

KAPITTEL I.

INNHOOLD :

HVORDAN ORIENTERER VI OSS PÅ STJERNEHIMMELEN ?.....	I.1.1
AMATØRASTRONOMENS KIKKERT.....	I.2.1

INNLEDNING TIL FØRSTE KAPITTEL.

I dette første kapitlet omtaler vi en del generelle ting som amatørastromen kan ha bruk for. Dette er nok et av de kapitlene som vil vokse etter som årene går. Dette kapitlet vil også være et typisk samlingssted for de ting som faller utenfor de emnene vi har funnet det naturlig å dele kompendiet inn i.

KAPITTEL I.1.

INNHold :

HVORDAN ORIENTERER VI OSS PÅ STJERNEHIMMELEN ?	I.1.2
En kule utenpå en kule.....	I.1.2
Rektascensjon og deklinasjon.....	I.1.5
Eksempel på stjernekart.....	I.1.7
Stjernebilder som referanse.....	I.1.8

HVORDAN ORIENTERER VI OSS PÅ STJERNEHIMMELEN ?

For å finne fram blant stjernene bruker vi stjernekart. Det viser seg at man som nybegynner kan ha noe vanskelig for å orientere seg etter stjernekartene. Derfor skal vi se nærmere på hvordan stjernekartene er laget og noen av de vanligste uttrykk som brukes.

Først og fremst, hvor får vi tak i stjernekart ? Noen svært enkle kart finner vi i den vanlige almanakken. Det finnes flere typer av egne stjerneatlaser. Dessuten er en del bøker om astronomi forsynt med, som regel, enklere kart. Stjerneatlaser har oftest de beste kartene. Slike atlaser kan bestilles i en bokhandel eller for eksempel Stavanger Astronomiske Forening.

En kule utenpå en kule.

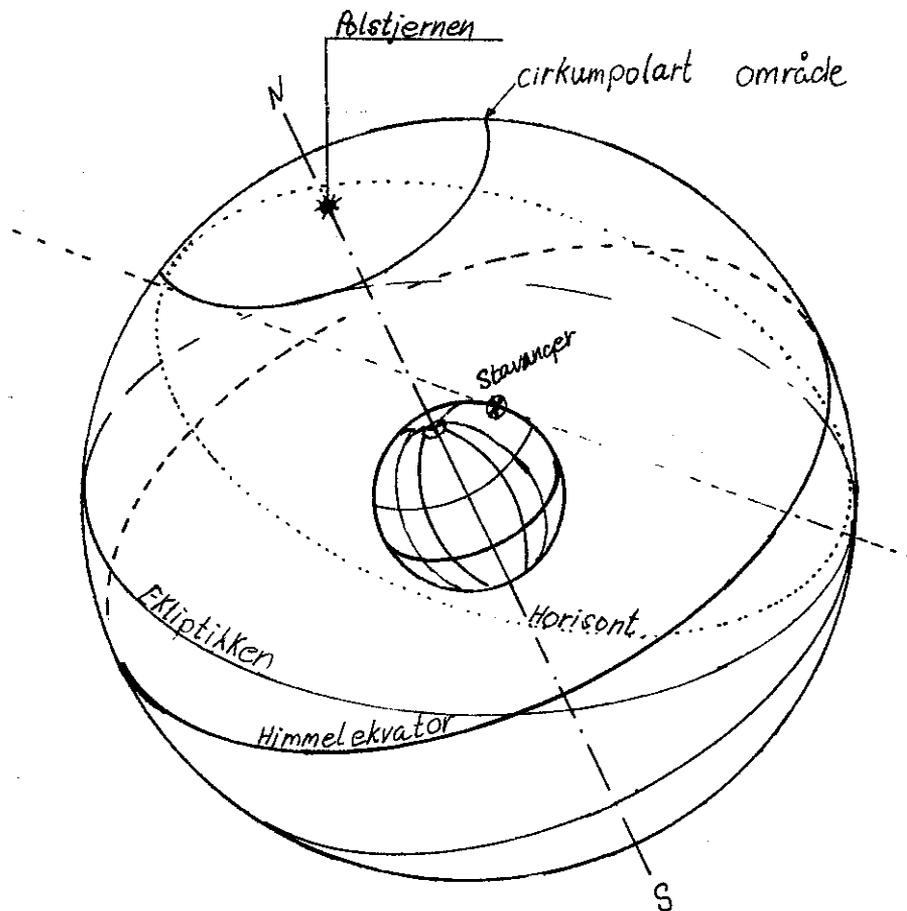
Før i tiden hadde man en teori om at stjernene var huller i himmelhvelvingen hvor lys fra en verden utforbi slapp inn til oss. Vi tenker oss også gjerne stjernene plassert på en slik himmelhvelving selv om vi har andre teorier om hvorfor de lyser.

Stjernene tenkes plassert innvendig i en kule som ligger kosentrisk med vår planet, jorden. På jorden har vi et gradenett for posisjonsbestemmelse av steder på overflaten. Man innså tidlig at et slikt gradenett også kunne tenkes på innsiden av himmelhvelvingen og hva var vel mer naturlig enn å forstørre opp vårt eget gradenett slik at det passet nøyaktig til himmelkulen ?

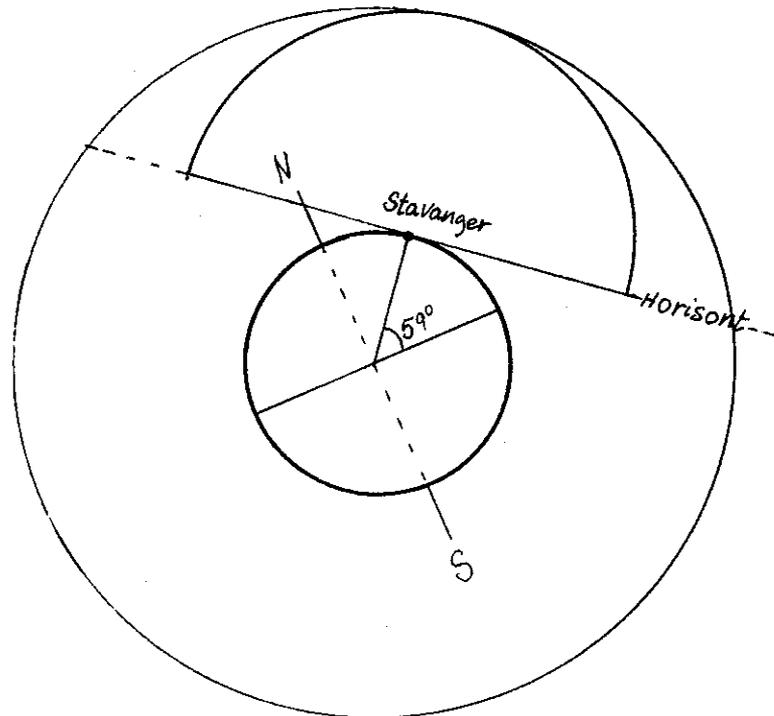
Vår jord roterer om polaksen med en omdreining pr. døgn. Vårt gradenett følger med. Stjernehimmeleens gradenett følger ikke med, men tenkes å ligge fast på himmelhvelvingen. Dette blir ikke helt riktig og visse korreksjoner må gjøres innimellom.

Solen vandrer, sett fra jorden, mellom stjernene og der dens bane krysser ekvator fra sør mot nord er himmelhvelvingens nullpunkt definert. Her går nullmeridianen gjennom, på samme måte som vår nullmeridian går gjennom vårt nullpunkt Greenwich. Dette himmelens Greenwich forflytter seg sakte langs ekvator. Nærmere bestemt med ca. 1/7 buesekund hver dag. Stjernekartene må derfor korrigeres med visse mellomrom. (To ganger pr. hundre år) Kartene vi bruker i dag ble korrigert i 1950.

På disse stjernekartene våre tegner vi inn andre ting enn stjerner. Planetenes vandring på himmelen finner vi inntegnet på kart i almanakker og årbøker. Solens bane over himmelen er også tegnet inn og denne banen har et eget navn, "Ekliptikken".



Figuren viser hvordan vi tenker oss stjernehimmelen ligger utenfor jorden. Vi legger merke til at vårt og stjernehimmels ekvatorplan er felles. Vårt horisontalplan er også tegnet inn. Vi kan bare se stjerner som ligger "over" vårt horisontalplan. Merk at et område nær himmelens nordpol alltid vil ligge over horisonten for en observatør i Stavanger. Stjerner som befinner seg i dette området kalles for cirkumpolære.



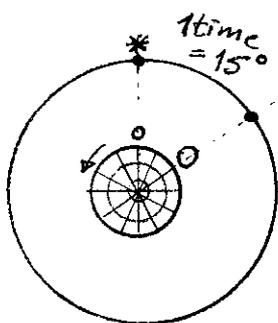
Figuren viser hvordan vi tenker oss stjernehimmelen som en himmelkule liggende utenfor jorden og kosentrisk med den.

En observatør vil rent lokalt oppfatte det som om han står i denne himmelkulens sentrum og dette gir en litt annen form på det planet vi tenker oss at stjernene ligger i. Siden himmelkulen er svært mye større enn jorden er det i praksis ingen forskjell på om vi tenker oss himmelkulens senter lagt sammen med jordens senter eller i Stavanger. For objekter som ligger nær jorden (månen og kunstige satellitter) kan denne effekten bli av betydning ved posisjonsbestemmelser.

Rektascensjon og deklinasjon.

En stjernes posisjon på himmelkulen angis ved dens koordinater. Himmelkulen tenker vi oss altså inndelt i et gradenett på samme måte som en globus. På geografiske kart snakker vi om lengde og breddegrader når et sted skal posisjonsfestes.

Himmelkulens lengdemål er ikke i grader, men i timer. Hvis vi tenker oss jorden og himmelkulen sett fra nordpolen ville det se ut omtrent som på figuren nedenfor.



Jorden roterer, mot klokken, og en observatør "o" vil se en bestemt stjerne i syd på et bestemt klokkeslett. En annen observatør "0" som befinner seg lenger vest ser samme stjerne i syd en tid senere. Ser han den i syd en time senere sier vi at han befinner seg en time lenger vest.

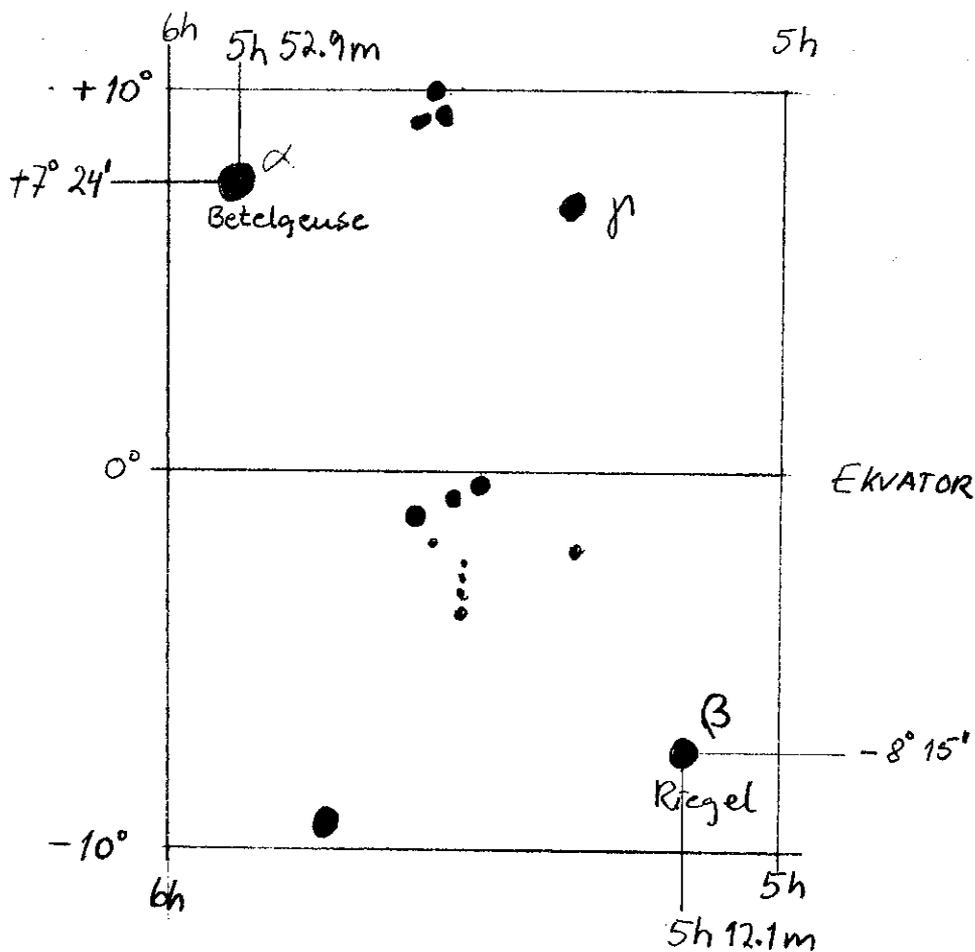
Dette avstandsmålet bruker vi på himmelkulen i jordens rotasjonsretning. Jorden roterer en gang rundt, 360 grader, på 24 timer. Det vil si $360/24 = 15$ grader pr time. En time på himmelkulen tilsvarer altså en vinkel på 15 grader.

Dette målet er det vi kaller Rektascensjon. Forkortes til R.A. (Fra engelsk: Right Ascension)

R.A. oppgis i timer, minutter og sekunder. På stjernekart er disse timesirklene ofte angitt med romertall fra 0 til XXIII (23). De tilsvarer meridiansirkler på jorden.

Eksempel på stjernekart.

Nedenfor er vist et eksempel på hvordan et stjernekart kan se ut. Det er det vakre stjernebildet Orion som er vist. Som vi ser ligger Orion omtrent midt på ekvator og mellom den 5 og 6. time dvs Dec = ca -10° til $+10^{\circ}$ og R.A. = 5-6 h. (h er forkortelse for engelsk "hour" som betyr time)

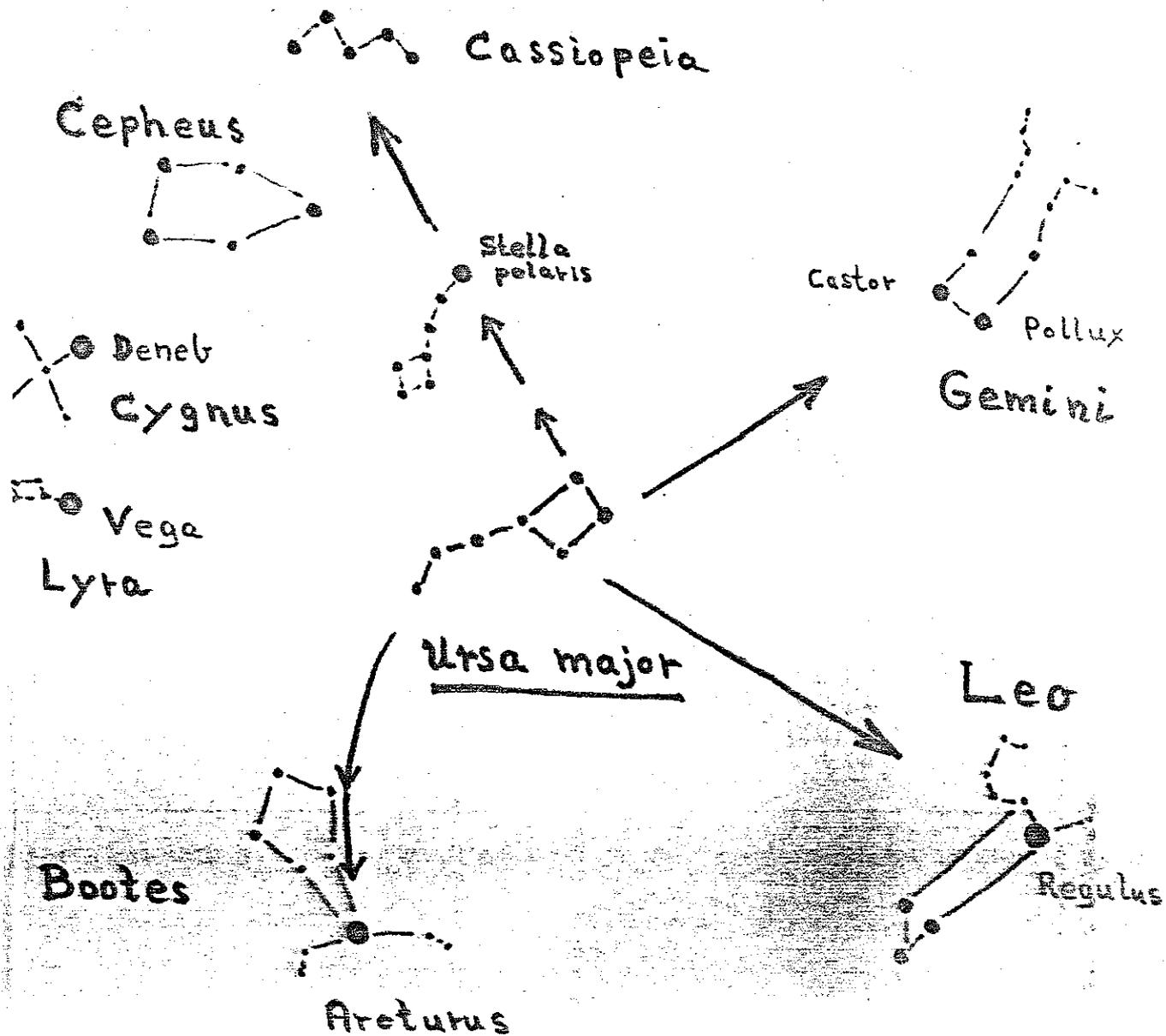


Her er angitt de to mest kjente stjernene i Orion, Betelgeuse og Rigel. De har disse posisjonene på et skikkelig stjernekart:

Betelgeuse: R.A. $05h 52.9m$, Dec $+07^{\circ} 24'$.

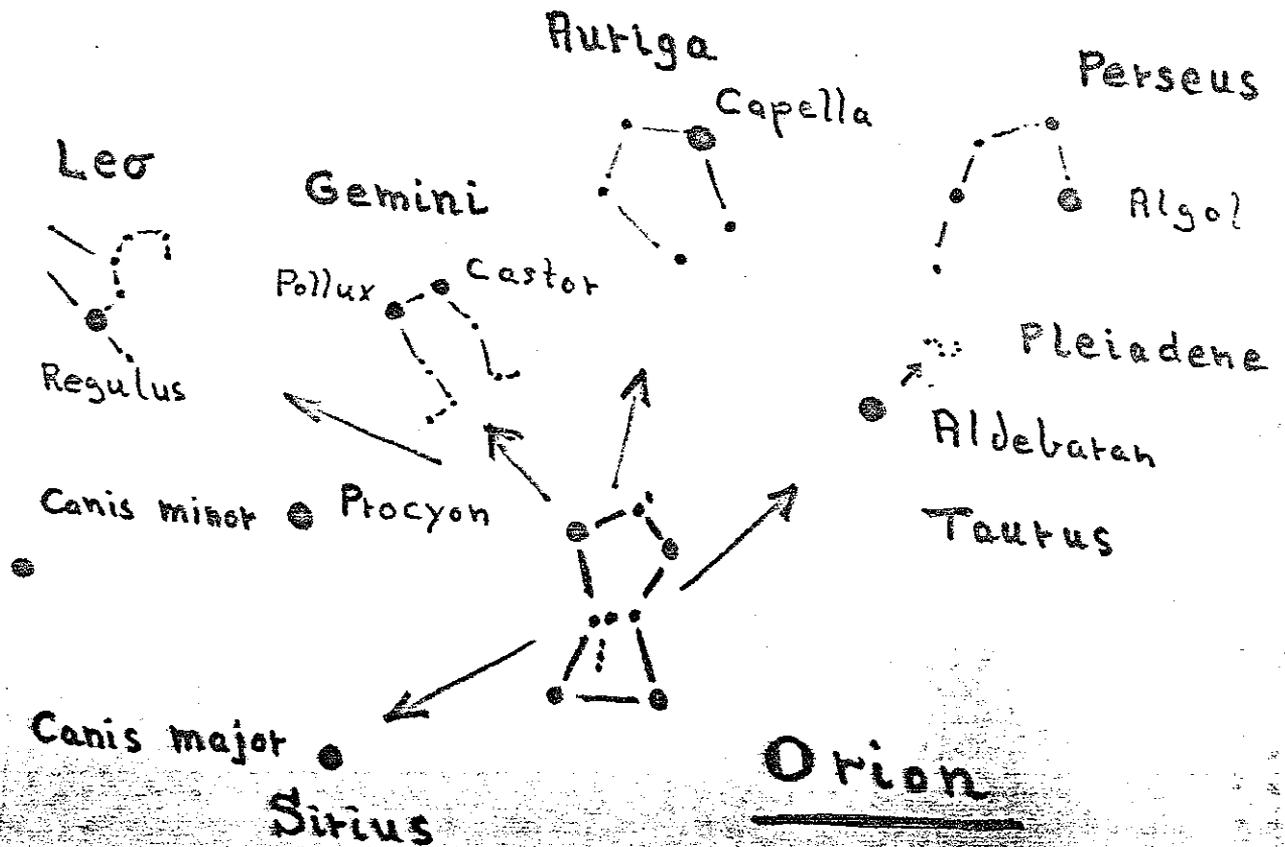
Rigel : R.A. $05h 12.1m$, Dec $-08^{\circ} 15'$.

Orienteringstavle nr.: 1



Ved å betrakte stjernehimmelen og samtidig tenke seg disse linjene med piler trukket, fra Karlsvognen, så kan man finne flere av de kjente og tydelige stjernebildene. Man finner også Polarstjernen som vist på illustrasjonen, ved å forlenge linjen 5 ganger avstanden mellom de to stjerner i den bakre delen av Karlsvognen.

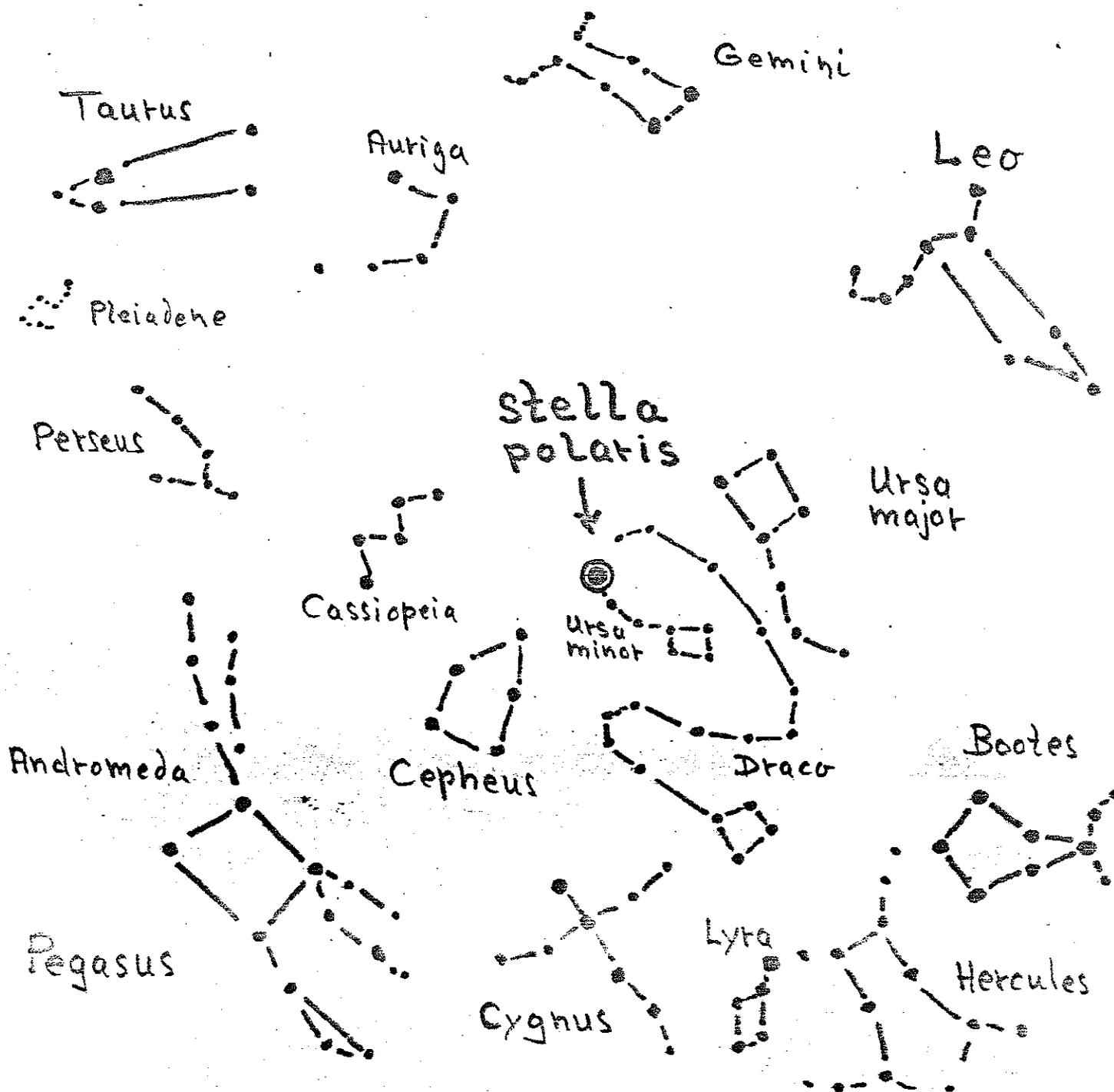
Orienteringstavle nr.: 2.



Her har vi et av de aller fineste områdene på vinterhimmelen .
 Med det tydelige bildet Orion som sentrum kan vi tenke oss de
 viste piler trukket til flere av de andre tydelige og kjente
 stjernebilder og stjerner . Dette er virkelig et flott parti .

Orienteringstavle nr.: 3

Omkring himmel polen



Ved å stille oss med ansiktet mot nord og blikket mot Polarstjernen, så vil vi kunne se alle de stjernebildene som er cirkumpolare, altså de bildene som er synlige over vår horisont hele døgnet. Her finner vi mange av de mest kjente bildene i mytologien.

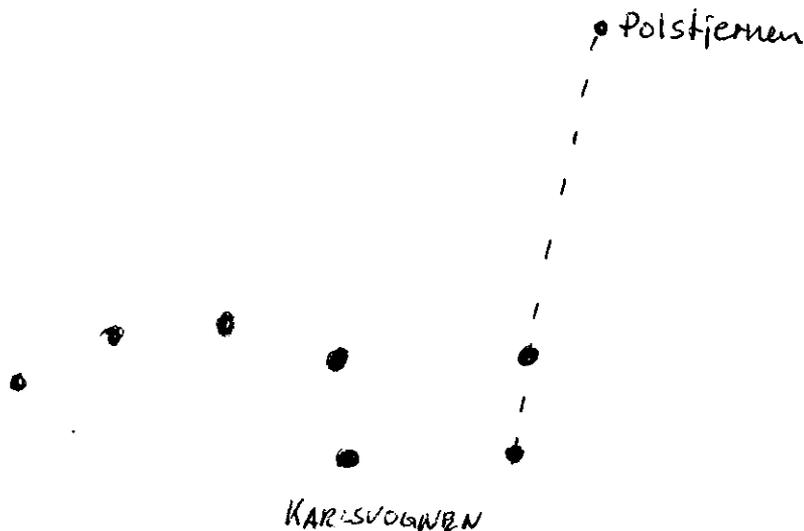
Som det framgår av figuren på foregående side er det vanlig å bruke andre betegnelser på stjernene enn navn. Betelgeuse betegnes med " α ", alpha. Alpha Orionis betyr den mest lyssterke stjernen i Orion. Beta " β ", Orionis betyr den nest sterkeste stjernen og slik fortsetter man gjennom det greske alfabetet.

Stjernebilder som referanse.

Stjernene grupperer seg i såkalte stjernebilder. Disse blir behørig omtalt senere og her skal vi bare kort nevne at de i allfall blant amatører flittig brukes som referanse for å finne fram på himmelkulen. Man trekker linjer mellom kjente stjerner og bruker disse å sikte etter.

Som eksempel kan vi bruke metoden for å finne polarstjernen, Stella Polaris. Ofte kalt Nordstjernen.

Vi tar utgangspunkt i Karlsvognen som er kjent for de fleste. Trekker vi en linje gjennom de to stjernene i vognens bakre karm og forlenger linjen oppover treffer vi polstjernen. Er vi i Stavanger vil strølyset fra byen gjøre at svake stjerner ikke synes særlig godt. Den første klare stjernen vi treffer på denne tenkte linjen blir derfor polstjernen. På fjellet en mørk kveld kan det være noe verre å finne den fordi så mange flere stjerner blir synlige.



II SOLSYSTEMET

I N N H O L D

- ✓ II 1. Solsystemet. Samlet beskrivelse
 - ✓ II 2. Solen
 - ✓ II 3. Jorden
 - ✓ II 4. Månen
 - ✓ II 5. Merkur
 - ✓ II 6. Venus
 - ✓ II 7. Mars
 - ✓ II 8. Jupiter
 - ✓ II 9. Saturn
 - ✓ II 10. Uranus
 - ✓ II 11. Neptun
 - ✓ II 12. Pluto
 - ✓ II 13. Asteroidene
 - ✓ II 14. Kometer
 - ✓ II 15. Meteoror
 - ✓ II 16. Astrogeologi
-

II 1. SOLSYSTEMET. SAMLET BESKRIVELSE.

I N N H O L D

- II 1.1. Hva er forskjellen på en stjerne og en planet?
- II 1.2. Hva er forskjellen på en planet og en måne?
- II 1.3. Solsystemets plass og størrelse i universet.
- II 1.4. Data om sol, måne og planeter.
- II 1.5. Solsystemets størrelsesforhold.

II 1.1. HVA ER FORSKJELLEN PÅ EN STJERNE OG EN PLANET?

Som mange vet er en stjerne, eller som mange før i tiden kalte det en fiksstjerne, en sol. Fiksstjernene er de stjerner (soler) som står "fast" på himmelen i forhold til hverandre, og det er disse som danner stjernebildene.

Vi har mange forskjellige soler, eller stjerner som vi sier når det er utenom vår sol. Der er stjerner som er større enn vårt eget solsystem i diameter, mens andre igjen kan være bare tusen/delen av solens radius. Overflatetemp. kan variere fra 2000° K (elvin) til 100.000° K. Grunnstoffene kan være helt forskjellige i mengde og sammensetning. Men alle har det til felles at de utstråler energi i form av lys, varme og stråling.

Når det gjelder planetene, vandrestjernene, (av det greske ordet "planetes" som betyr: Vandrør) så utstråler disse liten, eller ingen form for energi som lys, osv. Grunnen til at planetene i vårt solsystem lyser så sterkt som de gjør, er kun refleksjon av lyset fra vår egen sol.

Jorden (Tellus) er også en av planetene i solsystemet.

II 1.2. HVA ER FORSKJELLEN PÅ EN PLANET OG EN MÅNE?

Den vesentligste forskjellen er den at månene vender samme side mot sin moderplanet, slik som vi ser med vår egen måne. Dette kalles for "bunden rotasjon". En annen forskjell er at månene har liten eller ingen atmosfære. Dette kommer av at de er så små at gravitasjonskreftene ikke klarer å holde på atmosfæren.

II 1.3. UNIVERSET MED GALAKSENE.

For å forstå avstander i universet bruker man som regel lysår. Det er den tiden lyset går i løpet av et år, og den er 9.460.700.000,000 km = 9460,7 milliarder km.

Tar vi f.eks. avstanden fra solen til jorden omgjort i tid, så er denne 8 minutter og 19,012 sekunder. Denne avstanden blir kalt for 1 Astronomisk enhet. Internasjonalt forkortet til A.U. (Astronomic Unit), som er lik 149,65 mill. km. Lysets hastighet er 299.792 km./s. Vårt solsystem, som bare er et av mange millioner i vår galakse, Melkeveien, er bare ca. 50 A.U. i diameter.

Avstanden til vår nærmeste stjerne (utenom solen) er 4,3 lysår, og navnet på denne er Proxima Centauri. Videre har vi to stjerner i samme stjernebildet med samme avstand. Deretter kommer Barnards stjerne med 6 lysår, Wolf 359 med 8 lysår, Lal 21185 med 8,2 lysår og Sirius med 8,7 lysår. Selve Melkeveien er ca. 100.000 lysår i diameter.

Skal vi til nærmeste galakse så ligger denne bare 15.330 lysår fra Melkeveien. Det er den Store Magellanske Sky og den Lille Magellanske Sky.

Innen en radius på ca. 2 millioner lysår har vi en "familie" på 15 - 20 galakser, deriblant Andromedetåken M 31.

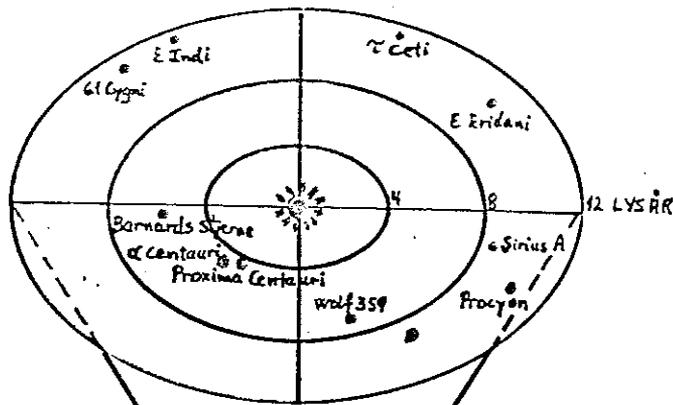
II 1.4. DATA OM SOL, MÅNE OG PLANETER

	☉	☾	♁	♂	♃	♄	♅	♆	♁	♂	♃	♄	♅	♆	♁
	Solen	Månen	Merkur	Venus	Jorden	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Pluto				
Astronomiske enheter fra solen	0,387	0,723	1,000	1,524	5,203	9,539	19,18	30,06	39,44						
Avstand fra solen i mill. km.	57,91	108,2	149,6	227,9	778,3	1427	2870	4497	5899						
Diameter i km.	1392000	3476	4840	12300	12756	6790	142800	47100	44800	5900					
" jorden = 1	109,1	0,272	0,380	0,950	1,000	0,532	11,20	9,355	3,70	3,51	0,47				
Masse jorden = 1	332958	0,0123	0,0558	0,815	1,000	0,107	317,9	95,14	14,52	17,46	0,1				
Unnslipningshastighet km/sek.	617,5	2,38	4,22	10,27	11,18	5,02	60,22	36,24	22,4	24,9	5,1				
Omløpstid i døgn rundt solen			87,97	224,7	365,26	687	4333	10759	30685	60190	90737				
Banehastighet i km/sek.	1,02	47,88	35,02	29,79	24,12	13,05	9,64	6,81	5,44	4,74					
Bane-															
eksentrisitet	0,0549	0,206	0,007	0,017	0,093	0,048	0,056	0,047	0,009	0,250					
Banepanets vinkel m/ekliptikken			7°00'	3°24'	-	1°51'	1°18'	2°29'	0°46'	1°46'	17°08'				
Flattrykning	0	1:500	0	1:297	1:192	1:16	1:10	1:10	1:16	1:50	?				
Tyngdekraft															
Jorden = 1	27,9	0,165	0,373	0,873	1,000	0,38	2,64	1,16	1,11	1,43	0,47				
Akselretning N-S i forh. t.eklipt. i °	7,25°	1,5°	0°	175°	23,5°	24°	3°	26,7°	97,5°	28,8°	50°				
Rotasjonstid siderisk	25d9,1t	27d7,72	58,65d	243d	23t56,04	24t37,4	9t50,5	10t14	10t49	15t48	6d9,4t				
Egenvekt = Tettethet kg/dm ³	1,409	3,342	5,41	5,25	5,518	3,49	1,32	0,705	1,21	1,67	5,5				
Mag. Lysstyrke	÷ 26,8	÷ 12,7	÷ 0,2	÷ 4,2	÷ 3,8	÷ 2,0	÷ 2,6	+ 0,7	+ 5,5	+ 7,8	+ 14,9				
Antall måner	-	-	0	0	1	2	14?	11?	5	2	1				
O/O lysrefleksjon = Albedo	7	6	76	36	16	73	76	84	14						
Middeltemp. v/overflaten °C	5500	N.÷170	D.400	N.÷200	N.÷30	22	÷150	÷180	÷210	÷220	÷230				

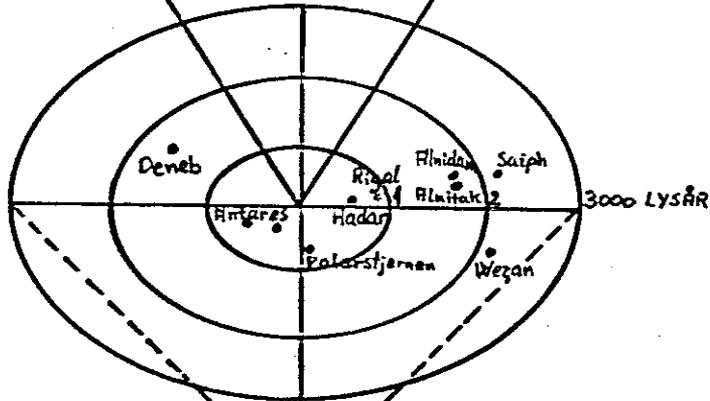
fullmåne størst v.a. fra solen oppos. størst v.a.

UNIVERSETETS STØRRELSE

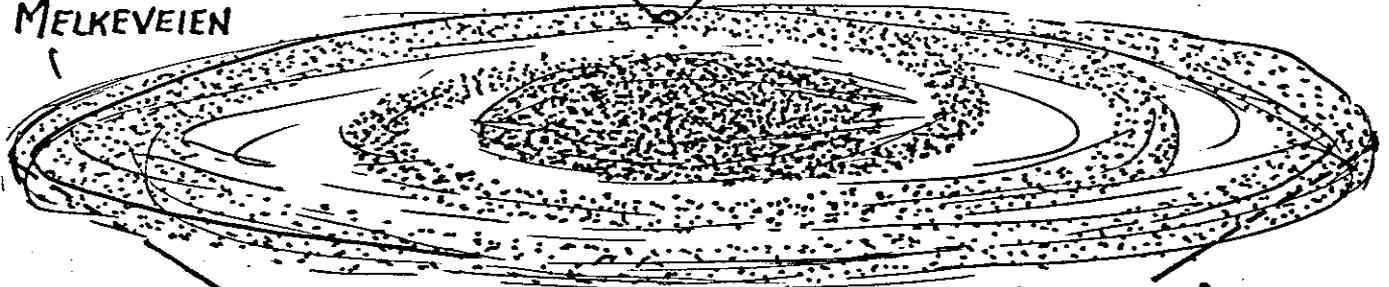
VÅRE NÆRMESTE STJERNER



NOEN LYSSTERKE STJERNER

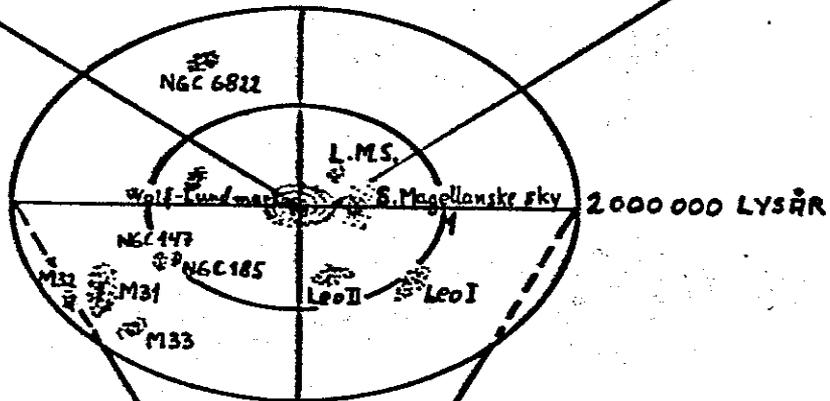


MELKEVEIEN

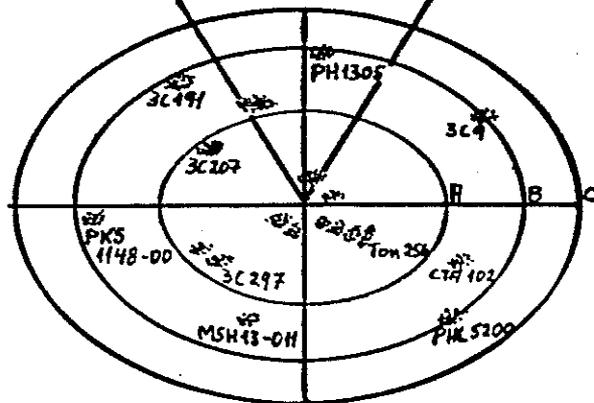


CA. 100 000 LYSÅR I DIAMETER

VÅRE NÆRMESTE GALAKSER



VÅR YTTERSTE GRENSE (MÅLBAR)



A = GRENSEN FOR TELESKOP

B = - - - - - RADIO-TELESKOP

C = OBJEKTER SOM SYNES Å FJERNE SEG MED LYSETS HASTIGHET = 1000 MILLIONER LYSÅR

II 1.5. SOLSYSTEMETS STØRRELSFORHOLD.

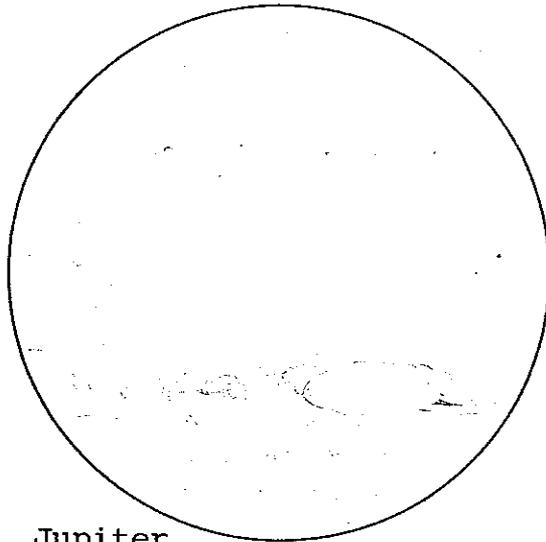
○
Månen

○
Merkur

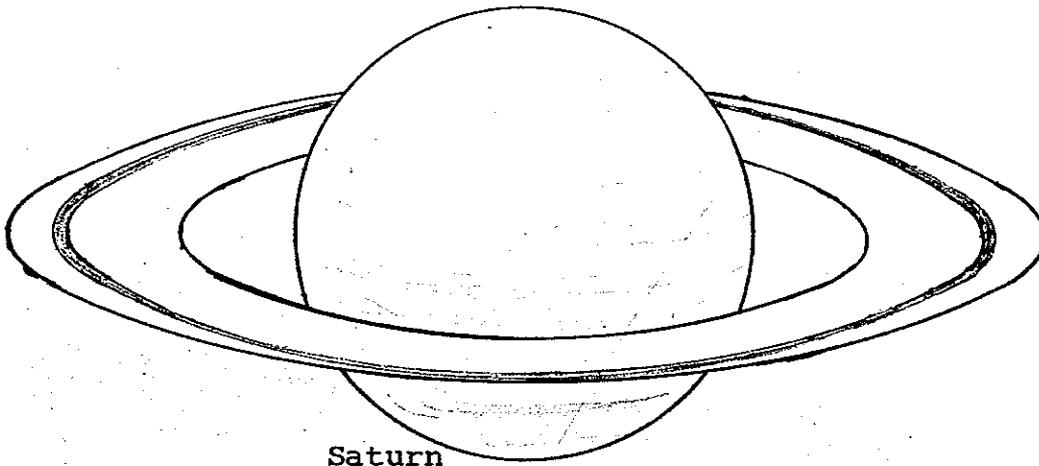
○
Venus

○
Jorden

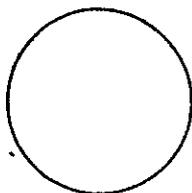
○
Mars



Jupiter



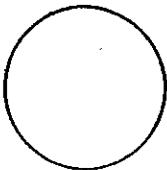
Saturn



Uranus

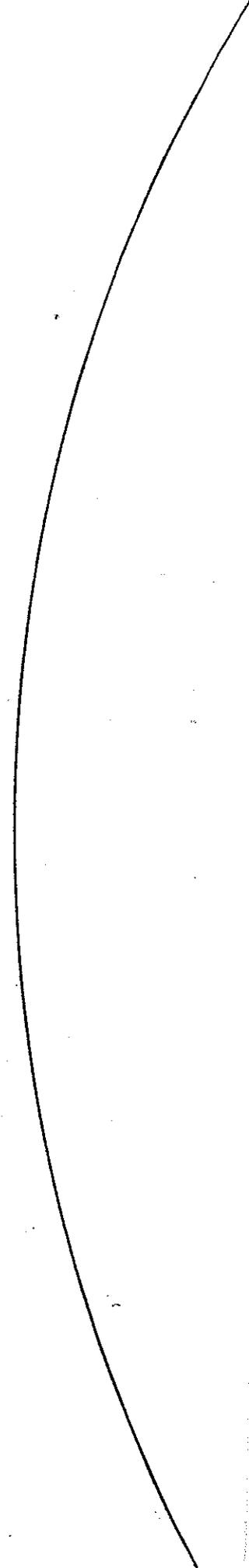


Pluto



Neptun

Solen



I N N H O L D

SOLEN

=====

II.2.

Noen data om solen	Side	II.2. 1
INFORMATIV ARTIKKEL		
"Solen - vår livskilde	"	II.2. 2
Tegninger og skisser	"	II.2.12
OBSERVASJONS-ARTIKKEL		
"Observasjoner av solen i hvitt lys"	"	II.2.24
OBSERVASJONS-ARTIKKEL		
"Observasjoner av nordlys"	"	II.2.30

NOEN DATA OM SOLEN

=====

Solens radius:		109.1 jordradier
		696 000 kilometer
Solens volum:		1.3 millioner jord-volum
Solens masse:		328 900 jordmasser
Tyngdekraft ved overflaten:		28,02 ganger jordens
Tetthet:		1,409 i forhold til vann
Vekt:		$1,990 \times 10^{30}$ kg
Middelavstand:		1 496 000 km (1 AE=Astr.enhet)
	Aphelion:	1 520 000 km
	Perihelion:	1 470 000 km
Lysstyrke:		500 000 fullmåner
		Mag. - 26,78
Absolutt lysstyrke:		Mag. + 4,62
Spektrum:		G 2 V
Temperatur:	Kromosfære:	20 000 ° K
	Korona:	1 000 000 ° K
	Sentrum:	14 000 000 ° K
	Overflate:	Ca. 6000 ° C
	Flekker:	Ca. 5000 ° C
Solflekkperiode:		11,2 år
Magnetisk solflekkperiode:		22,4 år
Tetthet sentrum:		100 g/cm ³
Hastighet rundt galaksen:		250 km/sek
Omløpstid:		240 millioner år
Solens bevegelse mot apex:		
	(befinner seg på grensen mellom Hercules og Lyra i posisjon RA 18h 06m Dec +30°)	20,0 km/sek
Galaksens (Melkeveiens) diameter:		25 000 parsec (Parsec=3,26 l.å.)
"	tykkelse:	4 000 "
Solens avstand fra sentrum:		8 200 "
Solens diameter i grader:		Fra 31'31" til 32'35"
Synodisk periode ved 15° bredde:		Gjennomsnittlig 27,2753 døgn

SOLEN - VÅR LIVSKILDE.

Av Kjell Inge Malde, Trysil Knuts gt. 8, 4000 Stavanger

Solen - eller Helios som det greske navnet er på den, er grunnlaget for alt livet på jorden, så vel som på land, i sjøen og i luften. Denne gigant av et himmellegeme er et meget interessant arbeidsområde innen astronomien både for en amatør og for en vitenskapsmann.

Siden det ikke er noen levende vesener som kan fremstille et så sterkt lys som solen utstråler, vil jeg gjerne komme med en advarsel med det samme: Ikke under noen omstendighet må man se direkte på solen gjennom en kikkert. Til og med uten kikkert er det skadelig. Hvis man får dette kraftige lys fokusert inn på netthinnen, er øyet skadet for livet, og i verste fall kan man bli blind. Det er utallige eksempler på dette fra f. eks. solformørkelser.

Denne vår nærmeste stjerne er 1,392 mill. km i diameter og ligger i en middelavstand av 149,6 millioner km fra jorden (1 astronomisk enhet). Hvis man tar alle solsystemets planeter med tilhørende måner, vil deres diametere tilsvare ca. 35 % av solens. Solen har en masse som er 332 946 ganger jordens ! Solsystemets planeter tilsvarer 0,134 % av solens masse !

Solens spektrum er G0, det samme som f. eks. stjernen Capella i Auriga. På overflaten er temperaturen ca. 6000 °C, mens det i solflekkeområdene er ca. 1500 °C lavere. Lysstyrken tilsvarer ca. 600 tusen fullmåner eller i magnitudeskala -26,7.

Litt om utstyr

Man trenger ikke noe stort teleskop for å iaktta solens fenomener og dens stadig skiftende utseende. En liten refraktor f. eks. med en objektiv-diameter på mellom 2 og 5 tommer er ideelt. De fleste kikkerter man kjøper i optiske forretninger er utstyrt med solfilter og/eller projeksjons-skjerm (vel og merke ikke landskapskikkerter). Solfilteret er bra å bruke hvis man vil se direkte inn i kikkerten, eller man kan bruke det inn til det blotte øye for en observasjon starter for å se etter "naked-eye-sunspots" (flekker eller grupper som i helhet blir synlig til det blotte øye). Projeksjonsskjermen er nok det beste hjelpemiddel en har for solobservasjon. De aller fleste astronomiske kikkerter har som sagt projeksjons-utstyr. Har man ikke det, kan en ta en passe stor papp-plate og skjære et hull i denne som passer kikkertens nederste tubus. Solbildet projekseres da på en blank papp-plate ca. 30 cm fra okularet alt etter som man vil ha et større eller mindre solbilde.

Solflekkene

De mest interessante overflatemerker som da kommer frem, er solflekkene. En solflekk opptre som et mørkt område mot den lyse fotosfæren (se bildet på neste side). Solflekken virker mørk, men det vi ser er bare et synsbedrag. Grunnen til at solflekken er mørk, er at det er en kontrasteffekt. En solflekk består av en mørk kjerne, kalt umbra og en omkringliggende halvskygge, penumbra. En

solflekk ser ut som og oppfører seg delvis som en biologisk celle. En solflekk kan også inneholde flere umbra i en penumbra. Det er flere eksempler på umbra og/eller penumbra som er helt sirkelrunde, men som regel har de en uregelmessig og gjerne opprevet form. En solflekk opptrer sjelden alene. Den er som regel omgitt av flere, gjerne med en eller to hoved -

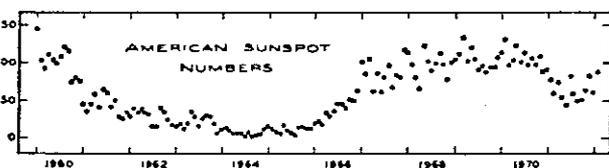
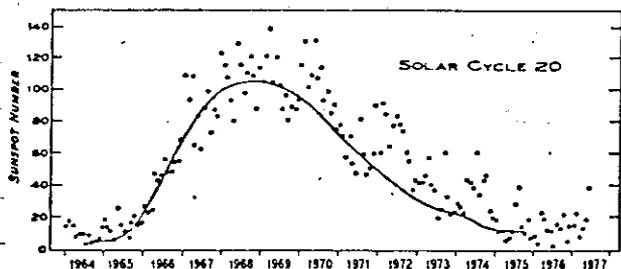


flekker og flere små rundt omkring. Enkelte ganger kommer det store grupper av kompleks-natur med flere hovedflekker. Disse kan være så omfattende at det er meget vanskelig å tegne dem nøyaktig.

En solflekk oppstår som følge av utstrømning av kjølige gasser fra solens indre, d.v.s. gasser som er kaldere enn soloverflaten. Denne flekken oppstår som et lite korn og blir etterhvert større og får gjerne ledsagere. I en solflekk er det meget sterke magnetfelter hvis utstrømninger går i alle retninger ut fra den. Ved hjelp av en elektromagnet kan man fremstille samme krefter av samme styrke som den man finner i en solflekk, men denne kraften, selv med de sterkeste magneter på jorden, er likevel ikke større enn til å opprettholde den på et areal på ikke større enn noen få kvadratcentimeter. Man skjønner lett hvilke krefter det er i en solflekk når den kan virke på et areal av mange millioner kvadratkilometer.

Solflekkene opptrer ikke på alle breddegrader, men bare på de lave rundt ekvator. De mest alminnelige er mellom 5 og 30 grader. Denne solflekkdannelse er underkastet en solflekkcyclus på 11,2 år gjennomsnittlig. Ved et solflekk maksimum holdes flekkdannelsen på de høyere breddegrader. Etter maksimum avtar aktiviteten langsomt til solflekk minimum hvor aktiviteten er holdt på de lave breddegrader. Deretter begynner en dannelse av flekker på høye breddegrader igjen, og de gamle flekkene forsvinner etterhvert. På grunn av at magnetfeltene i flekkene egentlig vender en bestemt vei annenhver solflekkcyclus, taler vitenskapen også om en periode på 22,4 år. Det er i tillegg også tale om en cyclus over alle cycluser, denne skal være i ca. 80 år. Hvis en f. eks. tar for seg en oppgave over antall aktive områder fra århundreskiftet og fram til i dag, vil en se at solflekkmaksimum stiger.

Solflekkene er som regel kortlivede. Det kan dreie seg om perioder på 1 til ca. 20 dager. De kan også ha kortere liv eller lengre. I et tilfelle overlevde en enkelt flekk i 247 døgn. Solen dreier ved ekvator på 24,6 døgn, d.v.s. at denne flekken overlevde 10 omdreininger. Det hører til



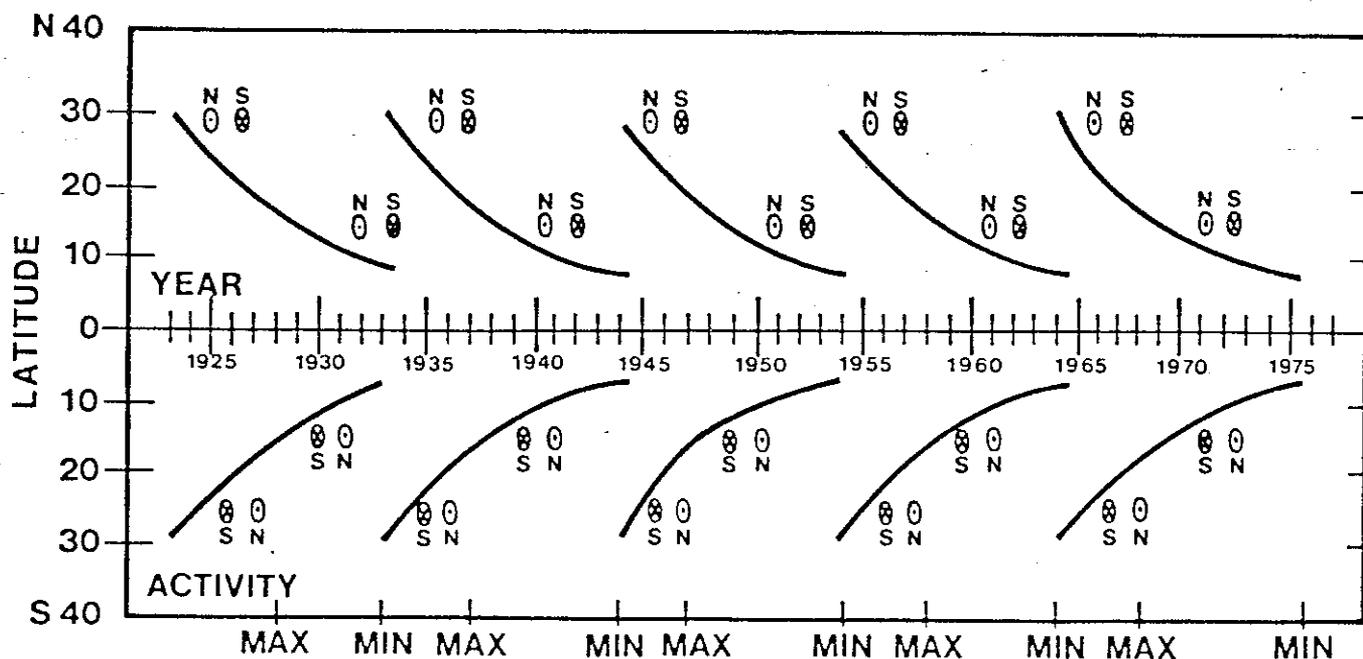
sjeldenhetene at en enkelt flekk overlever mer enn 2 omdreininger. Antall flekker varierer også sterkt. Ved minimum er det ikke sjelden at solen i dagevis er tom for flekker. Rekordene lyder på 263 i oktober 1957 da det var maksimum.

Hva betyr så i grunnen et solflekkmaksimum for oss jordboere? I grunnen

meget. Ved et slikt maksimum blir det øvre lag av atmosfæren forstyrret (ionosfæren), og det vi kaller nordlys eller aurorae borealis (og -- australis på den sydlige halvkule), blir da særlig fremtredende spesielt i vintermånedene. Disse fenomener har enkelte ganger antatt så stor styrke at det er blitt observert så langt syd som i Egypt. Naturkatastrofer som oversvømmelser og jordskjelv har solflekkene fått skylden for. I følge en amerikansk kriminalrapport fra 1970 sies det at antall forbrytelser gikk drastisk opp! En mer kjent sak er det at under et maksimum blir lett telefon og radiosamband forstyrret.

Solens lysende fakler.

Høyt oppe i solens fotosfære finner vi de lysende fakler (latin faculae). Disse opptrer som regel i et område hvor flekker skal til å dannes og holder stand mens flekken eller gruppen er der. Disse forsvinner først en stund etter at gruppen er forsvunnet. Disse faklene sees best i en kikkert ved projeksjon. Faklene har en meget uregelmessig form. De minner stort sett om skyer. De har gjerne et område som er 5 - 10 ganger større enn den grup-



pen de tilhører. De sees best når de er i øst eller vestkanten av skiven. De har samme breddeutstrekning som solflekken. Likevel finnes det fakler på høyere bredder. De kalles derfor polar faculae og opptrer i størst antall ved solflekk-minimum. Slike observasjoner er meget interessante. De er ikke så lette å se som de vanlige faklene. Polar faculae ser ut som små runde, lyse flekker. Bredder på fra 60° og oppover er de mest vanlige.

Solens "bikake".

Et bikake-mønster er vel kanskje den tilnærmelsesvis riktige betegnelse på den kornete struktur vi kan iaktta i en kikkert som har projeksjonsutstyr. Dette er også et fotosfærisk fenomen i likhet med flekker og fakler. Disse kalles granulasjoner, og ett enkelt korn i denne "bikaken" måler gjennomsnittelig ca. 3000 km eller vel avstanden fra Paris til Moskva. I solens målestokk er dette likevel svært lite. Disse har en svært begrenset levetid. De eksisterer fra noen få sekunder opptil noen minutter. Siden dannes det nye. Hvis man tar opp fotografiske bilder av solen med 10 minutters mellomrom, vil disse mønstrene ha forandret seg totalt.

Sol-formørkelser.

Solens atmosfære består av tre hovedlag. Det nederste er fotosfæren der alle solens overflatefenomener dannes. Der nest kommer kromosfæren der temperaturen er ca. $30\,000^\circ\text{C}$ og ytterst den kjernemessige koronaen som holder en temperatur av ca. 1 million grader. På grunn av molekylspredningen, er der likevel isende kulde. Disse atmosfærelagene kan normalt ikke sees fra jorden unntatt ved totale solformørkelser.

Månen er som regel tilsynelatende større enn solen. Når månens og solens deklinasjon faller overens på nymånedagen

og månen er i knute, vil det etter all sannsynlighet inntreffe en formørkelse. Men siden solens og månens baner danner en vinkel på noe over 5 grader, er det likevel relativt sjelden en formørkelse inntreffer. Vi observerer med andre ord en solformørkelse når jorden beveger seg inn i månens hel- eller halvskygge. Hvis månens skyggeakse peker mot jorden, får vi en total eller en ringformet formørkelse. (Vi får en ringformet formørkelse hvis månen er i apogäum = lengst fra jorden. Ved måneapogäum kan månediameteren være mellom $29' 24''$ og $29' 34''$ mens solens minste diameter, den 2. juli, er $31' 31''$). Hvis avstanden mellom månen og jorden er mindre enn høyden i den kjeglen som beskriver helskyggen, blir formørkelsen total. Beltet kan maksimalt bli ca. 240 km tversover. I halvskyggen omkring, et meget større område, vil formørkelsen bli partiell. Siden der formørkelsen er total, vil bli trukket ut til en lang stripe som gjerne kan gå halve jorden rundt på grunn av månens og solens bevegelse fordi jorden roterer. På et bestemt sted på jorden kan aldri en totalitet vare mer enn $7\frac{1}{2}$ minutt, som regel er den mye kortere. Hvis spissen av månens helskygge sveiper utenom jorden, slik at jorden bare går inn i halvskyggen, blir formørkelsen kun partiell.

Hvert århundre inntreffer der gjennomsnittelig 237 formørkelser, hvorav 84 partielle, 77 ringformede, 10 ringformede-totale og 66 totale. For eksempel i tidsrommet 1970 - 2000 inntreffer det 21 totale solformørkelser.

Saros - perioden.

En solformørkelse er alltid del av en periode. Denne periode kalles for Saros-perioden. Saros-perioden er den tid det tar for månen å løpe rundt knutelinjen 19 ganger. En Saros-periode er på 18 år og 11 dager. I løpet av denne periode har det inn-

truffet 70 formørkelser, 41 sol- og 29 måneformørkelser. En bestemt solformørkelse gjentar seg også etter 18 år og 11 dager, men ikke på samme sted. Den er da litt lenger syd og en god del lenger vest. For eksempel formørkelsen som gikk over Norge og Sverige den 30. juni 1954, blev gjentatt den 10. juli 1972. En Saros-periode som begynte den 10. mars 1179 e. Kr., startet i Antarktis. Den avsluttende formørkelse finner sted i Arktis den 3. mai 2359. Den rene Saros-periode inneholder her 72 solformørkelser, og tidsrommet er litt over 1280 år. Det at en solformørkelse gjentok seg hvert 18. år 11. dag er meget gammelt. Til og med de gamle babylonerne kjente til dette. Nedenfor er en liste over formørkelser som er synlig i Skandinavia 1978 - 2000.

Dato	Type
2. oktober 1978	P
31. juli 1981	T

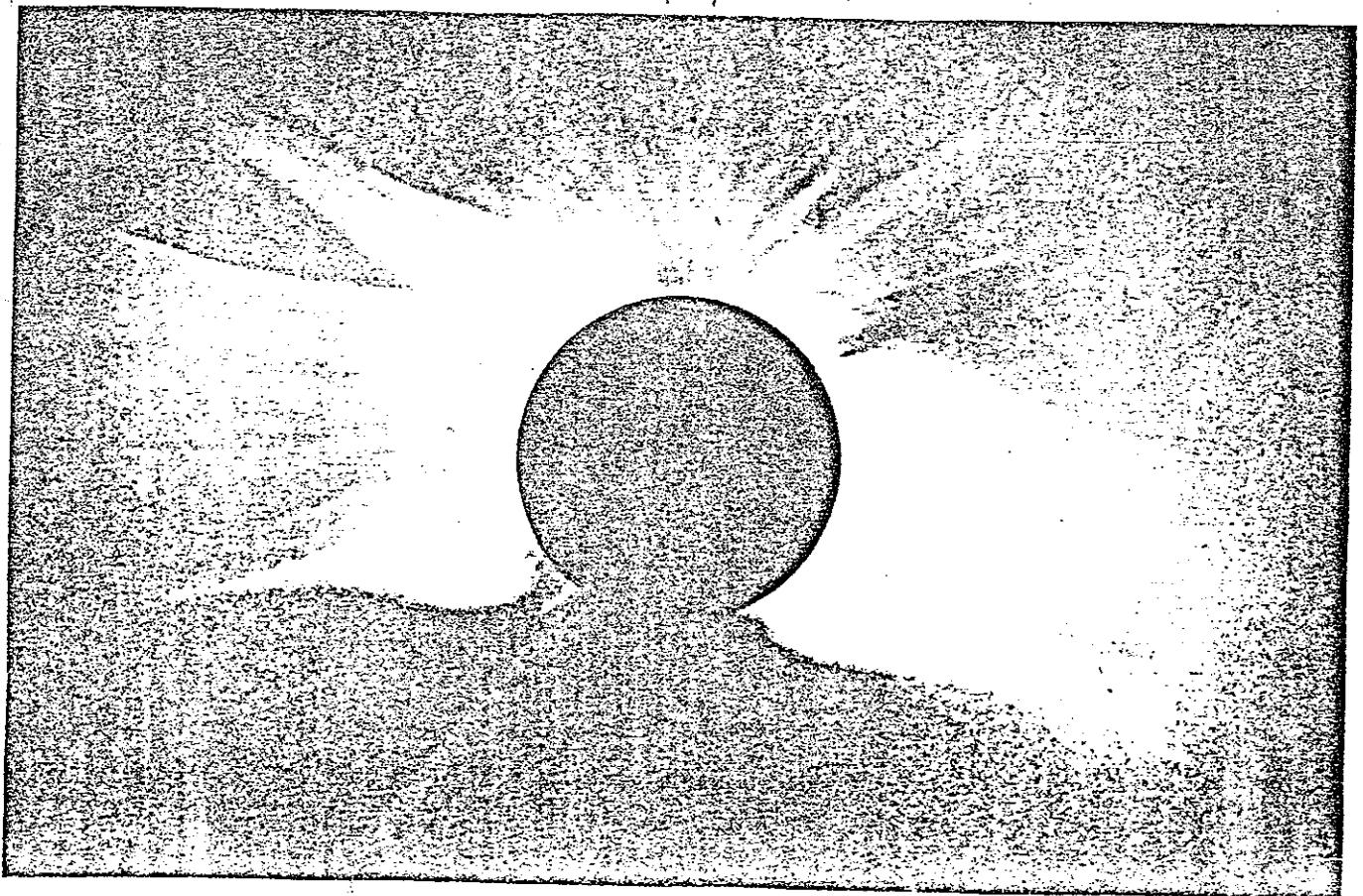
20. juli	1982	P
15. desem.	1982	P
30. mai	1984	R
19. mai	1984	R
22. juli	1990	T
21. mai	1993	P
10. mai	1994	P
12. oktober	1996	P
11. august	1999	T

R = Ringformet, P = Partiell, T = Total

Listen kjennetegner kun hvilken type de forskjellige formørkelser er, og ikke om de f. eks. er total i Skandinavia. (Neste gang en ringformet formørkelse er synlig fra Norge, er i år 2039, total først i år 2126).

Solformørkelse-studier

Ved totale solformørkelser kan man som sagt studere solens atmosfære. Den kjempemessige koronaen kommer til syne med det samme "månen har slukt siste



bit" av solen. Legg merke til at ved et solflekkminimum vil koronaen være nærmest oval av form med den lengste del av koronaen ut fra ekvator, mens det bare vil være noen få "strå" stikkende ut fra polene. Ved solflekkmaksimum vil koronaen være nesten rund og like stor på alle kanter. Hvis månens og solens tilsynelatende diametere er nesten like store, har man god tid til å studere solens kromosfære - og enda mer interessant - solens slikkende, kjempemessige protuberanser. Disse enorme ildtunger som kommer direkte fra solens indre, er meget fremtredende ved solformørkelser. En enkelt av de store kan bruke flere timer på "turen" ut og til utbruddet har lagt seg. Vår egen jord blir omtrent som en ert i forhold til ertebelgen i forhold til en slik stor protuberans.

Solobservatørens muligheter

En amatørastonom kan gjøre meget viktig arbeid innenfor solastronomien hvis denne sammen med mange andre observerer solen på ulike tidspunkter og på forskjellige steder rundt om i verden. Spesielt hvis observatøren utfører sine observasjoner så ofte som mulig med tegninger av overflaten med eventuelle detaljtegninger, fordelingen av de forskjellige aktive områder, tallet på disse og eventuelt også tall på flekker, er meget verdifulle hvis for eksempel en spektrohelioskopisk observasjon er gjort et sted i verden på samme tidspunkt.

Det er spesielt 10 hovedpunkter en amatør kan holde seg til og gjøre bruk av og det selv med et forholdsvis lite instrument:

1. "Blotte-øye-flekker" (Naked eye spots).
2. Tall på aktive områder (Active Areas).
3. Overflate-tegninger.
4. Tegninger av individuelle flekker og grupper.
5. Røde solflekker.

6. Lyse "faculae" i flekk-områder.
7. "Faculae" ved polene (Polar faculae).
8. Fotografering av overflaten og av individuelle flekker.
9. Protuberanser.
10. Nordlys i forbindelse med solaktiviteten (Aurorae Borealis).

1. Blotte-øye-flekker.

Dette er den eneste, men dog viktig observasjon en amatør uten kikkert kan gjøre av solen. En trenger ikke mer enn et meget mørkt glass som er såpass mørkt at det ikke er ubehagelig å se på solen gjennom det. En overeksponert film eller plate vil også gjøre god nytte. Bare noen få minutter hver dag er tilstrekkelig. I relasjon til de flekkene som virkelig oppstår, kan en si at disse er relativt sjeldne. Det er likevel ikke uvanlig at en kan se to eller kanskje flere i løpet av en måned, spesielt ved solflekkmaksimum.

Betingelsen for at en slik observasjon skal være ærlig, er at en ikke vet på forhånd hvilke flekker som er tilstede. Fremgangsmåten er enkel:

- a) Gjør et kort notat om observasjonen.
- b) Dato og tidspunkt, eventuelt observasjonsforhold.
- c) Hvilken kvadrant av solen flekken ble observert, N-V, V-S, S-Ø eller Ø-N. Tegn gjerne også inn på en sirkel og prøv å stadfeste hvor N er på tegningen.
- d) Avgjør om den var sett lett eller vanskelig. Bruk gjerne en klasseinndeling:
 I = Meget tydelig
 II = Medium
 III = Meget vanskelig, bare så vidt

Hvis det blir observert flere, må et kort notat gjøres i tillegg for å tilkjennegi deres relative posisjon. Men som sagt må man ikke gå i gang med å eksaminere solen før en observasjon starter for å finne ut hvilke flekker som er tilstede. Blotte-øye-observasjoner er av ingen statistisk verdi hvis man vet posisjonen på forhånd.

Disse flekkene trenger ikke være en enkelt flekk, men kan også være flere flekker som står nær sammen som på grunn av øyets begrensede oppløsnings- evne, virker som en enkelt flekk.

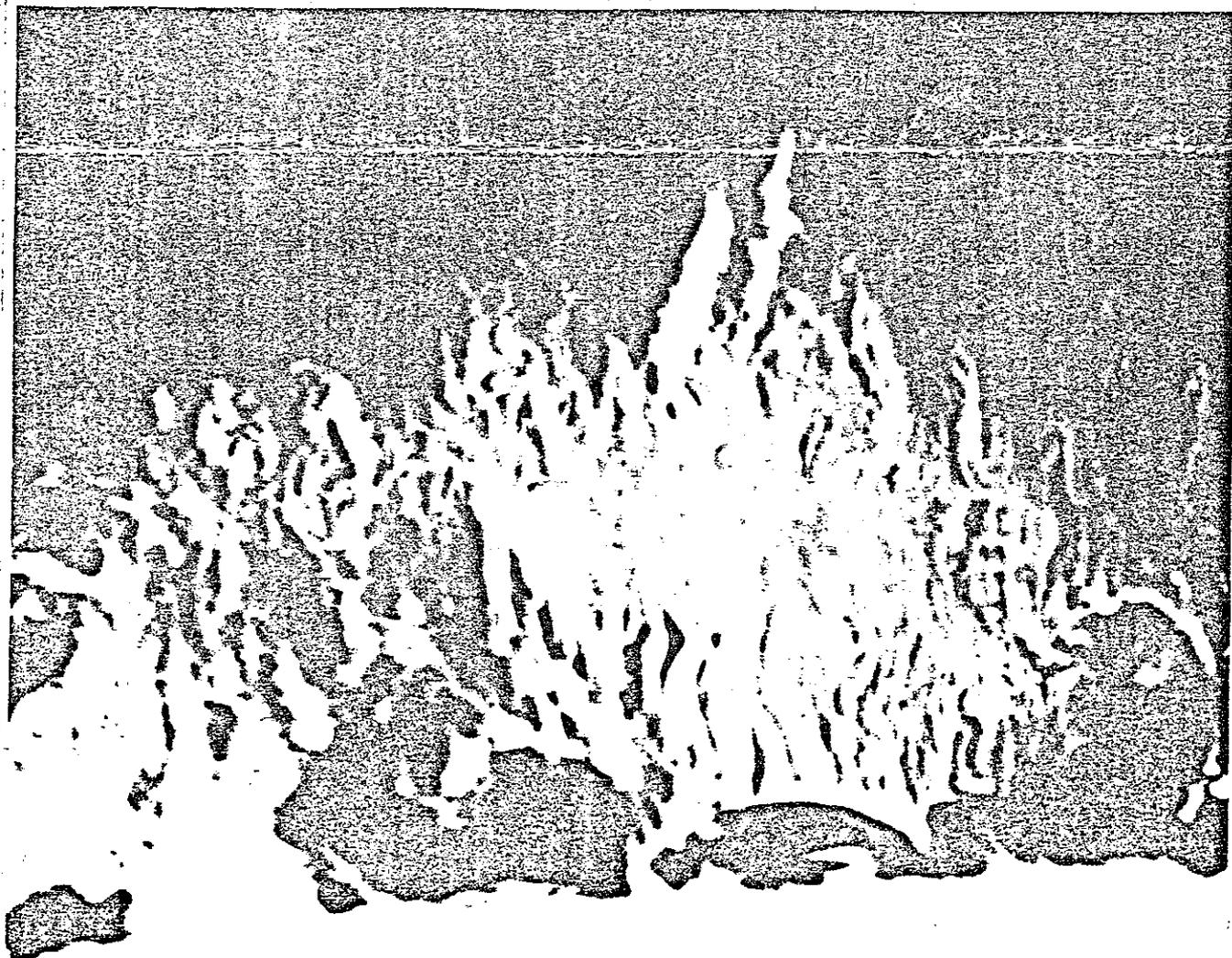
2. Tall på aktive områder.

Active Areas, forkortet AA, Aktive områder, blir utført enten ved tegninger eller fotografier eller direkte telling i kik- kerten. Regelen som avgjør hvor mange AA man ser, er følgende:

- En enkel flekk og minst 10° til nærmeste nabo..... 1 AA
- To flekker eller grupper av flekker, 10° eller mer i diameter..... 2 AA
- Hvis overnevnte (2 AA) går sammen. 1 AA

- 1 AA som splittes i to sentrer og går mer enn 10° fra hverandre..... 2 AA
- En stor gruppe med to sentrer mer enn 10° i diameter..... 2 AA
- En stor gruppe med bare spredte flekker uten noe bestemt sentrum selv om den har en diameter på 20° eller mer..... 1 AA

På et skjema anføres antall AA pr. dag man observerer. Ved slutten av måneden summerer man antall AA og dividerer på antall observasjonsdager. Det man da får, er MDF (Mean Daily Frequency); eller antall AA i gjennomsnitt pr. dag. Lager man en kurve over AA-gjennomsnittet måned etter måned, år etter år, vil man snart på egenhånd finne ut hvor man står i forhold til solfleck-minimum eller -

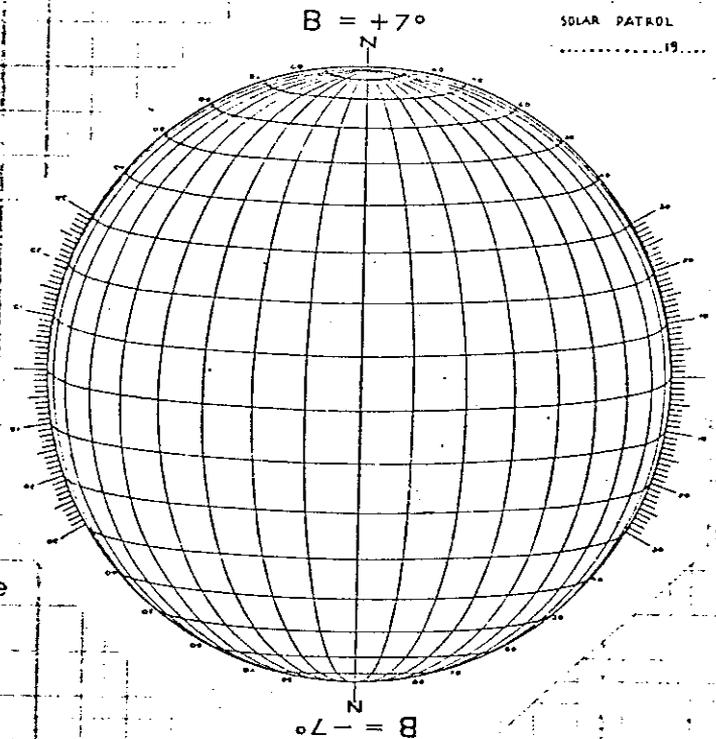


maksimum.

3. Overflate-tegninger

Tegninger av overflaten er meget viktig for å kunne følge med i utviklingen på skiven. Hvis man etter at en tegning er ferdig tegnet, vil vite hvilke bredder eller lengder flekkene ligger på, bør man ha f. eks. BAA Handbook. I denne håndboka får en vite solens P , B_0 og L_0 for hver 4. dag i året. (P = Posisjonsvinkel for solens nordpol, B_0 = Heliografisk bredde for solsentret og L_0 = Heliografisk lengde for solsentret). Stoneyhurst-kartene er en god hjelp i det det finnes et kart for hver hele grads avvik fra det tilsynelatende solsentrum. Fremgangsmåten er slik:

- Slå en sirkel på 15 cm i diameter på et blankt papir.
- Fest papiret på projeksjons-skjermen slik at solbildet faller nøyaktig overens med ytterkantene på sirkelen.
- Tegn av på papiret de viktigste flekkene. D.v.s. de sterkeste og alle gruppene. Tegn av de andre flekkene i forhold til de første etterpå.
- Finn en flekk som ligger så nær øst-randen som mulig (papiret fremdeles på skjermen og solskiven innenfor sirkelen), og slå av motoren hvis observatøren har det. Lag en prikk på papiret for hver "bevegelse" flekken gjør, ca. 10 i alt. Trekk opp streken mellom prikkene etterpå og øst er funnet.
- 90° på østpunktet er nord (oppover). Hvis man slår opp i BAA Handbook for denne dagen og finner P -verdien, kan man bruke en transportør på tegningen og finne den vinkelen som gjelder (+ = øst, - = vest).
- Når man nå har funnet solens nordpol, legger man tegningen over det Stoneyhurst-kartet som gjelder (d.e. hvilken vinkel som gjelder for dagen), og "trykker" sentrum av flekk-gruppene gjennom papiret. Man kan nå lese direkte av Stoneyhurst-kartet hvilken



Stoneyhurst-kartet

breddegrad, nord eller sør, gruppene ligger på.

- Tell hvor mange grader øst eller vest for sentralmeridianen gruppene er. Finn L_0 i BAA Handbook. Longitude-verdien - antall grader på Stoneyhurst-kartet = østlig gruppe. Longitude-verdien + antall grader på kartet = vestlig gruppe. Nå har man altså også funnet hvilken lengdegrad gruppene ligger på. Hvis longitude-verdien i BAA Handbook ikke er oppgitt for den spesielle dagen, trekkes $13,2^\circ$ for hver dag fra det siste tallet som er oppgitt. Vil man ha det nøyaktig på timen (oppgitt Longitude er for Universal Time Noon), beveger sentralmeridianen seg $0,55^\circ$ pr. time.
- Til slutt kommer de alminnelige opplysninger som: Navn, dato, tid, observasjonsforhold, observasjonsmetode, rotasjonsnummer (også opplyst i BAA Handbook) og verdiene for P , B_0 og L_0 . Ta også med kikkert-type og forstørrelse.

Hvis man bruker projeksjon, og man har et uoppvarmet rom, kan man få mye ut av en observasjon. Med kun kikkerten stikkende ut av et vindu og resten av vinduet pluss eventuelle andre vinduer mørklagte med f. eks. tykke tepper, vil man ha tilnærmevis de samme forhold som solobservatoriene arbeider under. Solbildet kan man f. eks. projeksere på et lerret (kinolerret) som man setter opp. Vi kan da observere solen omtrent som om vi ser på lysbilder. Detaljer i penumbra og granulasjonene vil komme meget tydelig frem. Hva disse detaljer har å bety, skal vi se på i neste avsnitt.

4. Tegninger av individuelle flekker og grupper.

Fremgangsmåten som er forklart i slutten av avsnitt 3, er meget fordelaktig. Her vil alle detaljer som det er mulig å få frem med det type teleskop en bruker, komme frem, så sant luftforholdene tillater det. Vær oppmerksom på at dess lenger bort lerretet eller lignende kommer fra okularet, jo mer vil luftens turbulens gjøre seg gjeldende. Med andre ord er det en maksimalgrense for hvor stort solbilde man bør velge. Med en 2 - 2½ tommer refraktor bør ikke solbildet være større enn ca. 1 meter i diameter, men med den størrelsen skal en kunne greie å få pene tegninger.

Det er spesielt kompleks-grupper og store uregelmessige og oppdelte flekker man bør tegne spesielt. Bruk gjerne en slags målestokk på tegningen. Soldiameter xx cm og om flekkenes størrelse tilsvarer den virkelige størrelsen på projeksjons-bildet (mindre eller større).

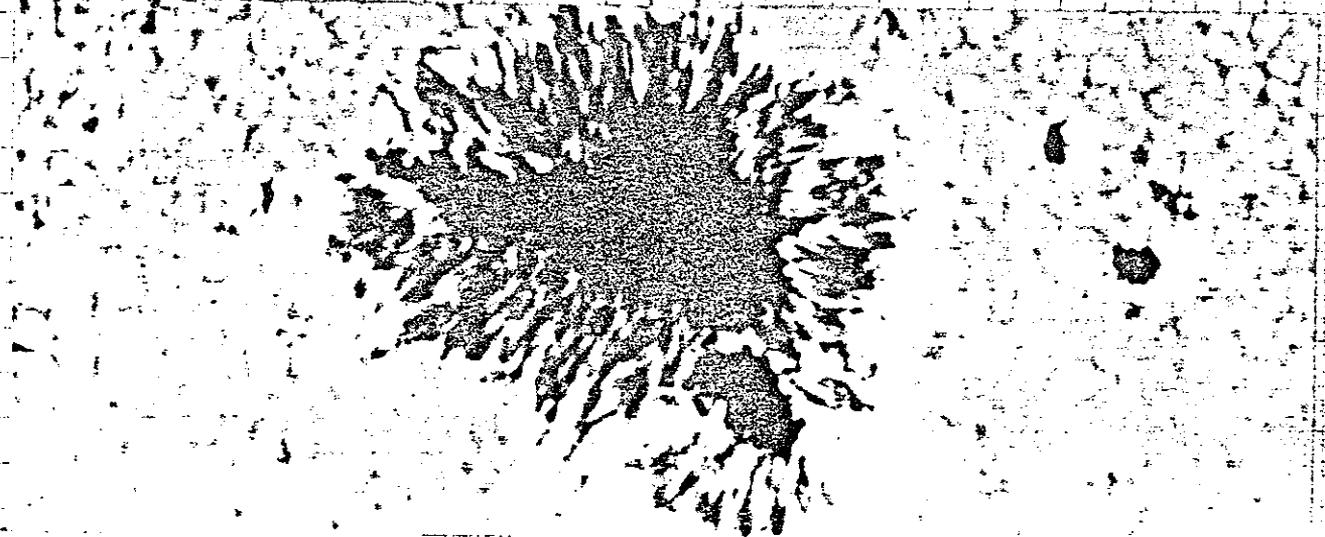
Ved å lage flere tegninger av en slik gruppe f. eks. etterhvert som den går over skiven, kan man følge med i gruppens utvikling. Enkle tegninger er også av interesse ettersom de kan sammenlignes med observasjoner og tegninger fra andre observatører.

Enkelte ganger kan kompleks-grupper f. eks. være under så stor utvikling at en godt kan ta både morgen- og kvelds-observasjoner.

5. Røde solflekker.

Av og til opptrer flekker der dens umbra ikke er helt mørk, men har en nærmest brun eller rødlig farge. Disse flekker kan ikke observeres ved direkte observasjon da man må bruke et polariserende okular.

Ved projeksjon på en hvit, blank plate, vil man kunne se disse flekkene. Når man tegner disse, bør man bruke forskjellig skyggelegging, og bruken av en rød blyant er fordelaktig. De sees best når flekken er ved sentrum av skiven og opptrer helst i kompleks-grupper. En forstørrelse til-



svarende en solskive på ca. 45 cm er passende.

6. Lyse faculae i flekkområder.

Så ofte som man observerer det, bør man indikere på en tegning hvor de lyse faculae-områdene er og omtrentelig hvordan de ser ut. Her kan man gjerne bruke en gul farge. De sees best når en gruppe kommer inn i øst eller går ut i vest.

7. Faculae ved polene.

Polar-faculae opptrer som små, lyse punkter på over 60° latitude. De er ulike de faculae på lavere latitude siden disse er mer spredte. Det ser ut til at de følger 11-års-cyclusen og er mest tallrike ved minimum. Store antall av disse ble sett først i årene 1951 - 1955. Fra 1956 til 1959, ble de ikke sett. Solflekk-minimum var da i 1954, altså 3 år før og 1 år etterpå ble de observert. Fra 1960 ble de igjen tallrike, mest på den nordlige sektor. De må antagelig sidestilles med de stråliggende utstrømninger koronaen har ved minimums-solfør mørkelse. De er best observert ved projeksjons-metoden som er nevnt under punkt 3 og 4. De opptrer som små runde flekker. Disse observasjonene er av meget stor verdi for å kunne si omtrent når minimum inntreffer.

8. Fotografering av overflaten og individuelle flekker.

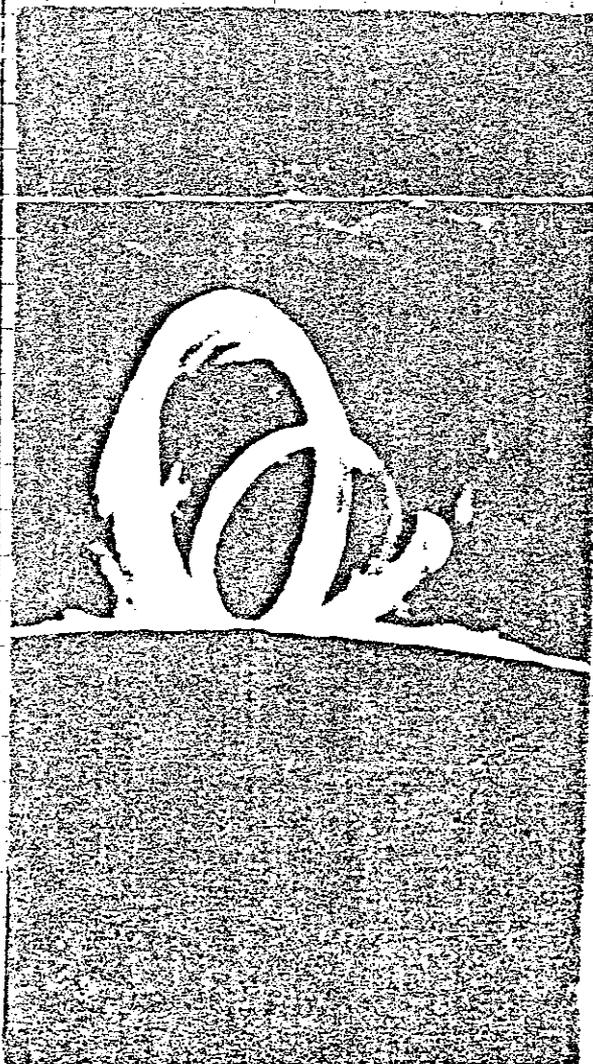
For å få en livs-historie til flekker og grupper, er serier av fotografier meget interessante. De viser mer detaljer enn en tegning. Det finnes enkelte filmer som er meget finkornete å få kjøpt eller bestilt. Slike som Kodak SO410, HCC (High Contrast Copy) og Microfil er meget bra filmer. De kan for eksempel brukes i forbindelse med slipte mattskiver som plasseres bak okularet med den soldiameter som passer. En god fremkaller er for eksempel Kodak D-19 eller Microdol-X.

9. Protuberanser.

Tegninger som viser fordelingen av solens protuberanser, bør bli utført så ofte som mulig. Ta også med hvilke typer protuberanser man ser. Tegninger som viser selve forandringene, er meget verdifulle.

10. Nordlys.

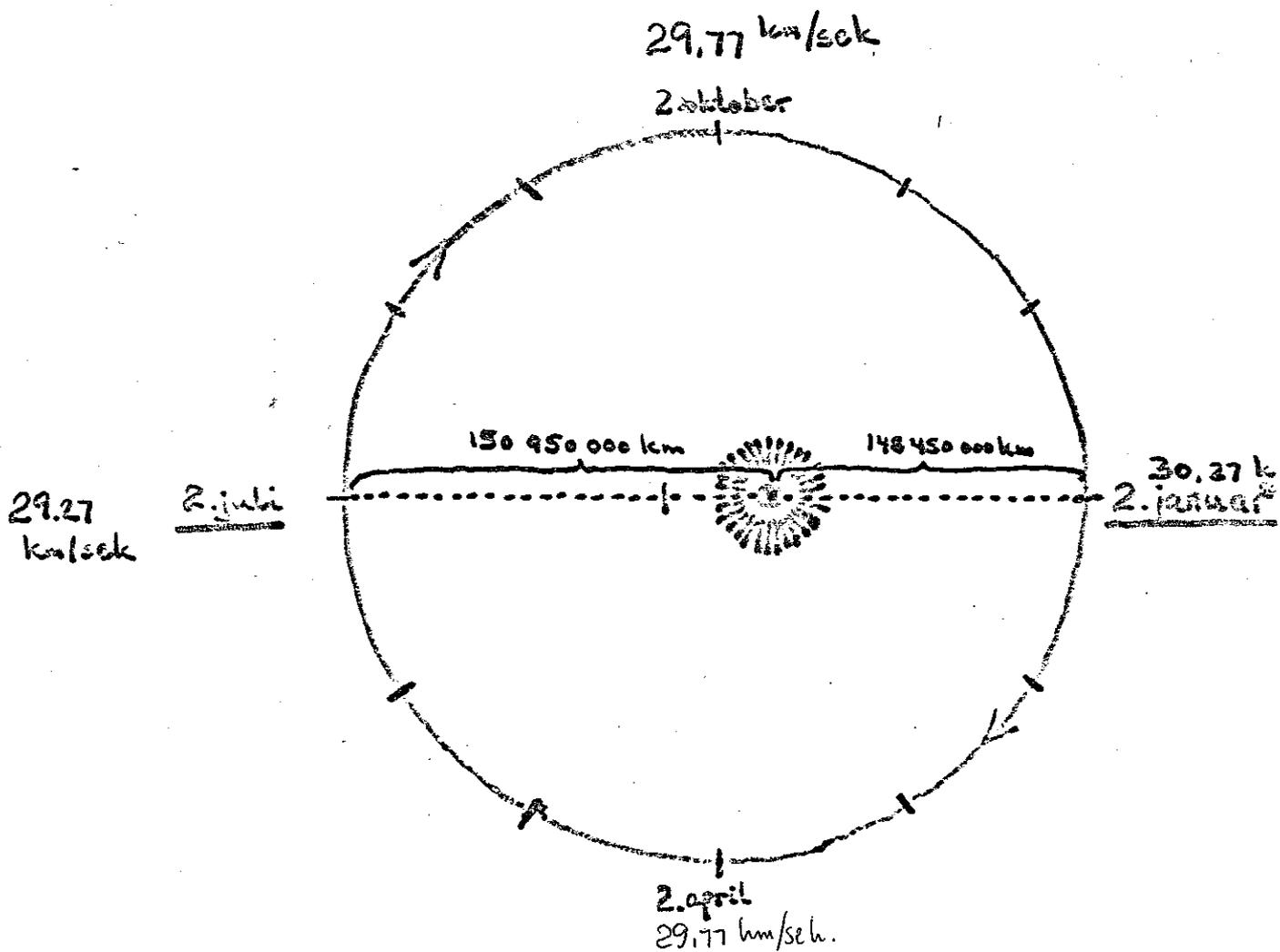
Omtrent 26 timer etter at en stor flekk eller gruppe har passert solens sentral-meridian, vil jordens magnetfelt (ionosfæren) bli påvirket. Noter tidspunktet da nordlyset starter og i hvilke områder de blir observert på himmelen.

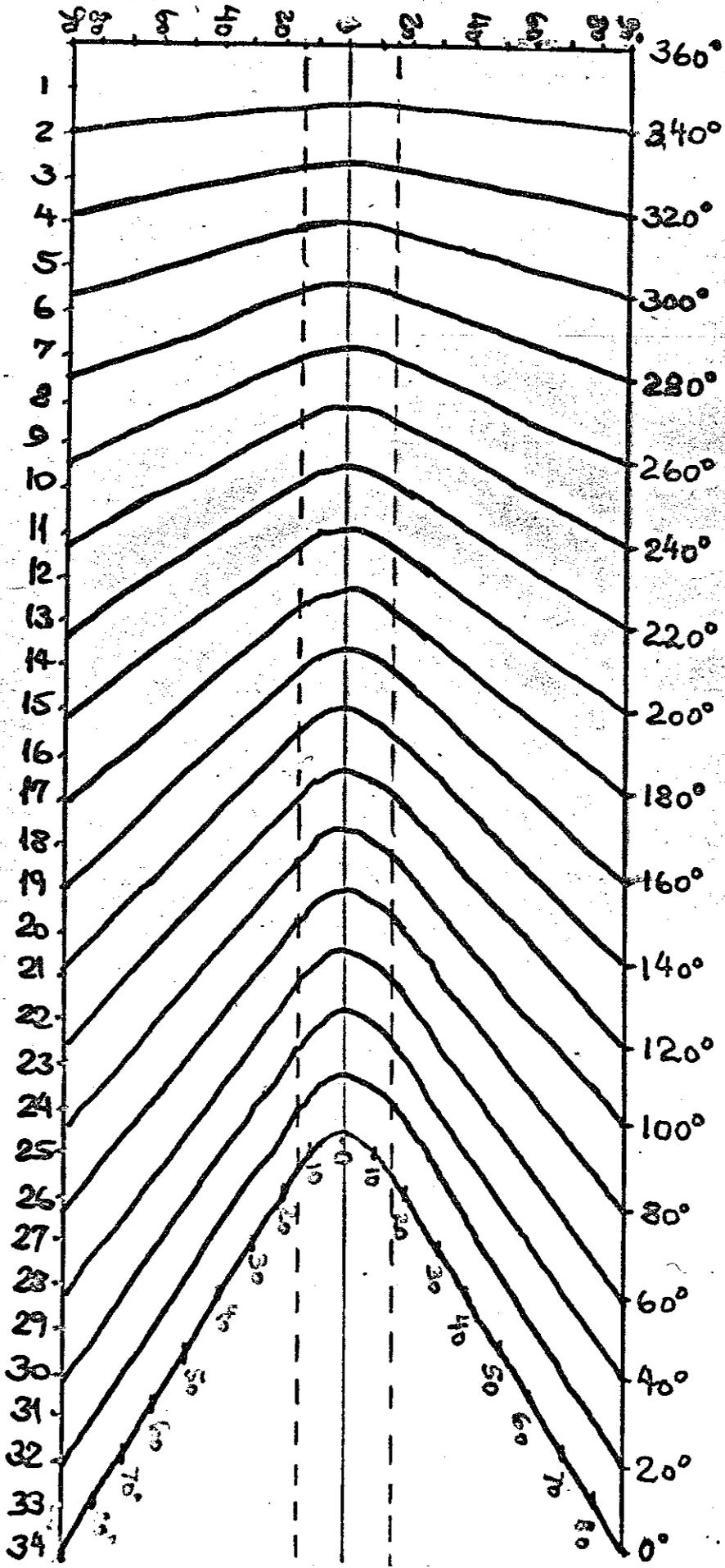


Jordbanen i forhold til solen.

Jordens middelvægtand
fra solen:
49 600 000 km

Lysset trenger på samme avstand
8 min 18,6 sek.

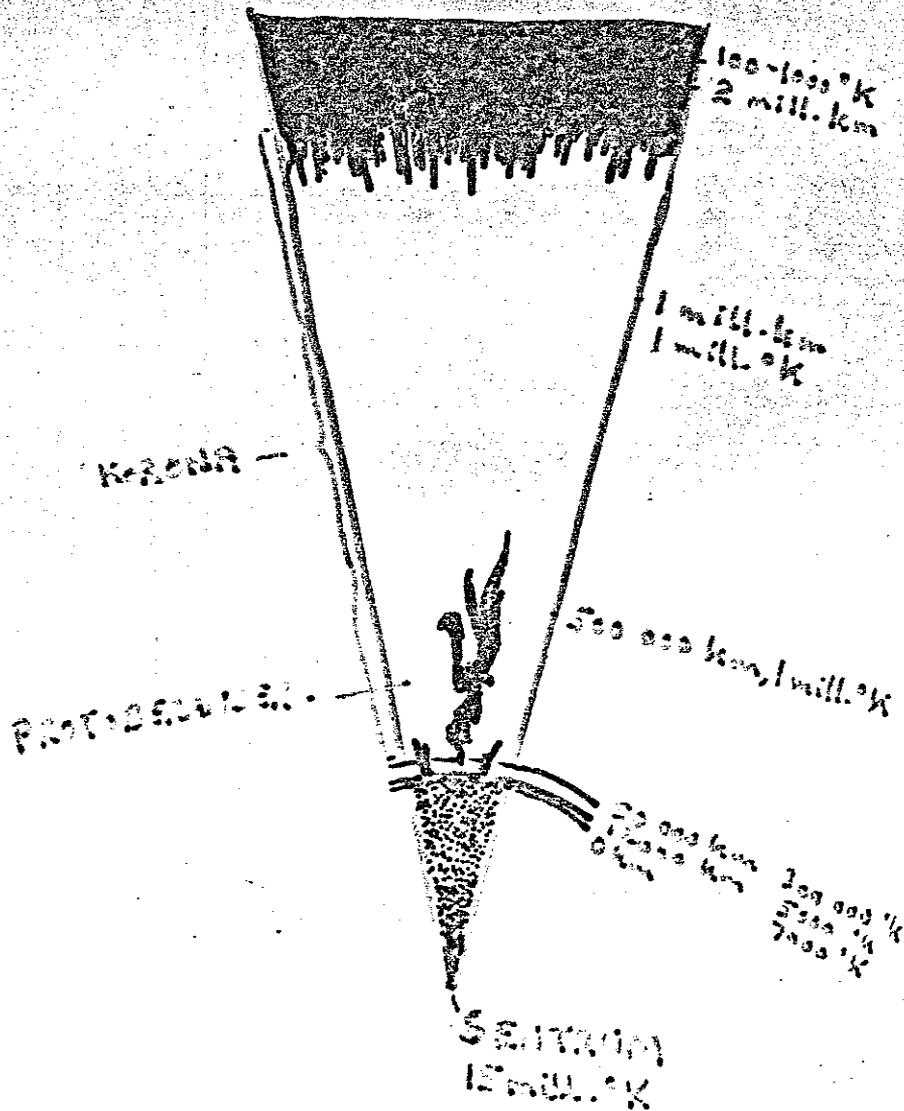




SOLENS ROTASJONSMØNSTER.

Solen roterer med ulik hastighet. Den bruker ca. 24,6 døgn på ett omløp ved ekvator, mens den ved polene bruker ca. 34 døgn. Derfor vil solen få et rotasjons-mønster som vist ovenfor.

Tverrsnitt gjennom
en del av Solen og dens
atmosfære.



3-6

De siste

100 år's

SOLFLEKKCYCLUS'ER

Relativtall.

190

180

170

160

150

140

130

120

110

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

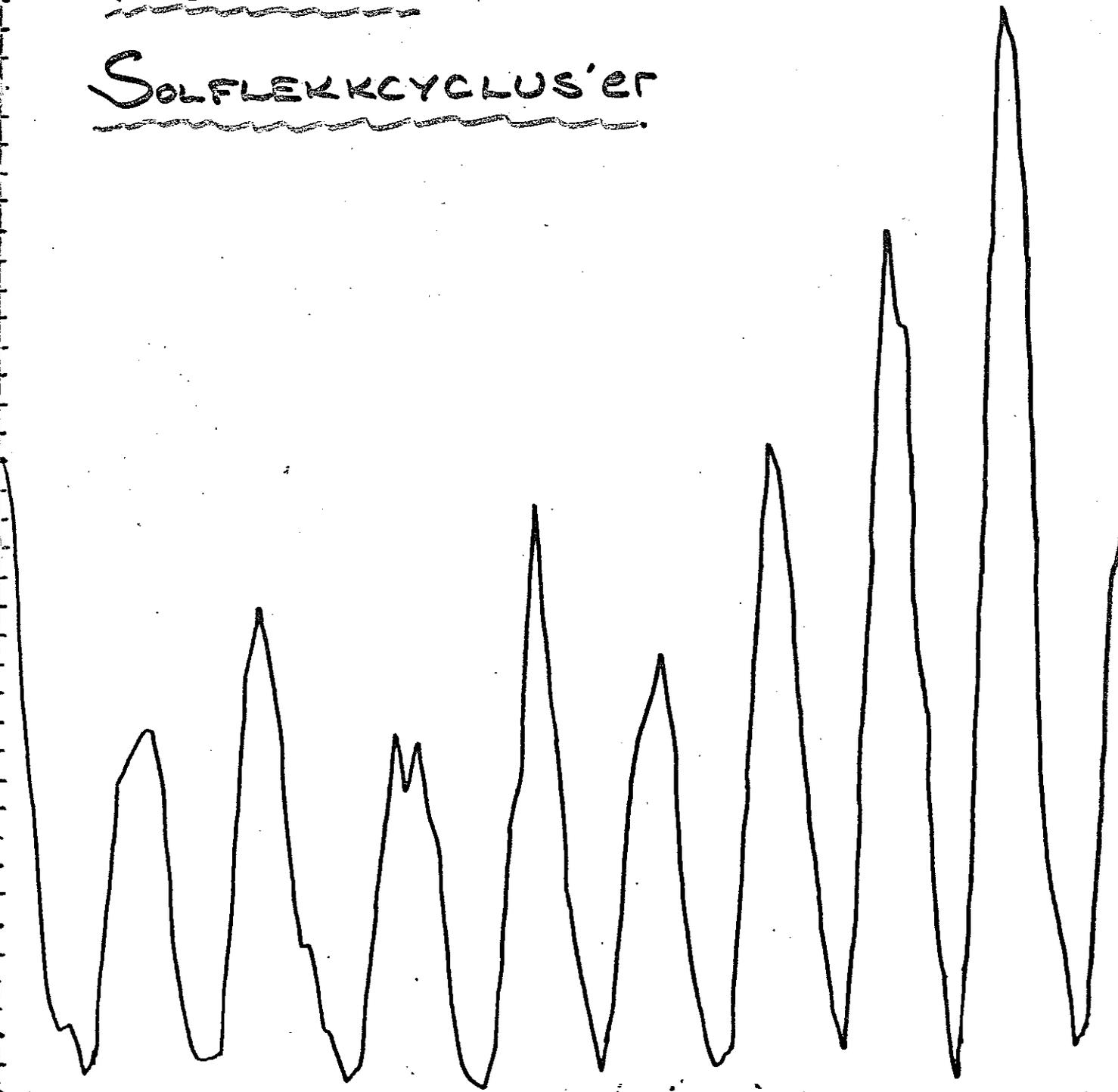
1871

1891

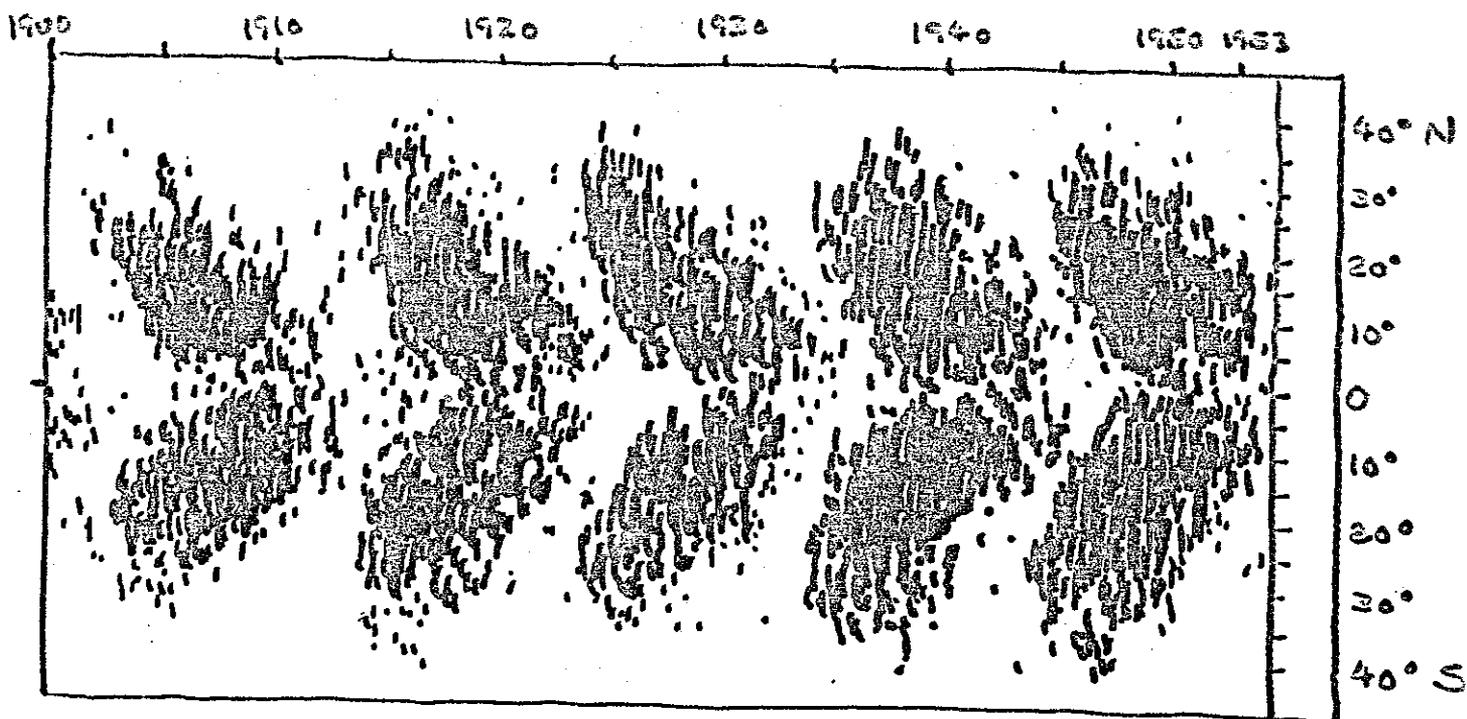
1911

1931

1951



Butterfly - Diagrammet

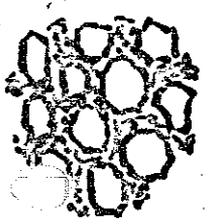


For solflekk-cyklusene i tidsrommet 1900 - 1953

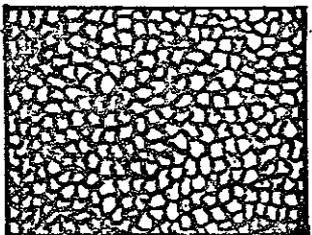
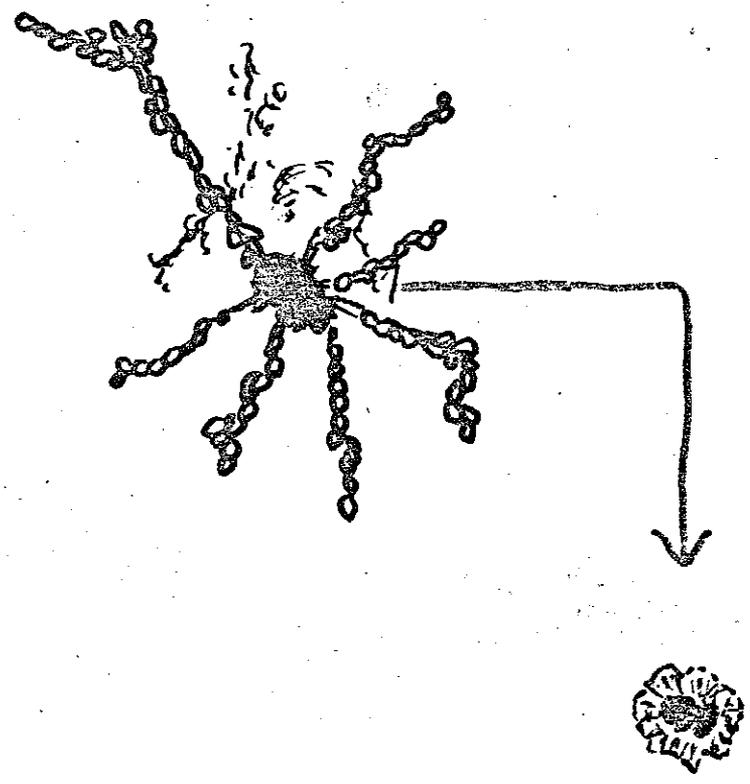
Ettersom flekker fra en ny solflekk-syklus dannes på høye bredder, 30 - 40 grader, og det etterhvert som perioden på ca. 11.2 år skrider fram, dannes nye på stadig lavere bredder. Derfor vil hver syklus med sine aktive regioner opptegnet, få en form som ligner to vinger, sommerfugl-vinger, derav navnet "Butterfly-diagram".

Dannelse av en solflekk.

1. Granulasjon går sammen og danner kjeder mot et sentrum
2. Flekk dannes, penumbra under dannning
3. "Fødselen" er et faktum. Flekken begynner sitt liv.

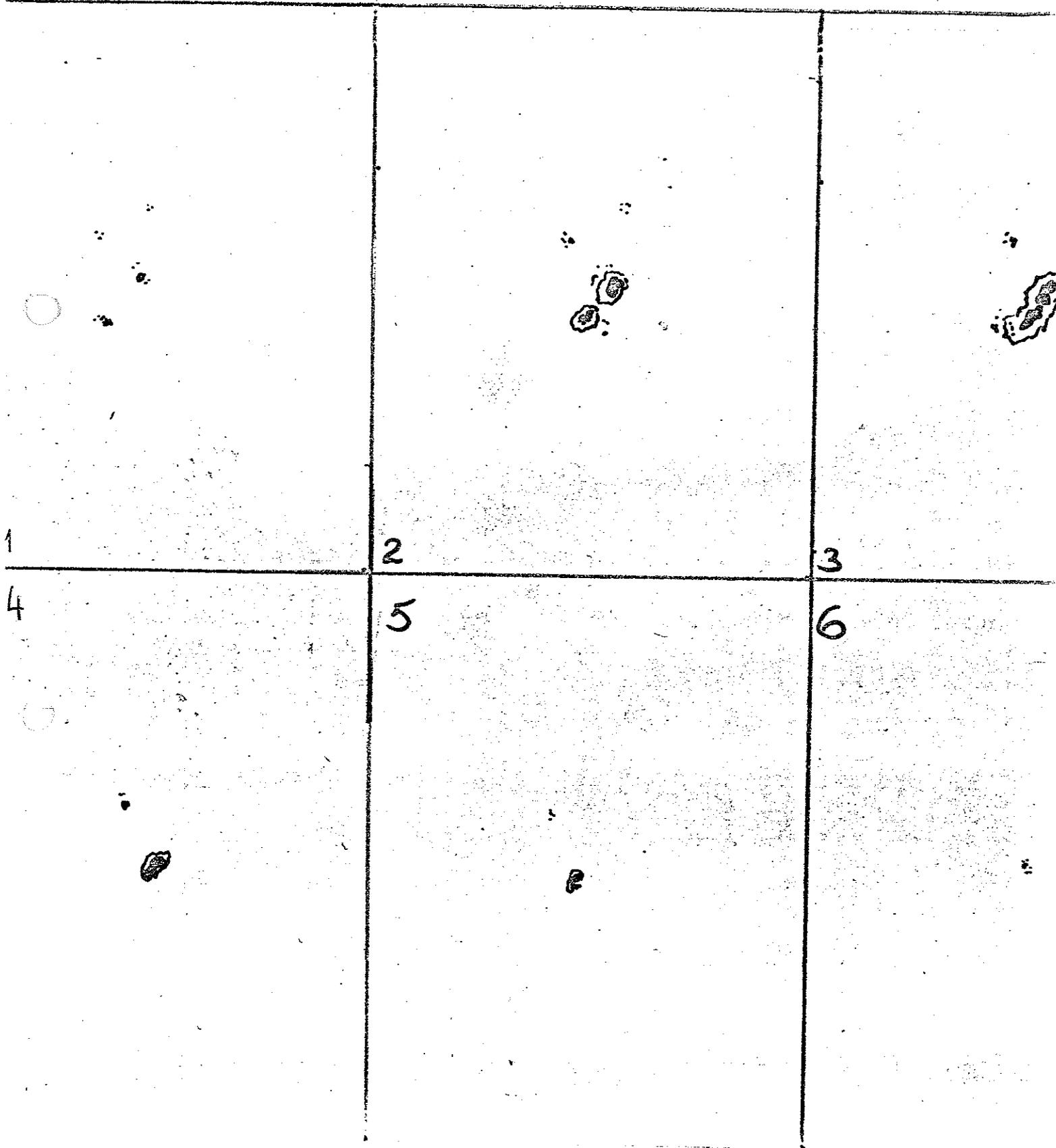


Kjedelige gasser som stiger opp.



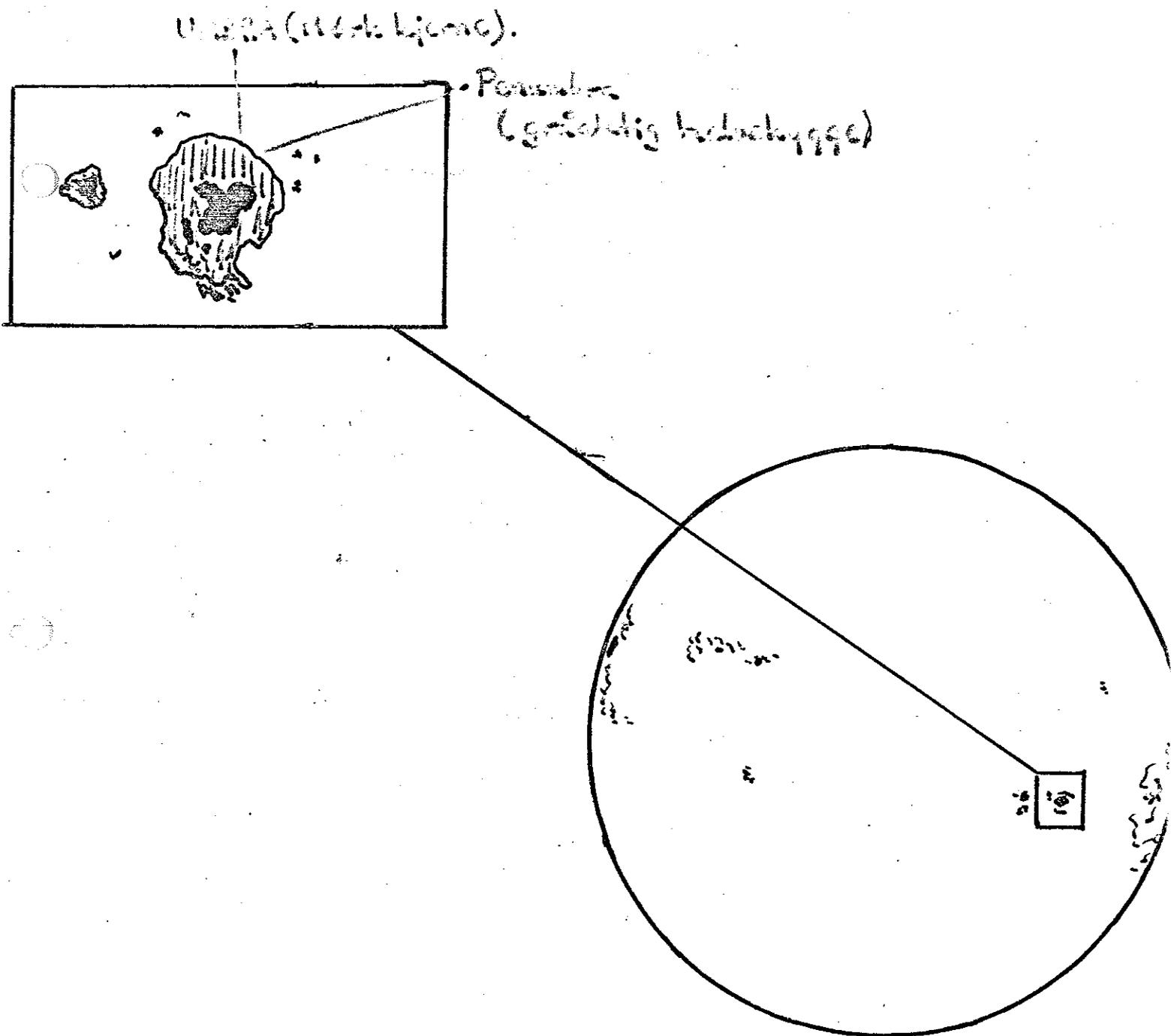
"Vanlig" granulasjon

En solflekkes fødsel, liv og død...

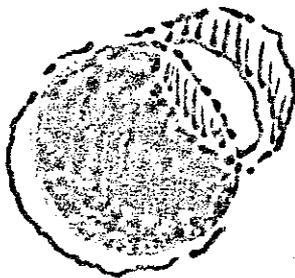
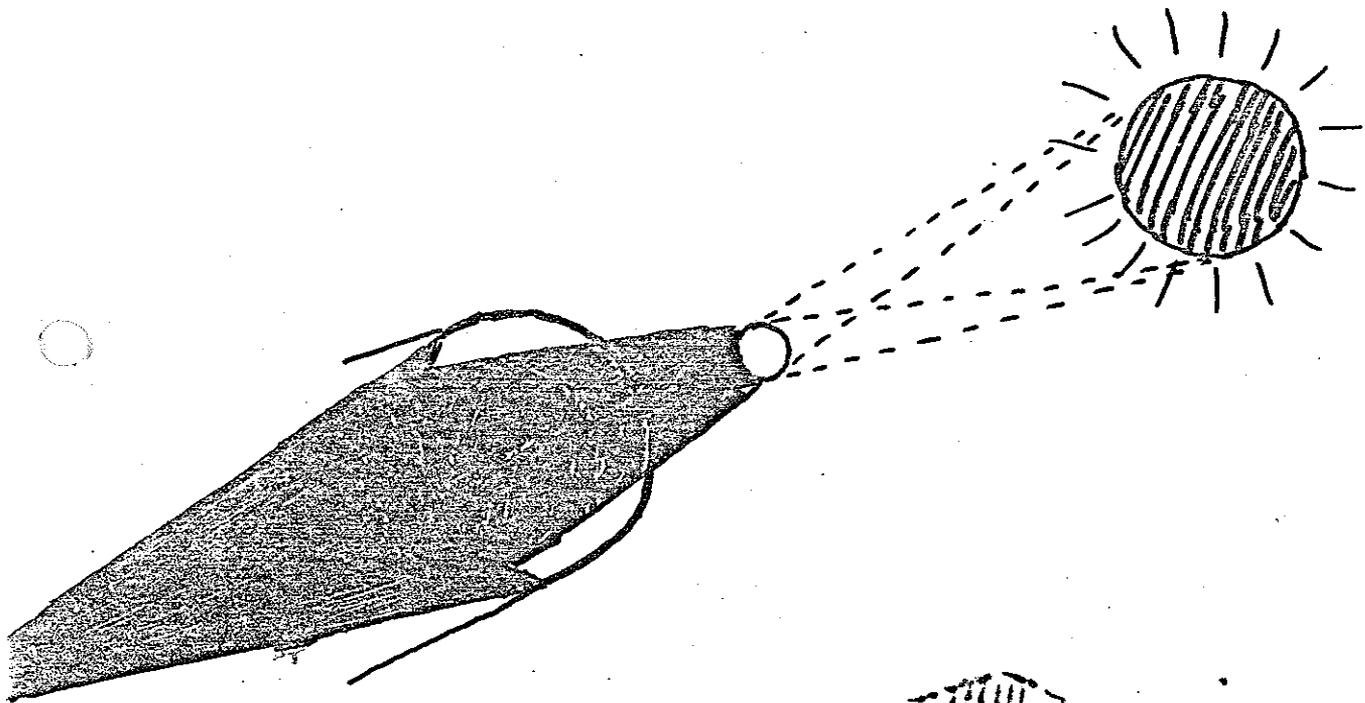


En typisk solfleck-gruppe med en lederfleck med penumbra, samt flere små følgesvenner.

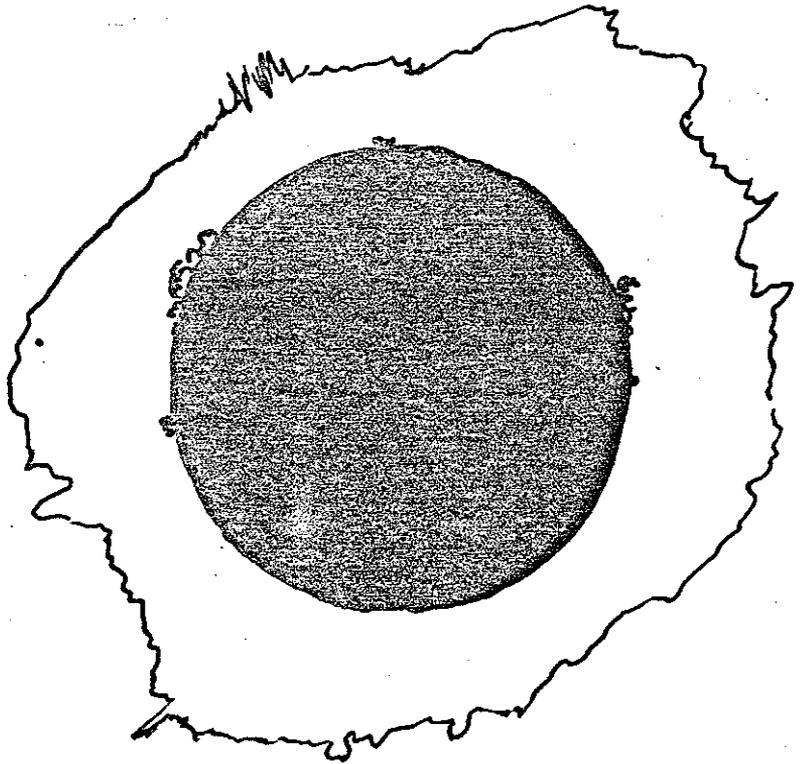
Solflekkene er som nevnt annetsteds, kaldere enne den øvrige overflate.



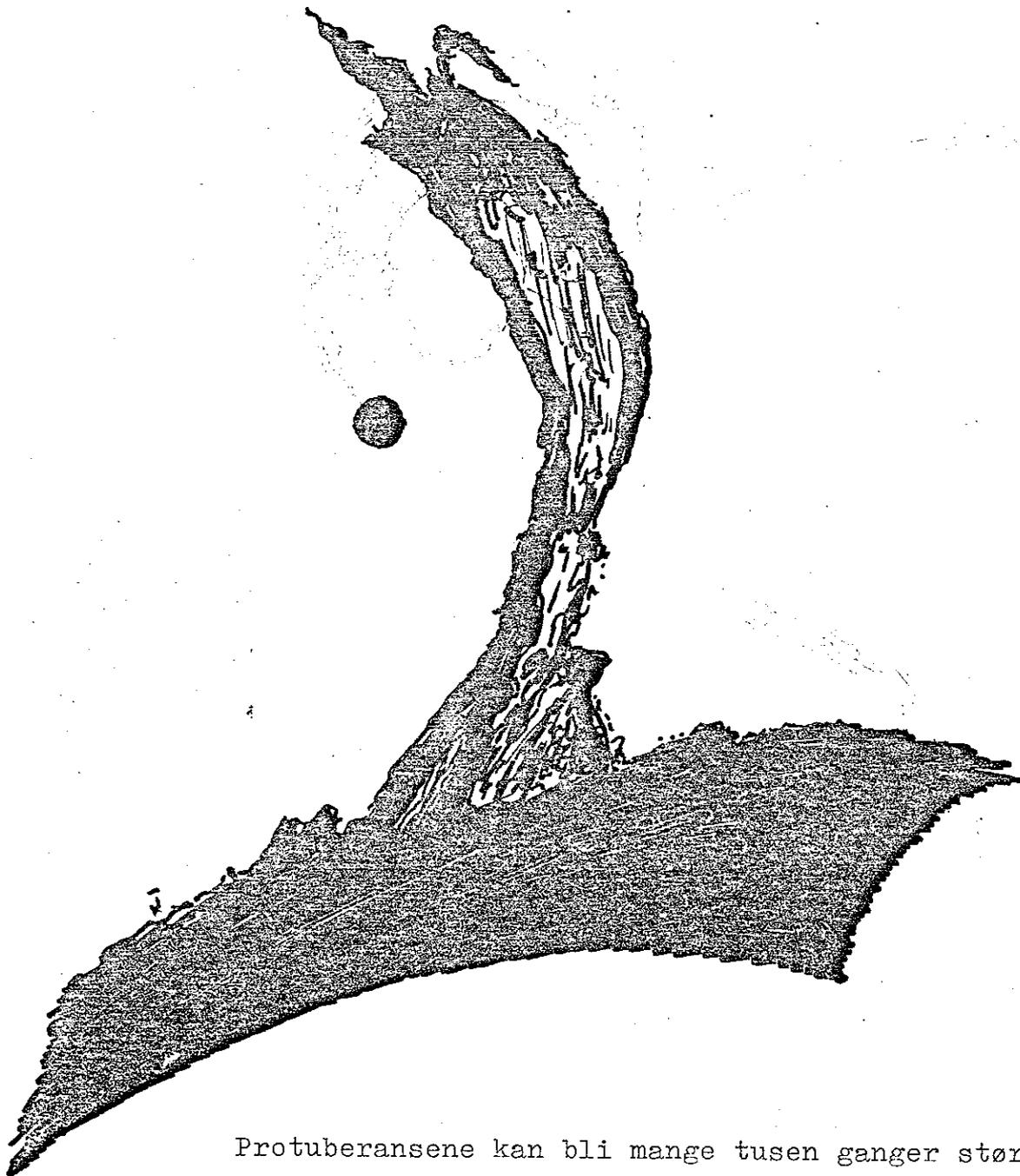
SOLFONDIKALKE



SOLENS CORONA.

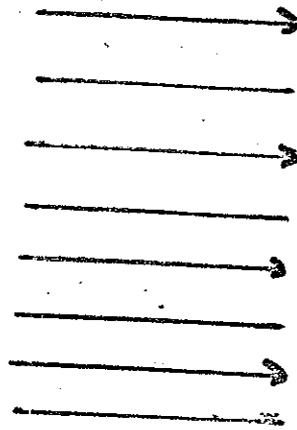
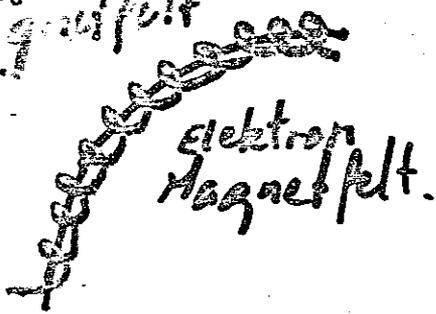


PROTUBERANSE

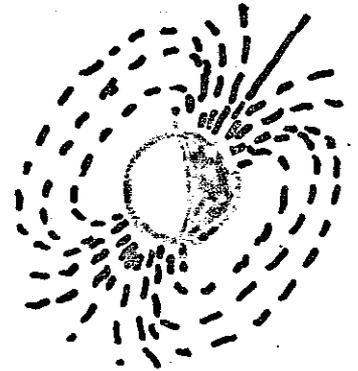


Protuberansene kan bli mange tusen ganger større enn vår egen planet. Jorden er inntegnet i målestokk til venstre.

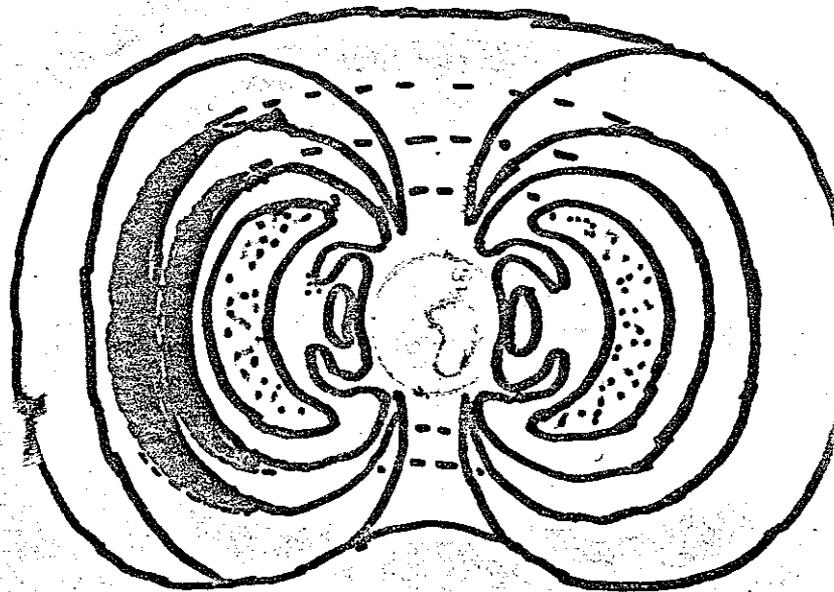
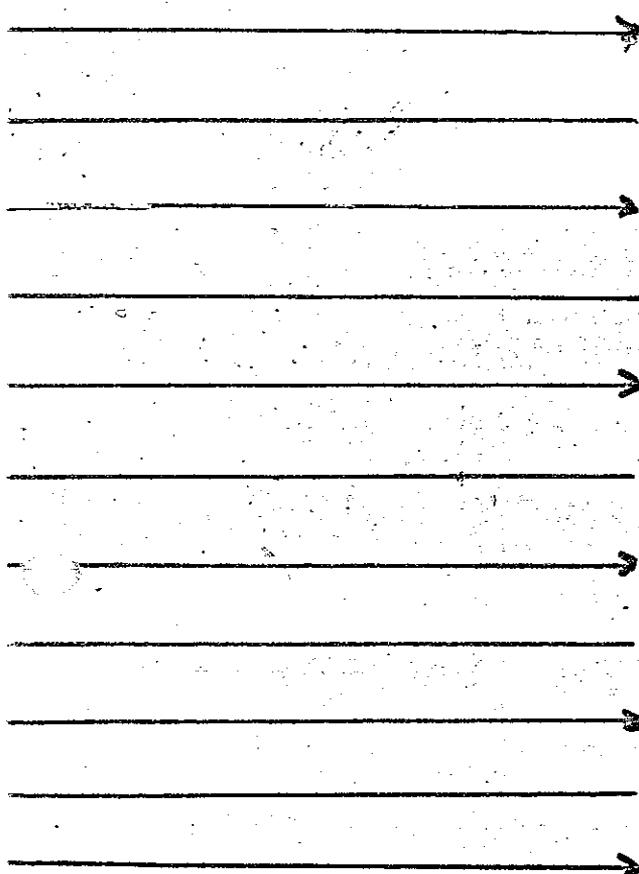
Elektronets bane i et
Magnetfelt



Sol vind



JORDENS
MAGNET FELT



VAN ALLEN BELTER

Sol vind

Solvinden som blir sendt ut fra solen, når først de såkalte van-Allen-beltene, hvor konsentrerte områder, spesielt nær polene, lager forstyrrelser i ionosfæren, og kan frembringe radiostøy og/eller nordlys.

OBSERVASJONER AV SOLEN I HVITTT LYS.

Av Kjell Inge Malde

Vår sol er en stjerne og den eneste stjerne hvis form og overflate kan observeres. Alle andre stjerner blir små punkter av lys selv i de største teleskoper. Bare ved å studere vår egen sol, kan man få idé om hvilke prosesser som foregår på andre stjerner. Vitenskapen man kan tillegge seg gjennom solobservasjoner og forskning, er grunnleggende i astrofysikken. Solen er vår bro til stjernene.

Nettopp derfor er det å følge med i aktiviteten på solen etter min, og sikkert mange andres mening, en av de mest interessante og utbytterike deler av astronomien.

En amatør som kan tenke seg å bli solobservatør, vil finne at det er meget enkelt å foreta slike observasjoner og vil heller ikke trenge noen stor kikkert. En 2 til 4 tommers refraktor, eventuelt en 3 til 6 tommers reflektor, er passende. Det er en fordel at det følger projeksjonsskjerm og oppheng med for denne. Med de fleste kikkerter som kjøpes, følger det med diverse filtre, blant annet solfilter. Observasjoner foretatt med solfilter er ikke nøyaktige nok i det mange detaljer går tapt i dette gul-grønne filteret. Vil en ha med seg flest mulig detaljer, må observasjoner foregå ved hjelp av projeksjonsskjermen. Ved å bruke denne skjermen, kan en da tegne av solflekken og dermed beregne koordinatene deres. En annen fordel er det om kikkerten har ekvatorialmontering og helst motordrift. Flere kikkert-typer leveres med motor

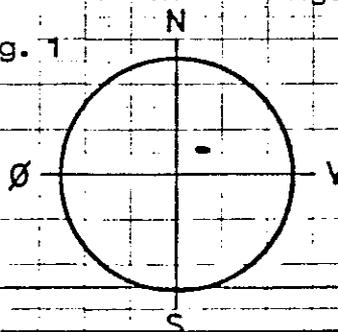
Hva skal man så observere? Først og fremst skal man telle antall individuelle solflekker. Her må man se nøye etter, så man ikke får en samling penumbra for en umbra, altså den mørke delen som vi kaller for solflekker. Dermed er det fordel med en forstørrelse fra 40 til 100X og selvfølgelig rolige værforhold, dvs. lite turbulens. Solflektallet er et såkalt relativtall som fremkommer slik:

$$R = F + 10G$$

Der F er antall flekker som legges til 10 ganger antall grupper, G . Denne normen er den som vanligvis brukes i data-rapporter internasjonalt.

En annen kategori flekker som også er viktig å observere, er et mål på hvor omfattende aktiviteten er. Det gjelder de såkalte "naked-eye-sunspots", enkle flekker eller en gruppe av flekker som tilsammen blir synlig til det blotte øye bare man bruker et solfilter foran øyet. Observasjonen foretas ganske enkelt ved at man deler solen inn i fire deler, finner ut sann omtrent hvor nord skal være på tegningen, tegner ned den synlige flekk og påfører dato slik som vist i fig. 1.

Fig. 1



(Eksempel)

1975 Des. 10

kl. 13.15

Synlighet:

- Svak/
medium

Disse observasjonene må foretas før en regulær observasjon med kikkert foretas fordi man ikke på forhånd skal vite hvor det er mulighet for å finne en "naked-eye-sunspot". Den største fordel er om en annen i familien, f.eks. som ikke kjenner til hvordan overflaten ser ut, foretar observasjonen.

Hvordan skal man så bestemme hvor mange grupper eller "AAs" det er til stede på solen? En "AA" (eng. Active Area) eller et Aktivt Område bestemmes etter følgende regler:

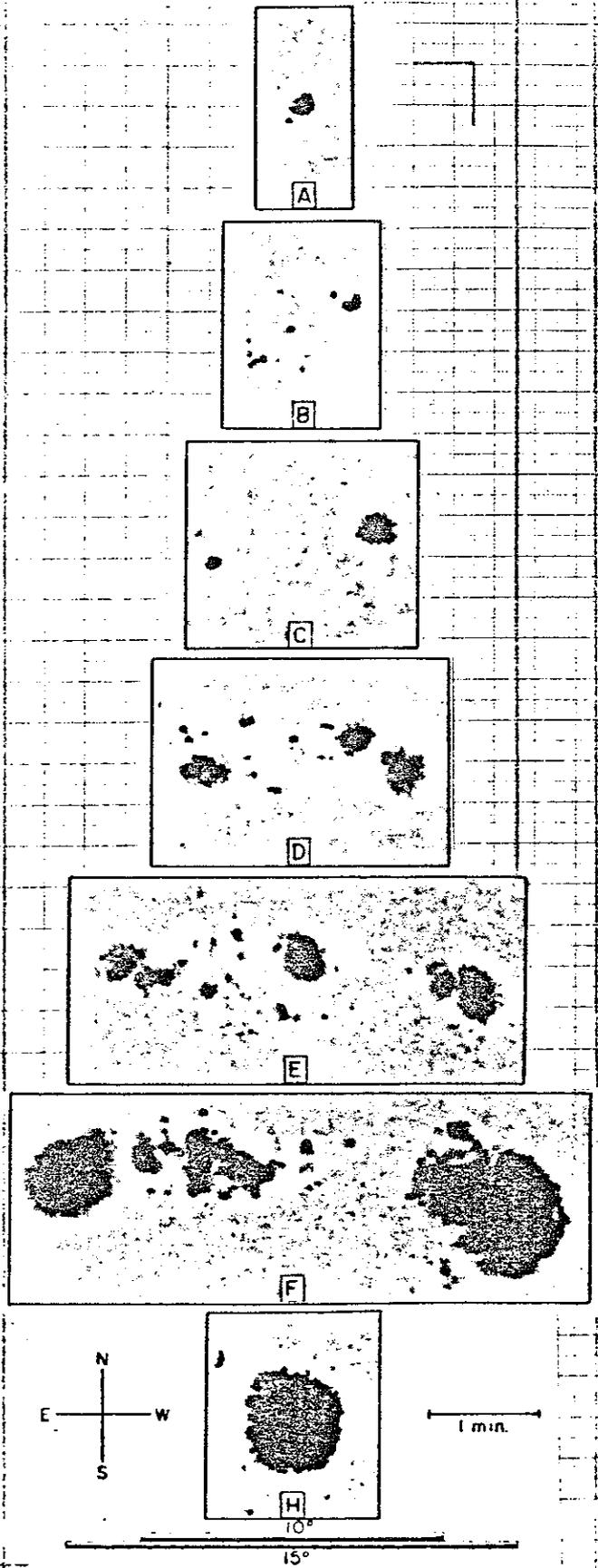
1. En enkel flekk, minst 10° til nærmeste flekk.....: 1 AA
2. To flekker eller grupper av flekker, 10° eller mer i avstand.....: 2 AA
3. Hvis flekker under pkt. 2 går sammen.....: 1 AA
4. 1 AA som splittes i to sentrer og driver mer enn 10° fra hverandre: 2 AA
5. En stor gruppe med to sentrer mer enn 10° i diameter.....: 2 AA
6. En stor gruppe med bare spredte flekker uten noe bestemt sentrum, selv med diameter på 20° eller mer.....: 1 AA

Vi har forskjellige klassifikasjoner på AAs, de som brukes på solobservatoriet i Zürich i Sveits, man skiller mellom unipolære og bipolære solfleckgrupper:

UNIPOLÆR:

En enkel flekk eller en enkel kompakt hop av flekker med største avstand mellom to flekker i hopen ikke mer enn 3 heliografiske grader. I Zürich H-klasse grupper (se fig. 2) er avstanden målt fra den ytre penumbra-grensen av den største flekken til senteret av den flekken som er lengst vekk i gruppen. Sterke nye flekker som er tydelig yngre enn en nær stående H-type flekk, er vanligvis medlemmer av en ny oppstått bipolar gruppe og må derfor kalles en separat gruppe.

Fig. 2 Modified Zurich Class



BIPOLÆR:

Vanligvis langstrakt. To flekker i en hop av flere som strekker seg omtrent øst-vest med hovedtyngden av flekkene utstrakt til mer enn 3 heliografiske grader. En H-type flekk kan ha en diameter av 3 grader, slik at en bipolar gruppe med en H-type flekk må overstige 5 grader i lengde.

1) Zürich - klasser:

- A En unipolær gruppe uten penumbra.
- B En bipolar gruppe uten penumbra.
- C En bipolar gruppe med penumbra på flekker av en polaritet, vanligvis på flekker på bare den ene delen av en utstrakt gruppe. Klasse C grupper blir kompakte D-typer når penumbraen overstiger 5 grader i lengderetningen.
- D En bipolar gruppe med penumbra på flekker av begge polariteter, vanligvis på flekker ved enden av en utstrakt gruppe. Lengden av gruppen overstiger ikke 10 heliografiske grader.
- E En bipolar gruppe med penumbra på flekker av begge polariteter og med en lengde på mellom 10 og 15°.
- F En bipolar gruppe med penumbra på flekker av begge polariteter og med en lengde som overstiger 15°.
- H En unipolær gruppe med penumbra. De største flekkene her er nesten alltid de tidligere lederflekker fra en gammel bipolar gruppe. Klasse H-grupper blir kompakte klasse D-grupper når penumbraen overstiger 5 heliografiske grader i lengderetningen.

McIntosh-klassifisering:

Vi skal ikke komme inn på de bestemte reglene for denne klassifiseringen, men bare ta i korte trekk hva klassene står for:

2) PENUMBRA: STØRSTE FLEKK

- x Ingen penumbra.

- r Rudimentær, irregulær eller ufullstendig penumbra.
- s Symmetrisk, nesten sirkelrund penumbra.
- a Assymetrisk penumbra.
- h Stor symmetrisk penumbra.
- k Stor assymetrisk penumbra.

3) SOLFLEKK-FORDELING:

- x Enkel flekk.
- o En åpen flekkfordeling. F.eks. to flekker et stykke fra hverandre og med ingen flekker mellom disse to.
- i En rekke flekker etter en penumbraflekk. Ingen av flekkene i rekken har penumbra.
- c En kompakt flekk-fordeling. Området mellom ledende og følgende flekker er fylt av mange store eller sterke flekker, noen med penumbra.

Klassifikasjonenes punkter 1), 2) og 3) brukes sammen for å fortelle nøyaktig historie om hvordan gruppene er sammensatt. Til eksempel kan man si at tegningen (fig. 2) E med McIntosh-klasser i tillegg vil få betegnelsen "Erc". Ved bruk av Zürich/McIntosh-klasser vil en kunne betegne gruppene med hele 78 kombinasjoner!

De antall grupper som en til daglig observerer (AAs), er med på å bestemme MDF-verdien ved slutten av måneden. Ved slutten av hver måned summerer man antall grupper som er observert og dividerer på antall observasjoner. Tallet som fremkommer er altså månedens MDF (Mean Daily Frequency), altså antall grupper eller AA gjennomsnittlig pr. dag. Denne MDF'en regnes vanligvis også ut for begge halvdelene, nord og syd.

Hvordan skal en observasjon utføres?

Det beste er nok å bruke en tegning med en sirkel på 15 cm. Da er sirkelen

4)

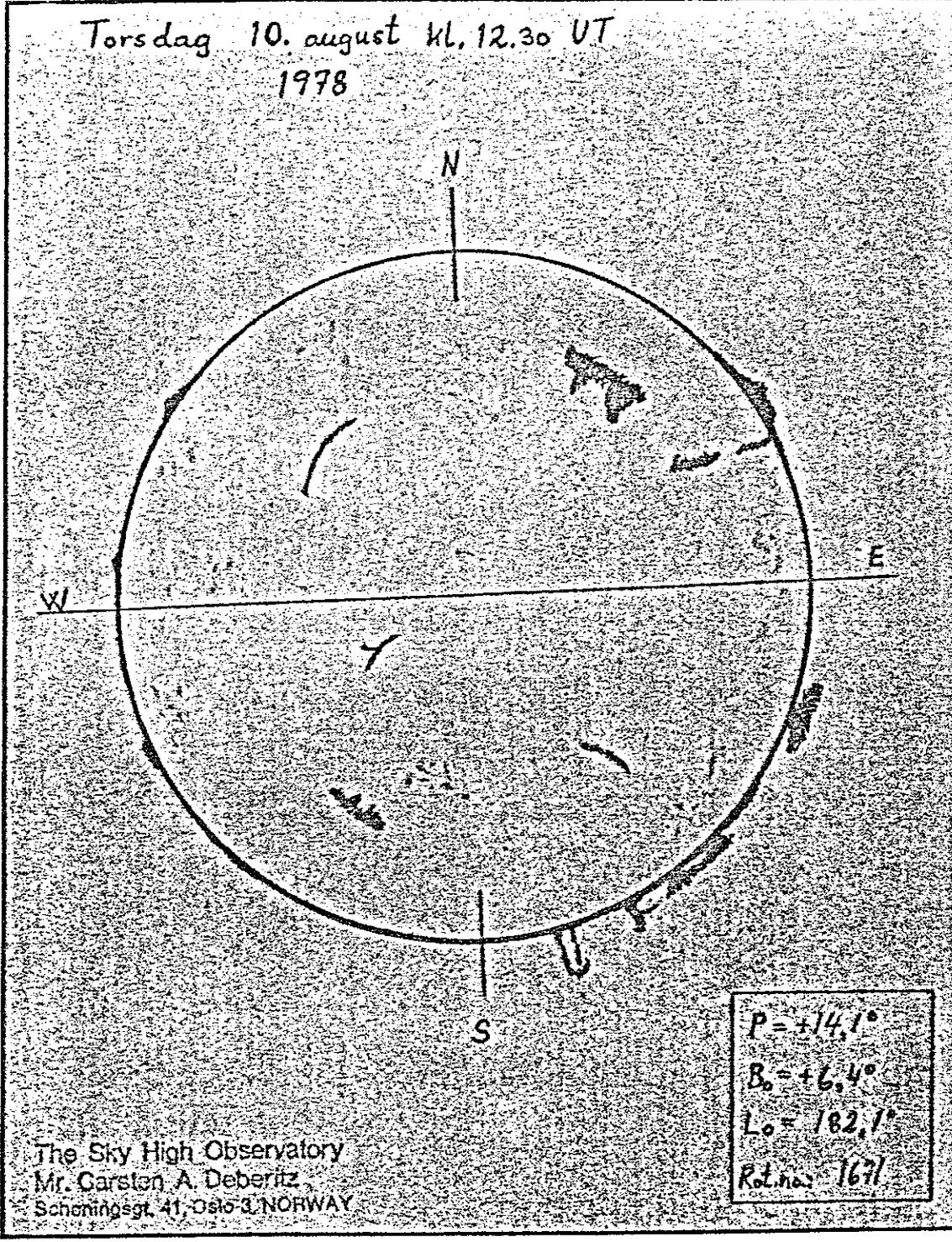


Fig. 3

Denne observasjonen av solen er utført etter projeksjonsmetoden. Solens diameter var 15 cm, og i tillegg til hvitt lys observasjoner som solflekker og fakler, er også H-alfa observasjonene inntegnet med protuberanser på randen og på overflaten. (L_0 verdien skal være $175,5^\circ$ for observasjonen). Sky High Observatoriet.

stor nok til at eventuelle feil i posisjons-
 givningen av flekkene vil være nesten
 ubetydelig. Arket med sirkelen plasseres
 på projeksjonsbrettet og festes med klem-
 mer (se fig. 3). Det er en fordel om en
 har rutet opp sirkelen slik som i fig. 4.
 Da vil en lettere kunne tegne av posisjo-
 nene. Det innfallende solbildet tilpasses
 sirkelen og flekkene (tegn hovedsakelig
 lederne eller sentrene) tegnes av. Etter
 at alle flekkenes posisjoner er tegnet av,
 velger en ut en sterk flekk, helst nær sen-
 trum av sirkelen, og "prikket av" dens
 "gang" over sirkelen. Tidspunkt noteres
 da. Nå kan arket tas av skjermen og nøy-
 ere tegning og detaljer kan utføres. Ta
 gjerne også med faklene (lat. faculae),
 de lysende områdene som er spesielt godt
 synlig i øst- og vest-randen. De er viktige
 å få med seg, siden dette er områder nye
 grupper kan oppstå. Det kan også være
 områder der flekker nettopp har gått til
 grunne.

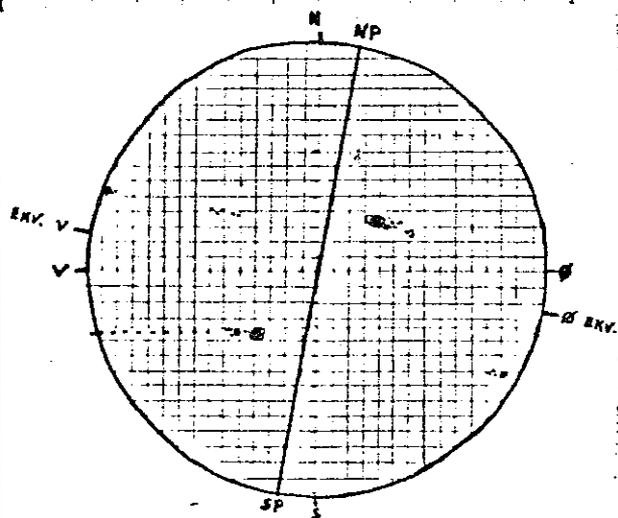


Fig. 4

Arbeidet som nå gjenstår, utføres
 innendørs. Prikkene trekkes opp med en
 linjal (du trenger ikke mer enn 5 - 10
 prikker) og parallellforskyves til sentrum
 av sirkelen. Det punktet der solflekken
 "gikk ut", er VEST. Hvis kikkerten er av

astronomisk type og som altså viser bildet
 opp-ned, vil NORD i dette tilfelle være
 opp når vest er til venstre. Er kikkerten
 landskapskikkert eller prismekikkert, vil
 NORD være ned når vest er til høyre

Skal en gå videre for å finne koordi-
 natene til solflekken, bør en ha den år-
 lige håndboken som British Astronomical
 Association utgir, eller tilsvarende. I den-
 ne håndboken er en del viktige data å fin-
 ne. Det gjelder P, Bo og Lo verdiene som
 igjen betyr: P er verdien i grader som for-
 teller hvor meget jordens nordpol avviker
 fra solens, - er vest, + er øst for vår pol.
 I tilfelle fig. 4 er P lik $+10,0^{\circ}$. Bo er
 verdien som forteller hvor stor avvikelsen
 er jordens ekvator kontra solens ekvator.
 Her kan man bruke de såkalte Stoney-
 hurst-kartene som vist i fig. 5. De går
 fra 0° til 7° - eller +. Alle kartene har den
 motsatte verdi ved å snu kartet på hodet.
 Verdien Lo bestemmer lengdegraden for
 flekkene. Verdiene i BAA Handbook er
 gitt for hver 5. dag, og beregner en at

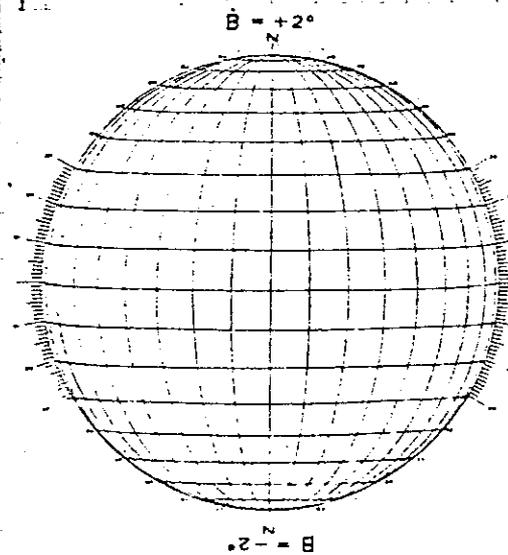


Fig. 5

solen roterer med ca. $13,2^{\circ}$ i døgnet, kan
 en bestemme hvilken Lo som gjelder.
 Det finnes også en tabell som gir lengde-
 gradforskjellen time for time. Solen har

6)

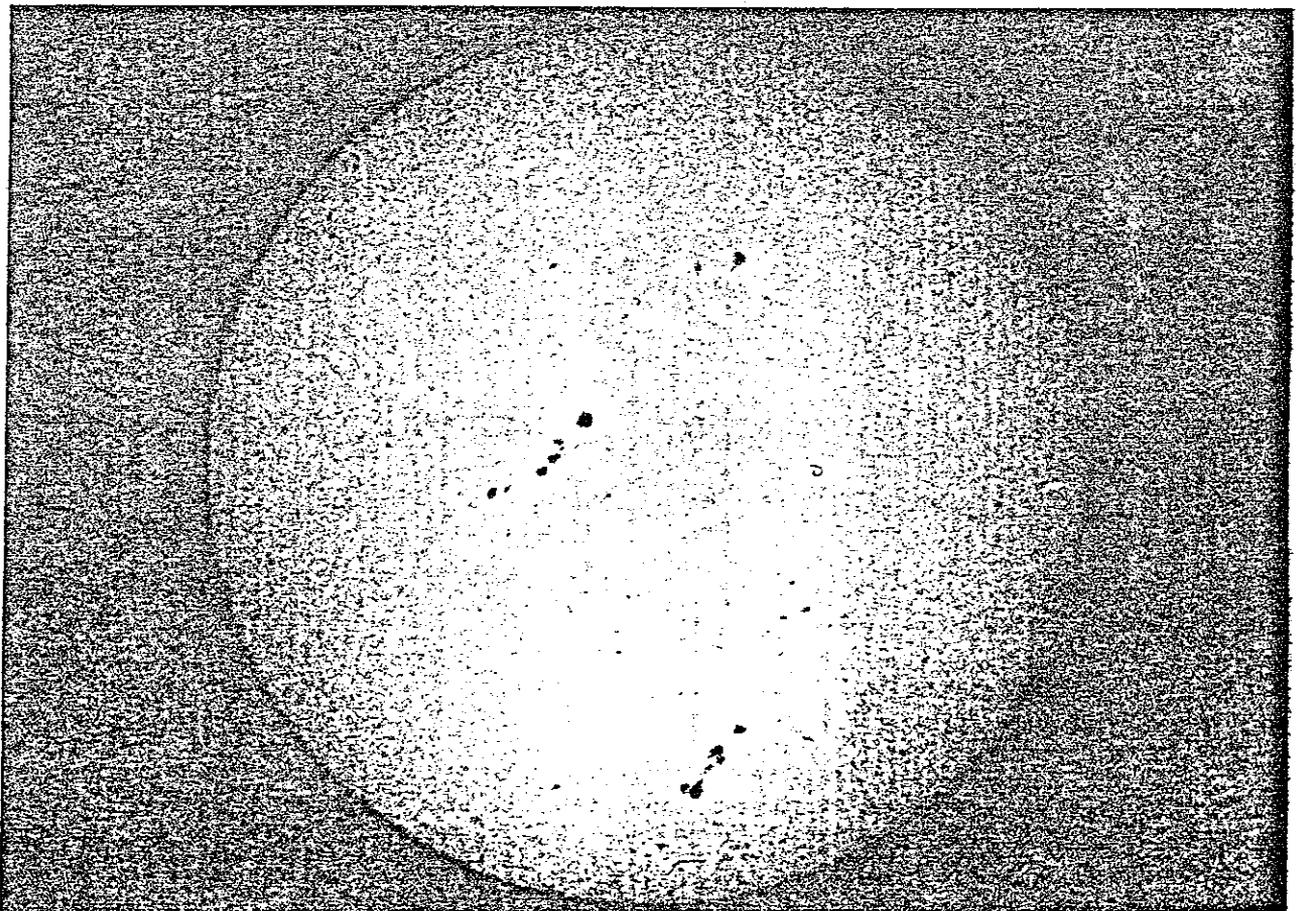
en synodisk rotasjonstid på gjennomsnittlig 27,2753 døgn, og hver rotasjon har fått sitt rotasjonsnummer. Det mest kjente er etter Carrington, og rotasjon nr. 1 begynte i 1853. Det antall grader en flekk er "til venstre" for sentralmeridianen (sett i astronomisk kikkert på skjerm som i fig. 4) legges til verdien L_0 , altså gradtallet for sentralmeridianen. Det antall grader en flekk er "til høyre" for sentralmeridianen (CM) trekkes fra verdien L_0 .

Altså, når tegningen er utført som i fig. 4, finnes Stoneyhurst-kartet med den riktige B_0 -verdien frem, og tegningen legges over slik at disse passer med NP , altså solens nordpol, på kartets N . Da noterer man de data man kan se gjennom, og lengdegradene kan finnes som nevnt ovenfor.

De koordinatene som nå er funnet, noteres nå på arket der tegningen er utført sammen med P , B_0 og L_0 - verdiene. Det påføres også hvilket optisk utstyr som er benyttet, dato og klokkeslett. Det må også påføres hvor mange flekker som er talt og hvor mange grupper.

Hvis mulig, bør kompleks-grupper eller flekker tegnes spesielt. Ved å lage flere detaljerte tegninger for hver dag ettersom gruppen "går over" skiven, kan man følge med i den mange ganger dramatiske utviklingen til enkelte grupper. Enkle tegninger er også av interesse, da disse kan sammenlignes med tegninger fra andre observatører.

Lykke til.



Solen fotografert 3. september 1978 kl. 9.53 UT. Foto: Kjell Inge Malde.

OBSERVATION-FORM FOR

6" STONEYHURST-DISKS

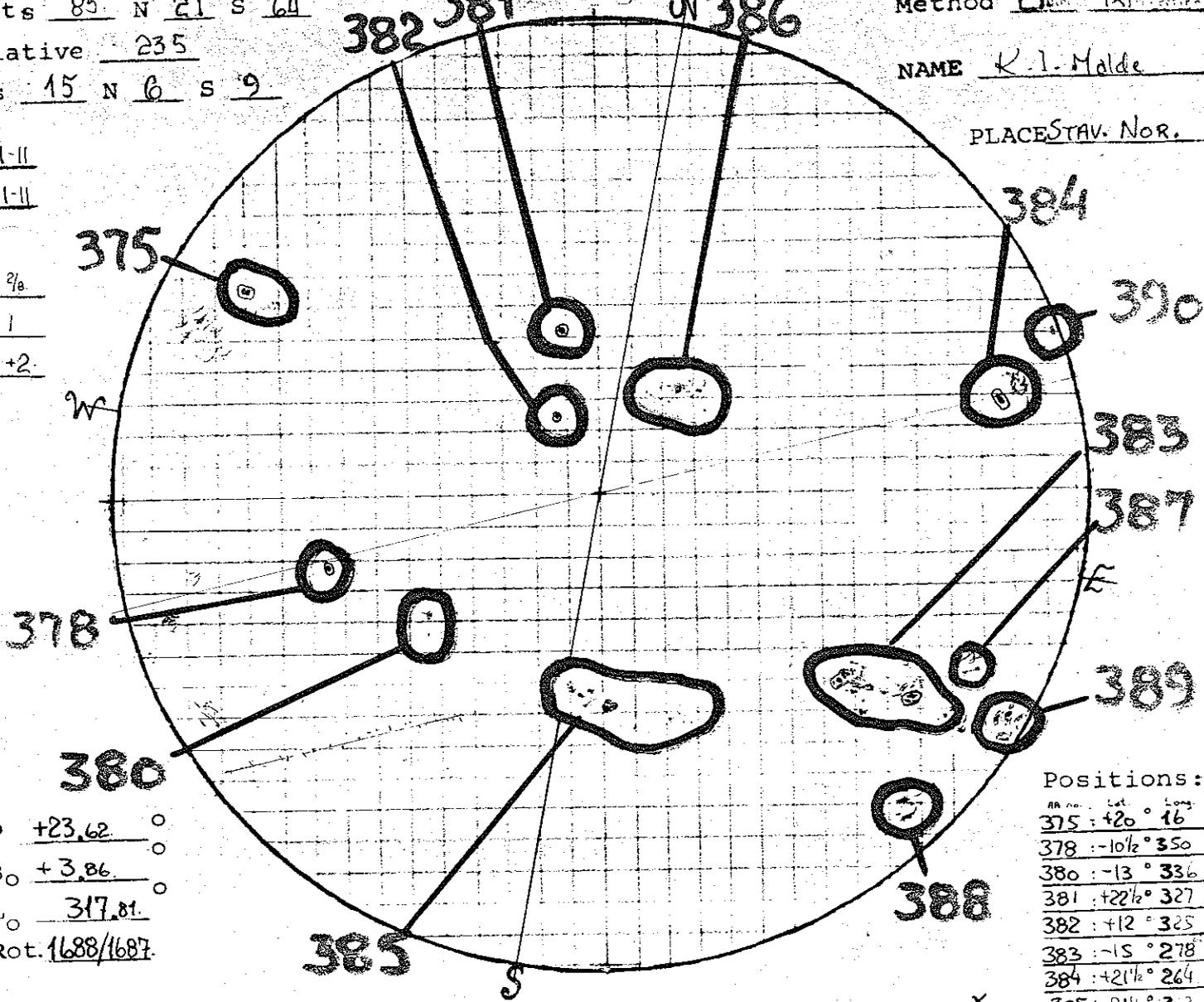


Date 1979-11-06
 Time UT 0944 Dec. 40556
 Spots 85 N 21 S 64
 Relative 235
 AAS 15 N 6 S 9

Refractor Reflector
 Instr. 24" f/15 + 72
 Method Sun Station
 NAME K. I. Malde

R 1-11
 S 1-11
 C 2/8
 T 1
 Te +2

PLACE STAV. NOR.



P +23.62
 B₀ +3.86
 L₀ 317.81
 Rot. 1688/1687

Positions:

AR no.	Lat.	Long.
375	+20° 16'	
378	-10 1/2° 350	
380	-13° 336	
381	+22 1/2° 327	
382	+12° 325	
383	-15° 278	
384	+21 1/2° 264	
385	-21 1/2° 312	

Remarks: REL: 387-388-389-390 Bod: 385-386 RWL: 367-374-376 DOD: 373-377-379

Pos: 386: +18° 311° 387: -12° 263° 388: -32 1/2° 259° 389: -18° 251°^{Dac}
 B_{W1} B_{W0} Drc 390: +30° 239°^{HSA}

Obs. no. NA-21

Norsk Astronomisk Selskap - SOLGRUPPEN

NAS/sr. 7-79

Solskiven tegnet på 15 cm skjemaet til N.A.S.-Solgruppen den 6. november 1979 av K. I. Malde.

II.2.29.A

OBSERVASJONER AV NORDLYS.

Av Kjell Inge Malde

Aurora er det latinske ord for morgenrød, aurora borealis betyr nordlig morgenrød, og på motsatte pol: aurora australis betyr følgende sydlig morgenrød. For observatører på de midlere breddegrader virker dette som en for det meste grønnfarget morgenrød, men med det unntak at det opptrer i nærheten av den magnetiske pol nær horisonten.

Høyden over overflaten som dette fenomen opptrer i, er vanligvis fra 100 kilometer og høyere, og her mottas strømmer av elektrisk ladede partikler med solvinden. De består igjen hovedsakelig av hydrogenatomer. En vanlig regel er at når en ser et sterkt flare-utbrudd på solens overflate (ved hjelp av spektrohelioskop), går det mellom 28 og 34 timer før de ladede partiklene fra dette utbruddet når jordens magnetfelt (van Allen-beltene). Utladningen skjer altså ved jordens nordlige og sydlige magnetiske poler. Er utladningene ekstra kraftige, kan aurora observeres på breddegrader langt fra polene. Det kan en sjelden gang observeres nordlys så langt sør som for eksempel i Egypt.

I et år med stor solaktivitet kan man regne med rundt 150 kvelder/netter med nordlys, mens i Sør-Norge regnes det med ca. 100, i Nord-Europa og Mellom-Europa ellers mellom 25-30. I år med lav solfleksaktivitet er tallene mellom halvparten og en femtedel av de ovenfor nevnte tall.

Former og strukturer.

GLØD

Gløden ligner morgenrøden som har gitt

nordlyset navn, aurora borealis/australis. Den ligger som regel i ro, men er vanligvis senteret for nye utbrudd.

BUE

Buen strekker seg vanligvis et langt stykke, gjerne 20^o og opptil 50^o og kan være ensartet eller med stråler. Opptrer buen med stråler, kan dette være begynnelsen til dramatiske draperier.

BÅND

Av og til opptrer bånd av nordlys. Disse kan gjerne være en videreutvikling av en bue i det båndet bukker seg og kan ha raske bevegelser.

STRÅLE

Svært ofte under nordlys-spillet opptrer stråler, enkle eller flere sammen. Strålene opptrer i høyder på 100 km og kan nå så høyt som 500 km og ha en bredde på rundt 10 km. Strålene viser retningen til jordens kraftlinjer i magnetfeltene. Når en hop av stråler passerer over hodet, blir dette til corona.

CORONA

Corona er latinsk for krone, og det er altså perspektiv-virkningen som får det til å se ut som en krone.

SLØR

Slør ligner store ansamlinger av fjærskyer (cirrus) og vitner om forestående stor aktivitet, for eksempel som flammer.

FLAMMER

Flammer som også henger i sammen med

stor og gjerne lyssterk aktivitet. Flammene er betegnende nok i det de slikker oppover en etter en og samtidig lyser opp de eksisterende nordlys-former.

FLEKK

Flekkene har ingen bestemt form og ligner glød, bare med den forskjell at de er et godt stykke over horisonten. De kan til forveksling ligne lysende nattskyer.

PULSERENDE-

Mange nordlysformer kan forsvinne og så oppstå igjen rytmisk og med en periode på mellom 10 og 100 sekunder.

BLAFRENDE-

Bånd, buer og strålebuer (draperier) blafrer ofte under stor aktivitet. Det virker som om det "blåser", og blafringen foregår ofte med raske bevegelser.

STRØMMENDE-

Av og til virker det som det foregår en strøm av skiftninger spesielt i styrken på ensartede former som buer, bånd og glød.

Hvis en observatør tenker på å rapportere nordlys-observasjoner til Solgruppen i N.A.S., skal han gå frem på følgende måte:

På et ark anføres øverst årstallet, måned og hvilken kveld/natt det gjelder. Om nordlyset er sett bare den 27. f.eks. skal det anføres 27/28. Videre anføres observatørens navn og adresse eller stedsnavn. Dermed kan en på arket lage 12 kolonner:

Kolonne 1: Dato.

" 2: Tidspunkt (helst i U.T.), hvis norsk tid, må dette understrekes.

" 3: Tilstand.

" 4: Klasse.

" 5: Struktur.

" 6: Form.

" 7: Lysstyrke.

" 8: Farge.

" 9: Høyde, grunnnivå.

" 10: " , toppnivå.

Kolonne 11: Retning (azimuth).

" 12: Notater, bemerkninger og tegninger, etc.

De forskjellige symbolene som brukes i kolonnene er:

For kolonne 3:

Q Rolig, ingen bevegelser.

a Aktivt.

a1 Bånd folder seg.

a2 Hurtig forandring av utseende av lave former (bånd, buer og glød).

a3 Hurtig horisontal bevegelse av stråler.

a4 Former blir hurtig usynlige, for så å bli erstattet av andre.

P1 Pulserende, rytmisk forandring av form.

P2 Flammende, variasjoner som flytter seg oppover.

P3 Blafrende, hurtige irregulære variasjoner.

P4 Strømmende, irregulære horisontale variasjoner i ensartede former.

For kolonne 4:

M Mange Flere grupper av formasjoner.

F Deler Delvis aurorale formasjoner.

C Coronale Stråler møtes i zenith.

For kolonne 5:

H Ensartet Ensformig utseende og intensitet.

S Stripet Linjer med mørkt og lyst.

R1 Strålet Korte stråler.

R2 Strålet Medium lengde stråler.

R3 Strålet Lange stråler.

For kolonne 6:

G Glød Nær horisonten.

A Bue En bue av nordlys.

RA Strålebue En bue med stråler.

R Stråle En vertikal lysstråle.

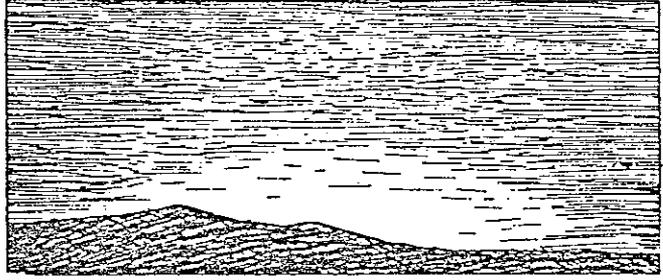
B Bånd Som en "vridd" bue.

V Slør Udefinert, som fjærskyer.

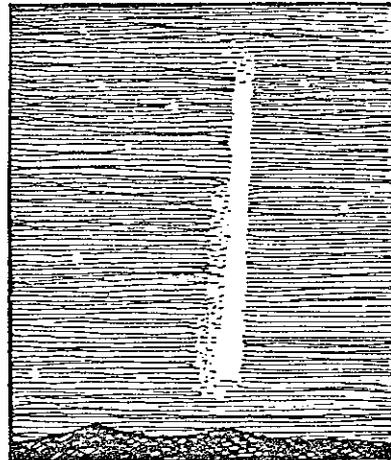
P Flekk En isolert "sky" av nordlys.

N Udefinert - Lar seg ikke definere med andre former.

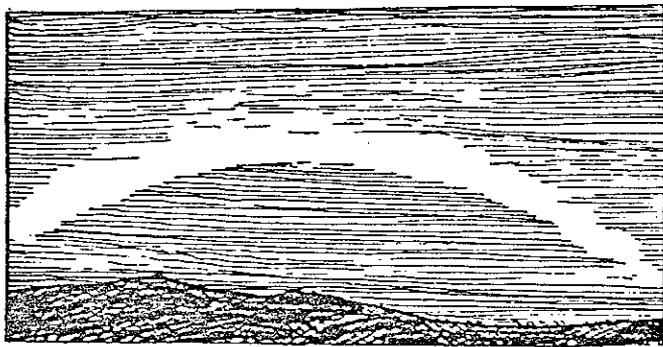
AURORA BOREALIS betyr "nordlig morgenrød" på grunn av den mest vanlige form GLØD (G) langs den nordlige horisont. Ordet "glød" brukes således bare når nordlyset er helt i horisonten.



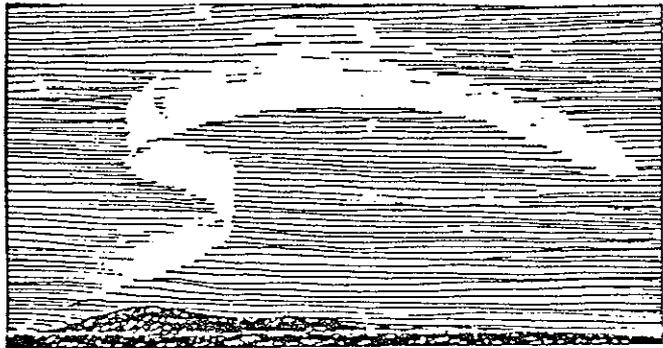
En vanlig foreteelse blant nordlysformer er STRÅLER som kan ligne søkelys. Strålene (R) opptrer alene eller sammen med flere.



Nordlyset får ofte form av en BUE (A) som går øst-vest over himmelen. Når buen ikke har noen vertikal strålestruktur, kalles den en ENSARTET BUE (HA).

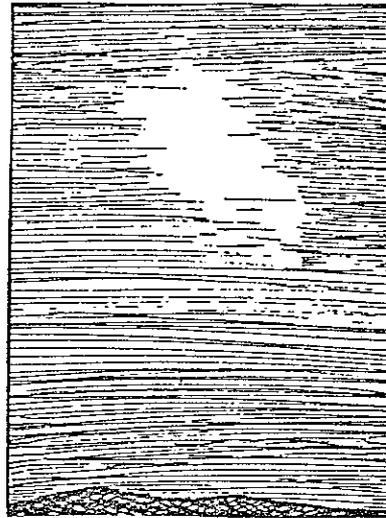


Av og til har nordlyset form som et BÅND (B). Hvis der ikke er noen strålestruktur, kalles formen ENSARTET BÅND (HB).

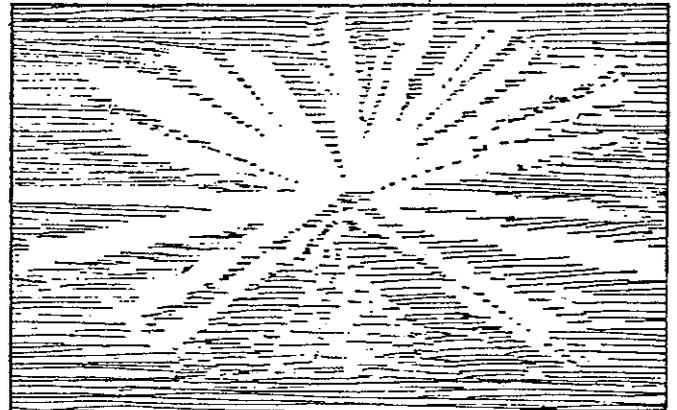


Noen av disse formene kan synes å pulsere i perioder fra ca. 10 til 100 sekunder. Aktiviteten kalles PULSERENDE (P).

Av og til oppstår flekker av nordlys og uten synlige grenser. De er vanligvis et stykke fra horisonten og ligner opplyste skyer. De kalles FLEKKER (S).



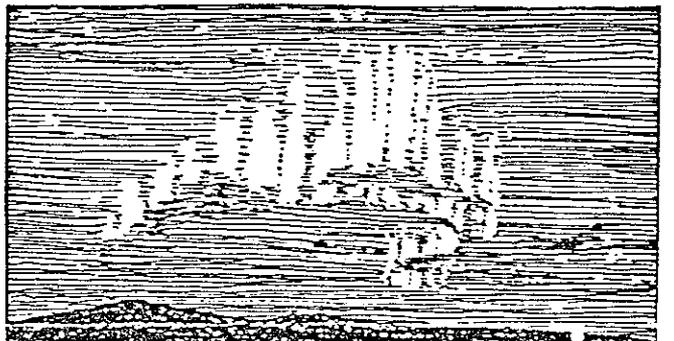
Når stråler eller andre former er i zenith, får de form av en krone eller CORONA (C).



Når buen viser vertikal stråle-struktur, kalles den en STRÅLE-BUE (RA) og beveger seg lite.



Når båndet viser stråle-struktur, kalles det et STRÅLE-BÅND (RB). Dette ligner blafrende gardiner.



En annen form kalles FLAMMER (F) fordi det ligner flammer som går raskt oppover og lyser opp det eksisterende nordlys.

5

For kolonne 7:

- 1 Svakt Såvidt synlig.
- 2 Medium Som måneopplyste fjærskyer.
- 3 Medium Som måneopplyste haugskyer.
- 4 Sterkt Sterkt nok til å kaste skygger.

For kolonne 8:

- a Rødt Bare i øvre del av en form.
- b Rødt Nedre grense bare.
- c Hvitt, grønt eller gult.
- d Rødt
- e Rødt og grønt.
- f Blått eller purpur.

I kolonne 9 og 10 anføres henholdsvis bunnivå og toppnivå, dvs. høyden over horisonten for nedre og øvre del av for eksempel et draperi. I kolonne 11 påføres azimuth-vinkelen, eksempelvis $340^{\circ} - 010^{\circ}$. En skal altså ikke ta hensyn til den magnetiske pol, men gå ut fra det sanne nord. I kolonne 12 kan det tegnes inn spesielle former, og det kan gis bemerkninger utover det som er gitt i kode ellers på arket.

For at observasjonene skal ha noen verdi, er det viktig at notatene om observasjonene blir skrevet ned snarest. En må ikke tro at en kan gå å huske dem; for oppstår det da tvil og galt notat blir gitt, er observasjonene verdiløse.

En observatør som sender inn rapport for første gang, bør også oppgi sine koordinater. Dette er viktig for å kunne bestemme observatørens magnetiske koordinater.

Så håper vi at mange observatører vil sende inn nordlys-observasjoner til gruppelederen i Solgruppen. Husk, vi er nær solflekkmaksimum.

II 3. JORDEN

I N N H O L D

II 3.1. BESKRIVELSE AV JORDEN

II 3.1. BESKRIVELSE AV JORDEN.

Jorden som er den tredje planeten reknet fra solen, heter på latin Tellus. Jorden er den planet som har gitt oss grunnlaget til å forstå de andre planetene i solsystemet.

Jorden har en diameter på 12756,32 km. ved ekvator. Jordaksen er 12713,55 km., dvs. 42,77 km. kortere.

Jordens atmosfære avtar fort ved høyden. 50% av atmosfæren befinner seg under en høyde på 4,8 km. Denne består av 78% nitrogen, 21% oksygen og nesten 1% argon. Dessuten har vi noe karbondioksyd med 0.03%. Videre er det spor av hydrogen, helium, ozon og noen andre gasser.

Jordens bane rundt solen har en elliptisk form. Den korteste avstand, perihelium, har den ca. 3. januar og er på 147,09 mill. km. og den lengste avstand, aphelium, ca. 3. juli og er på 152,08 mill. km. Middellavstanden regnes til 149,599 mill. km.

II 4. MÅNEN

I N N H O L D

- II. 4.1. Beskrivelse av månen
- II 4.2. Solformørkelse/måneformørkelse
- II 4.3. Flo og fjære
- II 4.4. Tabell over måneformørkelser
- II 4.5. Tabell over solformørkelser

II. 4.1. BESKRIVELSE AV MÅNEN.

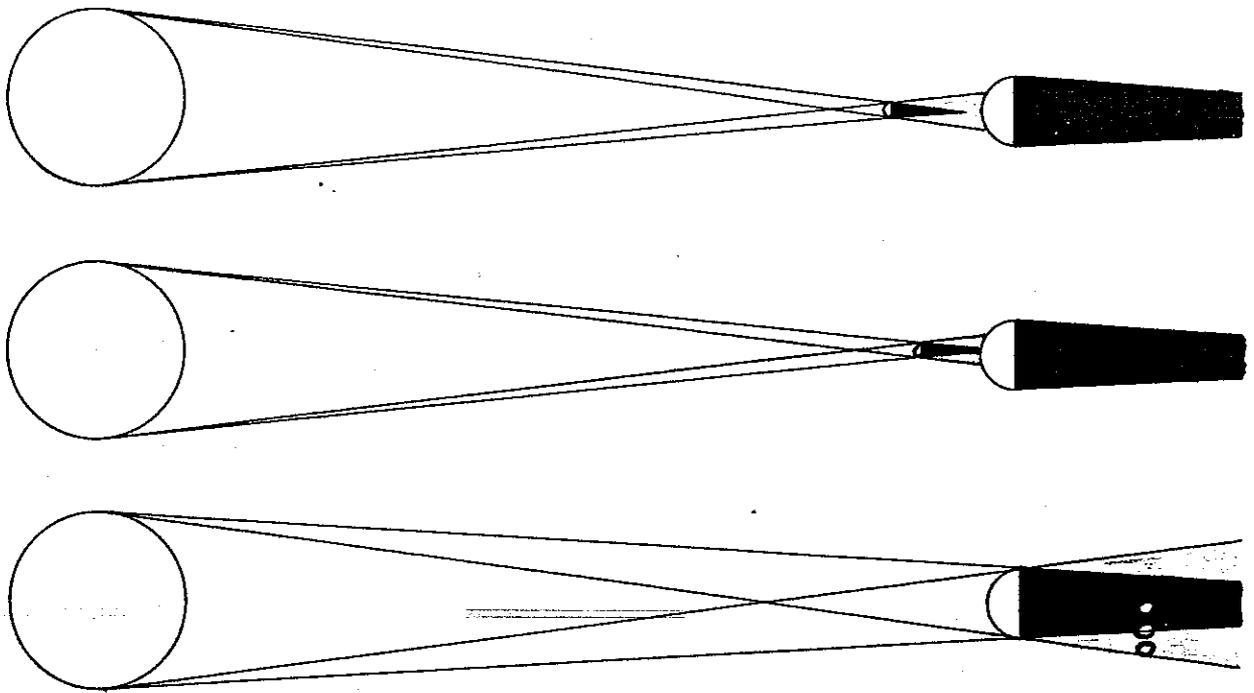
Månen, som er Jordens eneste satelitt, heter på latin Luna. Denne har fått tegnet ☾

Massen av månen er bare $1/81$ av jordens. Diameteren er på 3476 km. Dvs. at månens diameter er litt mindre enn Afrika øst - vest. Likevel har månen fjell som er like store som Mount Everest, over 8 000 m. over de såkalte "havene" på Månen. Disse fjellene ligger ved sørpolområdene. Ringfjell eller kratere finnes i alle størrelser opp til 250 km. i diameter. Det største krateret, Baillys, kan vi se av og til fra jorden. Dette skyldes månens librasjon (dreining). P.g.a. librasjonen, kan man se hele 59% av månens overflate. Men kun 41% er alltid synlig på et tidspunkt sett fra jorden. Månen har en ubetydelig atmosfære.

I og med at månen har en elliptisk og eksentrisk bane, varierer avstanden fra jorden med 50.300 km. Når den er i perigé (nærmest jorden) er avstanden 356.400 km., mens i apogé (lengst fra jorden) 406.700 km.

II. 4.2. SOLFORMØRKELSE/MÅNEFORMØRKELSE.

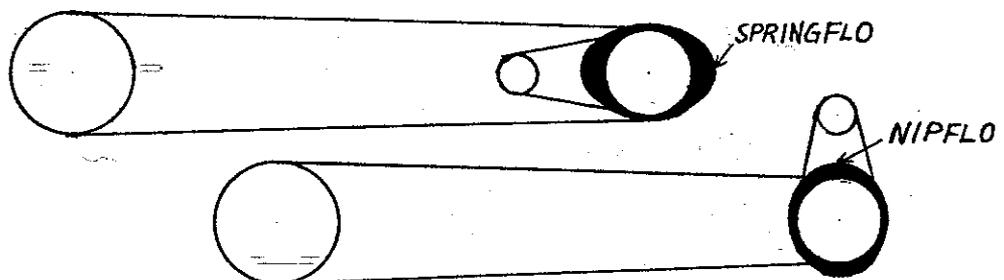
Grunnen til at vi får forskjellige solformørkelser er månens variable avstand fra jorden. Når månen er apogé får vi en ringformet solformørkelse. Dvs. at når månen går foran solskiven vil vi allikevel se en ring av solen. Månens totale skygge vil ikke nå jorden. Men derimot når månen er i perigé får vi en total solformørkelse.



Måneformørkelse inntreffer når månen går inn i jordskyggen. Her kan det oppstå halvskyggeformørkelse, partiell formørkelse og total formørkelse. Halvskyggeformørkelsene vil vi knapt nok registrere som noen formørkelse.

II 4.3. FLO OG FJÆRE.

Andre ting som vi merker godt her på jorden p.g.a. månen, er flo og fjære. Dette oppstår ved at gravitasjonskreftene til sol og måne innvirker på jordens masse.



Springflo inntreffer når jorden ligger på samme linje som sol og måne. Da virker kreftene fra sol og måne på samme punkt på jorden. Nipflo inntreffer når sol og måne står vinkelrett på hverandre. Da blir kreftene fordelt på forskjellige plasser på jorden.

II 4.4. TABELL OVER MÅNEFORMØRKELSER 1979 - 1985.

Dato	Type formørkelse	Totalitetens varighet (minutt)
1979 6. sept.	Total	52
1981 17. juli	Partiell	-
1982. 9. jan.	Total	84
1982 6. juli	"	102
1982 30. des.	"	66
1983 25. juni	Partiell	-
1985 4. mai	Total	70
1985 28. okt.	"	42

II 4.5. TABELL OVER SOLFORMØRKELSER 1979 - 1985.

Dato	Type formørkelse	Totalitetens varighet		Hvor skyggen går fra - til
		Min.	Sek.	
1979 26. feb.	Total	2	48	Stillehavet-Grønland
1979 22. aug.	Ringformet	-	-	" -Antarktis
1980 16. feb.	Total	4	8	Atlanterhavet-Kina
1980 10. aug.	Ringformet	-	-	Stillehavet-Brasil
1981 4. feb.	"	-	-	Australia-Stillehavet
1981 31. juli	Total	2	3	Sovjet - "
1982 25. jan.	Partiell	-	-	Antarktis
1982 20. juli	"	-	-	Arktis
1982 21. juni	"	-	-	"
1982 15. des.	"	-	-	"
1983 11. juni	Total	5	11	Indiske hav-Stillehavet
1983 4. des.	Ringformet	-	-	Atlanterhavet-Somalia
1984 30. mai	"	-	-	Stillehavet-Algerie
1984 22. nov.	Total	1	59	De ostind.øyer-Stilleh.
1985 19. mai	Partiell	-	-	Arktis
1985 12. nov.	Total	1	55	Stillehavet-Antarktis

II 5. MERKUR

I N N H O L D

- II 5.1. Beskrivelse av Merkur
- II 5.2. Foto av Merkur
- II 5.3. Merkurpassasjer over solen

II 5.1. BESKRIVELSE AV MERKUR.

Merkur er den planet som er nærmest solen. Den er ca. 58 mill. km. fra solen, eller ca. 0,39 A.U. Siden Merkur har en baneeksentrisitet på 0,2, varierer avstanden fra solen med 0,16 A.U., fra 0,31 A.U. til 0,47 A.U.

Diameteren, 4840 km. er 2,6 ganger mindre enn jordens. Dvs. den er noe større enn vår måne. Ellers kan man si om Merkur at den er svært lik vår måne - av størrelse, utseende, med mange kratere og atmosfære, som den nesten ikke har noe av.

Den sideriske omløpstiden er 87 døgn, 23 timer, 15 minutter og 21,6 sekunder.

For å finne Merkur på himmelen må en se temmelig nær solen. Fra februar - mai vil en finne Merkur som "aftenstjerne" rett etter solnedgang. Fra august - november som "morgenstjerne", rett før soloppgang. Den gjennomsnittlige lysstyrken til Merkur er 0,0 magnitudo.

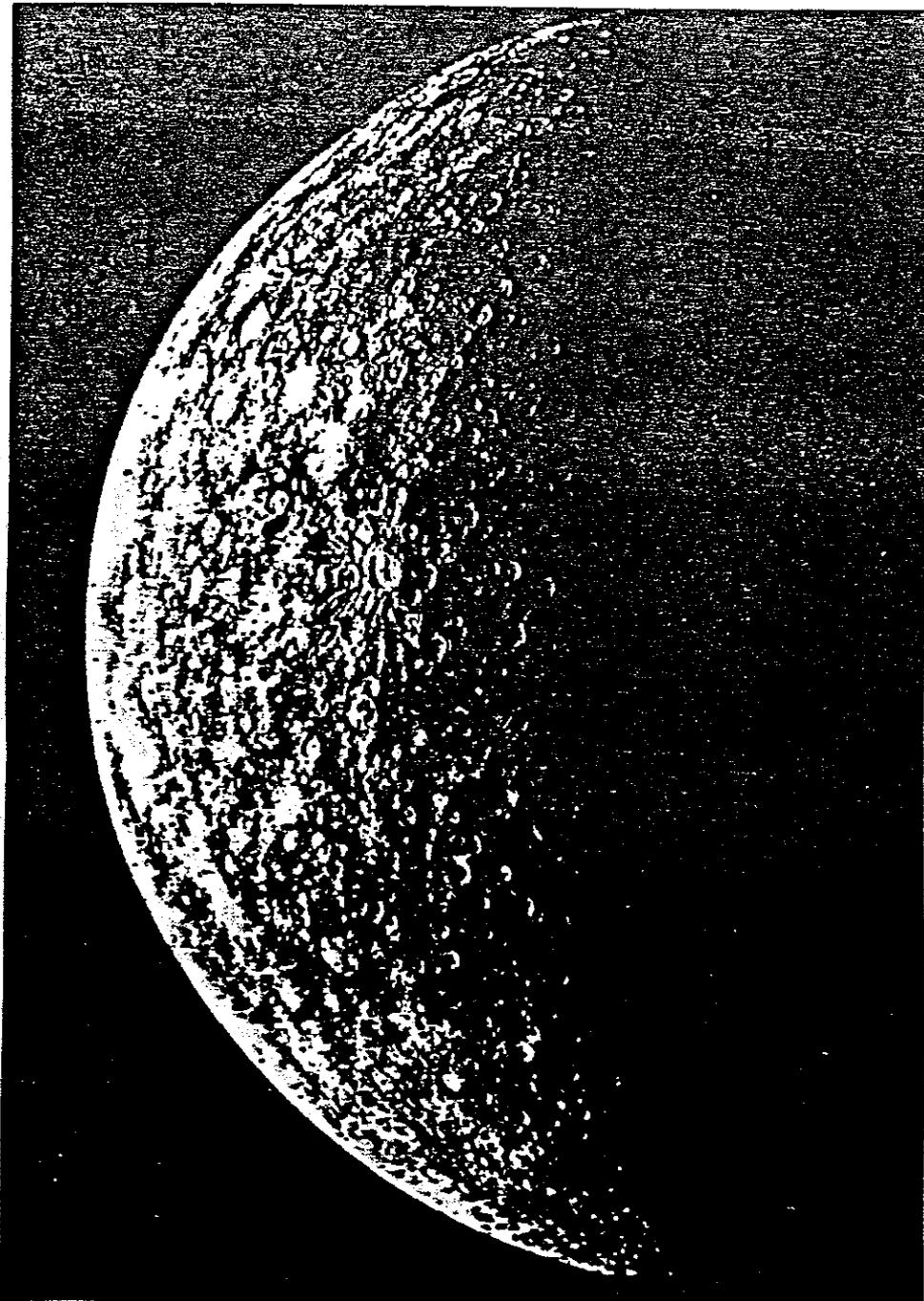
Merkur vil passere solskiven 13 ganger i løpet av 100 år, med 3-, 7-, 10- eller 13 års mellomrom. Neste gang den vil passere solskiven blir den 13. november 1986, 6. november 1993 og den 15. november 1999.

Merkur har ingen måner.

I 1974 passerte "Mariner 10" Merkur. Denne hadde med seg forskjellige instrumenter, bl.a. spektrometere, magnetografer og to TV kameraer.

II 5.2. FOTO AV MERKUR.

Dette fotografiet er tatt fra Mariner 10.
Det er satt sammen av 18 forskjellige bilder.
De største kraterne på bildet er ca. 200 km.
i diameter. (NASA-foto)



II 5.3. MERKURPASSASJER OVER SOLSKIVEN.

1960: 7. november

1970: 9. mai

1973: 10. november

1986: 13. november

1993: 6. november

1999: 15. november

2003: 7. mai

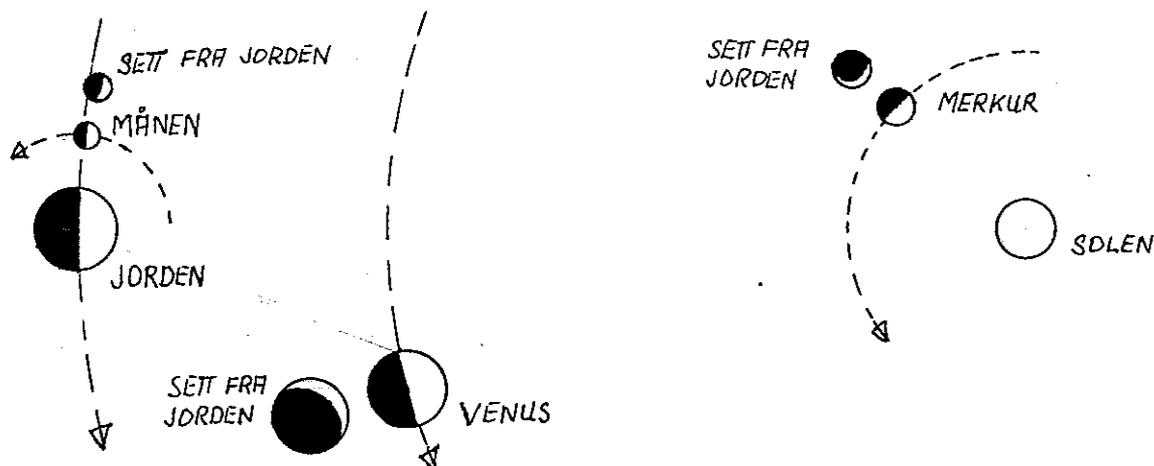
II 6. VENUS

I N N H O L D

- II 6.1. Beskrivelse av Venus
- II 6.2. Venuspassasjer over solen
- II 6.3. Øvre og nedre konjunksjon, største østlige og vestlige elongasjon.
- II 6.4. Venus`faser

II 6.1. BESKRIVELSE AV VENUS.

Venus er nummer to i rekken av planeter reknet fra solen. Siden både Merkur og Venus er innenfor jordens bane, vil en kunne se faser på disse på samme måte som på månen.



Det som skiller seg mest ut på Venus i forhold til de andre planetene er overflatetemperaturen om dagen som kan komme opp i 470° C. Dette p.g.a. den tykke atmosfæren, som inneholder ca. 95% karbondioksyd CO_2 , ca. 2,5% nitrogen N_2 og noen små mengder av andre gasser, og overflatetrykket som er på 90 atm.

Ellers er Venus bare 456 km. mindre i diameter enn jorden. Dessuten er tætheten av de tre indre planetene temmelig lik hverandre. Merkur = $5,41 \text{ kg/dm}^3$, Venus = $5,25 \text{ kg/dm}^3$ og Jorden = $5,518 \text{ kg/dm}^3$.

Rotasjonen til Venus er retrograd (motsatt av banebevegelsen). Det er kun Venus og Uranus som har retrograd rotasjon i vårt planetsystem. Dvs. at aksene dreies fra øst mot vest, altså motsatt retning av jorden.

Når det gjelder lysstyrken, er Venus den desidert største av alle planetene og stjernene. Den er på hele + 4,4 magnitudo. Av alt lys som treffer Venus, blir hele 76% reflektert (Albedo).

I 1978 ble det sendt opp flere romsonder til Venus. Disse har myklandet og sendt fjernsynsbilder tilbake til jorden. Disse bildene viser et nokså flatt landskap. Der er avrundede steiner på ca. 30 - 40 cm. i tverrmål. Dette viser at overflaten eroderes selv om det ikke finnes vann og bare ubetydelig med støv som føres med vindene.

II 6.2. VENUSPASSASJER OVER SOLSKIVEN.

1639: 4. desember

1761: 5. juni

1769: 3. juni

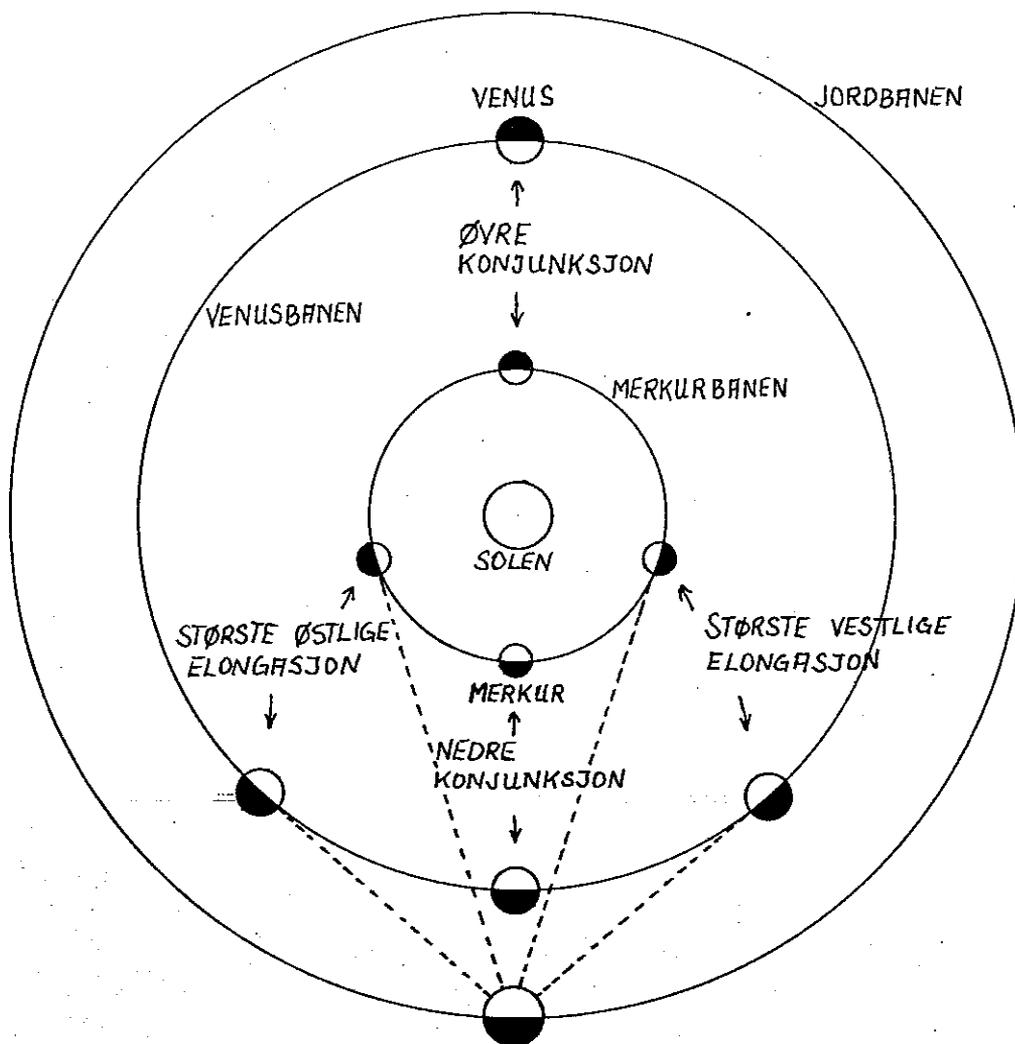
1874: 8. desember

1882: 6. desember

2004: 7. juni

2012: 5. juni

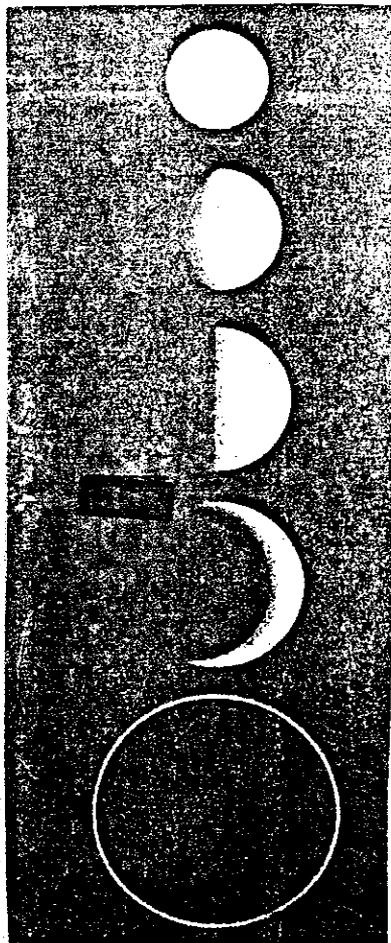
II 6.3. ØVRE OG NEDRE KONJUNKSJON, STØRSTE ØSTLIGE OG
VESTLIGE ELONGASJON



I denne figuren ser vi Venus og Merkur som er de to indre planetene. Når Venus eller Merkur er bak solen, er disse i øvre konjunksjon. Når de er mellom solen og jorden er de i nedre konjunksjon.

Største østlige eller vestlige elongasjon er det punkt i Merkurs eller Venus' bane som er lengst ifra solen sett fra jorden.

II 6.4. VENUS' FASER.



- Venus i øvre konjunksjon

- Venus i største østlige elongasjon

- Venus med største lysstyrke

- Venus i nedre konjunksjon

Vi ser her de forskjellige fasene til Venus. Når vi ser Venus i øvre konjunksjon er den lengst ifra jorden, og er forholdsvis liten. Jo lenger den kommer i sin bane mot jorden, jo større blir den, inntil den kuliminerer i nedre konjunksjon.

II 7. MARS

I N N H O L D

- II 7.1. Beskrivelse av Mars
- II 7.2. Tabell over Marsmånene
- II 7.3. Opposisjon, konjunksjon, kvadratur, trigon
og fasevinkel

II 7.1. BESKRIVELSE AV MARS.

Mars er den fjerde planeten fra solen, Den første utenfor jorden. Avstanden fra solen er 227,94 mill. km. eller ca. 1,5 A.U. Diametèren er 6790 km. ca. 1/2 parten så stor som jorden, og ca. dobbel stå stor som jordens måne. Diameteren ved polene er 40 km. mindre. Massen er 10.7% av jordens. Den sideriske omløpstiden rundt solen er 686,98 døgn. Avstanden fra solen i perihel (nærmest) er 206,6 mill. km. og i aphel (største) 254,3 mill. km. Fra jorden kan den være fra 56 - 402 mill. km. fra oss.

Når vi ser Mars fra jorden så ÷er den rødlig ut. Dette kommer av at overflaten inneholder jernholdige bestanddeler som er rett og slett rustet.

På Mars finner vi den største vulkanen i solsystemet, Olympus Mons, som ved foten har en diameter på 600 km. mens toppen strekker seg hele 25000 m. over landskapet omkring.

Atmosfæretrykket på Mars er bare 0.0065 kg/cm³. Atmosfæren inneholder for det meste CO₂ og noe av O₂, H₂= og CO.

Det som karakteriserer Mars er den nordlige islagte polkalotten som varierer med årstidene.

Når Mars er i perihel (nærmest solen) har den sørlige halvkulen sommer, og når den er i aphel har den nordlige halvkulen sommer. Dette gjør at Mars nesten ikke har noen isbelagt sørpolkalott.

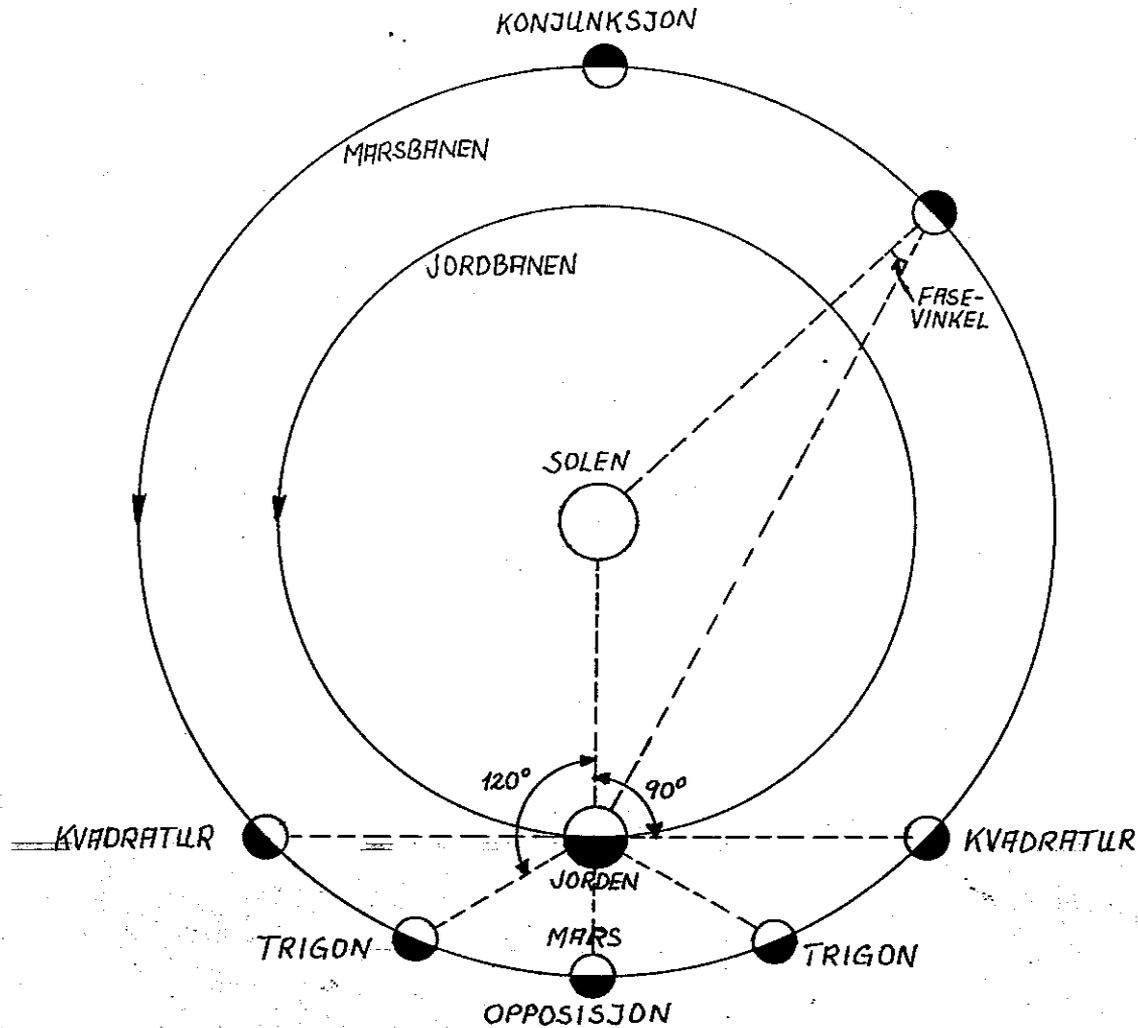
Mars har to måner: Phobos og Deimos.

I slutten av 1976 landsatte amerikanerene Vikingsondene 1 og 2. Målingene fra disse tyder på at polkalottene har permanente lag av isvann som i venterhalvåret er dekket at et tynt lag med frossen karbondioksyd (tørris) som øker om høsten og minker om våren.

II 7.2. TABELL OVER MARSMÅNENE.

	PHOBOS	DEIMOS
Størrelse i km	20 x 23 x 28	10 x 12 x 16
Middelavstand fra Mars i km	9380	23500
Banehelning til Mars'ekvator	1°	2°
Banens eksentrisitet	0,018	0,002
Siderisk omløpstid	7t.39m.13,82s.	30t.17m.54,9s.
Lysstyrke ved opposisjon	11,5	12,6

II 7.3. OPPOSISJON, KONJUNKSJON, KVADRATUR, TRIGON OG FASE-
VINKEL.



Av denne figuren ser en Mars' bestemte posisjoner i forhold til jorden og solen. Disse har fått navn som OPPOSISJON; Jorden er da imellom solen og Mars. KONJUNKSJON; Da er Mars på den andre siden av solen i forhold til jorden. KVADRATUR; Vinkelen mellom Mars og Solen er da 90° i forhold til jorden. TRIGON; Vinkelen er da 120° .

Denne figuren gjelder for samtlige planeter som er utenfor jordens bane.

FASEVINKEL - er den vinkel som er mellom solen og jorden i forhold til planetene.

II 8 JUPITER

I n n h o l d

- II 8.1. Beskrivelse av Jupiter
- II 8.2. Jupiters belte- og soneinndeling
- II 8.3. Jupiters ring
- II 8.4. Jupiters måner
- II 8.5. Tabell over Jupiters måner

II 8.1. BESKRIVELSE AV JUPITER

Jupiter som er den største planeten i solsystemet er den femte i rekken fra solen. Det er en stor gassplanet hvor egenvekten er bare 1,32 kg/dm³. Diameteren ved ekvator er 142 800 km. eller 11,2 ganger større enn jordens, mens diameteren ved polene er 133 500 km., dvs. 9300 km. kortere, som igjen vil si ca. 1,4 jordradier. Massen er så mye som 317,9 ganger større enn jorden.

Jupiters middellavstand fra solen er 778,3 millioner km., i perihel 740 mill. km., og i aphel 817 mill. km. Den minste avstand som kan forekomme mellom Jorden og Jupiter er 591 mill. km. og den største 967 mill. km. Den sideriske omløpstid (et omløp rundt solen sett i forhold til stjernene) er 11,86 jordår, og den synodiske omløpstid (et omløp rundt solen sett i forhold til jorden) er 1,0924 jordår eller 399 døgn.

Atmosfæren til Jupiter består for det meste av ammoniakk (NH₃) og metan (CH₄). Molekylært hydrogen (H₂) har man også påvist ved spektralanalyse. Helium (He) finnes også. Siden temperaturen i atmosfæren er ca. + 140 °C vil dette grunnstoffet ikke kunne registreres fra jorden. Det ble påvist ved observasjoner fra Pioneer 10 på bølgelengde 584 Å.

Man antar at helium forekommer i samme ~~prosent~~forhold som på solen.

Rotasjonstiden på Jupiter varierer slik at en må bruke to system. En har funnet ut at ekvatorsonen som er 10° N og S danner SYSTEM I og resten av planeten SYSTEM II. Standard rotasjonstid er bestemt slik:

SYSTEM I: 9t 50m 30,003 s = 9,8416675 t.

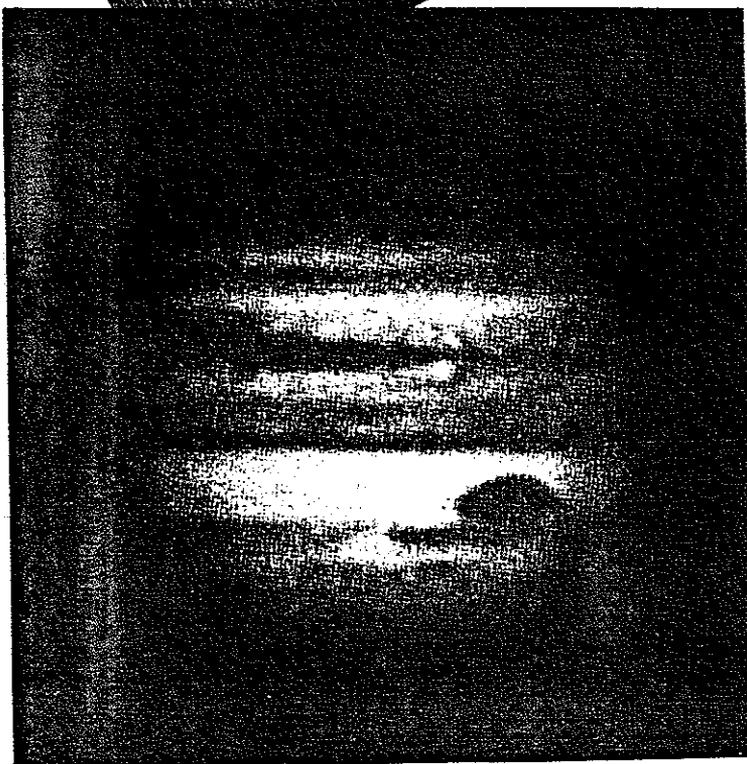
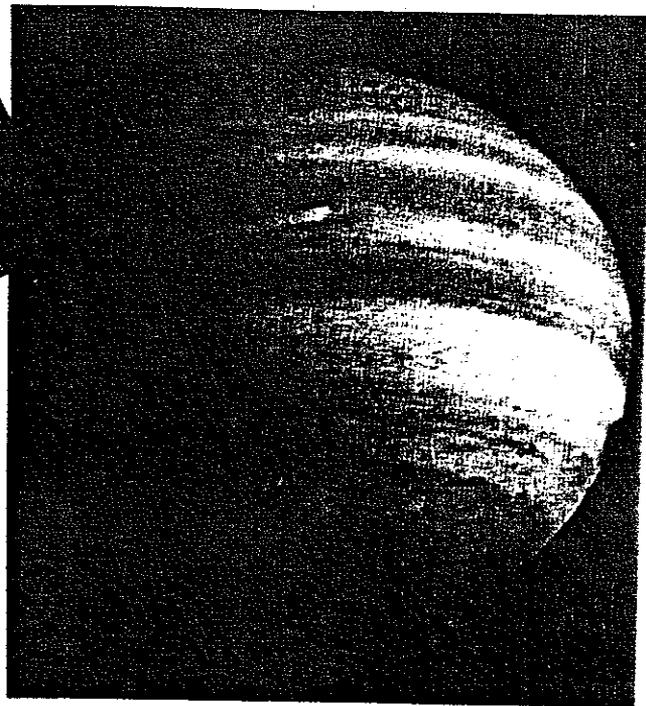
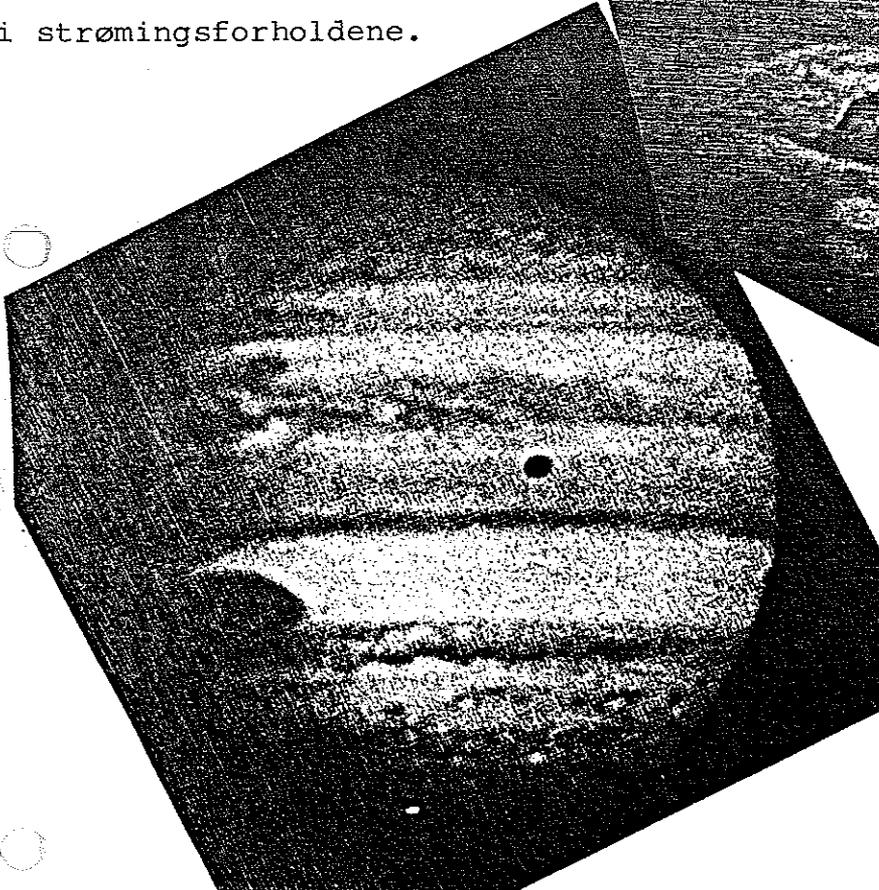
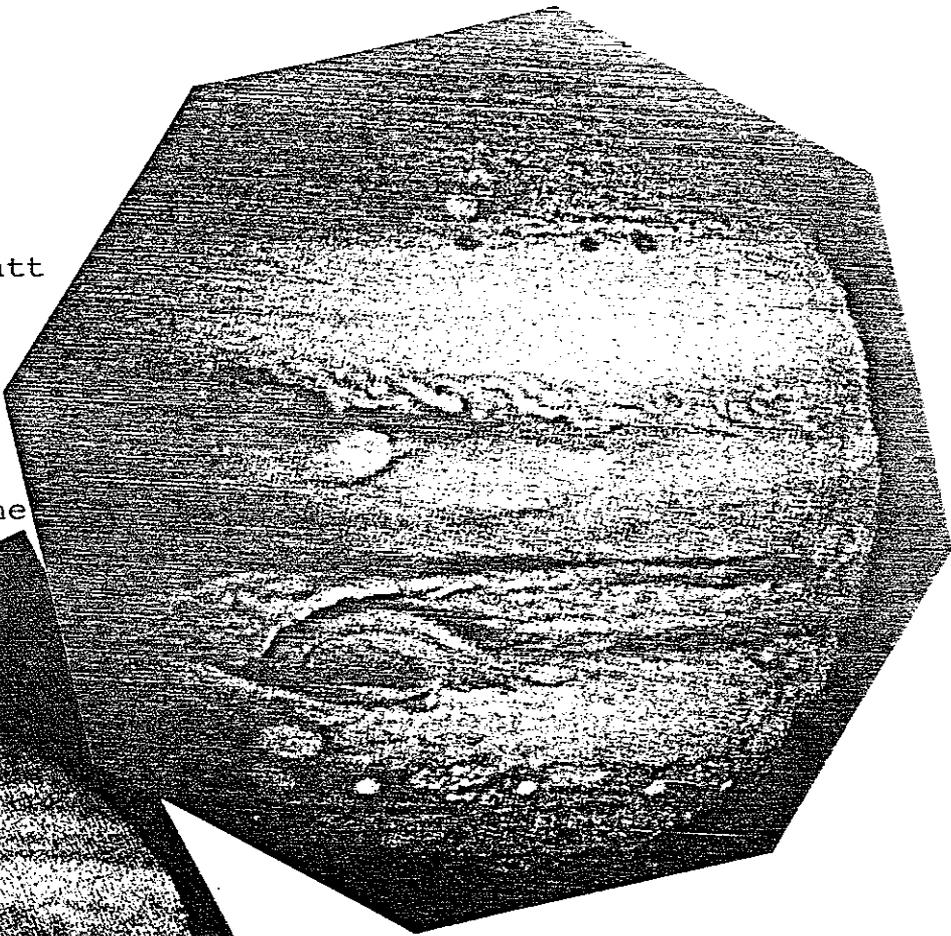
SYSTEM II: 9t 55m 40,062 s = 9,9277950 t.

Jupiters store røde flekk er en eneste stor virvelsky. Flateinnholdet av den er noe større enn jordens flateinnhold. Når den var på sitt største i 1880-årene målte den 38500 x 13800 km. Fargen av den varierer med årene, fra helt lyserød til dypt mørkerød. Fotografier tyder på at den går mot urviseren og kommer opp nedenfra. Den har en lavere temperatur enn omgivelsene og det er mindre gass over den.

II 8.1.1. FOTO AV JUPITER

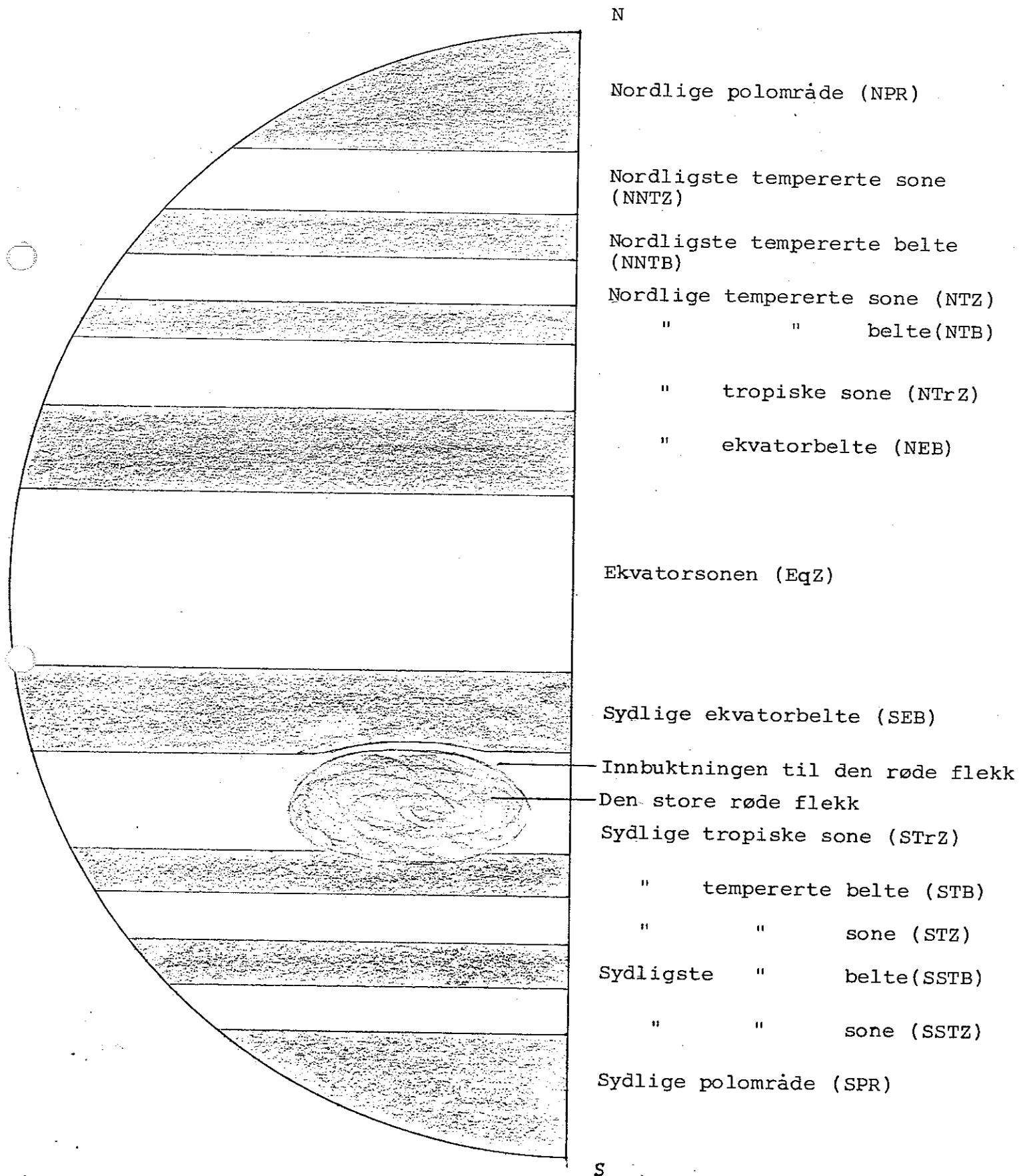
Disse bildene av Jupiter er tatt av henholdsvis 1: Voyager, 2: Pioneer 10, 3: Pioneer 11 og 4: International Planetary Patrol USA.

Her kan en lett se variasjonene i strømningsforholdene.



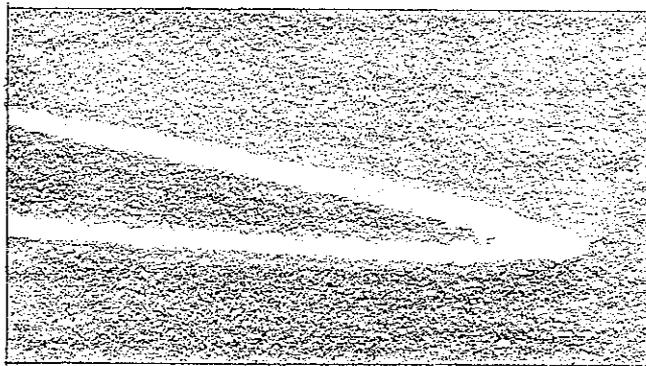
På bilde nr. 2 ser en skyggen av Io midt på bildet. Det 3. bilde er tatt sør for ekvatorplanet. Den røde flekken skimtes helt til høyre. Det 4. bilde er tatt fra jorden, og er et av de beste fortografier.

II 8.2. JUPITERS BELTE- OG SONEINNDELING



II 8.3. JUPITERS RING

Da Voyager 1 passerte Jupiters ekvatorplan ble det helt uventet oppdaget at også Jupiter har en ring av små partikler rundt seg. Senere tok også Voyager 2 bilder av ringen i motlys. Den er ca. 6 500 km. bred og er nesten en Jupiterdiameter fra overflaten.



Tegning : Terje Holte

II 8.4. JUPITERS MÅNER

Når det gjelder månene til Jupiter, så er det oppdaget 14 stykker av dem. (Den siste har vi ennå ikke fått data på, men den befinner seg som nr. 6 i rekken av måner fra Jupiter).

Den innerste månen, Amalthea, befinner seg rett utenfor den kritiske avstand (174216 km) hvor tidevannskreftene fra Jupiter vil kunne bryte en kompakt måne i stykker.

De fire neste månene: Io, Europa, Ganymede og Callisto har fått fellesbetegnelsen de GALILEISKE MÅNER, fordi det var Galileo Galilei som oppdaget dem, trodde man. Men det var Simon Marius som oppdaget dem og satte navn på dem. Hadde det ikke vært for at de befinner seg nær den lyssterke Jupiter, kunne vi sett dem med det blotte øye. Den største av månene, Ganymedes, er større enn Merkur, mens Callisto er nesten like stor. Io er større enn vår måne og Europa er bare litt mindre.

Io er en gul-brun måne med 8 aktive vulkaner. Materialet fra disse vulkanene består av forskjellige svovel- og natriumforbindelser som gjør at den får denne fargen. Fra en av vulkanene har en klart å fotografere en paraplyformet vulkansk sky som stiger nesten 300 km. til værs.

Europa ser ut til å ha den glatteste overflaten av alle objekt i solsystemet. Forklaringen på dette er kanskje et 100 km. tykt lag av vannis som dekker en kjerne av grunnfjell. Tidligere var trolig Europa mye varmere og helt omgitt av hav. Dette har siden frøset til is og gitt dens nåværende lyshet og glatte overflate. Stripper på overflaten som går på kryss og tvers tror en kan være sprekker i isen på 20 - 40 kilometers bredde.

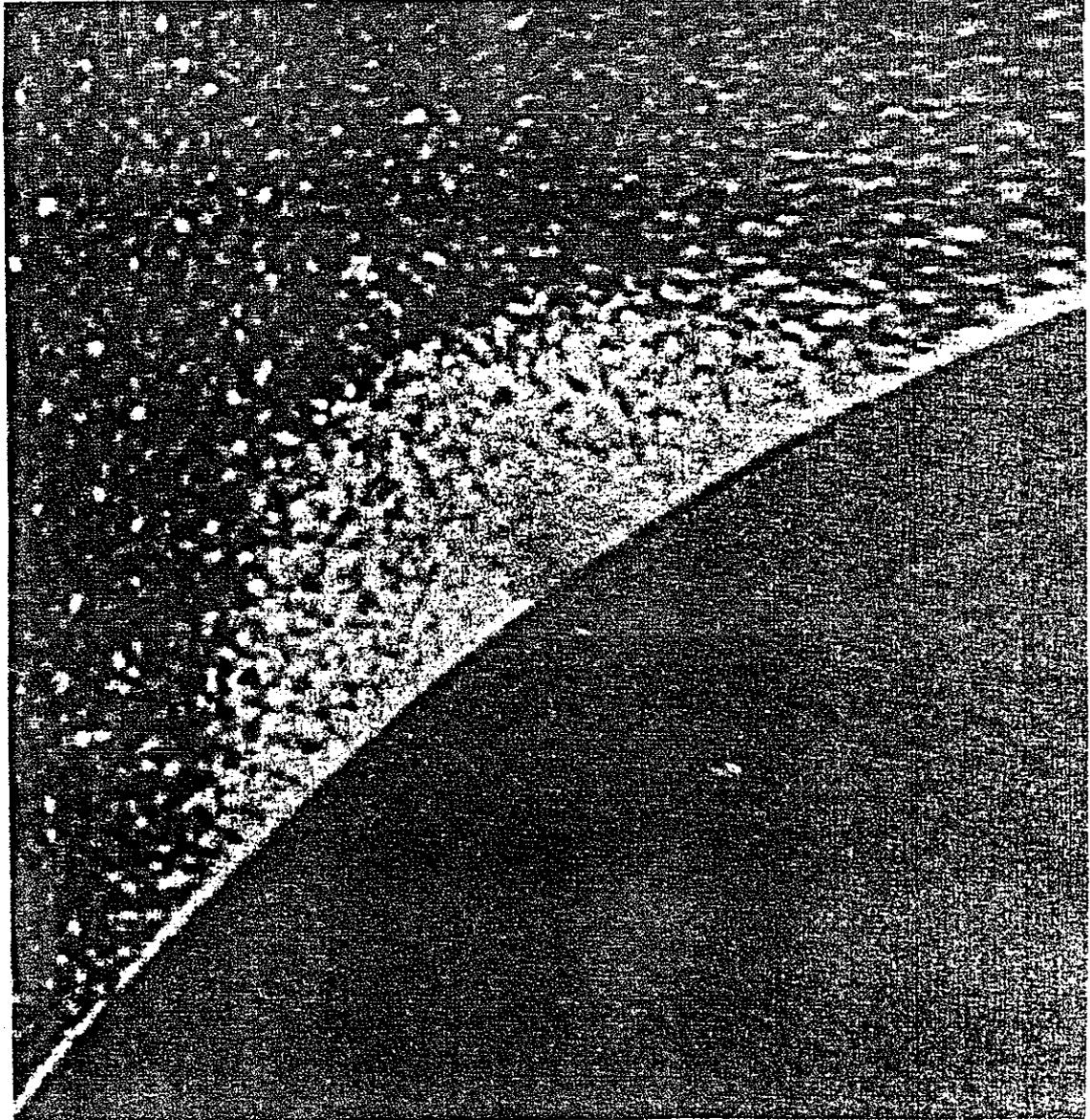
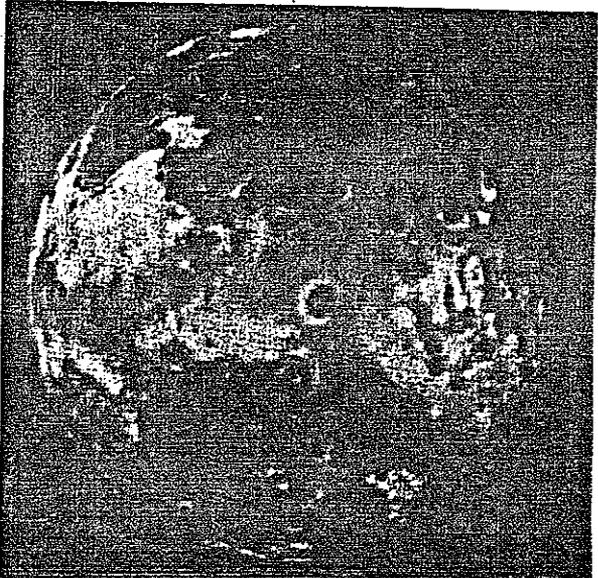
Ganymedes har en mørk overflate med lyse kratere og lange parallelle furer som kanskje skyldes forkastninger. Denne har kanskje et enda tykkere islag, siden egenvekten er over 1,2 kg/dm³ lettere enn Europa.

Callisto er også en mørk måne. Denne er helt oversådd med meteorittkratere. Noen kratere er lyse. Dette kan skyldes relativt ferske meteorittnedslag som har avdekket den støvete isen. Callisto har allerede fått navn på sine kratere. Det er navn som er hentet fra den norrøne mytologi som VALHALLA, EGDIR OG SIGYN, og der er eskimonavn som TORNASUK og ADLINDA.

De ni ytterste månene vet vi svært lite om p.g.a. at de er så små. De fire ytterste har retrograd bevegelse.

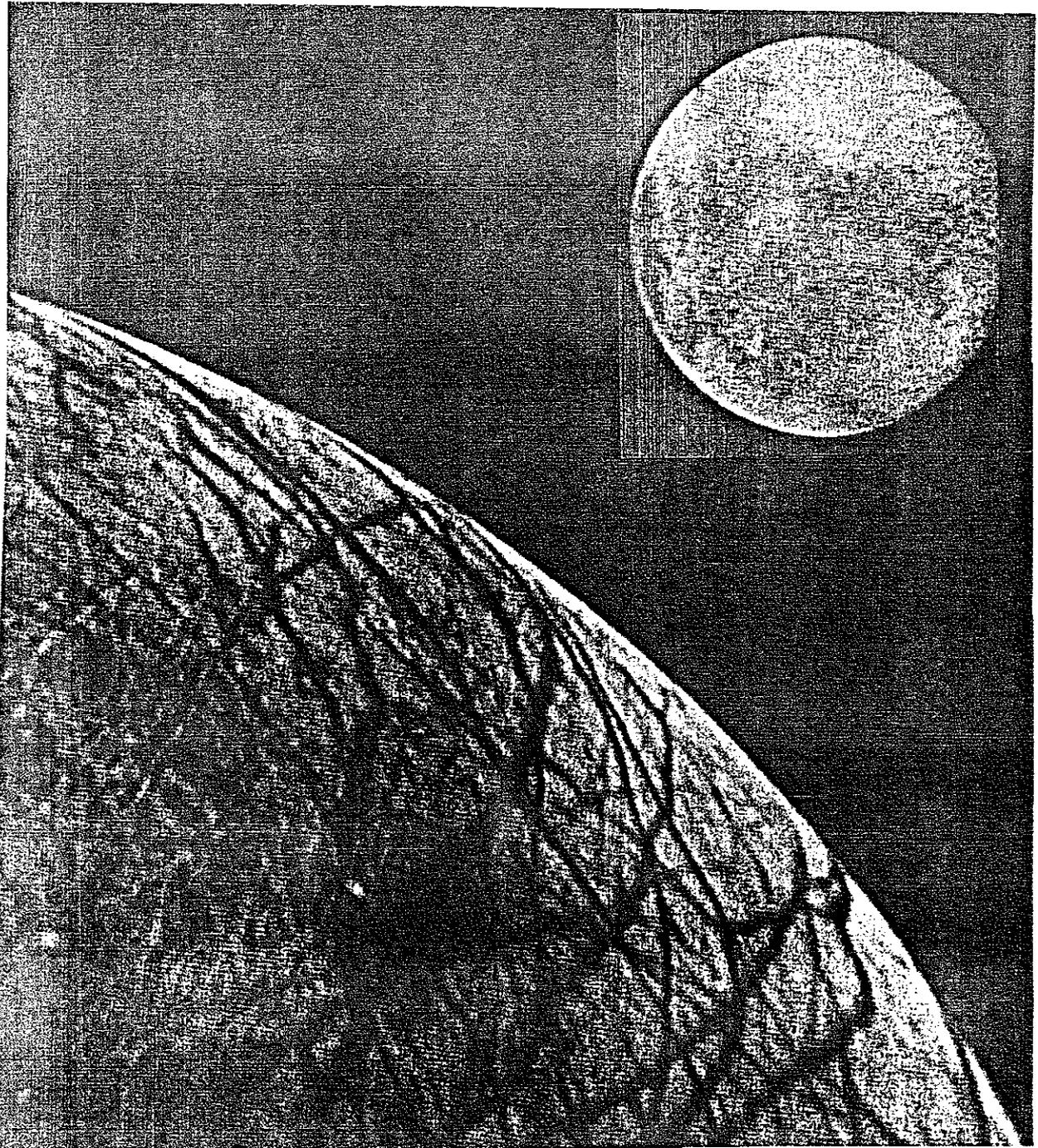
II 8.4.1. FOTO AV IO

Til høyre er hele Io fotografert.
I sentrum kan en se en av vulkanene.
Under har Voyager 1 fanget inn en
aktiv vulkan som har en sky på
nesten 300 kilometers høyde over
horisonten.

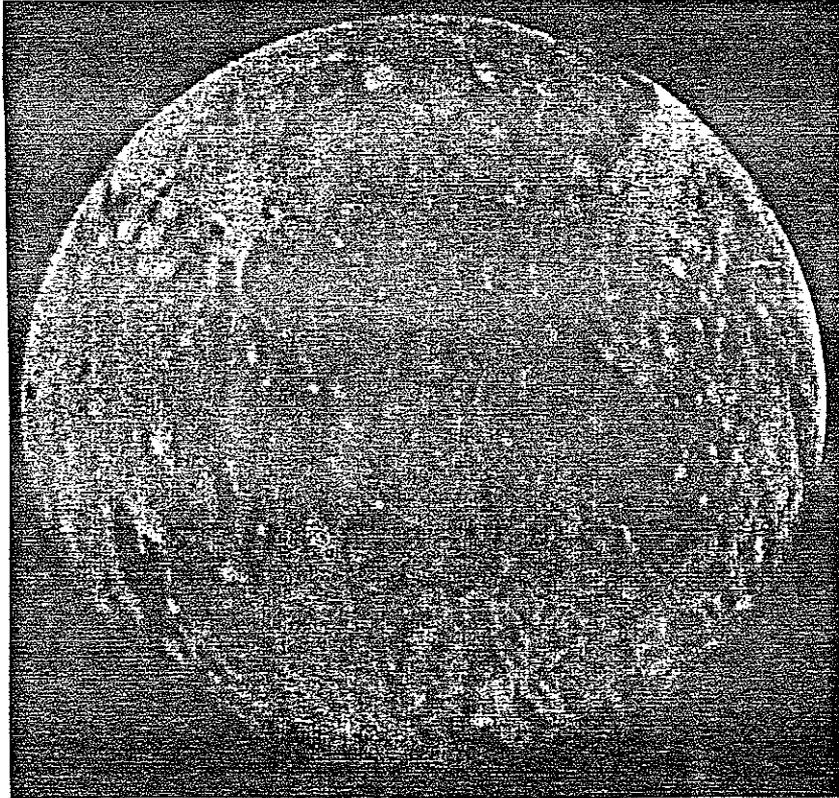


II 8.4.2. FOTO AV EUROPA

Øverst til høyre ser vi Europa med sin lyse og jevne overflate. Under viser Europa seg som en "sprukken" måne. Disse stripene som går på kryss og tvers er 20 - 40 km. brede.



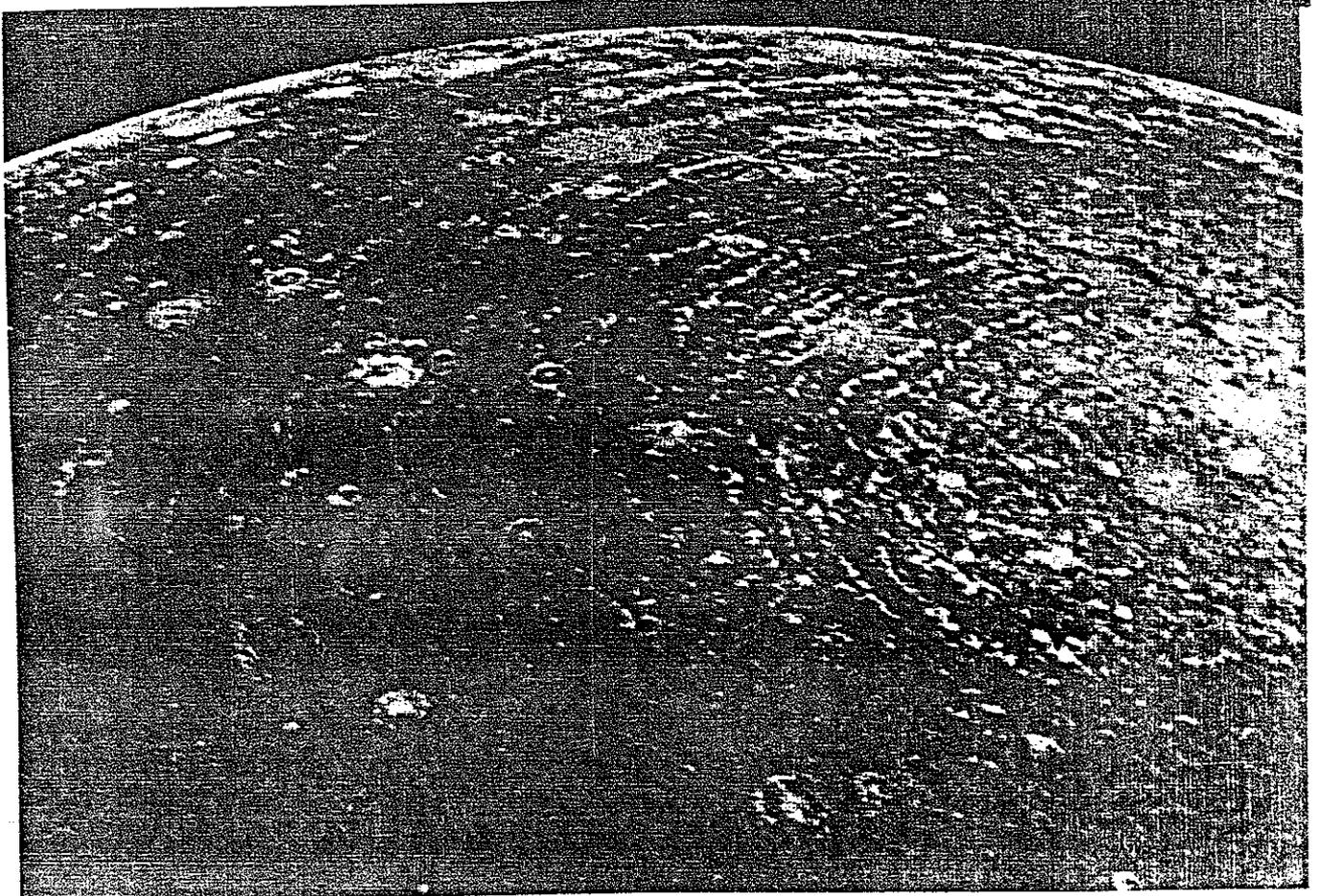
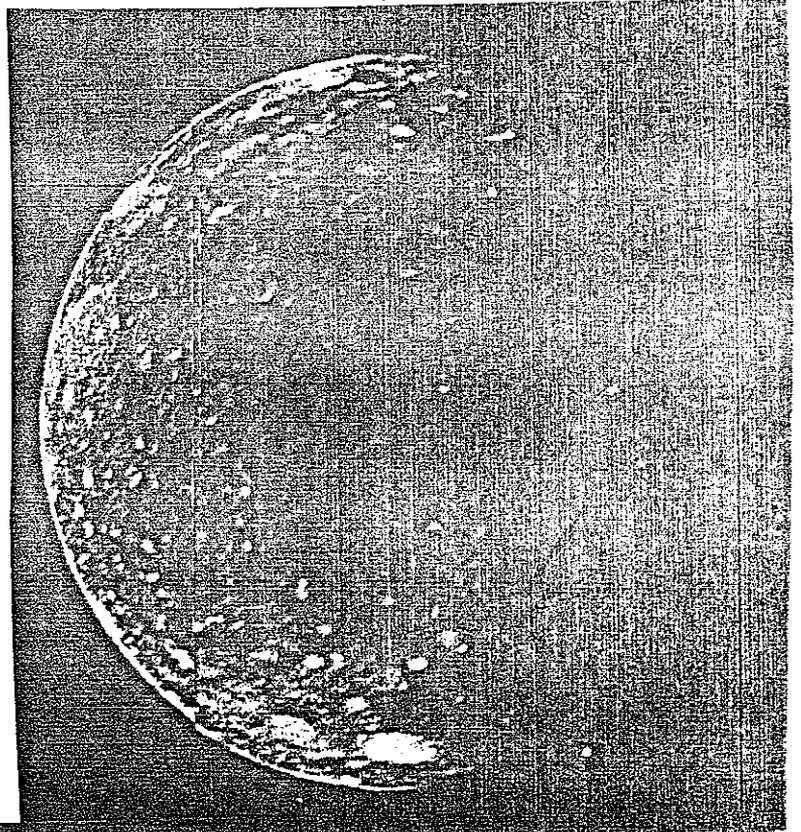
II 8.4.3. FOTO AV GANYMEDES



Her ser vi Ganymedes med sine kratere og ellers sin mørke overflate. Denne månen er den største av Jupiters måner.

II 8.4.4. FOTO AV CALLISTO

Callisto er en måne med en mengde av mørke og lyse kraterer. De lyse kraterne kan være ekstra kraftige meteorittnedslag, i den ellers så støvete isoverflaten, som gjør at det blir slike "isroser".



II 8.5. TABELL OVER JUPITERS MÅNER

Måne	Oppdag- elsesår	Middelavst. fra Jupiter 1000 km.	Siderisk omløpstid døgn t.	min.	Banens helning i °	Banens eksentri- sitet	Diameter i km.	lys- styrke (middel)	Tetthet kg/dm ³ (middel)	Tyngde- kraft jordens	Unnslipr- hastighe- den km/s.
V Amaltea	1892	181	10	02,2	0,455	0,003	130x170	13			
I Io	1610	422	1	18	27,6	0,027	3636	4,9	3,54	0,183	2,56
II Europa	1610	671	3	13	13,7	0,468	3060	5,3	3,23	0,149	2,09
III Ganymede	1610	1070	7	03	42,6	0,183	5220	4,6	2,0	0,146	2,75
IV Callisto	1610	1883	16	16	32,2	0,253	4890	5,6	1,74	0,116	2,38
XIV											
XIII Leda	1974	11110	239		27		6	21			
VI Himalia	1904	11476	250	13	35	0,158	100	14,2			
X Lysithea	1938	11700	259	05	17	0,12	16	18,8			
VII Elara	1905	11737	259	15	36	0,207	24	17			
XII Ananke	1951	21200	630		147	0,169	16	18,7			
XI Carme	1938	22600	692		163	0,207	18	18,6			
VIII Pasiphae	1908	23500	739		147	0,40	20	18			
IX Sinope	1914	23600	758		156	0,275	18	18,6			

= 1

II 9 SATURN

I n n h o l d

- II 9.1. Beskrivelse av Saturn
- II 9.2. Saturns ringsystem
- II 9.3. Tabell over Saturns måner
- II 9.4. Saturn sett fra jorden i bane rundt solen.

II 9.1. BESKRIVELSE AV SATURN

Den mest fasinerende planet i solsystemet er utvilsomt Saturn med sitt ringsystem. Den er nr. 6 i rekken av planeter, og er den nest største. Saturn er også en stor gassplanet slik som Jupiter. Det er den letteste av alle planetene med en egenvekt på kun 0,705 kg/dm³. Dette er mindre enn egenvekten på vann. Den består for det meste av hydrogen og helium. Ammoniakk og metan finnes nok også, men er ikke påvist ved spektralanalyse. Massen til Saturn er 95,147 jordmasser.

Ekvatordiameteren er 119 300 km. og poldiameteren er 11% kortere, slik at Saturn er også den mest flattrykte av samtlige planeter.

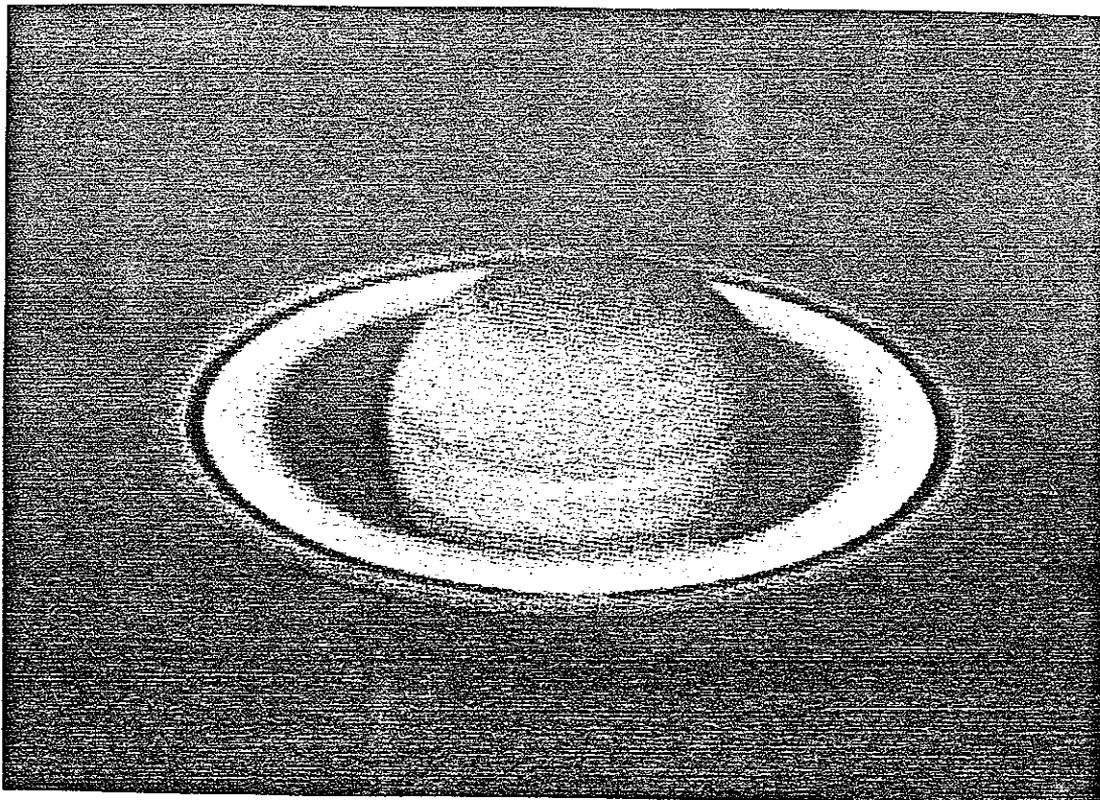
Saturn har på samme måte som Jupiter et system av mørke belter og lyse soner. For å måle rotasjonstiden på Saturn er den beste metoden å bruke Dopplerforskyvningen tvers over planet-skiven. Ca. rotasjonstid er:

Ved breddegrad	0°	10 t	02 m
"	"	27°	10t 38 m
"	"	42°	10t 50 m
"	"	57°	11t 8 m

Den sideriske omløpstiden er 29,46 jordår, og den synodiske omløpstiden er 1,03515 jordår. Saturn har 11 måner. Den siste ble oppdaget i 1978, og er den innerste måne.

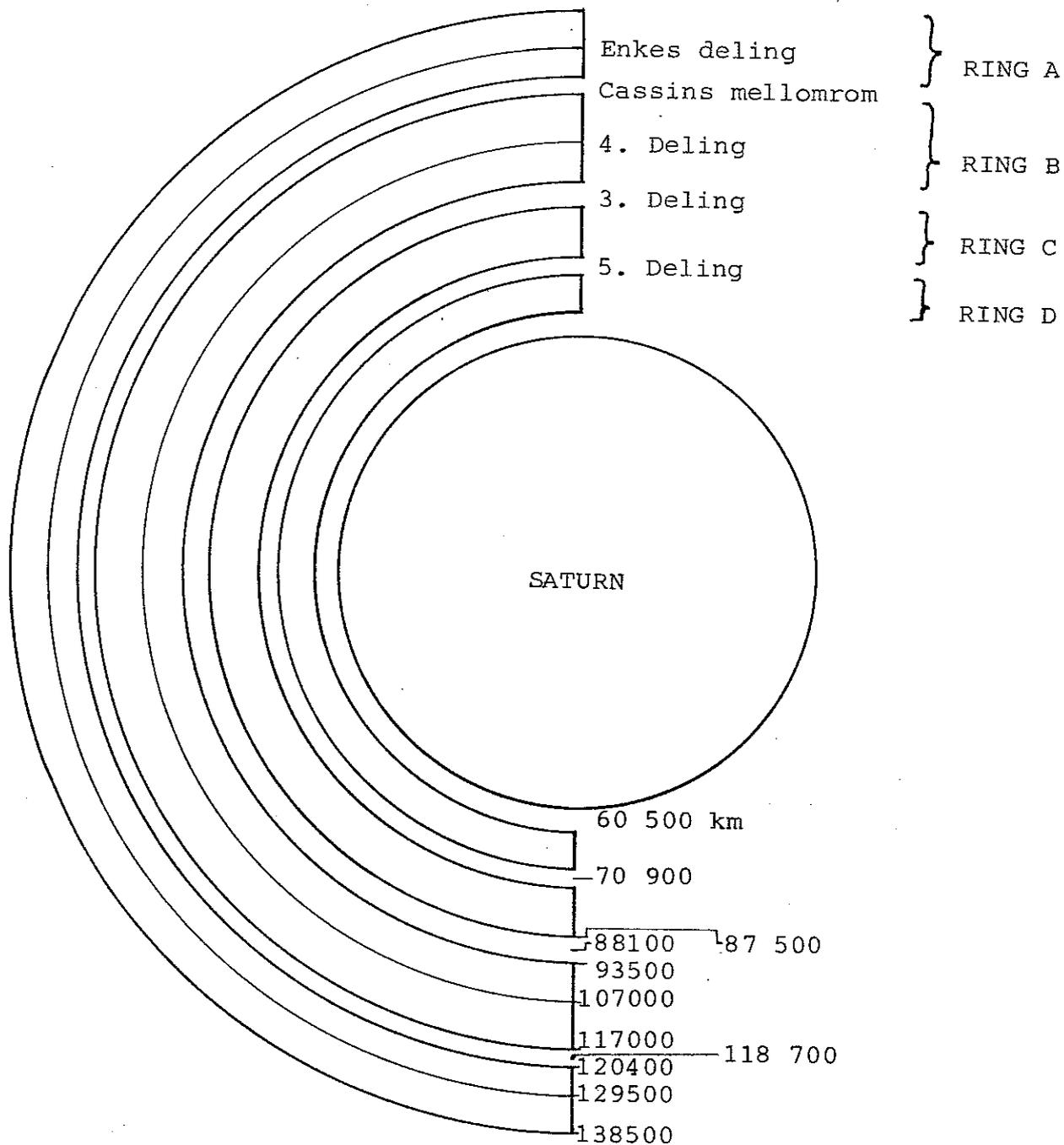
Den 1. september 1979 passerte Pioneer 11 Saturn i en avstand av 28 800 km. utforbi den ytterste ringen A. De ville ikke la den gå gjennom ringene p.g.a. risikoen for kollisjon og dermed ikke å få de nødvendige data til neste satelitt Voyager 2 i 1981.

II 9.1.1. FOTO AV SATURN



Dette fotografiet er tatt ved International Planetary Patrol,
USA, og viser tydelig skyggen av Saturn på ringen oppe til høyre.

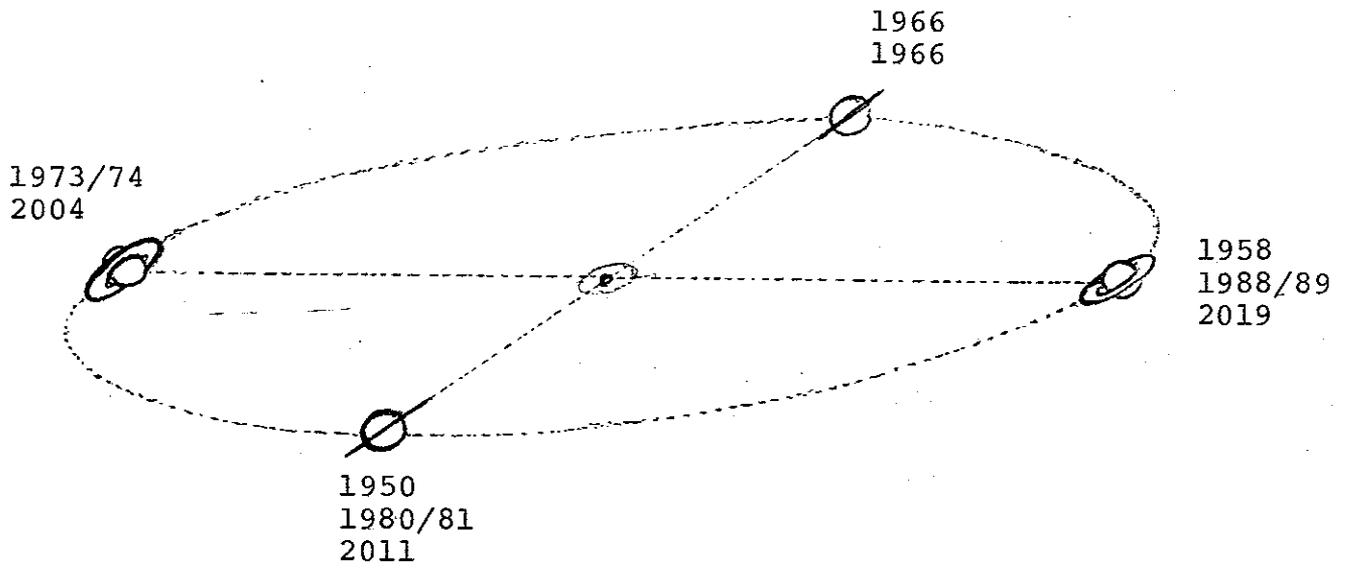
II 9.2. SATURNS RINGSYSTEM



II 9.3. TABELL OVER SATURNS MÅNER.

Måne	Oppdag- elsesår	Middelavst. fra Saturn (i 1000 km)	Siderisk omløpstid døgn t.	m.	s.	Banens helning i °	Bane- eksen- trisitet	Diam. i km.	Lys- styrke	Tetthet kg/dm ³
XI	1978	~152								
X	Janus	159	17	58	33,6	0	0	300	14	
I	Mimas	186	22	37	05,26	1,517	0,020	400	12,2	
II	Enceladus	238	08	53	06,84	0,023	0,004	600	11,8	
III	Tethys	295	1	18	26,09	1,093	0,000	1000	10,5	1,2
IV	Dione	377	2	41	09,54	0,023	0,002	800	10,6	4,3
V	Rhea	527	4	01	12,26	0,35	0,001	1600	9,9	
VI	Titah	1222	15	41	26,79	0,33	0,029	5800	8,3	1,4
VII	Hyperion	1483	21	38	23,16	0,28- 0,93	0,104	440	14	
VIII	Iapetus	3560	79	56	24,58	15	0,028	1600	10,7	
IX	Phoebe	12950	550	55	12	150	0,163	240	15	

II 9.4. SATURN SETT FRA JORDEN I BANE RUNDT SOLEN



II 10 URANUS

I n n h o l d

II 10.1 Beskrivelse av Uranus

II -10.2-Tabell over Uranus' måner

II 10.1 BESKRIVELSE AV URANUS.

Uranus er den syvende planeten fra solen. Den sideriske omløpstid er 84 år og 4 dager. Banens helning i forhold til ekliptikken er $0^{\circ}46'23,2''$, som er den minste av alle planetene. Baneeksentrisiteten er 0,0472. Polaksen, N-S, har en vinkel til ekliptikken på $97,5^{\circ}$. Dvs.: når sola forsvinner bak horisonten på Sørpolen, tar det nesten 40 år før samme stedet får se sola igjen.

Uranus roterer rundt sin akse på 10 t. og 49 min. Middelavstanden til solen er 2869,594 mill. km. (19,18 astronomiske enheter)

Siden Uranus er så langt ifra oss, er det vanskelig å observere overflatedetaljer. I atmosfæren er det blitt påvist molykylært (H_2) hydrogen og metan (CH_4) . Ingen andre molekyler er blitt observert. Men man gjør regning med at både ammoniakk og helium finnes på samme måte som på Jupiter og Saturn. Dette på grunn av dens egenvekt som er på $1,21 \text{ kg/dm}^3$. Overflatetemperaturen er helt nede i 216°C (57°K). Lysstyrken varierer fra +5,5 ved opposisjon og til + 6,1 ved konjunksjon.

Den 10. mars 1977 ble det bevist at også Uranus har ringer rundt seg, på samme måte som Saturn har. Denne datoen okkulterte en 9.-magnitudo-stjerne, SAO 158687, slik at man kunne fotografere hele forløpet.

Det ble funnet 5 smale ringer ^(i 1977) der den ytterste var den bredeste.

Avstandene fra overflaten regnet fra den innerste til den ytterste er ca:

		BREDE
1.	19000 km	1000m
2.	20000 "	"
3.	22000 "	"
4.	22700 "	"
5.	26200 "	1900m

II 10.2. TABELL OVER URANUS' MÅNER.

Måne	Oppdagelses- år	Middel- avst. i km	Siderisk omløpstid d.t.m.	Banens helning i °	Bane- eksen- trisitet	Dia- meter (km)	Lys- styrke
V Miranda	1948	130000	1 09 56	0	0	300	16,8
I Ariel	1851	191800	2 12 29,4	0	0,003	700	14,3
II Umbriel	1851	267200	4 03 27,6	0	0,004	600	15,1
III Titania	1787	438400	8 16 56,5	0	0,002	1000	13,9
IV Oberon	1787	586200	13 11 07,1	0	0,001	900	14,1

II 11. NEPTUN

I n n h o l d

- II 11.1 Beskrivelse av Neptun
- II 11.2 Tabell over Neptuns måner.

II. 11.1. BESKRIVELSE AV NEPTUN

Neptun er den åttende og nest ytterste planeten i vårt solsystem. Den har en avstand fra solen med 30,0578 astronomiske enheter, eller 4496,664 mill. km. Banens eksentrisitet er på bare 0,009. Det er bare Venus med sine 0,007 som er nærmere en sirkelrund bane. Helningen på baneplanet er $1^{\circ}46'22,8''$. Et Siderisk omløp rundt solen tar 60190 døgn, eller 164 år, 9 mnd., 15 dgr. Rotasjonstiden er 15 t. 48 min. Nord-Sør-aksen har en helning på $28,8^{\circ}$ i forhold til baneplanet.

Neptun ser ut til å inneholde de samme grunnstoffene som på Uranus, med metan og molekylert hydrogen. Den blå-grønne overflaten på disse planetene skyldes metanen i atmosfæren.

Den 10 februar 1980 vil det bli foretatt en undersøkelse av og bekreftelse på om også Neptun har ringer rundt seg. Denne dato vil en stjerne på fotografisk mag. 12,1 passere bare 1,2 buesekunder syd for Neptun's senter.

Magnituden til Neptun er +7,8, og lysrefleksjonen er så høy som 84%.

II 11.2. TABELL OVER NEPTUNS MÅNER.

Måne	Oppd. år	Midd.avst. i km.	Sider. omløpstid d.t.m.	Bane, helning i °	Bane- eksent.	Diam. i km.	Lys- styrke
I Triton	1846	355000	5 21 02,2	159,9	0,00	3800	13,6
II Nereid	1949	5562000	359 21 07,2	27,7	0,75	240	19,1

Triton har retrograd bevegelse om Neptun.

Nereid har en svært elliptisk bane. Minste avstand til Neptun er 1,5 mill. km., og største avstand er ca. 10 mill. km.

II 12 PLUTO

I n n h o l d

II 12.1. Beskrivelse av Pluto

II 12.2. Plutos måne, KARON

II 12.1. BESKRIVELSE AV PLUTO

Pluto er vår niende og ytterste planet. Det som skiller Pluto ut fra de andre planetene er den eksentriske banen som gjør at den kommer innenfor banen til Neptun på hver runde rundt solen. Eksentrisiteten er på hele 0,250236. Dessuten har Pluto den største banehelning med ekliptikken på $17^{\circ} 08'$.

Den sideriske omløpstiden er 90737 døgn, eller 248 år 5 mndr. 1 dag. Rotasjonstiden er beregnet til 6 døgn 9 timer og 17,856 min. (6,3874 døgn). Diameteren til Pluto er svært vanskelig å bestemme. På fotografier har en målt utstrekningen på ca. 0,25 buesekund som tilsvarer en diameter på 5860 km. Massen til Pluto er ca. 0,11 jordmasser. Siden Pluto er så liten og er så langt i fra solen (39,44 A.U. i gj.sn.) er temperaturen så lav som -230°C . Dermed går en ut i fra at Pluto har ingen atmosfære. Molekyler av vann, karbondioksyd og ammoniakk vil ligge frosset på overflaten ved denne temperaturen. De gasser som gjerne kan forekomme i atmosfæren er noen tyngre gasser som neon og argon. Den visuelle lysstyrke varierer noe, men er på ca. +14,9.

II 12.2 PLUTOS MÅNE, KARON

Karon, som ble oppdaget i juli 1978, har en bundet rotasjon til Pluto. Det ser også ut til at Karon har samme omløpstid som Pluto har rotasjonstid. D.v.s. at Karon står stille over Plutos overflate. Den har en avstand fra Pluto på nesten 20.000 km og diameteren er noe under 1000 km. Lysstyrken er så svak som +23 mag.

II 13 A S T E R O I D E N E

I n n h o l d

- II 13.1. Asteroidenes baner.
- II 13.2. Tabell over Apollo-asteroider.
- II 13.3. Tabell over noen aktuelle asteroider.
- II 13.4. Illustrasjon over noen asteroidebaner.
- II 13.5. Asteroidebeltet.
- II 13.6. Asteroidenes størrelse i forhold til månen.

II 13.1.1. ASTEROIDENES BANER.

Asteroidene, også kalt småplaneter eller planetoider, har sine baner mellom Mars og Jupiter.

Vi har nå 2 188 nummererte asteroider (desember 1979). Denne siste nummererte ble oppdaget av en russer i 1976. Videre har vi ca. 1 000 asteroider som ikke har fått noe nummer. Dette kommer av at en må bestemme deres baner først, og dette kan gå over lengre tid.

Noen av asteroidene har svært eksentriske baner, så som 1566 Ikaros med 0,827. Dette gjør at den kommer bare 0,186 A.E. fra sola i perihel, som er langt innefor Merkurs bane som er 0,387 A.E. I aphel er den 1,97 A.E. fra sola.

Den som har den største inklinasjonen av asteroidene er 944 Hidalgo med $42,5^{\circ}$. Denne har også en stor eksentrisitet som er på hele 0,66. Banen går rett utforbi Mars' og til rett innenfor Saturns bane.

Andre asteroider med stor eksentrisitet er: ADONIS, APOLLO og HERMES med h.h.v. 0,779, 0,566 og 0,475.

De asteroider som har en minsteavstand fra solen på mindre enn 1 A.E. kalles for Apollo-asteroider. Noen av disse er satt opp i tabell i neste kapittel.

I 1977 oppdaget C.T. Kowal et lyssvakt objekt som viste seg å være den fjerneste asteroiden (1977 UB) man kjenner til. Denne fikk navnet CHIRON. Den har en middelvstand på 13,6991 A.E. og omløpstiden er 50,68 år. Banens eksentrisitet er 0,3786, som vil si 8,51 A.E. i perihel og ca. 18 A.E. i aphel, som er nesten helt ut til Uranus.

Den vil være i perihel 13. februar 1996.

II 13.2. TABELL OVER APOLLO-ASTEROIDER.

Navn	A.E. i perihel	A.E. i aphel	Helning i ° mot eklipt
1566 Ikaros	0,19	2,0	23
1936 CA (Adonis)	0,44	3,3	1
1976 UA	0,46	1,2	6
1971 FA	0,56	2,4	22
1971 UA	0,58	1,6	16
1937 UB (Hermes)	0,62	2,7	6
1973 EA	0,62	2,9	40
1932 HA (Apollo)	0,65	2,3	6
1685 Toro	0,77	2,0	9
1976 AA	0,80	1,1	19
P-L 6743	0,82	2,4	7
1620 Geographos	0,83	1,7	13
1947 XC	0,83	3,7	1
1959 LM	0,83	1,9	3
1950 DA	0,84	2,5	12
1972 XA	0,87	2,9	41
1973 NA	0,88	3,7	67
1948 EA	0,89	3,6	18
P-L 6344	0,94	4,2	5

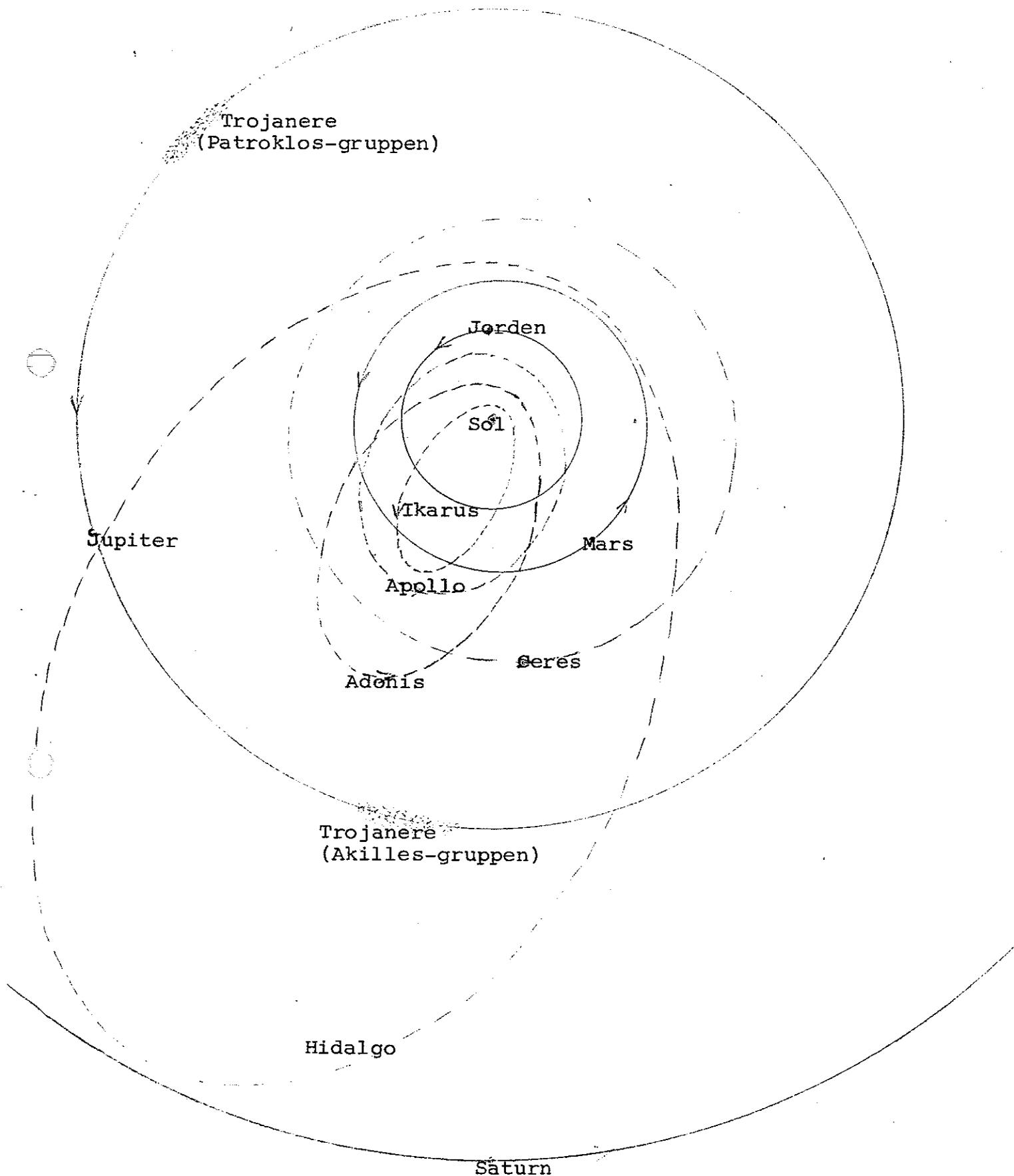
P-L betegner objekter som er funnet under Palomar-Leiden undersøkelsen. Opplysninger om disse objektene og om 1947 XC er usikre.

De to bokstavene etter årstallet angir når de blir funnet. F.eks.: 1.- 15. jan. får bokstavene AA, AB osv., de fra 16.- 31. jan. BA, BB, BC osv. På lignende måte er hele året delt opp, slik at 16.- 31. des. får bokstavene YA, YB osv. (Bokstaven J benyttes ikke)

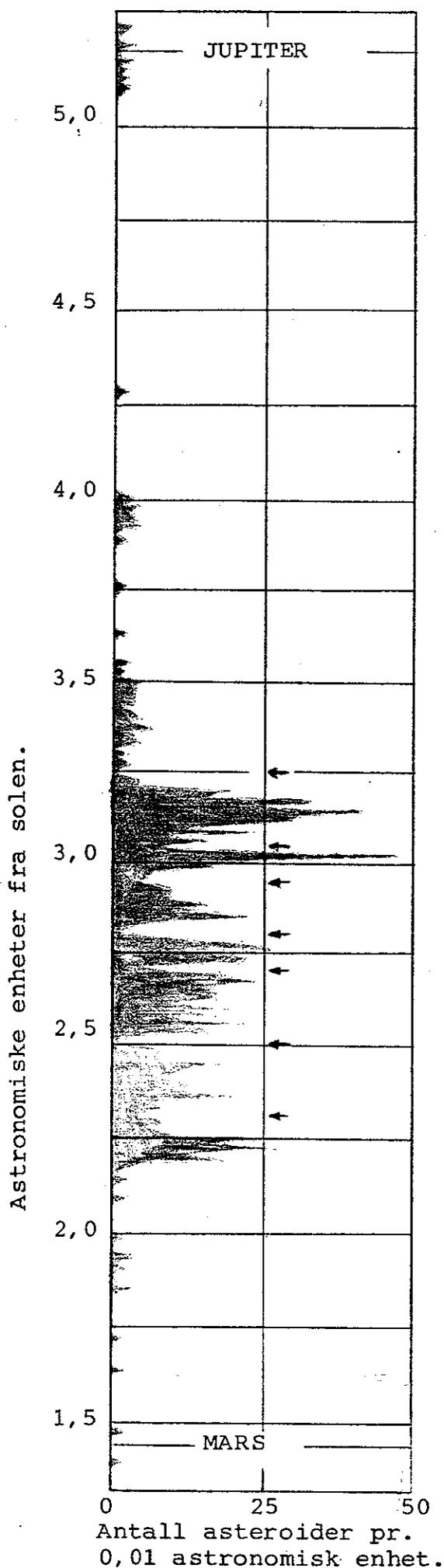
II 13.3. TABELL OVER NOEN AKTUELLE ASTEROIDER.

Navn	Diameter (km)	Rotasjonstid (t)	Omløpstid (år)	Midd.avst. fra sola (A.E.)	Baneeks. helning (grader)	Gj.sn. lysstyrke i A.E. fra sol og jord	Nærmest Jorden i A.E.
1 Ceres	1003	9,08	4,60	2,766	10,6	3,76	
2 Pallas	608	10,0	4,61	2,768	34,8	4,53	
2 Juno	247	7,22	4,36	2,668	13,0	5,69	
4 Vesta	538	10,68	3,63	2,362	7,1	3,55	
6 Hebe	201	7,28	3,78	2,426	14,8	6,06	
7 Iris	209	7,12	3,68	2,386	5,5	6,03	
10 Hygiea	450	18,0	5,59	3,151	3,8	5,80	
15 Eunomia	272	6,08	4,30	2,643	11,7	5,48	
16 Psyche	250	4,30	5,00	2,923	3,1	6,19	
51 Nemausa	151	7,78	3,64	2,366	9,9	7,98	
433 Eros	7x19x30	5,27	1,76	1,458	10,8	0,15	
511 Davida	323	5,17	5,67	3,190	15,7	6,63	
944 Hidalgo	26		13,95	5,794	42,5		
1221 Amor	5		2,66	1,919			0,115
1566 Ikaros	1	2,27	1,12	1,078	23,0	16,82	0,042
1580 Betulia	3		3,25	2,195			0,156
1620 Geographos	3	5,23	1,39	1,244	13,3	15,10	0,073
Apollo	1		1,81	1,486	6,4		0,0161
Hermes	0,6		1,46	1,290	4,7		0,0052
Adonis	0,3		2,76	1,969	1,5		0,0161

II 13.4. ILLUSTRASJON OVER NOEN ASTEROIDEBANER.

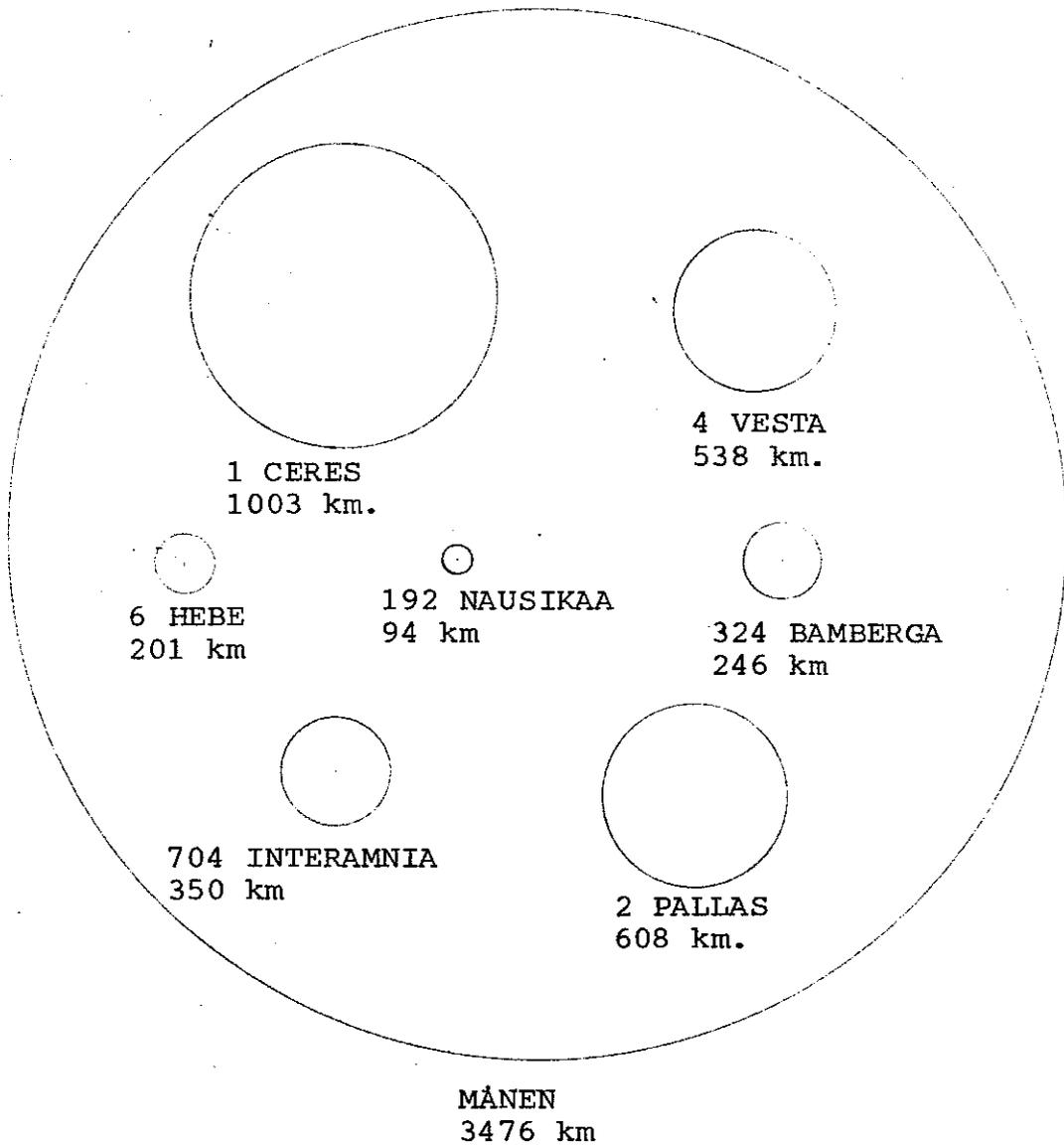


II 13.5. ASTEROIDEBELTET.



Asteroidbeltet (til venstre) starter med en ansamling av asteroider ved ca. 2,2 A.E. fra solen. De syv hovedmellomrommene (markert med piler) som er mellom 2,2 og 3,3 A.E. er kjent som Kirkwoods mellomrom. De asteroider som er inne i et av mellomrommene, vil passere Jupiter gjentatte ganger i noen få punkter i sin bane. De forstyrrelser Jupiter da forårsaker vil hurtig tvinge asteroiden inn i en annen bane. Dette skjer imidlertid ikke alltid, og det kan hende at en asteroide under spesielle omstendigheter blir låst fast i en bestemt bane. De viktigste av denne type asteroider er Trojaner-asteroidene. De har samme middellavstand og omløpstid rundt solen som Jupiter. Det finnes to Trojanergrupper, Akillesgruppen som er gjennomsnittlig 60° foran Jupiter og Patroklosgruppen som er 60° bak.

II 13.6. ASTEROIDENES STØRRELSE I FORHOLD TIL MÅNEN.



Kapittel III . 1 .

I N N H O L D

Astronomi og mytologi	III . 1 .	2
Planetenes mytologi	III . 1 .	4
Gudeverdenens begynnelse	III . 1 .	8
Stjernebilder	III . 1 .	12
Hvordan finne de forskjellige bilder .	III . 1 .	13
Stjernebilder og mytologi	III . 1 .	14
Hercules - Herakles	III . 1 .	14
Perseus	III . 1 .	26
Gemini - Tvillingene	III . 1 .	30
Orion	III . 1 .	33
Andre stjernebilder og mytologi	III . 1 .	34
Stjernebildene i Dyrekretsen	III . 1 .	34
Endel av de øvrige stjernebilder	III . 1 .	38
Stjernebilder på den sydlige himmel ..	III . 1 .	40

Astronomi og mytologi

(Stjernebilder og deres mytologi)

Hva er mytologi ? Ordet mytologi kommer av det greske : mythos - sagn , fortellinger , og logos - lære , viten . Med andre ord betyr ordet : læren om sagnene . Hvilke sagn er det så tale om ? Det vi nå kommer inn på er sagnene fra den greske og den romerske kulturen helt tilbake til oldtiden .

I den førvitenskapelige tiden måtte og villæ menneskene ha en forklaring på alt det som skjedde ute i naturen , og ikke minst gjalt dette alt som hadde med stjernehimmelen å gjøre , og forøvrig alle andre naturfenomener og andre hendinger som skjedde både på nattetider og på dagen , - hendinger og fenomener som det ellers var vanskelig å finne noen forklaring på .

De gresk-romerske sagn , fortrinnsvis de greske , er i alt vesentlig knyttet til vårt eget Solsystem med Solen og dets planeter , satellitter , planetoider og fremfor alt - , - stjernebildene . Når det gjelder de enkle stjerner , så forekommer det noen greske og latinske (romerske) navn , men her er det den arabiske kulturen som dominerer , og derfor er de aller fleste navn på stjernene selv nesten bare arabiske .

Den gresk-romerske mytologien hverken kan eller må oppfattes som de rene eventyr på linje med f.eks. Asbjørnsen og Moes eventyr eller H.C.Andersens eventyr ! Den har mye bredere grunnlag og røttene stikker dypt i landene rundt Middelhavet . I store trekk er den greske og den romerske mytologien temmelig paralelle eller analoge , - de relativt små

variasjoner som vi finner har sin naturlige forklaring i selve den geografiske beliggenheten til de to land .

Sentrum for hendingene i den greske mytologien ligger i Egeerhavet med Hellas i vest og Lilleasia i øst .

Sentrum for hendingene i den romerske mytologi ligger i Adriaterhavet med Italia i vest og Hellas i øst .

Imidlertid omfatter hele mytologiens verden et meget utstrakt område rundt hele Middelhavet , og endog lenger .

Den greskeromerske mytologi kan i høy grad sammen-liknes med den norrøne mytologi som forteller om Odin . Han er den øverste gud , så og si : Allfader . Ved sin side har han de andre guder som : Balder , Hod , Loke , Heimdall , Vidar , Tor , Tyr o.s.v. og gudinner som : Frigg , Frøya o.s.v.

Odin tilsvarende Zeus hos grekerne og Jupiter hos romerne . Frigg tilsvarende Hera hos grekerne og Juno hos romerne .

Den gresk-romerske mytologi som omfatter et utall av fortellinger som handler om de store guder , halvguder og helter , har satt dype spor etter seg i kulturen til landene omkring Middelhavet og har forøvrig hatt ganske stor påvirkning i de fleste land i vesten .

Sagnene og heltene finner vi igjen i så og si alle kunstarter , slik som i : malerkunsten , skulpturikk , musikk , opera , dans , billedvev , dikterkunst , poesi o.s.v.

På grunnlag av sagn i mytologien har arkeologer virkelig greidd å grave frem oldtidsbyer på det beskrevne sted .

Man bør derfor ta mytologien mer alvorlig enn det synes iførste omgang . Dessuten er mytologien fasinende lesestoff !

Planetenes mytologi

For at vi skal få en bedre oversikt over de fortellingene som knytter seg til stjernebildene , må vi først ta for oss planetenes mytologi .

Planetene har fått gudenes navn , og gudene holdt til på Olympos høyt hevet over menneskene , men dog nær jorden .

Det samme er tilfelle med planetene , de ligger like ved vår egen klode Tellus , mens stjernehimmelen ligger uendelig mye lenger ute i verdensrommet , Kosmos .

Solen (norsk) - Sol (rom./latin) - Helios (gresk)

Helios var sønn av titanene : Hyperion og Theia . Han var den som kjørte solvognen over himmelen fra øst til vest . Når natten fallt på reiste han tilbake i en stor gullbolle på verdenselven Oceanos . Her hvilte han til neste morgens ferd .

Merkur - Mercurius - Hermes

Merkur er den planeten som ligger nærmest Solen og således er det den som har størst banehastighet .

Han , Hermes , var sønn av Zeus og Maia (datter til Atlas) .

Hermes spillte sin halvbror Apollon et stort puss , og både Zeus og resten av gudene moret seg storveies over dette .

Fra da av gjorde de ham til gudenes sendebud . Han fikk en heroldstav og sandaler med vinger som kunne forflytte ham

uhyre raskt . Dødsguden Hades fikk se ham og ble imponert , og han gjorde Hermes til den som skulle bringe døde ned til dødsriket . Hermes var flink til å snakke for seg, og han var

meget nysgjerrig . Han undret seg ofte og meget over
stjernehimmelen , og slik oppsto astronomien .

Venus - Venus - Afrodite

Opprinnelig ville ikke Uranos ikke ha flere barn med Gaia ,
(moder jord) enn dem de hadde fått . Han hatet sine egne
barn , og noen hadde han kastet ned i underverdenen .
Gaia (moder jord) glemte aldri dette og ville ha hevn , og
hun ba sine barn om hjelp . Den eneste som hadde mot til
dette var Kronos . Han la seg ved sin fars seng og da Uranos
kom for å ligge med Gaia , grep Kronos om sigden og hogget
kjønnsorganene av ham . Disse slengte han ut i havet , og
opp av det blodige skummet steg det fram en vakker gudinne :
Afrodite (av afros - skum)

Jorden - Tellus - Geos

Moder Jord var det første som oppsto av den hvirvlende tom-
heten , Kaos . Hun het fra begynnelsen av : Gaia .

Månen - Luna - Selene

Hos grekerne var Månen enten , søster , hustru eller datter
til Solen , og ble derfor framstilt som kvinne .
I vitenskapen bruker man ofte navnet Selene for å skape
klare begrep som : selenografi (tilsv. geografi) , selenologi
(tilsv. geologi) . Geografi betyr : beskrivelse av Jorden (Geos)
Selenografi betyr : beskrivelse av Månen (Selene) .

Mars - Mars - Ares

Mars var krigsguden , og det syntes som om han likte krigen for krigens egen skyld . Han brydde seg lite om selve motivet eller grunnlaget for krigen.

Han var sønn av Jupiter og Juno (tilsvarer Zeus og Hera)
Han hadde også en egen evne til å rote seg opp i vansker ,
og til ofte å komme med i krigen på feil side .

Jupiter - Jupiter - Zeus

Jupiter eller Zeus var selve storguden og overhodet for alle de andre gudene . Han var sønn av titanene : Kronos og Rhea . Hans hustru het Juno eller Hera .

Jupiter selv var bare underkastet : Skjebnens Styrelse .

Saturn - Saturnus - Kronos

Saturn var opprinnelig en jordbruksgud i Italia , men ble senere identisk med Kronos - tiden .

Han var sønn av de to første : Uranos og Gaia (moder Jord)
Han var således far både til Zeus og Hera (Jupiter og Juno)

Uranus - Uranus - Uranos

Uranos var Himmelduden , gud for stjernehimmelen , "urtitanen" .

Han var det første avkommet til moder Jord , Gaia .

Gaia fikk først noen barn alene uten andres hjelp , men senere ga hun seg til Uranos og fikk med ham de tolv opprinnelige titaner. Det var seks sønner og seks døtre , det var titanene og titanidene . Det var bl. a. Kronos og Oceanos .

Neptun - Neptunus - Poseidon

Poseidon eller Neptun var sønn av Kronos og Rhea , og han var således bror til Zeus (Jupiter) og Hades (Pluto) . Poseidon var havets gud og regjerte i havet sammen med sin havgudinne Thetis , sin hustru Amfitrite og andre nereider . En sønn av Poseidon het Triton .

Pluto - Pluto → Hades

Hades var underverdenens og mørkets gud . Han var bror til Jupiter og Neptun . Navnet Hades ble brukt både om dødsguden selv og om selve stedet , underverdenen . Hades var det stedet alle ble sende når de døde . De ble ført dit av gudenes sendebud Hermes . Først etter at de var kommet dit ble deres videre skjebne avgjort . Det var tre stier å gå , alt etter hvilken dom man fikk .

Planetoidene

(Småplanetene)

Ceres , Småplanet nr. 1 , Ceres var kornhøstens gudinne . Hun var med andre ord jordbruksgudinne , og etter henne har vi ordet : cerealier - korn-sorter/produkter .

Pallas (Pallas Athene) , Småplanet nr.2 . Athene var datter til Zeus , og hun var visdommens gudinne . Hun ble ofte stilt på hard prøve , men greidde alltid å løse saken på fredelig vis .

Juno , Småplanet nr.3 Hun er den samme som Hera , Jupiters kone

Gudeverdenens begynnelse

Først besto Kaos , og Kaos betyr : den fullkomne uorden .
Det var bare et tomrom som var fylt av et hvirvlende intet .

Det hvirvlende intet må vi nærmest oppfatte som et verdensrom med bare kosmisk støv , og frem fra dette "hvirvlende intet" steg moder Jord , Gaia som hun heter .

Deretter oppsto underverdenen , Tartaros , som ligger under jordoverflaten . Etter dette fødte Gaia stjernehimmlen , Uranos som skulle dekke henne , og videre fødte hun noen trehodete giganter og den enøyete Cyclope (Rundøye) , noen andre giganter ble også satt til verden .

Uranos likte ikke disse monstrene , og han kastet dem ned i underverdenen . Dette glemte aldri Gaia , og hun ville ha hevn ,

Likevel ga hun seg hen til Uranos og fikk med ham tolv barn , og disse seks sønner og seks døtre var de første titaner og titanider .

Titanene:

Kronos
Oceanos
Hyperion
Japetos
Koios
Krios

Titanidene:

Rhea
Thetys
Theia
Themis
Febe , Foebe, Foibe
Mnemosyne

Som vi før har hørt så ville Gaia ha hevn over Uranos og hun vendte seg nå til titanene sine og ba om hjelp .

Den eneste som turde true sin egen far, var Kronos , og han fikk en sterk sigd av flint av Gaia , og om natten snek han seg inn til Uranos og tok livet av ham med sigden .

Etter dette ble Kronos leder for titanene , og han tok sin søster Rhea til hustru .

Imidlertid levde nå Kronos i frykt for å bli fordrevet eller drept av sine sønner dersom han fikk noen . Dette hadde nemlig Uranos spådd da han lå i sine siste krampetrekninger . Etterhvert som Rhea fikk barn , slukte Kronos dem , og han følte seg dermed på den sikre siden . Dette skjedde fem ganger , og selvfølgelig likte Rhea dette dårlig . Hun la derfor en plan for å beholde sitt barn da hun merket at hun for sjette gang skulle føde .

I all hemmelighet dro hun til fjellet Lykaion i Arkadia , og i en hule her ble Zeus født . Rhea lot ham være igjen her under tilsyn av tre nymfer : Adrasteia , Io , Amaltheia .

Vel tilbake igjen ga Rhea en stein innpakket som et barn til Kronos , og han slukte også denne i full tro på at dette var det sjette barnet . Og nå følte han seg trygg .

Zeus vokste opp og ble en stor og sterk kar, og omsider tok Rhea ham med til Kronos hvor han fikk jobb som tjener . Han endte som en dyktig munnskjenk , og nå fikk Zeus sin etterlengtede sjanse . Han blandet sammen forskjellige urter og laget et forferdelig brekkmiddel , og dette ga han til Kronos som tillitsfullt drakk det .

Kronos ble svært syk og kastet opp , og dermed kom det ene barnet etter det andre , de fem var :

Poseidon	-	havets gud
Hades	-	dødsrikets gud
Hera	-	storgudinnen
Hestia	←	hjemmets gudinne
Demeter	-	grødens gudinne

Tilslutt kastet Kronos opp steinen som han hadde slukt og den falt ned ved Delfihelligdommen , og der ligger den , den dag i dag .

Nå ble Zeus leder for denne gruppen på seks søsken , og nå ville disse ha hevn . Dermed er de nye gudene på vei !

Titanene forsvant ikke fordi om den nye æra med de nye gudene begynte . Noen av dem fortsatte med sine sønner og døtre inn i den nye tid . Men før dette var det gammel urett som skulle hevnes og gale ting skulle rettes opp . Titanene fylket seg mot de nye guder , og lederen for disse var Kronos . Nestkommanderende for disse var kjempetitanen Atlas .

Det ble en lang kamp mellom disse to gruppene , men tilslutt søkte Zeus hjelp hos cyclopene i underverdenen . Han dro dit og satte dem fri , og for dette fikk hver av de tre brødrene en gave : Zeus fikk lynilden , som fra nå av ble hans typiske våpen . Poseidon fikk en kjempetrefork som han truer med og opprører havet med . Hades fikk en hjelm som gjorde ham usynlig når han bar den .

Bevæpnet med disse tingene trengte sønnene inn til Kronos , og Hades med usynlighetshjelmen stjal Kronos' våpen , Poseidon avledet ham med treforken , og Zeus dukket opp bak Kronos og drepte ham med lynilden .

Nå ble titanene overvunnet ved hjelp av cyclopene som kastet kjempesteiner . Nesten alle titanene ble sendt til Tartaros , og der fikk de plass på det sted hvor det er evig pine og plage . Kronos fikk komme til de Elysiske sletter , mens Atlas, som straff, måtte sone ved å bære himmelsøylene på skuldrene til evig tid !

De nye gudene tok plass på Olympos , et fjell i Hellas som var ansett som det høyeste i verden. Her levde de udødelige , og her finner vi alle de kjente gudene .

En unntagelse er dødsguden Hades som helst ville være i sin egen underverden .

De tolv øverste gudene var : Zeus , Poseidon , Hermes , Ares , Apollon , Hefaistos og Hera , Athene , Afrodite , Hestia , Artemis og Demeter . Under disse igjen hadde man slike som: Helios , Dionysos , Leto , Themis , Pan , Ganymedes og Hebe .

Etter en tid skapte Zeus gullaldermenneskene , men de bare lekte og levde i overflod av alle jordens goder . Dãretter skapte han sølvaldermenneskene , men de var trege og uintelligente , og de bare kranglet og slåss hele tiden , og dermed utryddet han disse og skapte så bronsealdermenneskene.

Disse var mye mer intelligente , men de ble altfor opptatte med å lage våpen og planlegge kriger , og det endte med at de ble sendt til underverdenen allesammen .

Nå var Zeus lei av det hele , men han gjorde et siste forsøk , og nå oppsto heltetidens mennesker , og flere av disse heltene er det vi |skal høre om i de historiene som er tilknyttet stjernebildene .

Gudene satt nå oppe på Olympos og fulgte med på det som skjedde med menneskene , og ikke skjelden drog de ned til jorden for å påvirke menneskers liv eller for å blande seg i heltenes kamper, og dette er grunnen til at flere av heltene overlevde adskillige flere kamper enn rimelig skulle være ! Men gudene selv var udødelige , selvom de alle var underlagt Skjebnens styrelse som holder orden i verdensrommet , Kosmos.

Stjernebilder

- - - - -

Med ordet :stjernebilde, mener vi en gruppe stjerner som står slik sammen at de danner et tenkt bilde . Det er ikke alltid lett å kunne forestille seg det bestemte bildet når man står ute en kveld og betrakter stjernehimmelen vår . Som regel prøver man , ved hjelp av fantasien, å få tak i grunntrekkene i det gitte stjernebildet , og så legger man til resten ved hjelp av de „bilder“ som man måtte ha klar i hjernen etter lesning og bilder man har sett i bøker , e.t.c.

Noenganger er dette meget lett , spesielt når det gjelder tydelige stjernebilder med klare stjerner , f.eks. Karlsvognen , Orion og Leo (Løven) . Andre ganger er det meget vanskelig , særlig når stjernene er små og lyssvake , og stjernebildet selv er svakt og utydelig , f.eks. Cancer (krepseren) , Libra (vekten) og Canis minor (lille hund) .

På latin og på engelsk heter stjernebilde : Constellation . Con- betyr sam- , sammen- , og resten av ordet kommer av Stella som betyr : stjerne , altså betyr det hele : stjerner som står sammen , stjernesammensetning .

Når vi betrakter stjernehimmelen , så ser det ut som om stjernene ligger i samme plan , nemlig på en tenkt hvelving , omtrent som når vi stirrer opp mot et kuppeltak . Imidlertid står stjernene i høyst ulike avstander utover i rommet , fra få lysår borte til adskillige tusen lysår . Dermed må vi forlate kuppelteorien vår , og heller tenke oss stjernehimmelen slik vi her^{på} jorden ser innover i en skog , trær innover i forskjellig dybde .

Hvordan finne de forskjellige stjernebilder

For å bli kjent på stjernehimmlen må man studere endel stjernekart og vurdere de forskjellige stjernebildene . Man bør altså gjøre seg fortrolig med disse på papiret først (eller samtidig med at man ser på himmlen) . Det er en meget god hjelp dersom man lærer seg utenat hvordan de mest kjente stjernebildene ser ut og hvor de befinner seg på himmlen . Har man først lært noen, og man kan finne dem igjen på himmlen , så vil resten komme av seg selv etterhvert, dersom man bare er aktiv og holder lærdommen ved like ved stadig å lete seg fram på himmlen .

Et meget godt utgangspunkt er å lære seg til finne ut hvor på himmlen man ser , og det kan man gjøre på en meget enkel måte ved først å finne nord .

De aller fleste har hørt om og sett bildet : Karlsvognen , og dersom man merker seg de to bakerste stjernene i vognen , kan man i tankene trekke en linje gjennom disse to og sette av avstanden mellom de to stjerner utover linjen ca. fem ganger . Da treffer man helt sikkert en stjerne , og denne stjernen er den såkalte Polarstjernen . Det synes som om denne stjernen står helt stille på himmlen , og det er fordi den står i himmelkulens polpunkt . Med andre ord : vi ser rett mot polpunktet . Dersom vi fra denne stjernen tenker oss en linje loddrett ned til Jorden , til horisonten , da står vi og ser rett mot nord . Slik kan vi alltid orientere oss , selv om det er midt på natten , det være seg på snaueste fjellet eller på det øde hav , - forutsatt at det ikke er helt overskyet .

Stjernebilder og mytologi

Hercules - Herakles

La oss begynne med en meget godt kjent mytologisk helt , nemlig Herakles som han heter hos grekerne , Hercules hos romerne .

Stjernebildet Hercules ligger mellom de to kjente bildene Lyra (lyren) og Bootes (bjørnevokteren) , og det er riktig å bemerke at stjernebildet "står på hodet " . Dette er det viktig å vite når man ser etter dette bildet og forsøker å danne seg bildet av helten Herakles .

Beretningene om hva Herakles utførte er utallige , og har han utført alt det som blir fortalt , - da var han virkelig fantastisk !

Herakles var sønn av Zeus , men det var ikke Hera som var moren . Det var en vanlig dødelig kvinne som het Alkmene , og akkurat dette skulle få katastrofale virkninger når det gjaldt Herakles' liv .

Da barnet ble født av Alkmene , ble det straks lagt inn til Zeus' hustru Hera , og det fikk navnet Herakles som betyr : Hera's stolthet . Dette ble gjort for å blidgjøre Hera som var alt annet enn blid over at Zeus hadde fått en sønn med en annen , og da spesielt med en vanlig dødelig kvinne .

Likevel la Hera barnet til sitt bryst og diet det som skikk og bruk var . En gang bet Herakles henne hart i brystvorten , og Hera rev ham raskt vekk fra brystet . Idet hun gjorde det , sprutet det melk utover , og det ble til et lysende bånd av melkeperler på himmelen . Slik oppsto vår egen galakse : Melkeveien , grekerne sier : galaksias cyclos - melkeringen .

Hera var full av hevnløst og intriger , og hun ønsket å gjøre en ende på barnet . Derfor la hun giftslanger opp i vuggen . Men dette var ingenting for Herakles som allerede nå hadde kjempekrefter . Han slo knute på slangene og trakk til så de ble kvalt .

Herakles vokste etterhvert opp til en ung mann med helt usedvanlige krefter , og av forskjellige berømte gudesønner og halvguder lærte han brytekunsten , kampteknikk , skytekunst og mye annet som skulle komme vel med senere .

Ved et spesielt høve ble Herakles stilt overfor et valg , - valget mellom et liv i lediggang og overflod, eller et liv med mye arbeid og noe sorg , men også heder og ære til sist . Herakles valgte det siste, og så begynte hans lange karriere .

Hans første gode gjerning var å befri Theben, en by , fra en tung skattebyrde . Kreon , kongen av Theben , ga , i takknemlighet , sin datter Megara til Herakles , og hun ble hans hustru . Dette ekteskapet var lenge lykkelig , og det kom flere barn , - men så fant Hera sin sjanse her og slo Herakles med galskap , og i sykt raseri drepte han både sin hustru og sine barn .

Galskapen forlot ham igjen , og helt fortvilet av sorg drog Herakles til oraklet i Delfi og ba om råd .

Det rådet han fikk var å dra til byen Tiryns i Argolis og ta tjeneste hos kong Evrystevs og tjene ham godt i tolv år .

1. Den første oppgaven han fikk av Evrystevs var å fange og drepe en kolossal løve som herjet i området ved Nemea , ikke langt fra Tiryns .

(Det er denne løven som er stjernebildet Leo på himmelen)

" Løven må drepes ", sa kong Evrystevs . "Du skal flå den også , for skinnet skal du ta med tilbake som bevis på at løven virkelig er død . Men vær forsiktig , for det påstås at ennå er ikke det våpen laget som trenger gjennom dens gule skinn".

Herakles tok med seg spyd og sverd , og i tillegg en klubbe og et nett laget av tykt rep . Med dette utstyr drog han avsted , og han fikk vite at løven holdt til i en fjellhule ikke langt unna .

Herakles gikk straks til fjellhulen og la seg på lur tidlig om morgenen for å vente på at løvehskulle komme tilbake fra sitt nattlige rov .

Omsider kom løven , og det var en kjempestor løve , -fra den sterke kjeften dryppet det blod . Uredd stilte Herakles seg rett i veien for den og kastet spydet sitt . Det traff godt , men falt harmløst ned på bakken . Så angrep løven , men Herakles spratt unna og trakk sverdet , men det var som å stikke mot stein . Nå var løven rasende og angrep på nytt , den for framover , men Herakles reiste seg i sin fulle høyde og svang klubben sin med all kraft , og så kom den som en meteor fra himmelrommet . Klubben traff løven i hodet, og den vaklet under slaget . Fortumlet og skremt smatt den inn i hulen sin .

Herakles forsto nå at vanlige våpen ikke nyttet , og derfor spente han opp nettet foran huleåpningen og smøg selv inn en annen mindre åpning , Løven var nå fanget , og Herakles gikk rett mot den . Jorden skalv da de to mektige møttes , og det ble en hard kamp , men så fikk

Herakles et tak i strupen på løven , og da varte det ikke lenge før den lå død på bakken .

Etter dette hvilte han en stund , og så flådde han løven med en av de knivskarpe klørne som han hadde revet løs , for andre ting kunne ikke bite på denne løvens skinn .

Herakles tok løveskinnet på seg og drog tilbake til Tiryns , og fra nå av bar han alltid løveskinnet på seg .

Slik seiret Herakles over den nemeiske løven , og deretter plasserte Zeus denne løven på stjernehimmelen .

2 Den lerneiske Hydra

Den neste oppgaven var å avlive et uhyre med ni hoder , som levde i det sumpige tjernet Lerna . Dette uhyret var egentlig en stor slangekropp , men denne slangen hadde ni uhyggelige slangehoder . Disse slangehodene hadde den egenskap at dersom et hode ble hugget av vokste det straks ut et nytt . Denne fæle sumpslangen ble kallet : den lerniske Hydra .
(Stjernebildet Hydra ligger noe sør for Cancer og Leo)

Herakles drog straks avsted for å finne Hydra , og han ble kjørt av en ung kvinne som het Iolaos . De fant slangen inne i en lund i nærheten av sumpen , og Herakles tirret den fram ved å skyte ut brennende piler . Den kom buktende fram fra lunden og gikk straks til angrep på Herakles som ikke vek en tomme . Han svingte sverdet sitt og hogg av det ene hofet etter det andre , men hodene vokste raskt ut igjen . Iolaos sto alene i vognen og så på dette . Det var også en annen som så dette , - nemlig Hera , og nå

så hun sin sjanse til å ta knekken på Herakles .

Hun sendte nå avsted en kjempekrabbe som krøp fram og la sine store pansrede klør rundt bena til Herakles . Dette ville ha knust bena til en vanlig mann , men Herakles trakk krabben løs mens han fortsatt kjempet mot slangen , og deretter satte han en steinhard fot mot krabben slik at hele skallet sprakk , og dermed var den ute av dansen .

(Stjernebildet Cancer ligger like ved siden av Leo)

Men nå begynte Herakles så smått å bli trett , og ropte til Iolaos at hun skulle hjelpe ham . Hun tente fakler og hver gang Herakles hogg av et hode , svidde hun halsstumpen med ilden , og da vokste det ikke nye hoder fram . Til slutt hogg Herakles av det siste hodet og trakk det ned i myren , deretter dyppet han pilene sine i Hydras gift slik at fra nå av ble de mye farligere for hans fiender .

3 Artemis' gyldne hind

Det tredje oppdraget satte Herakles' tålmodighet og utholdenhet på prøve . Han skulle fange hinden fra Keryneia og bringe den uskadd til Tiryns .

Denne hinden hadde vært den eneste som unnslopp da Artemis sendte ut hundene sine for å fange inn hjorter til å trekke vognen hennes . Denne hinden hadde bronsehode og gyldne horn .

Herakles jaget etter denne hinden dag og natt gjennom vår , sommer , høst og vinter , og han måtte helt nord til hyperboreenes land . Den reddet seg gang på gang ved hjelp av sin fart og sluhet , men omsider ble den utmattet og Herakles fikk kastet sitt jaktnett over den og fanget den .

4 Det erymanthiske villsvin

Da Herakles kom tilbake til Evrystevs , ventet allerede neste oppgave , og Evrystevs ba ham hvile litt før han drog avsted , men Herakles feiet dette vekk med at han ikke trengte noen hvile .

Det han skulle gjøre nå var å fange det kjempestore villsvinet levende . Dette villsvinet holdt til i nordøst på grensen av Arkadia ved fjellet Erymanthos hvor også elven Erymanthis fløt .

Herakles drog nordover og fem dager senere fant han spor etter villsvinet i snøen . Han greidde å lure seg innpå det uten at det merket ham , og deretter overrumplet han villsvinet og skremte det slik at det løp rett ut i dyp snø og ble stående fast . Deretter kastet Herakles sitt nett over det og bandt det med sterke rep . Han løftet det så opp på sine skuldre og bar det levende tilbake til kong Evrystevs .

5 Rengjøring av kong Augias staller

Vanskeligere syntes det femte oppdraget å bli , idet Herakles skulle rengjøre kong Augias staller der det lå møkk etter tre tusen okser , og dette hadde dynget seg opp gjennom mange år. Imidlertid var betingelsen dette arbeidet skulle utføres på en dag . Kong Augias lo da han hørte dette og bad ham bare sette igang jo før jo heller , for på dette arbeidet ville han heller trenge tusen timer .

Herakles bare smilte, for han hadde fått en glimrende ide : I nærheten hadde han lagt merke til de to elvene Peneos og Alfeos som strømmet forbi .

Om morgenen gravde Herakles et nytt leie for de to elvene , ledet dem mot stallene , brøt hull i veggene og lot vannet fosse over gulvene . Vannet rev gjødselen med seg , og da kvelden kom , var stallene rene . Herakles blunket skøyeraktig til Augias og drog så tilbake til Evrystevs .

6 De stymfaliske fuglene

Den sjette oppgaven Herakles fikk var å drive vekk de menneskeetende ved myrlandet omkring Stymfalossjøen .

Fuglene minnet om storker , men hadde nebb og klør av metall og kunne dessuten slippe ned tunge metallfjær , og disse trengte gjennom hodet på ofrene . Stymfalidene stupte deretter ned og spiste opp byttet .

Herakles greidde ikke å forsere den stinkende og bløte myren og funderte på hva han skulle gjøre . Nå hadde han imidlertid hellet med seg , for akkurat på denne tiden kom gudinnen Athene forbi , og hun ga ham en magisk skrangle som laget en slik lyd at det hørtes ut som skogbrann .

Herakles hadde ikke noen tro på dette , men han forsøkte den da , og straks fuglene hørte lyden fløy de forskremt opp og kom flyvende mot ham . Han grep da buen og pilene sine og skjøt ned mange av dem , - resten av flokken kom aldri igjen .

7 Den kretiske okse

Den neste oppgaven Evrystevs ga ham, var å fange en diger ildsprutende okse som løp fritt på Kreta . Det var Poseidon som hadde sendt denne oksen opp av bølgene , og den ble far

til Minotauros som var halvt menneske og halvt okse . Den satt fanget på samme øya .

Herakles visste at oksen ikke hadde noen magisk magt , selvom den hadde enorme krefter ; han måtte bare passe på å holde seg unna ildstrålene fra oksens nesebor .

Herakles fant oksen som angrep med en gang , men han spratt til siden , grep den i hornene og brøt den i bakken . Han bandt den og bar den tilbake til Evrystevs , som senere var så dum å slippe den løs igjen . Den slo seg omsider til på Marathon-sletten nær Athen , og herjet forferdelig til en annen helt , Thesevs , slo den ihjel .

8 Kong Diomedes' hopper

Etter dette fikk Herakles til oppgave å fange Diomedes' hopper som var menneskeetere . Han drog da til Trakia der han lurte både Diomedes og hestepasserne og fanget hoppene i første omgang , og litt senere overrumplet han og drepte både den grusomme kong Diomedes og vaktene hans .

9 Hippolytes gyldne belte

Nå skulle Herakles hente det gyldne beltet til amasonedronningen Hippolyte som bodde med sine amasoner ved kysten av Svartehavet . Krigsguden Ares (Mars) hadde gitt henne beltet som hedersbevis på tapperhet .

Til å begynne med ville Hippolyte gi Herakles dette frivillig , fordi hun likte ham og beundret ham , - men nå ville Hera igjen lage trøbbel for Herakles , og optrådte som amasone og hisset opp stemning mot ham . Dermed ble det en hissig kamp som endte

med at Herakles kom til å drepe Hippolyte , og bedrøvet tok han det gyldne beltet og drog tilbake til Evrystevs .

10 Oksene til Geryoneus

Etter å ha hentet beltet måtte Herakles dra til Spania for å hente Geryoneus' okser . Geryoneus var en gigant med tre kropper , tre hoder , seks armer og seks ben .

Herakles reiste forbi Gibraltar , hvor han reiste to store klipper til minne om sin ferd , en sør og en nord for stredet . De fikk havnet : Herakles-søylene , og det heter de den dag idag .

Herakles la seg på lur og skjøt et pilskudd fra siden gjennom alle de tre kroppene , og Geryoneus fallt død om . Så drog Herakles tilbake til Hellas med hele okseflokkene .

11 Hesperidenes gyldne epler

Herakles måtte nå dra til nord-Afrika for å hente disse eplene . De var i en hage på skråningen av Atlas-fjellet i Mauretania , i nærheten av den Libyske sjø .

Det første Herakles møtte var en fryktelig drage som vokter området , den drepte han raskt uten noen vansker , men deretter støtte han på giganten Antaios som hadde Gaia (moder jord) til mor , og denne kastet seg straks over Herakles .

Det ble nå en voldsom brytekamp som endete med at Herakles slengte Antaios i bakken , som straks spratt opp med friske krefter , og dette skjedde hver gang han kom i berøring med jorden . Så forsto Herakles dette, og han løftet ham høyt over hodet^{og} klemte livet utav ham . Omsider fikk han se Atlas som raget som et kjempetårn , og han bar himmelsøylene på

sine brede skuldrer . Herakles fortalte hvorfor han var kommet . Atlas svarte at døtrene hans , hesperidene , ville nok samle inn epler til Herakles , for det var de som passet hagen , men første måtte han , Atlas , finne døtrene sine .

Han bad om at Herakles måtte overta himmelsøylene en stund , og slik ble det , - og i det øyeblikk Herakles tok himmelsøylene på sine skuldre, ble han udødelig .

Omsider kom Atlas tilbake med de to døtrene sine , og hver av dem bar en kurv med gyldne epler . Herakles var nå utålmodig etter å komme seg avgårde med eplene , men nå hadde ikke Atlas lyst til å ta himmelsøylene igjen , - han nøt sin nye frihet .

Herakles måtte nå tenke raskt , og ba Atlas om om holde himmelsøylene litt mens han , Herakles , fikk rette litt på vekten som ^{lå} dårlig på skuldrene .

Giganten Atlas tok raskt søylene , men nå slapp Herakles straks taket og smatt unna , og dermed ^{var} Atlas igjen på sin plass .

Herakles var ikke sen om å ta eplene og legge iveri nedover fjellet , og nå gikk det opp for Atlas at han var blitt lurt , og at hans hvilestund var over .

12 Helveteshunden Kerberos

Den siste oppgaven som Herakles fikk var å hente den trehodete helveteshunden Kerberos, som vokter porten til helvete , altså selveste underverdenen .

Herakles fant veien ned en dyp hule like ved Sparta , og nå hadde han med seg Hermes (Mercurius) som veiviser . Hermes sørget også for å snakke ferjemannen Karon helt rundt slik at han tok Herakles over Styx . Deretter gikk Herakles gjennom

underverdenen og fram til Hades og Persefone , og de ga ham lov til å ta Kerberos med seg dersom han kunne overvinne den uten å bruke sine vanlige våpen . Herakles gikk med på dette , og han tok da av seg det løveskinnet han alltid hadde på seg , (Nemeas løve) og dette kastet han over Kerberos og klemte til . Helveteshunden kjempet desperat så hele underverdenen ristet , men viklet seg bare helt fast inn i skinnet .

Herakles bar hunden avsted , og før han krysset Styx befridde han helten Theseus som satt helt fast i en stein .

Men da Herakles kom heim til Kong Evrystevs med Kerberos , ble han så vettskremt at Herakles måtte slippe udyret tilbake til underverdenen igjen .

Imidlertid , nå hadde Herakles utført tolv storverk på tolv år , og dermed hadde han bøtet for drapet på hustru og barn .

Senere tok Herakles seg en ny hustru , og ved et høve ble han nødt til å drepe kentauren Nessos som løp avsted med henne og prøvde å voldta henne .

Men før Nessos døde la han en plan : han ba Herakles' hustru ta vare på litt av blodet , for hvis hennes mann prøvde å svikte henne , skulle hun bare stryke litt blod på klærne hans , og dermed ville hans kjærlighet til henne våkne igjen .

En tid senere tok Herakles en kvinne til fange , en kvinne som han hadde vunnet under kappskyting men som likevel var blitt nektet ham . Nå fryktet Herakles hustru at hun hadde mistet sin manns kjærlighet , og derfor smurte hun blodet til Nessos på innsiden av en fin ny drakt som hun ga ham , men ketaurens blod var blandet med giften fra hans egen pil , og drakten etset seg inn i Herakles kropp . Han forsøkte å rive

drakten av , men store kjøttstykker fulgte med , og nå forsto Herakles at han var kommet til veis ende .

Han gikk opp på fjellet Oite og lot bygge et bål som han steg opp på , men ingen ville tenne på bålet .

Omsider kom gjeteren Filoktetes forbi , og han lot seg overtale til å sette fyr på bålet , og som takk ga Herakles ham buen og pilene sine .

Mens flammene luët og lyste , ble Herakles , under tordendrønn , løftet opp til himmelen , og her ble han hilst velkommen av sin far Zeus , - også Hera lot seg nå forsone og ga ham Hebe , ungdommens gudinne til hustru .

P E R S E U S

Kong Akrisios regjerte over Argolis , et kongedømme som lå ved kysten av Hellas . Han og hans dronning fikk en vakker datter som fikk navnet Danae .

Imidlertid ble kongen meget ulykkelig da han fikk høre av oraklet at han ville bli drept av sin datters sønn . For å forhindre dette bestemte kongen at Danae ikke skulle gifte seg . Han stengte henne inne i et høyt tårn .

Dette var likevel intet hinder for guden Zeus som skapte seg om til en strøm av gullstråler , og han besøkte Danae i all hemmelighet på denne måten . Senere fødte Danae en sønn som hun ga navnet Perseus , men kong Akrisios ble redd og sendte både Danae og Perseus ut til kysten hvor de ble satt i drift i en kiste , - uten mat og drikke .

Men kisten drev iland på øya Serifos , og der ble den funnet av Diktys som var bror av kongen der , kong Polydectes .

Perseus vokste opp og ble en stor og vakker mann , samtidig ble kong Polydectes stadig mer interessert i Danae , og han ville gifte seg med henne . Men Danae likte ikke denne kongen og det gjorde heller ikke Perseus .

Kongen bestemte seg derfor for å kvitte seg med Perseus , slik at hanselv fritt kunne ta Danae for seg . Han fikk lokket Perseus til å dra avsted for å drepe uhyret Medusa . Dette var et fryktelig uhyre som holdt til svært langt nord , i landet til hyperboreerne hvor solen bare går opp én gang og ned én gang i året . Medusa hadde lange klør og tenner , og håret var en mengde slanger . De som så mot dette uhyret ,

ble straks til stein . Imidlertid satt Zeus på sin trone og passet på , - han var stolt av sinn sønn , og derfor ville han hjelpe ham . Dermed fikk Perseus en hjelm av Hades , og av Hermes fikk han vinger til å spenne på bena for å kunne bevege seg lynraskt . Av Athene fikk han et speilblankt skjold og et råd om bare å se på uhyret i skjoldet , for da ville han ikke bli til stein .

Perseus dro avsted , og ømsider fant han stedet hvor Medusa holdt til , ← det sto mange steinmennesker der , og han forsto at han var like ved Medusa . Plutselig hørte Perseus at det knaste og hveste , og han snudde raskt ryggen til og kikket i skjoldet . De så hverandre samtidig , og uhyret satte i et tordenbrøl og kom mot ham , men Perseus bøyde seg sammen og ventet til han kjente den varme ånden i ryggen . Akkurat da svingte han den store sigden sin bakover i et mektig hogg , og han følte hvordan eggen bet inn . Det kom et fryktelig skrik , og så ble alt stille , - da Perseus så i skjoldet igjen , så han at Medusahodet lå avhugget på bakken . Uten å se på hodet , puttet han det i en sekk og slengte sekken over skulderen .

Isamme øyeblikk som Medusa trakk sitt siste sukk , ble hennes barn født , - Pegasus - som Poseidon var far til . Pegasus sprang like opp til himmelen og ble spennt for vognen til Zeus for å trekke tordenen og lynet .

(Pegasus er en hest , og dette er etkjent stjernebilde som ligger nedenfor Cassiopeia og til venstre for Cygnus , og både dette bildet og bildet Andromeda står opp-ned)

Perseus dro heimover igjen , og han fulgte kysten for å se seg om . Han hadde tilbakelagt mange mil da han

oppdaget en liten skikkelse som sto adene på en klippe i havet . Det viste seg å være en vakker pike som bare hadde på seg et gullhalsbånd , og ellers var hun lenket fast rundt ankler og håndledd . Perseus landet ved siden av henne , ga henne kappen sin og brøt løs lenkene .

Piken var Andromeda , og hun var datter av Cepheus , konge i Etiopia , og dronningen het Cassiopeia .

(Stjernebildet Andromeda henger sammen med bildet Pegasus , og bildene Cepheus og Cassiopeia ligger nær hverandre ikke særlig langt fra himmelpolen)

Andromeda var blitt ofret på denne måten for å redde hele folket fra å bli feiet vekk av mektige flodbølger som Poseidon sendte som straff fordi hennes mor hadde skrytt av at både hun og datteren Andromeda var vakrere enn havnymfene .

Andromeda ble da lenket til klippen i havet , og hun ventet på at et sjøuhyre skulle komme opp av havet og ta henne . Dette uhyret kom akkurat da Perseus hadde befridd henne fra lenkene , og Perseus spratt opp i luften og angrep dette . Han svingte seg inn i solstrålene og angrep med solen i ryggen , og før uhyret fikk summet seg , stupte han ned og hogg hodet av det , og uhyret sank i havet .

Perseus var helt fortryllet av Andromeda , og han ville gifte seg med henne , og dette hadde Cepheus intet imot da han kom tilbake med henne fri og frelst . Bryllupet ble feiret og alt var glede , men så dukket Agenor opp (sønn av Poseidon) og han gjorde krav på Andromeda . Perseus tålte ikke dette , og han grep sigden og felte Agenor ; - men nå måtte han bare ta Andromeda og rømme fra Agenors soldater . Underveis hvilte de en stund i

Måretania hvor Atlas og hans døtre holdt til , og de ventet å bli ønsket velkomne . Imidlertid passet ikke ankomsten helt , Atlas var i dårlig humør , han var lei av å bære himmelsøylene , og han ble sur da han tenkte på hvordan Herakles en gang hadde lurt ham . Perseus ble rasende over denne mottakelsen , og han snudde seg vekk samtidig som han tok Medusahodet opp av sekken , - Atlas så dette, og titanen ble straks til stein og har vært det siden . Etter dette dro de to tilbake til Perseus mor , Danae , og akkurat nå hadde Polydectes fått presset henne til å gå med på å gifte seg med ham . Perseus dro straks til palasset og møtte Polydectes . Denne trakk sverdet , men Perseus tok atter Medusahodet opp av sekken , og Polydectes ble straks til en steinstatue som står der den dag i dag . Perseus levde nå lykkelig med sin hustru , men ung og sterk som han var , likte han alltid å måle sin styrke og dyktighet med andre atleter .

Et år ble det holdt en stor kappestrid i Argolis , og Perseus ble sendt med sitt lag . Dagen kom , og tribunene var fylt til trengsel , - på æresplassen satt kong Akrisios . Perseus var nede på arenaen . Akrisios visste ikke dette , for han trodde at både Danae og Perseus var druknet .

Da lagene skulle kaste diskos , var Perseus den første som skulle kaste . Han tok voldsomt tilslag , men så gled diskosen sideveis ut av hånden og fløy mot tribunen . Den tunge diskosen traff kong Akrisios i tinningen og drepte han øyeblikkeli Oraklets spådomvar således gått i oppfyllelse , Akrisios var blitt drept av sin egen dattersønn .

G E M I N I Tvillingene

Tyndareos var opprinnelig en konge i Sparta , og hans hustru het Leda . Zeus kom til henne i skikkelse av en svane , og han lå med henne . Samme natt lå også Tyndareos med henne . (Stjernebildet Cygnus , Svanen er et pent bilde i hvilket vi finner den klare og kjente stjernen Deneb) .

Resultatet av dette ble at Leda fødte et tvillingpar , nemlig Kastor og Polydeukes (Castor og Pollux) .

(Stjernebildet Gemini ligger like ovenfor det kjendte bildet Orion , og Castor og Pollux er de to klare stjernene) .

Tvillingene hadde altså samme mor , men guden Zeus var far til Polydeukes , og Tyndareos var far til Kastor . Dermed var Polydeukes udødelig mens Kastor var vanlig dødelig .

Disse ble kjent under navnet : Dioskurene , - gudesønnene , og de ble berømte atleter , og de vant mange triumfer .

Det samme forhold gjalt deres søskenbarn : Idas og Lynkevs , Idas var sønn av Poseidon og Lynkevs hadde en dødelig far , men begge hadde samme mor . Dermed var Idas udødelig, og Lynkevs var dødelig .

Disse to tvillingparene var egentlig riktig gode venner , men en gang stakk Kastor og Polydeukes av med brudene til Idas og Lynkevs . De var så uvenner i lang tid , men tiden gikk , og gammelt uvennskap ble glemt . Tilslutt ble de enige om å stjele noen svære hjorder som beitet på Arkadiaslettene i nord-Sparta . Denne jobben greidde de svært så fint , men så røk de uklar om hvordan de skulle dele byttet , og ved hjelp av et lurt trick vant Idas og Lynkevs hele buskapen . Dette syntes

Kastor og Polydeukes var forsmedelig , og istedenfor straks å dra heim som meningen var , ombestemte de seg, og om natten snek de seg innpå igjen og ~~stjål~~ hele hjorden tilbake , og de gjemte den en god plass .

Idas og Lykevs forsto straks hvem som hadde vært på ferde , og det gamle hatet blusset nå opp igjen , og den eneste muligheten nå var å overraske de to andre .

Samtidig bestemte Kastor og Polydeukes seg for å legge seg i bakhold og overfalle de to når de kom for å lete . De dro tidlig avsted for å finne en riktig god plass for bakholdet , og så fant de en gammel gravplass . Det stakk opp endel gravsteiner, og det sto et gammelt eiketree der . Kastor gjemte seg bak treet , og Polydeukes la seg i skyggen av en gravstein .

Imidlertid hadde Idas og Lynkevs vært vitne til dette , for skjebnen ville at de to hadde oppdaget tyveriet adskillig tidligere enn Kastor og Polydeukes hadde regnet med. De regnet helt riktig med et bakholdsangrep , og de holdt nøyaktig øye med terrenget og gikk forsiktig fram . Dermed fant de selv først denne gravplassen og ^{la} seg i dekning , og de kunne knapt tro sitt lykketreff da de så at Kastor og Polydeukes valgte det samme stedet bare noe lavere nede .

Ikke før hadde de to siste lagt seg ned, så fór Idas fram og kastet spydet sitt . Kastor hadde ingen sjanse , han ble truffet , og spydet naglet ham til eiketreet . Like etter kastet Lynkevs sitt spyd mot Polydeukes , men han traff ikke , og i sinne kastet han så en av de store gravsteinene , og dennå traff og skadet den venstre armen til Polydeukes .

Men nå sprang Polydeukes fram , vill av smerte og sorg over

tapet av broren . og etter to raske sverdhugg lå Lynkevs død på bakken . Nå kastet Idas seg inn i kampen , og han merket fort at Polydeukes var svekket av blodtapet fra armen . Han gjorde seg klar til å gi Polydeukes nådesstøtet , men slik gikk det ikke , for plutselig flammet et veldig blendende lyn over gravplassen , og da Polydeukes kunne se igjen , lå Idas overende på bakken .

Det var Zeus som hadde grepet inn og reddet sin sønn fra nederlaget . Polydeukes tok sin bror med seg tilbake og holdt en kongelig gravferd , men nå ønsket han ikke å leve lenger selv,uten sin bror . Drepe seg kunne han ikke , for han var udødelig og ville bare få en ny tilværelse blant gudene på Olympos , og der var ikke Kastor . Kastor holdt nå til i underverdenen .

Zeus kunne ikke endre på reglene og lovene om liv og død , men ved hans hjelp fikk man likevel ordnet det hele :

Det ble bestemt at de to tvillingene skulle tilbringe den ene dagen sammen på Olympos og deretter neste dag i underverdenen , og slik skulle det fortsette hele tiden . På denne måten ville de alltid få være sammen hvor de enn var .

ORION

En ung og vakker jeger hette Orion . Han fridde til en kongsdatter , men hennes far likte denne forbindelsen dårlig og gjorde Orion blind .

Da satte Orion en liten gutt på skuldrene , og gutten viste ham veien til soloppgangen (muligens Apollon) , som ga ham synet tilbake igjen fordi han var en usedvanlig dyktig jeger og dessuten svært vakker .

Imidlertid liker ikke gudene mennesker som kommer dem for nær , og søster til Apollon , Artemis , sendte en kjempestor skorpion mot Orion for å avlede hans oppmerksomhet mens hun selv grep buen sin og gjorde klar sine piler .

Skorpionen greidde noe uventet å stikke Orion i hælen , og således ble han allerede da dødelig såret , men samtidig sendte Artemis avgårde sitt pilskudd , og Orion falt død om .

(Stjernebildet er Scorpius , Skorpionen som er meget kjent ligger som nummer åtte i den såkalte Dyrekretsen .

Stjernebildet Orion er så kjent og så tydelig at de aller fleste finner det på vinterhimmelen .)

Orion jaktet på dyr med sin kølle , og til og med etter sin ankomst til dødsriket skremte han dem med køllen . Han hadde alltid med seg sine jakthunder .

Etter sin død ble Orion plassert på stjernehimmlen av Zeus , og der jakter han sammen med hundene sine : Canis major , Canis minor , Sirius og Procyon, på Pleiadene .

(Stjernebildet Canis major med bl.a. stjernen Sirius ligger til venstre og litt nedenfor Orion . Stjernebildet Canis minor og stjernen Procyon ligger til venstre og litt ovenfor Orio.)

Andre stjernebilder og mytologisk opphavI . Stjernebildene i Dyrekretsen .1 Aries - Væren .

En konge het Pelops og han hadde to sønner som het , Atrevs og Thyestes . Kongen døde , og hans to sønner kranglet om hvem som skulle overta tronen . De to spurte da oraklet i den hellige lunden . Oraklet sa at den som hadde den saueflåkk hvor det gyldne lam var , skulle bli konge .

Det var Atrevs som eide denne fløkken , og han ble da konge . Lammet vokste opp og ble en vakker vær med et praktfullt gyldent skinn og krumme gyldne horn .

En gang skulle to barn ofres et annet sted , men da ble Zeus harm, og han lot Hermes hente den gyldne væren , og denne lot barna ri på ryggen dens gjennom luften , og de ble reddet på denne måten . Etter denne jobben lot Zeus væren ofre , og skinnet dens ble hengt opp i en hellig lund i nærheten av palasset til kong Aietes , og her ble det bevoktet av en gigantisk drake som aldri sov .

(Stjernebildet Draco -Draken , ligger mellom Store og Lille Bjørn , nær polpunktet .)

Senere ble dette gyldne skinn erobret tilbake av J A S O N og A R G O N A U T E N E . Argonautene var en samling av de aller fleste av de kjente heltene , bl.a. Herakles , Kastor , Polydeukes , Orfevs , Atlante og m. a. , men dette er en helt annen historie .

2 Taurus - Tyren , Oksen .

Det var guden Zeus som skapte seg om til en okse da han ville komme i kontakt med Europa . Europa var datter av Agenor , og han var sønn av havguden Poseidon .

Europa og hennes venniner ble henrykt over den store flotte oksen med snehvitt hode . De lekte med den , og Europa gjorde en saltomortale over ryggen på oksen , og deretter red hun på den . Da kastet oksen seg på sjøen og svømte med Europa til Kreta . Der forvandlet oksen seg til Zeus igjen , og så ble Europa hans elskerinne . Senere fikk hun to sønner med ham , bl.a. den vise kong Minos .

3 Gemini - Tvillingene .

Dette stjernebildet var tvillingene , Kastor og Polydeukes som vi har hørt om tidligere , tvillingene som alltid er sammen , en dag i underverden og en dag på Olympos .

4 Cancer - Krepsen , Krabben .

Dette har vi også hørt om tidligere . Det var kjempekrabben som bet Hercules-Herakles i foten , men den ble selv drept av Hercules og endte på stjernehimmelen .

5 Leo - Løven

Dette var den nemeiske løven som Hercules greidde å drepe , og dens skinn bar han siden alltid på seg som trofe .

6 Virgo - Jomfruen

Dette stjernebildet symboliserer en kvinne , en jomfru .

Den jomfruen det er snakk om her , er en datter av Zeus og Themis . Hun heter Astrea hos grekerne , og Justitia hos romerne . Astrea-Justitia er rettferdighetens gudinne og hun har et bind for øynene , og videre holder hun et sverd i den ene hånden og en vekt i den andre .

7 Libra - Vekten

Dette stjernebildet er rett og slett den vekten som Justitia holder i den ene hånden .

8 Scorpius + Skorpionen

Dette bildet er den skorpionen som Artemis sendte ut for å angripe jegeren Orion . Den historien hørte vi om under stjernebildet Orions mytologi .

9 Sagittarius - Skytten

Skytten er egentlig en kentaur . En kentaur er en skikkelse som er halvt hest og halvt mann . Det var mange kentaureer , men denne kentauren var ganske spesiell .

Faren var Kronos , moren het Filyra . Disse to ble overrasket under kjærlighetsakten , og Kronos forvandlet seg straks til en hest og galopperte vekk . Barnet Filyra fødte ble derfor en blanding av mann og hest . Han fikk navnet Keiron .

Han var vis og vennligsinnet , og han var lærer for mange av heltene , i kunst og visdom og dessuten i idrett , spesielt i bueskyting . Derfor er han avbildet med en spent bue .

Ved et sørgelig uhell ble han drept av Herakles i konkurranse .

10 Capricornus - Steinbukken

Denne skikkelsen er halvt geitebukk og halvt fisk .

Her er det nok skogsguden Pan som er utgangspunktet , for denne guden hadde horn , håret kropp , hale og geitebein .

Hans virkelige far ville ikke kjennes ved ham . Pan på sin side brydde seg hverken om gudene eller Olympos , - han likte seg best i skogene . Han var rolig og stelte helst med sauene og geitene sine , men han ble gjerne med på de ville festene som nymfene satte igang .

Pan beilet til flere av nymfene , og en av dem var Syrinx , men hun ville ikke ha ham og rømte i redsel til Ladon-elven .

Pan skapte seg om til en fisk for å finne henne , men han lykkedes ikke , og således ble han halvt geitebukk og halvt fisk .

11 Aquarius - Vannmannen , Vinskjenken

Når han heter vannmannen , så er det ikke fordi han kom fra havet eller vannet, men fordi han bar vann til å drikke .

Han bar imidlertid mest vin og var egentlig vinskjenk i palasset på Olympos . Vannmannen var en av de mindre guder , - han var en vakker kar, og hans navn var Ganymedes . Han , gudinnen Hebe og noen andre sto for gudenes hoff .

12 Pisces - Fiskene

Sagnet forteller at Venus og Amor ble skremt av giganten Tyfon , og de flyktet fra dette monsteret og reddet seg ved å skape seg om til fisker og kaste seg ut i Eufkrat . Til minne om dette , ble fiskene gjort til et stjernebilde på himmelen , av Zeus .

II . Endel av de øvrige stjernebilder .

- Canis major - store hund , se bildet : Orion
- Canis minor - lille hund , se bildet : Orion
- Auriga - kusken , oksedriveren . På gresk heter bildet :
Heniochos - den som holder tøylene . I dette
tilfellet er det den som styrer oxen : Taurus .
Bildet Auriga er tilknyttet bildet Taurus .
- Pleiadene - Syvstjernen , er en del av bildet Taurus , og
mytologisk er Pleiadene barn av Atlas og Pleione .
- Hyadene - Disse er også endel av bildet Taurus , og er
døtrene til Atlas .
- Andromeda - Dette er den vakre datteren ^{til} Cassiopeia og Cepheus .
Se stjernebildet : Perseus .
- Pegasus - Pegasus var hesten som sprang opp til Zeus . den
er forøvrig et symbol på dikterkunsten .
Se bildet : Perseus .
- Cepheus - Kefeus , Sefeus . Han var en konge av Etiopia .
Se bildet : Perseus .
- Cassiopeia - Kassiopeia , er en dronning av Etiopia , hustru
til Sefeus . Se bildet : Perseus .
- Ursa major - store bjørn . Dette stjernebildet innbefatter :
Karlsvognen , som alle kjenner .
Gudinnen Artemis vokter over nymfene , og ingen
mann måtte se dem bade . Zeus elsket den skjønneste ,
Kallisto og skapte seg om for å forføre henne .
Resultatet ble en sønn : Arkas , og Artemis for-
vandlet i raseri Kallisto til en bjørn .
- Ursa minor - lille bjørn . Myten forteller at Zeus selv for-
vandlet sin sønn Arkas til en bjørn for at han
ikke skulle skyte sin mor som også var blitt bjørn .
- På grunn av formen ble disse stjernebildene av
grekerne og romerne kalt for Den store vogn , og
Den lille vogn . Zeus hadde plassert vognene sine
der for å passe på bjørnene Kallisto og Arkas .
- Bootes - Bjørnevokteren . Dette er den som passer på de to
bjørnene . Dette stjernebildet ligger like nedenfor
store og lille bjørn og til høyre for Hercules .
- Draco - Draken , bildet ligger imellom de to bjørnene .
Draken bevokter skinnet til den gyldne vær .
Se stjernebildet : Aries - Væren .

Aquila - Ørnen . Dette er et stjernebilde som ligger et stykke nedenfor de to bildene : Cygnus og Lyra . Mytologisk er ørnen Zeus' ørn , symbolet på Olympos' hersker . Den klareste stjernen heter : Altair, som betyr - Flyvende Ørn .

Lyra - Lyren . Dette er et strengeinstrument , og stjernebildet er lite , men har en meget klar stjerne: Vega . Dette bildet heter på gresk : Chelys , og det betyr : Skilpaddeskallet . I mytologien var det Merkur som laget et strengeinstrument som han ga til Orpheus, og etter hans død ble instrumentet plassert på himmelen , mellom Cygnus og Hercules .

Cygnus - Svanen . Dette stjernebildet er både stort og tydelig og ligger noe nedenfor og til høyre for Cassiopei . Den klareste stjernen heter : Deneb .

De tre klare stjernene : Deneb i Cygnus , Vega i Lyra og Altair i Aquila danner en tydelig likesidet trekant på himmelen .

Cygnus - Svanens mytologi

Barna til Tyndareos står i en særstilling ved den måten de ble unnfanget og født på . Tyndareos var opprinnelig konge i Sparta og stammet fra helteætt både på morssiden og farssiden . Hustruen var fra først av en gudinne , og hun het Leda . Leda er nok beslektet med Leto , datter av titanane : Koios og Foibe . Leto unnfanget med Zeus tvillingene : Artemis og Apollon . Imidlertid ble Tyndareos fordrevet fra Sparta , og han kom til Aitolia og giftet seg der med Leda , datter av kong Thestios .

Men Zeus elsket Leda og kom til henne i skikkelse av en svane . Samme natt hadde Leda også besøk av Tyndareos .

En stund senere la hun to egg , og ut av det ene kom Helena og Klytaimnestra . Helena var datter av Zeus , og hun var meget vakker og udødelig . Den andre var datter av Tyndareos .

Fram fra det andre egget kom Kastor og Polydeukes . Kastor var sønn av Tyndareos og dødelig . Polydeukes derimot , var sønn av Zeus , og han var udødelig . De ble kalt Dioskurene - gudesønnene

Stjernebilder på den sydlige himmelkulen ,

Vi har nå gått igjennom mange av de viktigste og mest kjente stjernebildene på den nordlige himmelkulen , og det er helt naturlig at vi har konsentrert oss om dem, fordi vi selv lever på den nordlige delen av vår klode . De eldste kulturene har også levd på den nordlige delen av jordkloden , og den største delen av Jordens befolkning .

Imidlertid skal vi ikke glemme at det lever mennesker på den sydlige delen av kloden vår som er meget opptatt av stjernehimmlen på den sydlige himmelkulen . I vår tid med moderne reisemåter er det ikke usannsynlig at vi selv kommer helt sydover til land som : Australia , New Zealand , Sør-Afrika og Sør-Amerika , og derfor bør vi lære oss endel om disse stjernebildene også . Vi skal ikke gå nøye igjennom disse bildene , men iallefall nevne dem med navn , og så hver enkel studere disse bildene i ro og mak , alt etter personlig interesse !

De meste kjente bildene som ligger nær det sydlige polpunktet er : Crux australis - Sydkorset . Dette bildet har fire klare stjerner som danner et kors , og derfor har det fått dette navnet av sjøfarende folk . Like i nærheten ligger Centaurus - Kentauren . En av de berømte kentaurene .

Andre bilder her er : Carina - Kjølen ,
Hydrus - sydlige Vannslange . Chamaeleon - Kameleonen ,
Pavo - Påfuglen . Octans - Oktanten . Tucana - Tukanen .
Mensa - Bordet . Volans - Flyvefisken . Triangulum australis .

Kapittel III . 1 . B .

I N N H O L D

Illustrasjoner .

Planetene	III . 1 . B .	3
Planetoider	III . 1 . B .	4
Orienteringstavle nr. 1	III . 1 . B .	5
Orienteringstavle nr. 2	III . 1 . B .	6
Orienteringstavle nr. 3	III . 1 . B .	7
Zodiakus - Dyrekretsen	III . 1 . B .	8
Dybde i himmelrommet	III . 1 . B .	9
Synlig stjernehimmel , Horisontlinjen	III . 1 . B .	10
H E R C U L E S	III . 1 . B .	11
P E R S E U S	III . 1 . B .	12
A N D R O M E D A	III . 1 . B .	13
P E G A S U S	III . 1 . B .	14
C E P H E U S	III . 1 . B .	15
C A S S I O P E I A	III . 1 . B .	16
O R I O N	III . 1 . B .	17
C A N I S M A J O R	III . 1 . B .	18
C A N I S M I N O R	III . 1 . B .	19
A U R I G A	III . 1 . B .	20
P L E I A D E N E	III . 1 . B .	21

B O O T E S	.....	III . 1 . B .	22 .
U R S A M A J O R	.....	III . 1 . B .	23
U R S A M I N O R	.....	III . 1 . B .	24
D R A C O	.....	III . 1 . B .	25
C Y G N U S	.....	III . 1 . B .	26
L Y R A	.....	III . 1 . B .	27
A Q U I L A	.....	III . 1 . B .	28

Dyrekretsen

A R I E S	.....	III . 1 . B .	29
T A U R U S	.....	III . 1 . B .	30
G E M I N I	.....	III . 1 . B .	31
C A N C E R	.....	III . 1 . B .	32
L E O	.....	III . 1 . B .	33
V I R G O	.....	III . 1 . B .	34
L I B R A	.....	III . 1 . B .	35
S C O R P I U S	.....	III . 1 . B .	36
S A G I T T A R I U S	.....	III . 1 . B .	37
C A P R I C O R N U S	.....	III . 1 . B .	38
A Q U A R I U S	.....	III . 1 . B .	39
P I S C E S	.....	III . 1 . B .	40

S L U T T .

Planete



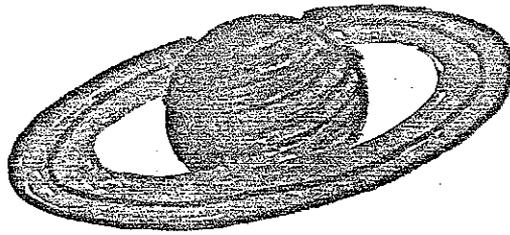
Pluto



Neptun



Uranus



Saturn



Jupiter

Mars

Tellus

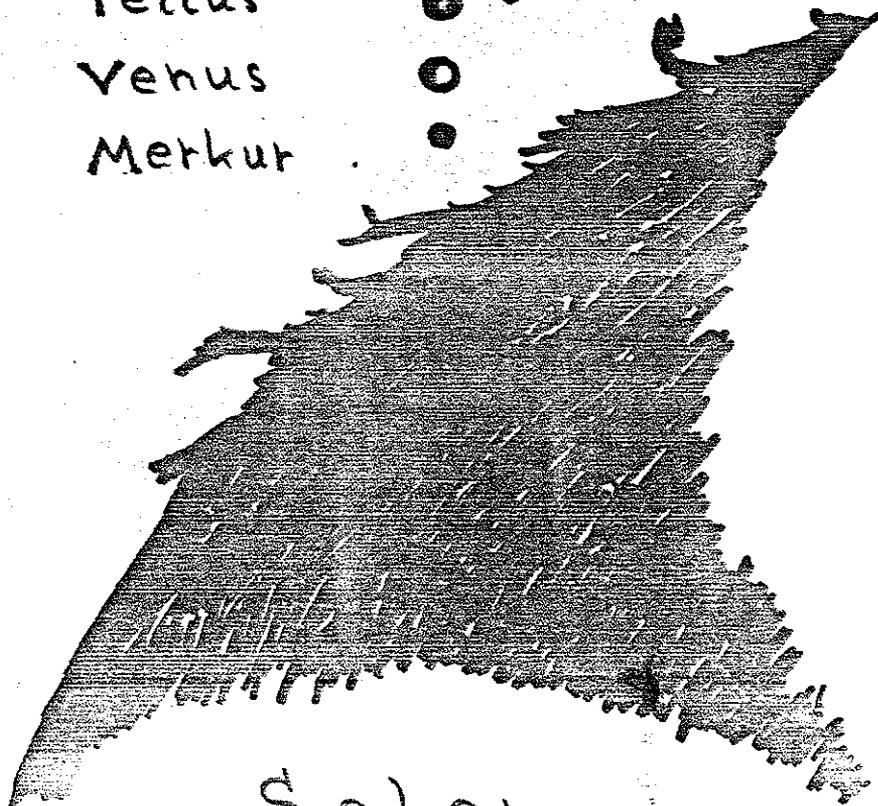
Venus

Merkur

Planetoide



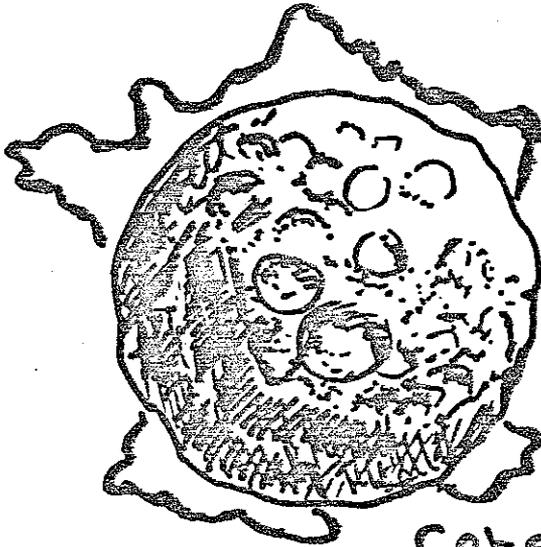
LUNA



Solen

Planetoider

Småplaneter



Ceres
770 KM

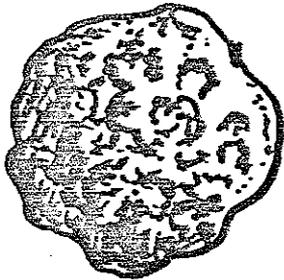
Nr. 1 C E R E S

Kornhøstens gudinne .

Småplanetens størrelse

er sammenliknet med

Frankrike .



Pallas
480 KM

Nr. 2 P A L L A S

Dette er Athene , datter

til Zeus , visdommens

gudinne .

Vesta
380 KM



Juno
190 KM

Nr. 3 J U N O

Dette er den samme som Hera

hustru til Jupiter / Zeus .



Nr. 4 V E S T A

Dette er gudinnen for ilden ,

hjemnets ild .



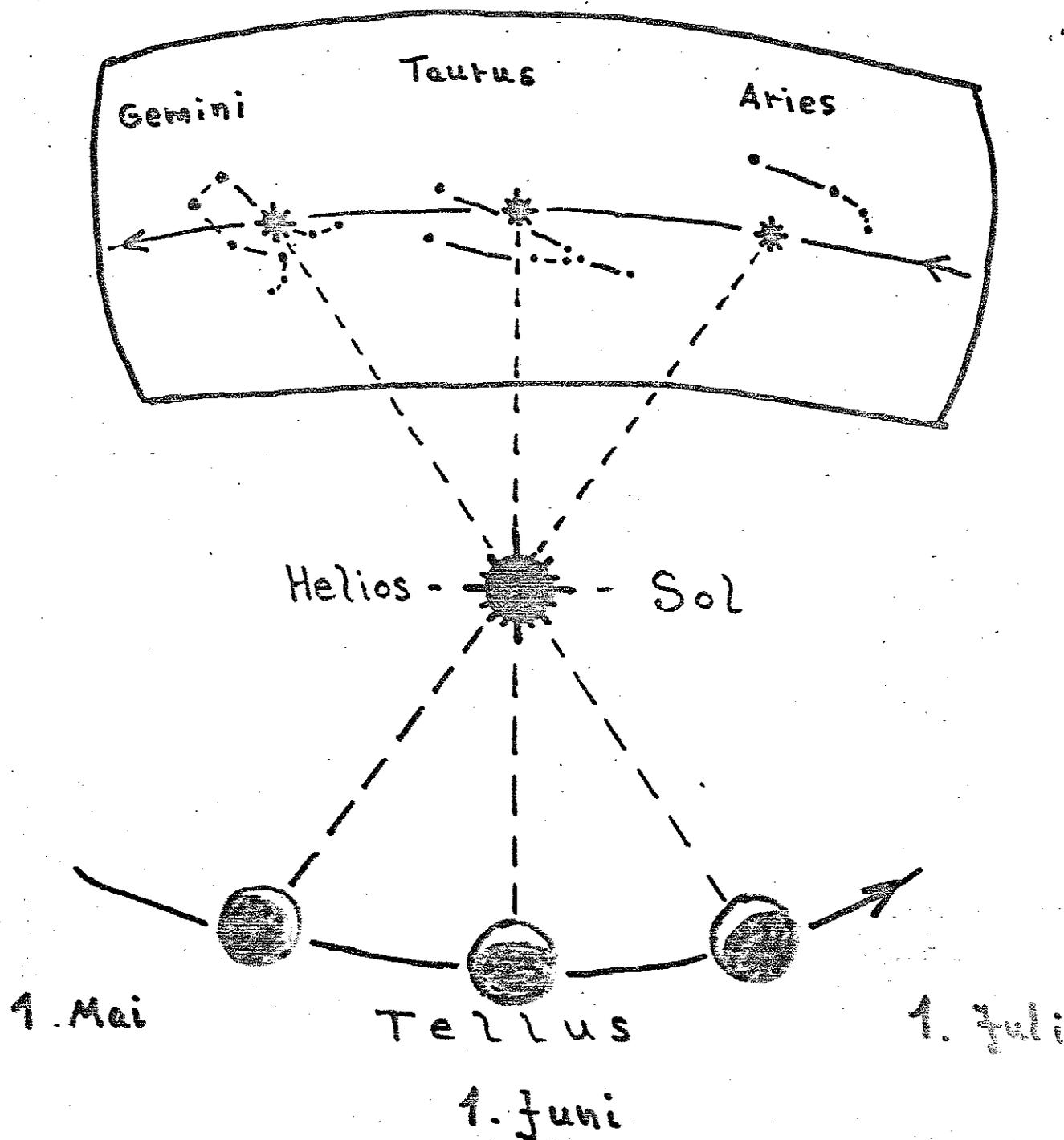
Eros
16 KM l.
2,5 KM bt.

Nr. 433 E R O S

Kjærlighetsgud , sønn av

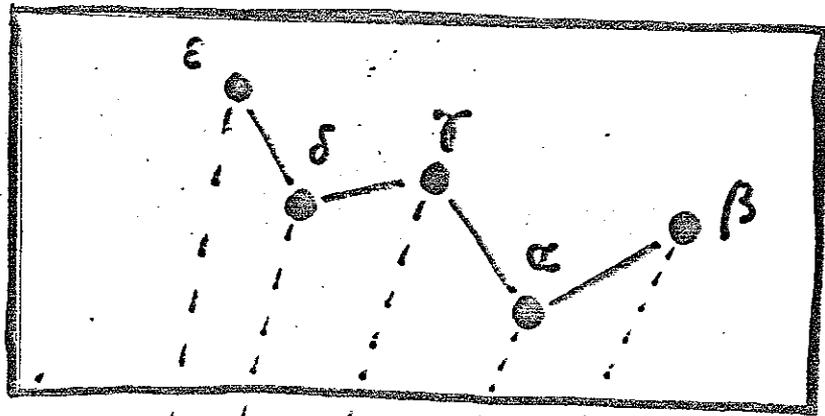
kjærlighetsgudinnen Afrodite

Zodiakus - Dyrekretsen.

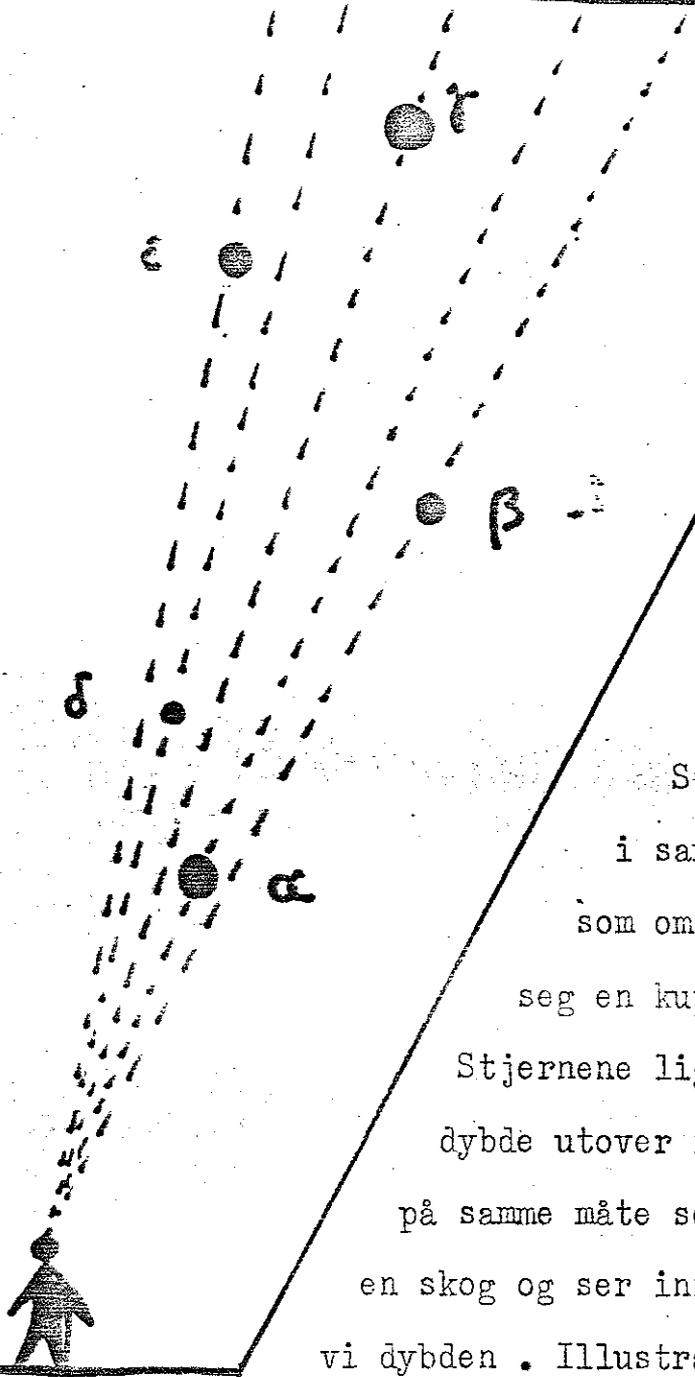


Dyrekretsen eller Zodiaken kalles de tolv stjernebildehe som ligger langs ekliptikken , altså langs den ruten som Solen synes å følge i løpet av året . Det er ikke Solen som beveger seg , men derimot Jorden , og illustrasjonen viser Solens tenkte bevegelse forårsaket av Jordens reelle bevegelse .

Dybde
i
himmel-
rommet .

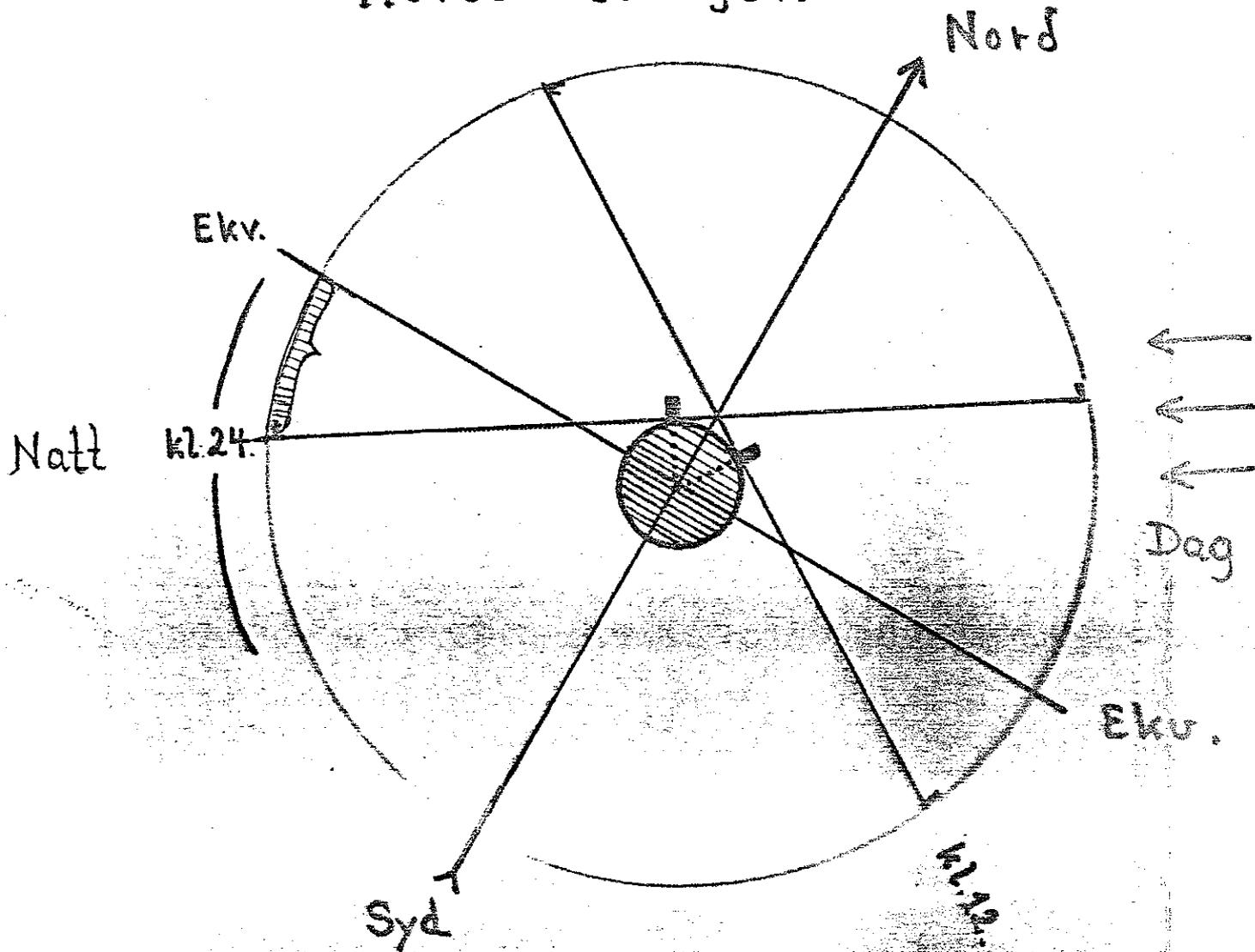


Cassiopeia

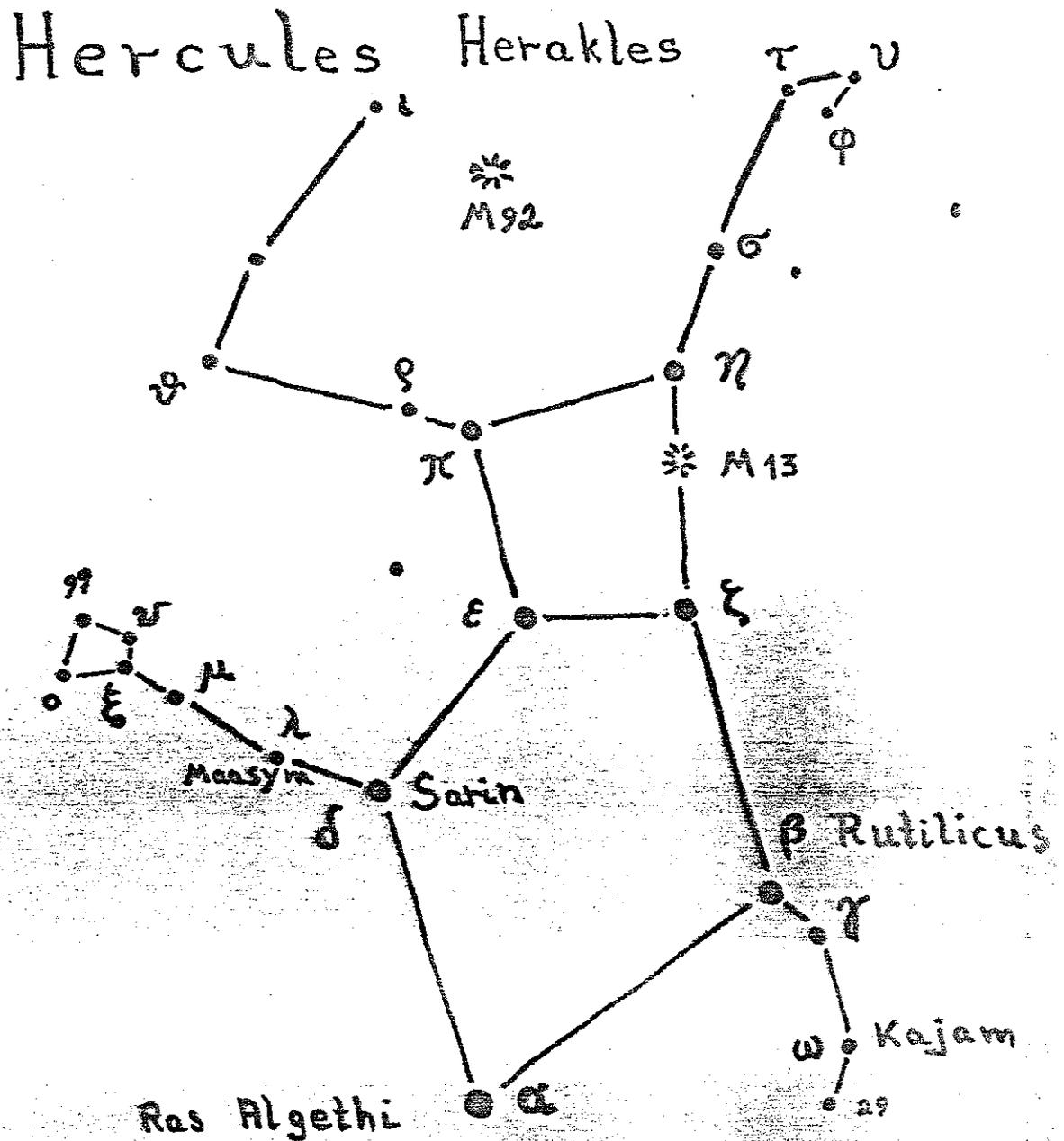


Stjernene ligger ikke
i samme plan på himmelen
som om det skulle befinne
seg en kuppel over oss !
Stjernene ligger i forskjellig
dybde utover i verdensrommet ,
på samme måte som når vi står ved
en skog og ser innover i den . Da ser
vi dybden . Illustrasjonen viser dette .

Synlig stjernehimme Horisontlinjen



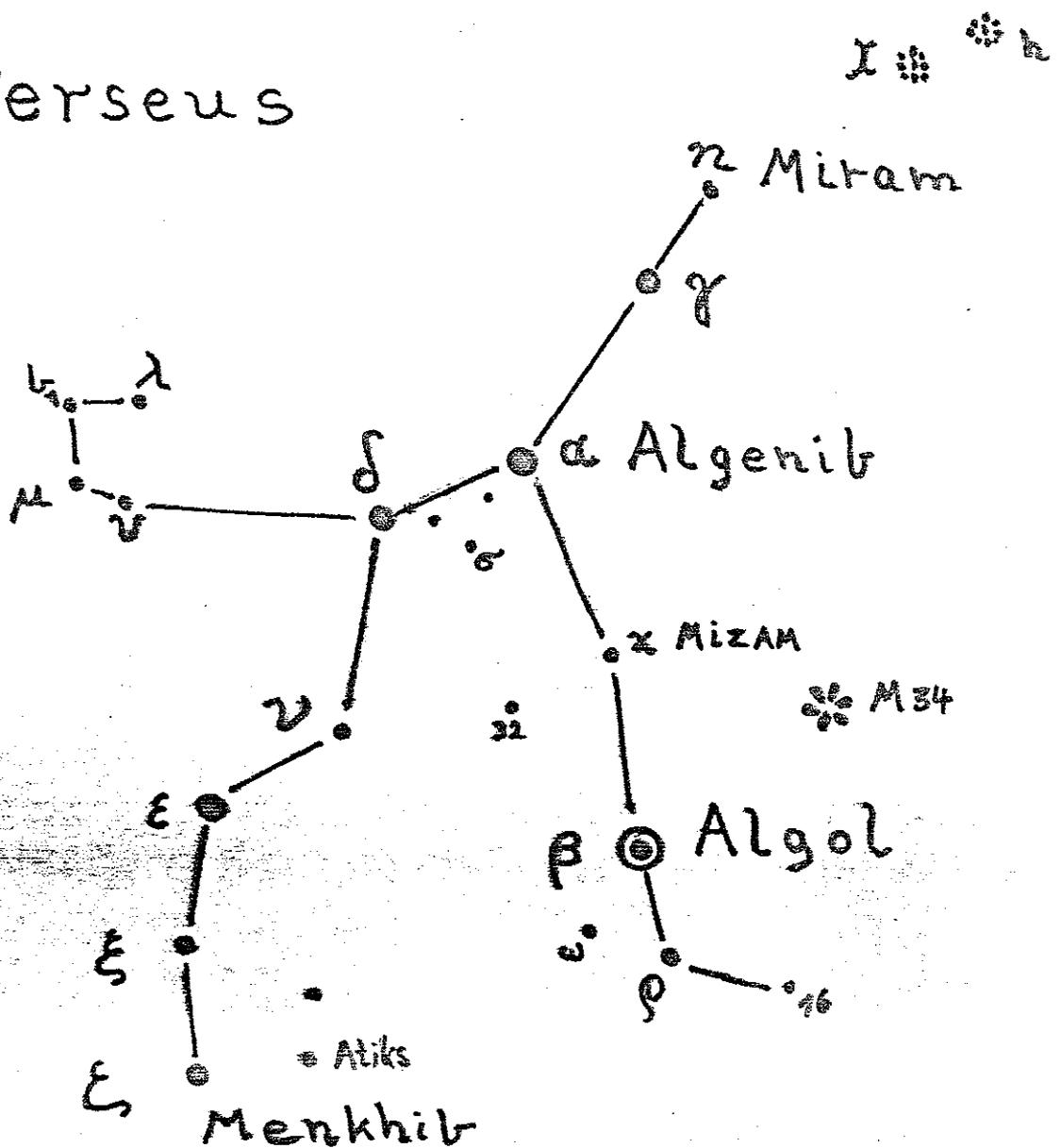
Denne illustrasjonen viser vår horisont klokken 24 , natt .
 Dersom vi sammenlikner den med ekvatorlinjen , så vil vi
 oppdage at vi på det tidspunktet kan se endel av stjerne -
 bilder som ligger på den sydlige himmelkulen .



Hercules eller Herakles er den virkelig store helten i mytologien , og dette stjernebildet ligger ved siden av bildet Lyra med den meget klare stjernen Vega .

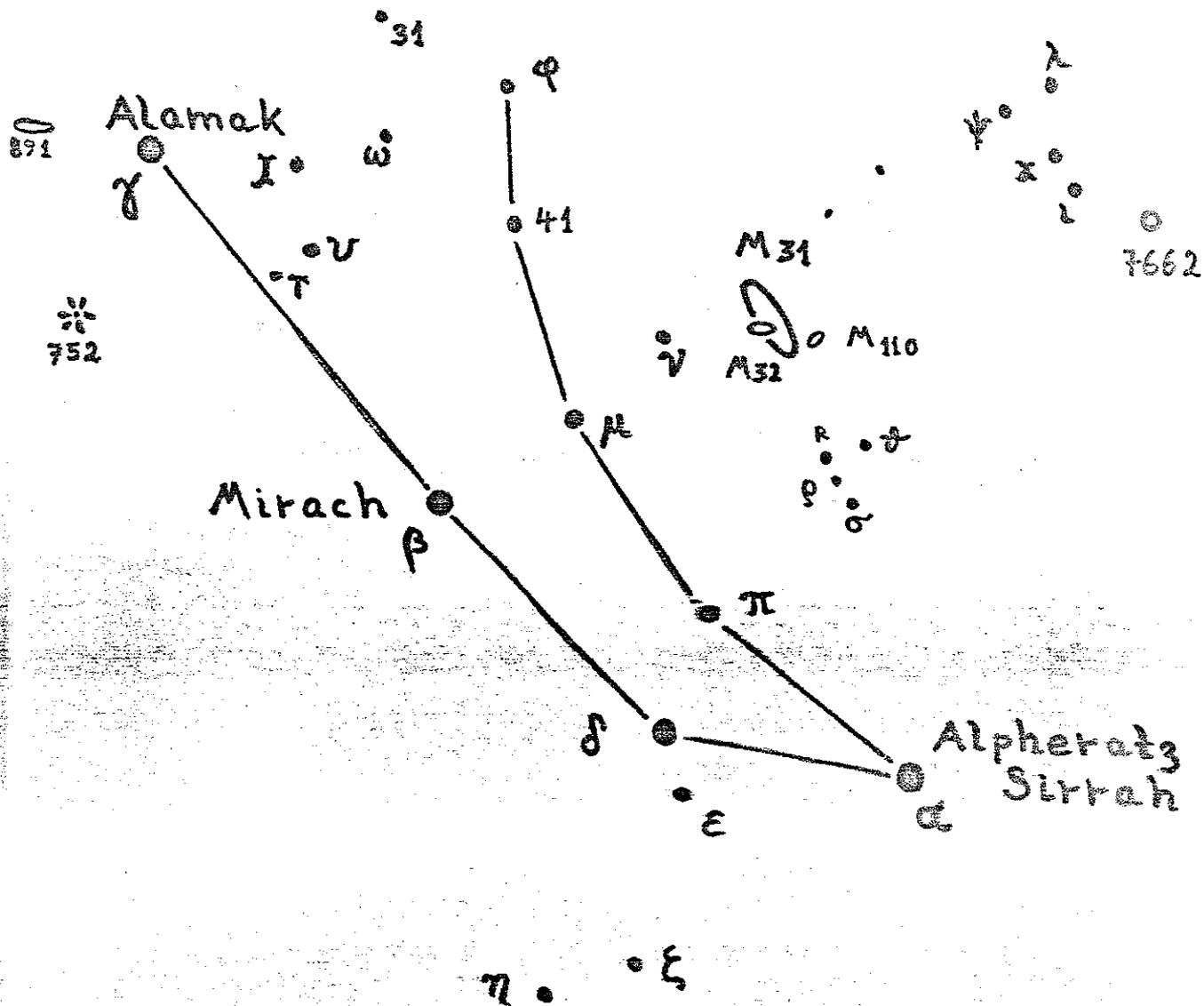
Stjernebildet Hercules står opp-ned på himmelen .

Perseus

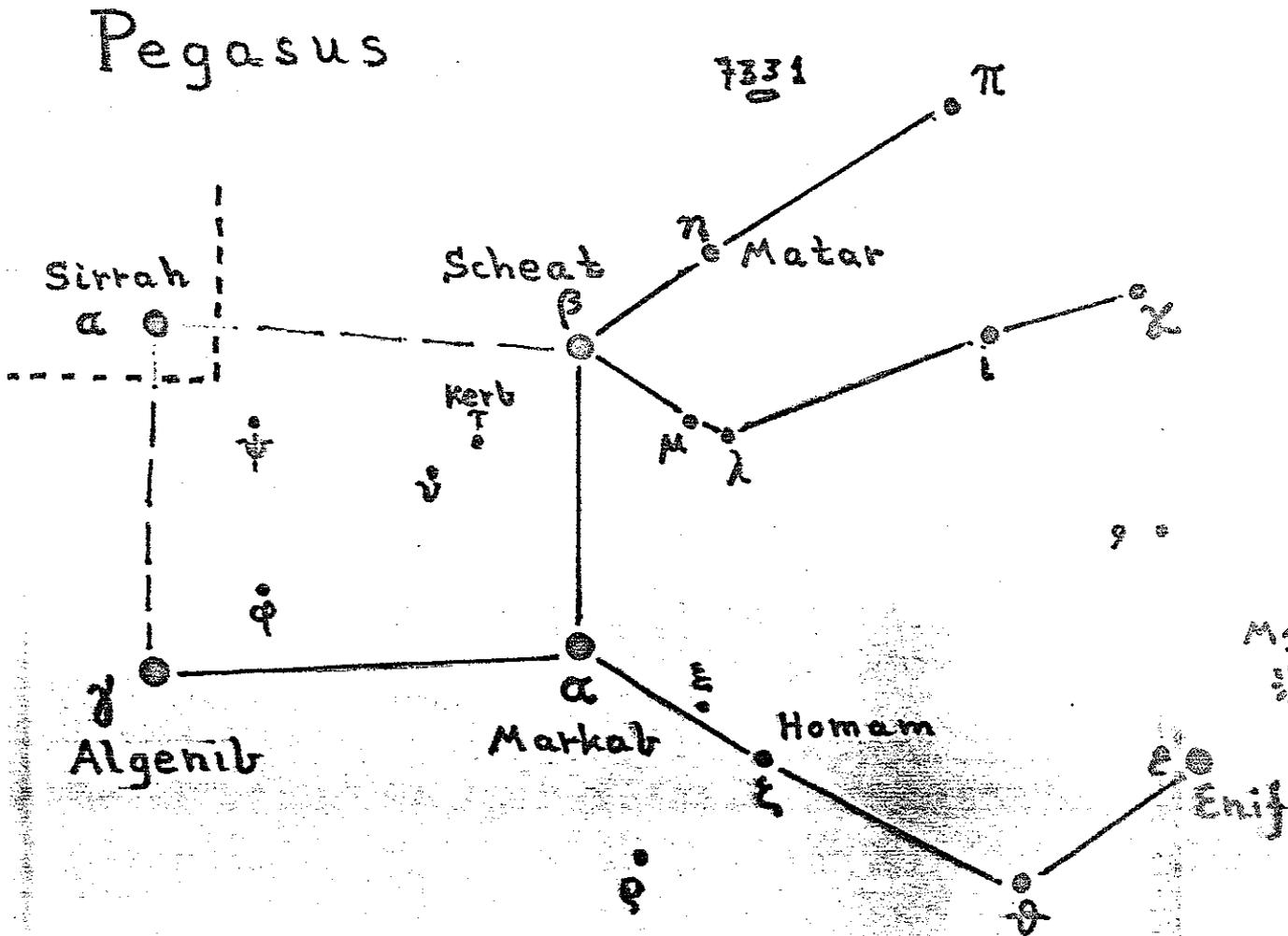


Perseus er også en av de helt store heltene i mytologien , og på illustrasjonen bærer han Medusahodet over skulderen , og den variable stjernen ALGOL er djevelens , eller uhyrets blinkende øye . Stjernebildet finner vi like over Taurus og Pleiadene .

Andromeda

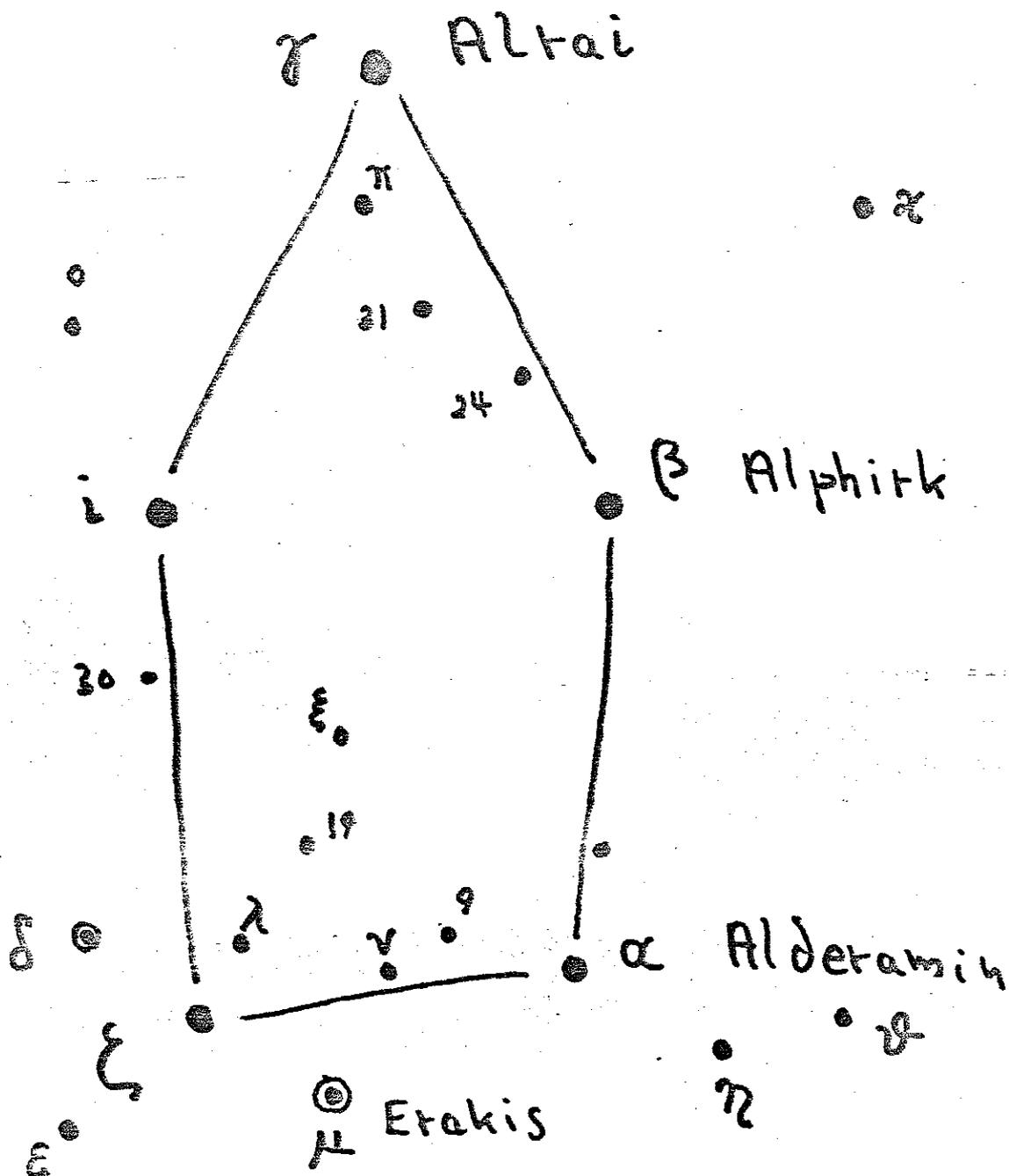


Andromeda er den vakre kvinnen som Perseus ble forelsket i og som han reddet livet til og fikk til hustru . Hun er datter av Cassiopeia og Cepheus . Stjernebildet henger sammen med bildet Pegasus , og begge står opp-ned på himmelen .



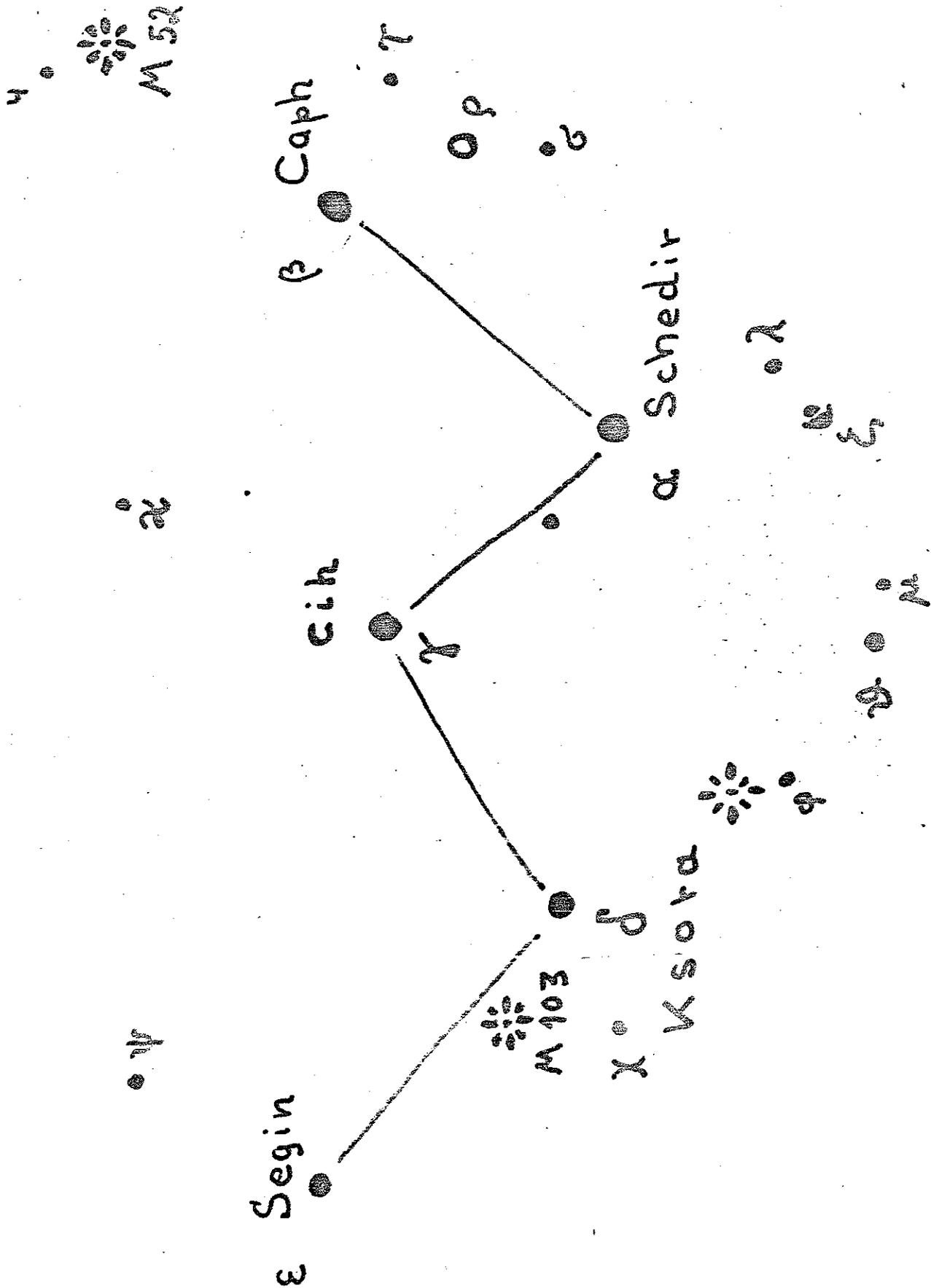
Pegasus er den flotte hesten med vinger som ble født av Medusa idet hun trakk sitt siste sukk etter at Perseus drepte henne . Den for rett opp til Zeus for å trekke vognen hans .

Cepheus - Kefeus. Sefeus

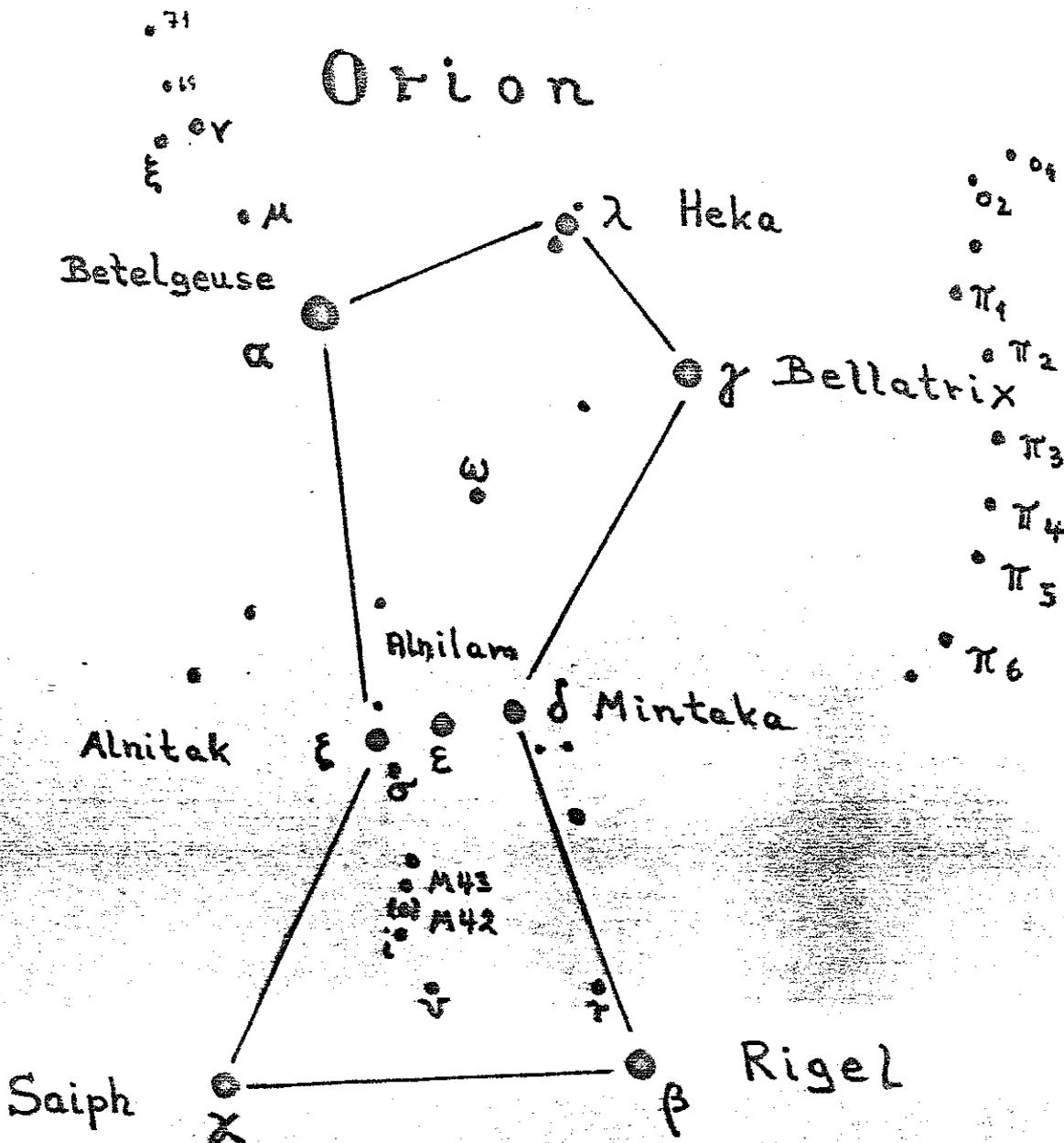


Cepheus var konge av Etiopia , og han var gift med Cassiopeia .
 Han var således far til Andromeda og lot Perseus få henne
 til hustru . Dette bildet ligger i nærheten av polen .

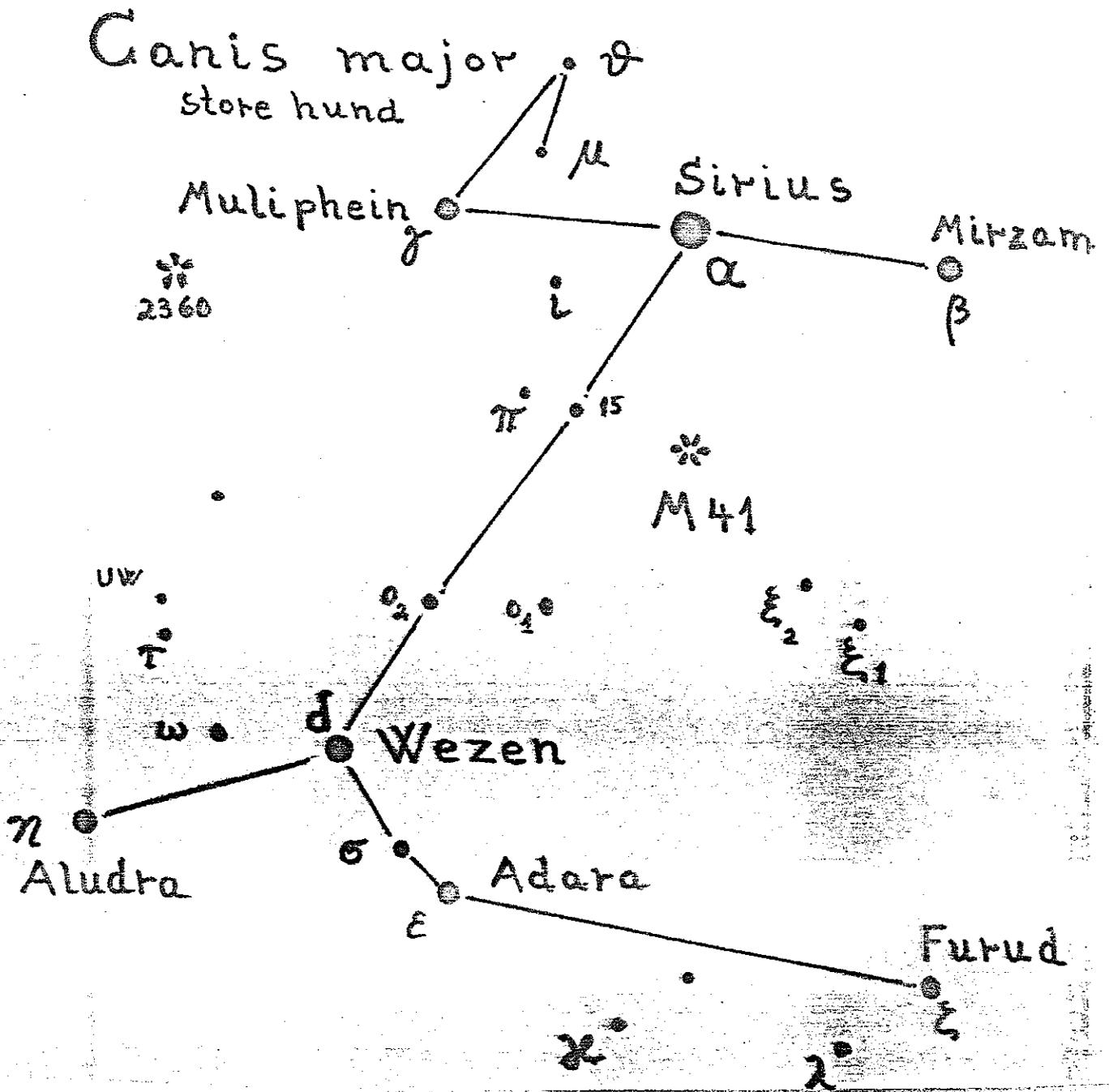
Cassiopeia



Cassiopeia var dronning av Etiopia , hustru til Cepheus og mor til Andromeda . Dette bildet er meget kjent på grunn av sin karakteristiske form og beliggenhet nær himmelpolen .

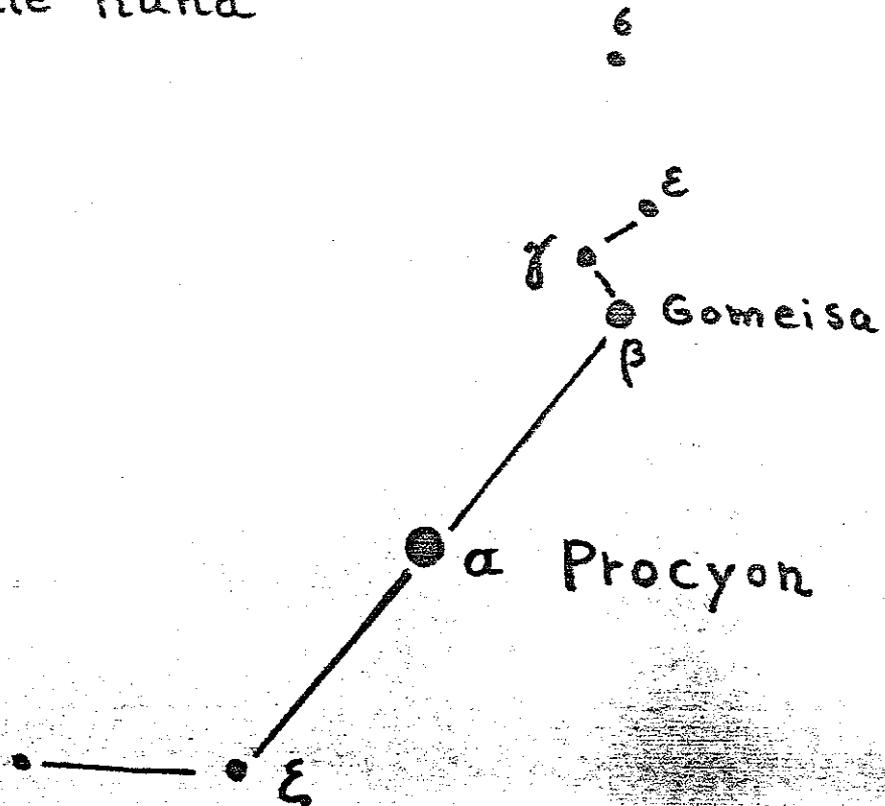


Den kjente jegeren Orion som fikk plass på himmelen etter at han var blitt bitt av en skorpion og truffet av en pil fra Artemis' bue . Dette er et kjent og vakkert bilde som de fleste lett finner på vinterhimmelen .



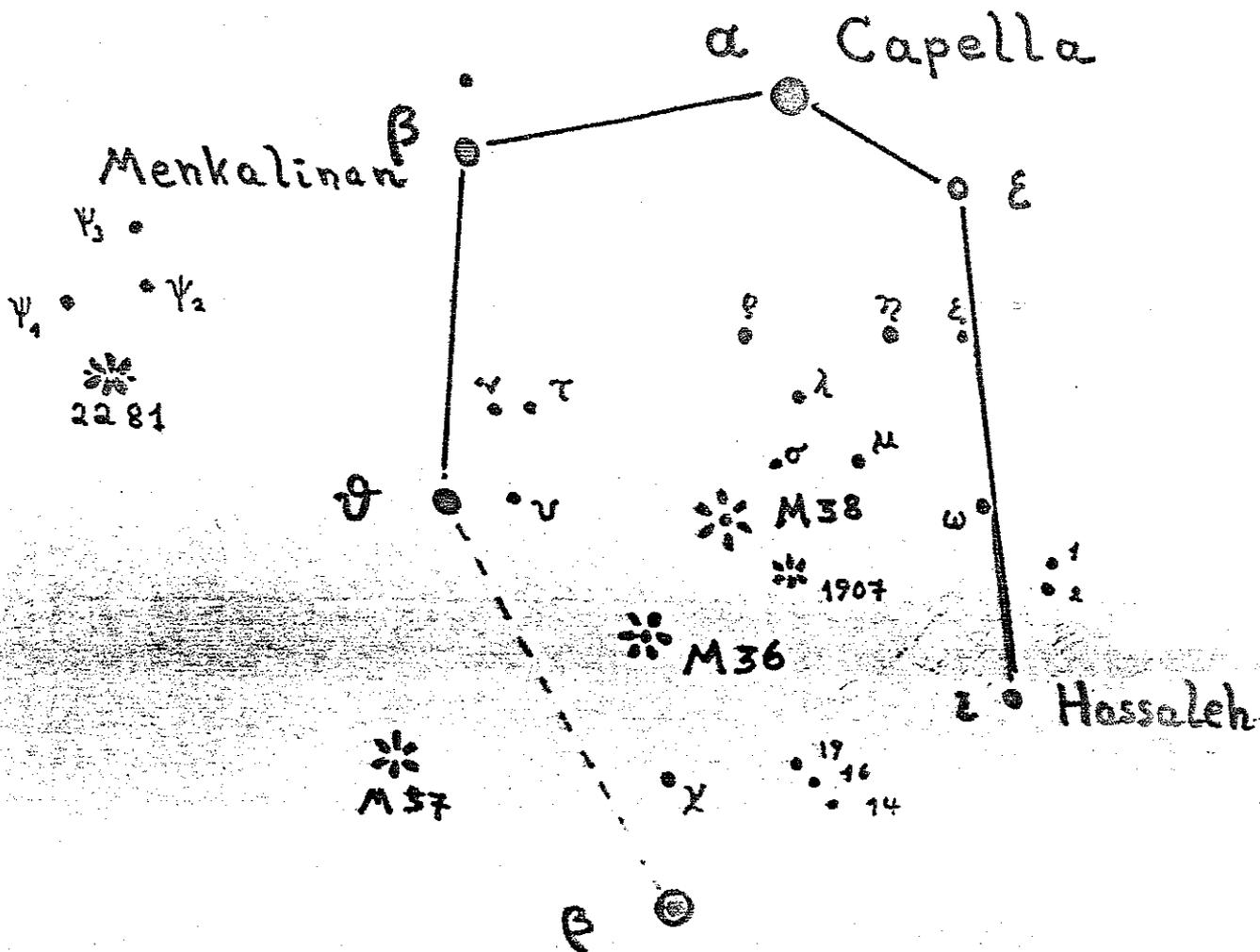
Stjernebildet Store hund er ikke særlig tydelig , men man finner ganske lett den meget klare stjernen Sirius .
 Dette er en av hundene til Orion .

Canis minor
lille hund



Stjernebildet Lille hund er heller ikke tydelig, men her har vi den klare og kjente stjernen Procyon. Dette bildet ligger noe ovenfor Store hund, og er også Orions hund.

• δ
Auriga Kusken

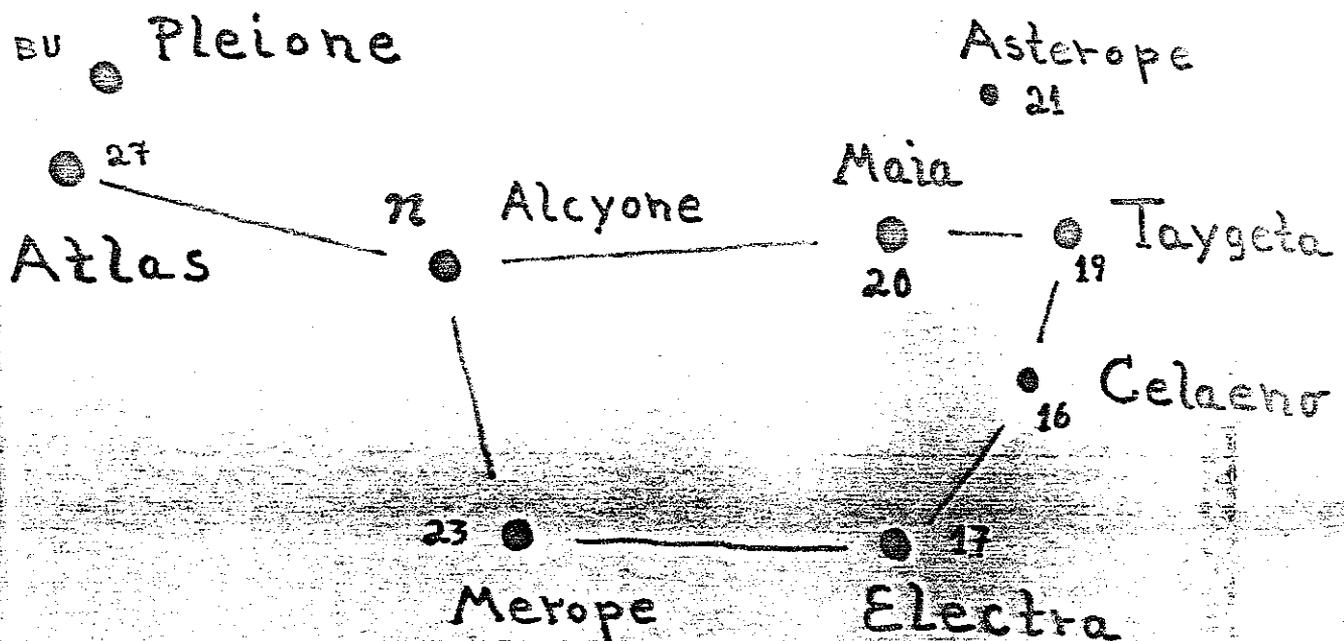


Auriga bør egentlig oversettes med Vognmannen . På gresk heter bildet Heniochos - den som holder tøylenes . Altså , den som tøyler oxen Taurus . Dermed kan vi også bruke navnene : Oksedriveren og Kusken .

Stjernen Capella betyr - lille hungeit . Denne geita holder oksedriveren i armen sin . Oksedriveren er Jupiter/Zeus .

Pleiadene

Syvstjernen

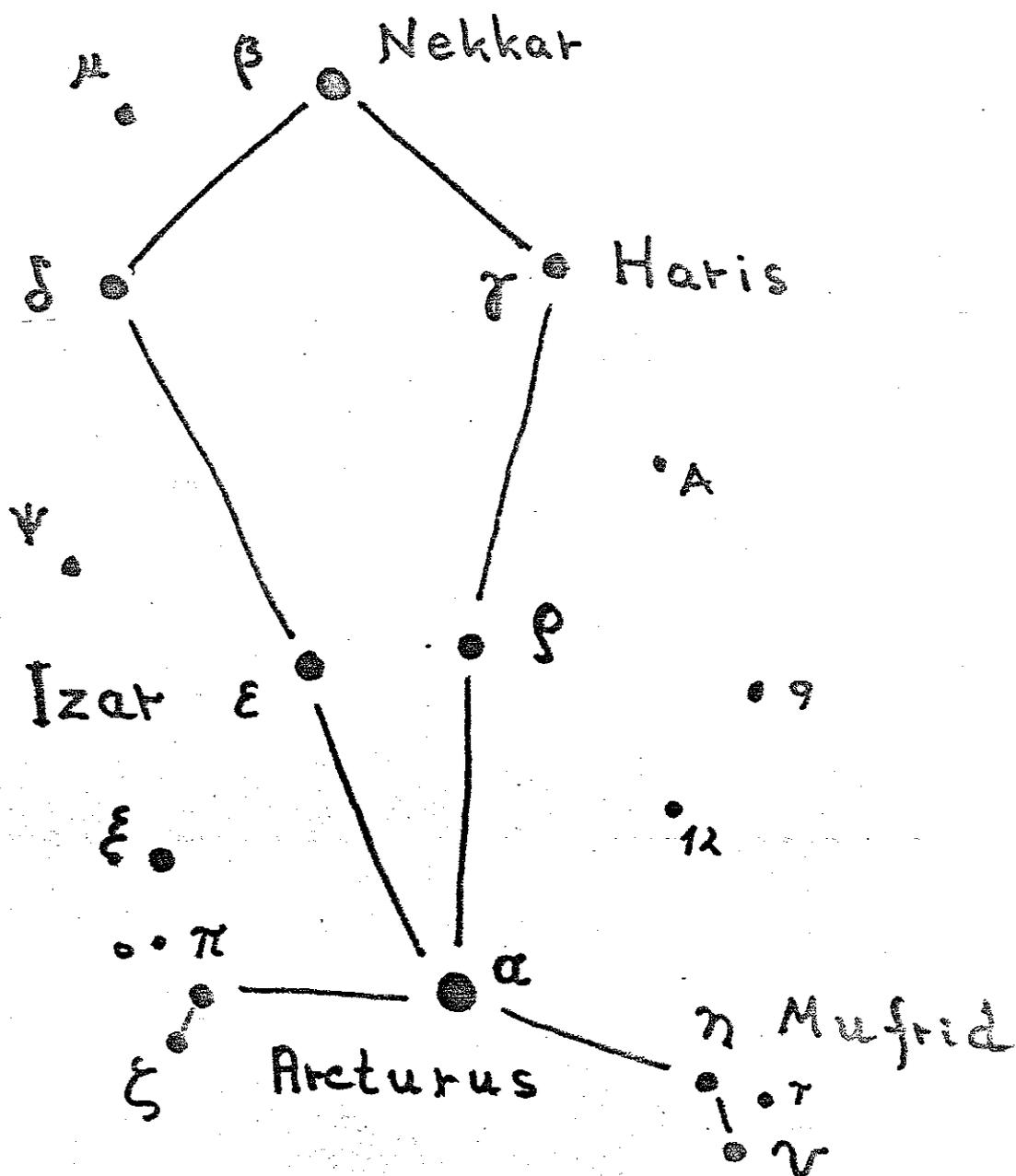


Pleiadene er en del av stjernebidet Taurus , og denne delen er også kjent under navnet , Syvstjernen .

Mytologisk er Pleiadene barn av Pleione og Atlas .

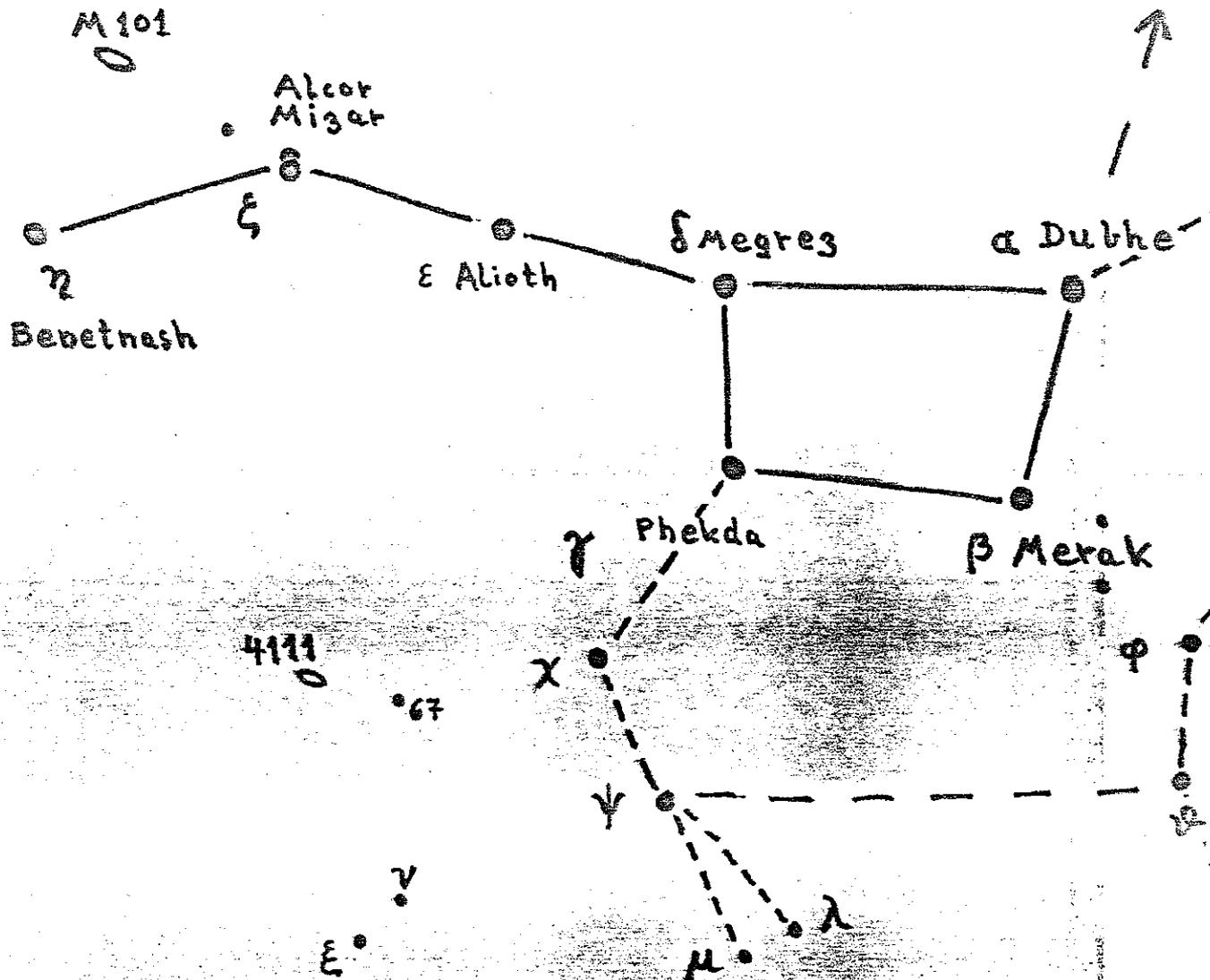
På illustrasjonen ser man både Atlas , Pleione og Pleiadene .

Bootes Gjeteren Bjørnevokteren



Stjernebildet Bootes eller Bjørnevokteren ligger noe nedenfor og i forlengelsen av draget på Karlsvognen .
 Mytologisk er det han som vokter bjørnene , nemlig Store bjørn og Lille bjørn . Stjernen Arcturus eller Arkturos betyr : -
 "den som holder bjørnene" .

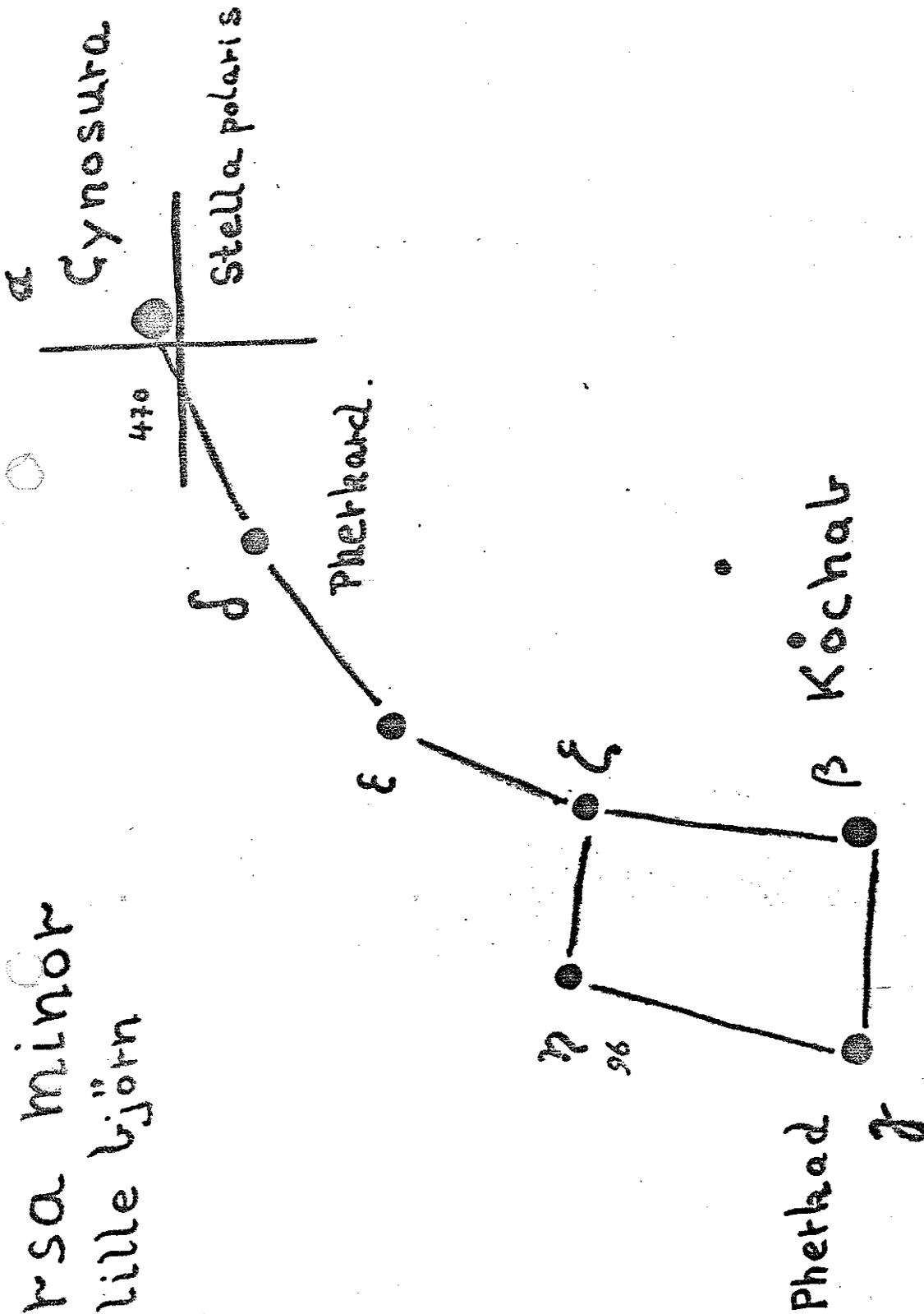
Ursa major store björn



Stjernebildet Ursa major eller Store björn, omfatter adskillig mer enn bare Karlsvognen . Karlsvognen er bare den bakre delen med halen . Illustrasjonen antyder resten av bildet Store björn .

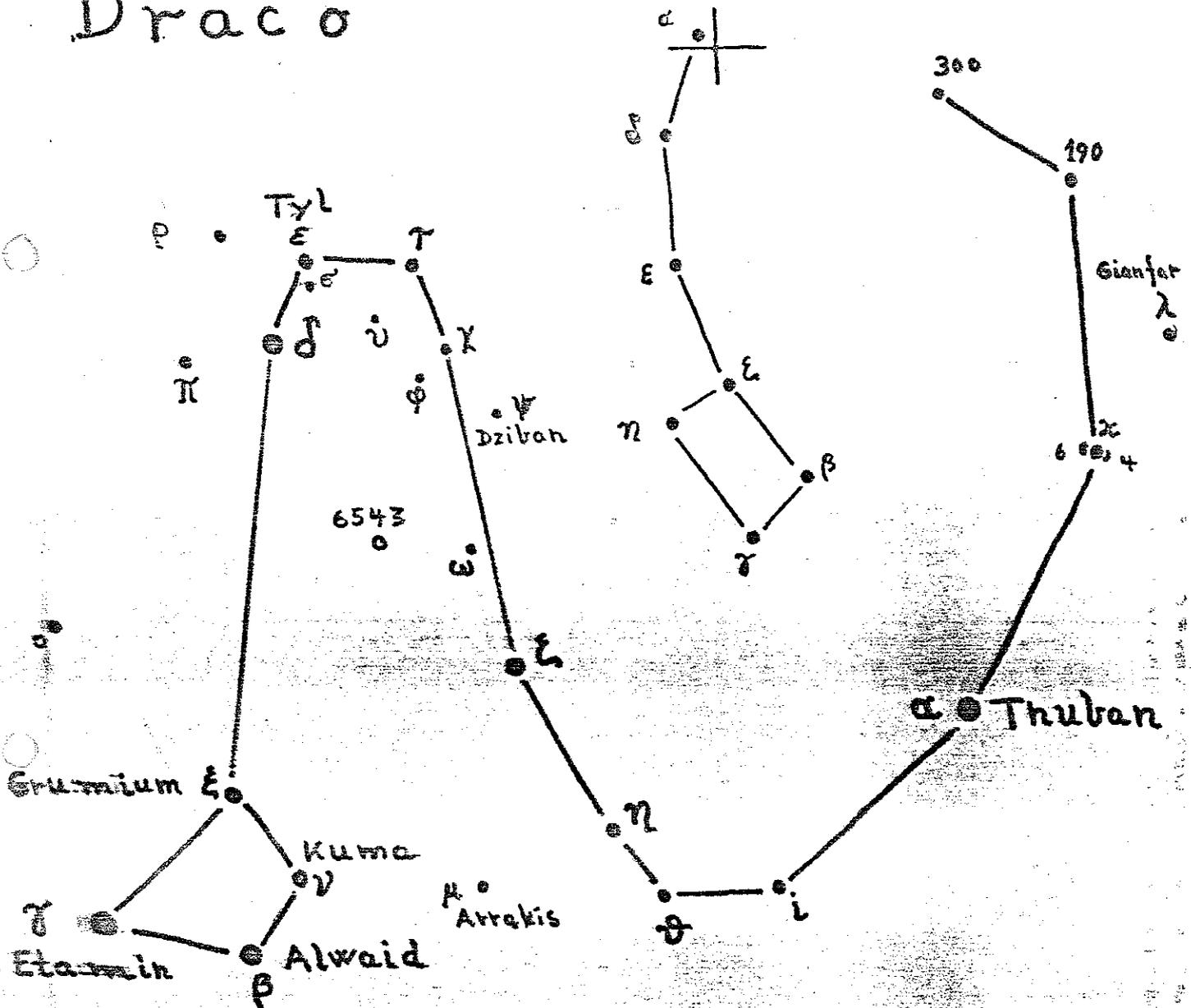
Mytologisk er Store björn nymfen Kallisto som en rasende Artemis forvandlet til en björn fordi Zeus lå med Kallisto .

Ursa minor
lille björn

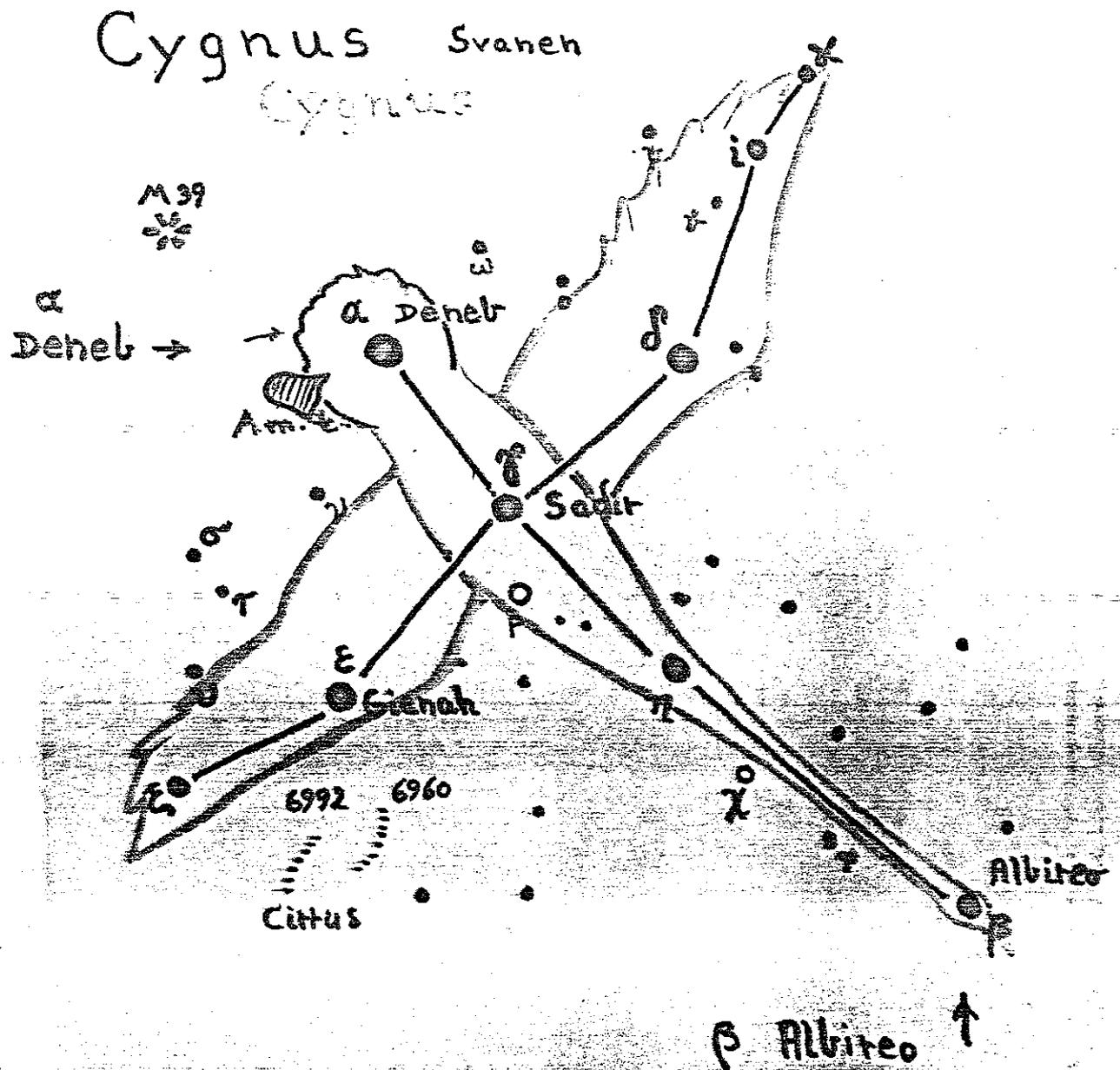


Ursa minor eller Lille björn ligger ved himmelpolen , og stjernen Gynosura , er i ennå lang tid Polarstjernen . Mytologisk er Lille björn sønnen til Zeus , Arkas , som han fikk med nymfen Kallisto . Zeus forvandlet Arkas til björn .

Draco



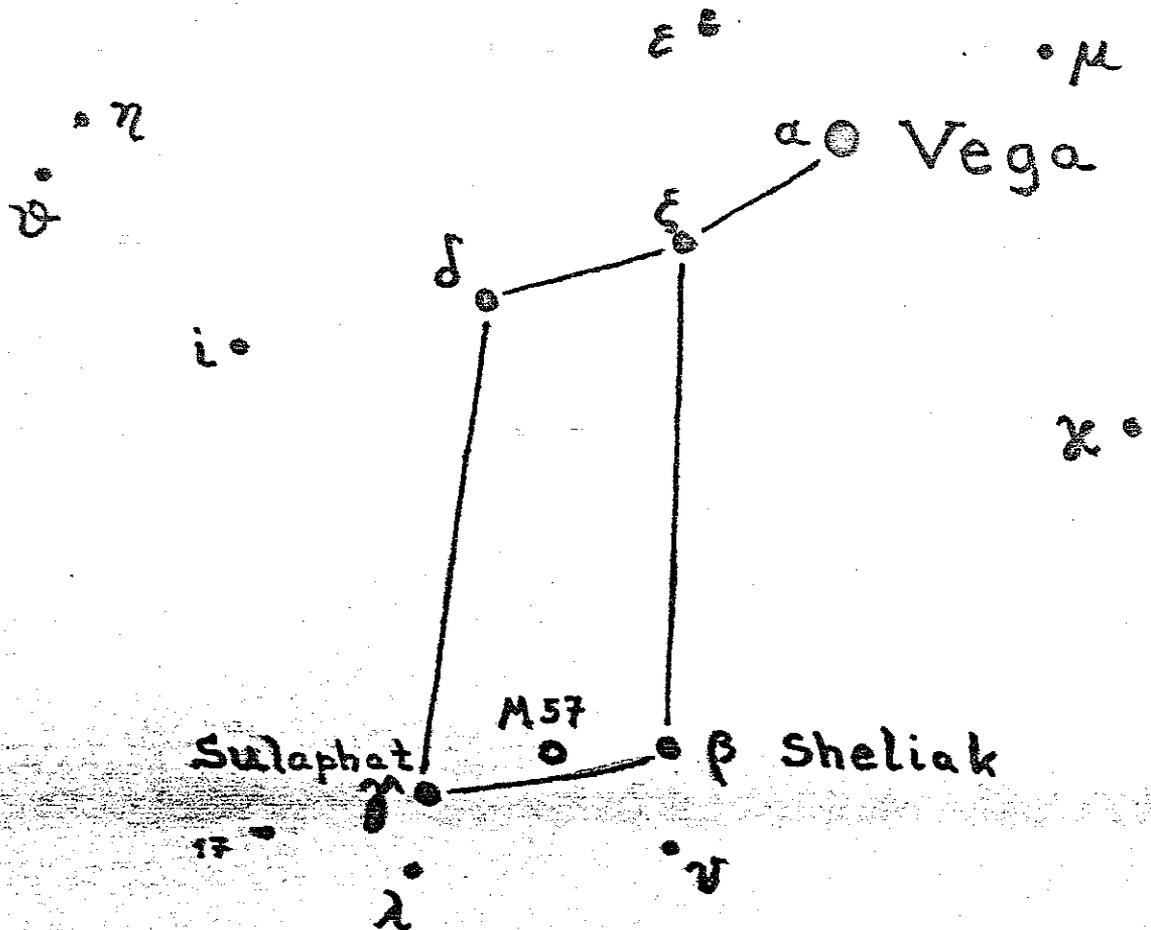
Draco eller Draken finner vi ligger mellom de to bjørnene , -
 og dette bildet er temmelig langstrakt og ikke særlig tydelig .
 Mytologisk er Draken den samme som vokter over "det gyldne
 skinn" som ble hentet tilbake av JASON og Argonautene .



Cygnus eller Svanen ligger like ved siden av Hercules , og det er et tydelig bilde med bl.a. stjernen Deneb . Det blir også kalt for : Det nordlige kors .

Mytologisk er Svanen den samme som Zeus omskapte seg til da han besøkte og forførte Leda .

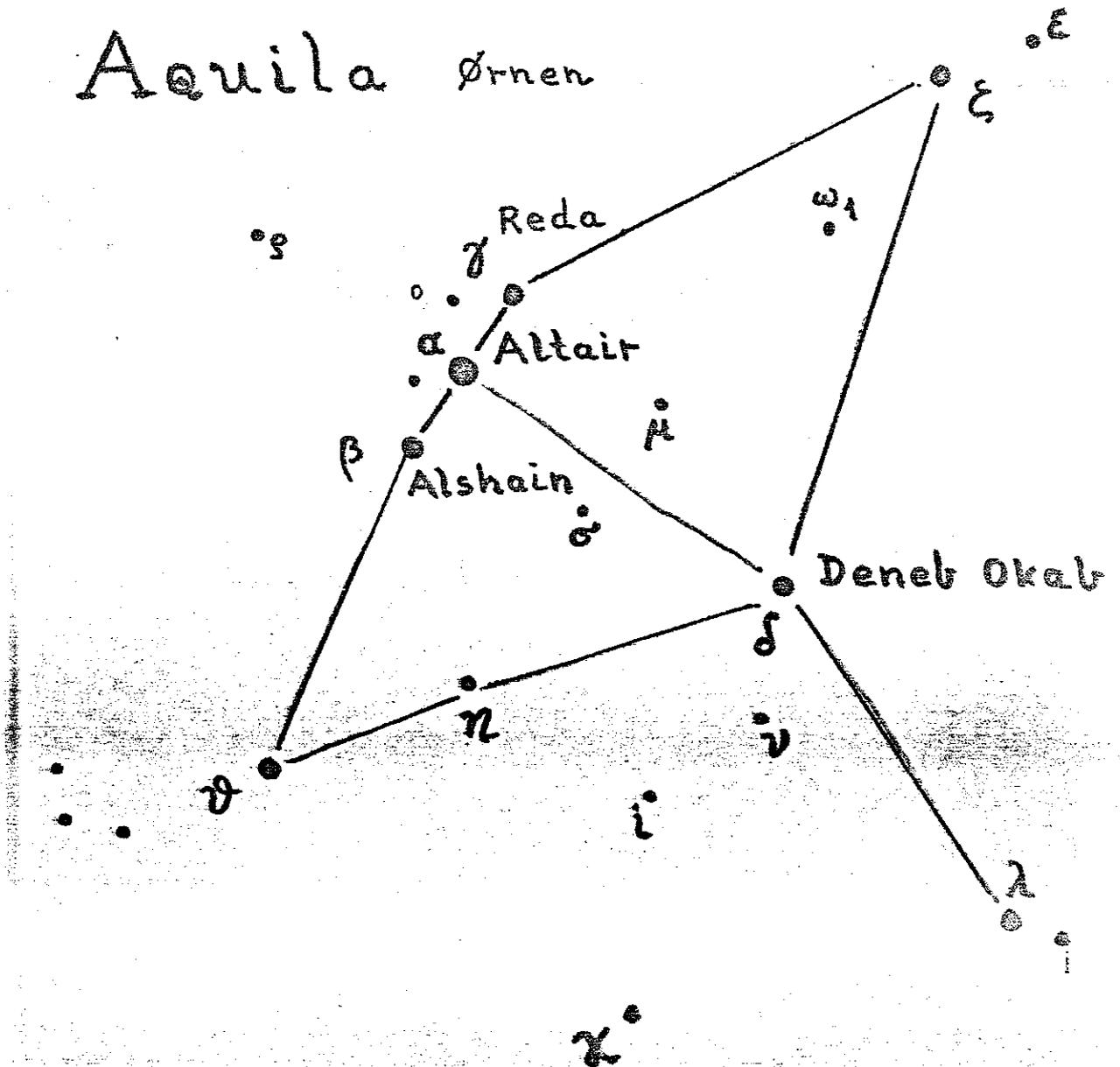
Lyra



Lyra er et lite bilde som ligger "inneklemt" mellom Cygnus og Hercules , og vi finner den kjente og klare stjernen Vega .

Det er lyren til Orfeus , altså et strengeinstrument , som er blitt plassert på himmelen av Zeus som en æresbevisning .

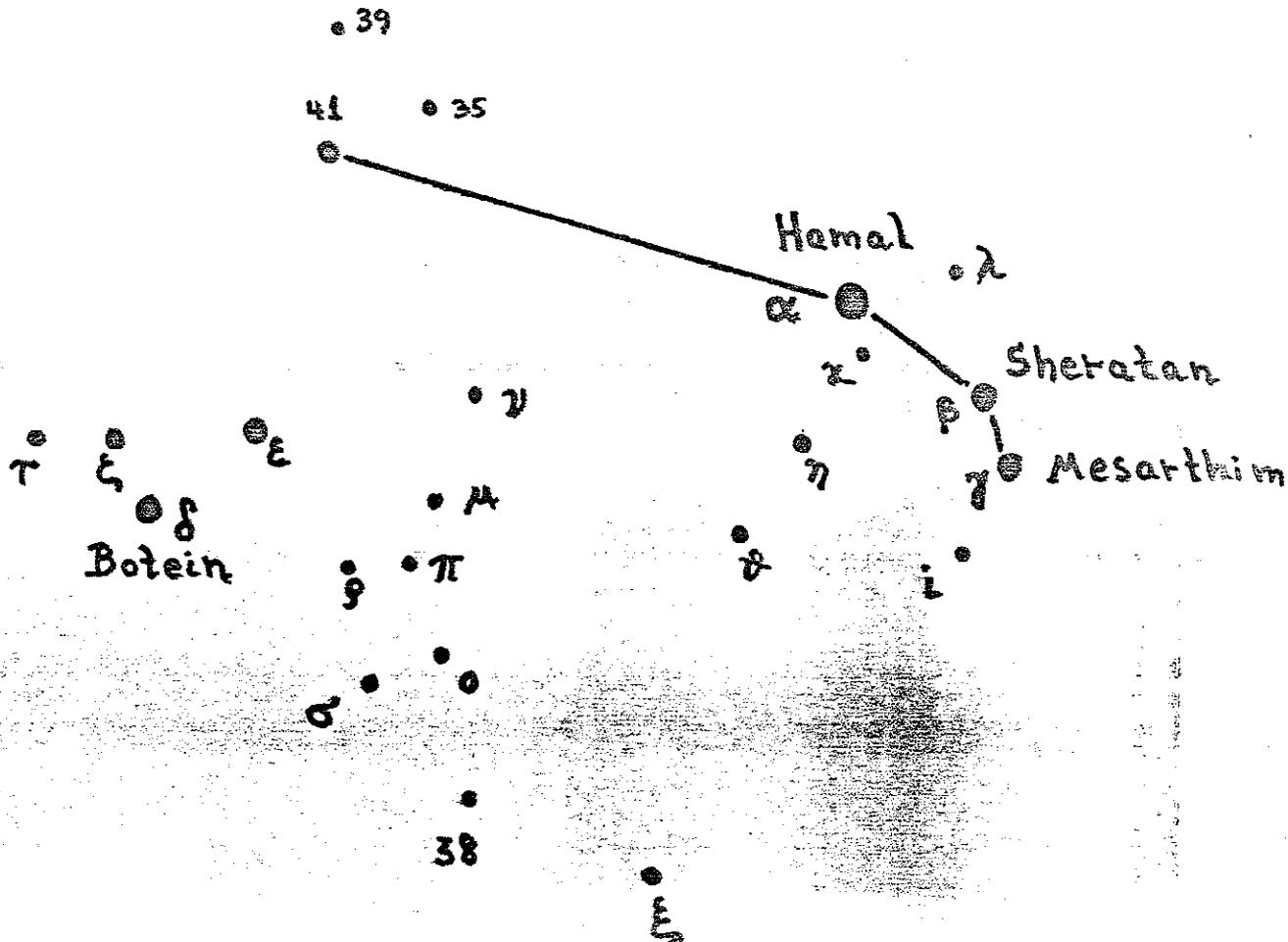
Aquila Ørnen



Dette bildet Aquila eller Ørnen finner vi et stykke nedenfor Cygnus og Lyra , og vi ser også tydelig den klare stjernen Altair .

Den ørnen det er tale om, er den store ørnen til Zeus .
Ørnen er et symbol på guddom og storhet .

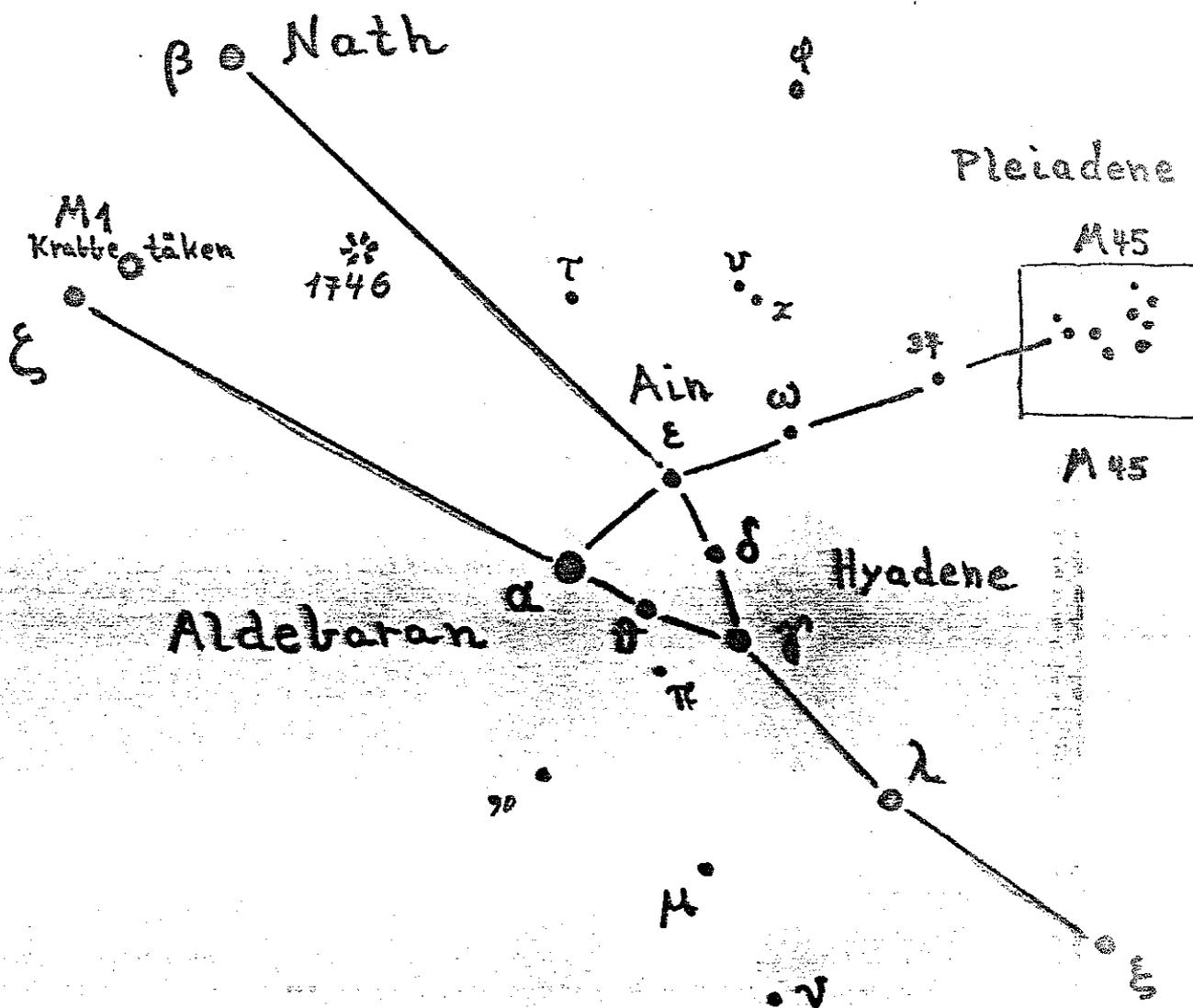
Aries Væren



Bildet Aries eller Væren er et lite og beskjedent bilde som ligger ved siden av Taurus .

Mytologisk er Væren , den berømte væren med det gyldne skinnnet og de gyldne krumme hornene . Den væren ble ofret av Zeus ved en anledning , men fikk derfor sin plass på himmelen .

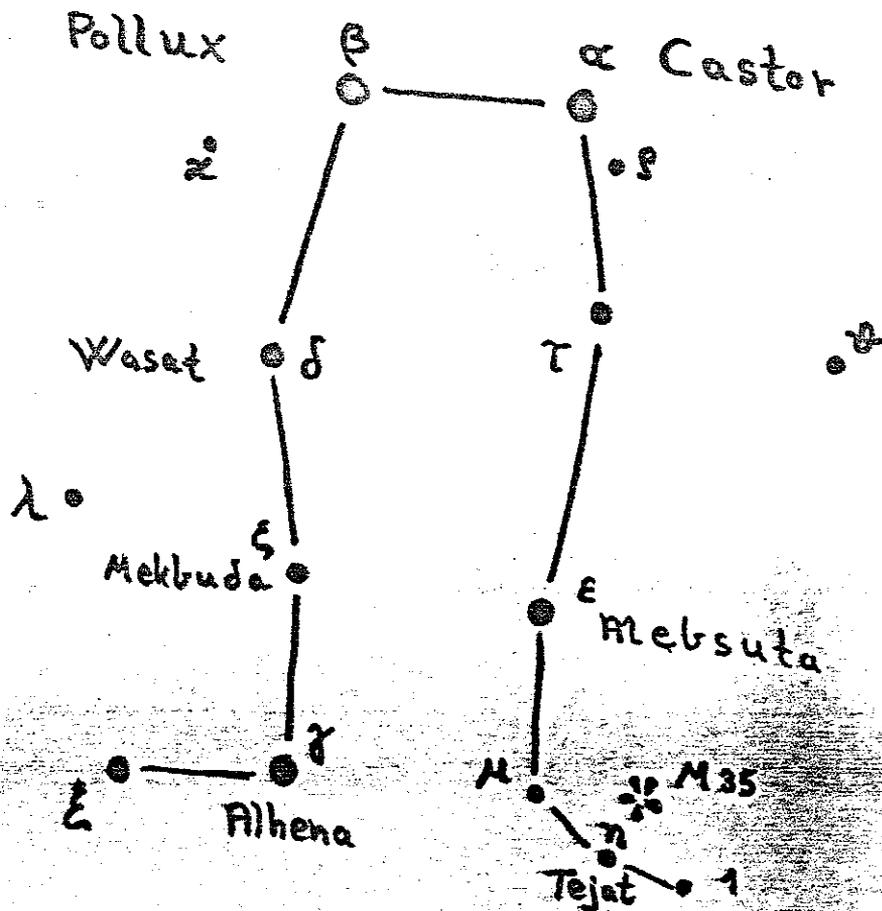
Taurus Tyren , Oksen



Taurus er et relativt godt kjent stjernebilde , både på grunn av den klare stjernen Aldebaran , Pleiadene og Hyadene .

Mytologisk er Taurus den oksen som Zeus omskapte seg til da han nærmet seg Europa , datter til Agenor , sønn av Poseidon . Zeus dro avsted med henne, og hun ble hans elskerinne .

Gemini twillingene

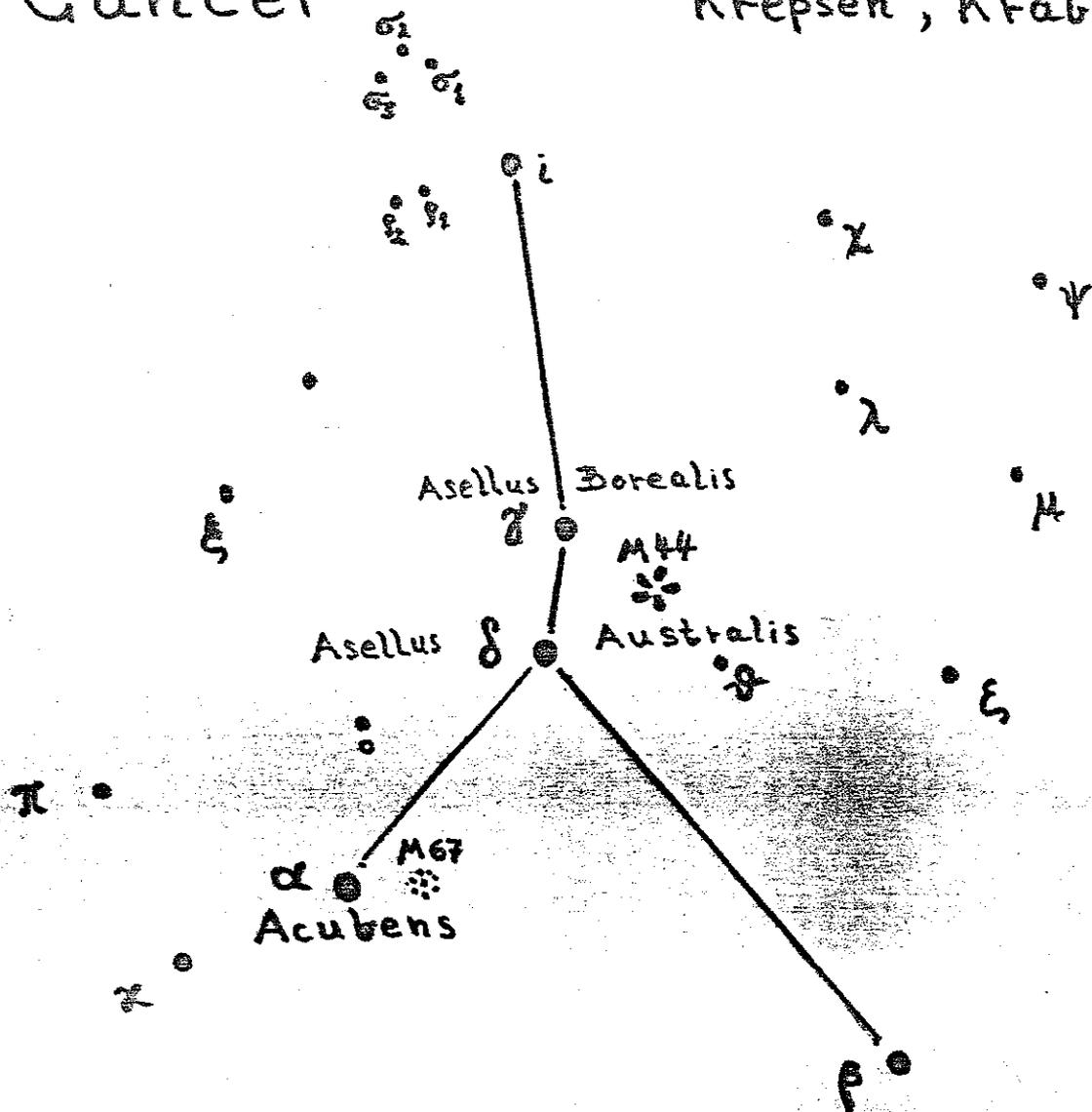


Stjernebildet Gemini ligger litt ovenfor Orion og har de to kjente stjernene : Castor og Pollux .

Mytologisk er Pollux og Castor tvillinger , - de har begge samme mor , Leda , men Zeus er far til Pollux , og han er udødelig . Tyndareos er far til Castor , og han er vanlig dødelig. Disse to brødrene ble helt uadskillelige .

Cancer

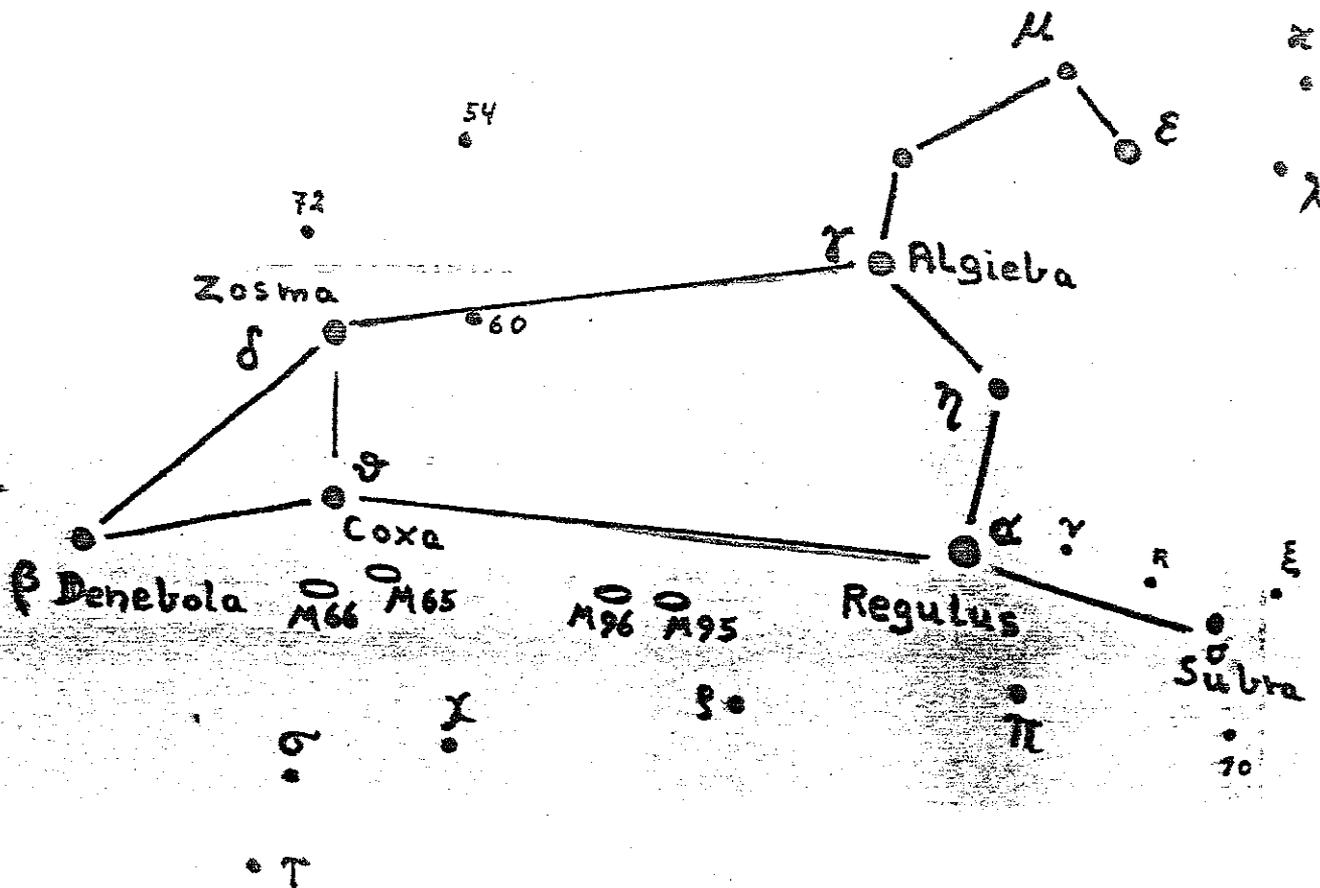
Krepsen , Krabben



Dette bildet er både lite og nokså utydelig , men det ligger mellom Gemini og Leo .

Mytologisk er Cancer den krabben som bet seg fast i benet til Hercules , men som Hercules tråkket ihjel .

Leo Løven



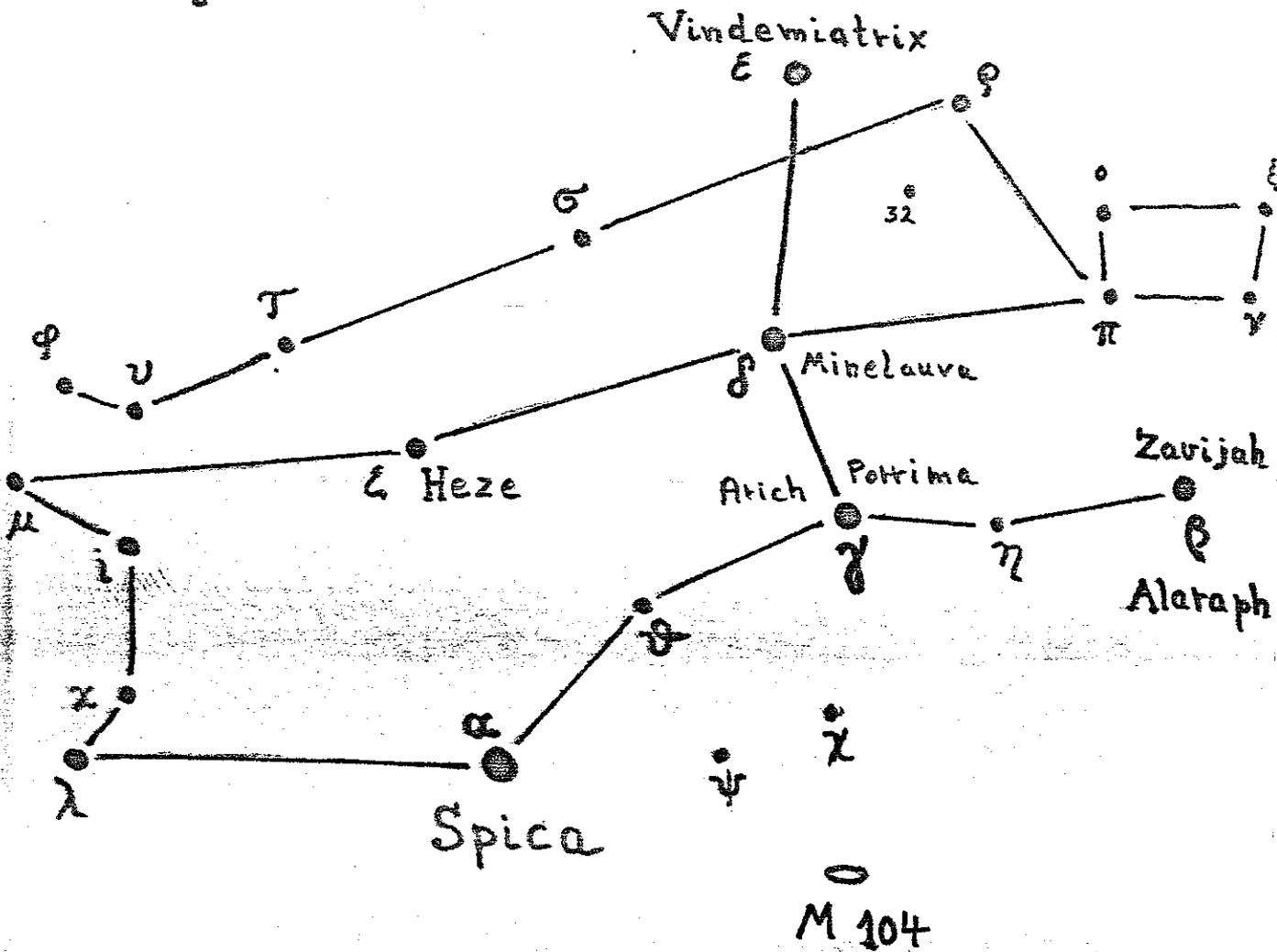
Leo - Løven , er et stort , tydelig og vakkert bilde som det er nokså lett å finne på stjernehimmelen .

Det har den klare stjernen Regulus , som ligger på Ekliptikken .

Mytologisk er Leo den løven som Hercules drepte , og hvis skinn han siden alltid bar på seg .

Virgo

Jomfruen

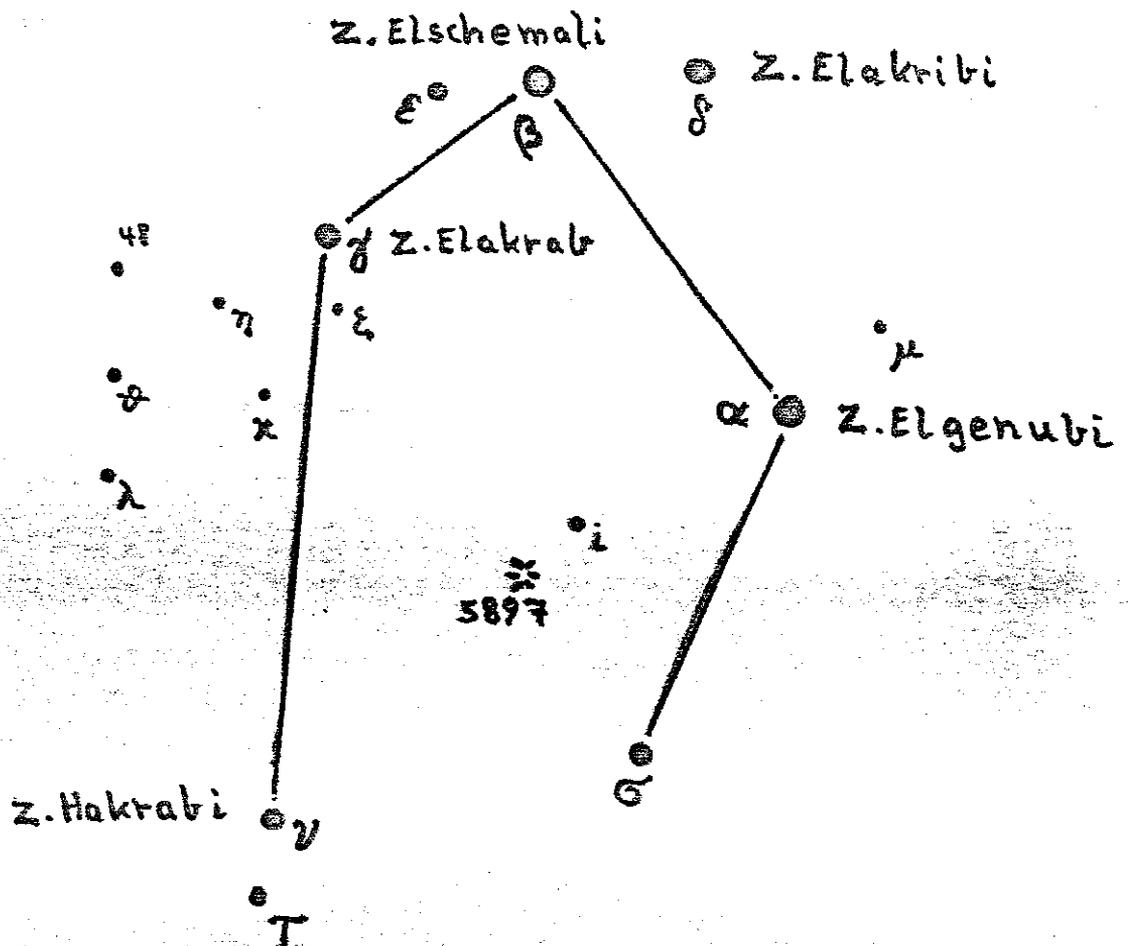


Virgo eller Jomfruen er et stjernebilde som er nokså utydelig , men det har den kjente stjernen Spica . Mytologisk er dette rettferdighetens gudinne Justitia eller Astrea .

Libra

Vekten

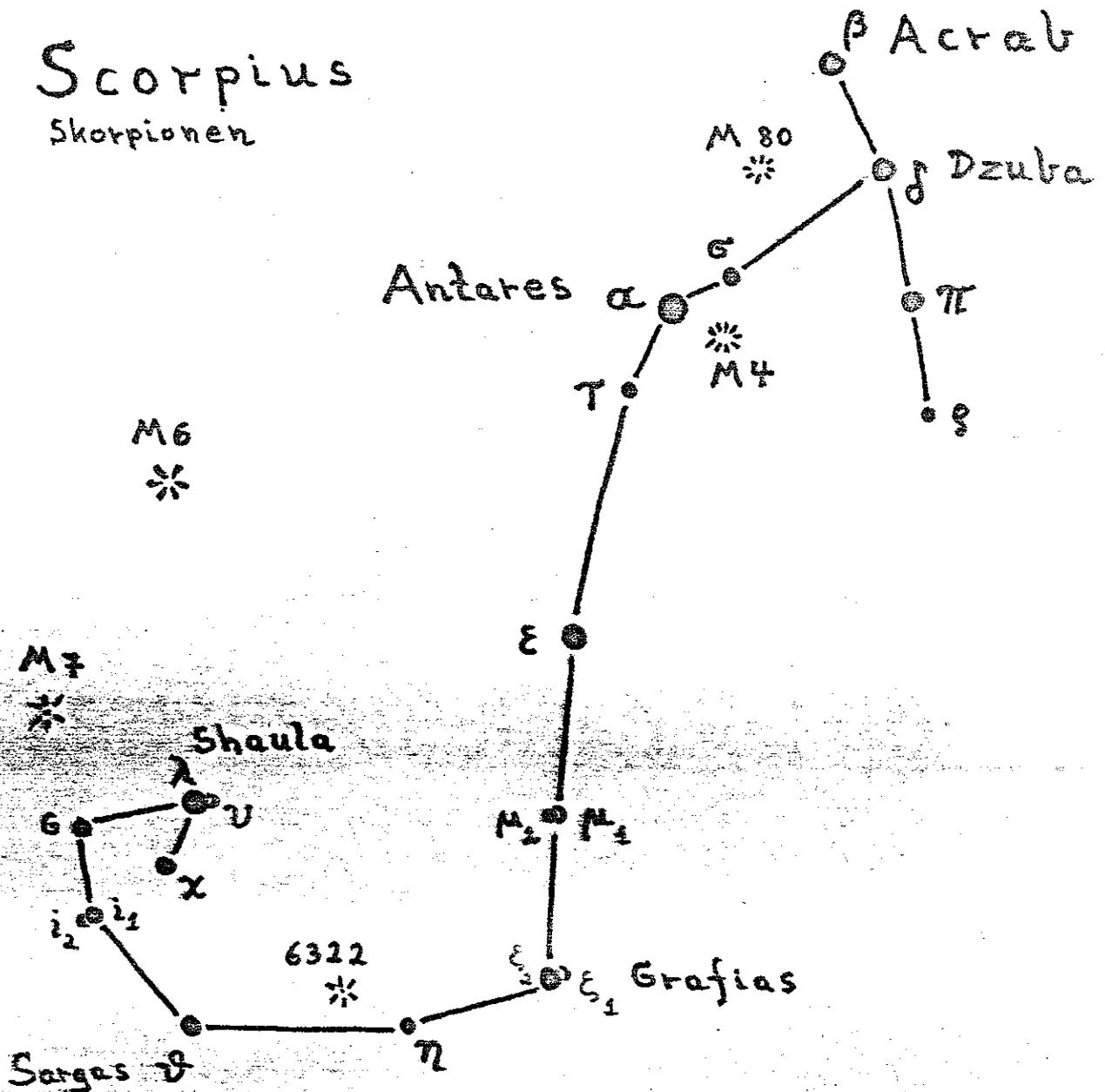
Z. = Zuben



Libra ligger på den sydlige delen av vår stjernehimmel .

Stjernebildet Libra eller Vekten er et lite bilde som ikke gjør mye av seg . Dette bildet har tidligere tilhørt bildet Scorpius .

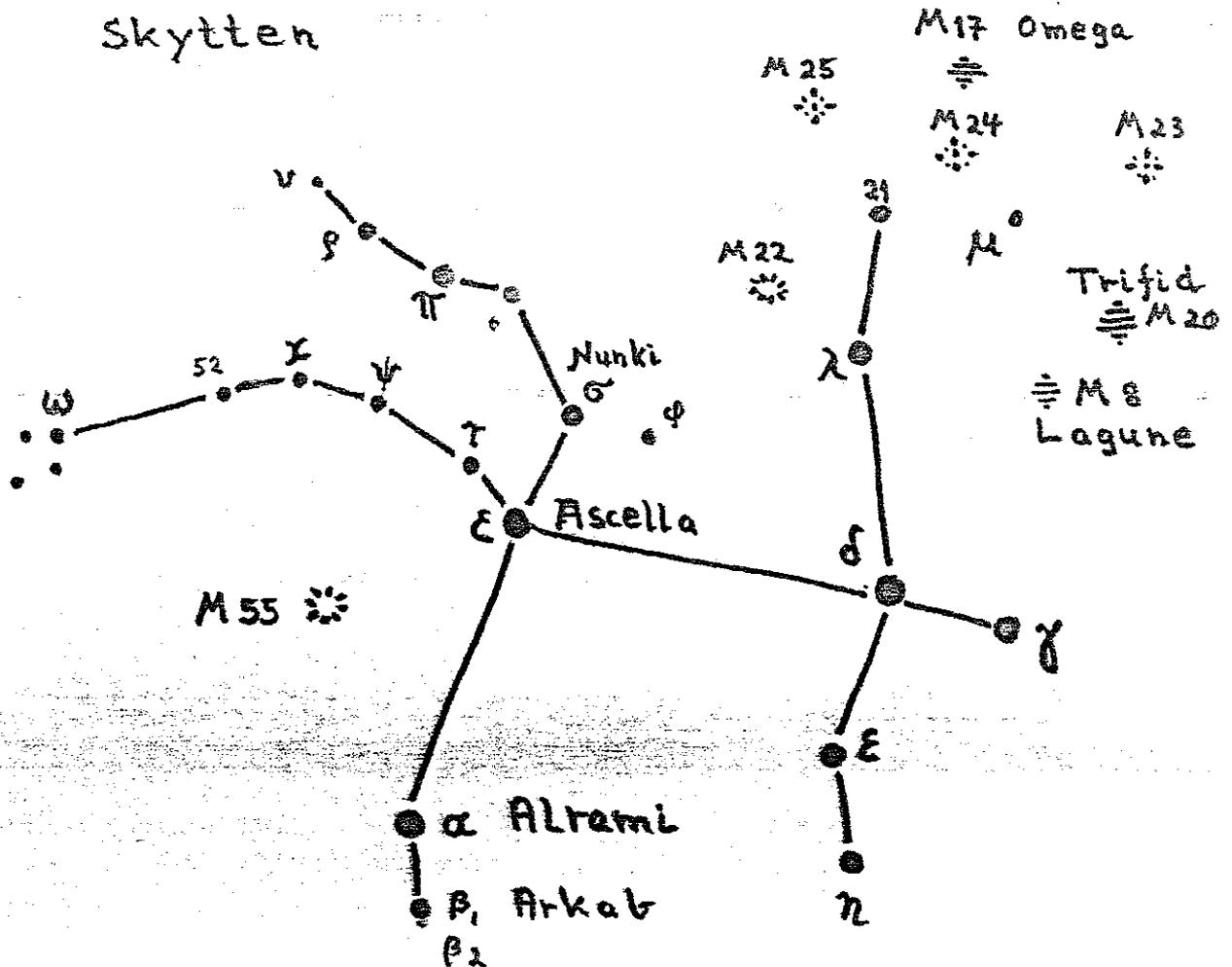
Mytologisk er dette vekten til Virgo - Justitia/Astrea .



Dette bildet ligger langt syd på vår stjernehimmel .

Scorpius eller Skorpionen er et velkjent bilde som er relativt lett å få øye på . Vi merker oss spesielt Antares , som er en av de største stjerner som vi kjenner . Mytologisk er dette den skorpionen som stakk Orion .

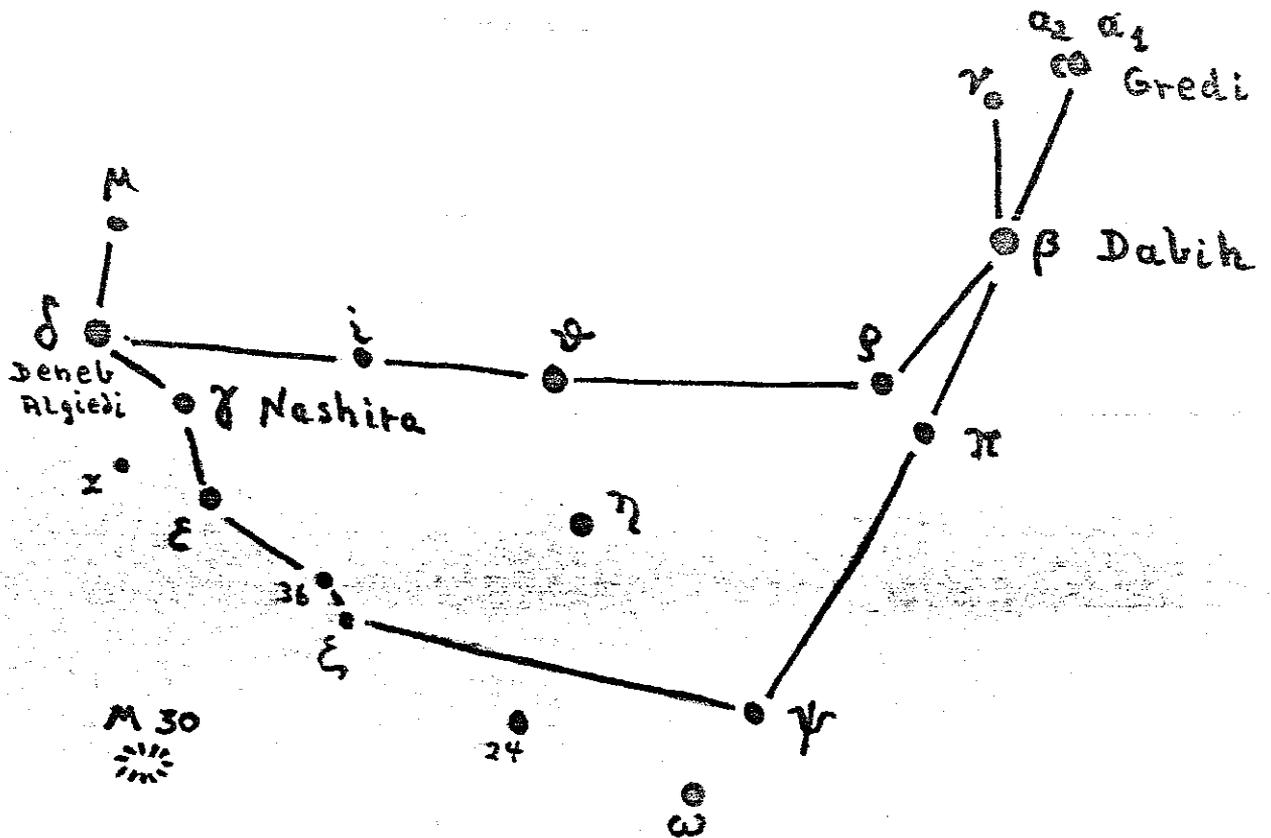
Sagittarius skytten



Dette er det sydligste stjernebildet i dyrekretsen .
 Stjernebildet Sagittarius er et interessant bilde
 som også omfatter noen meget kjente stjernetåker , -
 M 17 Omegataken , M 20 Trifidtaken , M 8 Lagunetaken .
 Forøvrig finner vi også flere andre objekter her , som
 M 22 , M 23 , M 24 , M 25 og M 55 .
 Mytologisk er Skytten den kjente kentauren Keiron .

Capricornus

Steinbukken

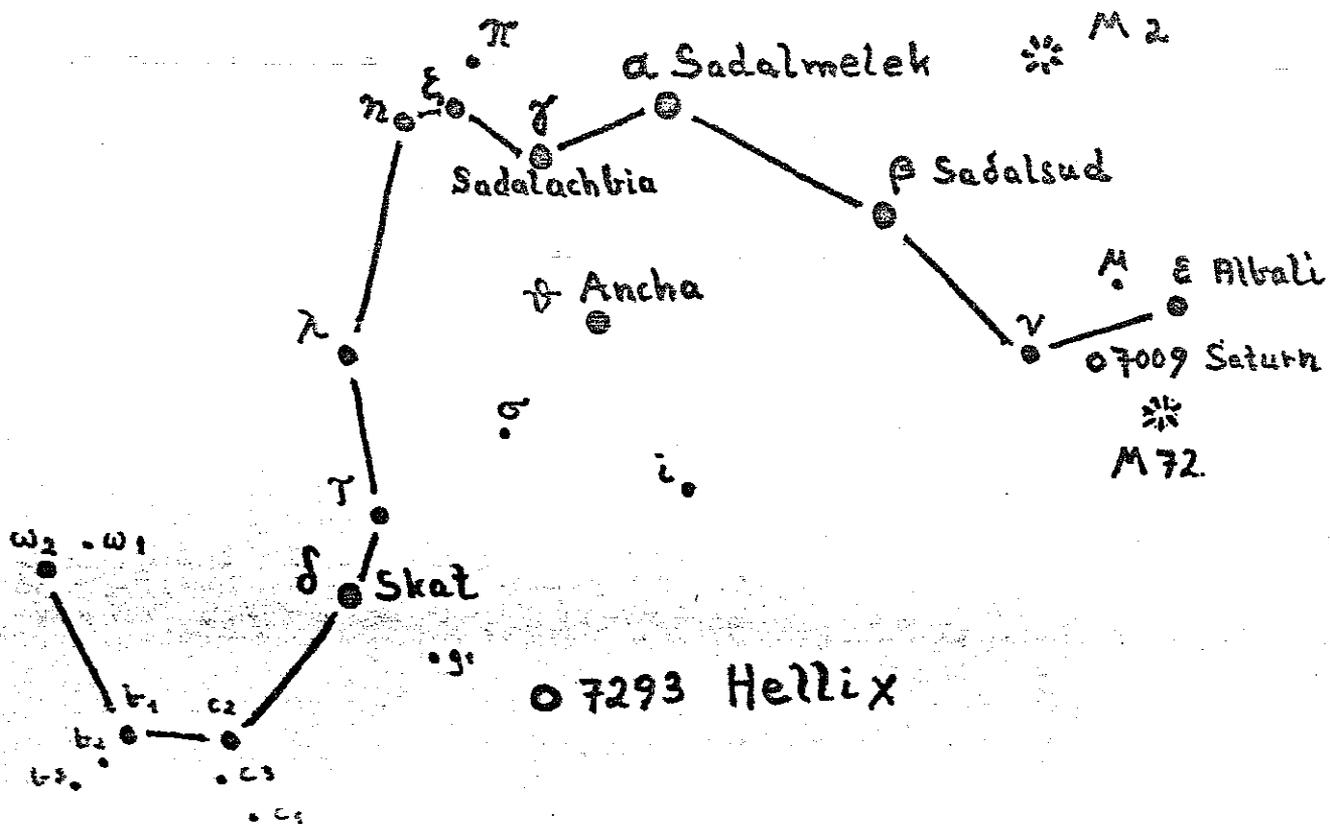


Capricornus ligger langt syd på vår stjernehimmel .

Bildet Capricornus eller Steinbukken er et lyssvakt stjernebilde som har sin plass mellom Skytten og Vannmannen . Mytologisk er dette guden Pan som omskapte seg til en fisk for å fange en nymfe som han var forelsket i .

Aquarius

Vannmannen
Vannbæteren



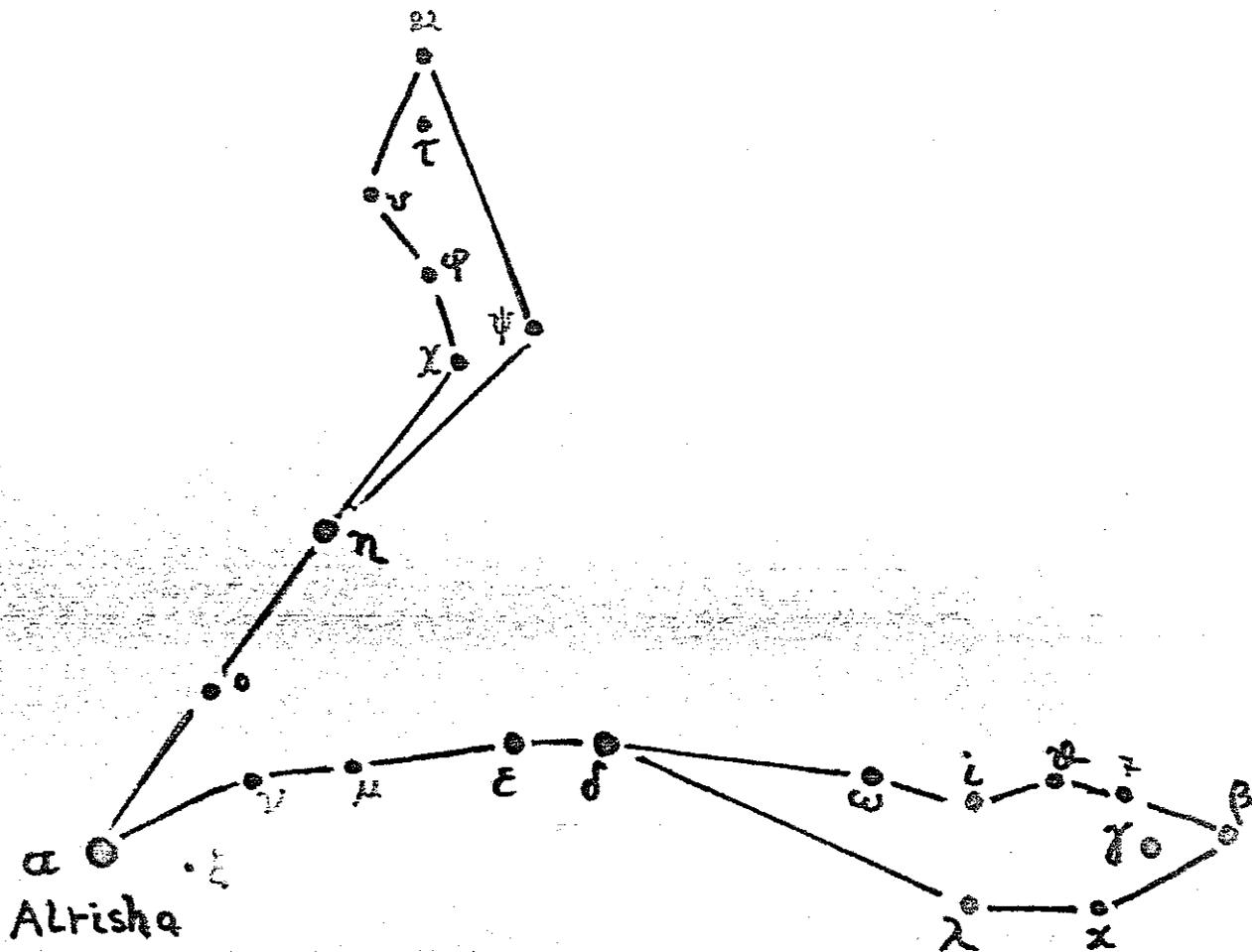
Stjernebildet Aquarius eller Vannmannen ligger på den sydlige stjernehimmel mellom Steinbukken og Fiskene .

I dette bildet finner vi kulehopene , M 2 og M 72 .

Mytologisk er Vannmannen guden Ganymedes som bærer vann og vin til de andre gudene på Olympos .

Pisces

Fiskene



Bildet Pisces eller Fiskene er lyssvakt men stort stjernebildet som ligger øst for Aquarius .

I dette bildet ligger Van Maanens stjerne som tilhører de Jorden-nære stjerner . Den har en ganske enorm tetthet . Mytologien forteller at Venus og Amor skapte seg om til fisker for å redde livet fra et gigantisk monster .

KAPITTEL III.2

INNHOOLD:

GENERELL ORIENTERING OM STJERNENE.....	III.2.2
Hvor langt borte er stjernene?.....	III.2.3
Stjernene beveger seg.....	III.2.4
Stjernenes hastighet.....	III.2.6

Generell orientering om stjernene.

I dette kapitelet og de påfølgende kapitler vil vi gi en innsikt i hva en stjerne er, hvordan den virker og hvilke former for stjerner som finnes. Dessuten vil vi komme inn på stjernenes utvikling, nøytron-stjerner, kvasarer og kulehoper.

Alle stjernene som vi ser over oss tilhører vår egen galakse-Melkevegen. De ser alle ut som om de er omtrent like langt fra oss, men dette er kun et synsbedrag. Grunnen til at vi ikke kan bedømme hvilken avstand de ligger fra oss, er at avstanden er så stor. Når avstandene blir så store som de man opererer med i Universet, klarer vår hjerne ikke å skape et mål som vi kan fatte.

En stjerne kan vi forklare som et selvlysende gass-legeme som det hele tiden foregår en kjernereaksjon inni. En annen måte å si stjerne på er sol. Det vil si at alle stjernene er det samme som vår egen sol. Men på grunn av den store avstanden kan vi ikke se dem som annet enn et lysende punkt på himmelen. Selv med de største teleskoper vil vi ikke kunne se noe annet enn et punkt. Den eneste måten man har kunnet påvise at stjernene var soler var ved hjelp av analyser av lyset som disse objektene sendte ut, og den stråling som radio-teleskopene fanget opp.

Når vi en klar kveld går ut og titter opp mot himmelen, ser vi omtrent 2000 stjerner. Og i løpet av et år har 6000 stjerner passert over oss og som vi kan se. Hvis man ikke holder en viss orden har man lett for å miste oversikten når det er så mange stjerner, spesielt når man så tar en kikkert i bruk. For ikke å miste oversikten har man gruppert alle stjernene i stjernebilder. Deretter grupperte man alle stjernene innenfor hvert stjernebilde etter den lysstyrke den hadde. De sterkeste stjernene ble gruppert etter det greske alfabet.

α - alpha	ζ - zeta	λ - lambda	π - pi	ϕ - phi
β - betha	η - eta	μ - mü	ρ - rho	χ - chi
γ - gamma	θ - theta	ν - nu	σ - sigma	ψ - psi
δ - delta	ι - iota	ξ - xi	τ - tau	ω - omega
ϵ - epsilon	κ - kappa	\omicron - omicron	υ - upsilon	

De stjernene som ikke kommer inn under denne grupperingen vil som regel få et katalognummer, eller et nummer som tilsvarer dens lysstyrke.

Hvor langt borte er stjernene?

I den astronomiske språkbruken brukes ikke kilometer eller mil, men betegnelsene astronomisk enhet, lysår og parsec. For å kunne få et lite innblikk i de ufattelige avstandene som finnes i Universet må vi vite hva disse avstandene står for.

1 astronomisk enhet (a.u.) er det samme som solens avstand fra Jorden, det vil si 149599000 km = 14960000 km. Denne måleenheten brukes vesentlig innenfor vårt eget solsystem.

1 lysår er betegnelsen for den avstand som lyset tilbakelegger i løpet av et år. Denne avstanden er 94605 000 000 000 km.

1 parsec er en astronomisk avstand som astronomene har laget ut i fra en beregningsmåte som vi kaller parallakse-beregning. (hva parallakse er vil vi komme tilbake til i et senere avsnitt). 1 parsec er det samme som 3,26 lysår eller 206265 a.u.

Den nærmeste naboen til vårt solsystem er stjernene Proxima Centaurii og Alfa Centaurii A og B. Disse stjernene ligger i en avstand av 4,2 lysår (ca. 40 billioner kilometer).

Nedenfor finner dere en tabell over de 15 nærmeste stjernene.

TABELL NR. III.2.1

Stjernens navn	avstand i lysår	tilsynelatende lysstyrke
Proxima Centaurii	4,2	11,3
Alfa Centaurii A	4,2	0,0
Alfa Centaurii B	4,2	1,4
Luyten 726-8	5,8	11,9
Luyten	5,8	12,4
Barnard-stjernen	6,0	9,45
Wolf 359	7,7	13,5
+36 2147	8,4	7,47
Sirius A	8,7	- 1,52
Sirius B	8,7	7,1
Ross 154	9,3	10,5
Luyten 789-6	9,9	12,3
Ross 248	10,4	12,2
Epsilon Eridani	10,8	3,75
Tau Ceti	11,0	3,66

Som man kan se av tabellen er det store avstander det dreier seg om, spessielt når vi regner avstandene om i kilometer. For å illustrere dette på en annen måte har jeg nedenfor vist avstandene på jorden når vi forminsker ned hele stjernehimmlen.

Hvis en forutsetter at solen er så liten som et knappenålshode og er plassert i sentrum av Stavanger, vil de nærmeste stjernene ligge i en avstand av 16 km., det vil si i Sandnes. Polarstjernen vil etter denne skal ligge i en avstand av 184 km (reell avstand 700 lysår). Deneb i Svanen vil bli liggende i en avstand på 367 km, mens Betelgeuze i Orion ville bli liggende i en avstand på ca. 430 km, det vil si omkring Gøteborg i Sverige eller omkring Ålesund.

Vår sol ligger ca 30 000 lysår ifra Melkeveiens sentrum, og de stjernene som ligger lengst vekk fra oss ligger i en avstand på 70 000 lysår fra oss. Etter ovennevnte skala skulle Melkeveiens sentrum ligge i en avstand på 7875 km, mens de fjerneste stjernene vil bli liggende i en avstand på 18 375 km. Klarer du å fatte Universets størrelse når vi forteller at den galakse som ligger lengst vekk fra oss ligger i en avstand på 24 millioner lysår.

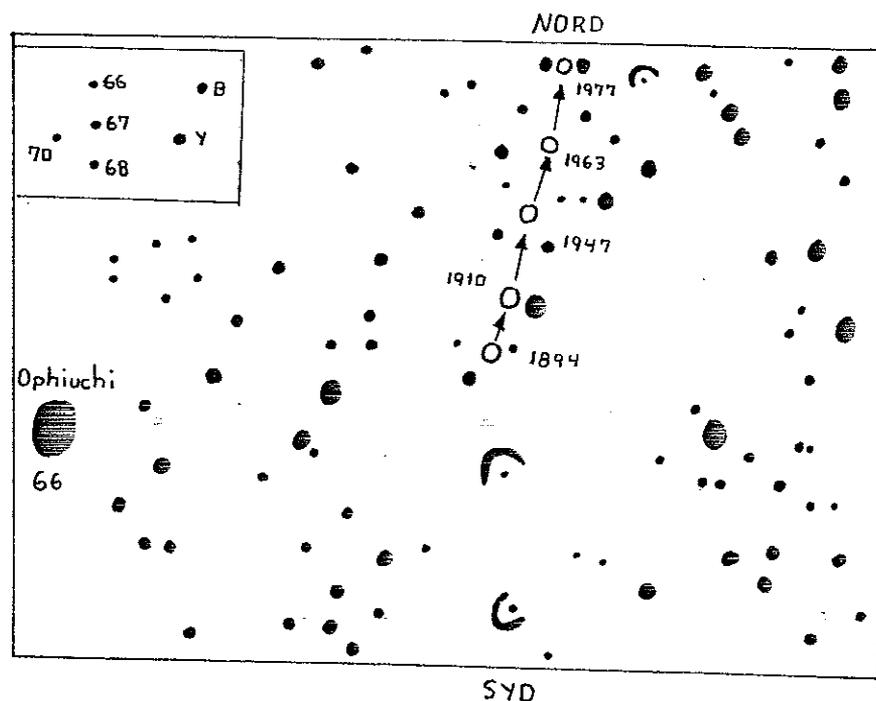
Til orientering kan du sammenligne med Jorden's diameter som er 12756 km.

Stjernene beveger seg.

Alle stjernene i vår galakse beveger seg rundt et bestemt punkt. Dette punktet er Melkeveiens sentrum. Melkeveiens sentrum finnes i retning mot stjernebildet Sagittarius, men du kan ikke se det fordi selve kjernen er gjemt bak en stor gasssky. Hadde vi kunnet sett kjernen, ville det blitt svært lyst på himmelen om natten fordi lyset fra denne kjernen er svært kraftig. Det er anslått til å være av magn. -21.

Men også seg i mellom beveger stjernene seg. Dette kalles egenbevegelse. Alle stjernene har en egenbevegelse, noen mye andre svært lite. Den stjernen som har den største egenbevegelsen er Barnard's stjerne. Den beveger seg i forhold til oss med en hastighet på 10,27 buesekund pr. år (se figur nr. III.2.1). Den nærmer seg vårt solsystem med en hastighet på 180 km/sek. Den befinner seg nå i en avstand av 5,97 lysår, men i år 10 000 vil den være vår nærmeste nabo i verdensrommet. Det er flere stjerner som har en ganske stor egenbevegelse (tabell III.2.2.) og de fleste er i vår sols nærhet.

Figur nr. III.2.1.



Barnard-stjernens egenbevægelse fra 1947 til 1977.

Tabell nr. III.2.2.

Stjerner med stor egenbevægelse.

Navn	Dec.	R.A.	Mag.	Bevægelse i buesek.	Bev. retn.
Barnard's stjerne	+ 4°36'	17.56.0	9,54	10,27	356
Groombridge 1830	+38°05'	11.50.1	6,45	7,04	145
Ross 619	+ 9°02'	8.09.2	12,5	5,30	167
61 Cygni A-B	+38°30'	21.04.7	5,19 6,02	5,20	52
Lalande 21185	+36°18'	11.00.7	7,46	4,78	185
Wolf 359	+ 7°20'	10.54.1	13,66	4,71	235
Wy Ursa Majoris	+43°41'	11.33.0	8,66	4,53	295
O Eridani A-B-C	- 7°14'	4.13.0	A 4,42	4,08	213
Wolf 489	+ 3°58'	13.34.4	14,8	3,87	253
BD +5°1668	+ 5°29'	7,24.7	9,82	3,76	171
My Cassiopeiae	+59°41'	1.04.9	5,12	3,75	115

Men hva er så egenbevegelse? For å kunne forklare dette må vi tenke oss at himmelen er kule som omgir oss. I denne kulen er jorden sentrum. Egenbevegelsen er da den bevegelse som stjernene gjør på denne himmelen i forhold til de andre stjernene. (se figur III.2.2.)

Denne egenbevegelsen gjør også at stjernebildenes utseende forandrer seg i løpet av en periode. Et klassisk eksempel på dette er Karlsvognen - Store Bjørn (se figur nr. III.2.3.).

Vår sol beveger seg også. Solen beveger seg mot et punkt i Herkules (18t. 4m. $+30^{\circ}$) nær stjernen Vega i Lyrae. Den relative hastigheten som solen beveger seg med mot dette punktet er 19,4 km/sek. Dette punktet kalles apex. Apex er altså det punkt en stjerne beveger seg mot på en fast himmelkule (se figur III.2.2.). Det punktet som solen ser ut til å fjerne seg fra kalles antiapex.

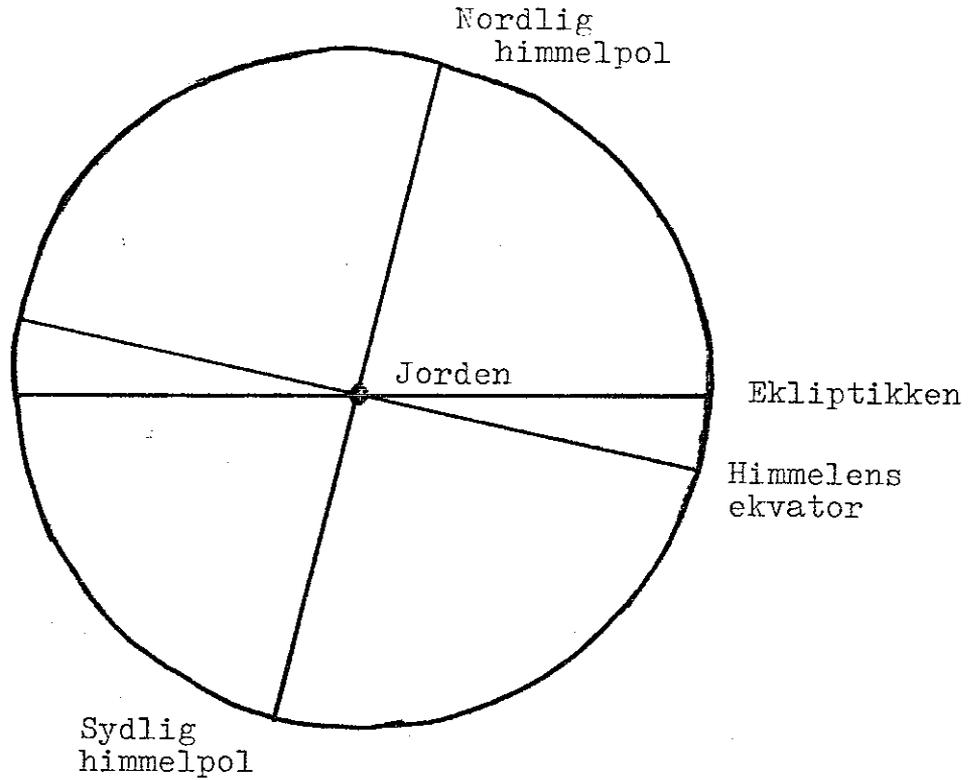
For å finne stjernenes egenbevegelse brukes en metode som kalles "Blinkermetoden". Ved denne metoden bruker man et blink-mikroskop som sammenligner to plater med hverandre. Her legger man to fotografier tatt med flere års mellomrom av samme område, og sammenligner dem med hverandre. Apparatet finner da ut om det er samsvar mellom posisjonene for de enkelte stjernene. Der hvor det er avvik finner man ut avstanden den har beveget seg, og så regner man ut egenbevegelsen for hvert år.

Stjernenes hastighet.

Stjernene beveger seg med en ganske stor hastighet i rommet. Solen for eksempel beveger seg i sin bane rundt Melkeveiens sentrum, i en hastighet på mellom 250 - 300 km/sek. Samtidig beveger den seg som nevnt tidligere mot Hercules i en hastighet på 20 km/sek.

Stjernene beveger seg enten mot oss eller fra oss. For å måle denne bevegelsen bruker man en metode som kalles for "Doppler's Effect". Denne metoden går ut på å måle den forskyvning som finner sted i stjernenes spekter når de beveger seg. Finner det sted en rød-forskyvning, det vil si at lyset

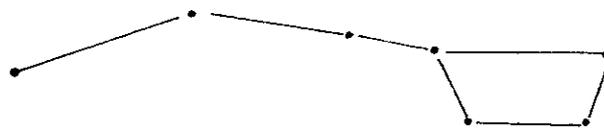
Figur nr. III.2.2



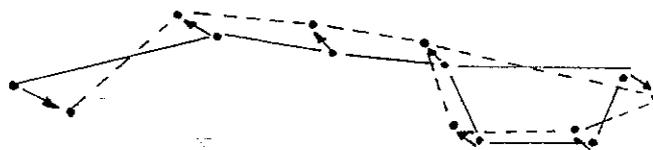
Tenkt himmelkule hvor stjernebildene tegner seg på innerveggen av kulen. Den bevegelse stjernene foretar på denne himmelkulen kalles egenbevegelse.

Figur nr. III.2.3.

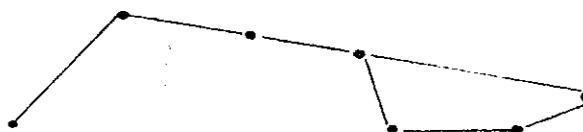
Karlsvognen slik den ser ut i dag, hvordan stjernene beveger seg, og hvordan den kommer til å se ut om ca. 10000 år.



I dag



Stjernenes bevegelse



År 10.000

beveger seg mot den røde delen av spekteret beveger stjernen seg i fra oss. Jo større forskyvning mot den røde delen av spekteret, jo større hastighet. Hvis stjernens spekter beveger seg mot den violette delen av spekteret nærmer stjernen seg oss. Ut i fra hvor stor forskyvning stjernene har, kan man så regne ut hastigheten.

KAPITTEL III.3.

INNHOLD:

KLASSIFIKASJON AV STJERNENE.....	III.3.2.
Klassifikasjon etter lysstyrke.....	III.3.2.
Stjernenes spektralklasser.....	III.3.3
Hertzsprung/Russel-diagrammet.....	III.3.6
Stjernenes størrelse.....	III.3.9

Klassifikasjon av stjernene.

Hvordan ser vi forskjell på stjernene?

For å kunne vite forskjell på stjernene klassifiserer vi dem i forskjellige grupper. Den mest brukte måten å dele stjernene inn i er å gruppere dem etter stjernebildene, og innenfor stjernebildene etter det greske alfabetet slik som nevnt i kapittel III.2. side 1.

Klassifikasjon etter lysstyrke.

En annen meget brukt måte å gruppere stjernene for å kunne vite forskjell, er å gruppere dem etter deres lysstyrke.

Den første som grupperte stjernene inn etter lysstyrke var Claudios Ptolemeios. Han delte stjernene inn i 6 klasser.

De sterkeste stjernene som klasse 1 og de svakeste som klasse 6. Dette er grunnlaget for den inndeling som vi har i dag.

Denne måten var nemlig litt for grov etter de lysverdier som man i dag har målt stjernene til. Derfor har man måttet dele

gruppene mere opp. Det sterkeste objektet utenom solen og månen har en lysstyrke på -4 (Venus) mens de svakeste som vi kan se fremdeles er av lysstyrke 6. Forholdet mellom de forskjellige lysstyrkene er 2,512 ganger. Det vil si at en stjerne som er av lysstyrke 1 er 2,512 ganger sterkere enn en av lysstyrke 2 (se tabell III.3.1.).

Tabell III.3.1.

Størrelses- klasse	Grense- verdi	Lysstyrke- forhold
- 4	- 3,6 til - 4,5	3981,0
- 3	- 2,6 til - 3,5	1585,0
- 2	- 1,6 til - 2,5	630,9
- 1	- 0,6 til - 1,5	251,2
0	- 0,5 til 0,4	100,0
1	0,5 til 1,4	39,81
2	1,5 til 2,4	15,85
3	2,5 til 3,4	6,309
4	3,5 til 4,4	2,512
5	4,5 til 5,4	1,000
6	5,5 til 6,4	0,3981
osv.		

Denne lysstyrkegrupperingen vi nå har foretatt er etter den visuelle lysstyrken. En annen måte å gruppere etter lysstyrke er etter den absolutte lysstyrke. Forholdstallet mellom de forskjellige lysstyrkene er det samme, men tallene blir noe anderledes. Grunnen til dette er at tallene er beregnet ut i fra at alle stjernene befinner seg i en avstand på 10 parsec (32,6 lysår) fra jorden. Ved denne avstanden er nemlig den visuelle lysstyrken lik den absolutte. Solen for eksempel vil ha en lysstyrke på 4,84, mens dens visuelle lysstyrke er på - 27,0.

Istedet for ordet lysstyrke vil du istedet treffe på ordet magnitudo. Det betyr egentlig størrelse, men i den astronomiske dagligtale har det fått betydningen lysstyrke. Fra nå av vil ordet magnitudo kun bli brukt istedet for lysstyrke.

Det finnes enda flere grupperinger innen magnitudo-skalaen. Den går nemlig helt opp til 23,5 som er det svakeste objektet som er oppdaget. (se side II.13.1). Vi kan med det blotte øyet se stjerner opp til mag. 6, mens vi med en kikkert av størrelse 6" (15 cm.) kan se stjerner opptil mag. 12,9. For å kunne se de svakeste stjernene som er registrert må vi bruke de aller største teleskopene som vi har, og i tillegg kan vi bare registrere dem ved hjelp av fotografiske metoder.

Stjernenes spektralklasser.

En annen meget brukt metode for å gruppere stjernene, er å inndeles dem etter deres spektralfarver. Spektralfarvene fremkommer ved å la lyset fra stjernene gå gjennom et prisme, og vi kan da finne ut hvilke farver lyset har, og det viktigste, hvilken farve som er hovedfargen. Det er hovedfargen som indikerer hvilken gruppe stjernen skal grupperes under.

Gjennom flere års astrofysiske undersøkelser er det blitt klarlagt at stjernenes hovedfarge fremkommer som et resultat av stjernenes overflatetemperatur. Overflatetemperaturen på stjernene varierer mellom ca. 36 000°C og 2600°C. De varmeste er grønn-hvite mens de kaldeste er røde (se tabell III.3.2.)

Tabell nr. III.3.2.

Stjernenes spektralklasse, temperatur og farge.

Klasse	Temperatur	Farge	Typestjerne
W	over 36 000 ^o C	Grønn-hvit	Velorum
O			
B	28 600 ^o C	Blålig	Spica
A	10 700 ^o C	Hvit	Sirius A
F	7 500 ^o C	Gulig	Cassiopeiæ
G	gigant 5 200 ^o C		Leonis
	dverg 6 000 ^o C	Gul	Solen
K	gigant 4 230 ^o C		Arcturus
	dverg 4 910 ^o C	Oransje	Eridani
M	gigant 3 400 ^o C		Betelgeuze
	dverg 3 400 ^o C	Oransje-rød	Wolf 359
R	2 300 ^o C	Oransje-rød	U Gygni
N	2 600 ^o C	Sterkt rød	S Cephei
S	2 600 ^o C	Rød	R Andromedae

Som vi ser av tabellen er det mange spektralklasser. Det finnes i alt 13 klasser. De to som mangler i ovennevnte tabell er klassene P og Q. Disse to klassene er så små at som regel ikke blir tatt med i oversikter over spektralklassene. Klasse W er egentlig heller ikke noen egen klasse, men en undergruppe av klasse O. En huskeregel for å lære seg de viktigste klassene er setningen

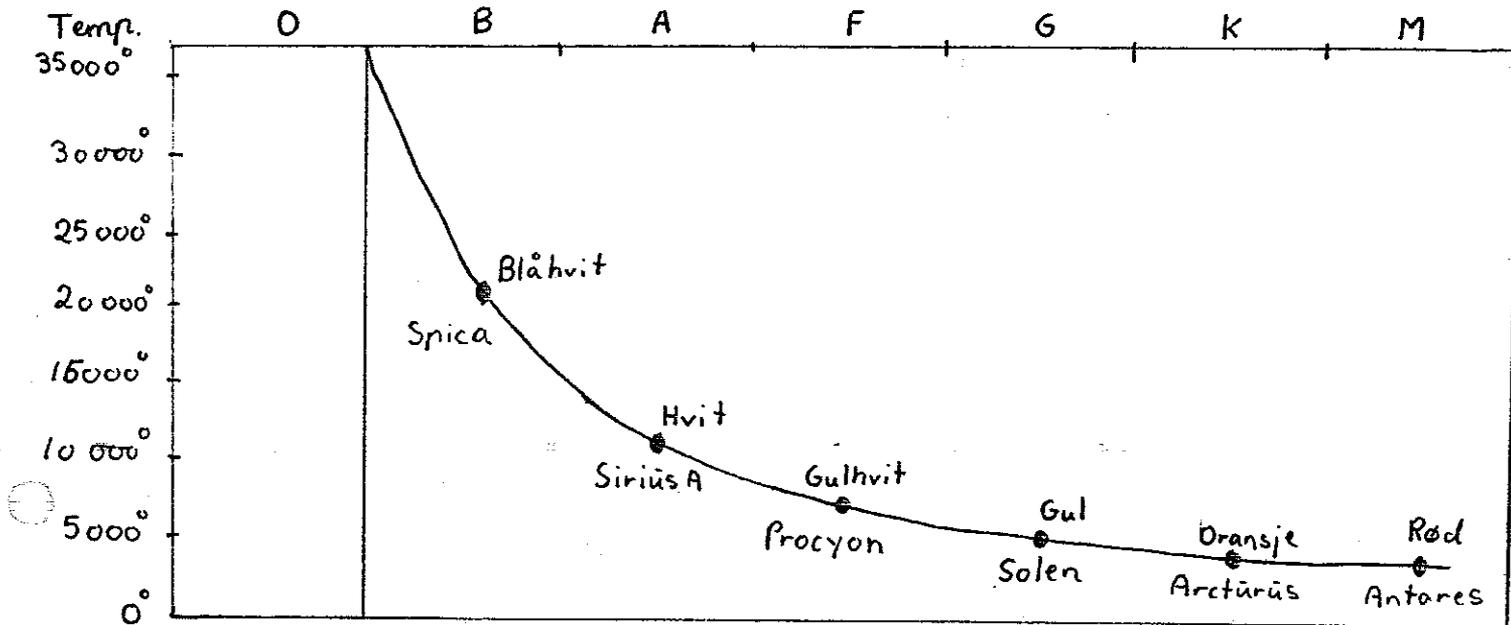
Oh Be A Find Girl, Kiss Me Right Now Sweetheart.

Av ovenstående 10 klasser er det 7 klasser som regnes som hovedklasser. Det er OBAFGKM.

Som vi nevnte tidligere fremkommer fargene som et resultat av stjernenes temperatur. Dette kan også vises som i figur III.3.1.

Figur III.3.1.

STJERNENES TEMPERATUR



Mer enn 99% av alle undersøkte stjerner tilhører hovedklassene. Det var astronomen Annie Cannon (1863 - 1941) som utviklet selve grunnsystemet for spektralklassene. Det fullstendige systemet som vi bruker i dag for å gruppere stjernene er utarbeidet av den tyske astrofysikeren H.C. Vogel (1841-1907).

I mange tabeller vil en ikke finne de forskjellige spektralklassene som vi har operert med, men tall. Disse tallene kalles for farveindeks. For å finne en stjernes farveindeks tar man den fotografiske lysstyrke (stjernene fotografert i blått lys) og trekker fra den visuelle lysstyrken. Den formel som brukes er: $F = B - V$. F = farveindeks, B = fotografisk lysstyrke, V = visuell lysstyrke (Se tabell III.3.3.).

I sentrum av stjernene er det en helt annen temperatur enn det vi til nå har operert med. Der inne dreier det seg om mange millioner grader. Vår sol for eksempel har en kjernetemperatur på ca 14. mill. grader C. og vår sol har en middels til lav temperatur i forhold til mange andre stjerner.

Tabell III.3.3.

Forskjellige stjerners farveindeks.

Navn	Spektral- klasse	Farveindeks			Absolutt magnitudo
		V	B	B-V	
Sirius	A	- 1,44	- 1,45	- 0,01	1,4
Canopus	F	- 0,72	0,88	1,60	- 4,4
Arcturus	K	- 0,05	1,19	1,24	- 0,2
Vega	A	0,03	0,03	0	0,5
Rigel	B	0,11	0,06	- 0,05	- 0,7
Betelgeuze	M	0,40	1,89	1,49	- 5,9
Deneb	A	1,25	1,33	0,08	- 7,2
Regulus	B	1,34	1,23	- 0,11	- 0,8

Det er denne enorme varmen som gjør at stjernene er i stand til å lyse av seg selv. Varmen kommer av at det er et så enorme trykk inne i kjernen at det foregår en kontinuerlig kjernereaksjon. Denne kjernereaksjonen utløser igjen lysstrålingen i fra stjernene.

Hertsprung/Russel- diagrammet.

Tar man en kombinasjon av de forannevnte måter å gruppere stjernene etter (ikke etter stjernebilder og det greske alfabet), kan man innpasse stjernene i et diagram som kalles Hertsprung/Russel-diagrammet. Dette diagrammet er laget av astronomene Henry Norris Russel (1877-1957) og Ejnar Hertzsprung (1873-1967). (Se figur III.3.2.)

Hertzsprung/Russel-diagrammet (senere kalt H/R-diagrammet) virker på denne måten:

Vannrett plotter man inn stjernens farge/temperatur og loddrett plotter man inn stjernens absolutte magnitudo eller det tallet man kommer frem til ved bruk av en magnitudeskala hvor Solen = 1.

I et H/R-diagram er det 4 komponenter som tilsvarer hverandre 2 og 2. Det er spektralfarge - temperatur og absolutt magnitudo - magnitudeskala. Hvis en kjenner til 1 komponent fra hver, kan en hvis en har et meget nøyaktig H/R-diagram finne alle 4 komponentene.

Hvis man plotter inn stjernene etter ovennevnte regler vil man oppdage at det danner seg et visst mønster i det hele. Hovedmassen av stjernene vil danne en rekke som starter nede i høyre hjørne og beveger seg i en svak bue opp mot øvre venstre hjørne. Denne hovedmassen danner det man kaller hovedgruppen, eller som man vil finne i mange bøker og blader populasjon I. Disse stjernene har fått denne betegnelsen fordi de regnes som stjerner med normal oppførsel og utvikling. I tillegg til det vil merke at de fleste stjernene vil hope seg opp på midten mellom spektral-klasse A og K.

De stjernene som ikke følger hovedgruppen har fått betegnelsen Populasjon II. Disse stjernene avviker fra en normal livsførsel. Grunnen kan være mange. Blant annet kan det skyldes at de er i ferd med å dø ut, eller at de har hatt en for stor masse den gang de ble dannet slik at den reaksjonen som oppstod inne i stjernen ble helt uten kontroll. De fleste kjempestjernene er av Pop. II og befinner seg over hovedgruppen, mens dvergstjernene som for det meste også er av Pop. II befinner seg under hovedgruppen. Vår sol befinner seg midt i hovedgruppen, det vil si den er så normal som den kan få blitt. Stjernene Betelgeuze og Arcturus som er røde kjemper med stor lysstyrke og lav temperatur befinner seg oppe til høyre i diagrammet. Sirius B som er en hvit dverg-stjerne med liten lysstyrke og høy temperatur, befinner seg nede mot venstre.

Stjernerenes størrelse .

Alle stjernene som vi ser på himmelen er av forskjellige størrelser. Stjernene deles inn i 4 størrelses-klasser.

Det er: Supergiganter
 Giganter
 Hovedstjernetyper
 Dverger

Når man klassifiserer stjernene etter størrelse går man ut i fra deres masse og radius(se tabell III.3.4.).

Tabell III.3.4.

Stjernerens størrelse

Navn	Temp. F ^o	Radius i forh. til solen	Masse i forh. til solen	Tetthet i forh. til solen	Type
Rigel	23000 ^o	32	20?	0,0006	SUPER- KJEMPER
Deneb	11000 ^o	35	20?	0.0004	
Gamma Cygni	7500 ^o	67	20?	0,00006	
Betelgeuze	3900 ^o	290	15?	0,0000006	

Capella	6900 ^o	12	4,2	0,0024	KJEMPER
Arcturus	5100 ^o	30	8	0,0003	
Aldebaran	4100 ^o	60	4	0,0002	
Beta Pegasi	3600 ^o	170	9	0,00002	

Beta Centauri	26000 ^o	11	25	0,018	HOVED- GRUPPEN
Sirius A	14000 ^o	1,8	2,4	0,42	
Altair	11000 ^o	1,4	1,7	0,6	
Solen	7500 ^o	1,0	1,0	1,0	
61 Cygni A	4700 ^o	0,7	0,45	1,3	
Barnard's Stjerne	3900 ^o	0,16	0,18	45	

Sirius B	9400 ^o	0,034	0,96	27000	DVERGER
40 Eridani B	14000 ^o	0,019	0,44	64000	
Van Maanen Star	9400 ^o	0,007	0,14	400000	

Superkjempene.

Superkjempene er enorme gasskuler med en radius som varierer mellom 30 og 3000 ganger solens. De har en masse som er omtrent 15 - 25 ganger solens. På grunn av den store radiusen og den litt mindre masse har disse stjernene en svært liten tetthet. Tettheten er så liten at man i noen tilfeller kan se rett gjennom stjernen.

Superkjempene er i de fleste tilfeller forholdsvis kalde med en overflatetemperatur på mellom 3600° og 7000° . Men de har vanligvis en meget høy absolutt lysstyrke.

Hvis vi studerer H/R-diagrammet vil vi finne disse stjernene helt øverst i diagrammet med en lysstyrke i forhold til solen på over 1000. De fleste av superkjempene er røde kjemper, og vi vil da finne en ansamling av denne typen stjerner oppe til høyre i diagrammet.

Kjempene.

Kjempene er også meget store stjerner med tynn tetthet. Disse stjernene har en radius i forhold til solens på mellom 10 og 200 ganger, mens massen varierer mellom 4 og 10 ganger solens. Deres tetthet er som nevnt også meget lav, og som vi kan se av tabell III.3.4. har noen lavere tetthet enn mange superkjemper. Kjempene er som regel rød av farge og dermed kalde stjerner med en temperatur mellom 3600° og 7000° . En typisk kjepe er stjernen Arcturus i stjernebildet Bootes.

I H/R-diagrammet finner du disse stjernene imellom 100 og 1000 ganger solens lysstyrke, det vil si de har en absolutt magnitudo på 0,0 til -2,0.

Hovedgruppe-stjernene.

Stjernene i denne gruppen er noenlunde av solens størrelse. Noen unntak finnes som for eksempel Beta Centauri som har en masse som er 25 ganger solens og en radius 11 ganger solens. På den annen side finner vi Bernard's stjerne med en masse 0,18 ganger solens og radius 0,16 ganger solens.

Hovedtyngden av hovedgruppens stjerner er gule eller gulige, det vil si at vi finner dem under spektralklasse F og G. Den absolutte lysstyrken varierer vanligvis mellom 0,0 og magn. 7,0. Noen unntak finnes også her, blant annet de 2 tidligere nevnte stjernene som har henholdsvis -5,2 og 13,1 som absolutt magnitudo.

Dvergstjernene.

Denne gruppen består egentlig bare av hvite dverg-stjerner. I H/R-diagrammet finner du denne typen i nederste del av diagrammet med en lysintensitet svakere enn 0,1 ganger solens. De mest kjent stjernene av denne typen er Sirius B og Procyon B, samt Van Maanens Star. Vanligvis er de hvite dvergene følgesvenner til stjerner som befinner seg i hovedgruppen eller blant kjempene. De vil vanligvis også ha samme farge som hovedstjernen som for eksempel Sirius hvor begge stjernene er hvite.

De hvite dvergene har en meget høy overflatetemperatur, lav absolutt lysstyrke og en enorm tetthet. Stjernenes masse er omkring solens masse, mens stjernenes radius ikke er større enn jordens.

En antar at disse stjernene er stjerner som er på slutten av sin utvikling, og er på vei til å slukne. De har brukt opp det meste av sitt brennstoff, og det man opplever med disse stjernene er at de bruker de siste rester av energi med en enorm kraftanstrengelse, det vil si etter at de er falt sammen til dverger og fått samlet sin materie i et mindre volum. En antar at solen en gang også vil bli en dvergstjerne med en lysintensitet tilsvarende 0,01 ganger det den har i dag, mens massen vil bli noenlunde den samme. På grunn av at stjernen er falt sammen og materien er trukket så kollosalt sammen, vil en cm^3 av dette stoffet veie mange tonn. Det vil en også kunne lese av tabell III.3.4. hvor en ser at stjernenes tetthet er meget stor.

Det finnes flere forskjellige typer hvite dverger. Det er DA-stjerner som er rike på hydrogen, DB-stjerner som inneholder mye helium, DC-stjerner som er karbon-rike, DF-stjerner som er rike på kalsium og DP-stjerner som er magnetiske.

KAPITTEL III.4.

INNHOOLD:

PRESESJON, ABERRASJON, REFRAKSJON, EKSTINKSJON, og PARALLAKSE, hva er det?.....	III.4.2
Presesjon.....	III.4.2
Aberrasjon - hva er det?.....	III.4.3
Refraksjon - hva er så det?.....	III.4.4
Ekstinksjon - hva er det?.....	III.4.6
Hva parallakse er, og hvordan vi bruker den.....	III.4.7

Presesjon, Aberrasjon, Refraksjon, Ekstinksjon og Parallakse, hva er det?

Ovennevnte fremmedord vil du finne igjen i de fleste blader og bøker av astronomisk karakter. Det kan da gjerne være av interesse å vite hva disse ordene betyr, og i hvilken sammenheng de brukes i astronomien.

Presesjon.

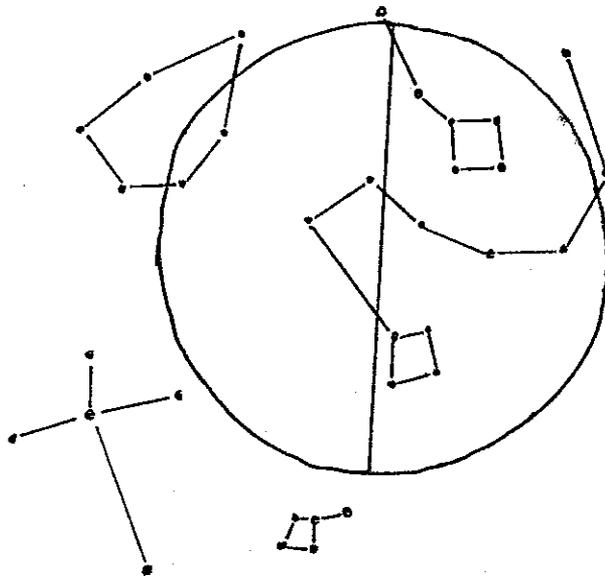
Presesjon er kort fortalt den bevegelse som vårjevndøgns-punktet gjør på himmelkulen. Vårjevndøgnsunktet beveger seg 50,26" vestover for hvert år. For de som ikke er klar over hva vårjevndøgnsunktet er, så er det det punkt der ekliptikken skjærer himmelekvator. Dette hender hvert år omkring midten av mars. Presesjonsfenomenet ble allerede oppdaget år 150 før vår tidsregning av grekeren Hipparkhos.

På grunn av presesjonen forandrer himmelkulens koordinater seg for hvert år. Koordinatene vil følge vårjevndøgnsunktets bevegelse. På stjernekartene vil du alltid finne et årstall foran i boken. Dette angir den posisjon stjernene hadde det året. De fleste karter har angitt 1950 som det året posisjonene er korrekte. Ved bruk av kikkerter med posisjons-sirkler må en huske på å korrigere for avvik hvis en har eldre karter.

I og med at koordinatene forandrer seg, så vil også himmelaksen forandre seg. Som et resultat av dette vil vi få forskjellige stjerne som polstjerner. Om 2000 år vil det være stjernen gamma Cephei som er polstjerne. Og om 9500 år er Deneb den stjernen som vil bli kalt for polstjerne. Vega vil bli polstjerne om ca 14000 år. De to sistnevnte vil ligge ganske langt i fra selve polpunktet.

I løpet av 25725 år vil den samme stjernen bli polstjerne og koordinatene være de samme. Dette kalles en presesjonsperiode. Det vil altså si at i år 27705 e.kr. vil stjernene ha den samme posisjon på himmelen som de har i dag (Se figur III.4.1.)

Figur III.4.1.



Årsaken til presesjonen er Solens, Månens og de andre planetenes tiltrekning på Jorden. Og på grunn av Jordens litt flattrykte form er presesjonen litt større enn den ville vært om den hadde vært helt rund.

Aberasjon - hva er det?

Den astronomiske betydning av ordet aberrasjon er:

En tilsynelatende forskyvning av en stjernes posisjon.

Denne forskyvningenskyldes lysets hastighet kombinert med Jordens hastighet i sin bane rundt Solen. På grunn av denne hastighetskombinasjonen vil vi ikke se stjernene i sin riktige posisjon.

En form for aberrasjon som vi til daglig opplever er når vi er ute å kjører bil i regnvær. Uansett hvilken vei vi kjører så vil regnet komme mot oss. Dette skyldes bilens hastighet i forhold til regnet. Bilen holder en større hastighet enn regnet, derfor vil det virke som om regnet alltid kommer mot oss. Hvis vi holder samme fart i vår fartsretning som regnet har mot bakken vil det se ut som om regnet faller rett ned, uansett om det skulle blåse ganske kraftig.

Det er det samme som skjer med stjernelyset, men på grunn av den store avstanden blir hastighetene i forhold til hverandre litt anderledes. Når lyse endelig når oss har vi beveget oss litt i forhold til den gang da lyset forlot stjernen slik at vi over en periode vil kunne se lyset som om det gikk i en sirkel eller ellipse rundt et punkt

Det finnes egentlig 3 former for aberrasjon. Det er den daglige aberrasjon, den årlige aberrasjon og den sekulære aberrasjon.

Den daglige aberrasjon skyldes jordens rotasjon. Ved ekvator er den daglige aberrasjon $0,32''$. Den vil minke jo nærmere polene en kommer, og ved polene er den null.

Den årlige aberrasjon skyldes Jordens gang rundt Solen. Denne formen for aberrasjon forårsaker at stjernene ser ut til å danne ellipser rundt den virkelige posisjonen. Ved polene vil ellipsen være nesten sirkelrunde (vel å merke ved den ekliptiske pol.), mens ved den ekliptiske ekvator vil ellipsen bli så flattrøkt at den vil ta seg ut som en strek. Den årlige aberrasjonen er konstant over hele Jorden, nemlig $20,49''$.

Den tredje formen for aberrasjon, den sekulære aberrasjon, skyldes vårt solsystems bevegelse rundt Melkeveiens sentrum.

Aberrasjonen ble oppdaget av den engelske astronomen James Bradley (1692-1762) da han prøvde å bestemme en stjernes parallakse.

Refraksjon - hva er så det?

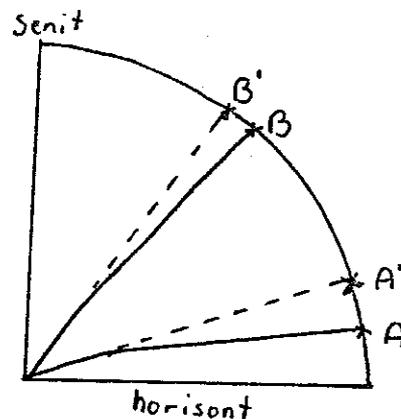
Refraksjon er den brytning av lyset som skjer i vår egen atmosfære. Dette gjør at stjernene tilsynelatende står høyere på himmelen enn de i virkelighet gjør (se figur III.4.2.)

Refraksjonen er avhengig av stjernenes posisjon over horisonten. Objekter som befinner seg i zenit har ingen refraksjon, idet det ikke er noen brytning av lyset som faller lodderrett ned, mens objekter som befinner seg langs horisonten

har en meget stor refraksjon idet lyset her kommer loddrett inn og blir brutt av det store atmosfærelaget vi har i horisontal retning (se tabell nr. III.4.1.).

Et godt eksempel på refraksjonen er solen ved solnedgang. Du har gjerne lagt merke til at Solen får en litt oval form idet den går ned. Den er i virkeligheten da allerede gått ned under horisonten, men på grunn av refraksjons-virkningen virker det som den fremdeles er oppe.

Figur III.4.2.



Figuren viser refraksjonsvirkningen på stjernene. A og B er 2 stjerners virkelige posisjon, og A' og B' er den posisjon vi ser dem i.

Tabell III.4.1

Refraksjonstabell

Senit-avstand	Refraksjonen
0°	0'00"
10°	0'11"
20°	0'21"
30°	0'35"
50°	1'11"
60°	1'45"
70°	2'45"
75°	3'42"
80°	5'16"
85°	10'15"
89°	25'36"
90°	36'38"

Ekstinksjon - hva er det?

Ekstinksjon er også et fenomen som skapes i vår atmosfære på samme linje som refraksjon. Når lyset fra stjernene kommer inn i vår atmosfære svekkes det, og det er dette som kalles ekstinksjon. Hvis observasjonsstedet ligger høyt over havet vil ekstinksjonen være mindre enn om man stod ved havoverflaten. Men den største ekstinksjonen får man etter objektets høyde over horisonten (se tabell III.4.2)

Tabell III.4.2. Ekstinksjonstabell	Høydevinkel i grader	Svekkelse i magn.
gjeldende for	80	0,0
observatorer ved havets	43	0,1
overflate.	32	0,2
	26	0,3
	21	0,4
	17	0,6
	15	0,7
	13	0,8
	10	1,0
	4	2,0
	2	2,5
	1	3,0

Objektets farve har også en innvirkning på lyssvekkelsen. Vår atmosfære absorberer nemlig blått og fiolett lys bedre enn rødt og gult lys. Derfor vil ekstinksjonen være enda sterkere ved fotografering enn ved observering med det blotte øyet. Ekstinksjonen er skyld i at solen ser mer rød ut ved soloppgang og -nedgang. Dette fordi at det er de røde lysstrålene som blir minst absorbert i atmosfæren.

Støv og gass i verdensrommet forårsaker også ekstinksjon. Ekstinksjonen innefor vår galakse regner en med er ca. 0,8 mag. for hver kpc. (kiloparsec = 1000 parsec = 3260 lysår). Mot vår galakses sentrum hvor det er ekstra store ansamlinger med gasser og støv er lyssvekkelsen over 20 magnituder. Det er derfor vi ikke kan selve kjernen i vår galakse.

Hva parallakse er, og hvordan vi bruker den.

Ifølge Gyldendals Fremmedordbok betyr parallakse egentlig avvikelse. Men den betydning det har fått i dag er en forandring i synsretning som oppstår ved at en gjenstand betraktes fra to forskjellige steder, det vil si vinkelen mellom retningene til et punkt fra to forskjellige observasjonssteder. I astronomien betyr parallakse den vinkel som siktelinjene fra to observasjonssteder danner med en stjerne som topp-punkt. Når avstanden mellom observasjonsstedene er kjent, vil parallaksevinkelen, som oppgis i buesekunder, være et mål for stjernenes avstand.

Den vanligst måten, og den sikreste er den trigonometriske metoden å måle parallaksen på. Men det eneste problemet med denne metoden er at man bare kan måle stjerners parallakse innefor en grense på 300 lysår. Når stjernene ligger utenfor denne grensen vil avstanden mellom dem ved parallaksemålingen bli så liten at det er umulig å beregne den. Da bruker man ofte en annen metode, nemlig den dynamiske parallakse som bestemmes ved hjelp av dobbelt-stjernenes bevegelser. Men denne metoden er desverre ikke så nøyaktig som den trigonometriske metoden. Så i dette avsnittet skal vi bare ta for oss den trigonometriske metoden.

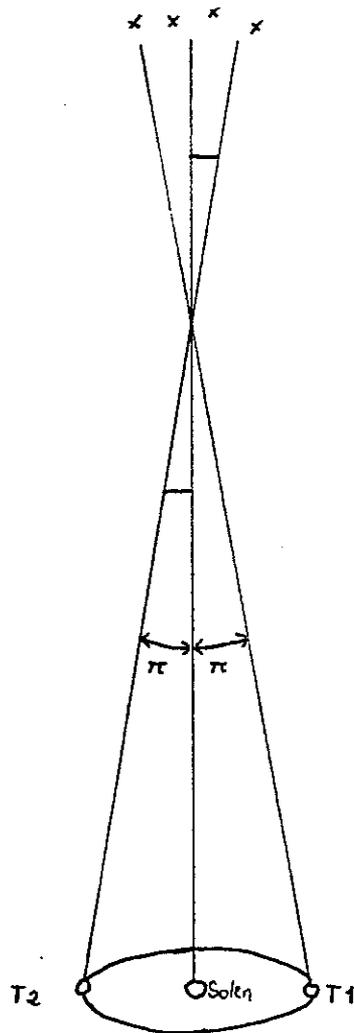
Den første gangen en parallakse ble målt var i 1838 av den tyske astronomen F. Bessel (1784-1846). Objektet var stjernen 61 Cygni A. Hans metode var den trigonometriske. Det han gjorde var å beregne stjernens nøyaktige posisjon og nøyaktig 6 måneder etter målte han den igjen. Han fant da ut at stjernen viste en målelig parallakse. Som grunnlag brukte han for sine beregninger den dobbelt distansen mellom Jorden og Solen, idet han målte stjernen fra begge sider av Jordens bane rundt Solen. Basis-linjen var 186 mill miles (299,3 mill. kilometer). Ut i fra basis-linjen og den vinkelen han fikk, beregnet han avstanden til å være ca 11 lysår. Den nøyaktige avstanden er 11,09 lysår. Den nærmeste stjernen, Proxima Centauri har en parallakse på 0,76". Det gir en avstand på 4,29 lysår.

Parallaksevinkelen oppgis alltid i buesekunder som vi nevnte

ovenfor, og stjerner som har en parallakse på 1" har en avstand på 1 parsec. Jo lenger vekk stjernene er jo mindre parallaksevinkel har de. Og motsatt vil det si at jo nærmere de er jo større parallaksevinkel har de. Solen for eksempel har en parallakse på 8,79405".

Nedenfor finner du en figur som viser den trigonometriske metoden for å måle stjernenes parallakse - figur III.4.3.

Figur III.4.3.



T1 og T2 viser jordens posisjon med et halvt års mellomrom.

KAPITTEL III.5.

Innhold:

DOBBELSTJERNER OG MANGESTJERNER.....	III.5.2.
Litt historie.....	III.5.2.
Dobbeltstjerner.....	III.5.3.
Spektroskopiske dobbeltstjerner.....	III.5.5.
Mangestjerner.....	III.5.5.

Dobbelt-stjerner og mangestjerner.

Når vi en mørk kveld står og kikker opp mot stjernene, vil vi se at nesten alle er enslige svaler som blinker mot oss. Men tar vi frem en kikkert og ser opp mot stjernehimmlen vil vi oppdage noe. Nemlig at flere av stjernene deler seg opp i flere komponenter. Dette kalles for dobbeltstjerner hvis det kun er 2 komponenter og for mangestjerner hvis det er flere enn 2 komponenter. Disse stjernene er fysisk bundet til hverandre. Det vil si at de kretser om et felles tyngdepunkt. Dette tyngdepunktet kan være en stjerne og det kan bare være et felles tyngdepunkt som ligger mellom stjernene. Noen stjerner kretser rundt hverandre på en slik måte at de formørker hverandre. Denne typen dobbelt/mange-stjerner kommer vi tilbake til under kapittel III.5.

I vår galakse finnes det svært mange dobbelt/mange-stjerner. En regner med at omkr. 50% av stjernene er av denne typen.

Litt historie.

De første systematiske studier av dobbeltstjerner og mangestjerner ble startet på slutten av det 18. århundre og den første katalogen som ble utgitt kom i 1778. Den første astronomen som begynte seriøst å studere fler-stjerner var tyskeren Chr. Mayer. Det var også han som utga den første katalogen. Den inneholdt beskrivelse av 80 stjernepar. I 1971 var man kommet opp i over 23000 registrerte dobbelt/mangestjerner, men en kan regne med at det pr. i dag er registrert over 40000.

De mest kjente astronomer innen denne gren av astronomien er Mayer, W. og J. Herschel, W. og O. Struve, Burnham, Innes og Aitken.

Fra først av mente man at dobbelt/mangestjerner ble dannet ved at stjernene under selve dannelses-prosessen delte seg og ble til to eller flere stjerner. Men vitenskapsmennene har i dag forlatt denne teorien, og heller mer til den oppfatning at stjernene ble dannet helt separat, men

at de lå så nær hverandre slik at de ble holdt fast av hverandres gravitasjonskraft, men langt nok vekk til at de lå utenfor den enkelte stjernes Roches grense. Men en betingelse for at dette skal bli et system er at stjernene er dannet samtidig.

Dobbeltstjerner.

Dobbeltstjernene deles vanligvis inn i tre grupper. Det er de visuelle dobbeltstjernene, de spektroskopiske dobbeltstjernene og de fotometriske dobbeltstjernene. Sistnevnte gruppe er det vi kaller formørkelsesvariable og de står beskrevet i neste kapittel.

I tillegg til disse tre gruppene er det noe som vi kaller for optiske dobbeltstjerner. Det er stjerner som ligger i samme synslinje og virker som om de ligger like ved en annen. Men i virkelighet kan de ligge svært langt fra hverandre. For å kunne skilne de optiske fra de visuelle må man studere dem i lang tid. Den mest kjente optiske dobbeltstjernen er Mizar-Alcor i Ursa Majoris (Store Bjørn) Figur III.5.1. viser hvordan en optisk dobbeltstjerne virker.

Figur III.5.1
OPTISK DOBBELTSTJERNE.



Slik vil observatøren se den optiske dobbeltstjernen



Slik er den optiske dobbeltstjernen i virkeligheten.

Blant amatørastronomer blir ofte dobbeltstjernene brukt til en kikkerts oppløsningsevne, det vil si den evne speil eller linse har til å dele opp detaljer. Alle kikkerter har nemlig en grenseverdi for oppløsning av detaljer, og ut i fra denne grenseverdien kan man finne ut om kikkerten har en god oppløsningsevne, og om forholdene på stedet der kikkerten befinner seg er bra. Vi har en formel for denne grenseverdien. Den er:

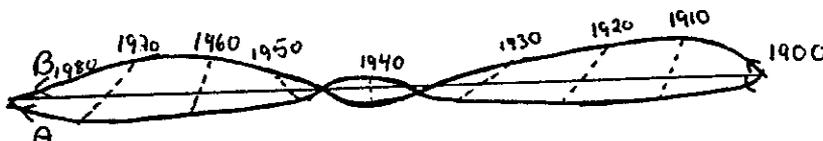
$$= \frac{11,5}{D}$$

Her står θ for minste oppløste vinkelavstand, og D står for speilets/objektivets diameter uttrykt i cm.

De visuelle dobbeltstjernene er stjernepar med vanligvis en liten innbyrdes vinkelavstand. Som regel er avstanden mindre enn et 1/2 bueminutt, og de fleste kan bare sees med kikkert. De visuelle dobbeltstjernenes relative posisjon angis ved vinkelavstanden mellom komponentene og posisjonsvinkelen. For å finne disse verdiene bruker man fotografering eller mikrometer som hjelp. Tette par kan kun måles ved hjelp av mikrometer, spesielt hvis stjernene har stor forskjell i lysstyrke.

I det dobbeltstjernene beveger seg rundt et felles tyngdepunkt vil vi kunne se at de danner to elliptiske baner. (se figur III.5.2).

Figur III.5.2.



Sirius A og B slik de beveger seg i elliptiske baner rundt sitt felles tyngdepunkt som er den rette streken i midten.

Det er inntil 1972 registrert 600 visuelle dobbeltstjerner hvor man har kartlagt banen. For de fleste av disse stjernene har man også kunnet kartlegge hvilken masse de har. Forutsetningen for å kunne finne massen er nemlig at man har kjennskap til avstanden og hvilken bane systemene har.

Spektroskopiske dobbeltstjerner.

De spektroskopiske dobbeltstjernene er så nær hverandre at det er umulig å skille dem med kikkerter. For å kunne finne ut om en stjerne er dobbel, studerer man deres spekter, og ut i fra dette kan man så lese om lyset som vi mottar blir sendt ut fra en eller flere stjerner. Denne forskjellen som vi finner i et spekter fra en spektroskopisk dobbeltstjerne kalles for Dopplerforskyvningen. Det vil si at man tar i bruk Doppler's Effekt(se kap.III.2.6) for å kunne registrere om det er noen forskjell.

Man kjenner pr. 1972 banene til ca 700 spektroskopiske dobbeltstjerner.

Mangestjerner.

Mangestjerner har samme natur som de forannevnte dobbeltstjernene, kun med den forskjell at de består av 3 eller flere komponenter. Svært mange av de stjernene som man tidligere hadde klassifisert som dobbeltstjerner, måtte man klassifisere under mangestjerner etter at de store kikkertene kom i bruk på midten av dette århundre, og spesielt når man virkelig tok i bruk den spektroskopiske metoden.

Et klassisk tilfelle av ovennevnte type er Mizar-Alcor i Ursa Majoris(Store Bjørn). En trodde nemlig at dette systemet var en vanlig dobbeltstjerne, men så oppdaget man en tredje komponent og den ble klassifisert som en trippelstjerne. Men da man virkelig tok til å studere systemet fant man ut at Mizar og Alcor ikke tilhørte samme

system, men var en optisk dobbeltsjerne. Men samtidig fant man ut at Mizar allikevel var en trippelstjerne idet den tredje stjernen i systemet gikk i bane rundt Mizar, og så i tillegg fant man at Mizar også hadde en spektroskopisk følgesvenn.

Den største familien som er registrert blant mangestjernene er systemet Castor i Gemini. Castor består nemlig av hele 6 stjerner. I en vanlig kikkert(4" - 6") vil man kunne se at Castor er dobbel. I større kikkerter vil man igjen kunne se at disse to deler seg igjen. Dessuten har man registrert at det i mellom disse 2 systemene finnes enda en dobbeltstjerne.

Andre interessante mangestjerner er ϵ Lyrae og ϵ Orionis. ϵ Lyrae kan vi med det blotte øye se er dobbel, men hvis vi retter en kikkert mot dem, vil begge stjernene dele seg slik at vi får et system bestående av 4 stjerner. ϵ Orionis består også av 4 stjerner. De har alle sammen en noenlunde lik magnitudo, og de finnes i selve Orion-tåken(M42).

KAPITTEL III.6.

INNHold:

VARIABLE STJERNER, hva er det?.....	III.6.1
Historie.....	III.6.2
H/R-diagrammet og de variable stjernene.....	III.6.3
Formørkelsesvariable stjerner.....	III.6.4
Pulserende variable stjerner.....	III.6.6
Cepheidene I, eller klassiske variable stjerner.....	III.6.7
Cepheidene II.....	III.6.8
De røde langperiodiske variable stjernene.....	III.6.9
Eruptive variable stjerner.....	III.6.11
Flarestjerner(utbruddsvariable).....	III.6.11
R Cor. Borealis.stjerner.....	III.6.11
Novaer - introduksjon.....	III.6.12
Novaenes lyskurver.....	III.6.12
Novaenes spekter.....	III.6.14
Novaenes energi.....	III.6.15
Tilbakevendende novaer.....	III.6.16
Supernovaer.....	III.6.17
Supernovaer Type I.....	III.6.18
Supernovaer Type II.....	III.6.19
Hva blir det av supernovaene?.....	III.6.21
Tillegg - oversikt over forskjellige typer av variable stjerner.....	III.6.22

ALC

Variable stjerner, hva er det?

Variable stjerner er stjerner som varierer i sin lysstyrke. Det kan være regelmessig, helt uregelmessig, eller en blanding. Noen varierer bare en gang i sitt liv.

De variable stjernene kan med få unntak deles inn i 3 grupper. Det er formørkelsesvariable, pulserende variable og eruptive variable stjerner. Den første gruppen er egentlig ikke noen variabel stjernegruppe, men er egentlig en gruppe som hører til dobbelt-stjernene. Men på grunn av at disse også varierer i lysstyrke tar vi dem med under dette kapitlet.

Det er frem til i dag oppdaget ca. 30 000 variable stjerner. Frem til i dag er ca. 3% av alle stjerner som er synlige for det blotte øyet variable stjerner.

De variable stjernene har alle en egen betegnelse. De inndeles etter stjernebildene og får en bokstav foran som angir hvilket nummer den har av de oppdagete stjernene innenfor et stjernebilde. Den første variable stjernen man oppdager i et stjernebilde får bokstaven R. Den neste stjernen som oppdages får betegnelsen S, og slik angis de med bokstav til og med Z. Hvis det er enda flere stjerner som er variable i et stjernebilde angis de med to bokstaver, og den første får betegnelsen RR. De neste får betegnelsen RS, RT, , , RZ, SR, , , SZ, , , , , , ZZ. Er det enda flere enn dette begynner man på AA, AB, , , AZ, og fortsetter på denne måten til QZ (Bokstaven J brukes ikke). Dette gir til sammen 334 kombinasjoner, og hvis det skulle være enda flere variable stjerner i et stjernebilde enn dette, fortsetter man med bokstaven V + tall. Den første av disse får betegnelsen V 335. Det finnes faktisk en del stjernebilder som har flere enn 334 variable stjerner. Et eksempel er Ophiuchus som har stjernen V451 Ophiucii. Det vil si at det er minst 451 variable stjerner i dette stjernebildet.

Historie.

De variable stjernenes historie begynner egentlig allerede i den arabiske storhetstid omkring 600 år etter kr.f. Da oppdaget arabiske astronomer at Algol blinket og gav den navnet Algol som betyr djevelens øye. Algol ble gjenoppdaget i 1667 av italieneren Montanari. Men at den var en formørkelsesvariabel ble først fremsatt som mulig forklaring av engelskmannen John Goodricke i 1782, men da ville ingen tro på ham. Denne tesen ble endelig klarlagt som den riktige i 1888.

Men tilbake til den tidlige historie. I år 1006 ble den første supernova oppdaget av arabiske astronomer. Den ble oppdaget i stjernebildet Scorpius. 48 år senere oppdaget kinesiske astronomer en ny supernova i Taurus, og det er restene av denne som i dag kalles for Krabbetåken.

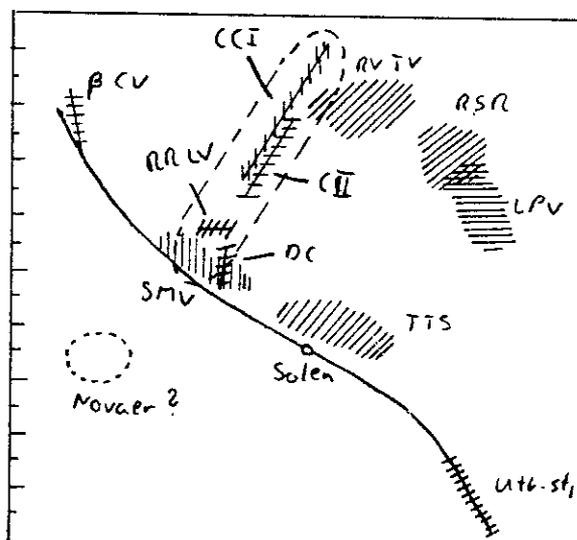
I 1596 bleså den første egentlige variable stjernen oppdaget, det o Ceti(Mira). Oppdageren va italieneren Fabricius.

Interessen for variable stjerner begynte virkelig å blomstre på slutten av det 18. århundre. Da ble stjernene β Lyrae, δ Cephei, η Aquilae, α Herculis, R Scuti og R Coronae Borealis oppdaget. Så ble det nedgangstid frem til midten av 1800-tallet, da det igjen kom en oppblomstringstid for observering av variable stjerner. Frem til 1844 var det oppdaget 22 variable stjerner, og i år 1900 var tallet kommet opp i 700. Samme året ble den første variable stjernen i de Magellanske Skyer oppdaget. I 1948 passerte man tallet 10 000 variable stjerner. Året etter ble den første utbruddsvariable funnet. Det var UV Ceti. I 1968 passerte man så 20 000 registrerte variable stjerner og ved utgangen av 1970 var det reistrert 22650 variable stjerner. I tillegg til disse er det i 1970 en liste over 8900 mulige variable stjerner og en liste over 3140 tvilsomt variable stjerner. I 1976 var tallet på registrete variable stjerner kommet opp i ca. 26000, og altså i dag omkring 30000 variable stjerner.

H/R-diagrammet og de variable stjernene.

De variable stjernene finner en over alt i et H/R-diagram, men de fleste befinner seg over hovedrekken. De forskjellige typer befinner seg som regel i en gruppe rundt tpestjernen. Men en gruppe kommer inn under hovedrekken og det er de såkalte utbruddsvariable. De formørkelsesvariable er også som regel i hovedrekken, men disse er spredd ut over hele rekken. I figur III.6.1 finner du hvor de fleste typer variable stjerner befinner seg i H/R-diagrammet.

Figur III.6.1.



Forklaring:

CCI = klassiske cepheider

RVTV= RV Tauri-variable

RSR = Røde semi-regulære variable

LPV = Langperiodiske variable

β CV= β Cepheide variable (β Canis Majoris = prototype)

RRLV= RR Lyrae variable

CII = Cepheider II

DC = Dvergcepheider

SMV = Spektrale og magnetiske variable

TTS = T Tauri stjerner

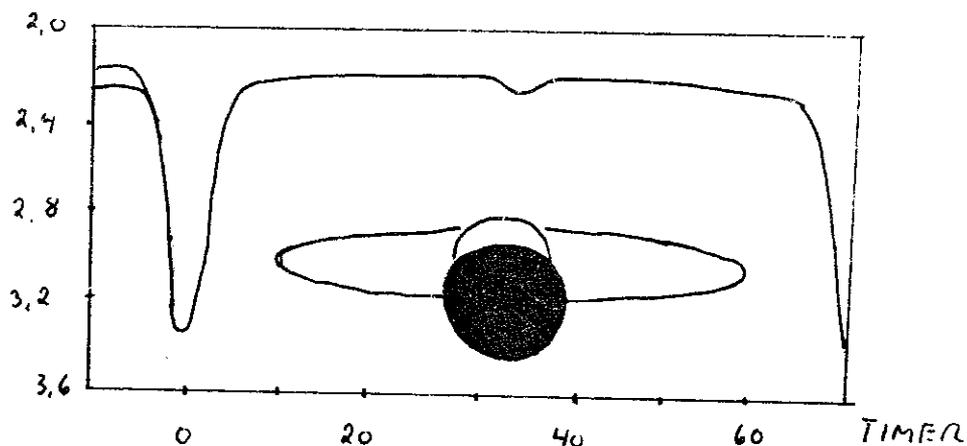
UTB = Utbruddsstjerner(flarestjerner)

Formørkelsesvariable stjerner.

De formørkelsesvariable stjernene er egentlig fotometriske dobbeltstjerner. Disse stjernene kan vanligvis ikke oppløses med kikkert, men de har en slik bane sett fra jorden, at de beveger seg seg foran hverandre, slik at det oppstår en formørkelse. Det finnes to forskjellige formørkelsesvariable stjernetyper. Det er de som kalles Algol-variable, og så er det de som kalles β Lyrae-variable. Forskjellen på disse to typer er avstanden mellom komponentene.

De Algol-variable stjernene har fått navnet etter proto-stjernen Algol(Persei). Disse stjernene har et åpent system, det vil si at komponentene er langt fra hverandre. Denne type system har en meget enkellyskurve, med et nesten konstant lys, bare avbrutt av de to minima. De formørkelsesvariable stjernene har alltid to minima, det største når den mørke komponenten formørker hovedstjernen, og når hovedstjernen formørker sin følgesvenn oppstår det et mindre minima. Figur III.6.2. viser Algol's variasjon i lysstyrken i løpet av en periode.

Figur III.6.2.



Algols lysvariasjon i løpet av en periode.

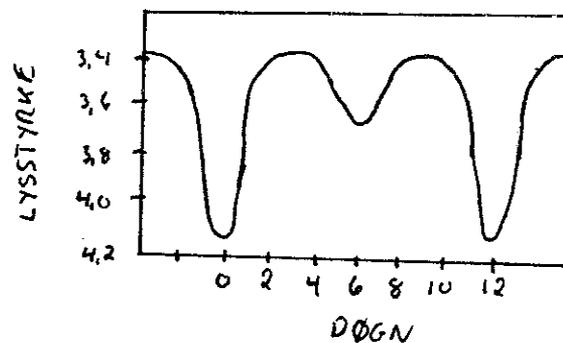
Et fenomen som oppstår ved de formørkelsesvariable stjernene er at lysstyrken for systemet øker før sekundærmimum inntrer. Grunnen til dette er av hovedstjernen belyser den mørke komponenten som igjen reflekterer dette lyset før den går inn bak hovedstjernen. En kan si at de to stjernene virker som et speil for hverandre. Det vil igjen si at den mørke komponenten lyser på

hovedstjernen rett før primærminimum som igjen reflekterer dette lyset ut. Men på grunn av det svake lyset som den mørke komponenten gir, vil utslaget ikke bli merkbart på annet enn de mest lysfølsomme instrumenter.

En liten variant fra de Algol-variable er ξ Aurigae. I dette systemet er ledsageren superkjempe med en svært tynn atmosfære. På grunn av dette vil primærminimum bli svært liten idet lyset fra hovedstjernen skinner igjennom ledsagerens atmosfære. Når sekundærminimum inntreer vil det samme skje, her vil utslaget bli enda mindre, fordi hovedstjernen ikke klarer å formørke hele ledsageren.

De såkalte β Lyrae-variable stjernene har en liten avstand mellom komponentene. Det fører til at komponentene blir deformerte, de får en avlang form og en bundet rotasjon. Under formørkelsene ser vi stjernene fra enden, og midt i mellom to minima ser vi stjernene fra siden. Dette fører til at systemets lysstyrke varierer kontinuerlig. Figur III.6.3 viser β Lyrae's lysvariasjon i løpet av en periode.

Figur III.6.3.



β Lyrae's lysvariasjon i løpet av en periode.

Som man ser minner denne kurven meget på Algol's kurve, bare at det ikke er noen rolig periode samtidig som sekundærminimum er mye kraftigere.

En avart fra denne typen formørkelsesvariable er noen stjerner som kalles W Ursae Majoris-stjerner. Denne typen stjerner ligger så nær hverandre at de faktisk har en viss kontakt med hverandre. De kalles gjerne for kontaktdobbeltstjerner. Det oppstår gassstrømmer og massutveksling mellom stjernene. På disse skjer det stadig innviklede fysiske forandringer som skaper et meget forvirrende og gåtefullt spekter.

Pulserende variable stjerner.

De pulserende variable stjernene er den største gruppen blant de variable stjernene. Til nå er rundt 18 000 stjerner blitt katalogisert som pulserende. Grunnen til at de pulserer er at det under sin utvikling har hatt en forstyrrelse i prosessen, og det er dermed satt i gang en mekanisme som får lysstyrken til å svinge om ett likevektspunkt. Denne mekanismen er meget avhengig av stjernens masse. Solen for eksempel vil aldri kunne bli en pulserende variabel idet den har en altfor liten masse. De pulserende variable stjernene forblir ikke pulserende i hele sitt livsløp, men kun en kort periode.

Blant de pulserende stjernene skiller det seg ut to klasser. Det er cepheidene og Mirastjernene. Cepheidene er kortperiodiske med en periode mellom 1 time og 50 døgn. De er oppkalt etter den første stjernen som ble funnet av denne typen Cephei. Mirastjernene kalles også for langperiodiske røde variable. De har en periode som vanligvis ligger mellom 80 dager og opp til 1000 dager. Disse stjernene er oppkalt etter α Ceti (Mira) som ble oppdaget allerede i 1596.

Men det finnes flere typer pulserende variable stjerner. Det er Cepheidene II, RR Lyraestjerner, RV Tauristjerner, β Canis Majoris-stjerner, δ Scutistjerner, og α Canum Venaticorumstjerner. Alle disse har sin egen form for pulsasjon.

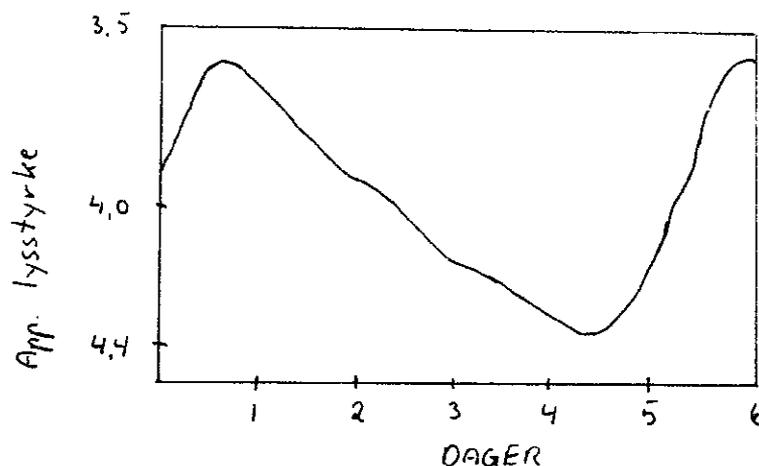
Alle disse formene for variable som kommer inn under gruppen pulserende har det til felles at når de har vært pulserende variable stjerner en stund vil pulseringen stabilisere seg og

pulseringen vil sakte avta og til slutt stoppe helt opp. Stjernen vil da bli helt normal og en ikke-variabel stjerne.

Cepheidene I, eller klassiske cepheider.

Denne typen pulserende stjerner er den største gruppen, og de finnes overalt i vår galakse. De er også funnet utenfor vår galakse i våre nærmeste naboer. Disse stjernene har en stabil pulsering og perioden varierer fra 1 time til 80 dager. Lysstyrken varierer vanligvis mellom 0,1 og 2 magnituder. De er hvite og gule kjemper og superkjemper. Protostjernen for denne gruppen er δ Cephei. Figur III.6.4. viser stjernens lyskurve.

Figur III.6.4



De klassiske cepheidene regnes også for å være hovedstjerne blant de variable stjernene som finnes i det indre av de kuleformede galaksene (Store og Lille Magellanske Sky, samt M 80 og M 3). De kalles derfor også for galaktiske variable.

Stjernene har et skarpt maksimum, men synker sakte ned mot minimum. Grunnen til dette er at det hos cepheidene finnes en sammenheng mellom lysvekslingsperioden og den absolutte lysstyrke. Dette kalles for periode-luminositetsrelasjonen. Og ut i fra observert periode kan man bestemme den absolutte størrelsesklassen, og ved en sammenholdelse av den tilsynelatende lysstyrke kan man finne stjernenes avstand. Cepheidene har derfor vært en meget stor hjelp for astronomene til å bestemme universets avstandeskala.

Cepheidene II.

Denne typen stjerner som er en avart av de klassiske cepheider, kalles også for W Virginis-stjerner. Forskjellen mellom de 2 typene er lyskurven, spekteret og hvor de befinner seg i galaksen.

Cepheide II stjernenes lyskurve er delvis lik de klassiskenes, men maksimum varer lenger, og det samme med minimum. Men å adskille klassiske cepheider og cepheidene II med en periode mellom 1 og 10 dager vil de fleste ha store problemer med. Denne skilnaden kan kun sees av erfarne astronomer med gode instrumenter.

Spekteret til cepheiden II viser kraftige hydrogen-linjer når stjernene går mot maksimum. De klassiske cepheidene viser i sitt spektrum kraftige jern-, titan-, og strontium-linjer. En mener å kunne påvise ut i fra spekteret at disse stjernene gir fra seg sjokk-bølger som beveger seg gjennom stjerne-atmosfæren med en hastighet på omkring 70 km/s. Disse bølgene har nok energi til å ionisere alle hydrogen- og helium-atomer, og å produsere en temperatur på omkring 30 000°K rett på sjokket. Ved en gjenforening av atomene under returen til utgangspunktet, vil gassene bak sjokkbølgen kjøle seg meget hurtig ned.

Antallet av hydrogen/helium atomer ligger mellom 3/1 og 10/1, noe som gjør at den er meget lik Orion-tåken. Og i Orion-tåken er det et fødested for stjerner, noe som igjen indikerer at disse stjernene må være relativt unge.

De fleste medlemmene av cepheide II-stjernene befinner seg langt fra det galaktiske planet. Deres variasjonsperiode er ofte variabel, det vil si at tiden mellom hvert minimum eller maksimum kan variere fra gang til gang.

Mellom 3 og 4 prosent av de vesentlig kjente variable stjernene i de kuleformede kulehopene er cepheide II-stjerner.

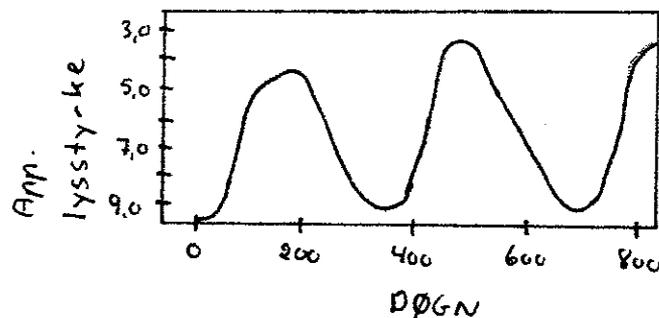
De røde langperiodiske variable stjernene.

De røde langperiodiske eller Mira-stjerner somde kalles etter proto-stjernen α Ceti (Mira), er røde, kjølige kjemper og superkjemper med variasjonsperioder på mellom 80 og 1000 dager. Stjernenes amplitude (den lysvariasjon stjernene har) ligger vanligvis mellom 2,5 og 8 magnituder, men kan i visse tilfeller komme helt opp i 10 magnituder.

Vi kjenner i dag over 6000 variable stjerner som er klassifisert som Mira-stjerner, og disse stjernene er blant de beste stjernene å observere for amatør-astronomene da perioden er lang og de vanligvis har en stor amplitude.

De fleste Mira-stjernene befinner seg inn mot galaksens sentrum. Der er en forskjell på de langperiodiske variable som befinner seg nær galaksens sentrum og de som er i utkanten av galaksen. De som befinner seg i sentrum har en kort periode, vanligvis under 200 dager, og de som befinner seg i utkanten vanligvis over 200 dager.

Mira (α Ceti) som er proto-typen befinner seg ut mot kanten av galaksen og den har en periode på 331 dager. Figur III.6.5. viser Mira's periode.



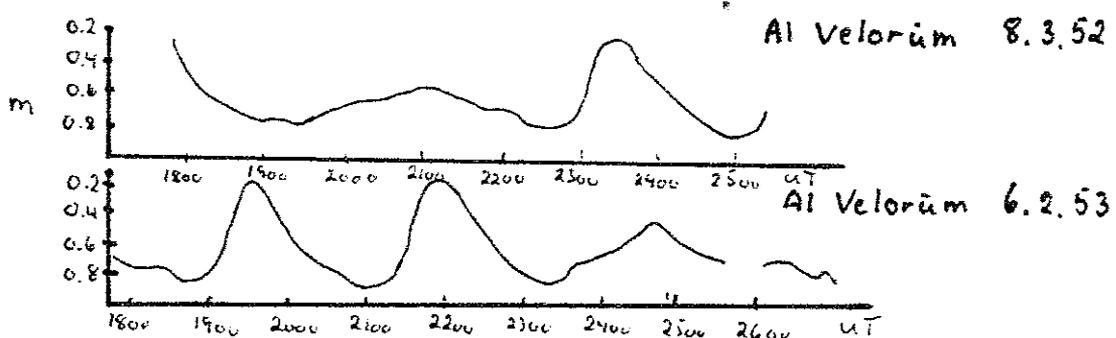
De fleste stjernene av denne typen variable finnes i spektral klasse M og N, og deres typebetegnelse er M-stjerner. Deres spekter viser en overvekt av linjer i det infrarøde feltet, men det er også påvist sterke spektral-linjer i Hydrogen-feltet.

Dverg-cepheidene.

Disse stjernene er en variant av de klassiske cepheidehe. Det som skiller disse fra de klassiske er perioden og stjerne-massen. De har en meget hurtig periode, omkring 0,1 til 0,5 dager. Massen er stor. Denne typen cepheider varierer ganske meget sitt variasjonsmønster.

Prototypen for dverg-cepheidene er δ Scuti og A1 Velorum. Figur III.6.6 viser A1 Velorum's lyskurve.

Figur III.6.6



Denne lyskurven er nokså lik den som RR-Lyrae-stjernene har. Spekteret til dverg-cepheidene viser en kraftig overvekt av metaller, spesielt jern og titan. De samme linjene finner vi i de klassiske cepheidene. Dverg-cepheidenes spektralklasser er A og F.

Dverg-cepheidene har en meget stor tetthet og masse, men den visuelle lysstyrken er lav. Til gjengjeld har disse stjernene en høy absolutt lysstyrke.

Det er til nå registrert ca. 50 stjerner av denne typen, og de regnes å tilhøre solens naboer. En del av disse stjernene er funnet blant annet Hyadene. En gjør regning med at disse stjernene er gamle stjerner som har begynt å brenne opp hydrogenet. Det vil si at de er kommet svært lang i sitt livsløp.

Eruptive variable stjerner.

Denne typen stjerner som er den siste av de tre hovedgruppene er også den minste gruppen. Men til gjengjeld er den den mest interessante. Denne gruppen består av to typer stjerner, flarestjerner(utbruddsvariable) og novaer.

Disse stjernene varierer sin lysstyrke fra 0,5- 20 magnituder alt etter hvilken type de er. Flarestjernene varierer med 0,5-6 magnituder, mens novaene varierer med 4-20 magnituder.

Flarestjerner(utbruddsvariable).

Flarestjernene øker sin lysstyrke ved at de får lokale utbrudd på overflaten. Som nevnt ovenfor fører dette til at de øker sin lysstyrke med 0,5-6 magnituder. Flesteparten har en lysvariasjon på omkring 0,5-0,6 magnituder. Disse stjernene hører til dvergstjernene, og de befinner seg i begynnelsen av hovedrekken, det vil si at de tilhører hovedrekkestjernene.

Utbruddene som disse stjernene har er som regel sjeldne, og meget korte. Alle kjente flarestjerner er meget svake, og har emisjonslinjer av H I og C II.

Det er til nå oppdaget ca. 30 flarestjerner, alle innenfor en avstand av 20 parsec. Prototypen av disse stjernene er UV Ceti. Flarestjernene er medlemmer av dobbelt-stjerne-system, hvor de er følgesvenner. UV Ceti f.eks. er følgesstjerne til Luyten 726-8. Det spesielle med disse systemene er at komponentene er omtrent like sterke.

Flarestjernene har en periode på omkring 10 minutter.

R Cor. Borealis-stjerner.

Disse stjernene er også en form for flarestjerner. De er supergiganter med en meget stor lysstyrke. Stjerner av denne typen varierer med 1-10 magn., men det vanligste er mellom 5 og 10. Protostjernen R Cor. Borealis varierer selv mellom 6. og 14. mag. Stjernene er vanligvis meget helium- og carbon-rike, og svært fattige på hydrogen.

Novaer - introduksjon.

Så er vi kommet til den mest berømte typen stjerner, nemlig novaene. Novaene er stjerner som på grunn av ustabilitet i sin kjerne eksploderer og øker mangfoldige ganger sin størrelse og lysstyrke. Denne økningen skyldes for novaenes vedkommende i de fleste tilfeller at novaen har en komponent som bevirker forstyrrelsen. De fleste novaene er med i et system hvor den ene komponenten er en kald rød gigant og den andre en varm og litt mindre massiv stjerne.

Novaene øker sin lysstyrke med opptil 14 magnituder, og de er gamle "disk-populasjon" stjerner. Det vil si at stjernene ligger i det galaktiske senter. Omtrent 63% av alle kjente novaer finnes innenfor en avstand av 450 parsec fra galaksenes sentrum.

I en galakse av type Sb og Sc (spiralgalakser) er det anslått at det oppstår mellom 50 og 100 pr. år. I vår galakse er det hittil bare funnet 150 novaer, men en regner med at de fleste novaene har vært så svake på sitt sterkeste, ca mag. 10 - 14, at de ikke er blitt lagt merke til. I Andromeda-tåken har man anslått den årlige raten til å være 26 ± 4 .

Novaenes lyskurver.

Alle observasjonsdata om novaer kommer fra den optiske astronomi. Det er til nå ikke oppdaget noen radiobølger, unntatt fra gamle novaer hvor man har oppdaget noe som kan assosieres med røntgenstråler.

McLaughlin (1936) har satt opp en liste på 9 trinn over utviklingen for en typisk nova.

Trinn 1: (pre-nova) representerer den uforstyrrede stjerne med en vedvarende blåfarge.

Trinn 2: (begynnende økning) dekker ekspansjonen som følger etter eksplosjonen. Stjernen øker med 9 magnituder på 1 dag. Mestdelen av lyset kommer fra pseudo-stellar fortsettelse.

En svært utvidet fotosfære er lik den man finner rundt stjerner som er super-giganter.

Trinn 3:(Pre-maksimum stans) Stjernen tar en liten pause i økningen, eller synker litt, absorpsjonen er helt forsvunnet, og stjernen har fått en enormt sterk utstråling.

Trinn 4:(avsluttende økning)På dette trinnet foretar stjernen sin siste økning mot maksimum. Økningen er nå meget svakere og den stiger nå bare med 2 magnituder. Absorpsjonen er fremdeles forsvunnet, og utstrålingen synes å avta.

Trinn 5:(maksimum) Her har stjernen nådd sitt maksimum, og viser meget kort, unntatt for sakte avtagende novaer' en sammensatt absorpsjon og utstråling. Stjernen fortsetter og avta.

Trinn 6:(tidlig i returperiode) Her faller novaen med ca 3-4 magnituder. Sammensatt absorpsjon, og på dette trinn øker utstrålingen

Trinn 7:(overgangsperiode)I denne perioden blir absorpsjonen mer enhetlig og vil til slutt forsvinne. Spektral-linjene utvikler seg i retning av stjernetåke-lignende.

Trinn 8:(avluttende retur) Novaen faller nå jevnt eller litt irregulært mot slutten. Absorpsjonen har nå helt forsvunnet, og utstrålingen har blitt kraftig redusert. Spektral-linjene fortsetter å utvikle seg mer og mer i retninge av stjernetåker.

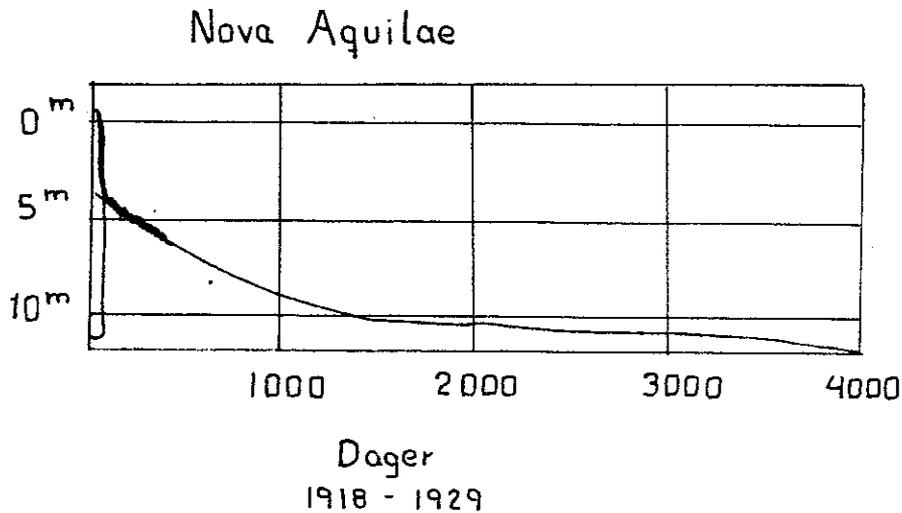
Trinn 9:(post-nova). Stjernen er nå kommet ned til normal størrelse igjen, og dens magnitudo er den samme som for pre-nova-stjernen(trinn 1). Spektral-linjene er nå nesten helt identiske med de spektral-linjene som vi finner hos stjernetåkene.

En slik periode som beskrevet ovenfor vil vanligvis ligge mellom 100 til 250 dager. Differansene som kan oppstå, vil man normalt finne i trinn 6,7 og 8. Vanligvis er det slik at jo sterkere novaen er jo raskere periode har den.

På neste side kan man se et diagram over Nova Aquila 1918 som er den sterkeste novaen som er observert i dette århundre.

Diagrammet viser her en meget rask utvikling helt til den er kommet til trinn 8 der den flater ut sin kurve.

Figur III.6.7



Novaenes spekter.

Novaenes spektre forandrer seg under hele eksplosjonstiden. Under maksimum ligner stjernens spekter svært meget på det spekter som stjerner av supergigant-type klasse A og F har. Og rett etter maksimum dukker det opp spektral-linjer av nøytral helium. Dette er et tegn på at det foregår en økende reaksjon. Varigheten av disse spektral-linjene varierer svært meget fra nova til nova (Meget raske novaer = 32 dager, raske novaer = 40 dager og for sene novaer er varigheten 184 dager, tallene er gjennomsnittlige). Deretter følger spektral-linjene den såkalte Balmer-linjen med sterke og klare linjer med Ca II og Fe II. Spekteret går deretter over til å følge stjernetåkenes spekter (OI og He II).

Senere begynner så spekteret å bli mer og mer sammensatt, linjene begynner å overlappes hverandre, og det blir meget vanskelig å skille dem fra hverandre. Når trinn 7 er nådd blir N III en viktig del av spekteret. Det skjer etter at absorpsjonslinjene er forsvunnet. Den karakteristiske spektrallinjen for NII blir også synlig. Når trinn 9 er nådd er de viktigste delene i spekteret linjene for hydrogen og ionisert helium.

Novaenes energi.

Den energi som en nova gjør bruk av under en eksplosjon er av anseelige dimensjoner. Men desverre har man ikke kunne bestemme den mengden. Dette fordi stjernenes masse er ukjent. Men det man har klart å kartlegge er at disse stjernene er blå stjerner med en temperatur på ca $50\,000^{\circ}\text{K}$ før eksplosjonen. Og ut i fra dette og den observerte lysstyrke har man gitt en radius på $1/10 R_{\odot}$ (R_{\odot} = solens radius).

Den totale energien for en nova hvor stjernen ved normal tilstand er $M = 1M_{\odot}$ og $R = 1/10 R_{\odot}$, blir tilsvarende 10^{49} erg (M_{\odot} = solens masse). Ut ifra disse tall har astronomene så utledet følgende teorier:

Totalt utstrålt energi: 10^{-4} x stjernens totalenergi

Kinetisk energi av utskilte gasser: ($v = 10^8$ km/sek = 10^{-5} x total energi).

Utskilt gassmasse: 10^{-3} x stjernens masse

Den utstrålte gassmasse er ca. $1/10000$ del av stjernen totalmasse, og denne massen legger seg som en ekspanderende tåke rundt novaen.

Når novaene så har brukt opp energien som er bygd opp, vil den vende tilbake til det samme stadium den hadde før den eksploderte. Det vil si at den inntar den samme plassen i HR-diagrammet. Den har den samme masse og lysstyrke. Disse stjernene finnes i HR-diagrammet mellom hovedrekken og de hvite dvergene.

Tabell III.6.1

Oversikt over noen novaer og deres data.

Nova	År	App. magn. max.	Abs. magn. max.	Speed class	Avst. kpc	App magn.		Spektr.kl			Ekspl. hast. km/s
						Pre	post	pre	max	post	
V603 Aql	1918	-1.1	-8.8	VF	0,34	10,5	10,5	A0	A5	-	-1700
V476 Cyg	1920	2.0	-8.8	F	1,15	-	16,2	A0	A2	A5	-750
DK Gem	1912	3,5	-7.0	F	1,3	15:	14,8	A5:	A5	cP5	-800
DQ Her	1934	1,4	-6,5	S	0,40	14,5	13,8	B5p	cF0	cF5	-350
GK Per	1901	0,2	-8,7	VF	0,6	13,5	13	B9	A0	A2	-1400

Tilbakevendende novaer.

Hos en del novaer har man observert flere utbrudd med flere års mellomrom. Disse kalles tilbakevendende novaer(recurrent). Hver gang novaen eksploderer igjen, blir den svakere og svakere ved maksimum.

De tilbakevendende novaene øker sin lysstyrke med bare omkring et par tusen ganger mens novaene øker sin lysstyrke med opptil flere hundretusen ganger. De tilbakevendende novaene er alle når de er i normal tilstand, blå sub-dverger. Hvis de tilhører et dobbeltstjernesystem, noe som svært mange av dem gjør, har de alle de samme spektrale egenskaper når de er i post-nova-stadiet.

Tabell III.6.2

Noen tilbakevendende novaer.

Nova	Tilbakevendingsår	speed- class	Abs.magn.		Anm.
			Max	Min	
T Pyx	1890-1902-/20-/44-67	S	-6,4	0,8	Single
WZ Sge	1913 - 1946	MF	-7,3	1,8	Binary
T CrB	1866 - 1946	VF	-8,4	0,2	"
RS Oph	1898-1933-/58-/67	VF	-8,3	-0,8	"
V1017 Sgr	1901-1919	S	-6,4	0,7	"

Anm.

S= sakte, MF= middels hurtige, VF= meget hurtige.

Ved studier av lyskurvene til T Pyx har forskerne funnet en meget bemerkelsesverdig ting. Det viser seg at alle fem kurvene er så og si helt identiske, med lav hastighet, flatt maksimum og sakte reduksjon i lysstyrken.

Supernovaer.

Blant alle typer novaer er supernovaene de som tiltrekker seg mest oppmerksomhet. De er meget interessante og en av grunnene til det er at de er så sjeldne. Ordet supernova ble lansert i 1934 av astronomene Baade og Zwicky. Ordet står for en stjerne som øker sin lysstyrke mange tusen ganger sterkere enn en vanlig nova. Som nevnt er supernovaene meget sjeldne. Ut fra de observasjoner som er foretatt av supernovaer har en regnet seg frem til ett gjennomsnittstall på 1 hvert femhundrede år for hver galakse.

Det er til nå funnet 219 supernovaer. Av disse 219 er bare 3 registrert å tilhøre vår galakse. Det er supernovaen i Taurus (Krabbetåken) oppdaget i år 1054, Tycho Brahes stjerne i Cassiopeia oppdaget i 1572 og Keplers stjerne i Ophiuchus oppdaget 1604. Tycho Brahes stjerne var så sterk at den var synlig i fullt dagslys. Ved maksimum hadde den en visuell lysstyrke på -4. Keplers stjerne hadde en visuell lysstyrke ved maksimum på mag -2,2.

For at en stjerne skal kunne bli en supernova må stjernen ha en masse på omkring 3,5 ganger solens. Når en slik stjerne forlater hovedrekken oppstår det kompliserte prosesser i stjernens kjerne. Hvis helium-kjernen blir for massiv vil stjernen komme helt ut av likevekt, og kjernetemperaturen vil øke enormt. Når kjernetemperaturen har nådd 5 milliarder grader (solens kjernetemperatur er 14 millioner) oppstår det en kraftig endring i stjernens sammensetning. Ved denne temperaturen begynner nemlig jern-molekylene som er de tyngste som er kjent i dag, å dele seg og går over til helium. Dette fører til på grunn av gravitasjonskreftene, at kjernen kollapser. Stjernens ytre lag blir på grunn av stjernereaksjonen opphetet til omkring 300 millioner grader (solens overflatetemperatur erca 6000 grader). Resultatet blir at hele stjernen eksploderer og vi får en supernova. Restene av stjernen blir til en ekspanderende gass-sky (ref Krabbe-tåken) og kjernerestene faller sammen til såkalt nøytron-stjerne. Denne stjernen er mindre enn 150 km i diameter.

På grunn av den enorme energien som blir frigjort under en supernova-eksplisjon, vil stjernen øke sin lysstyrke radikalt.

En supernova øker som regel sin lysstyrke med minst 100 millioner ganger solens. Hvis man plasserte en slik supernova i en avstand på 1 parsec ville supernovaen lyse klarere enn fullmånen. Og hvis man plasserte den like nær vårt solsystem som vår nærmeste nabo Alfa Centauri, ville supernovaen sannsynligvis lyse klarere enn vår egen sol. Dette ville føre til at vi på jorden hadde hatt 2 soler en stakket stund.

De fleste supernovaene er funnet i de store galakse-hopene i Virgo, Ursa Majoris og i Coma Berenices. I disse 3 stjernebildene er det tilsammen oppdaget 36 supernovaer. En av de mest berømte supernovaene som er oppdaget utenfor vår egen galakse er en supernova som ble funnet i dverggalaksen IC 4182 (Virgo-hopen) i 1937 av Zwicky. Den tilsynelatende lysstyrken til supernovaen var mag 8,2. Det fantastiske er at hele galaksens tilsynelatende lysstyrke var kun mag. 13. Det vil altså si at denne ene stjernen hadde en større lysstyrke enn alle de andre stjernene i galaksen tilsammen (Galaksen inneholdt et par tusen stjerner). I løpet av ett år sank supernoven til 0,1/1000 000 av det den var ved maksimum. Det gir en absolutt lysstyrke på mag. 17,5. Denne stjernen er i dag kjent som radio-kilden Virgo A. En annen kjent supernova ble oppdaget i 1885 i Andromeda-galaksen. Den var så sterk at den var synlig med det blotte øyet.

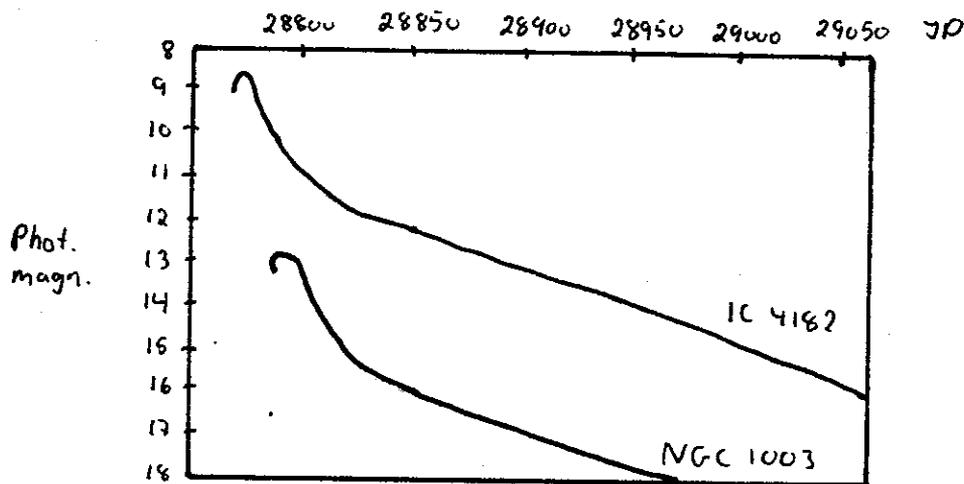
Det finnes 2 forskjellige typer supernovaer. De har betegnelsene Type I og Type II. En regner med at halvparten av supernovaene tilhører gruppe I og andre halvparten Type II. Forskjellen på disse to gruppene finnes både i forskjellige lyskurver, lysstyrke, masse, energi og stjernepopulasjon.

Supernovaer Type I.

Denne typen supernovaer har generelt en meget klar og oversiktlig lyskurve. Lyskurven viser en meget rask økning til maksimum, for så å avta nokså jevnt i en periode på 50 dager. Deretter i løpet av de neste 50 - 70 dager avtar den med omkring halvparten av lysstyrken. Se også figur III.6.8.

Figur III.6.8

Lyskurver for supernovaer i IC 4182 og NGC 1003.



Supernovaer av Type I øker sin absolutte lysstyrke til mellom mag -14 og mag -17. Det vil altså si at hvis de ble plassert i en avstand av 1 parsec ville de være sterkere enn fullmånen (-12,7).

Supernovaer av Type I har ikke hydrogen i sitt spekter, og de har lav masse og en meget stor utvidelseshastighet ($10000 \text{ km/sek}^{-1}$). Disse supernovaene er stjerner som nesten har nådd enden av sin stjerneutvikling.

Type I supernovaer finner man vanligvis i de fleste typer av galakser. Mest vanlig er spiralgalakser, men også i de elliptiske galaksene.

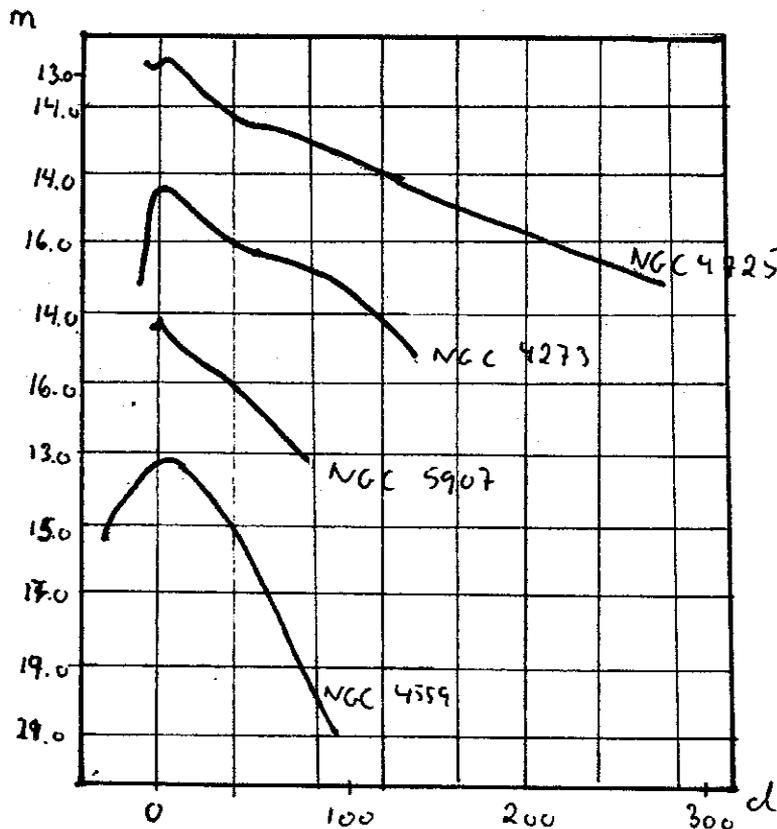
Supernovaer Type II.

Type II supernovaer er forskjellige fra type I ved at de har hydrogen, større masse og en lavere utvidelseshastighet (5000 km/s^{-1}). Lyskurven er mye bredere og mer sammensatt ved maksimum. Den absolutte lysstyrken er ikke fullt så høy, mellom -12 og -13,5.

Supernovaer av Type II forekommer bare i spiralgalakser. Og de finnes bare blant unge massive stjerner i nærheten av kantene i spiralarmene.

Figur III.6.9

Lyskurver for 4 supernovaer av Type II.



Som man kan se av lyskurvene viser disse en større variasjon i figurene enn supernovaer av Type I gjør.

Spektrene av supernovaer av Type II viser en stor individuell forskjell. Men en del ting har de til felles. Nær maksimum er spekteret noenlunde likt en stjerne av klasse O(40000°K). Spekteret er nesten uten linjer og absorpsjoner. Omtrent en uke etter maksimum dukker det bånd med H og H linjer. Deretter begynner de å ligne på vanlige novaer i et avansert stadium, med de samme fenomener men i en større målestokk.

Generelt sier man at Type II supernovaer er et resultat av en rask utvikling av massive, unge stjerner av populasjon I. Massen er forbundet med rotasjonen, og som en regel sier man at massive stjerner roterer meget fort. En sammenligning av masse og lysstyrke for nydannede stjerner med en utblåsningsfrekvens lik Type II supernovaer leder til den antagelse at en viss del av de massive varme stjernene med en spektral-klasse tidligere enn B5 slutter sin levetid som en supernova av Type II.

Hva blir det av supernovene?

Etter en supernovaeksplosjon blir det ganske store mengder av rester. Disse restene som på engelsk har betegnelsen SNR (supernovae-remnants) danner i løpet av kort tid en ekspanderende tåke og en nøytronstjerne. Supernovaen i Taurus i år 1054 er ett typisk eksempel på dette. Selve stjernematerien er gått over i en gass-sky og kjernen er falt sammen til en nøytronstjerne. Denne nøytronstjernen vil ikke være større enn 150 km i diameter. Disse supernovarestene er alltid meget kraftige radiokilder, som også Krabbe-tåken jo er.

Det som skiller supernovarestene fra en vanlig gass-tåke er at det ikke finnes en varm stjerne i nærheten.

Som nevnt er supernovarestene meget kraftige radiokilder, og den første radiokilden som ble optisk identifisert var selvfølgelig Krabbe-tåken. Forskerne gjør regning med at alle galaktiske radiokilder, unntatt HII gass-skyer og flare-stjerner, er rester etter supernovaer.

Tabell III.6.3

Noen kjente supernovarester og deres data.

Supernova	Type	erg/sek.	Diameter	Avstand
Cassiopeia A	I	3×10^{34}	?	3000 parsec
Krabbetåken	I ?	3×10^{33}	0,75 parsec	1700 parsec
Veil-tåken	II	4×10^{32}	40 parsec	770 parsec
Keplers stjerne 1604	I	4×10^{31}	?	12100 parsec
Tycho Brahes stjerne 1572	I	10^{31}	?	3-5000 parsec

Tillegg.

Oversikt over forskjellige typer av variable stjerner
(Listen er skrevet på engelsk)

Natur	Klasse	Betegnelse, beskrivelse og prototype	Periode d	Amplitude	Type
Pulsating (periodic)	C	Cepheids I = classical cepheids(δ Cep)	1,5-80	0,1-2	F-K
	CW	Cepheids II = W Virginis stars	1-50		
	RRa	asymmetric light curve Prototype=RR Lyrae	0,5		
		RR Lyra stars		0,5-1,5	A
	RRc	Sinusoidal light curve Prototype=SX Ursa Ma.	0,3		
	M	Mira stars(α Ceti)	80-1000	2,5-8	M,N
	RVa	Constant mean brightn. Prototype=AC Herculis			
		RV Tauri stars	30-150	0,5-3	G-M
	RVb	Var. mean brightness Prototype=RV Tauri			
	C	β Can. Majoris stars Giants	0,1-0,3	0,1	gB2
	Sc	δ Scuti stars Dwarf-cepheids	0,6	0,2	dF
CV	α Can. Venetic. stars with variable magn, fields	1-25	0,1	Ap	
Semi-regular (cyclic)	SRA	appreciable periodicity Prototype=Z Aqr			
	SRb	Red stars, poor per. Prototype=AF Cyg.	30 - 1000	1-2	M
	SRc	Supergiants Prototype= μ Cet.			
	SRd	Yellow giants and supergiants Prototype= S Vul.	30 - 1000	1-2	F,K
Irregular	Ia	early Spectral type Prototype=BO Cep.	50-300		A,F
	Ib	Red giants Prototype=SO Cyg.		many	
	Ic	Red supergiants Prototype= ρ Cep.	80-200		K,M

Natur	Klasse	Betegnels, beskrivelse og prototype	Periode d.	Amplit. m.	Type
Eruptive	SN	Supernova Prototype=CM Tau (Krabbe-tåken)			
	Na	Fast nova Prototype=GK Per(Nova 1901)	Hot Dwarfs/	20	
	Nb	Slow nova. Prototype= RR Pic.(Nova 1909)	A eller F giants	7-16	
	Nc	Very slow nova Prototype= RT Ser. (Nova 1952)			
	Nd	Recurrent nova Prototype=T CrB (nova 1866/1946)	10år- 80år	4-8	dF, dG
	Ne	Nova-like stars Prototype= P Cyg. (Nova 1600)	very heterogeneous class		
	UG	U Geminorum stars Dwarfs, frequent outbursts	20-600	2-6	dG
	Z	Z Camelopard. stars generally constant	10-40	2-5	dG
	RCB	R Cor. Borealis stars high luminosity	10-300	1-9	F-R
Twitchety	RW	RW Aurigae stars	1-2	3	B-M
	T	T Tauri stars			
	UV	UV Ceti stars dwarfs, rare flares	10min.	1-6	dM
Symbiotic		Combin. spectra stars Spectr. doubles Hot and cool component?	700	2-4	gM + Ae
Eclipsing	EA	Algol stars. Spheres	0,2d- 6 år	0-4	A-G
	EB	β Lyrae stars. Spheriods	1-10	0-2	B-F
	EW	W Ursa Majoris stars	0,2-1	0-0,8	F-K

NB:

Variable stjerner av type "Twitchety" finnes bare i diffuse tåker eller i tilknytning til disse.

IV KOSMOLOGI

IV 1. Dopplereffekten

IV 2. Relativitetsteorien

IV 3. Ekspansjon

IV 4. Big Bang

IV 5. Continous Creation

IV 1.DOPPLEREFFEKTEN

IV 1.1 Christian Johann Doppler

IV 1.2 Spekteret

IV 1.3 Spektrallinjer

IV 1.1 CHRISTIAN JOHANN DOPPLER

Dopplereffekten har vært opplevd av de fleste som bor ved en jernbanelinje, selv om de nok ikke kjenner den ved dette navnet. Står en i ro og hører et tog som nærmer seg bruke fløyten, vil lyden fra fløyten ha en fast tonehøyde. Idet toget passerer vil lyden plutselig bli merkbart mørkere. Dette fenomenet har vært kjent så lenge det har eksistert tog, men det ble først forklart tilfredsstillende i 1842 av den østerrikske fysikeren Christian Johann Doppler (1803-1853).

Lyd består av en rekke fortykninger og fortynninger av luft. En lyds bølgelengde er lik avstanden mellom en fortykning og den neste. Jo lengre bølgelengde, jo dypere lyd. Jo kortere bølgelengde, jo lysere lyd.

La oss si at en togfløyte står i ro i forhold til deg. En fortykning av luft blir produsert og spredt utover, fulgt av en annen, så en til o.s.v. Avstanden mellom fortykningene (bølgelengden) har en fast verdi. Hvis derimot toget med fløyten beveger seg mot deg, vil den andre fortykningen bli utstøtt et stykke nærmere deg enn den første. Toget har flyttet seg etter den første fortykningen. Slik vil den andre fortykningen være nærmere den første enn hva tilfellet ville vært om toget sto i ro. Lydens bølgelengde er altså kortere enn i det første tilfellet, og lyden er derfor lysere.

Akkurat det motsatte er tilfellet når toget beveger seg fra deg. Den andre fortykningen blir produsert lengre fra deg enn den første, den tredje enda lenger vekk o.s.v. Bølgelengden blir altså lengre, og lyden mørkere.

Jo forttere et tog beveger seg mot deg, jo nærmere vil lyd-fortykningene være, og jo lysere blir lyden. Omvendt vil lyden bli mørkere, dess forttere toget beveger seg fra deg.

Hvis du kjenner fløytens normale lydleie, vil det være mulig for deg å bestemme om toget beveger seg fra deg eller mot deg. Det vil også, hvis man bruker finmålinger, være mulig å bestemme hvor fort toget beveger seg i forhold til deg.

IV 1.2 SPEKTERET

Teoretisk skulle dopplereffekten kunne bli observert i alle typer bølger som beveger seg utover fra en kilde.

Lys er, som lyd, en bølgeform (men ikke av samme type). Lys har også bølgelengder, og forskjellen i bølgelengde oppfattes av mennesker som farger. De lengste synlige bølgelengder blir sett som rødt. Med kortere bølgelengder kommer fargene orange, gult, blått, blått og fiolett, i denne rekkefølge. Fargene glir gradvis over i hverandre, noe vi kan observere i regnbuen.

Isaac Newton var den første som studerte regnbuen i detalj. Han sendte sollys gjennom et trekantet prisme, og fikk som resultat et fargebånd oppdelt i alle farger, som regnbuen. Han kalte fargebåndet et spektrum.

Newton viste på denne måten at sollys ikke er et rent hvitt lys, men sammensatt av alle farger.

La oss nå forsøke å overføre dopplereffekten til lys;

Solen beveger seg (stort sett) hverken fra eller mot jorden. Derfor mottar vi fra den et balansert spektrum som inneholder den blanding av farger vårt øye oppfatter som hvitt. Hvis solen nå hadde beveget seg mot oss ville det være nærliggende å anta at lysets bølgelengder ville bli presset sammen, og at alle lysets bølgelengder som nådde oss ville være kortere enn normalt. Hele spekteret ville forskyve seg mot kortere bølgelengder. Fordi denne forskyvningen er mot den fiolette delen av spekteret blir den kalt en fioletteforskyvning.

Under slike forhold kan man anta at man vil få en annen fordeling av lys enn vi får i dag. Det ville være et underskudd på rødt lys, og et overskudd på fiolett, og lyset fra solen ville altså få et blålig skjær. Omvendt ville lyset fra solen få et rødlig skjær hvis den beveget seg fra oss.

Denne tankegangen virket jo god nok, men den viste seg raskt å ikke holde stikk. Problemet er at lys er mere enn hva menneskene egentlig trodde. Man hadde trodd at lyset var avgrenset av grensene for det synlige lys, rødt i den ene enden og fiolett i den andre, men det viste seg at lys finnes langt utover det vi kan sanse. Under det synlige område finnes lys som varmestråling (infrarødt), og over det synlige område som ultrafiolett.

Dette forandret situasjonen meget. Lys vil ikke hope seg opp i den ene enden av spekteret, slik at vi vil få rødlige eller blålige skjær i lyset. I stedet vil lyset bli skjøvet ut av det

synlige området, slik at vi som resultat vil få et lys som er akkurat like "balansert" og hvitt som vanlig sollys.

Forskerne ble selvsagt svært skuffet når de oppdaget dette. Ville det vise seg at det ikke var mulig å fortelle noe om en stjernes bevegelse ut fra dens spektrum, på tross av dopplereffekten? Langt ifra. I virkeligheten var situasjonen langt bedre enn selv de modigste turde drømme om. Et spektrum inneholdt mere enn en regnbue av farger - langt mere.

IV 1.3. SPEKTRALLINJER

I 1814 revolusjonerte Joseph von Fraunhofer studiet av stjernespektra. Han foretok et meget nøye studie av solspekteret, og oppdaget til sin forbauselse at spekteret var avbrutt flere steder av mørke linjer. Noen bølgelengder av lys manglet altså i sollyset, og dette ble avtegnet som mørke bånd.

Solens spektrallinjer er helt særegne for solen. Studier av andre stjerners spektra viste at de også hadde mørke linjer, men med andre plasseringer enn solens. Stjernerens spektrallinjer er for dem hva fingeravtrykk er for oss mennesker, ingen er helt like. Dog er det visse spektrallinjer som er felles for alle stjerner, og disse viste seg å bli meget viktige for bruken av dopplereffekten.

Blir en stjernes lys forskjøvet mot rødt vil også stjernens spektrallinjer bli forskjøvet med, og klarer en da å måle spektrallinjenes forskyvning, har en målt stjernens rødforskyvning. Dette kan gjøres ved å sammenligne stjernens spektrum med spekteret til en stjerne vi vet står i ro (vår sol), eller man kan benytte seg av kunstige spektra fremstilt i laboratorium.

Problemet når det gjelder forskyvningen av spektrallinjer er at forskyvningene er svært små, og derfor vanskelige å oppdage. Det var ikke før i 1868 at en klarte å finne en spektral-forskyvning i en stjernes spektrum. Denne stjernen var Sirius, og den hadde en rødforskyvning, dvs. den beveget seg fra oss.

Selv om Dopplereffekten har fått endel praktiske oppgaver i dagliglivet (bla. som navigasjonsutstyr i Sea King helikopterne, så er det i astronomien den har funnet absolutt størst anvendelse. Ved hjelp av dopplereffekten kan man måle enhver bevegelse i synslinjen.

IV 2. RELATIVITETSTEORIEN

IV 2.1 Newtons fysikk

IV 2.2 Den spesielle relativitetsteori

IV 2.3 Univers-modeller

IV 2.4 Den generelle relativitetsteori

IV 2.1 NEWTONS FYSIKK

Newtons fysikk er tilpasset dagliglivet. Han bygde den opp på hva vi opplever hver dag, og for hverdagslige formål fungerer den utmerket.

Hans arbeider innenfor matematikken er noe av det mest revolusjonerende som har hendt denne vitenskapen, idet han utviklet binominalformelen og differentialregningen. Allikevel er nok det mest betydningsfulle arbeidet hans hans tre lover, som hele den praktiske mekanikk er bygd på.

Allikevel viste det seg, med den utviklingen fysikken fikk mot slutten av det forrige århundre, at mekanikken grunnlagt av Newton ikke var tilstrekkelig. Når en forsket med lysets egenskaper, og hastigheter opp mot lyshastigheten oppsto fenomener som ifølge Newtons mekanikk (og vår sunne fornuft) virket komplett meningsløse. Det var på tide å erstatte Newtons teorier med nye, mer tilpasset de nyere forskningsresultater. Dette er det som delvis ble gjort i 1905 av Einstein med hans spesielle relativitetsteori, og mer fullstendig av samme mann i 1916 med den generelle relativitetsteori.

IV 2.2 DEN SPESIELLE RELATIVITETSTEORI

Den spesielle relativitetsteori er basert på det ene uforklarlige faktum at lyset beveger seg med en konstant hastighet (300 000 000 m/s) uavhengig av lyskildens hastighet.

Et menneske som befinner seg i et romskip som beveger seg med en hastighet opp mot lysets, vil, hvis han kan sammenligne sin klokke med klokken til en på jorden, oppdage at klokken på jorden går forttere enn hans egen. Romfareren vil påstå at det er hans klokke som er rett, og at klokken på jorden går feil, mens observatøren på jorden vil hevde akkurat det motsatte.

Ifølge Newtons fysikk må en av personene ta feil, men ifølge Einstein vil begge ha like rett. Dette er nemlig en naturlig følge av hans likninger. Et romskips lengde vil også bli forandret på en merkelig måte ved hastigheter opp mot lysets. Jo forttere skipet beveger seg, desto kortere blir det, sett fra jorden. (Inne i romskipet vil alt fortone seg som normalt). Også skipets masse vil forandres. Den vil øke proporsjonalt med hastigheten.

For å beregne disse forandringene benytter vi oss av Lorentz-transformasjonen.

Vi finner et romskips lengde ved en hastighet v ved å multiplisere dets hvilelengde med en faktor

$$k = \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

(c =lyshastigheten)

l_0 = hvilelengde

l_v = lengde ved hastighet v

$$l_v = l_0 \times \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Vi ser her at hvis romskipets hastighet beveger seg mot lyshastigheten, vil v/c gå mot 1, og k vil gå mot 0. Altså vil romskipet bli kortere, jo høyere hastigheten er, og om det noen gang skulle nå lyshastigheten ville det ha en utstrekning lik null.

Skipets økte masse regnes ut ved formelen

$$m_v = m_0 / k$$

m_0 = hvilemasse
 m_v = masse ved hastighet v

Her vil igjen k gå mot 0 hvis v går mot c , og dermed vil m gå mot uendelig hvis v går mot c . Et skip som beveger seg med lyshastighet vil altså ha en uendelig stor masse.

Tiden ombord kan også lett regnes ut. For å se hvor mye saktere astronauten eldes multipliserer vi en gitt tids periode (f.eks. 60 min.) med k og får

$$t_v = t_0 \times \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Er t_0 her 60 min. og $v=50\%$ av lyshastigheten (dvs. $c/2$) får vi:

$$t_v = 60 \times \sqrt{1 - \left(\frac{c/2}{c}\right)^2} = 60 \times \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = 60 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$t_v = 51 \text{ min } 57 \text{ sek.}$$

Dvs. at astronauten ville ha opplevd en av våre timer som 51 minutter. Det er viktig å ha klart for seg at det her er snakk om virkelig senkning av tid. Det er ikke bare klokka som går saktere, men også eldelsesprosessene i mennesket.

La oss se på et romskip med lengde 100 meter og en hvilemasse på 100 tonn, og undersøke hvordan det forandrer seg etterhvert som det akselererer;

Vi ser her at romskipet vil få noen merkelige egenskaper når det når lyshastigheten. En uendelig masse vil kreve en uendelig stor kraft for å bli drevet frem eller bremses, og selv om en ved et mirakel kunne frembringe denne kraften, så ville skipet ha en utstrekning lik null, og kan derfor ikke eksistere.

IV 2.3 UNIVERS-MODELLER

I relativitetsteorien hadde Einstein med et sett feltligninger hvor han forsøkte å forklare universets allmenne egenskaper. For å gjøre dette gikk han ut fra at selv om universet har kondensasjoner av materie her og der (stjerner og galakser), så kan vi (i matematikken) behandle det som om all materien var spredt jevnt utover. Den samme typen forenkling er det vi gjør når vi snakker om jorda som en kule, selv om den avviker endel fra kuleformen.

Einstein gikk også ut fra at de samme fysiske lover gjaldt overalt i universet. Med denne antagelsen blir antall mulige geometrier for universet sterkt redusert. La oss bruke jorda som en analogi.

Samme hvor vi er på jorda føler vi omtrent det samme. Retningene opp og ned er de samme, gravitasjonskraften er alltid like stor, og horisonten er alltid like langt vekk.

Det finnes tre slags overflater jorda kan ha som vil gi slike egenskaper. Den kan være flat, den kan være kuleformet, eller den kan være psaudosfærisk (falsk kule).

Det at jorden i virkeligheten er kuleformet istedet for flat eller psaudosfærisk har en viktig geometrisk konsekvens. Den kuleformete overflate er den eneste av de tre som er begrenset. En rett linje på en flate eller hva som svarer til en rett linje på en psaudosfærisk overflate vil fortsette uendelig langt. En rett linje på en kule vil gå inn i seg selv. Begynner du å gå rett frem her på jorden vil du komme tilbake til utgangspunktet, selv om du aldri har forandret retning. En kules overflate er endelig, men ubegrenset. Du kan gå så lenge du vil uten å komme til noen "slutt" på jorden, men du vil gjenta den samme banen om og om igjen.

Den samme situasjonen kan bli overført til universet, det er bare det at når vi snakker om universet, snakker vi om et volum istedetfor en overflate. Dette gjør saken vanseligere å forestille seg.

La oss forestille oss en lysstråle som beveger seg gjennom universet. For oss later det til at lysstrålen går i en absolutt rett linje, og med en konstant hastighet. Dette er det samme som å si at universet har en Euclidsk geometri. Vi kan kalle det et "flatt univers", selv om det er et volum istedetfor en overflate.

Men er universet virkelig Euclidsk, eller later det bare til at det er det, siden vi ser en så liten del av det? (På samme måte som jorden virker flat for oss.)

Men om universet ikke er "flatt", hva er det da? Antar vi at de fysiske forhold er de samme i hele universet, har vi to andre muligheter, på samme måten som vi hadde mht. jordens overflate.

Lysstrålen kan bevege seg i en storsirkel, som om den beveget seg langs overflaten av en kule. (Riemann-univers) Riemannuniverset må ikke ses på som et enkelt kuleformet univers. Kuleformen eksisterer i en fjerde dimensjon, noe som gjør det vanskelig, om ikke umulig for oss å fatte hva et Riemannunivers egentlig impliserer, vante som vi er til å tenke i tre-dimensjonale baner.

Lysstrålen kan også bevege seg som om den fulgte en pseudo-sfærisk overflate. Dette kalles et Lobachevski-univers.

Riemannuniverset skiller seg fra det Euclidske univers og Lobachevskiuniverset ved at det er endelig. En lysstråle vil i Riemannuniverset gå tilbake i seg selv. Riemannuniverset er endelig, men avgrenset, på samme måte som en rund jord.

Hvordan kan vi velge mellom disse teoriene?

Einstein satset på det Riemannske univers, og satte seg fore å finne ting innen det som adskilte det såpass meget fra de to andre universmodellene at forskjellen kunne måles.

Resultatet av Einsteins forskning var den generelle relativitetsteori. Han viste at i et Riemannunivers (og bare i det) måtte den generelle relativitetsteori ha gyldighet.

IV 2.4 DEN GENERELLE RELATIVITETSTEORI

I den generelle relativitetsteori hevder Einstein at alle de fenomener som vi diskuterte under den spesielle rel. teori alle har den samme årsak, nemlig gravitasjonens virkning.

Einsteins tankegang var som følger:

Når et romskip i bane om jorda akselererer bruker det sin energi mot det gravitasjonsfelt som ellers ville ha holdt det i sin bane. Selv om det etter akselerasjonen beveger seg i en annen retning, er det det har gjort egentlig bare å forandre bane slik at det nå går i bane om feks. solen. Hvis det nå akselererer igjen, og beveger seg ut av vår sols gravitasjonsfelt, vil det fremdeles være i bane, denne gang om en del av vår galakse. Samme hvor mange ganger romskipet akselererer opp, vil det alltid befinne seg i bane om en masse, selv om banekrumningene det er snakk om er svært små.

Dette er slik fordi selve strukturen av rom og tid kun eksisterer når det er materie tilstede. Materien skaper det rommet den befinner seg i. Rom og tid (eller med en felles betegnelse: tidrommet) må altså betraktes som fysiske egenskaper ved materien, og som blir krummet når det er masse tilstede. Jo større masse, jo mer ekstrem kurvatur.

For å bevise at universet følger en Riemannsk geometri måtte altså den generelle relativitetsteori bevises rett. En av konsekvensene av den generelle rel. teori er at lys som beveger seg i et gravitasjonsfelt vil miste energi. Denne "Einstein-forskyvningen" ble i 1925 funnet i lyset fra Sirius B. En annen konsekvens er at lysstråler vil bli bøyd når de passerer forbi et meget massivt objekt. Dette ble vist å være rett i 1919.

Disse funnene, sammen med det faktum at det ikke har vært funnet ett argument mot Riemannuniverset fikk astronomene til å godta Riemannmodellen som den mest sannsynlige.

Men Einsteins Riemannunivers var statisk, det gjennomgikk ikke noen enhetlig forandring. I 1917 kom den nederlandske astronomen Willem de Sitter med en annen univers-modell, hvor den generelle rel. teori også gjaldt.

Hans univers var Riemannisk, men gikk hele tiden mot det Euclidske, idet universets "kurving" stadig minsket. En viktig konsekvens av denne modellen er at man kan forutsi at universet utvider seg, alle ting i universet fjerner seg stadig lengre vekk fra hverandre.

Det er verdt å merke seg at alle de universmodeller som her har vært omtalt utelukkende er baserte på matematiske beregninger, uten noen som helst støtte til observasjoner.

IV 3 EKSPANSJON

IV 3.1 Galaktisk rødforskyvning

IV 3.2 Hubbles lov

IV 3.1 GALAKTISK RØDFORSKYVNING

I 1912 trodde man fremdeles at galaksene bare var spiral-tåker innenfor vår egen melkevei. Allikevel ble det det året gjort et stort steg framover innen kosmologien. Den amerikanske astronomen Vesto Melvin Slipher målte ved hjelp av dopplereffekten Andromedatåkens radialhastighet (hastighet i vår synslinje), og fant at den beveget seg mot oss (dens spektrallinjer hadde et blåshift) med en hastighet på 200 km/sek.

Dette var interessant, men ikke overraskende. En radialhastighet på to hundre kilometer pr. sekund var høyt, men det fantes mange andre himmelobjekter med like høye hastigheter.

I 1917 var astronomene temmelig forvirrede. Slipher hadde målt radialhastighetene til totalt femten spiraltåker. På forhånd, ut fra ren tilfeldighet, kunne man ha ventet at den ene halvparten ville ha fjernet seg, mens den andre halvparten ville ha nærmet seg oss. Dette var ikke tilfelle. I virkeligheten beveget to av dem seg mot oss, mens de tretten andre fjernet seg fra oss. Dette var pussig, men på ingen måte umulig, det som var mer urovekkende var hastighetene som var involvert. Tåkene fjernet seg med en gjennomsnittsfart på 640 km/sek., noe som er en svært høy hastighet, selv over astronomiske avstander. Jo flere spiraltåker Slipher målte hastigheten på, jo verre ble situasjonen, man fant stadig høyere hastigheter.

Når Hubble i midten av tjueåra fant at "spiraltåkene" i virkeligheten var spiralgalakser som befinner seg langt utenfor vår melkevei, hjalp dette noe på situasjonen. Det var lettere å godta at legemer så langt vekk hadde så enorme hastigheter.

Så store hastigheter ble funnet ved disse målingene at mange astronomer begynte å tvile på dopplereffektens pålitelighet. Flere teorier ble fremsatt for å vise at dopplereffekten kunne tilskrives andre fenomener enn bevegelse, men alle ble funnet å ha store svakheter. Astronomene ble tvunget til å godta de fantastiske hastighetene Slipher kom frem til som sanne.

IV 3.2 HUBBLES LOV

I 1924 begynte E. Hubble å måle avstandene til de galakser Slipher allerede hadde målt hastighetene til. De metoder han brukte til dette skal vi ikke komme nærmere inn på her. Etter fem års observasjoner og beregninger kom han fram til en revolusjonerende konklusjon:

En galakses avstand fra oss er proporsjonal med dens hastighet fra oss.

Denne konklusjonen er nå kjent som Hubbles lov.

De astronomer som ikke var kristne kom nå i en katterpine; Hubbles lov så ut til å plassere vår galakse som midtpunktet i universet, på samme måte som kristendommen tidligere hadde plassert først jorden, og så solsystemet som midtpunkt.

De Sitter kom til disse astronomene som en reddende engel. Allerede i 1917 hadde han lagt frem sin universmodell, og en av følgene av denne modellen vil være at universet utvider seg. Det at galaksene fjerner seg fra oss er altså en følge av en generell utvidelse, ikke av en bevegelse ut fra et punkt.

Galaksenes rødshift (z) beregnes ut fra formelen:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

hvor λ_0 er laboratorie-bølgelengden, og λ er den målte bølgelengde. Hvis r er avstanden fra oss, har vi denne formelen for hastigheten fra oss ($v = dr/dt$):

$$v = c\Delta\lambda/\lambda = Hr \quad (H = \text{Hubbles konstant})$$

Hubbles konstant har blitt revidert flere ganger, og den sist oppnådde verdi er $H = 75.3$ km/sek pr. megaparsec.

IV 4. Big Bang

IV 4.1 Universets Fødsel

IV 4.2 Det kosmiske egget

IV 4.3 Dannelsen av grunnstoffene

IV 4.4 Før Big Bang

IV 4.5 Hyperbolsk univers

IV 4.6 Pulserende univers

IV 4.1 Universets fødsel.

La oss, mens vi holder utvidningen av universet i tankene, prøve å se framover i tiden. Galaksene vil fortsette å fjerne seg fra hverandre som nå, hurtigere og hurtigere. Sett fra jorden vil galaksene stadig bli svakere, både på grunn av den økende avstanden, og på grunn av den stadig økende rødforskyvningen. Allikevel vil ikke nattehimmelen forandre seg mye på grunn av dette, galaksene er nå så lyssvake at om de forsvinner vil vi ikke merke noen forskjell. Dessuten vil det til da ha oppstått andre, adskillig mer merkbare forandringer. Solen vil ha gått inn i hvit-dverg stadiet, og jorden vil ha blitt ubeboelig for menneskene.

La oss nå "spille filmen bakover", og se hva som skjer: Vi vil se alle galaksene bevege seg mot hverandre, og jo nærmere de kommer hverandre, jo saktere vil sammentrekningen foregå. Til slutt må galaksene møtes, og hvis Hubbles lov holder stikk vil de alle møtes samtidig på ett punkt. På ett bestemt tidspunkt i fortiden må altså all materie og energi i universet ha befunnet seg i en stor klump. På dette tidspunktet (nullpunktet) må universet ha vært radikalt forskjellig fra det universet vi har i dag, og det vil derfor være berettiget å kalle nullpunktet begynnelsen av vårt univers.

Det er mulig å regne ut når dette nullpunktet har vært, ut fra Hubbles lov. Hvis nullpunktet var for t år s den finner vi universets alder slik:

$$t = r/v = 1/H$$

$$\text{dvs. } t = 13 \times 10^9 \text{ år}$$

IV 4.2 DET KOSMISKE EGGET

Men hva skjedde ved nullpunktet? Den første til å studere dette spørsmålet nærmere var den belgiske astronom G.E. Lemaitre. I 1927 foreslo han at i nullpunktet var hele universets masse og energi bokstavelig talt klemt sammen i en enorm masse. Han kalte denne massen "det kosmiske egget", siden det er av det kosmos er født.

Det kosmiske egget var ustabil, og eksploderte i hva som må ha vært den mest fantastiske og katastrofiske eksplosjon av all tid. Bitene av eksplosjonen ble til galakser, som ble sendt ut i alle retninger. Vi observerer fremdeles effekten av denne eksplosjonen, når

vi ser på galaksene som fjerner seg.

Hvis bitene av det kosmiske egget ble slynget ut med forskjellige hastigheter, hevdet Lemaitre, ville bitene med høye hastigheter dra forbi de med lave hastigheter, og dermed ville de fjerneste fragmentene synes å være raskest.

Lemaitremodellen av universet er en fysisk analogi til de Sitters teoretiske modell. De Sitter-universet ekspanderte kun fordi denne ekspansjonen passet inn i et sett med ligninger satt frem av Einstein, mens Lemaitre-universet ekspanderer som en konsekvens av en fysisk hendelse. Lemaitres universmodell er dramatisk og lett og forstå. Derfor antok Lemaitres teorier snart en popularitet som overskygget de Sitters universmodell. Lemaitre modellen ble kjent som "The Big Bang theory".

IV 4.3 DANNELSEN AV GRUNNSTOFFENE

Naturligvis var man nysgjerrige over det kosmiske eggets natur. Hva besto det av? Hvilke egenskaper hadde det? For øyeblikket består universet av ca. 90 % hydrogen, 9 % helium og 1 % andre gasser.

Med tiden blir hydrogen fusjonert til helium, helium videre til noe tyngre atomer, og så videre. Kjører vi universet "baklengs", vil vi stadig få mere hydrogen og mindre tyngre atomer. Nært nullpunktet vil universet sannsynligvis bestå av utelukkende hydrogen. Etterhvert som vi nærmer oss nullpunktet blir materien i universet sammenpresset, og ved nullpunktet vil materien være så sammenpresset som mulig. Selve atomene vil ha brutt sammen, og vi vil få et stoff kalt neutronium, bestående av elektrisk uladde partikler; neutroner.

I det BB fant sted disintegreerte neutronene til elektroner og protoner. Protonene kolliderte med neutroner som ennå ikke hadde rukket å bryte ned, og det ble slik dannet stadig mer komplekse atomer.

Det må nevnes at det finnes mange kraftige argumenter mot denne teorien om grunnstoffenes dannelselse, selv om det vil føre for langt å komme nærmere inn på disse her.

En annen teori er lagt frem av Fred Hoyle, som sier at det grunnleggende stoffet i universet er hydrogen, og alle tyngre atomer er dannet i stjernenes indre.

IV 4.4 FØR BIG BANG

Et meget rimelig spørsmål når vi snakker om kosmisk egg og nullpunkt er hvor dette kosmiske egget kom fra, og hva som skjedde før nullpunktet.

Loven om konservasjon av energi impliserer at universets masse og energi må være evig, Materien som gjør opp det kosmiske egget må altså alltid ha vært der, men har den alltid vært der i form av det kosmiske egget? Har den det, så må egget ha vært stabilt, og hvis det var stabilt, hvorfor i all verden eksploderte det plutselig og dannet vårt univers?

Disse spørsmålene er selvfølgelig svært vanskelige å finne svar på, ikke minst fordi det ikke finnes noe kosmisk egg vi kan studere. All vår kunnskap om det kosmiske egget er basert på svært indirekte observasjoner, og på ren gjetting.

IV 4.5 HYPERBOLSK UNIVERS

Den mest stabile form vårt univers kan tenkes å ha er som en uhyre tynn gass, jevnt spredt over hele universet. Denne gassen vil være gjenstand for sitt eget, meget svake gravitasjonsfelt. Over årtusenene vil gassen begynne å samle seg; universet vil trekke seg sammen. Jo mer gassen trekker seg sammen, jo mer intens blir gravitasjonskraften, og hastigheten vil stadig øke. Denne sammentrekningen fører til oppvarming av universet, og strålingen fra varmen vil kjempe mot gravitasjonen, og senke sammentrekningen. Massens treghet vil få sammentrekningen til å fortsette forbi det punkt hvor varmestråling balanserer gravitasjonen. Til slutt vil universet slutte å trekke seg sammen, og vi vil ha det kosmiske egget. Plutselig tar temperaturstrålingen overhånd, og vi får et Big Bang og en ekspansjon. Denne utviklingen er analog med en stjernes utvikling fra rød kjempe, gjennom hvit-dverg stadiet til nova. Denne modellen kalles det hyperbolske univers.

Det hyperbolske univers varer evig, men har iogmed BB en radikal forandring. Det starter opp som en tynn gass, og ender opp som et univers fylt av utallige hvite dverger, nøytronstjerner og sorte hull.

IV 4.6 DET PULSERENDE UNIVERS

Men det hyperbolske univers er ikke den eneste universmodellen som kan utledes fra det kosmiske egget.

Etter BB fortsetter gravitasjonskraften å virke på universet. Den vil virke mot ekspansjonen, og det avgjørende spørsmål er hvor sterk denne kraften er. Er den sterk nok til å stanse utvidningen, eller er den for svak slik at universet vil ekspandere for alltid? Siden vi Verken kjenner ~~XXXXXXXX~~ det kosmiske eggets masse, dets størrelse eller eksplosjonens styrke er det svært vanskelig å forutsi hva som vil skje. Dette spørsmålet tror astronomene kan besvares bare vi klarer å komme med en pålitelig måling av universets gjennomsnittlige tetthet. De verdiene man i dag har tyder på at ekspansjonen vil fortsette for alltid, men målingsresultatene er svært usikre, så ingen ting er sikkert.

Men la oss anta at galaksene en dag begynte å falle sammen igjen. I et slikt univers vil lyset fra galaksene bli fiolettfor skyvd, og jo nærmere galaksene kommer hverandre, jo mer energi vil gå over fra kinetisk energi til varme. Vi vil få enorme energimengder konsentrert, og de kjernefysiske reaksjonene som fant sted i det ekspanderende univers vil bli reversert. Atomene vil brytes ned, og vi vil ende opp med et nytt kosmisk egg av neutronium. Igjen finnes det en mengde argumenter mot denne teorien, men kjernefysikk er et så komplisert emne at det vil føre for langt å komme inn på dem her.

Det kosmiske egget ville så eksplodere igjen, og hele historien ville gjenta seg igjen og igjen. Dette er det pulserende univers. Dette er et virkelig evig univers. Det har ingen klar begynnelse eller slutt, ingen ugjenkallelig forandring, bare den samme sykluse igjen og igjen.

IV 5 CONTINOUS CREATION (CC)

IV 5.1 Grunnlaget for CC

IV 5.2 Hoyle og Bondi's teorier

IV 5.3 Det vanskelige valget

IV 5.1 GRUNNLAGET FOR CC

Big Bang-teorien falt mange astronomer tungt for brystet. Særlig de kristne astronomene hadde vanskelig for å godta et univers som gjennomgikk så drastiske forandringer. På en eller annen måte måtte BB være en illusjon, og en ny universmodell måtte utvikles, uten noe kosmisk egg. Denne nye modellen ble grunnlagt på en antagelse om at universet vil synes det samme for en observatør, samme hvor han foretar sin observasjon. Den gjennomsnittlige tettheten vil være den samme, galaksene vil fjerne seg fra hverandre med samme hastighet, osv. Denne forestillingen om et uniformt univers ble fremsatt av den engelske kosmologen Edward Arthur Milne, og ble av ham kalt det "kosmologiske prinsipp".

Det kosmologiske prinsipp er bare en antagelse, men astronomene føler seg tiltrukket til den fordi universet blir mye enklere å forestille seg om man tar den for gitt. Bl.a. benyttet Einstein seg av det kosmologiske prinsipp under utviklingen av relativitetsteorien.

Det kosmologiske prinsipp forutsetter et uendelig univers, siden en som befinner seg ved grensen av et endelig univers vil observere noe ganske annet enn en som befinner seg midt i det.

IV 5.2 Bondi og Hoyles teorier

For de britiske astronomene Hoyle, Bondi og Gold syntes det kosmologiske prinsipp å være utilstrekkelig. De mente at universet måtte være uniformt også i tid, ikke bare i rom. Dette kalte de det "perfekte kosmologiske prinsipp".

Allikevel forandrer universet seg på to viktige måter. For det første øker stadig avstanden mellom galaksene, og for det andre blir stadig hydrogen omdannet til tyngre grunnstoffer.

Løsningen de tre astronomene kom med var genialt enkel; Det skapes hydrogenatomer ut fra ingenting! De fleste mennesker vil reagere på dette ved å hevde at CC strider mot loven om konservering av energi. Men denne loven er bare en antagelse basert på det faktum at vi aldri har klart å observere energi bli skapt ut av ingen ting.

Det er ikke mye vi trenger å justere de nåværende lover for å gjøre CC mulig. Materien trengs bare skapes med en hastighet på ett hydrogenatom pr år i en milliard liter rom, og dette er langt mindre enn vi

har mulighet for å observere.

Hvis vi nå går med på at CC er mulig, la oss se på konsekvensene. Det at galaksene fjerner seg fra hverandre kan altså ikke skyldes noen eksplosjon, og må altså ha en annen årsak. Det har vært fremsatt forslag om at kanskje atomene hadde en ørliten positiv ladning, og at universet derfor frastøter seg selv. Denne teorien, som forøvrig anses for å være usannsynlig, er et eksempel på de teorier fremsatt for å forklare universets utvidelse samtidig som de forsøker å motbevise BB.

Etterhvert som galaksene fjerner seg fra hverandre skapes det materie mellom dem. Den generelle tettheten forandres derfor ikke, nye galakser formes, utvidelse og skapelse balanserer hverandre.

Dette betyr at en observatør i fremtiden vil se akkurat like mange galakser som vi gjør nå, og forholdet mellom gamle og nye galakser vil være det samme. Selv om de individuelle galaksene eldes og dør vil universet være evig og uforanderlig.

Det ligger noe svært attraktivt i tanken om et evigt univers hvor menneskeheten kan leve for alltid, og CC har hatt stor publikumsapell.

IV 5.4 DET VANSKELIGE VALGET

Det er svært vanskelig å foreta noen bedømmelse av de kosmologiske teoriene vi her har presentert.

For å ta noen bestemmelse er det meget viktig at vi innser at CC-modellen følger det perfekte kosmologiske prinsipp, mens de andre klart bryter med den. Kunne vi observert universet i en annen tid enn vår egen kunne vi avgjøre om det perfekte kosmologiske prinsipp holder stikk eller ikke, og slik bekrefte eller avkrefte CC.

Hva er dette for tull, vil mange si. Det finnes ikke noe slikt som å reise i tiden! Nei, det er sant nok, men det er ved hjelp av astronomen fullt mulig å se tilbake i tiden.

Når vi sier at Andromedagalaksen er 2 300 000 lysår borte mener vi at det tar lyset 2 300 000 år å tilbakelegge strekningen mellom Andromedagalaksen og oss. Altså er billedet vi nå ser av Andromedagalaksen 2 300 000 år gammelt. Jo lenger vekk tingen vi ser på, jo eldre er lyset fra den. Våre beste optiske teleskoper ser 2 milliarder år tilbake i tiden.

Hvis teorien om CC er korrekt så universet da likt ut med det vi

i dag ser. Holder BB-teorien stikk burde de fjerne galakser være yngre og rikere på hydrogen, og ha en større rødforskyvning.

Dette virker enkelt nok, men i virkeligheten er det ikke så enkelt å fastslå de fjerneste galaksenes beskaffenhet. I 1956 viste målinger at de fjerne galaksene hadde et større rødshift enn det burde ha i følge CC, og dette styrket troen på BB, men målingene var så usikre at noe bedre trengtes. For å bestemme striden BB vs. CC måtte kosmologene snu seg mot en ny gren av astronomien; radioastronomien.

Radioastronomen Martin Ryle målte i 1950 avstanden til en rekke radiogalakser, og fant til sin forundring at de var adskillig tallrikere langt vekk enn nærmere oss. Det tok ikke lang tid før dette ble satt i forbindelse med BB. I et Big Bang-univers er galaksene tettere like etter eksplosjonen, og da selvsagt også radiogalaksene.

Dette overbeviste de fleste astronomer. Bare noen få, deriblant Hoyle, forsøkte å avvise dette som uvesentlig.

Big Bang-teorien er blitt stående som den mest sannsynlige, men om universet er hyperbolsk eller pulserende er noe som fremdeles diskuteres heftig i astronomiske sirkler.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

En har vel egentlig ikke lov til å komme med personlige synspunkter i denne type stoff, men jeg drister meg til det allikevel. Etter min mening er det største ankepunkt mot CC det grunnlag den hviler på.

CC ble skapt over et ønske om at verden skulle være evig og uforanderlig, og ble godtatt av tusenvis av mennesker kun fordi den virket tiltrekkende, og ikke på grunnlag av vitenskapelige data. Jeg synes Fred Hoyle selv uttrykker det klart i sin bok "Jorda - Stjernene og Verdensrommet" (Fabritius 1951):

Til slutt vil jeg gjerne understreke hvilken betydning idéen om kontinuerlig nyskaping av materie har for universet som helhet.

Den vesentligste forskjellen er denne: Utet kontinuerlig nyskaping må universet utvikle seg mot en tilstand av livløshet hvor all materie er samlet i et uhyre antall døde stjerner. Enkelthetene i denne prosessen er forskjellige i de forskjellige teorier som har vært satt fram, men resultatet er alltid det samme. Med kontinuerlig nyskaping derimot, har universet en uendelig framtid, og i det store og hele vil alle dets nåværende trekk forbli de samme."

Dette er for Hoyle et av de beste arumenter for CC. Han mener
altså at CC bør velges som den rette fordi den frembringer et fint,
akseptabelt bilde av universet. Hvorvidt kartet stemmer med terrenget
kommer i annen rekke. Dette grenser etter min mening opp mot teologien,
og har ingenting med vitenskap slik den bør være å gjøre.

V SORTE HULL OG KVASARER

V 1. Partikler og krefter

V 2. Sorte hull

V 3. Kvasarer

Innledning.

Dette kapitlet er nok det desidert minste i dette heftet. Allikevel mener jeg det er berettiget å ta sorte hull og kvasarer i et kapittel for seg selv, både fordi de er felter innen astronomien som skiller seg helt fra det som må betegnes som klassisk astronomi, og fordi jeg venter at disse emnene vil bli behørlig utvidet i tiden framover, ettersom nye forskningsresultater når oss.

I dette kapitlet har jeg behandlet de krefter som styrer universet rundt oss, de sorte hullene, hvordan de har oppstått, hva de er, og hvilken nytte vi kan ha av dem. Jeg forteller også om kvasarene, og om de teorier som eksisterer om dem.

V 1. PARTIKLER OG KREFTER

V 1.1 De fire kreftene

V 1.2 Motstand mot trykk

V 1.3 Degenerert materie

V 1.1 DE FIRE KREFTENE

Det finnes

fire forskjellige krefter partiklene i vårt univers kan påvirke hverandre med. Noen femte kraft har vitenskapen aldri klart å påvise, og man trenger heller ikke noen femte kraft for å forklare de fysiske hendelser i vårt univers. Disse fire kreftene er:

Sterk kjernefysisk kraft	Relativ styrke: 10^3
Elektromagnetisk kraft	1
Svak kjernefysisk kraft	10^{-11}
Gravitasjonskraft	10^{-39}

To av disse kreftene, den svake og den sterke kjernefysiske kraft gjør seg bemerket kun på ørsmå avstander, 10^{-13} centimeter eller mindre (omtrent størrelsen på en atomkjerne). Det er bare inne i atomkjerne disse kreftene virker, derav deres navn. I forbindelse med sorte hull er den svake kjernefysiske kraft lite aktuell, og når vi heretter snakker om den kjernefysiske kraft vil vi mene den sterke kjernefysiske kraft.

Atomene og deres partikler påvirkes på forskjellig måte av disse kreftene. Kjernekraften påvirker både protoner og neutroner, mens elektronene er upåvirket av denne. Den elektromagnetiske kraften påvirker elektronet (positivt ladd) og protonet (negativt ladd), mens det uladde neutronet er upåvirket av denne.

Siden elektronet ikke er påvirket av den kjernefysiske kraft blir det ikke bundet til atomkjernen som protonet og neutronet. Samtidig blir elektronet og protonet tiltrukket av hverandre på grunn av den elektromagnetiske kraft. Elektronet vil derfor legge seg i en bane om atomkjernen, og danne et fullstendig atom.

Et balansert atom (atom med likt antall protoner og elektroner) har ingen elektrisk ladning. Allikevel vil nære, balanserte atomer frastøte hverandre. Dette skjer fordi atomet er bygd slik at den negative ladningen (elektronet) ligger ytterst, og atomet har slik en negativt ladd "elektronoverflate", som frastøter "elektronoverflatene" på andre atomer.

Atomene blir bundet sammen av den elektromagnetiske kraften til molekyler. Molekylene bindes sammen av den samme kraften, og slik er all materie vi ser rundt oss resultater av den elektromagnetiske kraft.

	Proton	Neutron	Elektron
Kjernefysisk kraft	Ja	Ja	Nei
El. mag. kraft	Ja	Nei	Ja
Svak kj. fys. kraft	Nei	Nei	Ja
Gravitasjonskraft	Ja	Ja	Ja

Av de fire kreftene er gravitasjonen den langt svakest. Derfor kan kjernefysikere når de studerer atomer og subatomiske partikler trygt ignorere gravitasjonen. I det daglige liv gjør gravitasjonskraften seg derimot godt kjent. Ting faller når vi slipper dem. Vi vet at det er gravitasjonen som holder Månen i bane om jorden og jorden i bane om solen. Hvordan er dette mulig for en så svak kraft?

La oss se på de fire kreftene: Den kjernefysiske og den svake kjernefysiske kraft mister raskt effekt når vi beveger oss utenfor atomkjerner. Den elektromagnetiske kraft og gravitasjonskraften avtar derimot begge som den omvendt inverse av avstanden, og de kan derfor begge gjøre seg kjent over store avstander.

Men det er en avgjørende forskjell mellom de to kreftene. Det fins to forskjellige elektriske ladninger, negativ og positiv, men det finnes bare en type masse. Hos den elektromagnetiske kraft finner vi både tiltrekning og frastøting, og disse utligner i det store og hele hverandre. Gravitasjonskraften er bare tiltrekning. Alle objekter med masse tiltrekker alle andre objekter med masse. Jo større masse, jo

sterkere tiltrekning. Med jordens relativt store masse er gravitasjonskraften så sterk at den er adskillig mer fremtredende enn noen av de andre kreftene.

V 1.2 MOTSTAND MOT TRYKK

Hva er det som gjør materien i stand til å motstå de enorme kreftene vi finner inne i planetene?

La oss forestille oss en bok som ligger på et bord. Jordens gravitasjonsfelt drar boka nedover. Hadde den kunnet bevege seg fritt ville den ha falt mot jordens sentrum. Hva er det så med bordet som gjør at boka blir stoppet?

Boka består av atomer, det samme gjør bordet. Det ytterste laget på alle atomer består av elektroner, og det er, for å si det sånn, en "elektronoverflate" både på boka og på bordet. De to elektronoverflatene frastøter hverandre, og på så små avstander er den elektromagnetiske kraft så intens at den langt overvinnes gravitasjonskraften, som søker å presse boka nedover. Derfor blir boka liggende oppå bordet.

Det samme finner sted i jordens indre. Atomene presses sammen, men på et punkt klarer ikke gravitasjonskraften å presse dem lengre sammen. Elektromagnetisk kraft og gravitasjon balanserer hverandre.

V 1.3 DEGENERERT MATERIE

I jordens indre er atomene under høyt trykk, og den elektromagnetiske frastøtingen mellom elektroner balanserer gravitasjonen. Det samme er tilfelle med Jupiter, den største planet vi kjenner. Men med solen, med en masse tusen ganger større enn Jupiters, får vi et trykk som er for stort for den elektromagnetiske kraften. I solen indre blir atomskallene knust, og elektronene kan bevege seg fritt, ubundet av disse. De flyter sammen og danner en ustrukturert elektronvæske, som tar mye mindre plass enn om elektronene skulle opptrådt i intakte atomer. I denne elektronvæsken beveger atomkjernene seg fritt. Derfor har denne "degenererte materien" stort sett de samme egenskapene som en gass.

V 2. SORTE HULL

V 2.1 Veien til sorte hull

V 2.2 Gjennombrudd

V 2.3 Å finne sorte hull

V 2.4 " Mini" sorte hull

V 2.5 Bruk av sorte hull

V 2.1 VEIEN TIL SORTE HULL

En stjerne dannes først som en lokal fortetning i en interstellær hydrogensky, en såkalt Bok-globule. Gassens gravitasjonskraft trekker den sammen, og sammentrekningens kinetiske energi går over til varme. Dette gjør gassen lysende. Den indre temperatur og trykk blir så høyt at kjernereaksjoner starter inne i gassmassene. Disse kjernereaksjonene skaper et trykk utover, og gravitasjonen blir holdt i sjakk. En stabil stjerne er født. Stjernen holder seg så stabil en stund, inntil en kritisk del av hydrogenet er oppbrukt. Så begynner stjernen å utvide seg, og, som en konsekvens, å avkjøles. Den blir en rød kjempe. Den er så stor fordi det inne i stjernen foregår fusjon av stadig tyngre elementer. Når elementene i kjernen begynner å nærme seg jerns tyngde vil reaksjonene sakte og tilslutt stoppe opp. Dermed vil det ikke være noen ting tilstede som holder imot trykket fra stjernens gravitasjonsfelt. Stjernen får en kollaps.

Hva som skjer nå avhenger av stjernens masse. Jo større masse, jo kraftigere vil stjernens senter bli sammentrykket. En gjennomsnittlig stjerne, dvs. en stjerne med masse ca. lik vår sol, vil etter kollapset ende opp som en hvit dverg. Den hvite dvergen er svært varm pga. all den kinetiske energien som ble utløst under kollapsen. Sentret av stjernen vil bestå av degenert materie, dvs "elektronvæske" med atomkjerner flytende fritt i.

Er stjernen større enn gjennomsnittet (1,4 solmasser) vil gravitasjonskreftene være så sterke at elektronene ikke klarer å holde oppe trykket utenfra, og elektronene og atomkjernene vil bli presset inn i hverandre. Det som skjer nå vil være en form for revers av hva som skjedde like etter Big Bang. Positive protoner og negative elektroner vil fusjonere og danne neutroner. Neutronene vil ligge fullstendig tettpakket inne i stjernen, siden det ikke er noen krefter som holder dem fra hverandre. Stjernen er en neutronstjerne.

Her ser vi ut til å ha kommet så langt vi kan komme. Stjernens kjerne består av neutronium, det enkleste stoff som vi kjenner til, hvor selve atomparklene ligger i kontakt. Det ser ikke ut til å være mulig å presse materien mer sammen. Hva skjer så om en svært massiv stjerne får kollaps? Vil den uvergelig bli en neutronstjerne, eller finnes det et videre stadie?

V 2.2 GJENNOMBRUDD!

Allerede i 1939, da astrofysikeren Oppenheimer arbeidet med neutronstjernenes teoretiske implikasjoner, ble dette spørsmålet tatt opp til behandling. Hvis også kjernekraften blir overvunnet av gravitasjonskraften, hva blir så det neste stoppestedet? Oppenheimer innså at det ikke er noe neste stoppested. Når kjernekraften blir overvunnet finnes det ingenting som kjemper imot gravitasjonen. Dersom en kollapserende stjerne går gjennom neutronium-grensen har gravitasjonen vunnet en endelig seier. Stjernen vil kollapsere uendelig, volumet vil gå mot null, og overflategravitasjonen vil øke uendelig.

Det vier seg at den kritiske masse for dette er 3,2 ganger solens masse. Alle stjerner over 3,2 solmasser vil bryte fullstendig sammen og bli hva vi kaller et sort hull.

$$\begin{aligned} m < 1,4 M_{\odot} &= \text{Hvit dverg} \\ 1,4 M_{\odot} < m < 3,2 M_{\odot} &= \text{Neutronstjerne} \\ m > 3,2 M_{\odot} &= \text{Sort hull} \end{aligned}$$

La oss se litt på hva som skjer med en stjerne som har passert neutronstjernestadiet;

For det første går overflategravitasjonen og dermed unnslippelseshastigheten opp (Unnslippelseshastighet = Den hastighet et legeme må ha for å slippe fullstendig vekk fra en stjernes gravitasjonsfelt). En neutronstjerne har en unnslippelseshastighet på 200 000 km/sek, som er $2/3$ av lysets hastighet. Hvis en neutronstjerne fortsetter å trekke seg samme, vil den tilslutt komme til et stadium hvor unnslippelseshastigheten er lik lysets hastighet. Den radius stjernen har idet dette inntreffer kalles stjernes Schwartshildradius. For solen er Schwartshildradiusen 3 km.

En av de sikreste fysiske lovene er at ingenting kan bevege seg raskere enn lyset. Altså kan ingenting slippe ut fra et legeme med en unnslippelseshastighet høyere enn lysets hastighet, heller ikke lys. Stjernen vil bli svart, og fortjener med rette navnet sort hull. Den ligger i rommet og suger til seg all materie som kommer i nærheten av den, og gir ingen ting igjen.

I universet finnes det altså, så vidt vi vet, fire forskjellige typer stabile objekter:

1. Planeter, som er alt fra enkelte atomer til legemer 50 X Jupiters masse.

2. Sorte dverger, som er hvite dverger som har mistet sin kinetiske energi og varme.

3. Sorte neutronstjerner, neutronstjerner som har mistet kinetiske energi og varme.

4. Sorte hull, som ikke gir fra seg lys, kan ha masser opp mot uendelig, som består av en materie vi ikke kan forklare ved hjelp av våre naturlover, og som har tetthet opp mot uendelig.

Allikevel trenger ikke alle disse fire typene av legemer å være stabile. En planet kan med tiden få så stor masse at den utvikler seg til en stjerne, og så til en sort dverg. En sort dverg kan få så stor "tilleggsmasse" at den bryter sammen og blir en neutronstjerne. En neutronstjerne kan suge til seg så mye materie at den bryter sammen til et sort hull.

Det eneste virkelig stabile i vårt univers er altså det sorte hull. Hvis vi har et hyperbolsk univers er det ikke ulogisk å anta at universet vil ende opp som en mengde sorte hull, eller som ét stort sort hull som inneholder hele universets masse.

Vi må være klar over at alt som er sagt hittil om sorte hull er ren spekulasjon. Logisk burde de eksistere, men gjør de det?

V 2.3 Å FINNE SORTE HULL

Å finne et sort hull er ikke lett. Hvite dverger er små, og adskillig vanskeligere å finne enn normale stjerner. Neutronstjernene er enda mindre, og enda verre å finne, men de sorte hullene tar kaka! De er usynlige. Hvordan finner vi noe som ikke sender ut lys?

Vi har jo de sorte hullenes gravitasjonsfelt. Gravitasjonen fra et sort hull gjør seg adskillig bedre kjent enn gravitasjonen fra en stjerne med like stor masse, siden det sorte hullet har så mye mindre volum.

I følge relativitetsteorien vil lys som passerer forbi et massivt legeme bli bøyd. Hvis et sort hull lå mellom oss og en galakse, ville lyset fra galaksen bli bøyd, akkurat som i en linse. Det sorte hullet opptrår som en "gravitasjonslinse". Hvis vi nå ser en galakse som på tross av sin avstand ser abnormt stor ut, har vi grunn til å tro at det er et sort hull som ligger i veien og forstyrrer bildet av galaksen. Dog er noe slikt fenomen oppdaget.

Sorte hull er ikke alene i universet. Hvis det finnes materie i nærheten vil denne materien enten bli sugd inn i det sorte hullet, eller legge seg i bane om det.

Partiklene som faller inn i det sorte hullet mister gravitasjonell energi, som de får igjen som varme. I tillegg blir de ytterligere varmet opp av tidevannskreftene som drar i dem, og resultatet er at partiklene sender ut røngtenstråling.

For at vi skal klare å oppdage røngtenstråling fra et sort hull må det være store mengder materie som faller inn i det. De sorte hullene vi leter etter må altså befinne seg i svært spesielle omgivelser. Inne i kulehoper ligger stjernene svært tett, og et sort hull plassert i en slik hop kan ventes å sende ut store mengder røngtenstråling. Faktisk har røngtenstråling blitt funnet å komme fra flere kulehoper, og mulighetene er store for at det er sorte hull vi har funnet. I sentrum av galaksene er stjernene enda mer sammenpresset, og sorte hull plassert i et slikt sentrum vil suge opp enorme mengder materie.

De fleste stjerner er medlemmer av komplekse systemer med to, tre eller flere stjerner. Derfor kan en trygt anta at også de sorte hull vil finnes i slike systemer. Hvis begge stjernene i et binærsystem har utviklet seg til sorte hull, vil de allikevel fortsette å rotere om hverandre, mens de suger til seg materie. Vi vil altså se to røngtenkilder som sirkler om hverandre. Åtte slike binære røngtenkilder er hittil funnet, selv om vi ikke kan si noe sikkert om deres natur.

Hva hvis bare en av stjernene i et binærsystem blir til et sort hull? Fra jorden ville vi da se en normal stjerne som beveger seg rundt en usynlig røngtenkilde. I begynnelsen av 1960 åra, når man begynte med utforskning av røngtenkilder i himmelen, fant man en ekstremt sterk kilde i konstellasjonen Cygnus. Den fikk navnet Cygnus X-1. I 1971 ble det fastslått at Cygnus X-1 roterer rundt en synlig stjerne. Stjernen er HD-226868, en stor varm, blå stjerne av spektralklasse B, og med en masse 300 ganger vår sols. Ved studier av stjernens bane fastslo astronomene at C X-1 må ha en masse på 5-8 ganger solens. For at C X-1 skal være usynlig må den være liten, altså enten en hvit dverg, en neutronstjerne eller et sort hull. Man anser som sikkert at ikke noe legeme på 5-8 ganger solens masse kan ende opp verken som hvit dverg eller som neutronstjerne, altså må C X-1 være et sort hull. I tillegg finnes det ingen forklaring på hvordan en hvit dverg eller en neutronstjerne kan sende ut slike enorme mengder røngtenstråling som vi mottar fra Cygnus X-1.

V 2.4 "MINI" SORTE HULL

Anslagene over hvor mange sorte hull det finnes i vår galakse varierer fra null til mange milliarder. Hvis vi anslår det å være en milliard sorte hull i vår galakse, vil hullene befinne seg gjennomsnittlig 40 lysår fra hverandre, og det ville være gjennomsnittlig 20 lysår fra en stjerne til det nærmeste sorte hull.

Sorte hull er sannsynligvis like ujevnt spredt i galaksen som stjernene er. Nitti prosent av stjernene i vår galakse befinner seg i den relativt lille kjernen. Dette gjelder sikkert også for de sorte hullene, og derfor er det nærmeste sorte hull sannsynligvis over 100 lysår fra oss.

Hittil, når vi har snakket om sorte hull, har vi ment sorte hull med svært store masser. Det synes som om det er tull å snakke om sorte hull med små masser; en stjerne måtte jo ha en masse større enn 3.2 ganger solens masse for å kunne bryte sammen til et sort hull.

Men relativitetsteorien sier at sorte hull kan eksistere i alle størrelser. Hvis et objekt blir komprimert vil dets gravitasjonsfelt bli mer og mer intenst, helt til det bryter sammen og blir til et sort hull. For å si det med andre ord: Legemet krymper under sin Schwarzschildradius.

Jorden ville bli et sort hull dersom den krympet til en diameter på 0.87 centimeter. Mount Everest ville bli et sort hull dersom det det ble krympet ned til størrelsen av en atomkjerne.

Men hva er det som kan presse små objekter nok til at de blir slike mini sorte hull? Det kan ikke være deres egen gravitasjonskraft, så det må være en kraft utenfra. Finnes det noen kraft som er sterk nok?

I 1971 foreslo Stephen Hawking at en slik kraft kan ha eksistert idet universet ble formet - kreftene fra BB. Ekspanderende materie kan ha kollidert med andre biter av det kosmiske egget, og ha blitt klemt sammen med et enormt trykk fra alle sider. Dette trykket kan ha resultert i mini sorte hull.

Det finnes selvsagt ikke noe som helst bevis for at mini sorte hull eksisterer, ikke engang noe funn å la Cygnus X-1. Mange astronomer går sterkt mot teoriene om mini sorte hull, og hevder at de eneste sorte hull som eksisterer er de med masse større enn 3.2 x solens masse.

V 2.5 BRUK AV SORTE HULL.

Sorte hull er kilder til enorme mengder energi. Alle legemer som faller inn i et sort hull vil utstråle mye energi. Mesteparten av et legemes energi ligger i dets masse, noe som følger av energiloven $E=mc^2$, hvor c er lysets hastighet. Den energi vi får når vi brenner olje eller kull utnytter bare en brøkdel av en prosent av oljens masse. Selv kjernefysiske reaksjoner utnytter bare et par prosent av massen. Et lageme som faller inn i et sort hull får 30% av massen omgjort til energi. Attpåtil er det bare visse stoffer, som olje og kull, som kan brennes for å få energi, bare spesielle atomer som kan bli saltet eller smeltet sammen for å få energi. Hva som helst som faller inn i et sort hull gir fra seg energi.

Vi kan forestille oss at avanserte sivilisasjoner som tapper sorte hull for deres energi ved å skyte kometer og asteroider inn i dem, slik vi mater en ovn med ved. Men sjansen for at vi befinner oss i nærheten av et sort hull er liten. Det er mye større sjanse for at vi befinner oss nær et mini sort hull, om disse da finnes i det hele tatt. La oss anta at vi fant et sort hull innen solsystemet. Vi kunne taue det til jorden og sette det i bane om den. Så kunne vi skyte en strøm av frosne hydrogenkuler inn i det, nært, men ikke så nært at de vil bli dratt inn i det. Tidevannseffekter vil varme hydrogenet opp til det fusjonerer, og helium vil strømme ut på den andre siden. Energien fra denne reaksjonen vil bli fanget opp og sendt til jorden.

V 3. KVASARER

V 3. KVASARENE

I 1960 begynte astronomen Allan R. Sandage å undersøke alle da kjente radiokilder ved hjelp av 200-tommersteleskopet på Mount Palomar. En del av radiokildene så ut til å ha en stjerne som kilde. Den lyssterkeste av disse var 3C 273 (Stjerne nr. 273 i den tredje reviderte Cambridgekatalogen over radiostjerner).

Selv om disse radiokildene ser ut til å være stjerner er de det sannsynligvis ikke. De ble kalt kvassistellare (stjernelignende) radiokilder, noe som raskt ble forkortet til kvasar.

Man arbeidet lenge for å få fatt i spektrene til disse kvasarene, og når man tilslutt klarte det viste det seg at spektrene inneholdt linjer man ikke kunne identifisere. Attpåtil viste det seg at ingen av kvasarene hadde spektrallinjer som lignet på hverandre.

I 1963 oppdaget man at i spekteret av 3C 273 fantes det seks linjer som lignet en serie hydrogenlinjer. Det var bare det at det ikke kunne eksistere noen hydrogenlinjer der disse ble funnet. Skulle disse linjene skyldes hydrogen måtte lyset fra kvasaren ha en meget sterk rødforskyvning. For å få en slik forskyvning måtte kvasaren bevege seg fra oss med en hastighet på over 50 000 km pr sekund. Når man studerte andre kvasarers spektra, viste det seg at også disse kunne forklares på denne måte.

Kvasarene måtte bevege seg fra oss med enorme hastigheter, opptil 80% av lyshastigheten. I følge Hubbles lov må legemer med slike hastigheter befinne seg svært langt unna, milliarder av lysår unna.

Hvis kvasarene er så langt borte som rødshiftene deres tyder på, så må de stråle ut kollosale mengder lys, siden vi kan se dem. De må være 30-100 ganger så lyssterke som en gjennomsnittlig galakse! Allikevel kan de ikke ses som utstrakte legemer i teleskopene, og det tyder på at de må ha mindre volum enn galaksene.

Hvordan forklarer man et legeme ikke mer enn et par lysår i diameter, og som er opp til hundre ganger så lyssterkt som en vanlig galakse som er hundre tusen lysår i diameter?

Mange teorier har (som vanlig innen astronomien) blitt satt fram. En er at kvasarene kan være "galaktiske supernovaer, dvs. hele galaksekjerner som samtidig eksploderer. Slike legemer må være relativt kortlevde. Kalkulasjoner viser at en slik "nova" ikke kan bestå for mer enn en million år, og det må altså eksistere en rekke legemer som har vært kvasarer, men som ikke er det lenger. Sandage oppdaget i 1965 en type objekter som kan være slike gamle kvasarer. De ser ut til å

være alminnelige blå stjerner, men viser seg å ha det samme enorme rødshift som kvasarene. De er like fjerne, like lyssterke og like små som kvasarene, men mangler radiostrålingen. De ble kalt BSO'er (Blue Stellar Objects). BSO'ene ser ut til å være omtrent 50 ganger så tallrike som kvasarene. Det at kvasarer og BSO'er eksisterer er et hardt slag mot CC-teorien. Alle er langt unna, og må derfor ha blitt skapt for svært lenge siden. Siden vi ikke kan se noen i nabolaget er det nærliggende å tro at kvasarer ikke skapes lenger. Dette, igjen, bryter med det perfekte kosmologiske prinsipp, som sier at universet alltid vil se ut til å være det samme for en observatør, uansett hvor og når han befinner seg.

I Big-Bang teorien passer kvasarene godt inn. Skal kvasarene ha en hastighet fra oss lik 80% av lyshastigheten, må de befinne seg 10-12 milliarder lysår borte fra oss. Altså er kvasarene så og si nesten like gamle som universet selv. Like etter Big-Bang var det utrolige krefter i spill, og det må være under slike tilstander at kvasarene lettest oppstår, hva de enn måtte bestå av.

Teorier har vært framsatt om at kvasarene kan være "hvite hull" som er forbundet med sorte hull gjennom såkalte "wormholes". De sorte hullene sluker masse og energi, de hvite spyr det ut igjen. Man har spekulert på muligheten av å reise gjennom slike "wormholes", og Pentrose har ved hjelp av sine Pentrosediagrammer vist at dette faktisk er teoretisk mulig, på betingelse av at det sorte hullet roterer.

Desverre fikk teorien om "wormholes" en brå slutt i begynnelsen av 1978 da ND Birrel og Paul Davies viste at dersom slike "wormholes" oppsto, ville de skape forstyrrelser i rommet rundt det sorte hullet som straks ville stenge "wormholet" igjen.

Continous-Creation tilhengerne prøver å bevise at kvasarene ikke er så langt borte som doppler-effekten ser ut til å vise. De mener at kvasarene ligger forholdsvis nært oss. Er dette mulig?

Jo, hvis vi tar relativitetsteorien til hjelp. Lys som beveger seg i et sterkt gravitasjonsfelt mister energi. Således vil lys som kommer til oss fra nærheten av en neutronstjerne eller et sort hull vise en rødforskyvning, ettersom det røde lyset er det som er minst energirikt. Men hva kan det være som ligger i nærheten av sorte hull og sender ut umåtelige mengder energi?

Vi har sett at materie som faller inn i et sort hull utvikler store mengder energi, både som radio- og røngtenstråling, og som synlig lys. Hvis et sort hull befinner seg i nærheten av store mengder interstellær gass vil det sende ut betraktelige mengder lys og stråling.

Men for at sorte hull skal kunne sende ut energimengder sammenlignbare med de kvasarene utstråler, så må ikke bare gassmengdene i nærheten av hullet være store. Det sorte hullet må være enormt for å klare å suge til seg så store mengder gass om gangen.

Et sted vi kan finne slike hull er i sentrum av galaksene.

Midt i galaksene ligger stjernene svært tett, og det er også store mengder gass til stede. Hvis en stjerne utvikler seg til et sort hull i senteret av en galakse vil den raskt suge til seg all gass i nærheten, og dermed øke i radius. Den vil begynne å suge til seg gass fra de nærmeste stjernene, og dette vil få disse til å eksplodere, som novaer. Dette igjen vil slynge store mengder gass inn mot det sorte hullet. På denne måten fortsetter hullet å vokse, og vil til slutt komme til det punkt hvor det inneholder det meste av galaksekjernen, og er blitt så stort at det svelger hele stjerner om gangen.

Et slikt sort hull ville fra en avstand slett ikke se sort ut. Det ville skinne blåhvitt, og lyset fra det ville ha en sterk rødfor- skyvning på grunn av det sterke gravitasjonsfeltet det har måttet gå mot.

KAPITTEL VI.1

HIMMELMEKANIKK.

INNHold :

INNLEDNING.....	VI.1.1
KEPLERS LOVER.....	VI.1.2
Keplers første lov.....	VI.1.3
Keplers andre lov.....	VI.1.4
Keplers tredje lov.....	VI.1.6
PLANETBANEN.....	VI.1.7
MATEMATISK GRUNNLAG FOR PLANETBEVEGELSEN.....	VI.1.8
DEN BERØMTE FIGUREN.....	VI.1.15
Tabell over banestørrelser.....	VI.1.19
Matematisk grunnlag for tabellen.....	VI.1.20
STEINKASTING OG SATELITTOPPSKYTING.....	VI.1.21
DEKOMPONERING AV BANEHASTIGHETEN I TO KONSTANTE KOMPONENTER, VA OG VR.....	VI.1.26

Kap. VI.1 HIMMELMEKANIKK.

INNLEDNING.

Dette kapittelet er kanskje noe mer teoretisk preget enn de andre i dette kompendiet. De sidene som er mest mett med formler er markert med en innramming. Disse innrammede sidene kan man godt hoppe over ved første gangs lesing.

Hensikten med kapittelet har vært å gi et grunnlag i himmelmekanikk som man kan bygge videre på ved videre studium av fagbøker på området. Det viser seg ofte at fagbøker om dette emnet ikke er så lettlesbare for folk uten en viss forutgående innføring.

Vi håper derfor at himmelmeknikken med dette er bragt noe nærmere slik at det blir lettere å forstå bakgrunnen for planetbevegelser og romfart.

Vi har her satset på klassisk beskrivelse. Det er likevel klart at moderne betraktninger ut fra Relativitetsteorien er mer i tråd med de metoder som anvendes i moderne vitenskap. Tross dette kan man ved hjelp av Newton's mekanikk sende satelitter i bane rundt jorden, til månen og enda lenger.

KEPLERS LOVER.

Keplers lover regnes som gyldige for planetbevegelsen.

1. Planetene beveger seg i ellipsebaner med solen i det ene brennpunktet.
2. Radius vektor sveiper i like tidsintervaller over like store arealer, dvs. $dF/dt = \text{konstant}$.
3. Det eksisterer et konstant forhold mellom ellipsens store halvakse, a , og omløpstiden, T , slik at $a^3/T^2 = c$, der c er en konstant, lik for alle planeter.

Disse tre lovene for planetbevegelsen etablerte Kepler ut fra Tycho Brahe's observasjoner av planetbanene. Den gang var det stor strid om hvilket verdensbilde som var korrekt. Var det solen eller jorden som sto i sentrum for planetenes bevegelser ?

Kepler tar avgjørelsen i sin første lov. Deretter sier han hvordan banehastigheten avhenger av ellipsen og til slutt sier han at det er et konstant forhold mellom banestørrelsen og omløpstiden og at dette forhold er det samme for alle planeter.

Newton, som levde omtrent samtidig, kommer fram til de samme lovene ut fra sin gravitasjonslov. Han brukte utelukkende teoretiske analyser, mens Kepler altså nyttet observasjoner. Egentlig er det kun enkle matematiske trekk som skulle til fra Keplers side for å finne fram til gravitasjonsloven ut fra sine tre lover om planetbevegelsen, men det skulle bli Newton som fant fram. Og han startet i den andre enden av problemet.

Keplers andre lov.

Denne loven sier altså at radius vektor i like tidsintervaller sveiper over like store arealer. Radiusvektor er å forstå som forbindelseslinjen fra solen til en planet eller fra jorden til en satellitt osv.

Hvis man tar utgangspunkt i Newtons gravitasjonslov kan denne såkalte flatesatsen utledes. Kepler kom fram til denne sammenhengen ut fra observasjoner av planetene, gjort bl.a av Tycho Brahe.

Hva betyr dette i praksis. Kvalitativt kan det sies at når planeten/satelitten er lengst vekke går den med minst fart og omvendt.

For en satellitt er forholdet at dens energi er konstant, men den fordeler seg på potensiell og kinetisk energi. Flatesatsen konstaterer at spinnet er konstant. Det vil si at produktet $m \cdot v \cdot r = \text{konstant}$. Hvis vi forutsetter at massen er konstant vil dette si at $v \cdot r = \text{konstant}$.

Hvis satellitten nå har en bestemt hastighet i en bestemt avstand vil hastigheten halveres hvis avstanden dobles. Det er ingen annen mulighet hvis ikke satellitten bremses eller aksellereres av en ytre kraft eller rakettmotor.

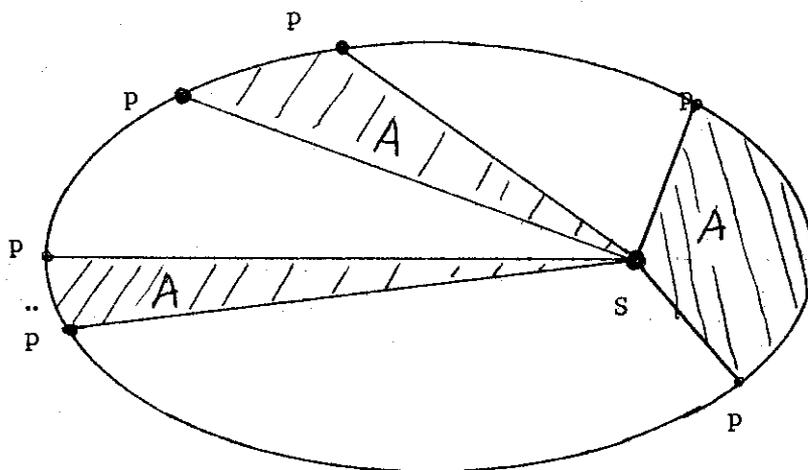
Når det utføres piruetter saltoer ol. innen diverse idretter så er dette hver eneste gang en ypperlig demonstrasjon av flatesatsen, spinnsatsen.

En piruett startes med utstrakte armer for å få flyttet noe masse ut fra rotasjonsaksen. Når fra-sparket er gjort unna har kroppen fått det spinnet som skal brukes gjennom hele piruetten. Kroppen bringes til å rotere relativt langsomt. Hvis nå armene trekkes inn til kroppen øker rotasjons-hastigheten og utøveren går inn i piruetten. Ved å slå ut med armene reduseres hastigheten nær sagt momentant.

Hver og en kan prøve dette ganske enkelt neste gang de sitter i en svingstol. Strekk ut armer og bein og få en annen til å gi en liten fart. Trekk armene og beina inn til stolen og kjenn hvordan farten øker.

Spinnet har altså en konstant størrelse, bestemt av produktet $m \cdot v \cdot r$. m =masse, v =hastighet og r =radius vektor.

Overstrøket flate pr. tidsenhet er også konstant og dette er bare et annet mål på samme fenomen nemlig at den totale energimengde er uforandret.



Figuren illustrerer Keplers andre lov, den såkalte flatesatsen. I like store tidsintervaller sviper radiusvektor over like store arealer. Planetens posisjoner er markert ved "p" og solen med "S". Et tenkt tidsintervall er brukt og mellom to planetposisjoner ligger det et areal "A". Hvis tiden mellom to posisjoner er den samme er også arealet det samme.

Ut fra dette sees at planeten har størst hastighet når den er nær solen. Den beveger seg over størst banelengde i tidsintervallet. Minst hastighet har den da når den er lengst vekk. Da beveger den seg en liten veilengde på samme tid. F.eks målt i antall dager. Det kan nevnes at jorden befinner seg nærmest solen om vinteren. Den har også størst banehastighet da ifølge Keplers 2. lov.

Keplers tredje lov.

Kepler fant at det eksisterte et konstant forhold mellom planetenes avstand fra solen og deres omløpstid. Dette forhold var det samme for alle planeter.

Loven skrives vanligvis slik: $a^3/T^2 = c$,
der c er konstant.

Verdien på denne konstanten kan beregnes for en gitt planet hvis man kjenner planetens masse.

$$c = 4 \pi^2 / \mu$$

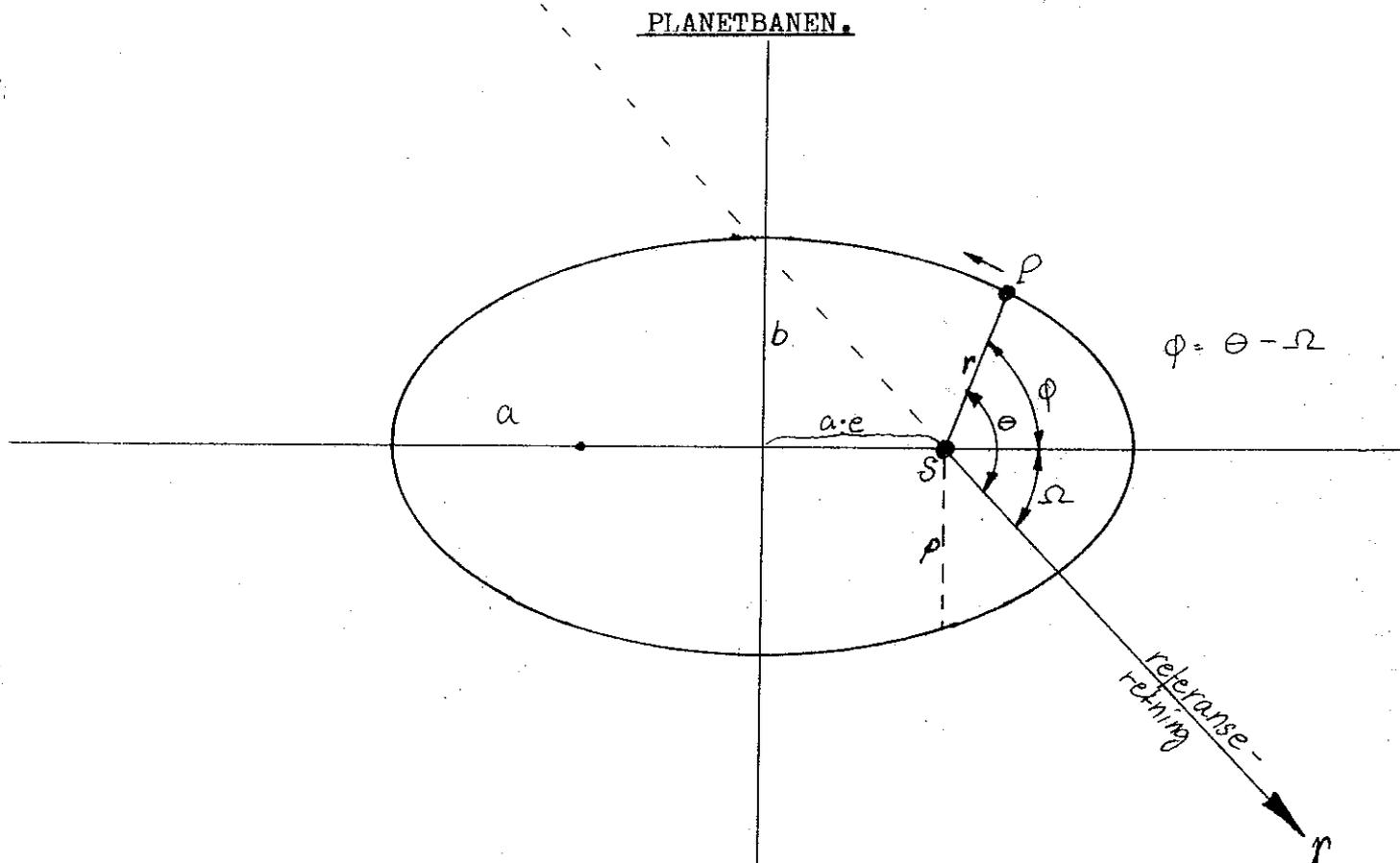
μ settes oftest lik $G \cdot M$, men det betinger at planetens masse er liten i forhold til solens. Ellers må man bruke $\mu = G \cdot (M + m)$.

G = universell gravitasjonskonstant
 M = solens masse
 m = planetens masse

Herav ser vi at $T^2 = (4 \pi^2 / \mu) \cdot a^3$.

a = ellipsens store halvakse.

Denne sammenheng mellom banestørrelsen og omløpstiden kan også påvises gjennom Newtons gravitasjonslov.



Figuren viser en ellipsebane der betegnelsene betyr følgende:

a = store halvakse

b = lille "

e = eksentrisitet , definisjon framgår av fig.

P = planet

S = solen

r = radius vektor, fra solen til planeten

θ = planetens vinkel fra en passende referanseretning.

Ω = vinkelen mellom ref.retn. og perihelium

φ = vinkelen mellom perihel og planeten, målt i bev.retn.

p = avstanden mellom solen og planeten når planeten er 90 grader fra perihel.

Med solen i sentrum beskrives banen av ligningen

$$r = \frac{p}{1 + e \cdot \cos \varphi} \quad , \quad \text{der } p = \frac{b^2}{a} = a(1 - e^2)$$

MATEMATISK GRUNNLAG FOR PLANETBEVEGELSEN.

Grunnlaget for analysen av planetbevegelsen er Newtons 2. lov. Denne loven er fundamental og regnes normalt som gyldig for alle legemers bevegelse.

Newton's 2. lov sier at kraft er lik med masse ganger akselerasjon.

$$F = m \cdot a. \quad (F = \text{force, dvs. kraft})$$

Dette er selve definisjonen på kraftbegrepet. Hvis massen settes inn i kg og akselerasjonen i m/s^2 får vi kraften ut i kraftenheten newton, N, som da egentlig er $kg \cdot m/s^2$.

Newton formulerte også en annen lov, nemlig gravitasjonsloven. To masser M og m trekker på hverandre med en kraft F som kan beregnes slik

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

G er den universelle gravitasjonskonstanten og har med andre ord en konstant verdi.

M er den ene massen, f.eks. solens
m er den andre massen, f.eks. planetens.

Stor M = stor masse
liten m = liten masse

r er innbyrdes avstand mellom de to massene.

Disse to lovene vil beskrive den samme kraften, F.

Hvis vi ommøblerer den siste ligningen og skriver den slik

$$F = m \cdot \frac{G \cdot M}{r^2}$$

kan vi direkte sammenligne den med den første, $F = m \cdot a$.

Siden disse to ligningene beskriver samme kraften, F, må vi ha at

$$a = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

Man har opp gjennom tiden funnet det hensiktsmessig å kombinere produktet $G \cdot M$ slik at det skrives som bokstaven μ (gresk bokstav, "my")

$$a = \frac{\mu}{r^2} \quad , \quad \text{slik at} \quad F = m \cdot \mu / r^2 .$$

Vi tenker oss nå en planet med massen m som beveger seg et stykke fra solen med massen M . Avstanden kaller vi r (for radius) og solen tenker vi oss plassert i origo i et kartesisk koordinatsystem. Koordinatene kalles som vanlig for x og y .

Kraften som solen trekker på planeten med er rettet fra planeten og inn mot solen. Kraften er likeverdig med en akselerasjon, $a = \mu / r^2$.

Dekomponerer vi akselerasjonen slik at vi får en komponent i x -retning og en i y -retning har vi at

$$a_x = -a \cdot \cos \varphi = -a \cdot x / r$$

$$a_y = -a \cdot \sin \varphi = -a \cdot y / r$$

minustegnet illustrerer at akselerasjonen har motsatt retning av radiusvektor som forutsettes å peke fra solen mot planeten.

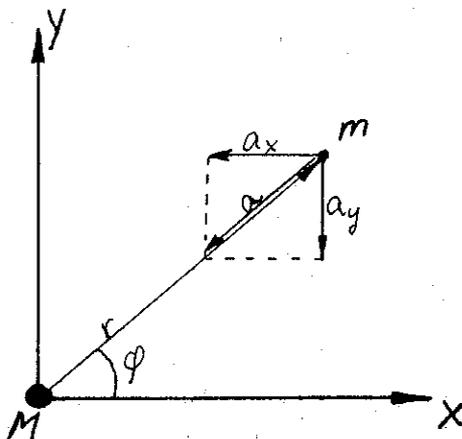
Setter vi her inn for a får vi at

$$a_x = \left(-\mu / r^2 \right) \cdot \cos \varphi = \left(-\mu / r^3 \right) \cdot x$$

$$a_y = \left(-\mu / r^2 \right) \cdot \sin \varphi = \left(-\mu / r^3 \right) \cdot y$$

$$a_x \text{ skrives også som } \ddot{x} \quad (= d^2x/dt^2)$$

$$a_y \text{ --- " --- som } \ddot{y} \quad (= d^2y/dt^2)$$



Akselerasjonene i x- og y-retning framkom ved at akselerasjonen i radiell retning inn mot origo ble dekomponert i de to retningene.

Vi bruker videre

\ddot{x} = akselerasjon i x-retning

\dot{x} = hastighet " " "

\ddot{y} = akselerasjon i y-retning

\dot{y} = hastighet " " "

\ddot{r} = akselerasjon i r-retning (radielt)

\dot{r} = hastighet " " "

(\ddot{x} leses som "x dobbelprikk", \dot{x} som "x prikk")

Prikkene betyr som antydnet på foregående side at man deriverer eller dobbelderiverer posisjonen for å få hastighet eller akselerasjon i et gitt punkt. Man deriverer med hensyn på tiden!

Ved å forutsette at planeten har en gitt akselerasjon som består av to komponenter \ddot{x} og \ddot{y} kan vi så og si regne oss i ring og komme til et interessant resultat.

Vi ønsker nå å representere planetens bevegelse i polare koordinater fordi dette er hensiktsmessig for senere beregninger.

Generelt er overgangen fra polare til kartesiske koordinater beskrevet ved to ligninger

$$x = r \cdot \cos\varphi \quad \text{og} \quad y = r \cdot \sin\varphi.$$

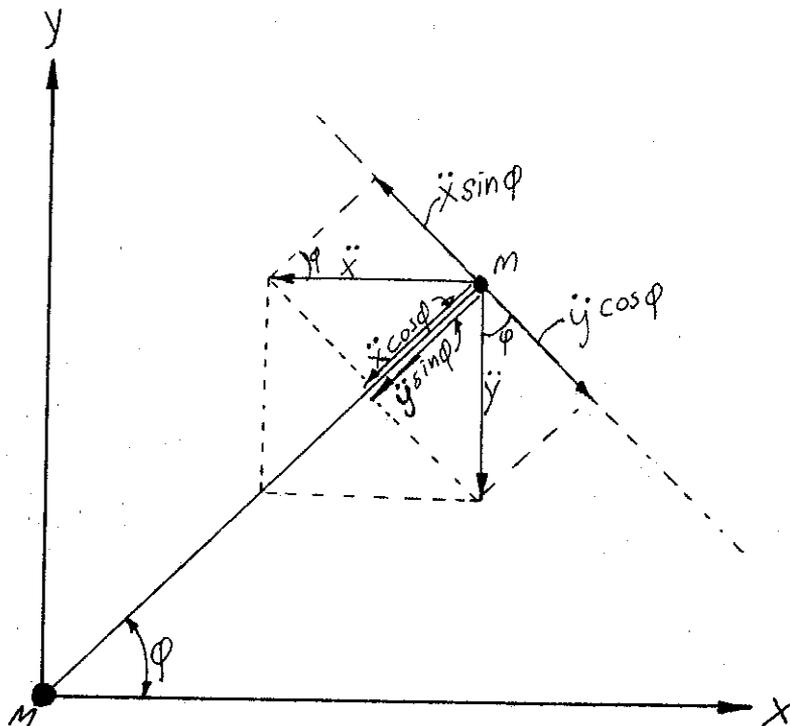
Akselerasjonene \ddot{x} og \ddot{y} kan begge dekomponeres i to komponenter. Nemlig en som ligger langs radiusvektor og en vinkelrett på den. Den siste kalles for vinkelakselerasjonen og den beskriver den akselerasjonen som radiusvektor har om origo, dvs. omdreiningshastigheten og variasjoner i den.

Etter at de to er dekomponert kan de to komponenter som framkommer i hver retning summeres og vi står igjen med to nye komponenter som beskriver den samme akselerasjon.

Nemlig

$$a_r = \ddot{r} \quad \text{dvs. radiell akselerasjon}$$

$$a_\varphi = \ddot{\varphi} \quad \text{dvs. vinkelakselerasjon}$$



Ser vi på ovenstående figur ser vi at de to akselerasjon akselerasjonene a_r og a_ϕ vil bestå av to komponenter hver.

Et bidrag fra \ddot{x} og et fra \ddot{y} . Altså kan vi skrive

$$a_r = \ddot{x} \cdot \cos\phi + \ddot{y} \cdot \sin\phi$$

$$a_\phi = \ddot{y} \cdot \cos\phi + \ddot{x} \cdot \sin\phi$$

Vi trenger nå et uttrykk for \ddot{x} og \ddot{y} der bare r og med deres deriverte inngår. Vi vil bli kvitt \dot{x} og \dot{y} i de to ligningene ovenfor.

$$x = r \cos\phi$$

$$\dot{x} = \dot{r} \cdot \cos\phi - r \cdot \dot{\phi} \sin\phi$$

$$\ddot{x} = \ddot{r} \cos\phi - 2 \cdot \dot{r} \dot{\phi} \sin\phi - r \dot{\phi}^2 \cdot \cos\phi - r \cdot \ddot{\phi} \cdot \sin\phi$$

Samme prosedyre for $y = r \cdot \sin\phi$ gir

$$\ddot{y} = \ddot{r} \sin\phi + 2 \cdot \dot{r} \dot{\phi} \cdot \cos\phi - r \dot{\phi}^2 \sin\phi - r \ddot{\phi} \cos\phi$$

Setter vi dette inn for \ddot{x} og \ddot{y} får vi følgende:

$$a_r = \ddot{r} - r \dot{\phi}^2$$

Men a_r kjenner vi jo. Den er forårsaket av gravitasjonskraften og har størrelsen $-u/r^2$.

$$\text{Dvs } \ddot{r} - r \dot{\phi}^2 = -u/r^2$$

Dette resultatet er kanskje noe uventet fordi vi startet ut med at akselerasjonen i r -retning var $-u/r^2$.

Ligningen viser at det er en forskjell mellom den akselerasjon som gravitasjonskraften søker å gi planeten og den akselerasjon planeten har.

Vi ser at akselerasjonen u/r^2 gir en radiell akselerasjon, \ddot{r} , med et fradrag som her er beregnet til

$$r \cdot \dot{\varphi}^2, \quad \dot{\varphi} = \text{vinkelhastighet.}$$

Dette fradrag er intet mindre enn sentrifugalakselerasjonen som skyldes at satellitten beveger seg. Hvis vi setter $\dot{\varphi}$ lik null betyr det at planeten ikke går i en krum bane og da vil vi få

$$\ddot{r} = -u/r^2.$$

Nå tar vi fatt i ligningen for a_φ . Den så slik ut:

$$a_\varphi = \ddot{y} \cdot \cos\varphi - \ddot{x} \cdot \sin\varphi,$$

vi husker fra tidligere at \ddot{x} og \ddot{y} var det samme som a_x og a_y og at dette gir:

$$\ddot{x} = (-u/r^3) \cdot x \quad \text{og} \quad \ddot{y} = (-u/r^2) \cdot y.$$

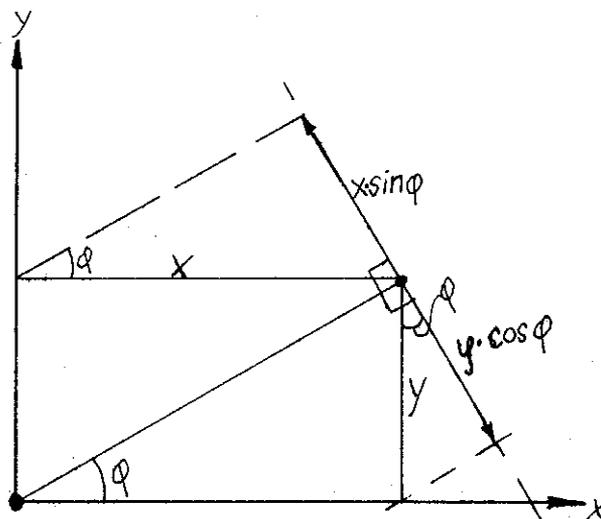
$$\text{Dvs.} \quad a_\varphi = -u/r^3 \cdot (y \cdot \cos\varphi - x \cdot \sin\varphi)$$

Men uttrykket inne i parentesen, $y \cdot \cos\varphi - x \cdot \sin\varphi$ er identisk lik null !!! $y \cos\varphi$ og $x \sin\varphi$ representerer nemlig to vektorer som har samme lengde, men er motsatt rettet slik at de alltid opphever hverandre.

Dette sees også lett analytisk hvis vi setter inn i parentesen for x- og y-verdiene:

$x = r \cdot \cos\varphi$ og $y = r \cdot \sin\varphi$. Da får vi $r \sin\varphi \cdot \cos\varphi - r \cdot \cos\varphi \cdot \sin\varphi$ som er lik null.

Se figuren nedenfor.



Vi går tilbake til ligningen for a_φ .

$$a_\varphi = \ddot{y} \cdot \cos\varphi - \ddot{x} \cdot \sin\varphi$$

Setter vi her inn de uttrykkene vi fant for \ddot{x} og \ddot{y} på polar form får vi

$$a = 2 \cdot \dot{r}\dot{\varphi} + r \cdot \ddot{\varphi}, \text{ og vi vet nå at } a_\varphi \text{ er lik null;}$$

$$2 \cdot \dot{r}\dot{\varphi} + r \cdot \ddot{\varphi} = 0.$$

$$\text{Men } 2 \cdot \dot{r}\dot{\varphi} + r \cdot \ddot{\varphi} \text{ kan skrives som } \frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi})$$

$$\text{Dette betyr at } \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) = 0.$$

Den deriverte av en konstant er lik null. Hvilket vil si at

$$r^2 \dot{\varphi} = \text{konstant.}$$

DETTE ER DET MATEMATISKE UTTRYKK FOR KEPLERS ANDRE LOV.

$$r^2 \dot{\varphi} = r\dot{\varphi} \cdot r = v \cdot r.$$

Produktet $v \cdot r$ representerer spinnet og dette vil være konstant ved planetbevegelsen.

Legg merke til at $a_\varphi = 0$ ikke betyr at vinkelhastigheten er konstant.

$a_\varphi = 0$ betyr bare at gravitasjonskraften ikke bidrar til noen endring i vinkelhastigheten.

Hvis avstanden mellom de to massene M og m (sol og planet) øker vil hastigheten v endres slik at $v \cdot r = \text{konstant}$. Eller sagt på en annen måte:

Hvis avstanden endrer seg vil vinkelhastigheten instille seg slik at produktet

$$r^2 \dot{\varphi} = h.$$

h er da den konstante verdien. Den er et mål på den totale energi en planet har i banen, potensiell energi pluss kinetisk energi.

Energien kan fordele seg ulikt mellom de to energiformene på forskjellige steder i banen, men kun en ytre påvirkning kan endre den totale verdi.

Det man så kan spørre seg om er hvor stor denne konstante verdien på spinnet er.

Vi skal nå se litt nærmere på denne konstanten, h . Hvis vi betrakter figuren nedenfor ser vi at arealet av et utsnitt av banen kan skrives som

$$dA = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot d\varphi + \frac{1}{2} r \cdot d\varphi \cdot dr = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot d\varphi$$

idet vi stryker høyere ordens ledd.

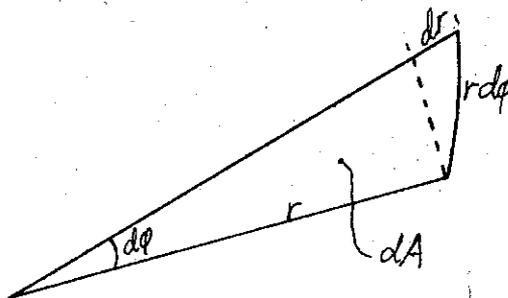
$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{2} \cdot r^2 \dot{\varphi}.$$

Her kjenner vi igjen uttrykket for h , bare multiplisert med konstanten $\frac{1}{2}$.

Vi har hermed vist at spinnet og Keplers setning om overstrøket areal pr. tidsenhet er to sider av samme sak.

Det eneste som skiller er at konstanten i flate-satsen er bare halvparten så stor som konstanten i spinnsatsen.

Vi er ennå like langt fra konstantens verdi i et gitt tilfelle, men har påvist sammenhengen mellom Keplers andre lov og spinnsatsen.



Den enkleste måten å nærme seg denne konstante verdi er å se på en ellipsebane.

Ellipsens flateinnhold beregnes av : $A = \pi \cdot a \cdot b$.

$$\frac{1}{2} \cdot h = \frac{A}{T} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{T}$$

der T er omløpstiden.

Størrelsen på h kan så beregnes hvis man kjenner banen og omløpstiden.

Via baneligningen kan man også finne:

$$h = \sqrt{\mu \cdot p}, \quad p \text{ er baneparameter.}$$

DEN BERØMTE FIGUREN.

Figuren med jorden som en sirkel og de forskjellige baner som opptrer ved forskjellige utskytnings-hastigheter finner man i alle bøker om dette emnet.

Desverre er det ikke alle forfattere som tar seg tid til å analysere figuren nærmere og det er synd fordi dette kan gi en enkel forståelse av baner til kunstige satellitter og hvordan de bringes i disse baner.

Ser man på figuren på neste side, ser man en slik figur der jorden er antatt å ha en radius på 6370 km. Utsytingen tenkes gjort fra Mt. Everest som har en høyde på godt og vel 8 km.

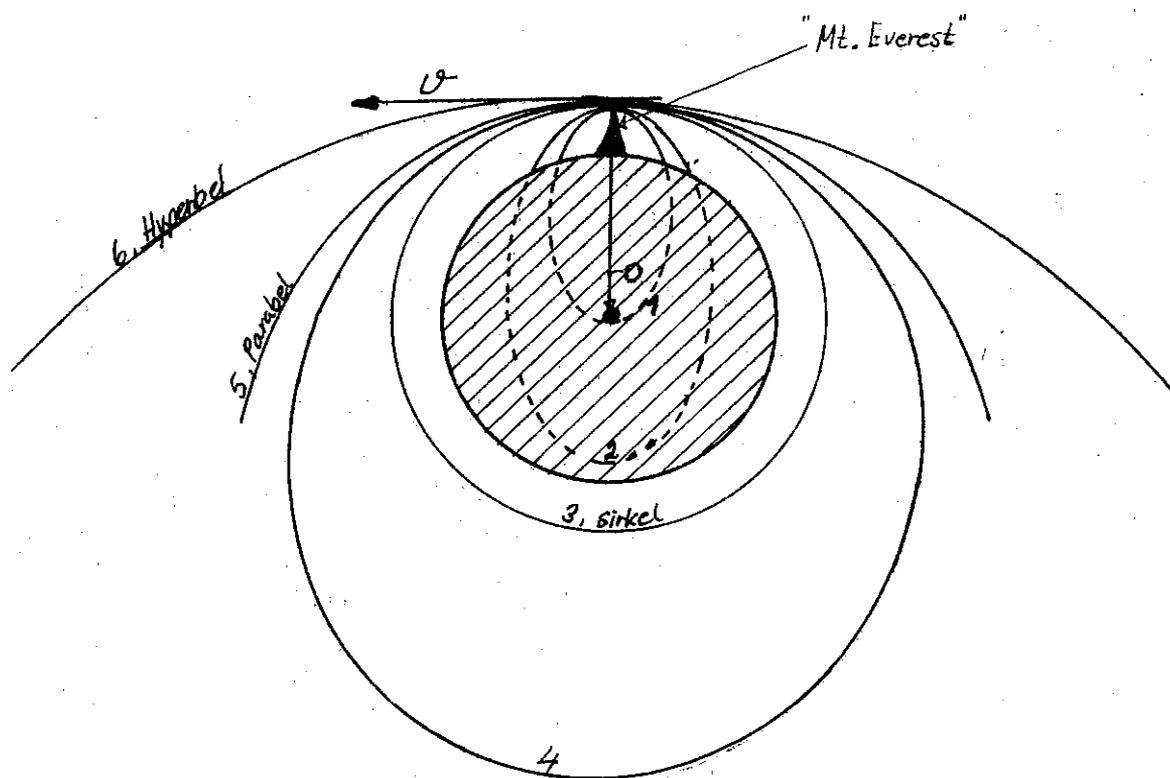
Utskytingen foregår i vårt tenkte tilfelle altså vannrett ut fra et punkt ca 6378 km over jordens sentrum.

Av figuren ser vi at om hastigheten er for liten så vil ikke satellitten gå i bane om jorden, men lande et sted på overflaten. Her kommer et viktig poeng, nemlig: Hvis nå jorden ikke var massiv, men heller besto av tynn gass ville en satellitt med liten hastighet ikke lande på overflaten, men fortsette rett igjennom slik som antydnet med stiplede linjer i figuren.

Altså, en vannrett hastighet uansett hvor liten vil føre til en tenkt bane. At en bane som går gjennom jorden er lite aktuell i praksis er så, men det endrer ikke det faktum at den delen som er over jordoverflaten er en del av en tenkt bane.

Ved skyting med geværer, kanoner osv. snakker vi om ballistiske baner. Prosjektilet lander på bakken, men prosjektilbanen er altså av samme natur som satellittbanen og var ikke jorden massiv ville man kunne kaste stein rundt jorden!

NB!! Husk at vi ser bort fra luftmotstanden.



Figuren viser hvordan forskjellige utskytningshastigheter gir forskjellige baner.

Den minste hastighet vi kan tenke oss å gi en satelitt ut fra Mt. Everest er null. Det betyr rett og slett at den slippes utfor stupet. Det ville utvilsomt betydd havari for satelitten, men banen den ville følge ned mot stedet der den knuses kan representeres med den rette linjen fra fjelltoppen til jordens sentrum.

Dette er et grensetilfelle og den rette linjen kan tenkes å være en spesialutgave av en ellipse eller sirkel.

Tenk igjen på hva som ville skje om jorden ikke var massiv.

Satelitten ville passere jordens sentrum med stor fart og bevege seg på en rett linje til den var 6378 km fra jordens sentrum på andre siden. Hastigheten er her igjen null og satelitten vil starte på et nytt fall derfra tilbake til Mt. Everest. Slik vil den fortsette å pendle fram og tilbake.

Ved å gi satelitten en liten vannrett hastighet vil den bevege seg i en ellipsebane som "nesten" går gjennom jordens sentrum og vi må huske å dukke ned hvis vi ikke vil ha den i nakken når den kommer tilbake. (vi forutsetter at jorden ikke er massiv og ingen luftmotstand.)

Legg merke til at jordens sentrum ligger i det ene brennpunktet i baneellipsen, slik som bestemt i Keplers lover. Det er interessant at apogeum ligger "inne" i jorden. Mt. Everest befinner seg i apogeum. Dette er den banen som er markert med 1 i figuren.

Litt større vannrett hastighet gir også en ellipsebane, men vi legger merke til at i perigeum er satelitten litt lenger fra jordens sentrum. Mt. Everest er fremdeles apogeum. Denne banen er markert med 2 i figuren.

Økes den vannrette utskytningshastigheten til en helt bestemt verdi, den såkalte sirkelhastigheten, blir banen en sirkel, markert med 3 i figuren. Perigeum og apogeum eksisterer egentlig ikke lenger.

Ved ytterligere å øke hastigheten blir igjen banen en ellipse. MEN legg merke til at nå er Mt. Everest blitt perigeum!!

Markert med 4 i figuren.

Hvis vi prøver med stadig økende hastighet vil banen bli mer og mer "langstrakt" igjen. Eksentrisiteten øker og går mot verdien 1. Sist gang vi hadde så stor eksentrisitet var ved null hastighet og banen var en rett linje.

Når hastigheten igjen har nådd en bestemt verdi, parabelhastigheten, blir banen en parabel og satelitten kommer aldri tilbake.

Hastigheter større enn parabelhastigheten gir baner med hyperbelform og satelitter som følger slike kommer heller aldri tilbake.

Som vi har sett er det tre bestemte utskytningshastigheter som skiller seg ut:

$v = 0$	banen er en rett linje
$v = v_s$ (sirkelhastighet)	" " sirkel
$v = v_p$ (parabel-hast.)	" " parabel.

Hastigheter mellom null og parabelhastigheten gir alltid en lukket bane, satelitten kommer tilbake. Banen er alltid en ellipse unntatt når hastigheten stemmer med sirkelhastigheten (=sirkelbane).

Hvis hastigheten er lik med eller større enn parabelhastigheten kommer satelitten aldri tilbake.

I tabellen på neste side, er det vist hvordan banen endrer seg fra den rette linjen ved $v=0$ til nesten en parabel ved $v=11.1864$ km/s.

Legg merke til hvordan ellipsens store halvakse 'a' øker i størrelse når hastigheten nærmer seg parabelhastigheten.

$v = 11$ km/s	gir	$a = 96475$ km	$e = 0.93389$
$v = 11.1$ km/s	gir	$a = 207153$ km	$e = 0.96921$
$v = 11.1864$ km/s	gir	$a = 463194000$ km.	$e = 0.99998$

SAMMENHENGEN MELLOM HRETIGHETER V / BIRKELHASTIGHETER VS
 OG PARABELHASTIGHETER AF ANLØBET KANTFORMEN.

BANEN ER GITT VED 0,05 E

V / NM/S	V / VE	V	A, KM	E
0	0	0	3189	9.24017E-01
1	1.20422E-01	0.93762E-02	3214.69	0.93607
2	2.52644E-01	1.78183E-01	3274.5	8.56137E-01
3	3.79166E-01	2.69162E-01	3436.13	7.44279E-01
4	5.05689E-01	3.57576E-01	3656.53	6.00436E-01
5	6.32111E-01	0.44697	3985.16	4.24628E-01
6	7.58533E-01	5.36364E-01	4476.96	2.16855E-01
7	8.84955E-01	6.25758E-01	5241.38	8.80565E-07
7.91001	1	7.07107E-01	6378.01	2.28838E-02
8	1.01135	7.15152E-01	6527.37	2.94587E-01
9	1.1378	8.04546E-01	9041.52	5.98256E-01
10	1.26422	0.89394	15875.8	0.93389
11	1.39064	9.83334E-01	96475.1	9.69211E-01
11.1	1.40329	9.92273E-01	207153	9.99984E-01
11.1B64	1.41421	9.99997E-01	4.63194E+08	

Matematisk grunnlag for tabellen.

Hastigheten er forutsatt å være vinkelrett på radiusvektor.

$r = 6378 \text{ km}$ (tilsvarer ca jordens ekvatorradie)

$v =$ hastighet, valgt i området mellom 0 og 11,2 km/s.

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$, gir $\mu = M \cdot G = 3,99 \cdot 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$.

($g = \mu/r^2$)

Generell ligning : $v^2 = \mu(2/r - 1/a)$

Sirkel betyr $a = r$ dvs. $v_s = \sqrt{\mu/r}$ $v_s =$ sirkelhastighet.
 parabel betyr $a = \infty$ dvs. $v_p = \sqrt{2 \cdot \mu/r}$ $v_p =$ parabelhastighet.

Av dette ser man at $v_p = \sqrt{2} \cdot v_s$.

v_p kalles også for den lokale unnslipningshastighet.

Ved hjelp av den generelle ligning finner man

ellipsens store halvakse $a = \frac{r}{2 - (v/v_s)^2}$

eksentrisiteten er gitt som

$$e = \left| 1 - (v/v_s)^2 \right|$$

Ut fra ligningen for "a" kan man se at når "v" nærmer seg verdien $\sqrt{2} \cdot v_s$ blir nevneren i brøken nær null og det gir halvaksen en stor verdi, lik uendelig for $v = \sqrt{2} \cdot v_s$.

STEINKASTING OG SATELITTOPPSKYTING.

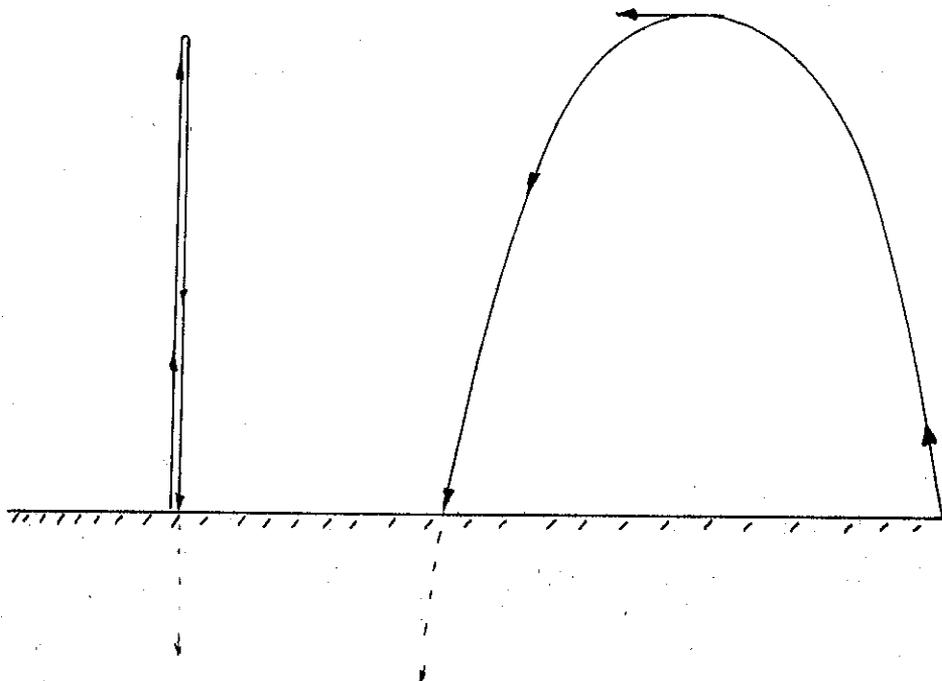
Kast en stein rett opp (det er vanskeligere enn du tror) og observer hvordan den beveger seg. Kaster du nøye nok må du flytte deg for ikke å bli truffet når den faller ned igjen. Kast en stein nesten loddrett og se hvordan den faller ned et stykke i fra deg.

I første tilfelle følger steinen en bane som svarer til den rette linjen og i andre tilfellet en del av en ellipsebane med perigeum meget nær jordens sentrum.

Disse to banetilfellene er vist i figuren nedomfor. Legg spesielt merke til hvordan ellipsebanen har et punkt hvor steinens hastighet er rent vannrett. Dette punktet er banens apogeum.

Tenk nå at vi jevner Mt. Everest med jorden slik at vår innbilte jord er en kule med radius på 6370 km. Hvis du nå er god til å kaste stein kan det tenkes at du kunne greie å kaste en stein i en bane slik at dens apogeum blir akkurat der toppen av Mt. Everest var. Steinen vil ha en liten vannrett hastighet som vil bringe den i en bane nøyaktig som om den var skutt ut fra fjelltoppen med denne hastighet, slik som diskutert tidligere.

Men dette betyr igjen at du befinner deg på banen som steinen vil følge, og siden vår tenkte jord ikke er massiv må du flytte deg om du ikke vil bli truffet !



Nå er ikke Mt. Everest videre aktuell som utskytningsrampe for satelitter.

Hvis vi vil ha satelitten til å gå i bane har vi sett at utskytningshastigheten må være mindre enn parabelhastigheten.

Avhengig av hvor stor hastighet vi velger vil fjelltoppen befinne seg enten i perigeum eller apogeum.

Et viktig moment er at i alle tilfeller vil satelitten sneie tett over fjelltoppen for hvert omløp.

Vi er spesielt interessert i baner som er lukket, dvs. at satelitten kommer tilbake og at banen er en ellipse. Sirkelen er å forstå som en ellipse med null eksentrisitet.

Følgende regler vil da gjelde

- I En satelitt gis en vannrett hastighet i en avstand fra jordens sentrum.
Er hastigheten mindre enn sirkelhastigheten, men større enn null vil punktet der hastigheten gis alltid bli banens apogeum.
- II Hvis den vannrette hastigheten akkurat tilsvarer sirkelhastigheten blir banen en sirkel og startpunktet ligger på sirkelen.
- III Hvis den vannrette hastigheten er større enn sirkelhastigheten blir banen igjen en ellipse, men nå er startpunktet blitt liggende i perigeum.

Nå forlater vi steinkastingen og Mt. Everest og går over til å betrakte satelittbaner av mer virkelige dimensjoner.

Fra nå av tegner vi banen relativt stor slik at både satelitten og jorden blir som små punkter. Det er en betingelse for de beregninger som er gjort her at satelittens masse er forsvinnende liten i forhold til jorden og at jorden kan tenkes å ha all sin masse samlet i et punkt, nemlig sentrum.

Vi befinner oss nå i et romskip i en elliptisk bane om jorden, der vi nærmere bestemt er i perigeum omtrent 7000 km fra jordens sentrum. Apogeum kan tenkes å ligge 10000 km fra jordens sentrum.

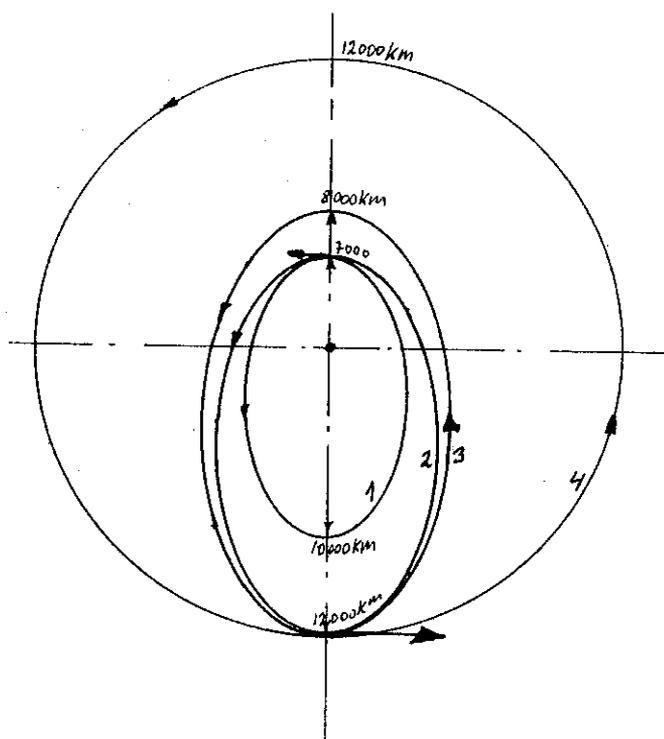
I perigeum har vi den hastigheten som akkurat denne banen krever. Vi starter en fremdriftsrakett i noen sekunder og øker dermed hastigheten noe. Dette medfører at apogeumavstanden øker til f.eks. 12000 km.

Dette gir nøyaktig samme bane som vi ville fått om satelitten var blitt skutt ut fra et punkt 7000 km fra jordens sentrum. Det er øyeblikshastigheten som er bestemmende, uansett hvordan den er framkommet.

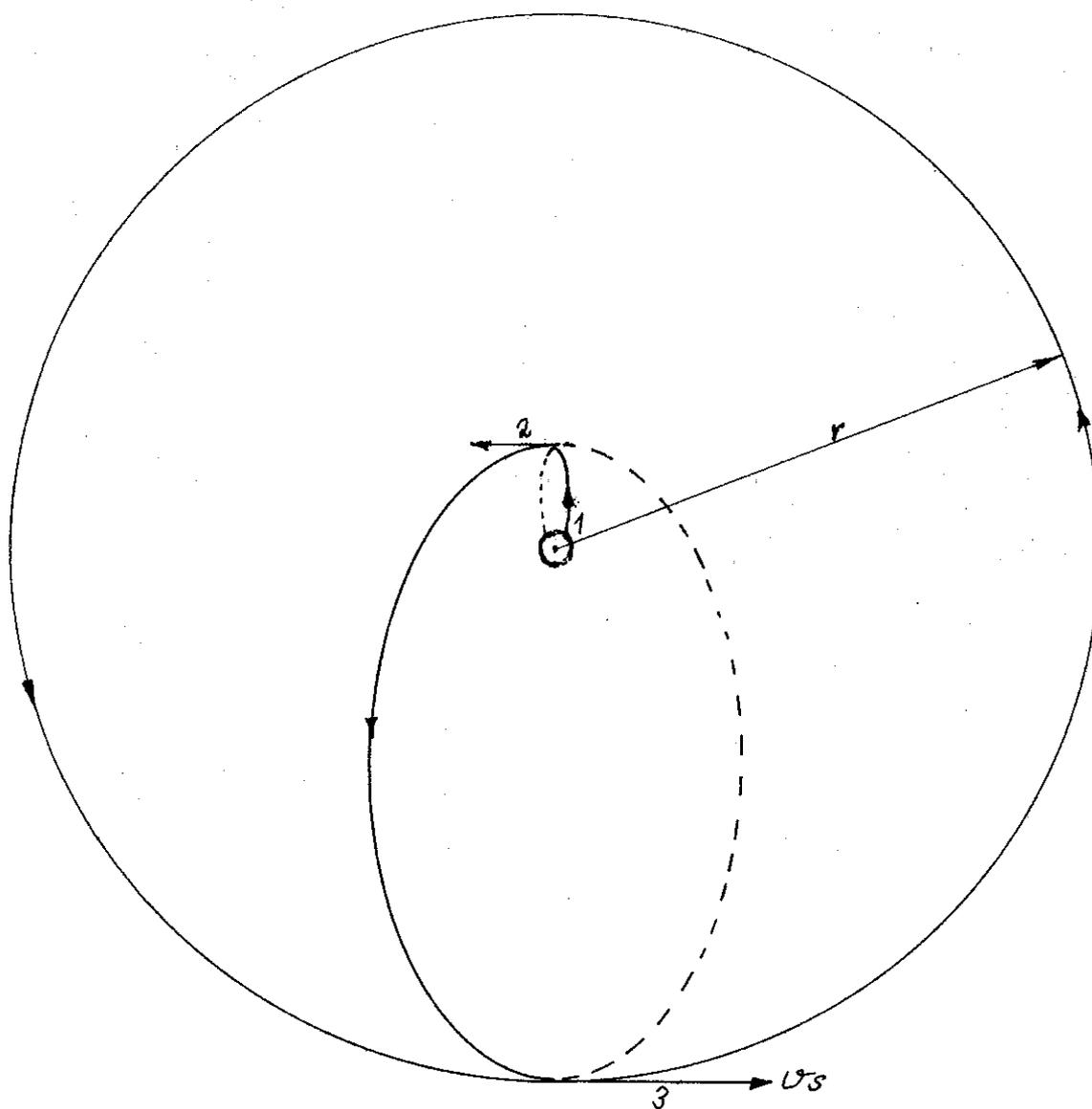
I Apogeum 12000 km fra jordens sentrum øker vi nok en gang hastigheten. Øker vi hastigheten her i apogeum med en liten verdi vil apogeum fremdeles ligge her 12000 km borte, mens perigeumavstanden øker fra 7000 til f.eks. 8000 km.

Hvis vi i apogeum øker hastigheten til en verdi lik med sirkelhastigheten ved 12000 km vil banen bli en sirkel med radius 12000 km.

Lignende betraktninger kan gjøres hvis hastigheten bremses ned i perigeum eller apogeum. Resultatet kan alltid betraktes som en utskytning fra det samme punkt med en hastighet lik nettohastigheten etter korriger ing.



Figuren viser situasjonen som er beskrevet på foregående side. Banene er nummerert i rekkefølge, fra 1 til 4.



Figuren viser hvor styreraketter endrer banen fra pkt. 1 på jordens overflate, via pkt. 2 til en ellipse og tilslutt pkt. 3 som gir en stor sirkelbane.

Dekomponering av banehastigheten i to konstante komponenter, VR og VA.

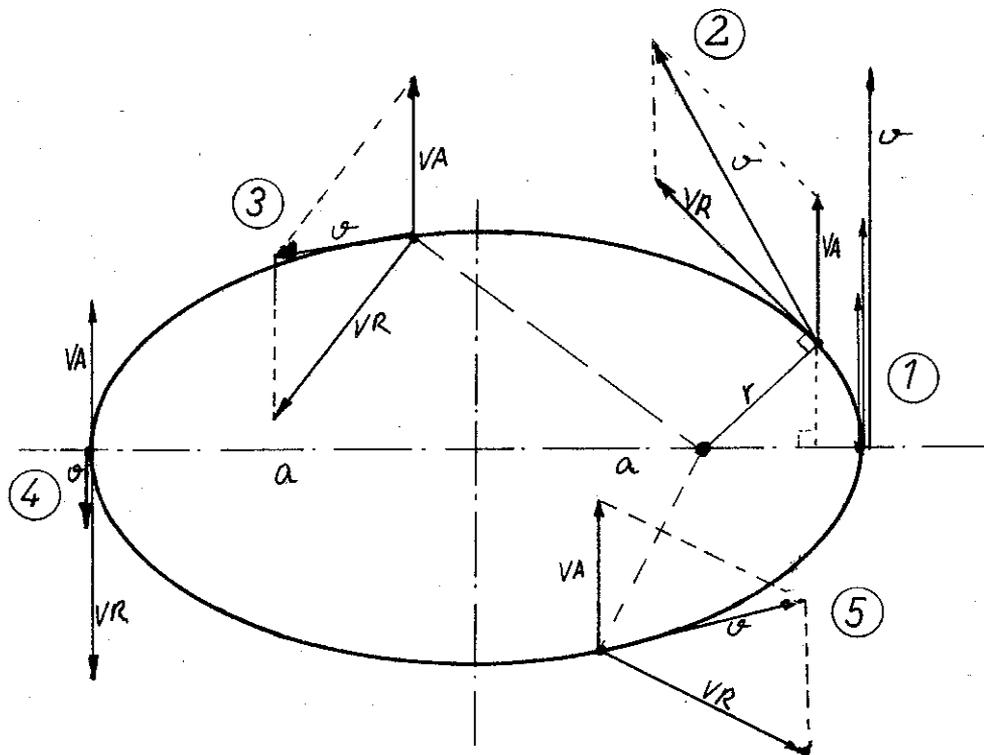
Det viser seg at en satellitts hastighet kan tenkes å bestå av to komponenter av konstant størrelse og den ene av dem er sogar konstant i retning. Når vi så vet at hastigheten i et hvert øyeblikk er tangent til banen er det av interesse å se litt nærmere på dette.

Hastigheten i et gitt øyeblikk kan dekomponeres i to komponenter. Den ene, VR, står vinkelrett på radiusvektor. Den andre, VA, står vinkelrett på ellipsens store halvakse.

Det eneste som varierer her er disse hastigheters innbyrdes vinkel. Se fig. på neste side.

I figuren er det tegnet hastighetsdiagram for 5 forskjellige baneposisjoner.

- Pkt. 1 : VA og VR er sammenfallende, vinkelen mellom dem er null grader. Den totale hastighet, v , er lik med summen av de to hastigheter.
- Pkt. 2 : Her har hastighetene forskjellig retning og den totale hastighet finnes ved å ta vektorsummen av de to hastighetene, eller ved å tegne et parallellogram som i figuren. Hvis tegningen lages i en passende målestokk kan v finnes ved å måle på tegningen.
- Pkt. 3 : Som pkt. 2, bare litt lenger framme i banen.
- Pkt. 4 : Et interessant punkt. Her har hastighetene motsatt retning, virker motsatt vei. Den største vinner og satellitten fortsetter med en nettohastighet som er lik med differansen mellom de to.
- Pkt. 5 : "Krisen" er over, VR vant i pkt. 4 og nå beveger satellitten seg videre mot pkt. 1 med stadig økende totalhastighet, v . I pkt. 1 når satellitten sin maksimale hastighet.



Figuren viser hvordan satelittens øyeblikkshastighet kan tenkes å bestå av to samtidig virkende hastighetskomponenter, VR og VA . Disse to hastighetene er av konstant størrelse. VR står alltid vinkelrett på radius vektor, r , mens VA står vinkelrett på ellipsens store halvakse, a . Det siste innebærer at VA er konstant i størrelse og retning i rommet.

Hastighetenes innbyrdes størrelse er lik med banens eksentrisitet,

$$\underline{VA/VR = e.}$$

Det viser seg også at de to hastigheter har et innbyrdes størrelsesforhold som nøyaktig svarer til banens eksentrisitet.

$$VA/VR = e.$$

Når eksentrisiteten er lik med null betyr dette at VA er lik med null og at den totale hastighet består av VR alene. Dette er i tråd med det vi vet fra før.

Sirkelen har ingen stor halvakse. Enhver halvakse som kan tenkes til sirkelen blir like stor og selvfølgelig lik med sirkelens radius.

Hvis eksentrisiteten blir lik 1 ser vi av figuren på foregående side at i punkt 4 vil satelitten stoppe opp fordi nettohastigheten blir null. Dette er det tilfellet vi kaller en parabelbane.

Eksentrisitet større enn 1 gir som vi har sett en hyperbelbane. Satelitten vil aldri kunne nå pkt 4 fordi at når satelitten nærmer seg dette punkt vil hastigheten VA være størst og dermed vinne over VR. Satelitten vil med andre ord alltid fjerne seg fra pkt 4.

Vi snakker om åpne og lukkede baner. Sirkelen og ellipsen er lukket. Hyperbelen er åpen. Parabellen er egentlig lukket fordi satelitten vil nå punkt 4 langt ute i uendeligheten. Den vil likevel aldri komme tilbake fordi den stopper der ute.

MERK. Man må aldri falle for fristelsen til å sette likhetstegn mellom VR og $v\phi$ selv om de begge er hastighetskomponenter vinkelrett på radiusvektor. Bla tilbake og legg merke til at vi tidligere har dekomponert v i $v\phi$ og vr . Disse har fast innbyrdes vinkel, 90° . Den ene komponenten vr står langs radiusvektor og $v\phi$ vinkelrett på den.

ASTRONOMISK ORDLISTE 1

astronomi - stjernenes benevnelse, i vanlig tale : vitenskapen om himmellegemeene.

astrum, aster - stjerne

nomen - navn, benevnelse

astrologi - læren om stjernene, d.v.s. stjernetyding i spekulativ betydning.

logos - lære, vitenskap

stella - stjerne

interstellar - i området mellom stjernene

inter - mellom

constellasjon - sammensetning av stjerner, stjernebilde

con - sam, sammen

planet - legeme som beveger seg, kommer av :
planes - vandrer. planetes - den vandrende.

planetoid - planetliknende legeme, småplanet.

interplanetarisk - i området mellom planetene

planetarium - innendørs modell av himmelhvelvingen med planeter og stjerner, "himmelkino".

asteroid - stjerneliknende legeme, en noe misvisende betegnelse på småplanet.

T E L L U S - navnet på vår planet, jorden (latin)

Tellur - kjemisk grunnstoffnr.52, Te , Gr.VI, "jordstoff".

tellurisk - av jordisk opprinnelse

Terra - navnet på jorden (italiensk), terra betyr jord, men mer i betydning - jord, land , kontinent.

terrestrisk - noe som angår eller likner jorden

Luna - navnet på vår naturlige drabant/følgesvann, månen.

Selene - navn på månen (det finnes adskillig flere)

Selen $\frac{1}{2}$ kjem.grunnstoff nr.34 , Se , Gr.VI, "månestoff".

Sol - Solen (latin)

solar - tilhørende eller angående Solen

solare system - vårt eget planetsystem med Solen i sentrum, omfatter planetene, planetoidene, meteorider, osv.

Helios - Solen (gresk)

Helium - grunnstoff oppdaget først på Solen, "Solstoff".
grunnstoff nr.2, He, gruppe: Edelgasser.

perihelium - solnære punkt i f.eks. en planets bane rundt Solen.

aphelium - solfjerne punkt i f.eks. en planets bane rundt Solen.

Geos, ge - vår klodes navn (gresk)

geologi - læren om jordens beskaffenhet og sammensetning.

geografi - beskrivelse av jorden og dens overflate.

grafos - skrift, bilde (gresk).

perigeum - jordnære punkt, i f.eks. en satellitts bane rundt jorden.

apogeum - jordfjerne punkt, i f.eks. en satellitts bane rundt jorden.

satellitt - drabant, følgesvenn, - kommer av latinsk ord.

satelles - livvakt, følgesvenn.

Luna - navnet på månen (latin)

perilun - månenære punkt, i f.eks. en satellitts bane rundt månen.

apolun - månefjerne punkt, i f.eks. en satellitts bane rundt månen.

galakse - av galaksos (gresk), betyr egentlig: melk.

kyklos - ring (gresk)

galaksias kyklos - melkeringen - Melkeveien (vår galakse)

nova - ny, en ny stjerne, en stjerne som plutselig blusser opp, og mangedobler sin lysstyrke - blir synlig.

super - over, sterkere.

supernova - kjempenova.

A S T R O N O M I S K O R D L I S T E 3

atmosfære - dampskall , damp-kuleskall

atmos - damp , luft (gresk)

sfære - skall , kuleskall (gresk)

sfæroid - kulelignende legeme , "flattrykket kule" .

synodisk - samme veg , " i samme siktelinje "

syn - samme

odon - veg (gresk)

siderisk - i stjernesammenheng

sidus - stjerne (latin)

nodus - knute

teleskop - kikkert , større til astronomisk bruk

tele - fjern (i sammensetning) , gresk: telos -ende .

skopeo - se , syn

reflektor - teleskop , kikkert med speil

reflektore - tilbakekaste , her : tilbakekasting av
lysstråler .

refraktor - teleskop , kikkert med linser .

refraktere - bryte, brekke opp, lysstrålenes retning blir
i linsene forandret, - brytes mot et brennpunkt.

mikroskop - mikroskop brukes til å undersøke uhyre små objekter

mikros - liten (gresk)

meteorologi - læren om luftlagene og deres tilstander .

meteoros - (gresk) det som befinner seg høyt oppe i luften

meteor - lite himmellegeme som kommer inn i jordatmosfæren
og avgir et lysende spor idet den brenner opp

meteoritt - samme type legeme som er nådd helt ned til
jordoverflaten, som man kan finne igjen der

meteoride - samme type legeme , men ute i det frie rommet,
utenfor jord atmosfæren .

komet - av gresk : coma - hår , fordi dette himmellegeme
har en kjerne med en hale etter som ligner langt hår

A S T R O N O M I S K O R D L I S T E 4

- astronaut - stjernefarer , amer. betegnelse for romfarer
- kosmonaut - romfarer , brukes om russiske romfarere .
- kosmos - gr. den ordnede verden , det ordnede rom .
- kaos - gr. den uordnede verden , det uordnede rom .
- nautikk - læren om sjøfart , (det å fare , reise) .
- albedo - hvithet , forholdet mellom innfallende og refl. lys .
- apside - fellesnavn for aphel og perihel .
- celeste mekanikk - himmellegemeenes bevegelse .
- celeste - himmelsk .
- deklinasjon - avstand fra himmelekvator .
- efemeride - posisjonstabell forutberegnet .
- ekliptikk - utvalgt (bane) den storsirkel som solsentret
tilsynelatende gjennomløper blant stjernene .
- eksentrisitet - grad av elliptisk form .
- ekspanderende (univers) - ekspandere - utvide
- ekvinoktium - like-natt , natt lik dag , jevndøgn .
- emisjons (spektrum) - emittere - utsonde .
- absorpsjons (striper) - absorbere - suge opp .
- eruptiv (stjerne) - erupsjon - utbrudd
- fiksstjerne - fast stjerne , står stille på himmelen .
- filament - tråd , glødende tråd .
- flare - plutselig og kortvarig utbrudd på Solas overflate .
- galaktisk - som ligger i eller nær Melkeveien .
- galaktiske stjernehoper - åpne stjernehoper innenfor Melkeveien.
- geosentrisk - med Jorden som sentrum .
- heliosentrisk - med Solen som sentrum .
- granulasjon - kornet , en kornet beskaffenhet .

geos , ge - jorden

logos - lære

geologi - læren om jorden , beskaffenhet og sammensetning

geofysikk - den fysiske delen av geologien og meteorologien

geodesi - vitenskapen om jordens form og størrelse , måling av større og mindre områder .

bios -liv

biologi - læren om liv

astrobiologi - den biologiske delen av astronomien

astrofysikk - den fysiske delen av astronomien

biofysikk - de fysiske sidene av biologien

interplanetarisk - vedrørende det som befinner seg , eller beveger seg, mellom planetene .

ionosfæren - den delen , eller det laget av atmosfære i hvilket mesteparten av de ioniserte gassene befinner seg.

inklinasjon - helling , vinkelen mellom baneplanet for et legeme og et grunnplan , f.eks. himmelekvatorplanet

deklinasjon - bøyning , et legemes vinkelavstand fra himmel - ekvator .

konjunksjon - samstilling , to himmellegemer sees i samme retn.

opposisjon - motstilling , to himmellegemer står i motsatt retn.

kalori - enhet for varmemengde , kommer av : kalor -varme gr.

latitude - bredde , nordlig - sørlig

longitude - lengde , vestlig - østlig

magnitudo - størrelse , f.eks. størrelsen på lysstyrken fra en stjerne.

kulminasjon - høydepunkt , - astr. øvre eller "nedre" høyde - punkt , den høyeste eller laveste stilling til et himmellegeme i løpet av et døgn.

halo - ring av lys , rundt Luna eller Solen

corona - krone , ytterste del av Solens atmosfære

fysikk - av gresk: fysos - natur , naturvitenskap

kjemi - av gresk: kjemeia - vitenskapen om grunnstoffene og deres forbindelser med hverandre .

optikk - læren om lyset og lysfenomenene .

kronologi - av gresk: kronos -tid , læren om tiden og riktig rekkefølge .

oseanologi - av latin: oseanus-verdenshavet , læren om hav og sjø deres utstrekning og beskaffenhet .

oseanografi - beskrivelse og kartlegging av hav og sjø .

kosmologi - læren om det ordnede verdensrom , de virkende krefter og lover .

kosmogoni - læren om verdensrommets opprinnelse og utvikling .

kosmos -gresk- rommet , verdensrommet .

fotometri - lysmåling .

fotos -gresk , lys .

meter - mål .

foton - lyskvantum , strålingsatom .

dynamikk - læren om legemers bevegelse under påvirkning av krefter .

stellardynamikk - læren om stjernenes bevegelse .

spektroskop - apparat til spalting av lys og iakttagelse av dette .

spektral - som angår spekteret .

spektare - latin , se på , besku , undersøke , bedømme .

protuberanser - framspring , flammeter fra Solens overflate .

fakler - av latin: facula og facere , danne , skape , lage , frembringe , -men forminsket form , smådannelser , noe som skapes , liten kilde - - o.s.v.

kvasar - kvasi -stellar - objekt , stjerneliknende objekt .

kvasi - liksom , tilsynelatende .

pulsar - pulso - stellar - objekt , pulserende stjerne . objekt .

pulsere - av : puls-slag , støt . - slå , banke i regelmessig rytme .