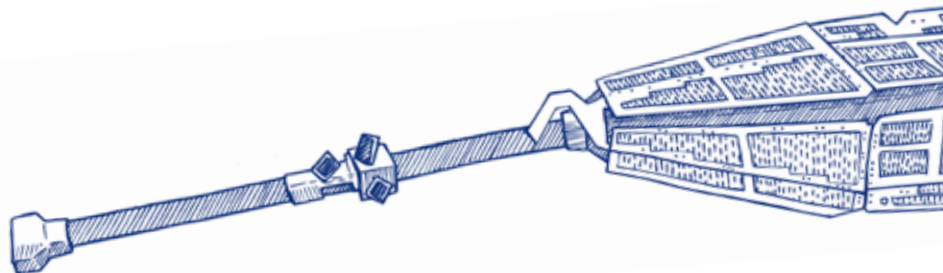


VIDENSKABENS

VINDER



DANSKE FORSKERE KORTLÆGGER JORDENS MAGNETFELT

Danske forskere er verdens førende, både når det gælder videnskabelige studier af Jordens magnetfelt og udvikling af avancerede instrumenter til satellitter.

Generelt set svækkes Jordens magnetfelt i disse år, og det største fald sker over den vestlige halvkugle. I enkelte områder, som over den sydlige del af Det Indiske Ocean, styrkes magnetfeltet dog. Den magnetiske nordpol er på vej mod Sibirien, hvorimod den magnetiske sydpol ligger nogenlunde fast.

Disse resultater, baseret på nye målinger med ESA's tre Swarm-satellitter, kunne Nils Olsen fra DTU Space fremlægge på en konference i København i juni – kun et halvt år efter at satellitterne blev opsendt i november 2013.

I de kommende år vil Swarm give meget mere detaljerede oplysninger om Jordens magnetfelt og derved forbedre målinger foretaget af den danske Ørsted-satellit, der blev opsendt i 1999.

Det er velkendt, at Jordens magnetfelt over de seneste 200 millioner år mere eller mindre regelmæssigt har skiftet polaritet med mellemrum på 200.000-300.000 år.

Den seneste ændring skete dog for 780.000 år siden – så en ny polvending er noget forskinket. Ved en polaritetsændring svækkes først magnetfeltet, hvorefter det vokser op igen i den modsatte retning. Det hele sker normalt i løbet af nogle få tusinde år.

Under seneste istid for 41.000 år siden skete dog en ganske kortvarig polaritetsændring frem og tilbage, der samlet set kun varede 440 år – hvor selve den modsatrettede polaritet endda kun holdt 250 år. Det er næsten uforklarligt kort set på en geologisk tidsskala.

Der er således særdeles god grund til bedre at forstå ændringerne i Jordens magnetfelt. Ikke mindst da magnetfeltet er med til at beskytte både mennesker og elektriske systemer mod kosmisk stråling. Det er allerede et problem for mange satellitter i kredsløb om Jorden, at magnetfeltet over den sydlige del af Atlanterhavet er så svagt, at elektronikken om bord kan udsættes for strålingsskader, når satellitterne er i dette område.

Swarm-missionen er udtænkt i Danmark, og satellitternes nøgleinstrumenter er udviklet i Danmark.

Gennem mange år har danske forskere været verdensførende, både når det gælder videnskabelige studier af Jordens magnetfelt, og når det gælder udvikling af avancerede instrumenter til satellitter. Swarm-projektet er kronen på værket, og det er efter Ingeniørens opfattelse

Danmarks bedste forskningsresultat i 2014.

Swarm består af tre identiske satellitter, hvoraf de to kredser om Jorden i en højde af 462 km, mens den tredje befinder sig i en højde af 510 km. Denne konstellation giver mulighed for en meget nøjagtig måling af magnetfeltet, idet man kan eliminere en lang række fejlfaktorer, som optræder, hvis man kun bruger én satellit som ved Ørsted-missionen.

Swarm-satellitterne er bygget af Astrium i Tyskland, som nu er en del af Airbus-koncernen. Missionen drives fra ESA's kontrolcenter i Darmstadt.

VEKTORFELT-MAGNETOMETER FRA DTU

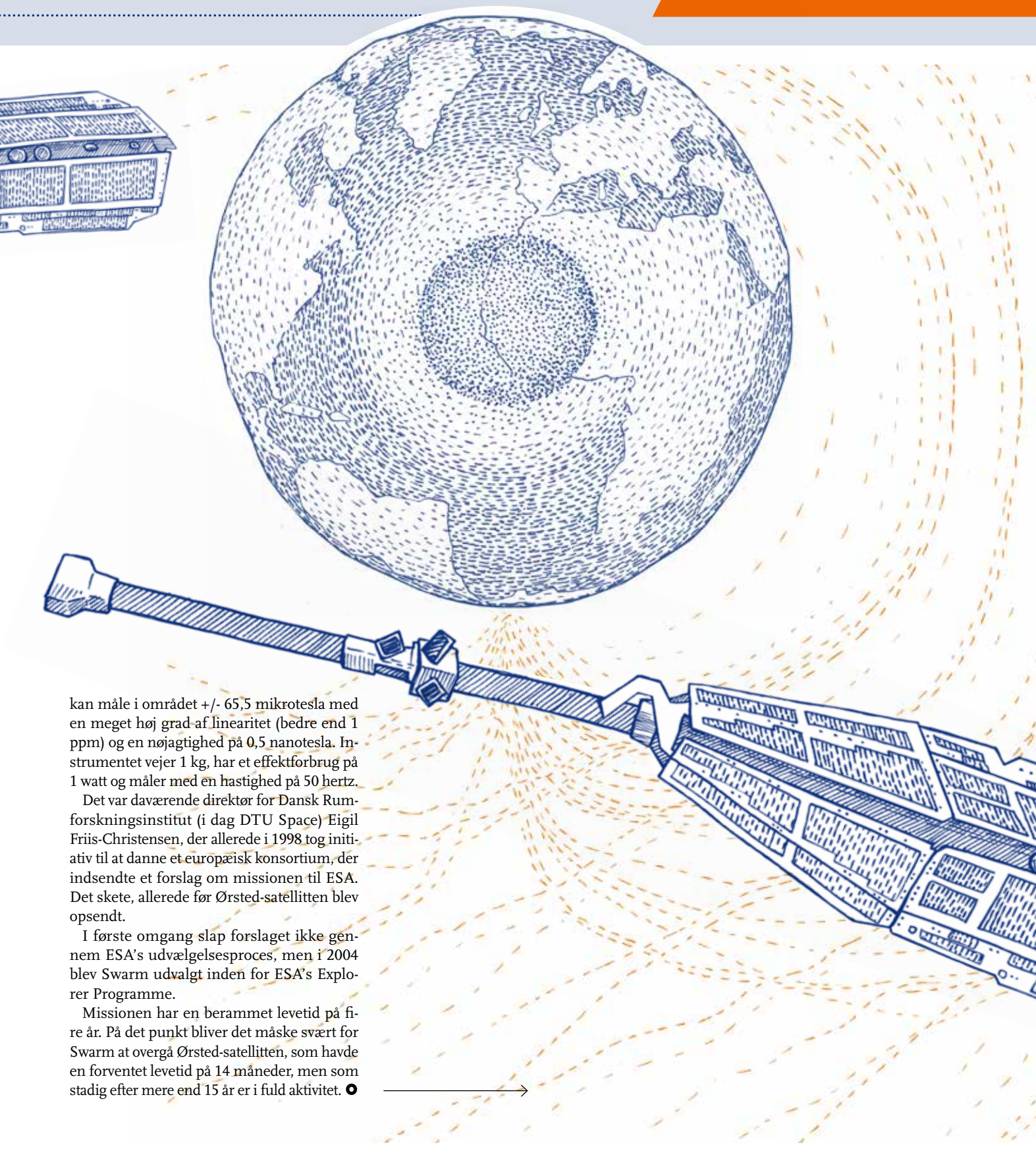
Satellitterne rummer flere videnskabelige instrumenter, men hovedinstrumentet er et såkaldt vektorfelt-magnetometer (VFM) udviklet af DTU Space, og DTU-forskere med Nils Olsen i spidsen har en helt central rolle i udviklingen af nye magnetiske modeller baseret på Swarm-satellitternes målinger.

Vektorfelt-magnetometer er sammen med et stjerne-kamera placeret på en optisk bænke, der som på Ørsted-satellitten er placeret på en lang bom i god afstand fra selve satellitten for at være uforstyrret af satellittens øvrige hardware. Stabiliteten af den optiske bænke sikrer en rumlig nøjagtighed på et buesekund.

Jordens magnetfelt har ved jordoverfladen en styrke på mellem 25 og 65 mikrottesla. VFM

TOP-5

INGENIØREN KÅRER ÅRETS
BEDSTE DANSKE FORSKNINGS-
RESULTAT. LÆS PÅ DE FØLGENDE
SIDER OM DE FIRE KANDIDATER,
DER VAR MED I OPLØBET.



kan måle i området $\pm 65,5$ mikrottesla med en meget høj grad af linearitet (bedre end 1 ppm) og en nøjagtighed på 0,5 nanotesla. Instrumentet vejer 1 kg, har et effektforbrug på 1 watt og måler med en hastighed på 50 hertz.

Det var daværende direktør for Dansk Rumforskningsinstitut (i dag DTU Space) Eigil Friis-Christensen, der allerede i 1998 tog initiativ til at danne et europæisk konsortium, der indsendte et forslag om missionen til ESA. Det skete, allerede før Ørsted-satellitten blev opsendt.

I første omgang slap forslaget ikke gennem ESA's udvælgelsesproces, men i 2004 blev Swarm udvalgt inden for ESA's Explorer Programme.

Missionen har en berammet levetid på fire år. På det punkt bliver det måske svært for Swarm at overgå Ørsted-satellitten, som havde en forventet levetid på 14 måneder, men som stadig efter mere end 15 år er i fuld aktivitet. ●

SÅDAN GØR VI >

Siden 1996 har et videnskabeligt tidsskrift, Science, kåret årets bedste forskningsresultat

som 'Breakthrough of the Year'. Ingeniøren har siden 2004 gjort det samme for forskningsresultater inden for naturvidenskab og teknisk videnskab udført af forskere i Danmark, eller hvor forskere i Danmark har ydet et væsentligt

bidrag som del af et internationalt forsknings-samarbejde. Udpegningen af årets videnskabelige top-5 i form af årets bedste og fire andre efterfølgende, sideordnede videnskabelige top-resultater foretages af Ingeniørens redaktion.

NORDØST-GRØNLAND SMELTER

I en artikel i Nature Climate offentliggjort online 16. marts 2014, som fik stor opmærksomhed verden over, kunne Shfaqat A. Khan fra DTU Space sammen med en række danske og udenlandske kolleger påvise, at klimamodellerne har undervurderet massetabet af is i Nordøstgrønland.

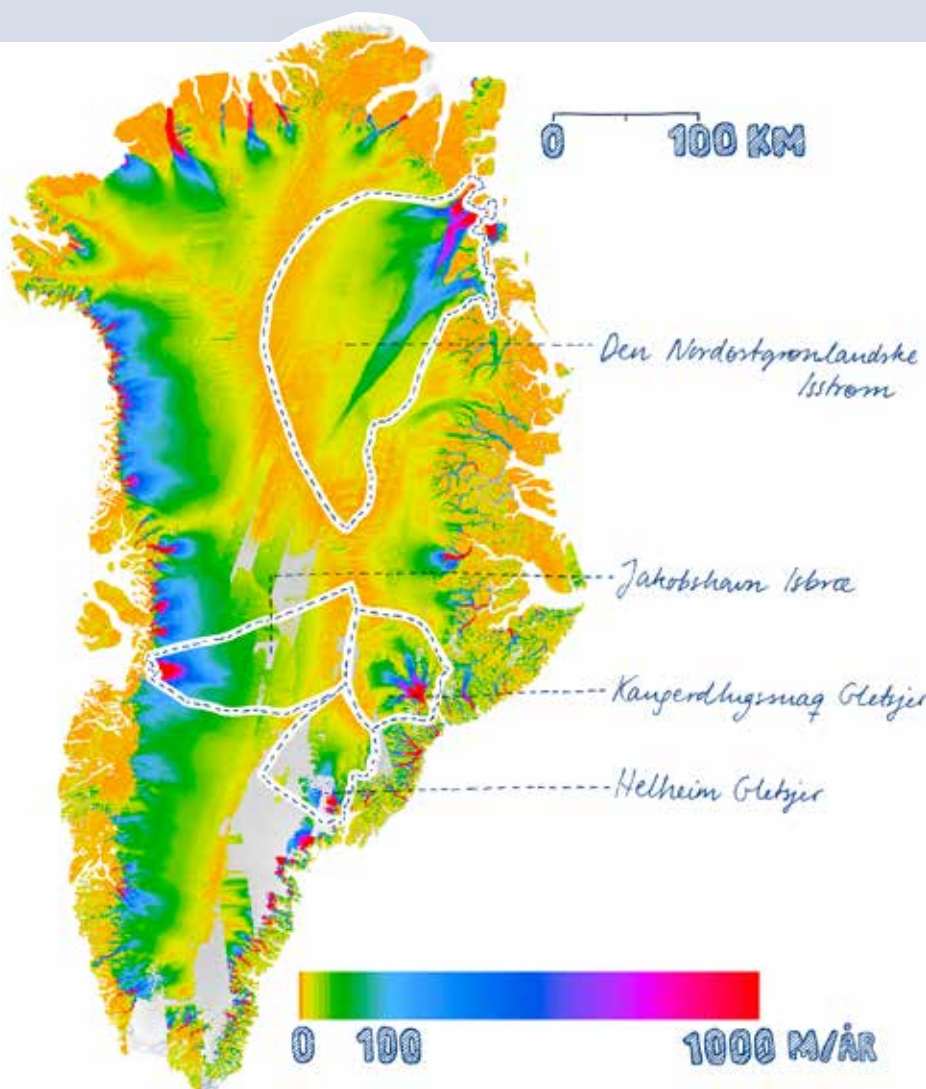
Resultatet rokker nemlig ved antagelsen i de fleste klimamodeller om, at den nordøstlige sektor af indlandsisen er stabil.

Afsmeltningen fra indlandsisen har gennem de seneste 20 år bidraget til en stigning i verdenshavene på en halv millimeter om året ud af en samlet stigning på 3,2 mm om året. Det skyldes ikke mindst tilbagetrækning af en række gletsjere i de sydøstlige og nordvestlige dele af Grønland.

»Men det er nyt og meget overraskende, at bidraget i løbet af de seneste syv-otte år fra den nordøstlige del af indlandsisen er taget til,« forklarer Shfaqat Khan.

Forskerne har brugt gamle flyfotos fra 1978 og moderne satellitobservationer til at analysere gletsjernes højdeændringer gennem årene. Fra 1978 til 2003 var ændringerne i det nordøstlige Grønland meget begrænsede, hvorefter der efter 2006 indtraf en klar acceleration af massetab, som er fortsat med at tiltage.

Forskerne mener, at årsagen til det øgede massetab skal findes i en kombination af varmere lufttemperaturer om sommeren og var-



mere havtemperaturer. Sommertemperaturen i 2003 var to grader højere end i 1978, og store mængder af havvand, der var 0,5-0,8 °C varmere end normalt, strømmede i 2006-2007 ind i det område, hvorfra kælvningen sker.

»Det har reduceret udbredelsen af havis, som ellers har en stabiliserende effekt på gletsjerne,« forklarer Kurt Kjær fra Center for Geogenetik ved Københavns Universitet, som er en af forskerne, der har deltaget i projektet.

Efter 2009 er havtemperaturen faldet til niveauet fra før 2006, og havisen har nu samme udbredelse som tidligere. Alligevel er massetabet fra gletsjerne steget yderligere. På seks år har gletsjerranden trukket sig næsten 20 kilometer tilbage.

»Det betyder, at der muligvis er sat gang

i en selvforstærkende feedback-proces, hvis konsekvenser vi ikke kender omfanget af endnu,« siger Kurt Kjær.

Da gletsjerområdet har forbindelse til en isstrøm, der går 700 km ind i indlandsisen, kan ændringer i udkanten af gletsjeren påvirke massebalancen over et meget stort område af Grønland. Den Nordøstlige Isstrøm dækker 16 pct. af indlandsisen, det er det dobbelte af den mere kendte Jakobshavn Isbræ ved Ilulissat.

I den videnskabelige artikel spekulerer forskerne i, at udløbsgletsjeren vil trække sig 25 km tilbage fra sin position i 2012, indtil den når et område, hvor en ny ligevægtstilstand kan opretholdes på grund af ændret hældning af grundfjeldet. —————>

TIDLIGERE VINDERE >

2004

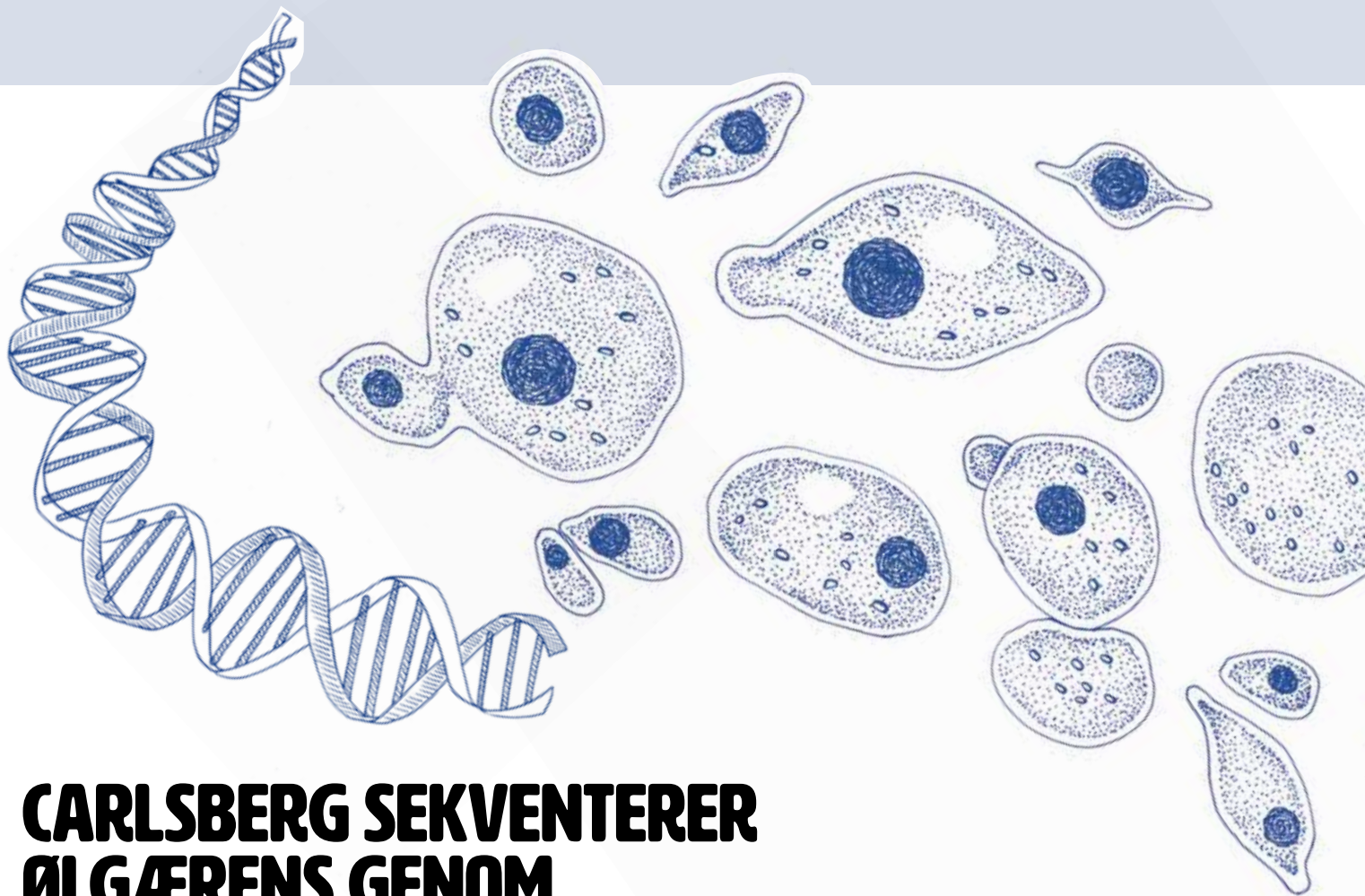
Klimaet ved istidens begyndelse (NGrip-borekernen),

Dorthe Dahl-Jensen,
Københavns Universitet

2005

Forklaring på korte, energirige
gammaglimt i universet

Jens Hjorth,
Københavns Universitet



CARLSBERG SEKVENTERER ØLGÆRENS GENOM

Siden brygger Jacobsens dage har Carlsberg produceret øl på et højt videnskabeligt grundlag.

I år sekventerede Andrea Walther, Ana Hesselbart og Jürgen Wendland ved Carlsberg Laboratoriet det fulde genom for den gærcelle, som Emil Christian Hansen isolerede første gang i 1883, og som i dag bærer navnet *Saccharomyces carlsbergensis*.

I en artikel i det videnskabelige magasin G3: Genes, Genomes, Genetics i maj 2014 beskrev de tre forskere en overraskende sammenhæng mellem denne gærcelle, som tilhører den såkaldte gruppe I af ølgær, og de ølgærceller af gruppe II, som i dag bruges i storskalaproduktion af øl.

Hvor den generelle opfattelse tidligere var, at de to hovedgrupper af gærceller var opstået helt uafhængigt af hinanden, kan det nu fastslås, at de har et fælles ophav.

I 1845 kom I.C. Jacobsen hjem med ølgær hentet hos Gabriel Sedlmayr ved Spatenbrauerei i München. Det lykkedes Emil Christian Hansen i 1883 at isolere gærcellen i ølproduktionen, som han kaldte *Saccharomyces carlsbergensis*.

Det var den første rene kultur af ølgær, der blev fremstillet i verden. Det gav mulighed for at sikre en mere ensartet kvalitet i ølproduktionen.

S. carlsbergensis var særdeles velegnet til fermentering af øl ved lave temperaturer omkring 5 grader, som det var tilfældet i Jacobsens kældre. I dag producerer man øl ved temperaturer på 14 grader eller højere, og til det formål er en anden type ølgær mere anvendelig. Ikke mindst den såkaldte Weihenstephan strain er populær.

Ølgær er en hybrid mellem bagegær (*Saccharomyces cerevisiae*) og gærcellen *Sac-*

charomyces eubayanus. *S. carlsbergensis* har 19,5 millioner basepar i sit genom og indeholder 29 unikke kromosomer. Weihenstephan har næsten 32 millioner basepar og 36 kromosomer.

S. carlsbergensis udviklede sig i perioden mellem 1845, hvor I.C. Jacobsen bragte gæren hjem fra München, til Emil Christian Hansen isolerede det 38 år senere ved store tab af genomet fra *S. cerevisiae*.

I forbindelse med projektet har forskerne haft adgang til at analysere øl på flaske, der blev brygget i 1880'erne. De har endog smagt på de sjældne dråber.

»Øllet har tabt al sin kulsyre og er helt fladt. Det har en sherryagtig eller portvinsagtig smag. Men det kan sagtens drikkes,« siger Andrea Walther. —————>

2006

Aktivering af gener og proteiner ved celledeling

Søren Brunak,
DTU

2007

Klonede alzheimer-grise

Arne Lund Sørensen,
Aarhus Universitet

2008

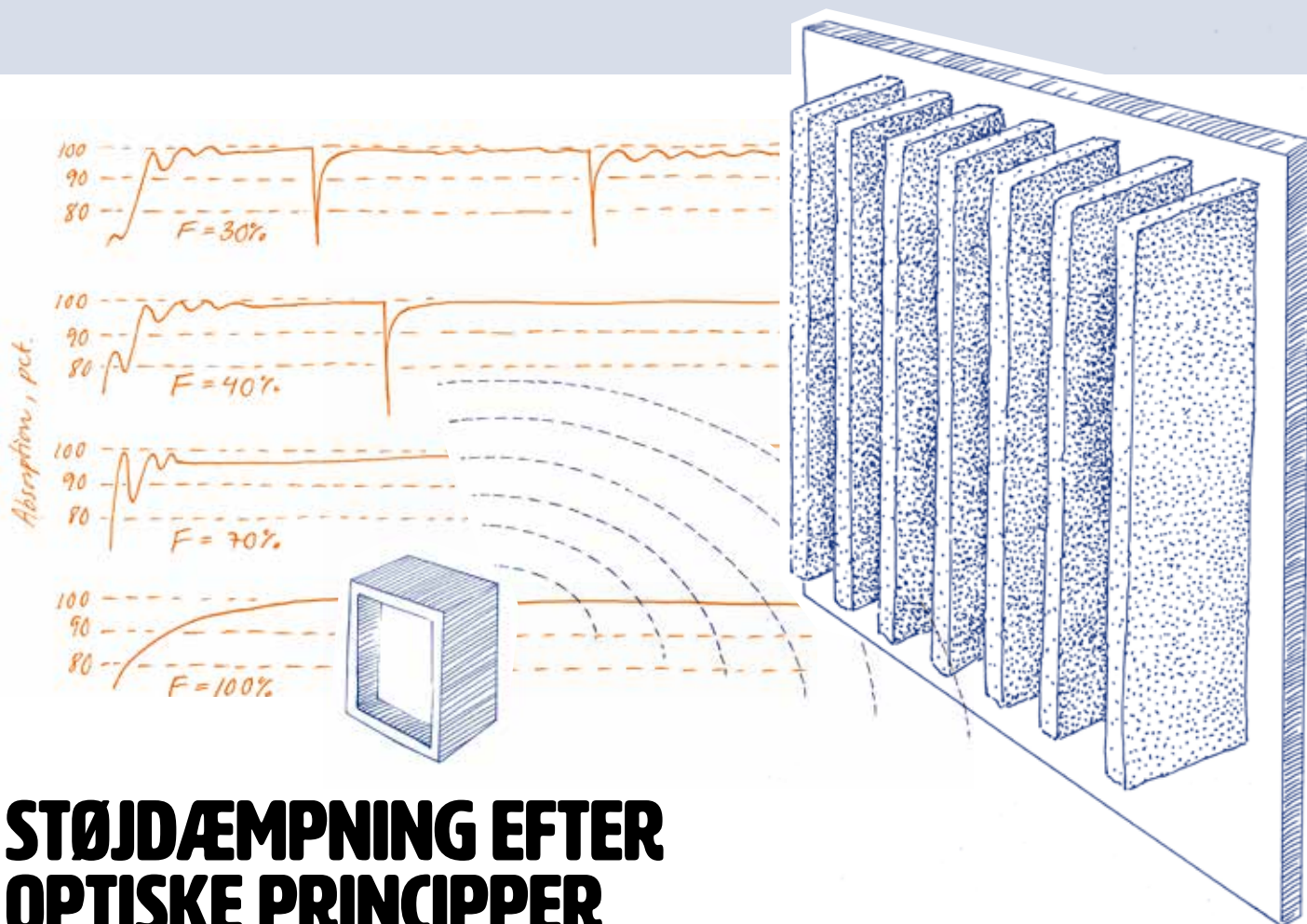
Evolutionens dvaletilstand i to mia. år

Donald Canfield,
Syddansk Universitet

2009

Verdens mindste nanokasse med et rumfang på 39 zeptoliter,

Jørgen Kjems, Kurt Gothelf og Ebbe Sloth Andersen, Aarhus Universitet



STØJDÆMPNING EFTER OPTISKE PRINCIPPER

Forskningsadjunkt Johan Christensen fra DTU Fotonik har vist, at støjdæmpende strukturer med fordel kan fremstilles efter principper kendt fra optikken. Herved er det stik imod almindelig sund fornuft muligt at få den bedste støjreduktion i et bredt frekvensområde ved at reducere mængden af støjdæmpende materiale.

Det er velkendt, at det er muligt at opnå meget høj optisk absorption ved at beklæde et materiale med opretstående kulstofnanorør. Her udnytter man, at kulstofnanorør absorberer lys, og at mellemrummene mellem rørene er effektive til at fange lyset. På denne måde har forskere i USA eksempelvis skabt verdens mørkeste materiale.

Forskellen i frekvens for synligt lys og lyd i kilohertzområdet betyder, at forholdet mellem dimensionerne af elementerne i den optiske beklædning og den akustiske beklædning

skal være mange størrelsesordener forskellige. Hvor kulstofnanorørens dimensioner måles i nanometer, skal tilsvarende elementer i den akustiske struktur måles i centimeter.

Spanske forskere har lavet et lyd-dæmpende materiale bestående af lameller med en bredde på 4 cm og en længde på en halv meter efter Johan Christensens opskrift.

Lamellerne, der er fremstillet af et skummateriale bestående af polyurethan, polyester og polyether, placeres som et gitter med en varierende 'filling factor'. 100 pct. angiver, at lamellerne er i kontakt med hinanden, og 50 pct. angiver, at mellemrummet mellem lamellerne er det samme som bredden af lamellerne.

JO MINDRE, DES BEDRE

Det var en overraskelse for Johan Christensen, at hans egne detaljerede beregninger og de spanske eksperimenter har påvist, at

jo lavere filling factor er – og dermed jo mindre støjabsorberende materiale der anvendes – des bedre støjabsorption får man i det undersøgte frekvensområde fra 0,7-3,0 kHz, som er valgt, fordi det er relevant i forbindelse med trafikstøj.

En reduktion af filling factor fra 70 pct. til 40 pct. øger den gennemsnitlige absorption fra 97 pct. til 99 pct., fremgår det af den videnskabelige artikel i Nature-tidsskriftet Scientific Reports.

Johan Christensen forklarer det med, at lyd-bølgerne, der rammer lamelstrukturen, har større mulighed for at vekselvirke med de støjabsorberende lameller, jo lavere filling factor er.

Faktisk viser beregningerne, at det vil være en fordel at gå ned til en filling factor på 30 pct. eller endnu lavere. Men det kan i praksis være vanskeligt at fremstille lamelstrukturen med så lav en filling factor. —————→

2010

Genom for 4.000 år gammel grønlandser (Inuk)

Eske Willerslev og Morten Rasmussen, Københavns Universitet

2011

Astroseismiske målinger af stjernernes indre

Jørgen Christensen-Dalsgaard og Hans Kjeldsen, Aarhus Universitet

2012

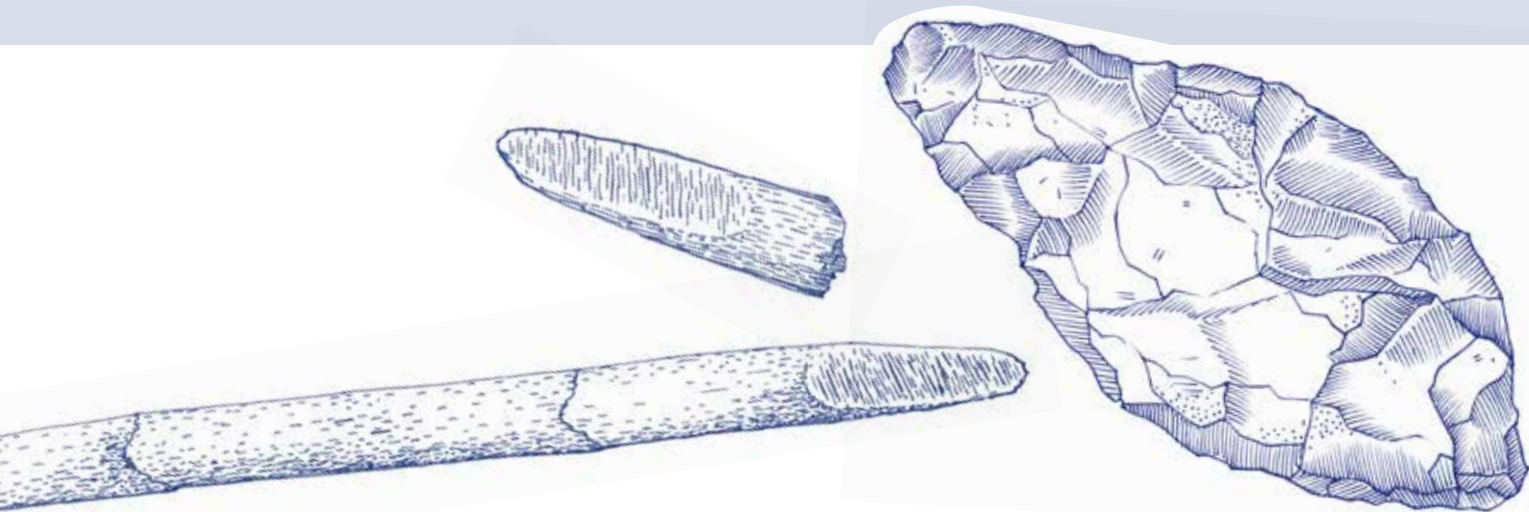
Kortlægning af grisens arvemateriale

Lars Bolund, Aarhus Universitet, samt Merete Fredholm og Jan Gorodkin, Københavns Universitet

2013

Kvanteteleportation,

Eugene Polzik, Københavns Universitet



AMERIKANERNES OPRINDELSE KORTLAGT I DANMARK

Eske Willerslevs forskningsgruppe på Center for GeoGenetik på Københavns Universitet er vant til at erobre forsiderne i de internationale videnskabsmedier og har flere gange været med i årets top-5 på Ingeniørens liste. Det skete også i 2014.

Blandt de flere markante forskningsresultater i år fra den internationalt kendte professor har Ingeniøren valgt at medtage den fulde sekventering af genomet fra en dreng fundet i nærheden af den lille by Wilsall i Montana i 1968, som døde for ca. 12.600 år siden.

Analysen viser, at drengen er tættere genetisk forbundet med nutidens indfødte amerikanere end nogen andre, og at Clovis-folket dermed må være indvandret til Nordameri-

ka via Sibirien. Dette understøttes af, at drengen genetisk er forbundet til en dreng fundet i Sibirien, som døde for 24.000 år siden. Sibirien-drengens arvemateriale, som Eske Willerslev publicerede i 2013, er fundet i nutidens indfødte amerikanere.

Det sidste er ikke den helt store overraskelse, men det har dog været et åbent spørgsmål, om Clovis-kulturen i stedet kunne have oprindelse i en transatlantisk indvandring, og at Clovis-kulturen derved kunne have været en blindgyde i evolutionen, som ikke genetisk er videreført i dag.

»Den teori lægger undersøgelsen nu endegyldigt i graven,« konstaterer Eske Willerslev. Det samme mener Jennifer Raff og Deborah

Bolnick fra University of Texas i Austin, som ikke har været involveret i projektet.

»Det er nu på tide at komme videre med mere interessante spørgsmål,« bemærker forskerne.

Eske Willerslevs forskningsgruppe har offentliggjort resultatet i samarbejde med udenlandske eksperter og repræsentanter for Native Americans i Nature 13. februar 2014.

Blandt forfatterne til den nye artikel er bl.a. Sarah Anzick, datter af de oprindelige ejere af ejendommen, hvor drengen blev fundet. Hun er selv genomforsker på National Institutes of Health i USA.

Den 1-1½ år gamle dreng blev begravet sammen med en række genstande, der er karakteristiske for Clovis-folket. Han døde i slutningen af Clovis-kulturen, som var en relativt kortvarig periode med et tidsrum på et par tusinde år.

Willerslev, Anzick og Shane Doyle fra Montana State University og medlem af Crow-stammen har gennem hele forløbet haft tæt kontakt med flere stammer i Montana for at forklare om forskningsprojektet. Det skulle nemlig ikke være sådan, at indianerstammerne først hørte om undersøgelsen, når en videnskabelig artikel var offentliggjort. ●



Shane Doyle (tv.) fortæller Eske Willerslev, Sarah Anzick og den lokale arkæolog Larry Lahren (th.) historien om stedet, hvor drengens skelet blev fundet.
Foto: Linus Mørk