

# Pyramidernes orientering og alder

NIELS ELBRØND HANSEN, Gentofte

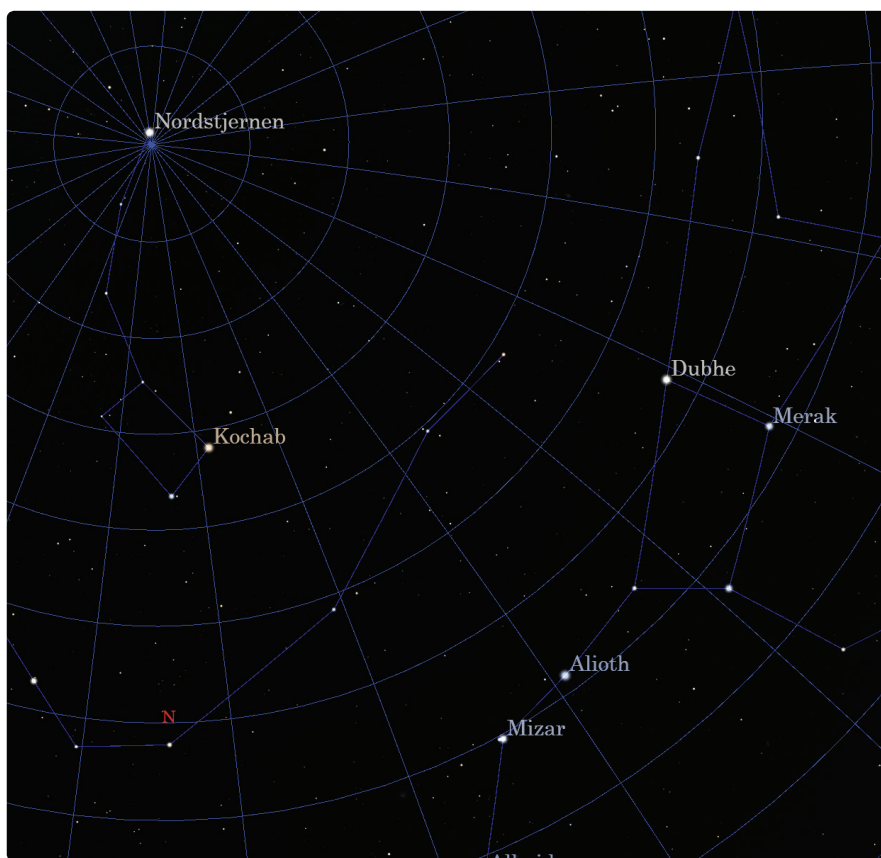
For et par måneder siden havde jeg fornøjelsen af at være på en tur til Egypten med mulighed for at se nogle få af landets i alt 138 pyramider. Her blev jeg inspireret til at genopfriske noget af det kildemateriale, som jeg for en halv snes år siden brugte i forbindelse med udformning af en srp-opgave til en elev, der ønskede at skrive om Egyptens pyramider i matematik og historie. Det var specielt vores rejseleders bemærkning om pyramidernes præcise placering efter verdenshjørnerne, der triggede mig. For hvad forstår vi egentlig ved nord?

De fleste kan en stjerneklar aften gå ud og med stor sikkerhed finde Nordstjernen (Polaris), der ligger forholdsvis tæt på Jordens rotationsakse – himlens nordpol, se figur 1. Opgaven består blot i først at finde Karlsvognen, hvorefter afstanden mellem de to bagerste stjerner, Merak og Dubhe, forlænges fem gange. Der er ikke andre klare stjerner i nærheden af Nordstjernen.

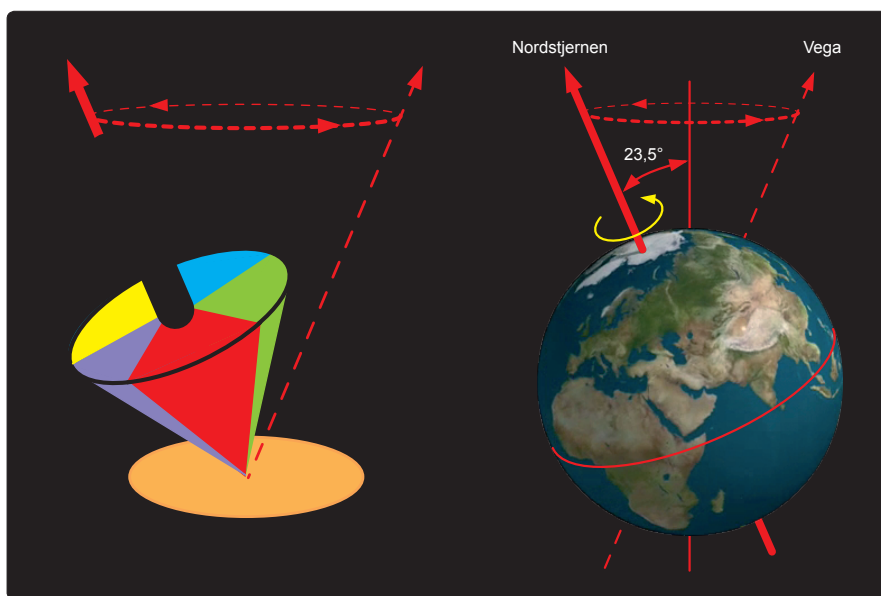
Bemærk også de to stjerner Mizar (knækket i Karlsvognens vognstang) og Kochab i stjernebilledet Lillebjørn. Dem støder vi på igen senere.

Pyramiderne blev bygget for fire til fem tusinde år siden, og dengang befandt himlens nordpol sig et helt andet sted. Jorden roterer omkring sin egen akse, men rotationsaksen præcisserer som en snurretop, og himlens nordpol flytter sig rundt på en cirkel med en periode på omkring 26.000 år. Om ca. 13.000 år vil Vega – en af stjernerne i Sommertrekanten – blive den nye nordstjerne.

For omkring 4.500 år siden befandt himlens nordpol sig et sted, hvor der ikke fandtes en meget klar stjerne. Den klareste stjerne, der var tættest på, var Thuban med en størrelsesklasse på kun 3,65. Polaris og Vega har til sammenligning størrelsesklasserne 1,95 og 0,00, og himlens allerklareste stjerne Sirius har størrelsesklasse -1,45.



Figur 1  
Himlens nordpol er i dag placeret tæt på Nordstjernen (Polaris) og findes let vha. de to stjerner i Karlsvognens bagerende.



Figur 2  
På samme måde som en snurretop præcisserer Jordens rotationsakse med en periode på 25.772 år.

For at finde retningen til nord på dette tidspunkt, mener Kate Spence <sup>1)</sup>, Faculty of Oriental Studies, University of Cambridge, at egypterne har navigeret efter to klare stjerner, der lå på hver sin side af himlens nordpol. En ophængt snor med et blylod vil derfor angive retning mod nord, når de to klare stjerner samtidigt passerer lodsnoren.

Kate Spence har for perioden 2.750 til 2.350 f.v.t. undersøgt mange par af stjerner inden for en afstand af 15 grader fra himlens nordpol og kun fundet to par, hvor forbindelseslinjen mellem dem passerede himlens nordpol i denne periode. Det drejer sig om hhv. parrene Pherkad/Alioth og Kochab/Mizar i stjernebillederne Lillebjørn og Karlsvognen.

Himlens nordpol lå på det første pars forbindelseslinje i 2443 f.v.t., og for det andet par sker det i 2467 f.v.t. Det sidste par er de klareste stjerner, hvorfor der er arbejdet videre med dette par.

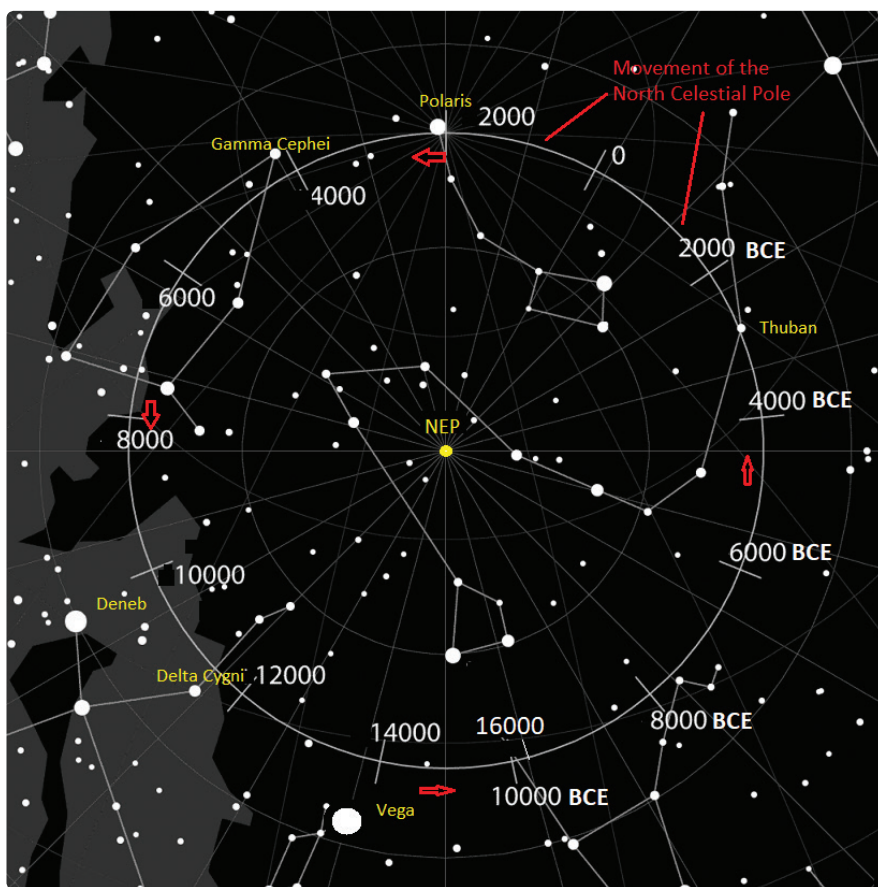
Kate Spence har samlet data for orientering af østsiden i forhold til nord for otte pyramider i og syd for Gizaområdet (ca. 30° nordlig bredde), se tabel 1. Afvigelserne er angivet i ' (bueminutter, 1° = 60').

Tabel 1

Byggetidspunkt og østsidens afvigelse i forhold til nord for otte pyramider i og syd for Giza.

Figur 4

De tre kendte pyramider i Giza. Tv. ses Cheopspyramiden, der er den største. I midten Khafrenpyramiden og th. Menkaure.



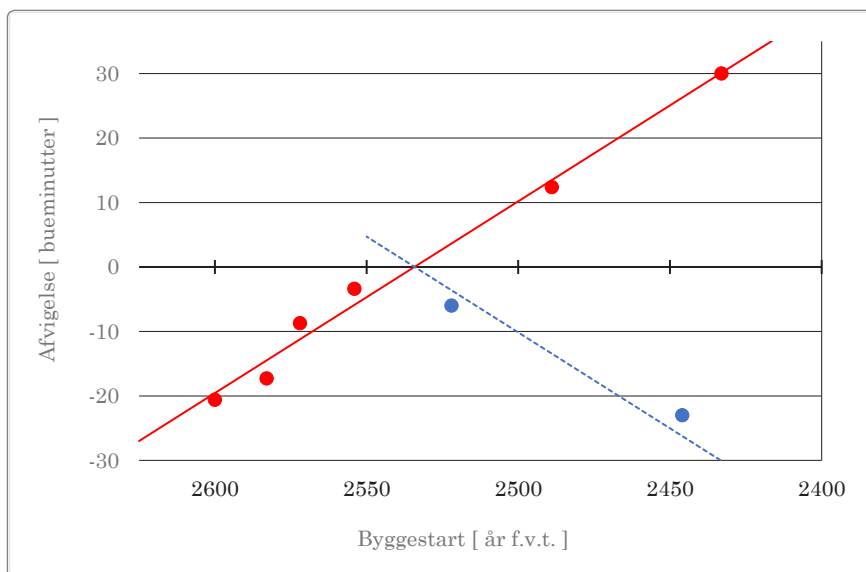
Figur 3

Himlens nordpol bevæger sig på ca. 26.000 år rundt i en cirkel omkring den nordlige ekliptiske pol (NEP). Da pyramiderne blev bygget befandt himlens nordpol sig tæt på stjernen Thuban.

Pyramide	Nr.	Formodet byggestart f.v.t.	Orientering af østsiden ' (bueminutter)
Sneferu Meidum	1	2600	-20,6
Sneferu Bent Pyramid	2	2583	-17,3
Sneferu Red Pyramid	3	2572	-8,7
Khufu Cheops	4	2554	-3,4
Khafre Kephren	5	2522	-6
Menkaure	6	2489	12,4
Sahure	7	2446	-23
Neferirkare	8	2433	30

Figur 5

Otte pyramiders orientering af østsiden i forhold til nord. Pyramiderne nr. 5 og 7 falder uden for linjen, men passer godt med den blå stiplede linje. Hældningerne på de to linjer er numerisk lige store.



Figur 6

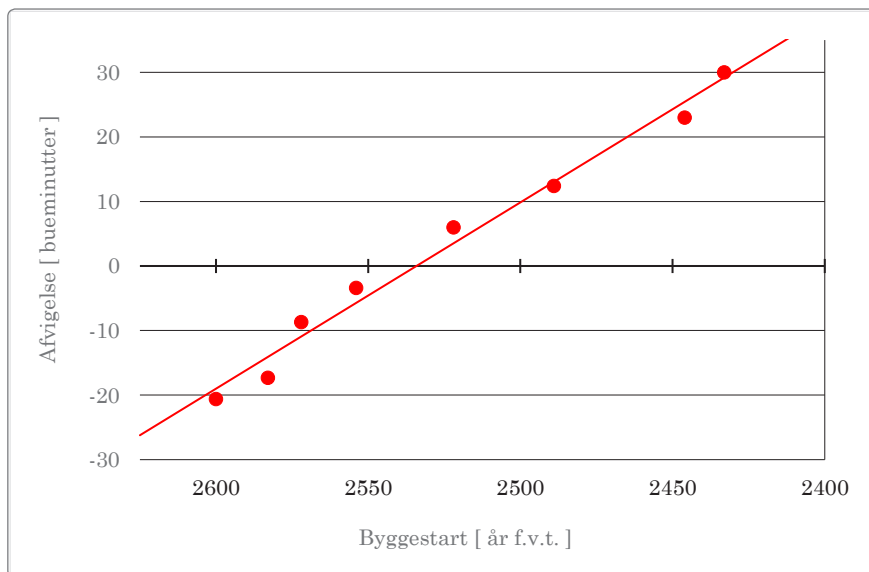
Stjernehimlen set fra Giza 16. april kl. 20:15 år 2467 f.v.t.

I figur 5 er der foretaget en afbildning af forskydningerne. Det ses, at punkterne fordeler sig pænt omkring en ret linje, såfremt vi ser bort fra pyramiderne nr. 5 og 7. Tendenslinjen skærer den vandrette akse år 2.534 f.v.t. med en hældning på  $0,30 \text{ }^\circ/\text{år}$ .

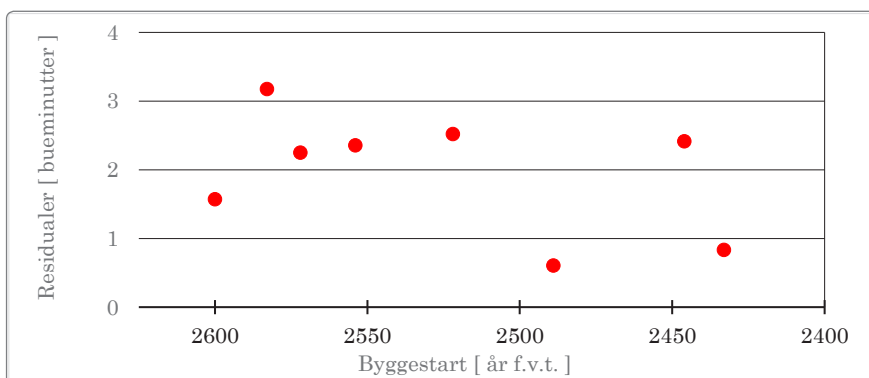
De regelmæssige afvigelser i pyramidernes placering kan forklares ved, at himlens nordpol bevæger sig i forhold til forbindelseslinjen mellem Mizar og Kochab, se figur 6. Himlens nordpol præciseres som nævnt med en periode på 26.000 år. Det svarer til en vinkelhastighed på  $360 \cdot 60' / 26.000 \text{ år} = 0,83 \text{ }^\circ/\text{år}$ . Da bevægelsesretningen danner en vinkel med forbindelseslinjen mellem Mizar og Kochab, skal der korrigeres med en cos-faktor. Vinklen kan groft vurderes vha. figur 6 som vinklen mellem vandret og en linje gennem Nordstjernen og himlens nordpol. Det giver ca.  $67^\circ$  og dermed en vurderet vinkelhastighed på  $0,83 \text{ }^\circ/\text{år} \cdot \cos(67^\circ) = 0,32 \text{ }^\circ/\text{år}$ .

Det er selvfølgelig et problem med de to pyramider, hvor punkterne falder langt uden for linjen og afvigelserne ændres modsat. En forklaring på dette fænomen er dog ret simpel. Hvis starten på byggeriet af pyramiden ligger et halvt år senere på





Figur 7  
Otte pyramiders orientering af østsiden i forhold til nord efter korrektion af data for pyramiderne nr. 5 og 7.



Figur 8  
Numeriske residualer fra figur 7.

året, så har Mizar og Kochab byttet plads på samme tidspunkt om aftenen. Det betyder også, af hvis forbindelseslinjen om foråret er forskudt en bestemt vinkel til den ene side i forhold til himlens nordpol, så er linjen om efteråret forskudt den tilsvarende vinkel til den modsatte side. Derfor spejler vi de to punkter omkring den vandrette akse og får figur 7, hvor alle otte pyramider nu passer rigtig fint med en lineær udvikling.

Egypterne har næppe kendt til Jordens præcession, og de har derfor brugt forbindelseslinjen mellem Mizar og Kochab som lodlinje uden korrektion i flere hundrede år.

Residualerne er vist i figur 8, og her ser vi, at den gennemsnitlige afvigelse fra egypternes formodede retning mod nord i forbindelse med byggeriet af pyramiderne er på ca. 2'. Det er en fantastisk flot nøjagtighed. For Cheops-pyramiden,

der har en sidelængde på 230,3 m, betyder det en tolerance for hele siden på 13,4 cm eller blot 0,6 mm pr. m.

Ved hjælp af ligningen for regressionslinjen i figurerne 5 og 7 kan vi nu bestemme det år, hvor der ikke er nogen afvigelse i forhold til nord – det sker år 2.534 f.v.t. Det burde have været år 2.467 f.v.t., hvor vi ved at himlens nordpol ligger på forbindelseslinjen mellem Mizar og Kochab, så måske skal den arkæologiske tidsskala forskydes med ca. 70 år!

Der er ikke fundet beviser i de gamle hieroglyfteskter, men man mener, at egypterne må have haft en astronomisk viden for at kunne bygge de store bygningsværker med de korrekte orienteringer.

Egyptere vendte deres pyramider og tempel mod nord, da de mente, at faraonerne blev til stjerner på den nordlige himmel efter deres død. Ved at vende pyramider-

ne således, at faraonerne blev begravet mod nord, fik de direkte adgang til den nordlige himmel.

Egypterne var meget interesseret i nattehimmelen, og specielt i stjernerne omkring nord, da man altid kunne se dem. Vi kalder stjernerne cirkumpolare, men egypterne kaldte dem *De uforgængelige*. De blev derfor knyttet tæt sammen med evigheden og faraoernes liv efter døden. Efter deres død håbede faraoerne på at kunne slutte sig til stjernerne, og det er derfor pyramiderne er orienteret efter dem, siger Spence.

## Henvisninger

- <sup>1)</sup> Kate Spence, Nature. 11/16/2000, Vol. 408 Issue 6810, p320.
- <sup>2)</sup> Dennis Rawlins, Keith Pickering, Kate Spence, Nature. 8/16/2001, Vol. 412 Issue 6848, p699.