

Nyt om iskerneboringerne i Antarktis.

*Boringer på Antarktis indlandsis har bragt den
hidtil ældste is op til jordoverfladen igen.*

Boret er nu nede i over 3 km's dybde, hvor isen er omkring 900.000 år gammel.

Isen er et skatkammer af information om fortidens klima.

Af Jørgen Peder Steffensen

■ Efter en del begyndelsesvanskeligheder står Det Europæiske Projekt for Isboring på Antarktis (EPICA) nu lige foran en stor succes. EPICA-projektet, der begyndte i den antarktiske sommer 95/96, gennemføres af 10 europæiske lande samt EU og koordineres af European Science Foundation. Projektet går ud på at bore og analysere to dybe iskerner fra Indlandsisen på det Antarktiske kontinent.

I februar 2003 nåede Dome C boringen (som ligger 3250 meter over havet) ned til 3201 meters dybde og boringen ved Kohnen stationen (2900 meter over havet) nåede ned til 1564 meter. Boreteknologien er dansk og udviklet af glaciologigruppen ved Niels Bohr Institutet i København gennem de sidste mere end 25 års feltarbejde i Grønland. Logistikken ved Dome C bliver hovedsageligt leveret af vore franske og italienske kolleger, mens vore tyske kolleger står for logistikken ved

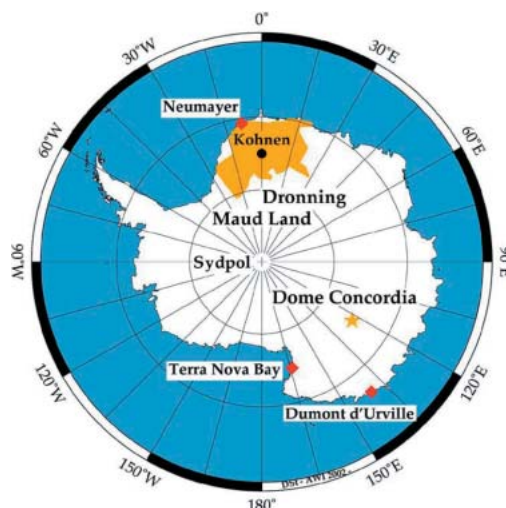
Kohnen stationen.

Siden 1995 har der været et snævert samarbejde mellem EPICA og det danske ledede internationale boreprojekt i Grønland, NorthGRIP. Borere fra EPICA har deltaget i boringen ved NorthGRIP, således at alle nyudviklinger og erfaringer

fra Grønland umiddelbart har kunnet overføres til Antarktis. Selve boret ved Kohnen-stationen er det danske NorthGRIP bor. Så selv om det danske kontante bidrag til EPICA har været begrænset, har den danske gruppes indsats været afgørende.

En million års klimaarkiv
Allerede i foråret 2002 blev det klart, at Dome C iskernen indeholder den ældste is, som nogensinde er blevet hentet op i en iskerne. Isen i 2870 m dybde er ca. 500.000 år gammel, og dermed er den hidtidige rekord fra den russisk-franske boring ved Vostok-stationen på 430.000 år slået. I år nåede vi så 3201 m. Den foreløbige aldersberegning tyder på, at isen i denne dybde er mere end 900.000 år gammel. Og der er stadig 100 m is tilbage at bore. Der er endnu ikke truffet beslutning om, hvornår denne is skal bores, idet EPICAs pengekasse er tom og man må søge nye midler. Isen ved bunden kunne være ca. 1 million år gammel. Iskernen ved Kohnen-stationen rækker foreløbigt 55.000 år tilbage.

Iskerner rummer prøver af den stabel af tusinder af års nedbør, som iskapperne består



De bores to steder i Antarktis: ved Dome Concordia (syd for Australien) samt ved Kohnen-stationen umiddelbart syd for Atlanten.

Lejren ved Kohnen Stationen, Dronning Maud Land i Antarktis.

af. Jo større dybde, jo højere alder. Sneen, der falder år efter år, har en sammensætning af de stabile isotoper H (brint) og D (deuterium) og af iltisotoperne ^{18}O og ^{16}O , som kan afsløre temperatur- og klimavariationer.

Lagene bliver ikke opblandet under nedsynkningen og sammen med sneen, oplagres rester af atmosfærisk støv, havsalt, en stribe kemiske forbindelser, radioaktive isotoper og bobler af atmosfærisk luft i lagene.

Studiet af lagene giver derfor information om tidligere tiders klimavariationer, deres indflydelse på biologisk aktivitet, vulkanisme og atmosfærens cirkulation. Luften i boblerne giver mulighed for at studere drivhusgasserne CO_2 og metans variation tilbage i tiden i takt med klimaudviklingen. De radioaktive isotoper ^{10}Be og ^{36}Cl giver information om variationer i Jordens magnetfelt. Iskerner udgør en nøglekilde til information om klimaets udvikling og forøger voldsomt den viden, som hidtil er blevet opnået fra studier af havbunds-sedimenter og sedimenter fra kontinenterne.

Grønland og Antarktis

Iskerner fra Grønland og Antarktis kan ikke erstatte hinanden – de supplerer hinanden. På Indlandsisen i Grønland sner det ganske meget. Det betyder, at årlagene er tykke, og at alderen ved bunden ikke overstiger 250.000 år, hvilket omfatter to istider. Til gengæld rummer iskernerne klimahistorien i stor tidlig detalje. Her er det muligt at studere voldsomme klimaforandringer år for år. I de grønlandske iskerner har man således kunnet registrere 24 voldsomme klimavariationer under sidste istid. Disse variationer har ikke umiddelbart kunnet tilskrives variationer i jordens baneparаметre om Solen.

I forhold til situationen på Grønlands indlandsis, sner det kun ganske lidt i det indre af Antarktis.

Årlagene er derfor tynde, men alderen ved bunden er til



Foto: Hans Oerter, Alfred Wegener Institutet, Bremerhaven.

DML-forboring: Den første 100 m udbores med et særligt bor ved Kohlen Stationen. Boreudstyret er rent dansk.

Iltisotoper afslører temperaturen

Et vandmolekyle består som bekendt af to brint-atomer og ét ilt-atom: H_2O . Såvel brint-atomer som ilt-atomer findes i flere forskellige former, isotoper, der kun adskiller sig fra hinanden ved at have lidt forskellige masser. Vand findes således i mange forskellige stabile former, lige fra den letteste, H_2^{16}O , med massen $1+1+16=18$, til den tungeste, D_2^{18}O , med massen $2+2+18=22$. Langt de vigtigste er dog den lette H_2^{16}O samt de tungere og sjældne HD^{16}O og H_2^{18}O . H_2^{18}O udgør ét ud af hver ca. 500 vandmolekyler. Naturligt havvand indeholder ca. to promille "tunge" vandmolekyler med ilt-isotopen ^{18}O resten af vandmolekylerne indeholder isotopen ^{16}O .

Forholdet mellem de to iltisotoper i en isprøve fortæller om den temperatur, som sneen havde, da den faldt på indlandsisen på Grønland eller Antarktis. Sneen stammer fra vanddamp, som igen stammer fra vand, der i udgangspunktet har haft en fordeling af iltisotoper svarende til naturligt vand. På skyernes vej over indlandsisen afkøles de og vandet fortættes og falder som nedbør. De "tunge" vandmolekyler falder lettere ud af skyen end de lettere, netop fordi de er tungere, og jo længere skyerne har bevæget sig over isen, jo mindre af det tunge vand vil der være tilbage i den sne, som falder midt på indlandsisen. Derfor fortæller variationerne i forholdet mellem ilt-isotoperne i en iskerneboring om, hvordan temperaturen har svinget op og ned gennem tiden. Metoden er baseret på professor Willi Dansgaards arbejde i 50'erne.

gængæld høj. Man får således ikke en detaljeret tidlig opløsning, men man får klimaudviklingen over lange tidsrum. Dome C kernen skulle således rumme is gennem 9 istider.

Det bliver særdeles spændende at se, hvorledes indholdet af drivhusgasser har udviklet sig med klimaudviklingen. Det er stadig et åbent spørgsmål, om ændringer i drivhusgasserne udløser klimaændringer, eller om det er klimaændringer, der udløser ændringer i drivhusgasserne (meget tyder dog på det sidste). Når arbejdet med aldersbestemmelsen er færdig bliver det desuden muligt at efterprøve, om 100.000 års variationen i Jordens omløbsbane om Solen virkelig styrer istiderne.

Hvis isen virkelig er 900.000 år gammel, så rummer Dome

C kernen desuden sne fra sidste gang Jordens magnetfelt skiftede polaritet for 780.000 år siden. Studiet af ^{10}Be og ^{36}Cl i denne sne vil så for første gang give os mulighed for at vurdere varigheden af en pol-vending og intensiteten af den kosmiske stråling under en polvending. Denne viden vil være værdifuld for studierne af pol-vendingers indflydelse på biologien samt af vor forståelse af Jordens magnetfelt.

Hvorfor to kerner i Antarktis?

Lokaliteten Dome C (syd for Australien) er valgt for at få fat i den ældste is. Kohlen-stationen er valgt, fordi stedet ligger umiddelbart syd for Atlanten. Sammenligning af denne iskerne med de grønlandske iskerner skulle kunne give

information om den generelle havcirkulations indflydelse på klimaet. Her tyder meget på, at de 24 hurtige klimaskift under istiden skyldtes variationer i især Atlanterhavets cirkulationsmønster. Istider og mellemistider ser ud til at være i fase på de to halvkugler, men de hurtige klimaskift er derimod ikke i fase: Når Grønland er "varm" køles Antarktis af, og når Grønland er "kold" varmes Antarktis op.

I sommeren 2003 vil NorthGRIP forsøge at nå bunden i Grønland. Der mangler stadig 80 m. Og det forventes, at isen vil indeholde sne fra sidste istids begyndelse. Her vil det være muligt for første gang at studere en istids begyndelse år for år. Ved Kohlen-stationen fortsættes boringen ved juletid 2003. ■



Om forfatteren:

Jørgen Peder Steffensen er lektor og iskernekurator ved Niels Bohr Institutet for Astrofysik og Geofysik, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø. Tlf.: 35 32 05 57. E-post: jps@gfy.ku.dk

Yderligere oplysninger om EPICA:

Brochure som Adobe pdf: www.esf.org/articles/85/Epica.pdf

www.awi-bremerhaven.de/GPH/EPICA/index.html

www.climate.unibe.ch/clim_recon/epica.html

Glaciologi ved Niels Bohr Institutet, København: www.glaciology.gfy.ku.dk

Om NorthGRIP: www.glaciology.gfy.ku.dk/ngrip

Alfred-Wegener-Institutet: www.awi-bremerhaven.de

Om fortidens klima: USAs National Geophysical Data Center (NOAA): www.ngdc.noaa.gov/paleo

Istider og Jordens bane omkring Solen

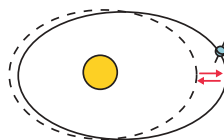
Jordens bane om Solen er ikke en konstant størrelse, men varierer over tid:

Jordbanens excentricitet (afvigelse fra en cirkel) varierer med perioder på 100.000 og 400.000 år.

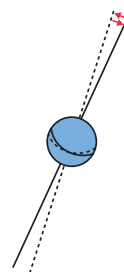
Jordaksens hældning varierer eller vipper op og ned med en periode på ca. 41.000 år (dette fænomen kaldes nutation)

Jordbanens storakse drejer sig rundt (fænomenet kaldes præcession). Dvs. at midsommer på den nordlige halvkugle nogle gange er sammenfaldende med at Jorden er nærmest Solen (perihelium) og nogle gange med at Jorden er fjernest fra Solen (aphelium). Perioden er ca. 22.000 år.

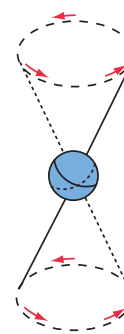
Alt i alt skulle man tro, at disse variationer ikke har nogen effekt over lange tidsrum. Jorden



Excentricitet
100.000 år



Aksehældning
41.000 år

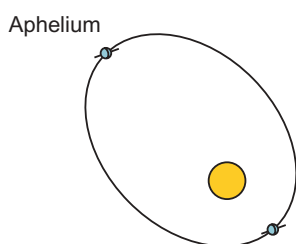


Præcession
19.000 til 23.000 år

er jo en kugle, så orienteringen er ligegyldig. Men som påpeget af den serbiske astronom Milutin Milankovich (1879-1958), så har det alligevel betydning, fordi Jordens fordeling af land og hav ikke er symmetrisk.

Langt det meste land ligger på den nordlige halvkugle, og det medfører, at variationerne har en effekt på klimaet.

Data fra havbundsboringer og iskerner ser indtil videre ud til at kunne bekræfte, at den sidste 1 million års istider kommer og går med en periode på ca. 100.000 år. Den store gåde lige nu er imidlertid, hvorfor netop excentriciteten udløser istider. Ifølge beregningerne burde denne være den svageste af de tre nævnte variationer. Meget tyder da også på, at går vi længere tilbage end 1 million år blev istider styret af 40.000 års cyklen fra nutationen. Hvorfor der tilsyneladende skete et skift for 1 million år siden er stadig et ubesvaret spørgsmål.



Grafik efter GelogiskNyt, Klaus Petersen

Perihelium