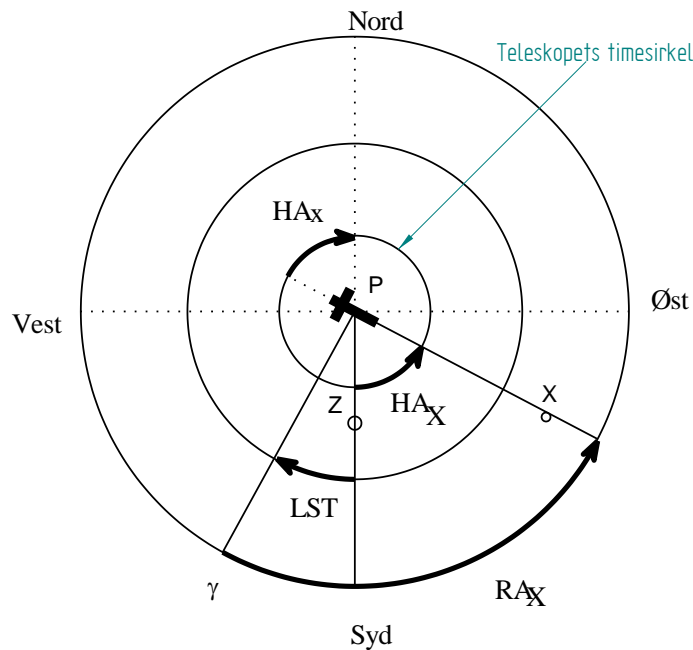
I astronomiske sammenhenger (elektronisk styring av teleskoper) er det også nyttig å bruke stjernene som klokke. Den **lokale sideriske tiden** (LST) baserer seg på **timevinkelen** for vårjevndøgnsunktets (HA_γ).

$$LST = HA_\gamma$$

Dersom den lokale sideriske tiden er 03:00 vil γ -punktet ligge tre timer vest av meridianen. Ved midnatt kl. 12:00:00 siderisk har γ -punktet nordlig retning. Et siderisk døgn (tiden mellom to

påfølgende meridianpassasjer eller tiden det tar Jorden å rotere en gang rundt i forhold til stjernene) er ca 4 minutter kortere enn et soldøgn:

Animasjonen: [Siderisk tid](#): en siderisk dag er 23h56m04,091s



Figuren viser vårjevndøgnsunktets ca. to timer etter meridianpassasjen (LST: ca. 2h). Rektascensjonen for stjernen X er ca. 6 timer (RA: ca. 6h, 90 grader på figuren). Teleskopets timevinkel blir da minus 4 timer eller pluss 20 timer. Teleskopet vises som et kors i figuren, har en siderisk klokke som gir den lokale sideriske tiden (LST), denne klokken er avhengig av korrekt tid, dato og teleskopets lengdegrad (sonetiden). Teleskopets datamaskin beregner timevinkelen når stjernens rektascensjon er kjent. Teleskopets GOTO funksjon har evnen til å styre teleskopet til stjernens posisjon på himmelen når timevinkelen og deklinasjonen er kjent. I denne sammenheng er det viktig at teleskopet er riktig pol justert.

Figuren over viser gir sammenhengen mellom stjernens timevinkel (HA_x) når lokal siderisk tid og stjernens rektascensjon er kjent (RA_x)

$$HA_x = LST - RA_x$$

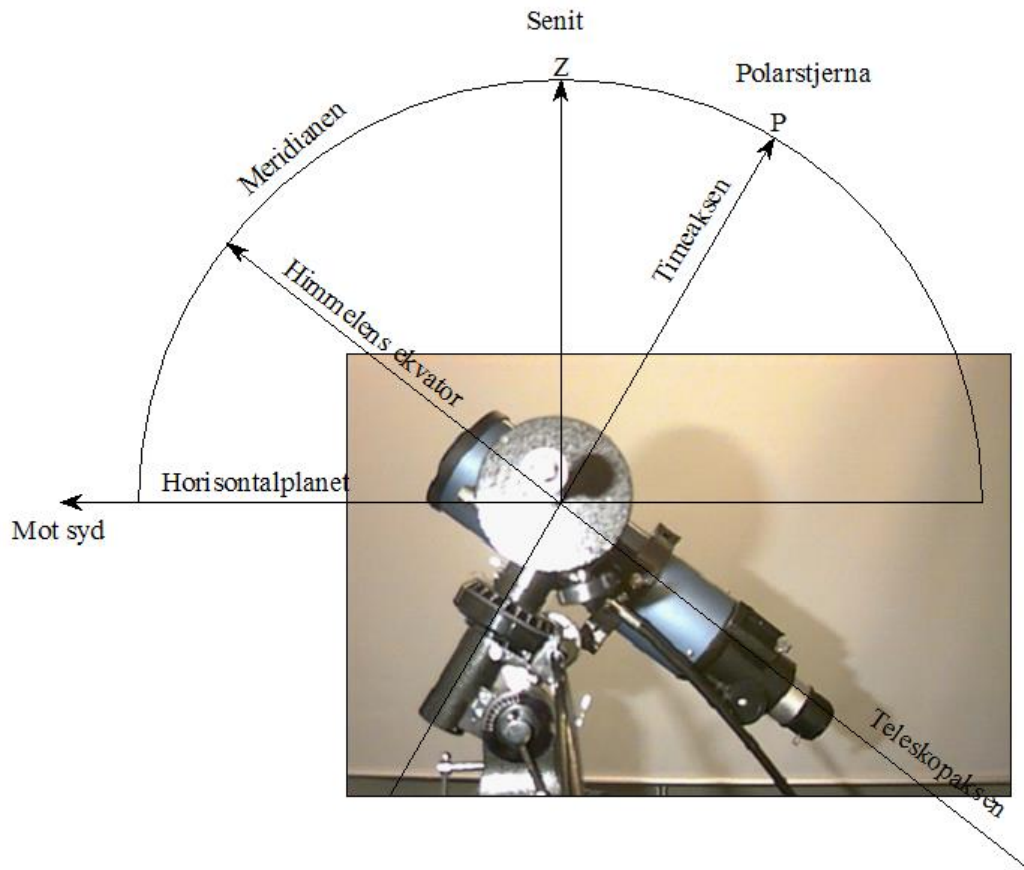
Hvordan bestemme den sideriske tiden?

Svar:

- Starry Night Pro 6 Astrophoto:Status/Time
- SkyMap Pro: Help/Map Status ...
- Starry Night Pro Plus 7: Pane Shortcuts/Wiew Status

1.7 UiA refraktoren (linseteleskop)

Dersom teleskopet er **riktig pol justert** kan du finne stjernens posisjon på himmelen dersom stjernens timevinkel og deklinasjonen er kjent. Teleskopet dreies rundt timeaksen til oppgitt timevinkel står over ett med timeskalaens referansestrekk. Deretter dreies teleskopet rundt deklinasjonsaksen til oppgitt deklinasjon står over ett med deklinasjonsskalaens referanse strek. Deklinasjonsaksen står normalt på papiraksen og i sentrum av himmelkula. UiA refraktoren på bilde under peker på et punkt på himmelen som har både time- og deklinasjonsvinkel lik null ($HA_x=00h:00m:00s$ og $Dec=00g:00,0m$) NB Skala inndelingen gir formatet.



UiA refraktoren på bildet er ekvatorial montert og har er korrekt pol justering.

Øvingsoppgave

Observasjonsstedet er Kristiansand. Benytt UiA refraktoren og finn Venus på himmelen tirsdag 11. september klokken 1400 lokal tid.

Prosedyre:

1. Timeaksen skal peke mot nord (benytt kompass/Polaris)
2. Finn timevinkelen: HA
 - a) Benytt stjerneprogrammet "SkyMap" (Svar: $HA=03h26m08s$)
 - b) Benytt formelen: $HA = LST-RA$

Tips:

"SkyMap" gir timevinkelen for vårjevndøgnsunktet: $HA_{\gamma} = LST = 11h55m38s$
 "SkyMap" gir koordinatene for Venus: $RA = 8h29m29.819s$; $Dec = 17^{\circ} 47' 2.78''$

Benytter "MatCad" filen: "Beregning av timevinkelen HA"

$$\begin{aligned}
 RA(hh, mm, ss) &:= (hh \cdot 60 \cdot 60 + mm \cdot 60 + ss) \cdot s & RA_V &:= RA(8, 29, 29.819) = 3.057 \times 10^4 \text{ s} \\
 LST(hh, mm, ss) &:= (hh \cdot 60 \cdot 60 + mm \cdot 60 + ss) \cdot s & HA_{\gamma} &:= LST(11, 55, 38) = 4.294 \times 10^4 \text{ s} \\
 HA(hh, mm, ss) &:= (hh \cdot 60 \cdot 60 + mm \cdot 60 + ss) \cdot s & HA_V &:= HA_{\gamma} - RA_V = "3:26:8,181" \text{ hmmmss}
 \end{aligned}$$

Legg merke til at funksjonene $RA(hh,mm,ss)$ og $LST(hh,mm,ss)$ endrer tidsformatet fra (hmmmss) til (s). Vi kan benytte tidsenheten "hmmmss" i MathCad når tidsformatet skal endres fra (s) til (hmmmss).

1.8 [Quick Start Guide for the Telescope Meade ETX -70AT](#)

Prosedyren vil bli demonstrert

1.9 UIA-reflektoren

I dette avsnittet skal vi se litt på hvordan UIA-refraktoren (Meade teleskopet) klarer å finne objekter på himmelen. Teleskopet er ekvatorialt montert, det vil si at teleskopets timeakse skal peke mot himmelens nord pol (P). I første omgang er vi fornøyd dersom vi klarer å rette timeaksen inn mot Polarstjerner.

Prosedyren vil bli demonstrert.

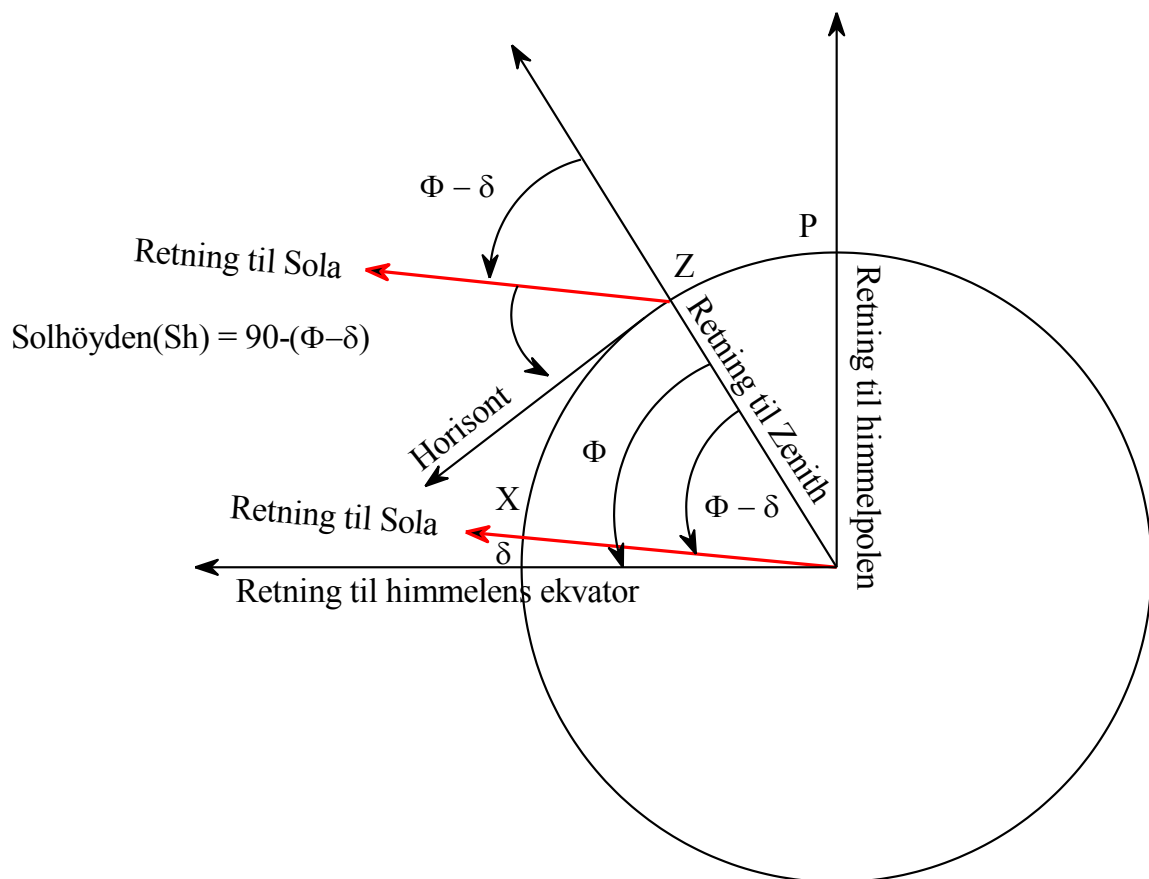
Vi må ført sett på spenning, vente til kontakten med GPS satellittene er opprett og deretter følge prosedyren som gis på skjermen.

Det som er viktig er at teleskopet settes i utgangsstillingen etter spenningen er slått på.

Teleskopet benytter Polaris og en gunstig plassert referanse stjerne i synkroniseringsprosessen. Les av timevinkelen for disse stjernene og kontroller disse verdiene ved hjelp av SkyMap programmet.

Legg merke til at programmet må kjenne til posisjonen, tidspunktet og koordinatene for Polaris og valgt referansestjerne. Programmet beregner siderisk tid og timevinkelen for de to stjernene. Teleskopet roterer rundt timeaksen til beregnet timevinkel og roterer rundt deklinasjonsaksen til teleskopet får ønsket vinkel over himmelens ekvator.

1.10 Solen i syd - meridianpassasjen (transitt)



Figuren viser solen på meridianen over Kristiansand (Z). Punktet P er den geografiske nordpol. Stedet Z (Kristiansand) har breddegraden Φ lik 58 grader. X er solens projeksjonspunkt, breddegraden for dette punktet er lik solens deklinasjon. 9. september 2005 er solens deklinasjon (δ) lik 5,2061 grader. Transittiden for solen denne dagen er 14h24m. Transittiden er tidspunktet står høyest på himmelen, solen står da i syd (asimut 180 grader) og passerer meridianen. Med andre ord ligger solen på storsirkelen gjennom Z og P. I sommerhalvåret fra vårjamdøgn til høstjamdøgn har solen positiv deklinasjon. Solhöyden (Sh) vil da alltid være:

$$\text{Solhöyden(Sh)} = 90 - (\Phi - \delta)$$

Denne formelen kan vi benytte til å bestemme vår posisjon på sjøen. Vi kan måle solhöyden (ved hjelp av en sekstant) når den er høyest på himmelen, finner solens deklinasjon i en tabell eller ved Starry Night programmet og vi kan beregne vår breddegrad. Retningen på de sirkulære pilene bør peke i motsatt retning fordi solhöyden er positiv når den er over horisonten, Breddegraden for

Kristiansand er positiv. Figuren viser at Solen befinner seg på den nordlige himmelkula, da er deklinasjonen også positiv.

1.11 Oppgaver

1. Månen passerer meridianen 8. februar 2012 kl 00:35:21. Månens deklinasjon er 9,864 grader. Bestem Månens høyde over horisonten.
2. Bestem Månens timevinkel 11. september 2012 kl 10:00:00. Den sideriske tiden for dette tidspunktet er 07h:54m:59s (LST). Månens RA-verdi er 7h23m50,27s
3. Bestem Solens høyde over horisonten når den passerer meridianen 11. september 2012. Observasjonsstedet er Tycho Brahe observatoriet. Tegn figur
4. **"Looking Deeper"** : [Star Name and Catalog](#)
5. **Observasjonsoppgave:** Benytt UiA-teleskopet og ta et bilde av himmelkula med Polaris i sentrum. Benytt lang eksponeringstid.