

NATURVIDENSKAB OG TEKNOLOGI
DIREKTE FRA FORSKNINGSVERDENEN

AKTUEL *natur* VIDENSKAB

TÆT PÅ STJERNERNE

*Robotteleskopet
på Tenerife*

SUKKERETs værdifulde binding

PANDEKAGEhoppet

NÅR BJØRNEN går i hi

NR.6 - 2016 DECEMBER : 50 KR.

De bedste forskere er... forskellige!

De bedste forskere er en spraglet flok. Derfor er det vigtigt, at vi skaber kulturer og strukturer, der giver plads til alle slags mennesker.

Når man ser en forsker illustreret i populærkulturen, eller for den sags skyld i saglige medier, er det ofte som en ældre, hvid mand med vildt hår. Tankerne ledes hen på Einstein, som uden tvivl er en af de allerstørste videnskabsfolk nogensinde. Alligevel er det ikke bare ensformigt og kedeligt med disse evigt gentagne variationer over samme tema. Det er også forkert og måske skadeligt.

En taskforce under Uddannelses- og forskningsministeriet har for nylig set på, hvorfor der stadig er relativt færre kvinder i forskning end mænd og kommet med bud på, hvad man kan gøre for at ændre på det. Den måske mest tankevækkende pointe er, at det ser ud til, at der sker en del ubevidst forskelsbehandling af kvinder. Fx har mænd større chance end kvinder for at få en forskningsbevilling.

Ubevidst forskelsbehandling (på engelsk "implicit bias") handler ikke bare om kvinder og forskning, men er det generelle fænomen, at man inddrager forventninger til en bestemt type mennesker i vurderingen af deres præstation. Det er ikke noget, man gør med vilje, da det netop er ubevidst. Ingen ved med sikkerhed, hvorfor vi ubevidst laver forskelsbehandling, men det er oplagt, at det knytter sig til, hvad vi forestiller os. Hvis vi ser en sort mand med rastahår eller en lille kvinde med to børn på armen, så tænker vi ikke, at det er nok en professor.

Fra Einstein- til managementtype

Forskningsministeriet interesserer sig ikke for sagen for kvindernes blå øjnes skyld, men fordi de gerne vil have de bedst mulige for-

skere på de danske universiteter. Hvis vi skal have de bedste forskere, skal der rekrutteres fra hele befolkningen. Derfor er det vigtigt, at vi holder op med at gentage billedet af forskeren som en gammel hvid mand – det risikerer nemlig at blive en selvpfyldende profeti.

I det hele taget er det uheldigt at tro, at en forsker skal se ud eller opføre sig på en bestemt måde. Desværre er det sådan, at samtidigt med, at den gamle, hvide mandlige professor lever godt som ikon, er kravene til fremtidens forskere på vej et andet, men ikke mindre ensrettet, sted hen. I dag er der en tendens til, at der bliver fokuseret på en masse andre faktorer end selve forskningsresultaterne. Man skal kunne formidle populært, man skal kunne organisere og lede en gruppe af yngre forskere, og man skal kunne skrive lange ansøgninger med tidsplaner, detaljerede budgetter og veldefinerede succeskriterier – selvom hele ideen med forskning er, at man går ud i det ukendte. Det er svært for meget dygtige forskere at klare sig,

hvis de ikke også besidder disse management-agtige evner. Måske bliver fremtidens forsker-ikon ikke en gammel mand med vildt hår, men et menneske med pænt tøj, budgetter i regneark og powerpoint-slides med fine billeder og festlige animationer.

Giv plads til mangfoldighed

Den hvidhårede Einsteinetype og de moderne krav til forskeren har det tilfælles, at de begge er endimensionelle skabeloner for, hvordan man forestiller sig eller ønsker en forsker skal være.

Det svarer lidt til at have en skabelon for, hvordan en elitesportsudøver skal se ud, uden i øvrigt at tage højde for, om der er tale om stanggymnastik eller brydning. I virkeligheden minder det meste forskning ikke om nogen af delene, for forskning er ofte en holdsport, og når man sætter et hold, har man brug for alle mulige forskellige typer – man kommer ikke langt, hvis man kun har angribere. Derfor er det vigtigt at lave både strukturer og kulturer, der giver plads og gode vilkår for alle mulige slags mennesker. Dedikerede nørder, som måske ikke har sans for andet end deres forskning, kreative gakkede folk med vilde ideer, som ikke passer ind i tidsplaner og foruddefinerede mål, og mennesker med organisatoriske evner og overblik til at binde det hele sammen.

Kort sagt – vi får de bedste forskningsmiljøer, hvis vi lykkes med at skabe diversitet i videste forstand. Der skal være plads til alle farver, former, typer, aldre og køn – for det er lige sådan, de bedste forskere ser ud. ■

Læs mere:

Nature 519, 158, doi:10.1038/519158d



Kristine Niss er lektor i fysik ved Institut for Naturvidenskab og Miljø på RUC og DFF-forskningsleder på projektet: *Findes simple væsker?* kniss@ruc.dk

SPONSORABONNENTER

GRUNDFOS

novo nordisk

novozymes
Rethink Tomorrow

AKTUEL NATURVIDENSKAB

Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology,
i samarbejde med:

- Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Det Naturvidenskabelige Fakultet samt Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet
- Roskilde Universitet
- Danmarks Meteorologiske Institut.

Styregruppe

- **Mette Christina Møller Andersen**, specialkonsulent, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Joakim Groth**, kommunikationschef, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- **Jens D. Holbech**, chefkonsulent, Science and Technology, Aarhus Universitet
- **Mads Bendix Fjendsbo**, rektor, Viborg Gymnasium og HF
- **Niels Kring**, chefkonsulent, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Sanne Holm Nielsen**, kommunikationsmedarbejder, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet

Redaktionsgruppe

- **Birgitte Dalgaard**, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Peter Arnborg Videsen**, Viborg Gymnasium og HF
- **Jørgen Dahlgaard**, Aktuel Naturvidenskab
- **Niels Hansen**, Danmarks Meteorologiske Institut
- **Carsten Rabæk Kjaer**, Aktuel Naturvidenskab
- **Carsten Nielsen**, Aalborg Universitet
- **Lene Pedersen**, Roskilde Universitet
- **Birgitte Svennevig**, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Svend Thaning**, Københavns Universitet

Eftertryk kun efter aftale. Citat kun med tydelig kildeangivelse. Synspunkter, der fremføres i bladet, kan ikke generelt tages som udtryk for redaktionens holdning.

Ansvarshavende

Søren Rud Keiding, prodekan, Science & Technology, Aarhus Universitet

Redaktion

Redaktører Jørgen Dahlgaard og Carsten Rabæk Kjaer
Tlf.: 87 15 20 94
E-post: red@aktuelnaturvidenskab.dk
Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk
Postadresse: Aktuel Naturvidenskab,
Ny Munkegade 120, Bygn. 1520, 8000 Århus C

Abonnementspris 2017

294 kr. i DK for 6 numre, inkl. moms og porto.

Abonnementsservice:

Telefonnr.: 70 25 55 12
e-post: aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Layout og illustration: Jørgen Dahlgaard

Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S

ISSN: 1399-2309 (papirudgaven),

1602-3544 (web)

Opplag: 7.300

Omslag:

SONG-teleskopet ved Teide-observatoriet på Tenerife.

Foto: Mads Fredslund Andersen



indhold



Astronomiske teleskoper til forskning bliver stadig større og dyrere. Men med SONG-teleskopet er en gruppe danske forskere gået i en anden retning. De satser på små, billige robotstyrede teleskoper.

8



Studerendes forsøg med hoppende vandballoner gør os klogere på ekstremt vandafvisende overflader.

16



FORSKNING OG NYHEDER

- 4 Kort Nyt
- 6 Furesøen glemmer ikke forureningen
- 8 Tæt på stjernerne - SONG - Robotteleskopet på Tenerife
- 14 Golfstrømmens skæbne i et varmere klima
- 16 Pandekagehoppet
- 20 Sukkerets værdifulde binding
- 25 Nyt lys på antiverdenen
- 26 Fisken i Fiskeleret – et gammelt mysterium optrævles
- 30 Når bjørnen går i hi
- 34 Matematikken i akustikken

PERSPEKTIV - DEBAT

- 2 Synspunkt: De bedste forskere er... forskellige!
- 38 Julius Thomsen – kemiker, iværksætter og naturfilosof
- 42 Bøger og service
- 44 BAGSIDEN: Bæredygtige bøffer

Den brune bjørn tilbringer ca. 6 måneder i vinterhi, hvor den hverken får vådt eller tørt. Forskere forsøger at forstå de biokemiske og fysiologiske tilpasninger, der ligger bag bjørnens fascinerende evne til at spare på ressourcerne.

30



Den danske kemiker Julius Thomsen (1826-1909) var en central, men i dag noget overset skikkelse i 1800-tallets kemiske videnskab. På grundlag af en ny biografi giver Helge Kragh i en indføring i Thomsens bidrag til datidens videnskabelige og tekniske kemi.

38

Printede solceller som hvermandseje

Næste generation af solceller er tynde som papir. Bøjelige og gennemsigtige. Som folie kan de rulles ud over hustage og biler, uden at ejerne skal gå på kompromis med æstetikken. Fordi de ingenting vejer, kan de endda integreres i vores jakker, så vi altid har energi ved hånden, hvis telefonen løber tør for strøm.

»Vi har produceret fleksible solceller med en samlet tykkelse på 10 mikrometer. Det svarer til 0,01 millimeter. Samtidig er produktions- og materialeomkostningerne ved organiske solceller meget lave. Det betyder, at de organiske solceller ikke behøver politiske tilskudsordninger,« siger lektor Morten Madsen fra SDU NanoSYD.

Den store udfordring for forskerne er nu at få de små laboratorieskabte solceller på få centimeter op i en skala, hvor de kan rulles ud over hustagene. Danfoss PolyPower har doneret en komplet printmaskine, et såkaldt "rulle til rulle printanlæg", til det nye RollFlex-laboratorie på SDU, og forskerne er nu gået i gang med at eksperimentere med at printe organiske solceller.

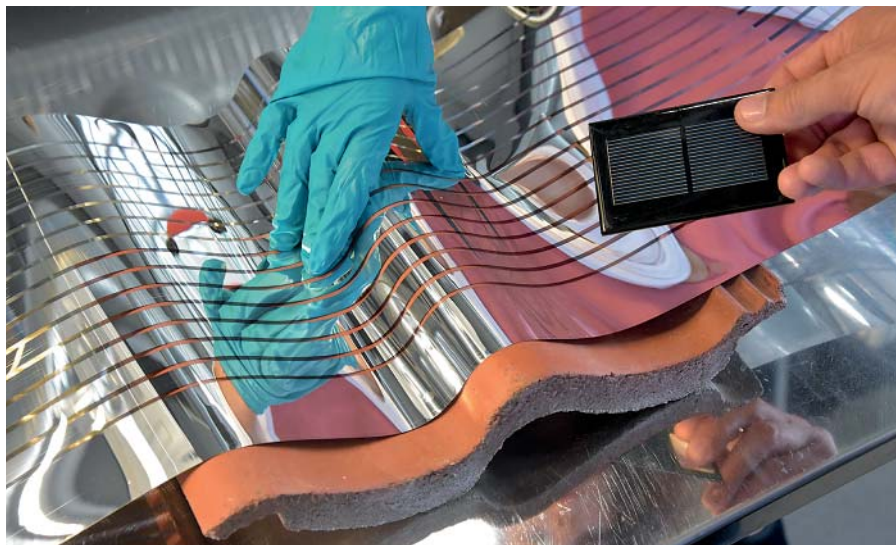


Foto: SDU.

»Organiske solceller kan i dag omsætte op til 13 % af solens energi. Men den effektivitet, som opnås hos solceller på et par centimeters størrelse, kan være helt anderledes, når vi opskalerer,« forklarer Morten Madsen.

»Vi tester forskellige løsninger og prøver at optimere hvert lag. Vores største problem med organiske solceller er levetiden. Der sker nogle kemiske processer, når cellerne

bliver udsat for luft og lys. De oxiderer. Derfor prøver vi os frem med at tilføre stoffer, som kan gøre dem mere stabile«.

Forskningsprojektet RollFlex løber frem til 2019, og til den tid håber forskerne, at de kan printe lange ruller af organiske solceller, så solcellerne bliver hvermandseje.

Birgitte Dalgaard, SDU

Graffiti i videnskabens tjeneste

Over årmillionerne nedbrydes selv de mest hårdføre bjerge af vejr, vind og andre fysiske og kemiske påvirkninger. Men fra år til år synes klipperne uforanderlige, og selv med moderne videnskabeligt udstyr er det svært kontinuerligt at måle, hvordan erosionsprocesserne udspiller sig nu og her og på millimeterskalaen. Men nu har et team af schweiziske og tyske forskere fundet en simpel og billig metode til at visualisere erosionsprocesserne: ved hjælp af "graffiti".

I en kløft i de schweiziske alper malede forskerne både horisontale og vertikale mønstre på et 30 x 5 m stort område af klippevæggene og overvågede derefter udviklingen i tre år ved hjælp af fotos af området taget fra veldefinerede positioner. Erosionsprocesserne over tid blev dermed visualiseret for forskerne i form af den

gradvise nedbrydning af malingen. Erosion af klipperne i kløften skyldes primært strømmende vand fyldt med sediment, som fylder kløften i forbindelse med regnskyl og tøbrud.

Hidtil har man til tilsvarende undersøgelser af erosionsprocesser brugt sofistikerede teknikker som fotogrammetri, laserscanning eller erosionssensorer for at måle de topografiske ændringer på klippeoverflader. Ideen var derfor at demonstrere, at "erosionsmaling" kan være en meget hurtige og lettere metode at bruge, som kan give højopløste resultater ved blot at studere fotos.

Forskerne validerede løbende deres metode ved hjælp af laserscanninger. Det afslørede samtidig, at maling-metoden faktisk var bedre til at fange de fineste erosionsrater på millimeterskalaen.



Foto: Jens Turowski, GFZ

CRK, Ref: *Earth Surface Dynamics* 4, 885-894. DOI: 10.5194/esurf-4-885-2016

Virtuelle vindmøller bag kloge valg

Forskere i Danmark og Norge har sammen lavet en referencevindpark, hvor nye løsninger kan testes og sammenlignes for at finde den bedste, endnu inden en eneste komponent er produceret.

Referencevindparken findes ikke fysisk, men den bruger rigtige data om vind og bølger. Som en del af forskningscenteret NORCOWE har forskere ved Aalborg Universitet og Uni Research i norske Bergen opbygget en omfattende model af en vindpark med 80 møller på hver 10 MW. Vind- og bølgedata er hentet fra målemasten FINO 3 i den tyske del af Nordsøen.

Nogle af de mange faktorer, som påvirker produktionsomkostningerne til energi, er vindforholdene det sted, hvor parken placeres, samt typen af vindmølle og de valgte løsninger til installation, kabelføring, drift og vedligeholdelse. Metoden indtil nu har været at tage en eksisterende vindmølle og afprøve forskellige løsninger. Det unikke ved NORCOWE's referencevindmøllepark er, at den har samlet modeller fra forskellige teknologiområder i én model.



Foto: Colourbox

»Dermed kan forskere og erhvervsliv lægge deres forslag ind og se, om resultatet bliver bedre eller dårligere. Fordelen er, at brugerne af modellerne ikke behøver være ekspert på alle områder, men bare kan koncentrere sig om deres egen løsning og alligevel få at vide, hvordan en ændring påvirker omkostningerne,« forklarer professor Thomas Bak

fra Institut for Elektroniske Systemer på Aalborg Universitet.

Referencevindparken er ikke egnet til at planlægge hele vindmølleparker, men til at analysere enkelte dele. Fx hvilken kabelføring, som er bedst egnet. Så kan ingeniørerne teste nye løsninger op mod referencevindmølleparken og afprøve mange muligheder, inden de specificerer detaljerne.

For at vise, hvordan modellen kan bruges, har forskerne sammenlignet et usædvanligt layout med 80 vindmøller placeret i en uregelmæssig cirkelformation med et traditionelt layout, hvor møllerne står i rette linjer bag hinanden. Beregningen viser, at det alternative layout ville levere otte procent mere energi end standardlayoutet, men at omkostningerne til etablering også er større.

Baseret på data fra vindmøller fra et andet projekt har NORCOWE-forskerne også vist, at ejerne af vindmølleparker kan skære fem-ti procent af omkostningerne til vedligeholdelse af selve møllevingerne.

Af Claude R. Olsen

Genmodificeret influenzavaccine

Vacciner mod virus kan enten fremstilles ud fra levende eller døde vira. Vacciner baseret på levende virus fremkalder den kraftigste immunrespons, og er derfor som udgangspunkt mest effektiv. Til gengæld er der den ulempe, at levende virus kan formere sig, og derfor kan vaccinen potentielt gøre den vaccinerede syg. Forskere fra Peking University i Beijing har nu anvist en vej til at bruge levende virus uden risiko for, at de formerer sig. Det har de gjort ved genetisk at modificere influenza A-virus, så den kan produceres effektivt af specielle transgene celler, men ikke kan reproducere sig selv i normale celler eller i inficerede dyr.

Sammenlignet med en kommercielt tilgængelig inaktiv influenza-vaccine gav den modificerede virus en kraftig immunreaktion



Foto: colourbox

i mus, fritter og marsvin. Forsøg med mus viste også, at mus, der først blev vaccineret med den nye vaccine og efterfølgende inficeret med den ikke-modificerede virus

overlevede, mens alle ikke-vaccinerede mus døde.

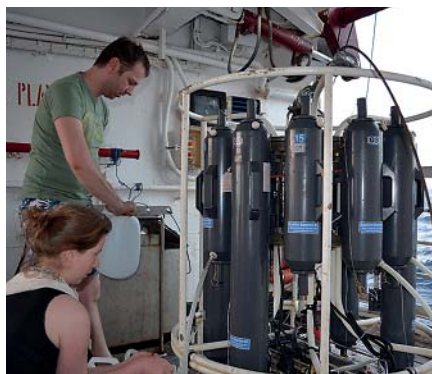
CRK, Science 354, 1170–1173 (2016)

Kæmpe død zone lurер i Det Indiske Ocean

I verdenshavene findes døde zoner: Områder uden ilt, hvor der kun kan leve mikrober, som fjerner kvælstof fra vandet. Sådan en død zone er nu ved at opstå i Bengalske Bugt, Indiske Ocean. Den fylder ca. 60.000 kvadratkilometer og er 100-400 m dyb. Det konkluderer et internationalt forskerhold fra SDU, Max Planck Institute (MPI) for Marine Microbiology, og Indiens National Institute of Oceanography.

Ledende forfatter, Laura Bristow, tidligere postdoc på SDU fortæller: »Bengalske Bugt har længe været noget af en gåde, fordi vores standardteknikker ikke har registreret ilt i vandet, men der har heller ikke været tegn på kvælstoftab, som jo ellers ses i de andre døde zoner i verdenshavene.«

Forskerne brugte en nyudviklet teknologi til at spore ilt, og den har registreret en lille smule ilt i vandet i Bengalske Bugt – dog langt mindre end standardteknikkerne kunne spore og 10.000 gange mindre end i det ilte-de overfladevand.



Feltarbejde i Bengalske Bugt. Foto: SDU.

Forskerne opdagede også, at bugten er hjem for mikrobielle samfund, som kan fjerne kvælstof – ligesom det ses i andre døde zoner. De fandt også, at mikroberne rent faktisk fjerner kvælstof, omend det foregår meget langsomt.

»Mikroberne er i stand til at fjerne meget mere kvælstof, end de gør nu, men de små forekomster af ilt forhindrer dem i det,« siger Laura Bristow.

Hvis der fjernes mere kvælstof fra havene, kan det påvirke den marine kvælstofbalance og produktiviteten i havene.

Globalt set forventes det, at en opvarmning af atmosfæren vil føre til, at havenes døde zoner vokser. I øjeblikket er det uklart, om klimaforandringer kan føre til, at de sidste rester ilt i Bengalske Bugt forsvinder. Imidlertid skal man også tage højde for, at bugtens kyster har en høj befolkningstæthed, og man må forvente, at stigende mængder gødning bliver skyllet ud i bugten og kan føre til en udtømming af ilt.

»Tiden må vise, hvordan det kommer til at gå, men Bengalske Bugt har nået et kritisk punkt. Vi har brug for nye modeller, der kan kaste lys over, hvordan menneskelig aktivitet vil påvirke kvælstof-cyklussen,« slutter Laura Bristow.

Af Birgitte Svennevig, SDU. Kilde: *Nature Geoscience*, doi:10.1038/ngeo2847

Den gode fortælling har mere succes

Betyder det noget for en videnskabelig afhandlings succes, om den er formuleret som en god historie? Netop det spørgsmål har en gruppe forskere fra University of Washington ledet af Annie Hillier undersøgt – og det korte svar er: Ja, det gør det.

I deres undersøgelse kiggede forskerne nærmere på det såkaldte abstract (dvs. det korte kondensat af en videnskabelig artikels indhold) fra 700 videnskabelige artikler indenfor forskning i klimaændringer. Forskernes hypotese var, at de tekster, der er skrevet i en mere fortællende stil, kan være mere indflydelsesrige end dem, med en mere tør og beskrivende stil. Inden for psykologien og litteraturvidenskab har det læn-

ge været gængs teori, at hvis man vil have nogen til at huske noget, skal det formuleres som en "god historie". Men spørgsmålet er, om dette også gælder, når vi snakker om afhandlinger indenfor naturvidenskabelige områder, der har været igennem et såkaldt peer review, hvor fagfæller inden for samme fagområde bedømmer kvaliteten af afhandlingen.

Resultaterne af Hillier og kollegers analyse, som for nylig er publiceret i PLOS One, viser, at de abstracts med mest fortællende sprog er blevet citeret mest (citeringer er den mest almindelige "valuta" at måle en videnskabelig artikels succes i). Denne effekt er tæt forbundet med tidsskrifternes identitet, idet top-tidsskrifterne indenfor området har

en tendens til at bringe artikler med mere fortællende indhold, og disse artikler har så en tendens til at blive mest citeret.

Om top-tidsskrifterne bevidst har plukket de mest fortællende artikler – og det er derfor, de er blevet de mest indflydelsesrige – eller om disse artikler var blevet indflydelsesrige, uanset, hvor de var blevet publiceret, kan forskernes undersøgelse ikke give noget entydigt svar på.

Men noget tyder altså på, at man ikke skal være bange for at formulere sine videnskabelige resultater som en god fortælling.

CRK, Kilde: PLOS One. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0167983>



Kransnålsalger voksede tæt på bunden under en høj åben vegetation af blomsterplanter i Furesøen i dens oprindelige rene tilstand i år 1900, som undervandsfotoet fra en nutidig klarvandet sø viser. Efter rensning af spildevandet er nogle arter af kransnålsalger vendt tilbage til Furesøen, men ikke med samme tæthed som på fotoet. Foto: Martin Kielland.

Furesøen glemmer ikke forureningen

Danmarks dybeste sø, Furesøen i Nordsjælland, har "en langtidshukommelse", når det gælder forurening og forsøget på at komme den til livs. Søen "husker" nemlig mange års forurening længe efter, at kilden til den er blevet stoppet. Der går flere årtier, inden at den positive effekt sætter ind. Og det vækker til eftertanke.

Det er forskere fra Biologisk Institut på Københavns Universitet under ledelse af professor Kaj Sand-Jensen, som står bag undersøgelserne, der er blevet offentliggjort i det videnskabelige tidsskrift *Journal of Ecology*. Og resultaterne er opsigtsvækkende. Studiet bygger nemlig på datamateriale, der går helt tilbage til år 1900, hvilket er enestående og sandsynligvis verdens længste dataserie for en sø.

Selvom fosforudledningen fra bl.a. landbruget er blevet kraftigt reduceret siden 1970'erne, er indholdet af fosfor i Furesøen stadig bemærkelsesværdigt højt. Men det er dog en positiv historie om, at det nytter – på trods af, at Furesøen har en "elefant-hukommelse". Efter at forureningen blev nedbragt med 90 % siden 1970 ved en effektiv



Den imponerende kransnålsalge *Nitellopsis obtusa* var den hyppigste art i undervandsvegetationen tidligt i 1900-tallet, før forureningen for alvor satte ind. Arten er nu langsomt på vej tilbage efter 45 års effektiv spildevandsrensning.

Foto: Paul Skawinski, Aquatic Plants of the Upper Midwest.

spildevandsrensning, er der sket markante fremskridt i vandets klarhed og antallet af vandplanter. Fra 37 arter af vandplanter i 1910 dykkede artsrigdommen til blot 12 i 1994, men kom så op på 28 i 2008. Men det har været en lang helbredelsesproces for søen. Og stadig den dag i dag volder den store mængde af fosfor i søbundens dynd problemer. Især i varme og vindfattede somre.

Generelt kan man sige om næsten alle søer på Sjælland, at de blev forurenet i samme periode som Furesøen. Og en del af dem må vente endnu længere med at opnå samme positive effekt som Furesøen, hvis det overhovedet er muligt.

Eller sagt af professor Kaj Sand Jensen i forbindelse med studiet: »Søer husker. Så læren er: Lad være med at forurene – og begræns forureningen – så hold ud og forøg den ikke igen, for det kan tage mange år, før vi høster det fulde biologiske udbytte af indsatsen.«

Svend Thaning, *SCIENCE Kommunikation, Københavns Universitet. Jour. of Ecology*, DOI: 10.1111/1365-2745.12715

TÆT PÅ STJERNERNE

SONG - Robotteleskopet på Tenerife



Om forfatterne



Mads Fredslund Andersen er ansvarshavende for SONG-teleskopet på Tenerife
madsfa@phys.au.dk



Ole J. Knudsen, Kommunikationsmedarbejder
ojk@phys.au.dk



Jørgen Christensen, Professor
jcd@phys.au.dk

Astronomiske teleskoper til forskning bliver stadig større og dyrere. Men med SONG-teleskopet er en gruppe danske forskere gået i en anden retning. De satser på små, billige robotstyrede teleskoper, som i et verdensomspændende netværk kan bruges til at studere stjerner og exoplaneter.

På bjergryggen Izaña med udsigt til vulkanen Teide på Tenerife står et lille dansk, topmoderne teleskop. Det jagter exoplaneter og opdager grundlæggende nyt om stjernernes indre ved at følge ændringer i lyset fra de klare stjerner. Der er ikke astronomer ved teleskopet, for det hele kan fjernstyres hvor som helst fra i Verden – endda med en tablet. Ikke bare forskere, men også danske gymnasieelever kan være med til

at indsamle og bearbejde data fra robotteleskopet.

SONG står for *Stellar Observations Network Group* og er navnet på et internationalt projekt, som i dag bliver ledet af forskere fra Aarhus og Københavns Universitet. Idéen opstod i 2006, hvor forskere fra de to universiteter diskuterede tendensen indenfor nye teleskopprojekter, som går mod at bygge større og større teleskoper. Med størrelse følger også pris. Og store og dyre teleskoper har

betydning for, hvor meget observations-tid man kan få tildelt.

Som forsker tør man sjældent i en ansøgning bede om observations-tid i mere end en uge i træk på et teleskop, og da slet ikke mere end to uger. Når man så får tildelt tid til sine observationer, er man som oftest nødt til selv at rejse hen, hvor teleskopet står placeret (hvilket sjældent er i Danmark) for at udføre observationerne. Af alle disse grunde opstod ideen om SONG.



Foto: Mads Fredslund Andersen



Hvorfor Teide-observatoriet?

Det mest oplagte valg ville måske være at placere det første teleskop i SONG-netværket i Danmark. Det var her idéen blev grundlagt, og projektet ledes af danske forskere. At placere prototypen i Danmark ville have den klare fordel, at man hurtigt kunne komme til teleskopet. Med en prototype sker der løbende udvikling i både hardware og software, og derfor er hyppige besøg ved teleskopet påkrævet. De fleste ved dog også, at vi i Danmark ikke kan prale af klart og godt vejr. Der er faktisk i gennemsnit ikke mere end ca. 50 klare nætter på et år set fra Danmark. Mange af disse klare nætter falder endda i sommermånederne, hvor Solen aldrig kommer langt under horisonten, og det derfor ikke bliver rigtig mørkt. Derfor er Danmark ikke et oplagt sted at placere et teleskop til videnskabeligt brug. Faktisk er der ikke mange rigtig gode steder at placere et observatorium i Europa. Det nærmeste rigtig gode sted er De Kanariske Øer, og specielt La Palma og Tenerife er tæt på perfekte steder at

placere et teleskop. Disse vulkanøer er høje og stikker dermed toppen op gennem skyerne. Teide-observatoriet ligger i ca. 2400 meters højde, hvilket giver mange flere skyfrie nætter end fx i Danmark. I gennemsnit er der ca. 250-300 klare nætter om året på toppen af Tenerife.

At vi er oppe i højderne gør også, at lyset fra stjernerne skal igennem mindre af atmosfæren, og lyset bliver derfor forstyrret mindre. Atmosfæren over De Kanariske Øer er også meget stabil og stjernerne "binker" derfor lidt mindre end set her fra Danmark. På Teide-observatoriet findes der allerede mange andre teleskoper, og der er derfor en god infrastruktur, som inkluderer højhastigheds-internet og en stabil strømforsyning. Desuden er der personale, som kan håndtere akutte problemer, som kan og vil opstå en gang imellem. Med disse mange argumenter var valget klart: SONG-prototypen skulle placeres på Tenerife.

SONG skal skille sig ud ved at være et netværk af forholdsvis små teleskoper med en spejldiameter på 1 meter, som dedikeres til at se på de klareste stjerner på nattehimlen i lang tid ad gangen. Groft sagt er det de stjerner, man kan se med det blotte øje fra et mørkt sted på en klar aften her i Danmark.

Med et netværk af ens teleskoper fordelt passende steder rundt på Jordkloden vil man ikke bare have flere teleskoper at obser-

vere med, man vil også kunne kombinere teleskoperne, sådan at man kan observere én stjerne 24 timer i døgnet – alle ugens dage. Det vil sige, at når Solen står op et sted, og man dermed ikke kan observere mere derfra, så vil et andet teleskop i netværket kunne tage over. På den måde kan man observere enkelte stjerner i så lang tid, som det kræver at få nok data til, at astronomerne kan analysere stjernerne i så høj en detaljeringsgrad, som de gerne vil. Det er el-

lers normalt kun muligt fra rummet med dyre satellitteleskoper.

Prototypen på Teide

Det første teleskop i netværket blev officielt indviet på Teide-observatoriet på Tenerife den 25. oktober 2014. *Hertzprung SONG teleskopet*, som prototypen kaldes, er et robotteleskop, hvor bemanding ikke er nødvendig om natten for at udføre observationerne. SONG-observatoriet består af selve teleskopet, som er placeret i

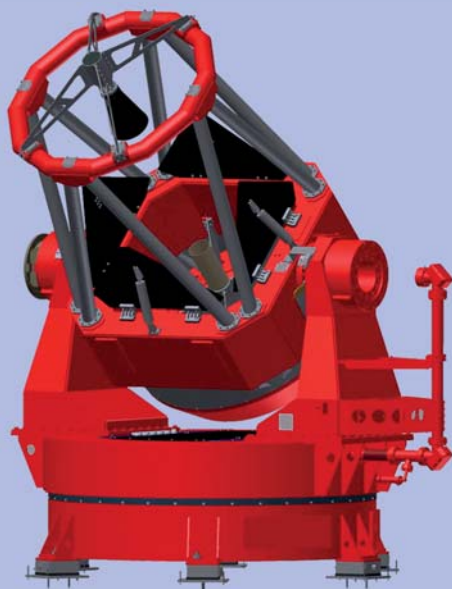


Frank Grundahl
Lektor
fgj@phys.au.dk

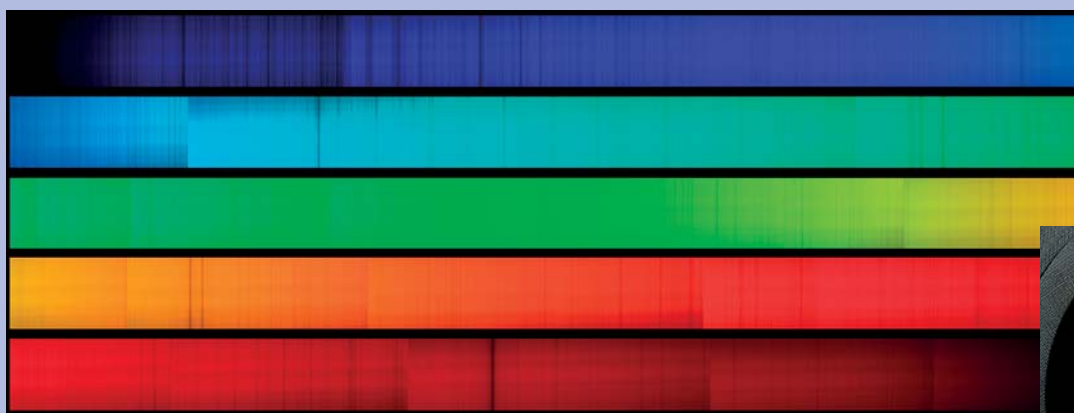
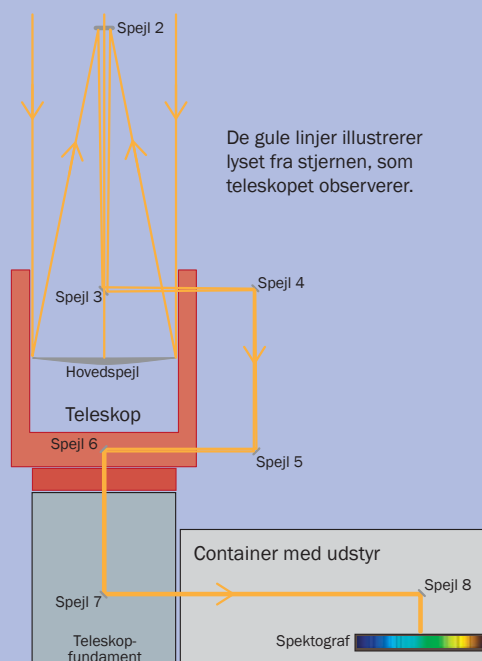


Hans Kjeldsen
Professor
hans@phys.au.dk

Alle ved Stellar Astrophysics Centre, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

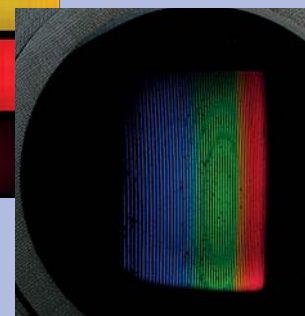


Tegning af SONG-teleskopet med en spejldiameter på 1 meter. Til højre ses en princip-tegning, som viser lysets vej fra hovedspejlet til spektrografen, der er placeret i den tilstødende container



↑ Solens spektrum observeret med en mobil spektrograf. Man ser tydeligt en masse absorptionslinjer, som afslører tilstedeværelsen af bestemte atomer eller molekyler. Princippet med at skære spektret i stykker og ligge delene ved siden af hinanden eller over hinanden bruger vi i SONG-spektrografen

for at få så meget af spektret med på vores detektor, samtidig med at vi har en høj opløsning. Det ser man på det andet billede, som er taget af udgangen af SONG-spektrografen, hvor vores CCD-detektor plejer at sidde. →



en forholdsvis lille kuppel, og ved siden af en almindelig skibscontainer med måleinstrumenterne og al elektronikken, som er nødvendig til observationer og til fjernstyringen. Teleskopet har et roterbart tredje spejl, hvilket betyder at man kan have to instrumenter monteret på samme tid. Det ene er et fotometrisk instrument installeret til at måle på stjerners lysstyrke. Det andet, som er placeret i den tilstødende container, er en spektrograf, som opdeler det hvide lys fra stjernerne i dets forskellige farver. Sagt på en anden måde spreder den lyset ud i et spektrum, så man kan måle intensiteten af lyset ved forskellige bølglængder (farver).

SONG's instrumenter

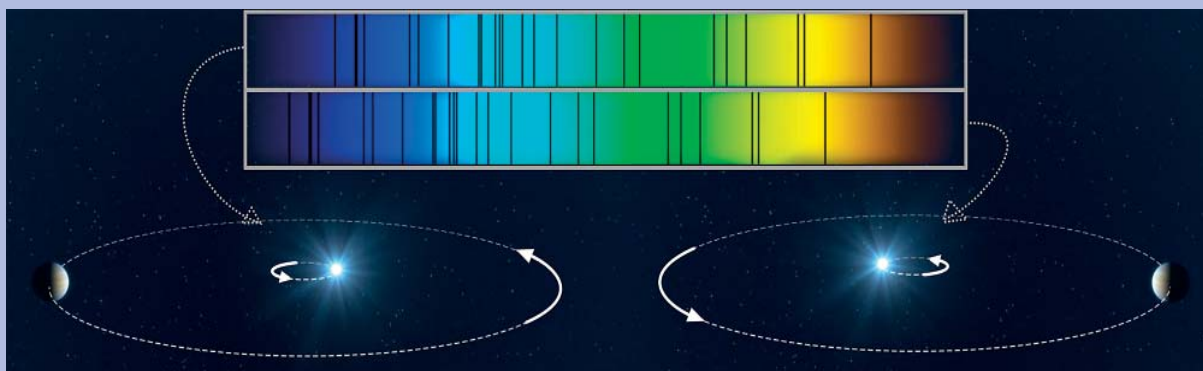
Spektrografen giver blandt andet radialhastigheder for stjernerne, og det er to fluer med ét astronomisk smæk. Radialhastighederne giver astronomerne oplysninger om svingninger på stjernernes overflade og om hele stjernens bevægelse i forhold til os.

Hvis der kredser én eller flere exoplaneter om stjernen, vil påvirkningerne fra tyngdekraften fra planeterne på stjernen få den til at bevæge sig lidt frem og tilbage i forhold til os på Jorden. Vi kan altså ikke se exoplaneterne direkte, men med SONG-teleskopet kan vi opdage påvirkningen fra planeter

omkring klare, nære stjerner.

Der er monteret to spektrografer på SONG. Den ene giver målinger i meget høj opløsning, og den anden er specielt følsom overfor spektrallinjerne fra grundstoffet calcium. Sidstnævnte er et nyt instrument monteret i efteråret 2016, og det skal primært bruges til at undersøge stjerners magnetiske aktivitet.

Fotometeret måler lysstyrker, dvs. det samlede lys fra udvalgte stjerner i et fast bølglængdeområde. Det er specielt interessant i tilfælde, hvor to stjerner i kredsløb omkring hinanden, et såkaldt dobbeltstjernesystem, er orienteret



Radialhastighedsmålinger

Det ene SONG-instrument er en spektrograf, hvormed bl.a. stjerners radiale hastighed kan måles. Det gøres ud fra dopplershiftningen af absorptionslinjerne i en given stjernes spektrum. Absorptionslinjer opstår pga. atomer og molekyler i stjerners yderste lag, og disse linjer ligger ved meget bestemte bølgelængder afhængigt af, hvilket atom eller molekyle de stammer fra. Alle stjerner bevæger sig relativt til os. Nogle mere, andre mindre, og alle i vidt forskellige retninger. Den komponent af deres bevægelse, som er i samme retning som synslinjen fra Jorden til stjernen, kaldes for den radiale hastighedskomponent. Denne radiale hastighed kan man måle som

en flytning af absorptionslinjerne i stjernens spektrum. Forskydningen kan beskrives med Dopplereffekten, som de fleste kender. Det er den, der bevirker ændringen af tonen en politibils sirene udsender, når bilen bevæger sig imod en i forhold til, når den bevæger sig væk fra en.

Med SONG-spektrografen kan man måle stjerners radiale hastighed på ned til en meter i sekundet. Dvs., at en stjernes "overflade" bevæger sig i retningen mod eller væk fra os med en hastighed, der svarer nogenlunde til den hastighed, et menneske går med. Og det kan man måle på en stjerne, der er mange lysår væk!

Figuren illustrerer to situationer hvor en planet i kredsløb om en stjerne er to forskellige steder i sit kredsløb. Til venstre vil planetens tyngdepåvirkning på stjernen bevirke, at stjernen vil bevæge sig væk fra observatøren, og det tilsvarende spektrum er vist øverst. Her er absorptionslinjerne i spektret væk forskudt mod den røde del af spektret ("rødforskydning"). I den anden situation påvirkes stjernen, så den vil være på vej imod observatøren, og absorptionslinjerne i det tilsvarende spektrum vil være forskudt mod den blå del ("blåforskydning").

Se en video med Mads Fredslund Andersen, der forklarer radialhastighedsmetoden: <https://youtu.be/OblrTBadpsO>

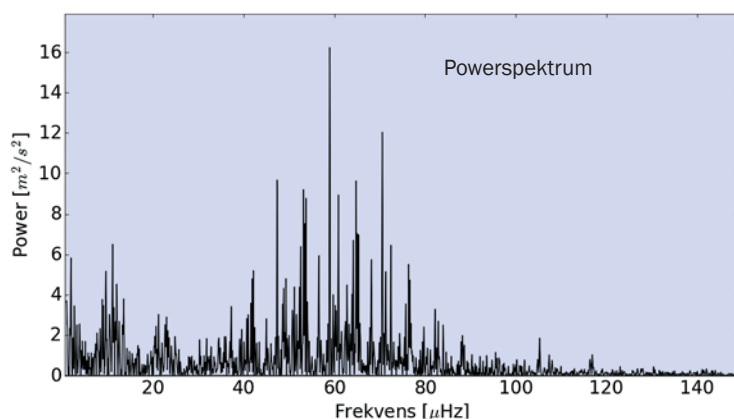
sådan, at de to stjerner vil passere ind foran hinanden set her fra Jorden. Det gælder også, hvis den ene stjerne skiftes ud med en planet. Ved sådanne formørkelser, hvor en planet eller en svagtlysende stjerne passerer ind foran en klar stjerne, vil man kunne få en masse vigtige oplysninger om bl.a. størrelse og afstand til hovedstjernen.

Kameraerne, som er monteret på SONG, tager billeder, som dækker et større synsfelt end teleskopet. Dermed kan disse bruges til at kontrollere, om teleskopet peger korrekt, men de kan samtidig bruges til at analysere lysstyrken af stjerner i nærheden af det primære observationsobjekt.

Stjerneskelv og exoplaneter

Vi kan ikke se ind i stjernerne, men næsten alle stjerner vibrerer. Disse vibrationer eller svingninger kan beskrives som lydbølger, der bevæger sig ind gennem stjernen. På den måde bringes der informationer om stjernens indre ud til overfladen, hvor astronomerne kan observere dem. At analysere svingninger i stjerner minder meget om geologers analyser af jordskælv – seismologi. Derfor kaldes denne måde at se på stjernerne på for "asteroseismologi". I stjerner som Solen er der mange svingninger til stede på samme tid, og ud fra simpel inspektion er det ganske kompliceret at bestemme, hvilke

svingninger der er tale om. Til at finde ud af, hvilke frekvenser svingningerne i stjernerne har, bruger astronomerne et matematisk værktøj kaldet fourieranalyse. Det har dog en ulempe, når der er huller i dataserien. Huller opstår, når man kun har ét observatorium, hvorfra man ikke kan observere om dagen. Det er her, netværket kommer ind og spiller den afgørende rolle i SONG-projektet. Ved at anvende fourieranalyse på en observationsserie (tidsserie) fremkommer det, der kaldes for et powerspektrum. Heri vil svingninger i en stjerne fremstå som toppe ved en bestemt frekvens (svingningsfrekvensen). Én svingning observeret i en stjerne vil



Figuren viser et powerspektrum af stjernen 46LMi. Toppene mellem 30 og 90 mikroHertz viser tilstedeværelsen af periodiske svingninger i stjernen. I denne stjerne er der en god håndfuld svingninger til stede på én gang, men huller i observationerne (pga. dagtimerne) giver falske toppe, og analysen af denne stjerne er meget kompliceret derfor. At stjernen svinger med frekvenser omkring 60 mikroHertz fortæller os dog med det samme, at stjernen er en "rød kæmpestjerne" og altså en stjerne som minder om det, Solen vil udvikle sig til om nogle milliarder år.

fremstå som 3 - 5 toppe, hvis der er regulære huller i tidsserien pga. Jordens rotation (daglige cyklus). De "forkerte" toppe, som opstår, kan komplicere analysearbejdet enormt og til tider gøre analysen helt umulig. Ved at fylde hullerne i data-serien ud med observationer fra et andet teleskop i netværket undgår man altså disse problemer med toppe, der fremkommer pga. dag- og natrytmen, og astronomernes måde

at analysere observationerne på.

Exoplaneter vil få deres stjerne til at svinge en anelse både til siderne og frem og tilbage i forhold til os. Med observationer af den samme stjerne over lange tidsrum vil man kunne se disse ændringer i radialhastigheden for hele stjernen. Ud fra forløbet af ændringerne kan man så beregne exoplanetens størrelse, afstand fra stjernen og et væld af andre detaljer.

SONG-teleskoperne vil kunne måle disse periodiske bevægelser for selv forholdsvis små planeter i tæt kredsløb om deres stjerne og for de klareste stjerner på himlen. De første resultater er allerede indhøstet, men venter på en bekræftelse.

Observationsprocedure

Når vi planlægger vores observationer med teleskopet en given nat, starter vi med at taste en liste af

SONG på gymnasiet

Det er ikke alle i hele verden der kan søge om tid på SONG teleskopet. Man skal have en tilknytning til projektet for at få lov til at søge om observationstid. To gange årligt er der ansøgningsrunde, hvor forskere kan indsende gode idéer til projekter, de gerne vil have udført. Et panel af repræsentanter fra de forskellige institutioner, der er med i projektet, evaluerer derefter projekterne og udvælger de bedste til at blive observeret det efterfølgende halve år.

Derudover udskrives der hvert år en konkurrence, hvor danske klasser på gymnasieniveau kan indsende projekter på samme måde som ved de videnskabelige SONG-ansøgningsrunder. Klasserne skriver en ansøgning, hvori de beskriver hvad og hvordan de vil observere, samt angiver hvad de efterfølgende vil bruge disse data til. Denne konkurrence annonceres hvert år lige efter skolernes sommerferie



Foto: Varde Gymnasium

Vinderne af konkurrencen 2016 blev Varde Gymnasium og HF's astronomi c hold.

med deadline lige før efterårsferien. Førstepremien i konkurrencen er, at vinderklassen selv foretager observationerne beskrevet i deres projekt. Det kan gøres fra et kontrolrum, som er opsat på Ole Rømer-Observatoriet i Aarhus, og herfra kan SONG-teleskopet styres på Tenerife.

I foråret 2017 offentliggøres endnu en konkurrence, hvor præmien er en guidet tur på Teide-observatoriet på Tenerife i foråret 2018. Tenerife er et oplagt mål for tværfaglige studieture i gymnasieskolen, og SONG-gruppen stiller en astronom til rådighed som guide på observatoriet for en dag.

objekter ind i en database i Aarhus via en hjemmeside. Det kan foregå samme dag eller flere dage før observationerne skal foretages. Listen bliver derefter automatisk kopieret ned til observatoriet på Tenerife. Her tjekkes listen igennem, og når det kort efter solnedgang er mørkt nok til at starte observationerne, går teleskopet selv i gang. I løbet af natten vil listen på normalt mellem 10 og 30 stjerner blive observeret til vidt forskellige formål. Nogle projekter kræver et spektrum af 100 stjerner, som kan være fordelt over mange nætter, andre kræver 100 spektre af én stjerne fordelt på 100 nætter og så videre.

Flere noder i sangen om SONG

En af SONG's vigtigste fordele er muligheden for at observere noget i meget lang tid. Det har haft betydning for, hvor hurtigt data fra prototypen kunne analyseres og offentliggøres. De første resultater er allerede sendt til udgivelse, og flere vil følge efter, men alle disse resultater er baseret på observationer udelukkende gjort med prototypen på Tenerife. Et nyt teleskop

i netværket er nu blevet bygget og placeret på det tibetanske plateau i det centrale Kina. Dette teleskop samt instrumenterne dertil er baseret på tegninger og specifikationer fra SONG-teleskopet på Tenerife.

Selvom teleskopet og spektrografen i Kina står færdig, er samspillet mellem de to komponenter, som styres af et utal af elektroniske dele, ikke lige til, og den sidste fase med robotiseringen af observatoriet er endnu ikke færdiggjort.

De første manuelle observationer fra det kinesiske SONG-teleskop er dog blevet udført, og resultaterne ser lovende ud.

Det er håbet, at SONG-netværket med tiden kan udbygges til mindst syv eller otte ens teleskoper, og gerne flere. Det vil sikre, at der kan foretages observationer døgnet rundt, og at der er reserver, hvis et enkelt af teleskoperne har dårligt vejr eller må tages ud af drift for en tid. Med ens teleskoper og ens måleudstyr bliver analysen af data og muligheden for at låne reserveud-



Logoet for SONG viser forskernes ønskeliste for et netværk af teleskoper. Foreløbig er der placeret et på Tenerife og et i det centrale Kina.

styr fra hinanden også langt lettere. Desuden kan programmeringen af software til styring genanvendes. Flere observatorier har vist interesse for at huse et SONG-teleskop, og vi glæder os til at byde nye samarbejdspartnere velkommen i projektet. ■

Yderligere information

song.au.dk

Youtube-kanalen: "Astronomi - Aarhus Universitet": www.youtube.com/channel/UCOhBhaKzmYG4ApUCF01M06w

SONG-teleskopet på Tenerife er Sponsoreret af:
VILLUM FONDEN, Carlsbergfondet,
Det Frie Forskningsråd, Det Europæiske
Forskningsråd og Danmarks Grundforskningsfond.

Naturvidenskab på Roskilde Universitet

Åbent Hus 1. marts og 3. maj
ruc.dk/naturvidenskabelig-bachelor

RUC

Golfstrømmens skæbne i et varmere klima

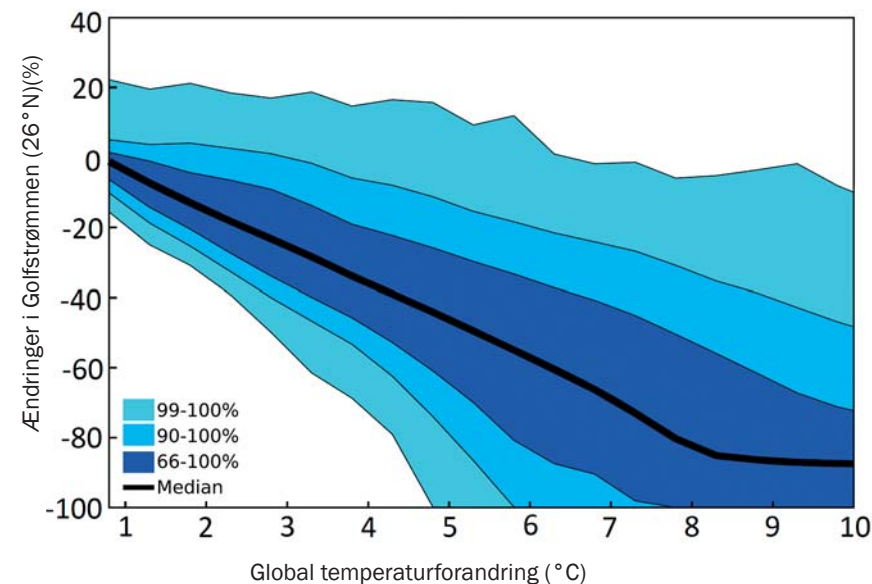
Den nuværende opvarmning af kloden vil sandsynligvis kunne føre til en svækkelse eller måske endda kollaps af Golfstrømmen, hvilket vil have vidtrækkende konsekvenser for klimaet. En svækkelse kan dog stadig undgås ved en aktiv politisk indsats. Sådan lyder konklusionerne fra et nyt studie netop publiceret i tidsskriftet *Geophysical Research Letters (GRL)*, som har deltagelse af forskere fra bl.a. USA, Holland, Japan og Danmark i form af denne artikels forfatter.

Golfstrømmen er en varm og massiv havstrøm, der forbinder verdenshavene. Golfstrømmen transporterer varmt overfladevand fra den Mexicanske Golf og ud i Atlanterhavet i nord-nordøstlig retning og koldt bundvand mod syd. Golfstrømmen transporterer ikke kun varmeenergi til nordlige breddegrader såsom Nordeuropa, men den påvirker ligeledes vigtige vejrmønstre som for eksempel den indiske og afrikanske monsunregn, ekstreme vejrforhold samt havniveaustigninger.

Svækket Golfstrøm

I den seneste FN klimarapport fra 2013 blev det konkluderet, at Golfstrømmen sandsynligvis ville blive svækket som et resultat af menneskeskabte klimaforandringer. Men det blev samtidig konkluderet, at det var usandsynligt, at den ville kollapse ved udgangen af 2100. FN-rapporten inkluderede imidlertid ikke væsentlige fysiske processer som for eksempel effekten fra den smeltende indlandsis og dennes indvirkning på Golfstrømmen – en afsmeltning og massetab, der er steget markant siden midten af 1980'erne.

I det nye studium har vi medtaget effekten fra den smeltende ind-



Ændringer i Golfstrømmens styrke ved ændringer i den globale temperatur illustreret ved breddegraden 26°N og i 500 m dybde under havoverfladen. Fra Bakker et al: 2016

landsis og dennes indvirkning på Golfstrømmen. I alt er der anvendt otte forskellige *state-of-the-art* klima-, ismeltnings- og havmodeller, simuleret ud fra to klimascenarier frem mod 2100 indledningsvis, og efterfølgende frem mod 2300.

I det første scenarie er den menneskeskabte udledning af CO₂ sat til at toppe omkring 2040 og derefter falde. Under disse betingelser, vil Golfstrømmen blive svækket med 18 %.

I det andet scenarie – “business as usual scenariet” – vil udledningen af CO₂ fortsætte med at stige med nuværende hastighed gennem det 21. århundrede. Under disse betingelser vil Golfstrømmen i 2100 have mistet 37 % af sin styrke. I 2290–2300 vil den have mistet 75 % af sin styrke, og der vil være en risiko for, at Golfstrømmen med 44 % sandsynlighed helt vil kollapse. Et sådant kollaps

vil have globale konsekvenser for klimaet og klodens forskellige økosystemer.

Indsats kan forebygge kollaps

Selv om sidstnævnte scenarie lyder dystert, tyder det på, at en målrettet politisk indsats for at reducere den menneskeskabte udledning af CO₂ til atmosfæren kan have en indvirkning på Golfstrømmen. Beregningerne viser således, at sandsynligheden for et totalt kollaps forbliver statistisk mindre, hvis den globale opvarmning er begrænset til en stigning mindre end 5 °C over præindustrielt niveau.

Af Sebastian Mernild, klimaprofessor og CEO ved Nansen Centeret i Bergen.
sebastian.mernild@nersc.no

Læs videre: Bakker, P. et al: 2016. *Geophysical Research Letters*, 1–9, doi:10.1002/2016GL070457.

LÆS MERE
NANO.AAU.DK/SRP

HJÆLP TIL DIT STUDIERETNINGS- PROJEKT?

**FÅ SPARRING AF DYGTIGE FORSKERE, OG LAV FORSØG
TIL DIT STUDIERETNINGSPROJEKT I DE VELUDSTYREDE
LABORATORIER PÅ AALBORG UNIVERSITET.**

DU KAN FÅ HJÆLP TIL EMNER SOM:

FYSIK

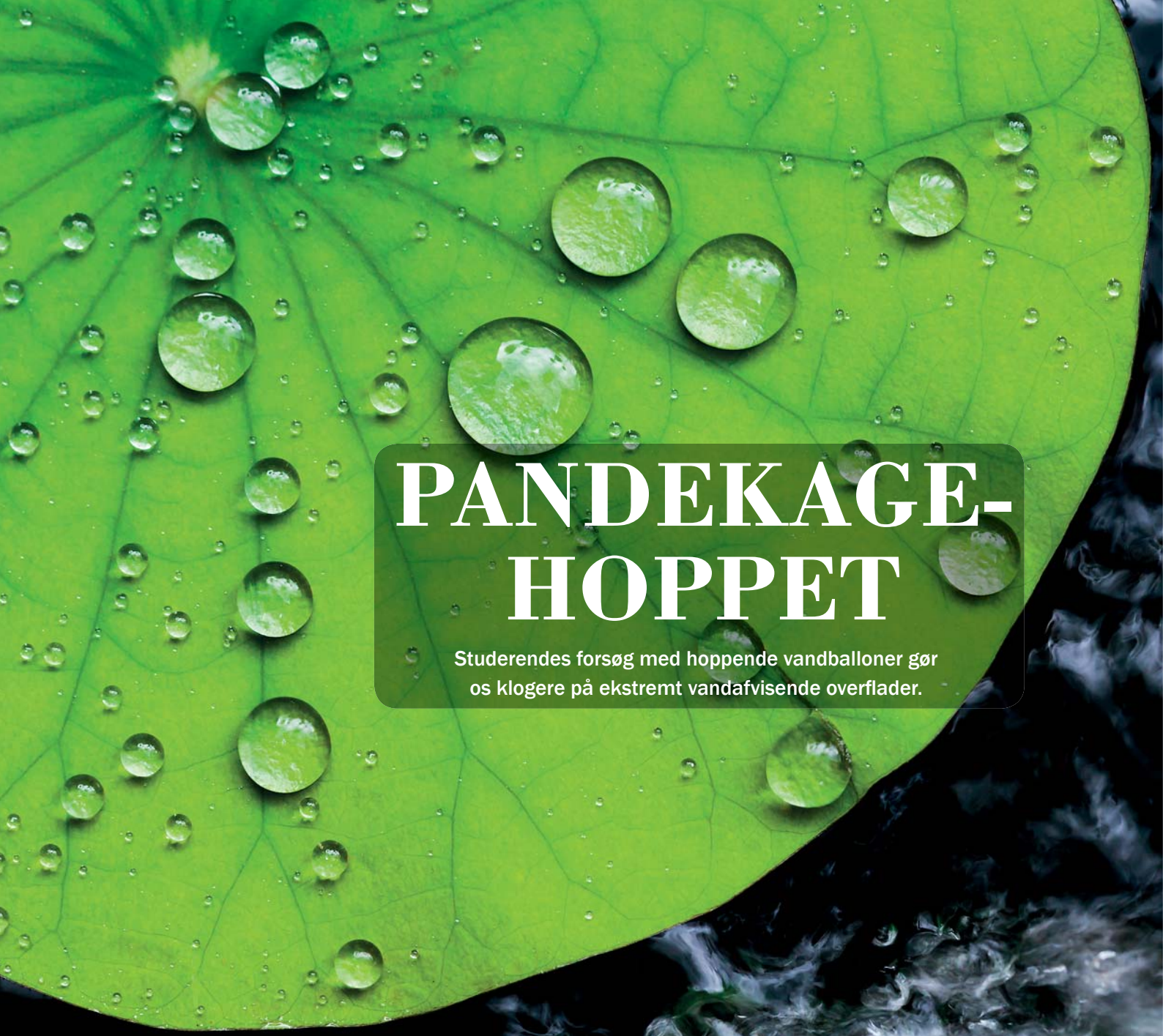
SUPERLEDNING
KVANTEMEKANISKE TUNNELEFFEKTER
UV-LITOGRAFI
BESTEMMELSE AF PLANCKS KONSTANT

KEMI/BIOTEKNOLOGI

METALLISKE NANOPARTIKLER
MICELLER
PEPTIDSYNTESE
ENZYMTEKNIK



AALBORG UNIVERSITET



PANDEKAGE- HOPPET

Studerendes forsøg med hoppende vandballoner gør os klogere på ekstremt vandafvisende overflader.

Forfatteren



Tina Hecksher er lektor i fysik, tilknyttet Glas og Tid centeret ved Institut for Naturvidenskab og Miljø, Roskilde Universitet, og var projektvejleder for studentergruppen. tihe@ruc.dk

En gruppe førsteårsstuderende på Roskilde Universitet har vist, at vandballoner opfører sig næsten præcis som bittesmå vanddråber. Det har de gjort ved at studere, hvordan vandballoner hopper, dels på en flad overflade og – måske mere overraskende – på et sømbræt.

Deres arbejde er for nyligt publiceret i tidsskriftet *European Journal of Physics* i samarbejde med professor i fysik ved Oxford University Julia Yeomans. Forsøgene med vandballonerne var nemlig inspireret af hendes

tidligere artikel i *Nature Physics* i 2014, som omhandlede vanddråbers hop på hydrofobe overflader med struktur på mikrometerskala.

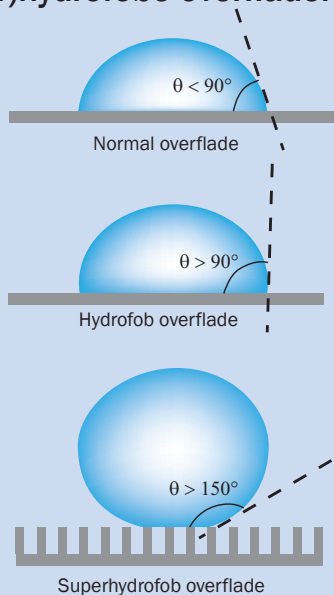
Vandafvisende overflader

Kendere af fysisk kemi ved, at hydrofob betyder vandskyende, og at det har noget at gøre med interaktioner mellem molekyler. Hydrofobe molekyler (eller hydrofobe dele af molekyler) blander ikke godt med vand, så hydrofobe overflader er altså vandafvisende. Man kan tydeligt kende hydrofobe overflader på, at vand på overfladen kupler op i små perler i stedet for at brede sig ud og "væde"

overfladen. Hydrofobe overflader er karakteriseret ved, at *kontaktvinklen* er mere end 90° . Superhydrofobe overflader er ekstremt vandafvisende, og de defineres ved at have en kontaktvinkel på over 150° . For at opnå så store kontaktvinkler på materialer har man hentet inspiration i naturen: Lotusblomsten er kendt for, at vand ligger som perler ovenpå overfladen og triller af. Med et elektron-mikroskop kan man se, at overfladen på lotusblomsten består af små hår eller pigge, der løfter vandet op fra overfladen af bladet. Denne type overflade kan man også lave kunstigt, og vanddråber, der

Kontaktvinkel og (super)hydrofobe overflader

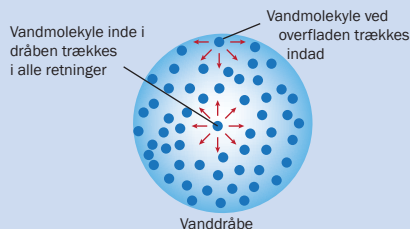
Når en vanddråbe ligger på fx en glasplade, flyder vandet ud på glasfladen, og kontaktvinklen θ bliver mindre end 90° . Det er fordi, glas udgør en hydrofil overflade. Hvis overfladen er fedtet – og dermed hydrofob – vil vanddråben trække sig sammen, så kontaktfladen mindre. Kontaktvinklen bliver dermed større end 90° . Ved kontaktvinkler over 150° kaldes overfladen *superhydrofob*. En sådan overflade kan realiseres ved at lave en struktur på en hydrofob overflade (fx små pigge), der minimerer kontaktfladen.



På et lotusblad ligger vand som små perler på overfladen og triller nemt af, uden at bladet bliver vådt. I et elektronmikroskop kan man se, at overfladen på bladet er dækket af små pigge, der løfter vandet og dermed minimerer kontaktfladen med bladet.

Overfladespænding

En vanddråbe holdes sammen af dens overfladespænding. Overfladespænding er et resultat af, at vandmolekylerne indbyrdes tiltrækker hinanden. Disse kræfter rækker ikke særlig langt, typisk vil et molekyle kun "mærke" sine nærmeste naboer. Et molekyle inde i dråben vil således "blive trukket" lige meget i alle retninger og dermed ikke opleve nogen resulterende kraft. Et molekyle i overfladen har kun nabomolekyler på den ene side og vil derfor blive



trukket ind mod midten. Det giver en slags elastisk overflade, der holder sammen på dråben, selv hvis den deformeres.

Webertallet

$We = [\text{kinetisk energi}] / [\text{overflade energi}] = \rho R v^2 / \gamma$
hvor ρ er densiteten, R er radius af dråben, v er kollisionshastigheden og γ er overfladespændingen.

ligger på sådan en overflade, kaldes også fakirdråber.

Pandekagehop

Man har længe vidst, at vanddråber, der rammer en hydrofob overflade, kan hoppe ligesom en bold. Ved lave hastigheder sammentrykkes dråben en anelse for dernæst at trække sig sammen og hoppe op igen. Ved lidt højere hastigheder mases vanddråben fuldstændig flad mod underlaget, før den trækker sig sammen og hopper af overfladen. Det, der får dråben til at trække sig sammen igen, er overfladespændingen. Overraskende nok er

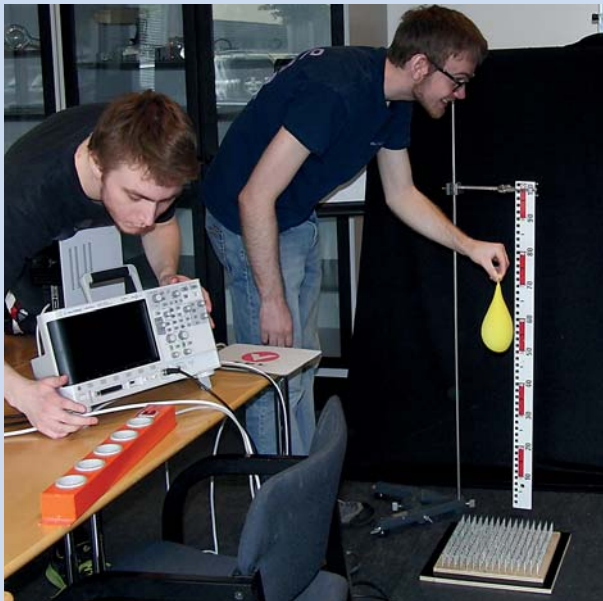
kontakttiden – altså den tid, som vanddråben rører overfladen, når den hopper – uafhængig af den hastighed, dråben rammer med.

Den nye opdagelse, som Julia Yeomans og hendes kolleger beskrev i 2014 i *Nature Physics*, er, at dråber, der rammer en superhydrofob overflade, hopper af, når de er allermest fladmast. De kaldte derfor effekten for "pandekagehop" (på engelsk: "pancake bounce"). Vanddråberne hopper simpelthen af overfladen, inden de har trukket sig sammen igen. Det reducerer kontakttiden, så den er fire gange kortere end på

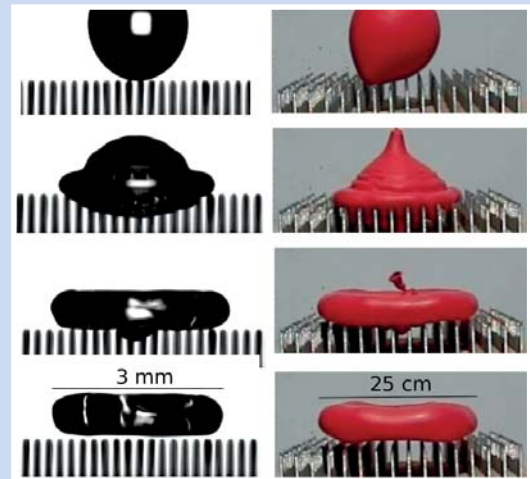
en almindelig hydrofob overflade. Hvordan kan det lade sig gøre?

Fra vanddråber til vandballoner

To betingelser skal være opfyldt: Først og fremmest skal mikrostrukturen være dyb nok, til at vand kan trænge ned i strukturen uden at ramme bunden. Dernæst skal kollisionparametrene være rigtige. Kollisionparametrene kan kvantiseres ved det såkaldte Webertal, der er et dimensionsløst tal, som angiver forholdet mellem den kinetiske energi af dråben og overfladeenergien, som er givet ved produktet af overfladespænding og overfladeareal.



To af de tre studerende i gruppen, Jonas Andersen Bro og Kasper Sternberg, i gang med at lave eksperimenter med hoppende vandballoner.

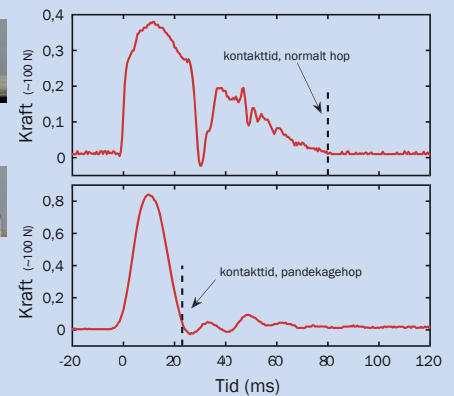


Sammenligning af det mikroskopiske og makroskopiske pandekagehop. Vandballonen (til højre) rammer et sømbræt og opfører sig præcis som vanddråben, der rammer en hydrofob overflade med struktur af små pigge i mikrometerstørrelse (til venstre), mens tids- og længdeskalaen er væsentligt forskellige.



Udvalgte snapshots af en vandballon, der hopper på et fladt bræt (normalt hop) og et sømbræt (pandekagehop). Serien illustrerer, at vandballonen i det første tilfælde trækker sig helt sammen til en aflang cigar, før den slipper underlaget, mens den i pandekagehoppet slipper sømbrættet mens den er mest fladmast. Tidsangivelserne viser også, at kontakttiden (den tid, som ballonen rører underlaget, mens den hopper) er meget kortere for et pandekagehop end et normalt hop.

Graferne viser målinger af kollisionskræfterne i et normal hop (øverst) og et pandekagehop (nederst). Det ses, at kontakttiden er ca. 4 gange kortere for pandekagehoppet end for det normale hop. Det er også tydeligt, at dynamikken er forskellig: Det normale hop har to toppe associeret med hhv. at ballonen lander på overfladen, og at den hopper af igen. Pandekagehoppet har kun en enkelt top, som er sinus-formet og mindre stejl end i det normale hop.



Videre læsning:
Jonas Andersen Bro et al.: *The macroscopic pancake bounce*. European Journal of Physics, 2017. Vol. 38, 015006.

Pancake bouncing balloons (video):
www.youtube.com/watch?v=hpsnxFhEg-TI&t=11s, 2015.

Yahua Liu et al.: *Pancake bouncing on superhydrophobic surfaces*. Nature Physics, 2014. Vol. 10, s. 515-519

Alex Larsen et al.: *Pancake bounce*, studenter rapport RUC, 2015.
<http://rutar.ruc.dk/handle/1800/24942>

"When water balloons hit a bed of nails and don't pop", New York Times, 2016/12/23.

For en overfladestruktur, der ligner små tætsiddende pigge, viser det sig, at vanddråber laver pandekagehop, når Webertallet er større end 12. Da har den væske, der trænger ned mellem piggene og skydes op igen pga. frastødning, nok kinetisk energi til at løfte vanddråben fra overfladen.

Med vandballonprojektet, ville gruppen undersøge, om de kunne reproducere pandekagehoppet på makroskopisk skala. Ideen var, at gummi i ballonen skulle spille rollen som vanddråbens overfladespænding, mens sømbrættet skulle efterligne den mikroskopiske struktur af den superhydrofobe overflade. Når vandballonen rammer sømbrættet, trænger en del af ballonen

ned mellem sømmene, og gummi strækkes, ligesom når man hopper på en trampolin. Og ligesom når man hopper på en trampolin, slynges væsken tilbage.

Forskellig fysik – samme opførsel

Det viser sig, at ballonernes dynamiske opførsel overraskende meget ligner vanddråbernes. Ikke alene var projektgruppen i stand til at reproducere pandekagehoppet med vandballonerne med præcis den samme reduktion i kontakttid som i det mikroskopiske eksperiment. De fandt også, at overgangen fra almindeligt hop til pandekagehop skete ved sammenlignelige kollisionsparametre, nemlig for et Webertal mellem 8 og 10.

Opførslen er altså den samme på trods af, at de fysiske processer bag er forskellig – i det ene tilfælde er det intermolekylære interaktioner, der udløser pandekagehoppet, mens det i det andet er de elastiske egenskaber af gummi. Ved at opskalere forsøget gjorde de studerende det muligt nemt at måle kollisionskræfterne tidsopløst, hvilket giver en dybere indsigt i dynamikken bag pandekagehoppet.

Disse superhydrofobe overflader og pandekagehoppet er interessante, netop fordi kontakttiden reduceres markant. Det kan have praktiske anvendelser inden for udvikling af selvrensende, anti-frost eller anti-dug overflader fx på solcelleanlæg og flyvinger.

ER DU I TVIVL OM DIT KOMMENDE STUDIEVALG?

BLIV STUDERENDE FOR EN DAG

Overvejer du at læse på universitetet
– måske en naturvidenskabelig
uddannelse eller en ingeniøruddannelse?

Så har du mulighed for at blive
'studerende for en dag' på Aarhus Universitet



Se hvilke
uddannelser der
tilbyder 'Studerende
for en dag' og
læs mere på

- › Oplev hverdagen som studerende
- › Vær med til både undervisning og andre faglige aktiviteter
- › Stil alle dine spørgsmål direkte til en studerende
- › Måske bliver du klogere på dit studievalg

[SCITECH.AU.DK/STUDERENDEFORENDAG](https://scitech.au.dk/studerendeforendag)



AARHUS
UNIVERSITET
SCIENCE AND TECHNOLOGY

SUKKERETS VÆRDIFULDE BINDING

Kemikere vil meget gerne kunne bygge små molekyler af sukkerstoffer (oligosakkarider) i laboratoriet, da sådanne molekyler kan have stor forskningsmæssig og kommerciel værdi. En stor udfordring er at styre den kemiske binding mellem molekylets grundkomponenter, men her kan de rette metalforbindelser hjælpe på vej, viser Robert Madsens forskning.

Om forfatteren

Carsten R. Kjaer,
Aktuel Naturvidenskab



**DET FRIE
FORSKNINGSRÅD**
DANISH COUNCIL
FOR INDEPENDENT
RESEARCH

Artiklen bringes i samarbejde med Det Frie Forskningsråd | Natur og Univers.

Det Frie Forskningsråd dækker alle videnskabelige hovedområder og uddeler hvert år godt 1 mia. kr. til forskningsprojekter baseret på forskernes egne ideer. Det Frie Forskningsråd består af 84 anerkendte forskere udpeget på baggrund af deres høje faglige kompetence. Formand for Det Frie Forskningsråd | Natur og Univers er professor ved Danmarks Tekniske Universitet, Lars Arge. Læs mere på detfrieforskningsraad.dk

Liv kan beskrives som en slags kompliceret kemi. Og i livets kemi spiller tre typer makromolekyler en hovedrolle, nemlig proteiner, nukleinsyrer og oligosakkarider, hvor sidstnævnte består af kulhydrater (sukkerstoffer). De indgår i stort set alle processer i levende organismer. Forskere er derfor meget interesserede i at studere disse biomolekyler og deres vekselvirkninger, fordi det kan være nøglen til at forstå en lang række biologiske processer. Dermed er det også af stor praktisk værdi, fx i forbindelse med udvikling af nye lægemidler.

Til studierne har man brug for simple udgaver af disse komplekse molekyler, som man har 100 % styr på. Dvs. man skal fx være

sikker på, at det udelukkende er et veldefineret molekyle, man arbejder med og ikke en blanding af flere varianter. Det er meget svært at skaffe sådanne veldefinerede molekyler ved blot at isolere dem fra naturlige kilder. Derfor forsøger kemikere i stedet at gøre naturen efter og bygge simple udgaver af molekylerne op i laboratoriet. Den kunst har forskerne bragt til et stade, hvor man i dag hurtigt og effektivt kan bygge relativt store molekyler af proteiner og nukleinsyrer på specialiserede syntesemaskiner.

Oligosakkariderne har derimod vist sig som en langt mere vanskelig nød at knække for kemikerne.

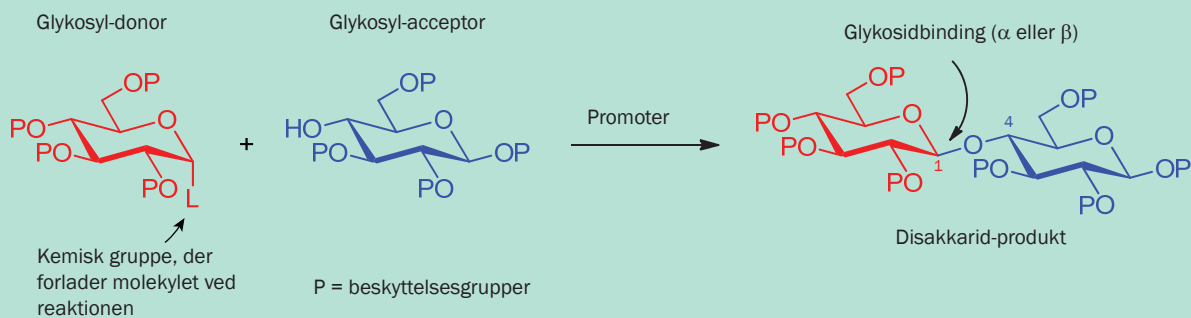
»Det er en meget arbejdskrævende proces at bygge oligosakkarider via

kemisk syntese,« fortæller Robert Madsen, der er professor ved Institut for Kemi på DTU. Men der er grund til optimisme: I et projekt finansieret af Det Frie Forskningsråd | Natur og Univers har Robert med sin forskningsgruppe opnået resultater, der peger på, at oligosakkarider i fremtiden vil kunne fremstilles betydeligt mere effektivt i laboratoriet.

Kemisk modulbyggeri

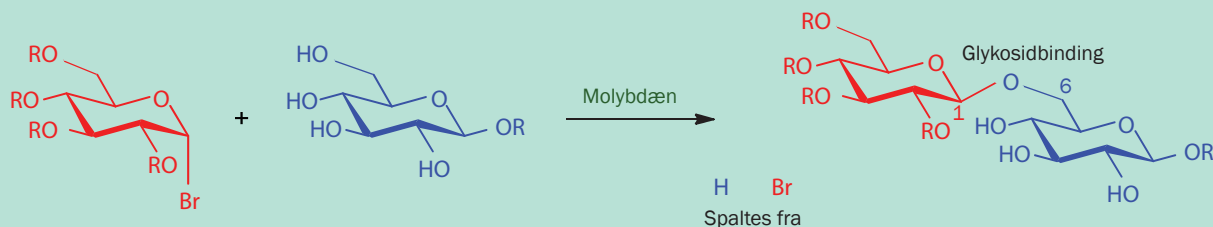
Når man betragter den kemiske struktur af proteiner, nukleinsyrer og oligosakkarider, er det karakteristisk for dem, at de populært sagt alle er modulopbyggede. Dvs. de er opbygget af et stort tal grundlæggende enheder, der er bundet sammen. Proteinerne er grundlæggende opbygget af lange kæder af aminosyrer, som foldes i

Dannelsen af en glykosidbinding i laboratoriet



Øverst ses princippet i dannelsen af en glykosidbinding i laboratoriet, hvor to monosakkarider – en donor og en acceptor – kobles sammen. Alle hydroxygrupper (OH), man ikke ønsker indgår i bindingen, er blokeret af beskyttelsesgrupper. I dette eksempel sker bindingen

ved kulstofatomerne med position hhv. 1 og 4 i de to kulstofringe. Koblingen kan give anledning til to rumligt forskellige udgaver af det endelige disakkarid. For at få reaktionen til at forløbe er der brug for reagenser (promoter), som også forbruges i reaktionen.



En tilsvarende reaktion er illustreret herover. Her bruges metallet molybdæn til at guide reaktionen, så man ikke behøver blokere alle hydroxygrupperne. Molybdæn binder sig til to af hydroxygrupperne og forøger derved deres reaktivitet, så bindingen

sker her fremfor ved andre hydroxygrupper – i dette tilfælde ved kulstofatomerne med position 1 og 6. Udover de viste forbindelse indgår der også reagenser i reaktionen, som er tilsat med henblik på at binde det fraspaltede hydrogen og brom.

en kompliceret struktur i det aktive proteinmolekyle. Nukleinsyrerne (som DNA) er opbygget af en lang streng af kemiske byggeblokke kaldet nukleotider.

Hvad oligosakkarider angår, antyder navnet allerede, at der her er tale om "få" (oligos = ringe antal på græsk) sakkarider. Grundenheden i oligosakkarider kaldes monosakkarider, og dem findes der en del forskellige af – fx glukose, fruktose og mannose, som er nogle af de mere kendte. Generelt siger man, at der er tale om et oligosakkarid, når stoffet indeholder mellem 3 og ca. 25 monosakkarider. Forbindelser med flere monosakkarider kaldes polysakkarider og kan være meget komplekse molekyler med tusindvis af monosakkarider koblet sammen som i stivelse, cel-

lulose og glykogen.

»For en kemiker kan det være en udfordring bare at koble to monosakkarider sammen«, fortæller Robert. »Og hvis man vil koble 25 monosakkarider sammen, snakker vi om et helt ph.d.-projekt. Til sammenligning kan man på syntesemaskiner let koble op til 50 nukleotider eller aminosyrer sammen til et veldefineret molekyle«.

Hermed er det også antydnet, at problemet ikke ligger i at skaffe byggeklodserne – monosakkariderne – men at det hele handler om den kemiske binding, der kobler monosakkariderne sammen.

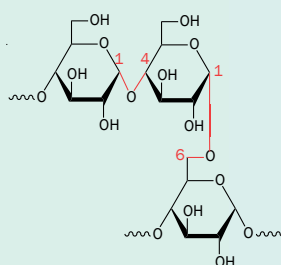
En tricky binding

Mens aminosyrer og nukleotider kobles sammen med simple

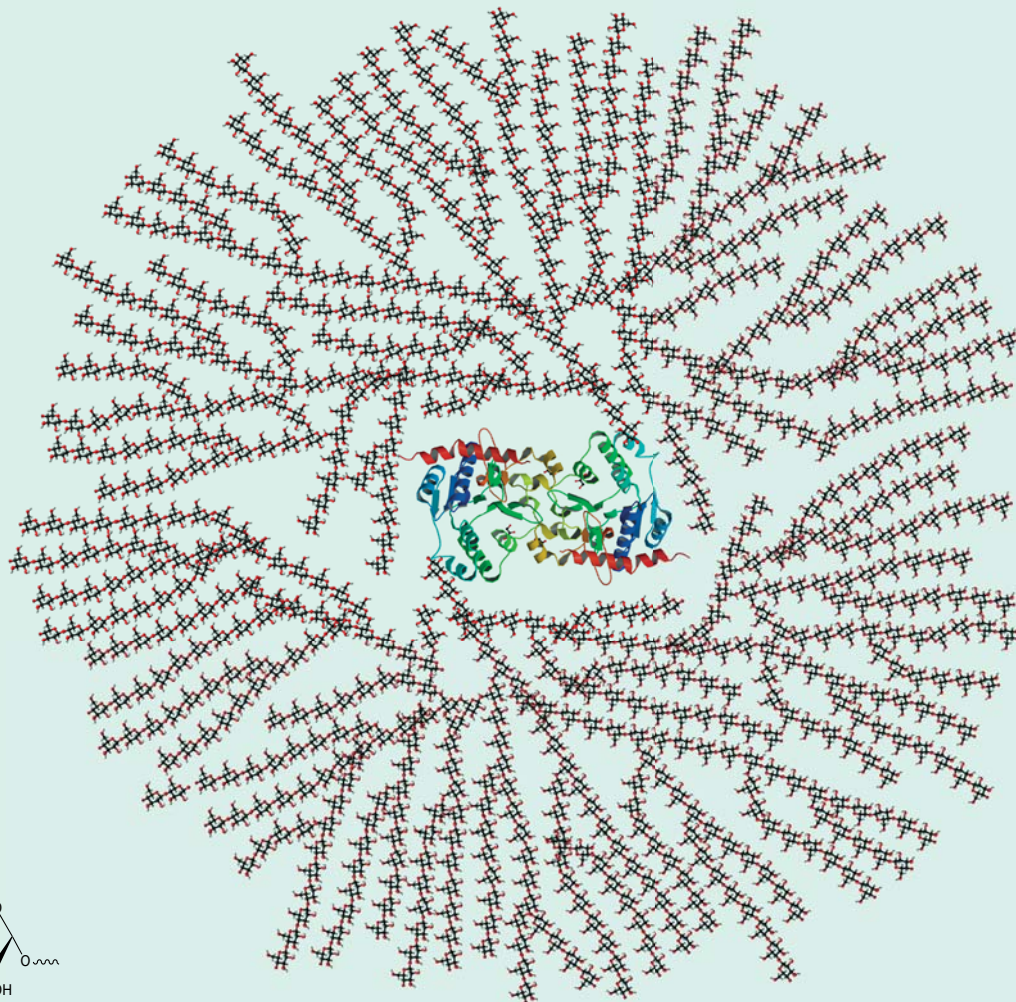
Robert Madsen

Robert Madsen er professor ved institut for Kemi på DTU. Han modtog sin ph.d.-grad i kulhydratkemi fra DTU i 1992 og arbejdede herefter som postdoc i USA ved henholdsvis Duke University og Stanford University. Siden 1996 har han forsket i kulhydrater og metalleres kemi ved DTU, hvor han blev udnævnt til professor i 2003. Hans forskningsgruppe har uddannet over 30 ph.d. studerende og modtaget mange bevillinger fra både private og offentlige råd og fonde. Robert Madsen har også modtaget flere priser for sin forskning herunder Torkil Holms Forskningspris og Bjerrum-Brønsted-Lang forelæsningsen.





Kompleksiteten i polysakkarider kan illustreres med molekylet glycogen, som er opbygget af tusindvis af glukosemolekyler (den farvede struktur i midten er et enzym, glucogenin). Alle de



lineære kæder er forbundet med α -1,4-glykosidbindinger, mens forgreningspunkterne er et resultat af α -1,6-glykosidbindinger. Glykogen fungerer i dyr og mennesker som energidepot. Illustration: Mikael Hægström

kemiske bindinger (kaldet hhv. amidbindinger og fosfodiesterbindinger), er den kemiske binding mellem to monosakkarider en mere kompliceret sag. Denne type binding kaldes en glykosidbinding, og for syntese-kemikeren er der to udfordringer i at få den til at opføre sig præcis som ønsket.

»Den ene udfordring er, at der kan dannes to rumligt forskellige udgaver af det resulterende molekyle, når man kobler monosakkarider sammen«, siger Robert. »Og den anden er, at der er flere forskellige kemiske grupper på monosakkariderne, der potentielt kan indgå i bindingen. Så den store kunst er at få bindingen til at ske netop der, hvor man ønsker den.«

Det er den anden af disse udfor-

dringer, Robert har haft fokus på i sit projekt.

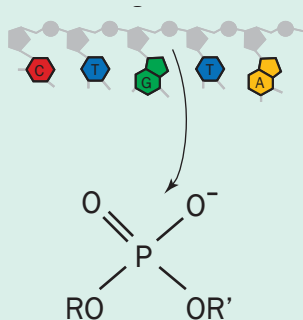
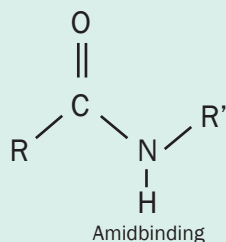
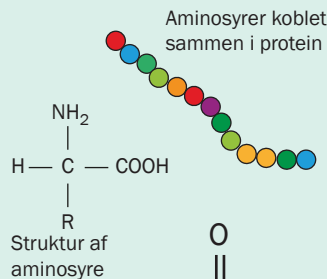
Monosakkarider er grundlæggende opbygget som ringformede strukturer, hvor ringen primært består af kulstofatomer. På nogle af kulstofatomerne sidder der såkaldte hydroxygrupper, der kemisk set består af et hydrogen- og et oxygenatom (OH). En glykosidbinding opstår ved, at et monosakkarid reagerer med en hydroxygruppe på et andet monosakkarid.

»Problemet er så, at der på monosakkarider kan være 3-5 hydroxygrupper, og hvis man ønsker, at bindingen opstår et helt specifikt sted, skal man have styr på de øvrige hydroxygrupper, så de ikke blander sig utidigt,« fortæller Robert.

Traditionelt har man gjort det ved at reagere hydroxygrupperne med kemiske forbindelser, så kun en af dem er fri til at reagere, mens de andre er blokerede, når de to monosakkarider skal kobles sammen. Denne fremgangsmåde kræver i sagens natur en række ekstra reaktioner i syntesen af det færdige oligosakkarid. Derudover skal de molekyler, man bruger til at blokere hydroxygrupperne med, fjernes igen efter at oligosakkaridet er dannet. Det kræver endnu en arbejdsgang og producerer også et affaldsprodukt, der skal håndteres.

Metaller kan dirigere koblingen

»I forskningsprojektet har vi arbejdet med at udvikle en ny strategi til at koble monosakkariderne



Fosfodiesterbinding

Nukleinsyrer som DNA og proteiner er ligesom oligosakkarider modulopbyggede. Men de kemiske bindinger, der kobler modulet sammen, er mere simple og derfor lettere at lave i laboratoriet. Illustrationen viser den principielle struktur af disse bindinger, hhv. amidbindingen og fosfodiesterbindingen.



I laboratoriet kan man i dag let fremstille oligomerer af DNA og RNA med automatiske syntesemaskiner. Billedet viser en model fra det danske firma Oligomaker Aps. Med et sådant apparat kan man fx lave 10 oligomerer bestående af hver 20 nukleotider på under 2,5 time. Foto: Oligomaker.

sammen uden at bruge kemiske beskyttelsesgrupper til at skærme hydroxygrupperne af», fortæller Robert. »Det minder en smule om, hvordan processen foregår i naturen, hvor enzymet glykosyl-transferase klarer sammenkoblingen, ved at enzymet binder substratet i sit aktive site, sådan at kun en bestemt reaktion kan forekomme.«

Tricket er at udnytte metalholdige forbindelser til at dirigere koblingen, således at den kun finder sted med én bestemt hydroxygruppe.

»Princippet består i, at et monosakkarid med frie hydroxygrupper blandes med et metal, hvorved metallet binder til to af hydroxygrupperne. Afhængig af det valgte metal, kan der herefter ske to ting. Enten forøges reaktiviteten af én

af de bundne hydroxygrupper, således at den efterfølgende kobling med et andet monosakkarid kun finder sted med denne gruppe. Alternativt kan metallet nedsætte reaktiviteten af begge hydroxygrupper, og koblingen vil herefter finde sted med en tredje gruppe, som ikke er bundet til metallet,« forklarer Robert.

Han fortæller, at metallet kan være tin eller bor, som dog begge har ulemper. Tin-forbindelser er giftige og vanskelige at adskille fra organiske forbindelser, mens bor-forbindelser er kostbare. I projektet har Robert og kolleger derfor undersøgt en række andre metaller.

»Vi opdagede, at molybdæn-forbindelser også kan anvendes til at dirigere koblingen,« siger

Robert. »Molybdæn-forbindelser er både billige og relativt ugiftige og udgør derfor et godt alternativ til tin- og bor-forbindelserne. Molybdæn-forbindelser virker ved at binde til to hydroxygrupper i et monosakkarid, hvilket øger reaktiviteten af den ene gruppe. Koblingen til et andet monosakkarid sker derefter kun til denne hydroxygruppe, på trods af at molekylet indeholder adskillige andre hydroxygrupper.«

På denne måde er det muligt at koble to monosakkarider, uden at hydroxygrupperne i det ene først skal skærmes via en række separate reaktioner. Det dannede produkt vil være et disakkarid, som efterfølgende kan reagere videre via samme reaktion til et trisakkarid. Ifølge Robert Madsen

Videre læsning

Böttchera, S. & Thiema, J. (2014): Glycosylation Employing Unprotected Carbohydrate Acceptor Components. *Current Organic Chemistry*, 18, 1804-1817. (Artiklen er "pay per view").

Projekttitel: Metal-Directed Glycosylation with Unprotected Carbohydrates

Virkemiddel: Forskningsprojekter (2012).



Syntesemaskiner til at lave oligosakkarider er så småt ved at blive kommercielt tilgængelige. Billedet viser *The glyconeer* fra det tyske firma GlycoUniverse GmbH.

er det ikke realistisk at lave længere oligosakkarider udelukkende ved brug af metaller til at dirigere koblingerne.

»Men teknikken gør det muligt nemt at fremstille en række di- og trisakkarider, som kan fungere som byggesten i fremstillingen af længere oligosakkarider,« siger han.

Forskning med mange perspektiver

Der er en hel række områder, hvor let adgang til at fremstille veldefinerede oligosakkarider, kan få stor praktisk betydning. Det gælder ikke mindst inden for udviklingen af nye lægemidler. Oligosakkarider er involveret i en lang række vitale processer i vores organisme som kommunikation mellem celler, immunrespons, udvikling af kræft og andre sygdomme. Derfor er forbedrede metoder til at fremstille oligosakkarider afgørende for at kunne

studere nogle af de fundamentale biologiske vekselvirkninger, disse molekyler indgår i, ligesom de i sig selv kan være en komponent i et nyt lægemiddel.

Indenfor fødevarerområdet kan der også være interessante anvendelser – fx i forbindelse med fremstilling af kulhydrater, som kan tilsættes fødevarer.

Også indenfor udvikling af nye metoder til produktion af produkter ud fra biomasse – fx biobrændsler – er der oplagte perspektiver, idet forskning bygget på veldefinerede oligosakkarider vil kunne hjælpe forskere med at øge forståelsen af, hvordan enzymer nedbryder biomasse.

Alt sammen hænger det altså på, hvor god man kan blive til at lave en bestemt kemisk binding – glykosidbindingen – i laboratoriet. En drøm vil selvfølgelig være at opnå

samme hurtighed og effektivitet, hvormed man i dag producerer oligonukleotider og -peptider på syntesemaskiner i laboratoriet. Men her må man ifølge Robert Madsen indstille sig på, at det på grund af den meget mere komplicerede kemiske binding næppe nogensinde vil være muligt at matche den effektivitet, man kan producere de to andre biomolekyler med.

»Det er faktisk muligt i dag at producere oligosakkarider på syntesemaskiner, men det er som sagt ikke særlig effektivt. Der er dog ingen tvivl om, at det kan gøres meget bedre, og vores resultater kan bidrage til denne udvikling«, slutter Robert. ■

NYT LYS PÅ ANTIVERDENEN

En teknisk kræftpræstation. Sådan lød reaktionen, da forskere ved ALPHA-eksperimentet ved CERN for nylig kunne annoncere, at det er lykkedes dem at udføre de første spektroskopiske målinger på antibrint. Med en ultraviolet laser har forskerne målt, hvilken frekvens af lys der skal til for at excitere en positron – antiudgaven af en elektron – fra dens grundtilstand til næste energiniveau. De fandt ingen forskel til den tilsvarende energitransition i almindelig brint, hvilket er et vigtigt skridt på vejen mod at forstå atomernes antiverden.

Ifølge Jeffrey Hangst fra Aarhus Universitet, der er leder af ALPHA-eksperimentet, er resultatet den foreløbige kulmination af 20 års arbejde indenfor feltet. Jeffrey Hangst var også koordinator af eksperimentet ATHENA, der i 2002 som de første lykkedes med at fremstille antibrint med lav energi. I 2010 blev en anden milepæl nået, da forskerne ved ALPHA-eksperimentet stiftet og ledet af Jeffrey Hangst kunne demonstrere, hvordan antibrint kunne fanges i en magnetisk fælde. I den forbindelse lykkedes det at fastholde antibrint så længe (16 minutter), at forskerne kunne udføre den første måling, fordi antibrintet indenfor dette tidsrum nåede ned på sin grundtilstand. Det resultat blev offentliggjort i 2011. Siden

har forskerne arbejdet på at kunne studere antibrints vekselvirkning med lys, hvilket altså nu er lykkedes.

Svært at lave koldt antibrint

Den helt store udfordring ved at eksperimentere med antibrint er, at antistof øjeblikkeligt udslettes, når det kommer i kontakt med almindeligt stof. Det er derfor, at det skal indfanges i magnetiske fælder, der er under ekstremt vakuum og kølet til ultralave temperaturer.

I dag kan forskerne ved ALPHA-eksperimentet producere ca. 25.000 antibrintatomer hvert kvarter. Det foregår ved at kombinere positroner udsendt fra en radioaktiv kilde med antiprotoner, der produceres i en partikelaccelerator og efterfølgende bremser og nedkøles. Men af de 25.000 antibrintatomer, forskerne kan lave på den måde, er det kun ganske få – ca. 14 – der har tilstrækkelig lav energi til, at forskerne kan indfange og studere dem med spektroskopiske teknikker. At forfine teknikken til at gøre det har taget flere års hårdt arbejde.

Målet for gruppen og for antistof-programmet på CERN er at undersøge, om stof og antistof følger de samme fysiske love, hvilket de ifølge teorien burde gøre. Når forskerne belyser antibrint i dets grundtilstand med elektromagnetisk stråling i form af

laserlys, er det muligt at se, om antibrint absorberer energi på samme måde som brint. Og det har forskerne så nu med en meget høj grad af nøjagtighed kunnet slå fast faktisk er tilfældet. I kommende eksperimenter vil forskerne lade antibrint vekselvirke med et bredt spektrum af laserenergi for yderligere at teste dets ligheder med almindelig brint.

Brudte symmetrier

At der udfoldes så store anstrengelser for at måle på antibrint skyldes, at en bedre forståelse af "antiverdenen" kan være med til at besvare nogle meget fundamentale spørgsmål om vores univers.

Ifølge kvantemekanikken vil der dannes både en partikel og en modsvarende antipartikel, hver gang energi omdannes til stof. Og når stof og antistof mødes, vil de to partikler udslette hinanden. Betragter man Universet i dag, ser man imidlertid masser af stof, men ikke rigtig noget antistof. Så hvor er antistoffet blevet af? Er forklaringen, at der findes en grundlæggende asymmetri mellem stof og antistof, der gør, at stof i det lange løb vil vinde over antistof? Fremtidens eksperimenter vil forhåbentlig give en god forklaring på dette mysterium.

CRK, Kilder: Nyhedsbrevet Rømer, Aarhus Universitet. Nature, 19. december 2016

Jeffrey Hangst omgivet af instrumenter, der er en del af ALPHA-eksperimentet på CERN. Foto: Maximilien Brice, CERN

FISKEN I FISKELERET

– et gammelt mysterium optrævles

Om forfatterne



Jesper Milán er palæontolog og Museumsinspektør på Geomuseum Faxe, som er en del af Østsjællands Museum. Han er formand for Danekræudvalget og forsker især i dyrelivets udvikling omkring Kridt/Paleogen-grænsen i Danmark.

jesperm@oesm.dk



Werner Schwarzhans er pensioneret oliegeolog og nu gæsteforsker på Statens Naturhistoriske Museum, hvor han forsker i fossile og nulevende fisk og er især kendt for sin enorme ekspertise i fossile ørsten fra fisk.

Fiskeleret på Stevns Klint er verdensberømt, da det markerer den dramatiske overgang mellem Kridttiden og Paleogentiden, hvor bl.a. dinosaurerne uddøde sammen med halvdelen af Jordens dyreliv. Men hvorfor hedder det fiskeleret? Her er historien om den eneste større stump fisk, der hidtil er fundet i leret.

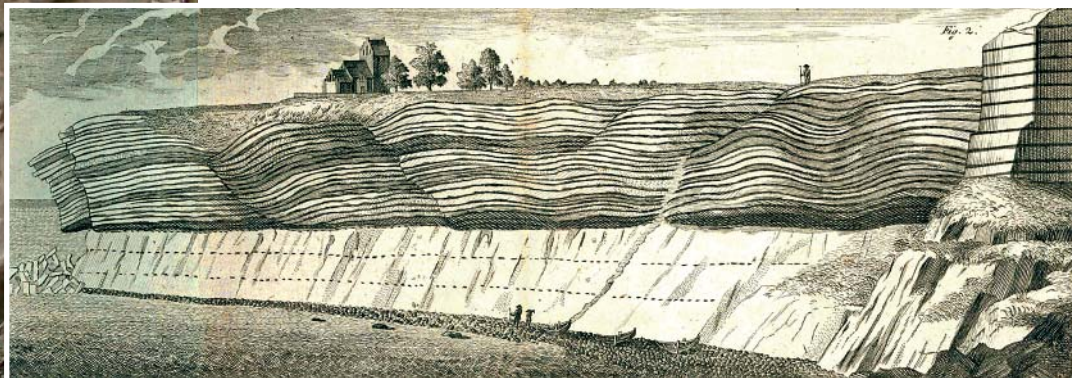
Stevns Klint i det østlige Danmark blev i 2014 erklæret for UNESCO Verdensarv, da det er det bedste sted i verden at se den berømte, 66 millioner år gamle geologiske grænse mellem Kridttiden og den efterfølgende Paleogentid (som tidligere hed Tertiærtiden). Selve grænsen ses tydeligt i klinten som et tyndt linseformet lerlag, der adskiller det hvide, fine skrivekridt fra den grovere overliggende bryozokalk. Det, der gør Fiskeleret så berømt, er, at det har været med til at løse en del af gåden om, hvad der udløste den

store masseuddøen ved slutningen af Kridttiden, hvor over halvdelen af alle dyr på jorden uddøde. Fiskeleret indeholder nemlig en forhøjet koncentration af grundstoffet iridium, der er meget sjældent på Jorden, men forekommer i større mængder i meteoritter. Det var det, der i 1980 fik Walter og Luis Alvarez til at fremsætte den banebrydende og kontroversielle teori om, at en asteroide på ca. 10 kilometer i diameter ramte jorden og var med til at udløse den store massedød, der afsluttede Kridttiden. Siden da har Fiskeleret næsten været synonymt

med nedslaget og iridium-indholdet. Men hvad der sjældent nævnes er historien bag navnet Fiskeleret, for kan man virkelig finde fossile fisk i det?

Fiskeleret - en gammel historie

Enhver, der har stået med et stykke af fiskeleret i hånden eller betragtet det tynde lerlag, som det løber i klinten, vil have bemærket, at man stort set aldrig finder fossiler i det. Så hvordan kan det være, at lerlaget fik det besynderlige navn, og hvem var personen, der fandt på det?



↑ Den videnskabelige interesse for Stevns Klint strækker sig mange hundrede år tilbage i tiden. Her ses den tidligste publicerede geologiske tegning af klinten lavet af Søren Abilgaard i 1759.

← Stevns Klint er det bedste sted i verden at se det berømte geologiske grænselag mellem Kridt og Tertiær tiden, Fiskeleret.

↓ Fiskeleret ses tydeligt i klinten som et mørkt lerlag mellem det hvide, bløde skrivekridt fra Kridttiden og det overliggende grovere kalk fra Danien-tiden. Foto Jesper Milån.



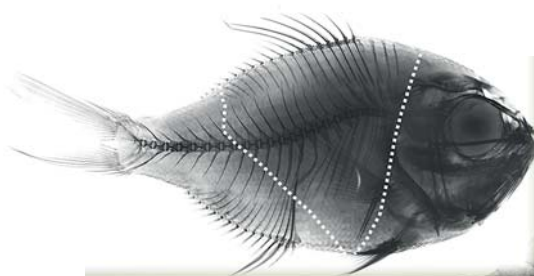
Den geologiske litteratur over Stevns Klint strækker sig flere hundrede år tilbage i tiden. Den første skriftlige beskrivelse af klinten får man i 1759, hvor den Danske naturforsker Søren Abilgaard på opfordring fra Kong Christian den Femte skrev afhandlingen *Beskrivelse over Stevns Klint og dens naturlige mærkværdigheder* hvori han omtaler »... en tynd bruunrødagtig jordskorpe som bedækker det øverste kridt eller kalkstenslag...«. Abilgaard omtaler ikke fund af nogle fossiler i laget og tilknytter heller ikke noget specifikt navn til det.

Næste gang, lerlaget omtales i litteraturen, er af den danske geolog Georg Forchhammer, der i sin afhandling *Om de Geognostiske forhold I en deel af Sjælland og Nabo-eøerne* fra 1826 betegner lerlaget som »...et tyndt lag af skifrigt ler... med en dyb furet musling, haitand og en zoophyt.«

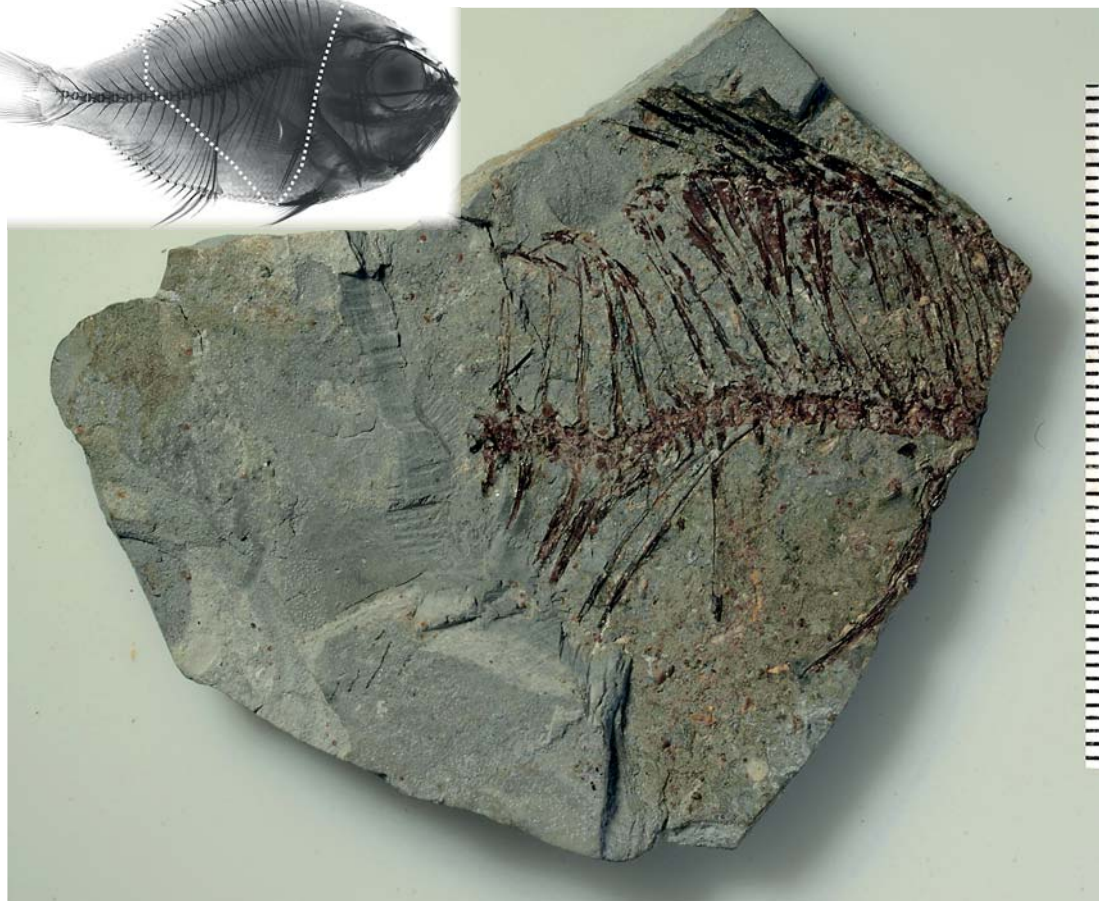
Så her omtales altså for første gang fossiler fra laget, men der gives ikke noget specifikt navn til det. I 1853 udgiver Forchhammer bogen *Danmarks geognostiske forhold*, men her bliver grænselaget blot

omtalt som et tyndt lerlag. Den engelske Geolog Charles Lyell besøger Stevns i 1836 og skriver en afhandling i 1837 med titlen *On the Cretaceous and Tertiary strata of the Danish islands of Seeland and Möen*. Heri beskriver Lyell laget som »...a layer of bituminous, laminated clay, from one to several inches in thickness...«. Men nævner ikke tilstedeværelsen af fossiler. Men det ændrer sig i 1849, da Forchhammer udgiver afhandlingen *Det Nyere Kridt i Danmark*. Heri omtaler Forchhammer grænselaget både som et »Leerlag med talrige fiskefossiler«

→ Fisken fra Fiskeleret tilhører sandsynligvis Beryx-familien, og her ses et røntgenbillede af et nulevende medlem af Beryx-familien. Man ser tydeligt, at der er store ligheder mellem fossile og nulevende former. Foto Werner Schwarzhans.



→ Det hidtil eneste eksisterende sammenhængende fiskeskelet, der er fundet i Fiskeleret findes nu i samlingen på Østsjællands Museum. Foto Sten Lennart Jakobsen



Videre læsning
Abildgaard, S. 1759. Beskrivelse over Stevns Klint og dens naturlige mærkværdigheder. København, 1759.

Forchhammer, G. 1826. Om de Geognostiske forhold i en del af Sjælland og Naboeøerne. Det Kongelige Danske Videnskabs Selskab, Physiske og Mathematiske Skrifter 1(2), 248-280.

Forchhammer, G. 1849. Det Nyere Kridt i Danmark. Forhandlinger ved de Skandinaviske Naturforskeres femte møde der afholdtes i København, 528 – 550.

Johnstrup, F. 1867. Om Faxekalken ved Annatorp i Skaane. Det Kongelige Danske Videnskabs Selskab, Physiske og Mathematiske Skrifter 6, 3-14.

Lyell, C. 1837. On the Cretaceous and Tertiary strata of the Danish Islands of Seeland and Moen. Transactions of the Geological Society of London, Second Series, v.2, 243-257.

og mere henkastet som »Fiskeleer«. Forchhammer nævner, at fiskefossilerne er talrige, men uartikulerede, men at der eksisterer et enkelt, »... nogenlunde fuldstændigt skelet af en lille fisk der som forresten ikke er nøjere bestemt« i samlingen på Universitetsmuseet, hvad der i dag er Statens Naturhistoriske Museum. Så navnet Fiskeler optræder altså for første gang i litteraturen i 1849. Dette navn bliver brugt igen af en anden dansk geolog, F. Jonstrup, i sin afhandling *Om Faxekalken ved Annatorp i Skaane* fra 1867. Siden da har grænselaget heddet Fiskeleret i den efterfølgende geologiske litteratur og er blevet oversat til henholdsvis ”Fishclay” på engelsk og ”Fishton” på tysk. Og angående fiskeindholdet kan man, hvis man sigter Fiskeler eller betragter det i mikroskop, være heldig at finde samlinger af meget små usammenhængende fiskeknogler. Så der er altså fisk i Fiskeleret.

Fisken i Fiskeleret

I udstillingen på Stevns Museum i Højerup, indgår en lille plade af fiskeler med et delvist bevaret fiskeskelet. Stykket har eksisteret i

samlingen på Stevns Museum, så længe nuværende og pensionerede medarbejdere kan huske tilbage. Der findes dog ingen data på, hvornår eller hvor det er indsamlet, og den geolog, der i sin tid var tilknyttet Stevns Museum og var med til at lave den første geologiske udstilling derude, er nu afdød, og der er ikke efterladt oplysninger om indsamling, lån eller donation af stykket. Så hvor stammer dette stykke med fiskeskelet fra? Den eneste anden omtale nogensinde af et fund af et sammenhængende fiskeskelet i fiskeleret, er det stykke, som Forchhammer omtaler i 1849, og som skulle findes i Universitetets Museums samling. Hverken stykket eller oplysninger om det eksisterer imidlertid i samlingen på Statens Naturhistoriske Museum. Så er det muligt, at stykket fra Stevns Museum i virkeligheden er det stykke, som Forchhammer omtaler tilbage i 1849? Beskrivelsen, som Forchhammer gav af stykket som værende et »... nogenlunde fuldstændigt skelet af en lille fisk der som for resten ikke er nøjere bestemt.« passer ret godt med stykket fra Stevns Museum. I så fald er det altså sandsynligt, at der

kun er fundet et eneste sammenhængende fiskeskelet fra Fiskeleret, og at det blev fundet for over 170 år siden!

Hvad for en fisk!

Uanset om fisken er den samme som den, Forchhammer omtalte i 1849, som »... forresten ikke nøjere bestemt«, så er den pågældende fisk faktisk heller ikke siden blevet nøjere bestemt. Og nu har vores nyeste undersøgelser vist, at det desværre heller ikke er muligt. For selvom den bevarede del af skelettet er perfekt sammenhængende, mangler både hoved og hale, hvor mange af de træk, man bruger til at bestemme fiskene ud fra, findes. Det tætteste, vi kan komme på en bestemmelse, er, at fisken kan henføres til Beryx-familien, der regnes for en primitiv fiskefamilie. Man kender Beryx-familien helt tilbage fra starten af Kridttiden for omkring 135 millioner år siden, og det bemærkelsesværdige ved dem er, at Kridttidens berycider kun adskiller sig ganske lidt fra de moderne former af familien. Derfor er beryciderne af stor interesse i studiet af fiskenes udvikling. ■



VÆLG DEN RIGTIGE UDDANNELSE FOR DIG

På Københavns Universitet har du gode muligheder for at opleve vores 21 naturvidenskabelige bacheloruddannelser. Det hjælper dig til at vælge den uddannelse, der bedst matcher, hvad du vil. Du kan blandt andet:

- Komme til Åbent Hus den 1. og 3. marts
- Blive "Studerende for en dag"
- Gå i tre dages studiepraktik
- Besøge os med din klasse

Læs mere om vores uddannelser og
dine mange muligheder på **SCIENCE.KU.DK/BA**

21 NATURVIDENSKABELIGE BACHELORUDDANNELSER:

Biokemi, Biologi, Biologi-bioteknologi, Datalogi, De fysiske fag, Forsikringsmatematik, Fødevarer og ernæring, Geografi og geoinformatik, Geologi-geoscience, Have- og parkingeniør, Husdyrvidenskab, Idræt, Jordbrugsøkonomi, Kemi, Landskabsarkitektur, Matematik, Matematik-økonomi, Molekylær biomedicin, Nanoscience, Naturressourcer, Skov- og landskabsingeniør

FØLG OS PÅ FACEBOOK OG INSTAGRAM OG FÅ
MERE INFO OM STUDIELIVET PÅ UDDANNELSERNE:

 Læs på SCIENCE

 @scienceku

KØBENHAVNS UNIVERSITET
DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET





NÅR BJØRNEN GÅR I HI

Forfatterne



Karen G. Welinder er professor emerita (civilingenør i kemi, lic. techn.) i bioteknologi ved Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet.
kgw@bio.aau.dk



Michael Toft Overgaard er professor mso, samme sted (cand.scient. og ph.d.).
mto@bio.aau.dk



Ole Frøbert er overlæge og adjungeret professor ved Universitetssjukhuset Örebro, Sverige (MD, ph.d.).
ole.frøbert@regionorebrolan.se

Den brune bjørn tilbringer ca. 6 måneder i vinterhi, hvor den hverken får vådt eller tørt. Forskere forsøger at forstå de biokemiske og fysiologiske tilpasninger, der ligger bag bjørnens fascinerende evne til at spare på ressourcerne.

Bjørnen er rask og rørig, når den om foråret forlader sit vinterhi og begynder at lede efter føde.

I de forgangne 6 måneder i hi har den ligget nogenlunde stille uden at få liggesår, blodpropper eller hjertesvigt trods en puls på kun 10 slag per minut. Muskel- og knoglemasse er næsten uændret, mens fedtet er væk. Den har hverken spist eller drukket, haft afføring eller tisset. Alligevel er den ikke forgiftet af affaldsstoffer. Bjørnen er altså understøttet med biokemiske netværk, der tillader næsten fuldstændigt genbrug af cellernes slidte komponenter. Vi mennesker ville gerne kunne efterligne bjørnen i det omfang, der

passer os: Drive den af uden konsekvenser for helbredet, og spare på mad, vand og energi, måske.

Bjørneprøver

Det skandinaviske bjørneprojekt har siden 1984 studeret de vilde brune bjørne i felten for at sikre sunde bestande. Da bjørnens tilpasning til overlevelse i vinterhi er en oplagt inspirationskilde for patientbehandling, blev projektet udvidet efter 2009 på initiativ af Ole Frøbert. Unge bjørne har tidligere fået GPS-halsbånd på, når de kom frem i april. I jagtsæsonen om efteråret bestemmer projektgruppen, hvilke bjørne der befinder sig i et passende område af Dalarne

i Sverige. I februar spores så 7-10 udvalgte unge bjørne. De gamle er for farlige at håndtere. Forskerne bedøver og vejer dyret, måler fysiologiske parametre samt tager især blodprøver, før bjørnen skubbes tilbage i hiet. Nøjagtig de samme dyr spottes igen i juni fra helikopter, og nye prøver tages.

Analysen af blodprøverne viser, hvordan bjørnens overordnede fysiologi i hi er blevet tilpasset via ændringer i de biokemiske netværk.

Fedtforbrænding

Det er velkendt, at fedtforbrændingen leverer både energi og vand. Men der spares kraftigt i hi.

← Vinterkaravane på "bjørnejagt" i Dalarne, Sverige (Foto: Ole Frøbert)



Forskerne har 60 min til alle målinger og prøvetagninger. Blod- og plasmaprøver blev indsamlet fra de samme syv 2-3 årige brunbjørne (*Ursus arctos*) i februar og igen i juni. (Foto: Ole Frøbert)

Kropstemperaturen falder med ca. 6 °C, men er stadig over 30 °C. Bjørnen har en kraftigt isolerende pels, og der er læ i vinterhulen. Andre har også vist, at iltoptag og dermed energiforbruget i hi kun er 25 % af det normale om sommeren. Fedtforbrændingen sørger både for kropsvarmen, metabolisk energi og vand. Fedt består især af kulstof og hydrogen, og det forbrænder med oxygen fra luften til vand og kuldioxid, der hovedsageligt udåndes via lungerne. Man kan beregne, at 1 kg fedt danner tæt på 1 liter vand, og at det er al det vand, som en ung bjørn på 60 kg har at gøre godt med i 11 dage. Det giver anledning til en vis dehydrering om vinteren. Fordelen ved det er, at det sparer energi til den kostbare proteinsyntese, da dehydrering betyder, at koncentrationen af alle komponenter øges "ganske gratis".

Om sommeren spiser bjørnen både planter og dyr, der giver kulhydrat,

protein og olie/fedt. Om vinteren står menuen på rent fedt, der fra bjørnens egne fedtdepoter transporteres rundt i blodbanen og omsættes i mitokondrierne i alle kroppens celler. Det ses klart i vinterblodet, der har forøgede niveauer af få udvalgte fedttransportproteiner, især serum albumin, og kun en enkelt bredspektret lipase (dvs. enzym, der spalter lipid=fedt), der er forøget 35 gange.

Her aner man et trick, der til slut viste sig at være generelt for plasmaproteiner. Proteinniveauerne af stort set alle de forskellige proteiner er væsentligt lavere om vinteren, bortset fra nogle få nøgleproteiner med bredspektrede funktioner. At koncentrationen af alle plasmaproteiner tilsammen (total protein) alligevel er øget til 110-125 % om vinteren pga. dehydrering passer med, at serum albumin, der udgør tæt på halvdelen af total blodplasma-protein, er øget til 120-125 %.

Immunsystemet

Der er skruet kraftigt ned for immunsystemet med lave niveauer af hvide blodceller og alle antistoffer med undtagelse af den type antistof, der kaldes IgA. Den beskytter pattedyrs indre og ydre overflader, der kommer i kontakt med mikroorganismer. IgA er fordoblet om vinteren. Hele komplementsystemet, der forstærker immunforsvaret, er væsentligt reduceret. Til gengæld fandt vi betydeligt forøgede niveauer af fire antimikrobielle proteiner, fx lysozym, der kan opløse bakterier.

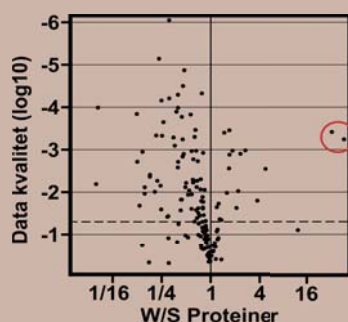
Andre forskere har fundet, at sårhelingen fungerer normalt i vinterbjørne. Også her assisterer antimikrobielle komponenter. Vi viser, at niveauerne af alle faktorerne i blodkoagulationssystemet er reducerede med undtagelse af de tre centrale komponenter: faktor X, thrombin og fibrinogen. Faktor X aktiverer thrombin, der får fibrinogen

Metoder og resultater

Niveauerne af blodceller samt af ca. 200 dominerende proteiner af 150 metabolitter, især aminosyrer og fedtstoffer, blev bestemt i en vinter- og sommerblodprøve for hver enkelt bjørn med state-of-art massespektrometriske metoder og certificerede kliniske analyser. For hver blodkomponent beregnes herefter forholdet mellem vinter- og sommerniveauerne i hver bjørn. Vores resultater er herefter bedømt ud fra middelværdierne for 7 unge bjørne.

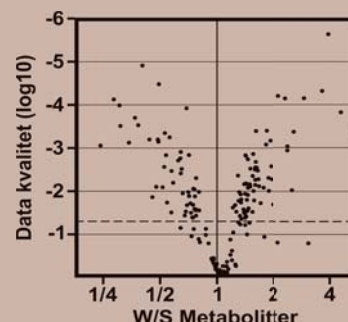
Resultaterne for ændringer i protein- og metabolit-koncentrationer er illustreret i de to figurer. Hvert enkelt proteins koncentration om vinteren (W) er sammenlignet med koncentrationen om sommeren (S). Forholdet W/S er afbildet og viser, at der er mindre af de fleste proteiner om vinteren.

Den vandrette akse viser, om kon-



centrationerne er gået op (til højre) eller ned (til venstre). Den lodrette akse viser den statistiske sandsynlighed (p-værdier) for, at W/S værdierne er korrekte. De værdier, der ligger over den stiplede linje, anses for sikre.

Nogle få proteiner er stærkt øgede om vinteren, fx de to i den røde cirkel. Sex hormone-binding globulin (SHBG) er forhøjet med en faktor 45, mens lipasen CEL er forhøjet 32 gange.



Metabolitterne er mere jævnt fordelt. Det betyder, at de fleste metabolitter har en ændret koncentration om vinteren. Nogle af de signifikant øgede metabolitkoncentrationer finder vi for aminer med mere end 2 kvælstofatomer, fx creatinin, der er øget 4 gange. Så her gemmes det kvælstof, som bjørnen ikke kan udskille via urinen, mens den er i hi.

Figurer efter: Welinder et al. (2016), J Biol Chem 291, 22509-22523

til at koagulere. Dvs. at der straks dannes en lille blodprop, der lukker såret, hvorefter en normal heling kan finde sted. Med funktionelle analyser af syv af koagulationsfaktorerne har vi bekræftet, at der er denne individuelle regulering af blodkoagulationskaskadens faktorer. Den meget komplicerede regulering af blodkoagulationen er selvsagt central for at forhindre skadelige blodpropper i alle pattedyr. Også her har bjørnen et sparetrick, idet en enkelt bredspektret inhibitor (dvs. hæmmer) af proteinspaltende enzymer kaldet α -2-makroglobulin er øget til 170 % og kan erstatte en lang række meget specialiserede inhibitorer.

Proteinsyntesen

– den helt store besparelse

Vores konklusion er, at det er proteinsyntesen, der er sparet voldsomt på om vinteren, og som bringer energiforbruget helt ned på 25 %. Proteinerne holder længere om vinteren, før de må fjernes

pga. kemiske fejl. Kropscellerne bruger 50-90 % af deres energi til proteinsyntese og kun mindre end 10 % til det proteinkodende mRNA. Amerikanske forskere har vist, at komponenterne, der oversætter mRNA til protein, er forhøjede om vinteren for amerikansk sortbjørn i hi. Det betyder, at der lynhurtigt kan skrues op for syntesen af et protein efter behov. Det er også heldigt, at det dominerende serum albumin har en meget længere halveringstid end de fleste andre proteiner (flere måneder i modsætning til timer). Generelt kan proteinsyntesen for bjørne i hi reduceres på grund af dehydrering og på grund af reducerede nedbrydningshastigheder ved den 6 °C lavere kropstemperatur, samt det øgede niveau af den bredspektrede proteasehæmmer α -2-makroglobulin.

Hvordan opstår dvaletilstanden?

Evnen til at tilpasse sig inaktivitet i dvale er indbygget i dyreverdenens arvmasse. Pindsvin, flagermus og

nogle fugle går også i dvale, men har kropstemperaturer tæt på nulpunktet i modsætning til bjørnens mere end 30 °C. Brunbjørn og isbjørn er meget nært beslægtede arter, men isbjørnen har travlt med at fouragere i de dybfrosne vintermåneder og går ikke i hi. Vores arbejde understreger en fantastisk biokemisk tilpasningsevne, og at der kan skrues op og ned for alle geners aktivitet. De biokemiske netværk interagerer og tilpasser sig på en endnu mere kompleks måde, end vi havde troet, og styrer dermed fysiologien. Et vigtig reguleringsprotein kaldet SHBG (sex hormon-binding globulin) er øget 45 gange i vinterbjørnen og er åbenbart vigtig for dvalens opretholdelse, hvilket er en hidtil ukendt funktion for dette protein.

Meget at lære endnu

Der er fortsat nok at tage fat på. Vi formoder, at den helt overordnede forberedelse til dvale, opretholdelse af dvale og afslutning på dvaletil-

standen er styret af lysintensiteten, muligvis via temperaturen. Det er et centralt grundvidenskabeligt spørgsmål for biologer. Her kommer vi til kort som kemikere/læger. Vores bidrag har bestået i at vise, hvordan et dyr/menneske er udstyret til at kunne overleve ekstreme tilstande ved at økonomisere med kroppens ressourcer gennem en forenkling af blodets proteinsammensætning. Derfor gælder det fremover om at lære at styre kroppens reaktioner i en ønsket eller nødvendig retning med så enkle midler som muligt.

Med vores teknologi har vi kunnet analysere plasmaproteiner over en vis størrelse, men ikke de mindre peptidhormoner, der signalerer til kroppens celler om at tilpasse sig til organismens behov.

Der er fortsat meget at lære om pattedyrs fysiologi.

Og der er også et spring til at forebygge blodpropper, åreforkalkning, diabetes, fedme, knogleskørhed og liggesår hos mennesker. ■



Det skandinaviske bjørneprojekt

Det skandinaviske bjørneprojekt blev startet i Sverige i 1984 og udvidet til Norge i 1987. En forståelse af og ønsket om medicinske anvendelser af bjørnens bemærkelsesværdige tilpasning til 6 måneders inaktivitet blev påbegyndt i 2009.

En række danske eksperter inden for blodiltning, fedtomsætning (Aarhus universitet), hjerterytme (Gentofte Hospital), brunt fedt (Københavns Universitet), stamceller og proteinforskning (Aalborg Universitet) er efterfølgende blevet involveret.

Det kræver omhyggelige forberedelser at indsamle prøver især fra irritable bjørne i hi. Forskerteamet har ekspertiser inden for sporing, håndtering og bedømmelse af dyr, logistik og prøveudtagning og består af veterinærer, medicinere og biokemikere.

Centrifugering af blod i felten. Hæmatologiske analyser og andre standardkliniske analyser blev efterfølgende udført i certificerede universitetshospitaler. (Foto: Michael Toft Overgaard)

Mere information:

Karen Gjesing Welinder et al. (2016) Biochemical Foundations of Health and Energy Conservation in Hibernating Free-Ranging Subadult Brown Bear *Ursus arctos*. J Biol Chem 291, 22509-22523

<http://bearproject.info>

Ole Frøbert. www.dr.dk/nyheder/viden/naturvidenskab/bjoernens-vintersoevn-kan-hjaelpe-syge-og-astronauter#/02:06

Peter Godsk Jørgensen. www.youtube.com/watch?v=G-2SRqMXSsc

ANVENDT MATEMATIK • BIOKEMI OG MOLEKYLÆR BIOLOGI • BIOLOGI • BIOMEDICIN • DATALOGI • FARMACI • FYSIK • KEMI • MATEMATIK



Naturvidenskab på SDU? Søg Kvote 2 fra 1. februar

Nu optager SDU 25 % af de studerende på baggrund af en test i Kvote 2 - også på de naturvidenskabelige uddannelser.

Søg ind på drømmeuddannelsen fra 1. februar – 15. marts 2017.

Læs mere om testbaseret optag på www.sdu.dk/optag2017

SDU

DET NATURVIDENSKABELIGE
FAKULTET

MATEMATIKKEN I AKUSTIKKEN

At Peter Møller Juhl i dag forsker i akustik er en tilfældighed, men måske alligevel en naturlig konsekvens af en livslang interesse for matematik. Han giver her en personlig beretning om sin vej ind i dette fascinerende fagområde.

Om forfatteren



Peter Møller Juhl er lektor på SDU, specialist i akustik og særligt matematisk og numerisk beregning af akustiske problemstillinger.
pmjuhl@mmmi.sdu.dk

Det var dengang, der var stille på biblioteket – især i voksenafdelingen. Nok også lidt fordi, der sjældent var voksne på det tidspunkt, hvor jeg efter skoletid gik ned langs reolerne. Det var ikke en målrettet søgning, men af en eller anden grund blev jeg interesseret i en bog, der handlede om atomets “opdagelse”. Jeg kan ikke huske bogens titel og forfatter, men jeg husker, hvordan bogen beskrev etableringen af Bohrs atommodel som en opdagelsesrejse – hvordan det ukendte trinvist var blevet udforsket og beskrevet af Thompson og Rutherford, før Niels Bohr endelig “nailede” problemet med sin atommodel. Den bog kom til at præge mine valg langt frem i tiden, for jeg viste dermed allerede i sjette klasse, at hvis jeg kunne, så ville jeg på universitetet og gå forskervejen.

Jeg har altid interesseret mig for matematik og fysik. Matematik i folkeskolen og gymnasiet var for mig velkomne udfordringer – tankepuslespil. Jeg følte en enorm tilfredsstillelse, hvis jeg efter timers forgæves forsøg endeligt lykkedes med at løse en vanskelig opgave. Jeg spurgte ikke mig selv eller andre, hvad det kunne bruges til. Det var udfordringen i sig selv, der tændte mig. Fysikken var også interessant, det var jo den, der havde startet det hele.

Fysikken tilførte matematikken et ekstra lag: Man skulle ikke bare løse en given matematisk opgave – man skulle selv formulere opgaven matematisk ud fra nogle fysiske love; og det var ikke altid givet, hvilke love der mest succesfuldt kunne bringes i anvendelse.

På shoppetur i kursuskataloget

Jeg startede på DTU (eller Danmarks tekniske Højskole, DTH, som det hed dengang) med intentionen om at læse atomfysik. Men det blev hurtigt klart, at der ikke skete meget på den front på DTU – måske fordi det var rimeligt klart, at Danmark ikke ville komme til at få fissionskraftværker. Jeg shoppede rundt i de mange tilbud, der var i kursuskataloget, og jeg havde stadig en stor interesse i matematik. Da det samtidig var i de år kaosteorierne var populære (det med, at vingeslag fra en sommerfugl på den ene side af Jorden kan forårsage en orkan på den anden side) fik jeg taget mig nogle ekstra matematikkurser – bl.a. ulineære differentia ligninger, der pludselig efter en hensygnende tilværelse fik et pænt antal studerende.

Som flere andre (om end langt fra flertallet), der gik i gymnasiet interesserede jeg mig også for computere og især programmering, og efter omkring fire år på DTU havde

jeg en stærk profil i matematik og numerisk analyse, men ingen egentlig faglig profil i traditionel forstand. Jeg besluttede mig for, at jeg gerne ville arbejde med numerisk løsning af fysiske problemer, men med et udgangspunkt fra anvendelserne. Da jeg kun havde 3-4 semestre tilbage i studiet, var det nødvendigt at finde et fagområde med relativt kort vej fra indledende kurser til specialisering. Et sådant fagområde var akustik.

Akustik alle vegne

Det er med andre ord lidt en tilfældighed, jeg endte som akustiker. Men jeg har aldrig fortrudt, fordi akustik som fag bygger solidt på fysik og arbejdet med akustik bygger på matematiske modeller af denne fysik. Samtidig viste det sig, at akustikere har en meget bred kontakthorizont. Der er akustik nærmest alle steder, og man arbejder med mange andre faggrupper: arkitekter, musikere, læger, biologer, fysikere – og selvfølgelig andre ingeniører. Med min interesse for matematik, numeriske metoder og akustik var det naturligt at specialisere sig i numerisk akustik, altså computermødeløsning af akustiske problemer.

Akustik er et modent fagområde: Den elektrodynamiske højttaler, som vi kender den i dag, har lige haft 100 års fødselsdag, og vi har

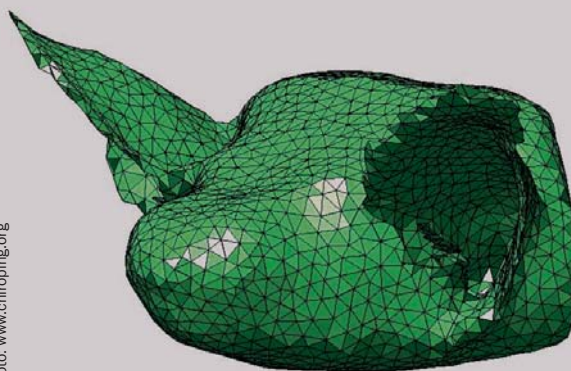


Foto: Shutterstock

Flagermusens fantastiske hørelse

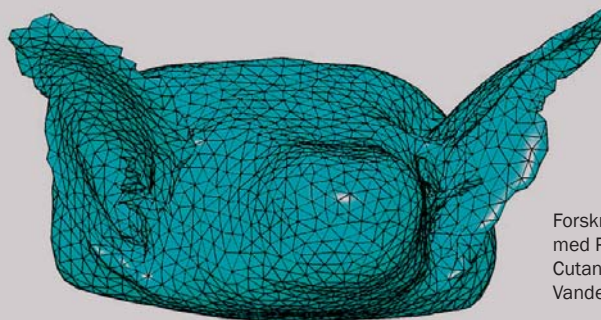


Foto: www.chiroptera.org

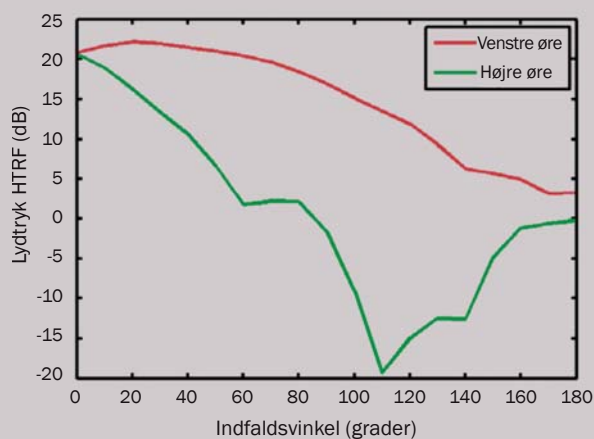


Geometrien af ørerne på flagermus, her arten *Myotis Daubentonii*, er stærkt medvirkende til dyrets evne til at navigere ved hjælp af ekkolokalisering. Figuren viser geometrien, som er inddata til en computerberegningsmodel af flagermusens hoved og ydre øre, der bruges til at vurdere hvilke geometriske egenskaber, der er vigtige for flagermusens fantastiske hørelse. Denne viden kan fx bruges til at lave robotter, der i mørke kan navigere nøjagtigt.

Den såkaldte Boundary Element-metode er meget velegnet til at modellere geometriens indflydelse på lydfeltet, og figuren nedenfor viser lydtrykket på flagermusens "trommehinder" for henholdsvis højre og venstre øre, når flagermusen udsættes for en lydbølge. Figuren svarer til en frekvens på 40.000 Hz, hvilket er ca. midt i det hørbare område for denne flagermus, og figurens horisontale akse angiver indfaldsvinklen, således at 0 grader svarer til frontalt lydindfald, mens 90 grader svarer til en lyd, der



Forskning i samarbejde med Peter M. Juhl, Vicente Cutanda Henríquez og D. Vanderelst.



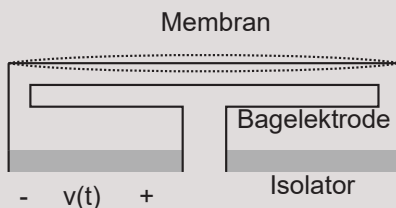
kommer fra flagermusens venstre side.

Figuren viser dels, at ørets geometri forstærker lyden 20 dB (10 gange) for frontalt indfald ved denne

frekvens, og dels at der ved ret små vinkler opstår betydelig forskel mellem lydtrykket ved de to ører, hvilket bl.a. er baggrunden for flagermusens fantastiske evne til at navigere ved hjælp af hørelsen.

Mikrofonens matematik

Mange akustiske problemer kan beskrives ved hjælp af Helmholtz ligning, der er en andenordens partiel differentilligning i lydtrykket. Lydtrykket er i disse modeller et rotationsfrit skalarfelt. Imidlertid er det ved design af små akustiske transducere som mikrofoner i nogle situationer nødvendigt at medtage viskøse og termiske tab. Det kan løses ved hjælp af Navier-Stokes ligninger, der ved linearisering kan omskrives til 3. ordenordens differentiailligninger: to rotationsfrie skalarfelter og et gradientfrit tre-dimensionelt vektorfelt. Disse felter kan kobles ved beregningsdomænets grænser ved at forlange kontinuitet i lydtryk, temperatur og partikelhastighed. De viskøse og termiske tab foregår i tynde grænselag på typisk mellem 10 og 100 mikrometer, og nøjagtig numerisk modellering er

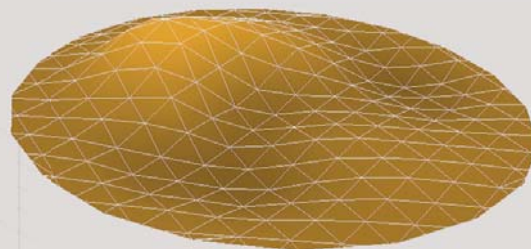
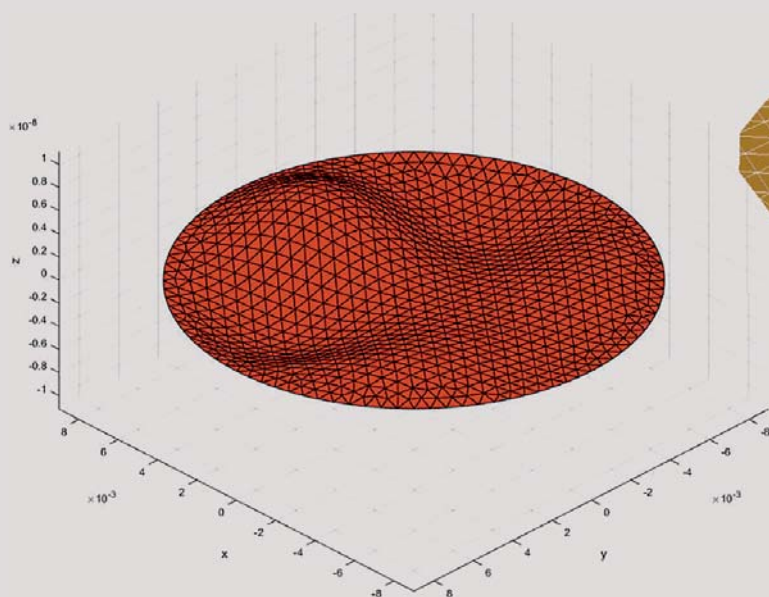


meget vanskelig. Brugbare numeriske løsningsmetoder er først blevet udviklet de senere år.

Figuren øverst i boksen viser et tværsnit gennem en målemikrofon af kondensatortypen. En kondensatormikrofon omsætter et akustisk tryk på en membran til et elektrisk signal ved at lade membranen udgøre den ene "plade" i en kondensator. Den anden plade udgøres af en "bagelektrode". Når kondensatoren er "ladet op" til en

konstant ladning på pladerne, vil spændingen over kondensatorens plader være proportional med afstanden mellem dem. Når et lydfelt påvirker den ene plade (membranen) med en kraft, vil afstanden mellem pladerne ændres i takt med lydtrykket, og dermed vil spændingen over pladerne variere proportionalt med det øjeblikkelige lydtryk. Afstanden mellem membranen og bagelektroden i en mikrofon er ganske lille – omkring 20 mikrometer – og de viskøse og termiske grænselag er vigtige for mikrofonens egenskaber.

Nøjagtig modellering af mikrofoner er vigtig for at kunne designe mikrofoner med bestemte og veldefinerede egenskaber – både til målebrug, til høreapparater og til konsumbrug – fx mobiltelefoner.



Figuren til venstre viser en nøjagtig simulering af membranens bevægelse for en målemikrofon (Brüel og Kjær type 4160) ved 20 kHz og lydindfald i en vinkel på 45 grader fra membranens normal. Til højre er tilsvarende målinger foretaget ved hjælp af et laservibrometer.

Forskning i samarbejde med Vicente Cutanda Henriquez (DTU), Salvador Barrera-Figueroa & Antoni Torras-Rosell (DFM A/S) og Peter M. Juhl (SDU).

i Danmark forsket seriøst i akustik næsten lige så længe. Det betyder ikke, at fagområdet står stille: Tværtimod er der et tæt samspil og parløb mellem akustisk forskning og teknologiske landvindinger, hvor nye teknologier betyder, at kendte teorier og metoder pludselig får fornyet relevans og blomstrer op, eller hvor akustik kombineres med nye teknologier og åbner helt nye mulig-

heder. Et eksempel er overgangen fra analoge til digitale høreapparater i 80'erne. Her betød digitalteknologien og digital signalbehandling en voldsom udvikling af et kendt produkt, høreapparatet, og muliggjorde skabelsen af nutidens apparater, der er langt mere fleksible og nyttige for brugeren. Et moderne høreapparat har en processorkraft svarende til 70'ernes supercompu-

tere, men drives alligevel af et lille knapbatteri.

At høre matematikken

En særlig udfordring inden for det akustiske fagområde er, at det relevante frekvensområde, menneskets hørelse, i runde tal strækker sig over tre dekader fra 20 Hz til 20.000 Hz og de tilsvarende bølgelængder mindskes fra 17 meter

Lyd og hørelsen

Lyd i luft er svingninger af luftens molekyler fra deres ligevægtstilstand. Ved frekvensen 1000 Hz er menneskets høretærskel på 0 decibel svarende til et lydtryk på 0,00002 Pa (Pascal). Ved denne amplitude er molekylernes udsving-samplitude omkring 8 picometer (en picometer = 10^{-12} meter), hvilket omtrent er en tiendedel af diameteren af et hydrogenatom. Det er med andre ord fantastisk små svingninger, vi er i stand til at høre. Høretærsklen er en gennemsnitsværdi, og nogle mennesker kan – ligesom dyr – høre endnu svagere lyde: altså negative dB-værdier. En nedre grænse for lyd kan angives ud fra de Brownske bevægelser, der ved stuetemperatur svarer til et lydtryk på omkring -23 dB. Vi kan således høre bevægelser, der kun er omkring 10 gange større end de Brownske bevægelser.

Omvendt er vi i stand til at håndtere meget kraftige lyde: Den øvre grænse (smertegrænsen) ligger på omkring 120 dB, hvilket er en million gange kraftigere end høretærsklen. Dette meget store dynamikområde svarer til, at vi fra samme afstand kan overskue hele Mount Everest og se øjet på en bjergbestiger, der står midt på bjerget!

Menneskets dynamikområde i frekvens er også meget stort, idet hørelsen strækker sig over 3 dekader, fra 20 Hz til 20.000 Hz. Til sammenligning dækker synssansen kun omkring en halv dekade i fre-

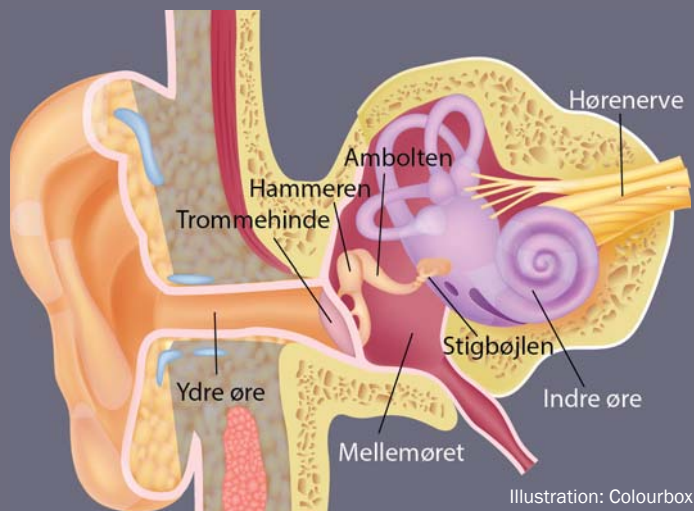
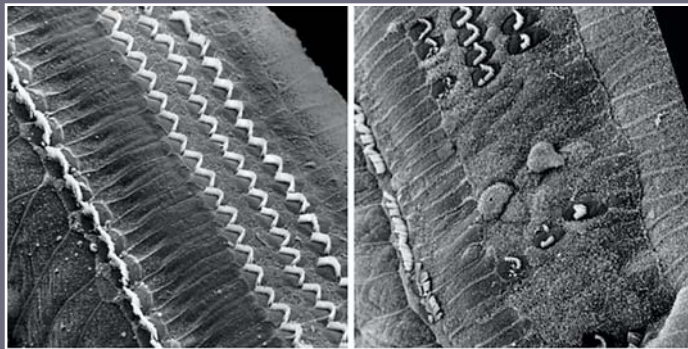


Illustration: Colourbox



Intakte hårceller

Ødelagte hårceller

kvens svarende til bølgelængder fra 380 til 750 nanometer.

Figuren øverst viser et tværsnit gennem et øre, hvor trommehinden er forbundet til det indre øre gennem tre knogler i mellemøret: Hammeren, Ambolten og Stigbøjlen. Knoglerne i mellemøret er kroppens mindste og sørger for at forstærke transmissionen fra luften til det væskefyldte indre øre.

I det indre øre sætter vibrationer

i væsken små hår i bevægelse, hvilket får de tilsvarende hårceller i øret til at sende elektriske impulser gennem hørenerven. En for voldsom lyd kan ødelægge hårcellerne med et høretab til følge. Den anden figur viser intakte og ødelagte hårceller. Hårcellernes position i det indre øre svarer til bestemte frekvensområder, således at en skade på en bestemt position i det indre øre svarer til et høretab i et bestemt frekvensområde.

til 17 millimeter. Dette meget store spænd i bølgelængde og dermed størrelsesforhold betyder, at det samme problem ofte skal behandles med vidt forskellige teorier og metoder, før man har dækket hele frekvensområdet. Der er endnu ingen universelle metoder, der kan "klare det hele", og det kræver stor viden og erfaring at vurdere, hvilke metoder og teorier der bedst muligt

beskriver en given problemstilling i det ønskede frekvensområde.

Det, der i særlig grad begejstrer mig ved akustik, er samspillet mellem den oplevede virkelighed, den fysiske model og den matematiske formulering. Inden for akustikken kan man ofte direkte "høre matematikken" – altså med en af sine primære sanser, hørelsen, opleve

hvad formlerne betyder og hvordan lyden ændrer sig i sammenhæng med en parameter i den matematiske beskrivelse. Jeg synes det er enormt inspirerende at arbejde inden for et område, hvor matematikken og fysikken bliver "levende" og håndgribeligt bliver brugt til fx at skabe bedre dæmpning af støjen fra motorveje eller bedre høreapparater for hørehæmmede. ■

Videre læsning:

Bog: F. Jacobsen & P.M. Juhl: Fundamentals of General Linear Acoustics. Wiley 2013.
EU-projektet om flagermus og deres brug af sonar: ChiRoPing: www.chiroping.org

JULIUS THOMSEN

– kemiker, iværksætter og naturfilosof

Den danske kemiker Julius Thomsen (1826-1909) var en central, men i dag noget overset skikkelse i 1800-tallets kemiske videnskab.

På grundlag af en ny biografi gives en indføring i hans bidrag til datidens videnskabelige og tekniske kemi.

Om forfatteren



Helge Kragh er professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og tidligere professor i videnskabshistorie ved Aarhus Universitet. helge.kragh@nbi.ku.dk

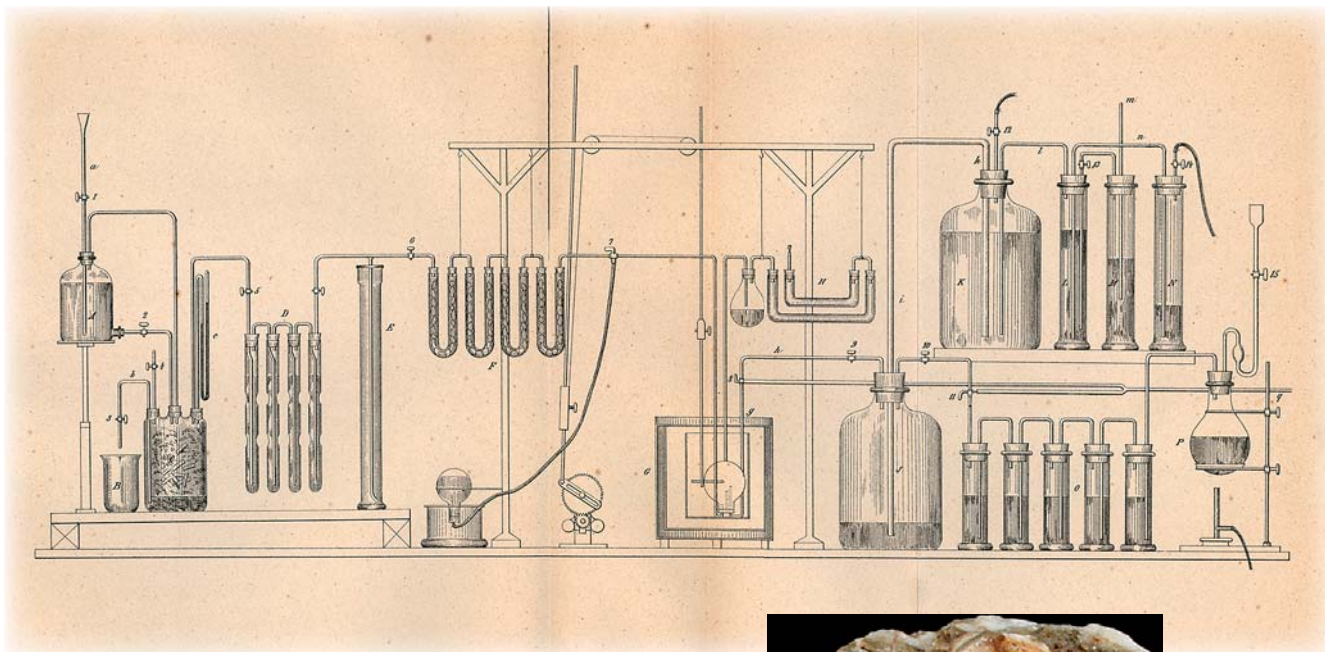
Da den fremragende kemiker H. P. J. Julius Thomsen døde i 1909, blev han i nekrologer og mindetaler sammenlignet med videnskabelige koryfæer som Tycho Brahe, Ole Rømer og H. C. Ørsted. Ifølge *Illustreret Familie-Journal* hørte han til de få, der »har kastet Glans over Landet og til hvem hele Nationen maa se op i Beundring og Taknemmelighed.« Thomsens betydning for dansk videnskab og industri fremgår af, at han optræder centralt i to af P. S. Krøyers store malerier fra omkring 1900. Det ene gengiver et møde i Videnskaberne Selskab, som Thomsen var præsident for, og det andet er en fremstilling af ledende danske industrifolk, ingeniører og entreprenører. Thomsen fik gennem sin lange karriere næsten alle de udmærkelser, en videnskabsmand dengang kunne drømme om. Han blev tildelt Storkorset af Dannebrog, var æresmedlem af flere videnskabelige selskaber og i 1902 blev han



Billedhuggeren A. W. Saabyes statue af Thomsen ved Den Polytekniske Læreanstalt. Kilde: DTU Teknologihistorie.

som den eneste danske kemiker nogen sinde indvalgt som medlem af det fornemme Royal Society i England.

På trods af den enorme anseelse, Thomsen nød i sin egen tid, er det i dag de færreste, der forbinder noget med hans navn. Og hvis de gør det, så tænker de måske på Julius Thomsen Plads i Frederiksberg, tæt ved Forum, eller på den nærliggende Julius Thomsen Gade. Eller det kan være, at man forvilder sig ind på gårdspladsen i den gamle Polyteknisk Læreanstalt ved Østervold og der bemærker to store bronzestatuer foran indgangen. Den ene statue forestiller forståeligt nok Ørsted, der i 1829 grundlagde den læreanstalt, der i dag er blevet til Danmarks Tekniske Universitet. Den anden statue er af Thomsen, en rank og myndig herre hvis højre hånd hviler på en stor blok af sten. Den besøgende vil i dag undre sig over, hvad det er for en sten, men da statuen blev afsløret i 1906 vidste alle, at det forestillede en blok af det grønlandske mineral kryolit. Og man var klar over, at netop Thomsen



Et af Thomsens mange kemiske eksperimenter, som her drejer sig om at bestemme dannelsesvarmen for hydrogenchlorid (HCl). Fra *Thermochemische Untersuchungen*, bd. 1, 1882.



Det kryolitlignende mineral thomsenolit blev påvist i 1868 og er opkaldt efter den danske kemiker.
Foto: www.johnbetts-fineminerals.com

havde skabt et profitabelt industrieventyr ved at udnytte kryolitten.

Fra videnskab til industri

Selv om Thomsen endte som professor ved Københavns Universitet, præsident for Videnskaberne Selskab og direktør for Den Polytekniske Lærestiftelse, havde han ingen studentereksamen og var dermed ikke akademiker. Kort tid efter at have fuldført sine polytekniske studier kom han gennem laboratorieforsøg på den idé, at man kunne frembringe den eftertragtede handelsvare soda ud fra kryolit. Soda har formelen Na_2CO_3 mens kryolit er Na_3AlF_6 , så det er indholdet af natrium og ikke aluminium, der her er vigtigt. I 1852 lykkedes det den 26-årige Thomsen at udvikle en industrielt lovende proces og året efter at få kongelig eneret på anvendelsen af den. Men at omforme den til et virkeligt industriforetagende viste sig yderst vanskeligt, ikke mindst på grund af de små og tilfældige skibsfragter af kryolit fra Grønland.

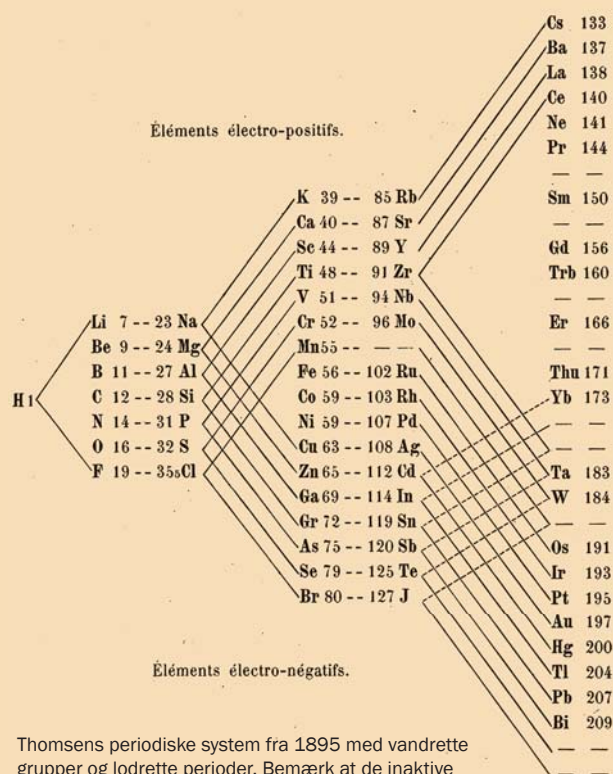
Først efter at have allieret sig med C. F. Tietgen og andre finansmænd blev drømmen gjort til virkelighed med oprettelsen af Kryolitfabriken Øresund i 1859. På trods af mange tekniske og økonomiske problemer blev sodafabrikationen efter Thomsens metode en betydelig succes. Da fremstilling af kryolitsoda i København ophørte i 1894, var Thomsen blevet en mere end almindelig rig mand. Minedriften i Grønland var pålagt store afgifter, der var en væsentlig indtægtskilde for den danske stat. Det vurderes, at afgifterne fra kryolitindustrien indtil 1910 langt oversteg det beløb, staten brugte til at understøtte videnskabelig og teknologisk forskning.

Termokemiens grundlægger

I 1852, samtidig med at han udviklede sin metode til fremstilling af kryolitsoda, kastede den unge Thomsen sig over det forskningsområde, der skulle blive hans livsarbejde og gøre ham berømt blandt verdens kemikere. Termokemien er den videnskab,

der beskæftiger sig med de varmeeffekter, der fremkommer ved dannelsen af kemiske forbindelser eller ved reaktioner mellem dem. Man havde i lang tid brugt kalorimetre til at måle den kemisk frembragte varme, men de mange data var usikre og uden teoretisk forståelse.

Thomsen stillede sig det ambitiøse mål at skabe en rationel termokemi på grundlag af den nye sætning om energiens bevarelse. For at nå dette mål måtte han have flere og mere pålidelige data, og de kunne kun skaffes gennem præcise målinger i laboratoriet. Gennem mere end 30 år arbejdede Thomsen med at gøre termokemien til en eksakt empirisk videnskab, hvilket i årene 1882-86 resulterede i hans beundrede hovedværk i fire store



Kilde: J. Thomsen, "Classification des corps simples," Videnskabernes Selskab, Oversigt, 1895, s. 132-136.

bind med titlen *Thermochemische Untersuchungen*. I dette værk rapporterede og systematiserede Thomsen næsten 3.000 kalorimetriske undersøgelser om kemiske forbindelser og deres reaktioner. For at sikre sig imod sjusk og subjektive fejlkilder foretog han selv alle målinger, og livet igennem arbejdede han uden assistenter eller studerende.

Selv om Thomsen tillagde sine data stor betydning, var de for ham kun et middel til at indfri kemiens højere mål, nemlig at få indsigt i de kræfter eller "affiniteter" der herskede i den molekylære verden. Han drømte om en "matematisk kemi", hvor kemiske processer kunne forstås ud fra præcise love på samme måde, som planeternes bevægelser kunne forstås ud fra mekanikkens love. Thomsen var overbevist om, at varmeudviklingen var affinitetens sande mål, men med

udviklingen af den kemiske termodynamik i 1880'erne viste det sig, at dette ikke er tilfældet. Den konservative Thomsen accepterede aldrig helt de nye termodynamiske begreber som entropi, entalpi og fri energi, og han var også fremmed over for teorien om frie ioner i opløsninger. Alene af den grund er han i kemiens historie snarere en overgangsfigur end en foregangsmand for den moderne kemi.

Uorganisk darwinisme

På et helt andet område af den kemiske videnskab var Thomsen dog på ingen måde konservativ, men må tværtimod betegnes som visionær. Som ung studerende havde han kendt Ørsted, der var modstander af den efter hans mening materialistiske atomteori. Thomsen var imidlertid overbevist om, at alt stof består af molekyler og atomer, hvilket langt fra var indlysende i sidste halvdel af

1800-tallet. Fra omkring 1865 le-
gede han med tanken om, at ato-
mer ikke nødvendigvis er stoffets
elementære bestanddele, men
at de måske har en sammensat
struktur baseret på endnu mindre
partikler. Som videnskabsmand
søgte Thomsen at begrunde hy-
potesen gennem eksperimenter
i stedet for blot at hævde den
filosofisk. Hvis alle grundstoffer
består af samme slags urstof,
må atomvægtene være multipla
af urstoffets atomvægt, hvilket
kan testes i laboratoriet. Urstoffet
kunne være hydrogen, men det
kunne også være et ukendt stof
med endnu lavere atomvægt.
Thomsens præcise målinger af
atomvægte bekræftede ham i
hans formodning om materiens
enhed og det sammensatte atom.

Ikke blot mente Thomsen, at alt stof er manifestationer af samme slags urstof, han mente også, at de forskellige grundstoffer var

blevet til i en udviklingsproces analog til den, Darwin havde foreslået for de levende skabninger. I et skrift fra 1887 gjorde han sig til talsmand for ideen om uorganisk darwinisme. Når der kun findes grundstoffer med visse atomvægte, så måtte man ifølge Thomsen »søge Aarsagen deri, at den Stærkeres Ret har gjort sig gjældende og kun tilstedet Dannelsen af saadanne Atomer, hvis Bygning frembyder den fornødne Fasthed for en vedvarende Bestaaen.«

Udviklingstanken og ideen om materiens enhed kan findes i en ny version af det periodiske system, som Thomsen foreslog i 1895. I forbindelse med dette system forudsagde han flere nye grundstoffer, heraf hele gruppen af de kemisk inaktive ædelgasser. Som et kuriosum kan nævnes, at Thomsen forudsagde en ædelgas med atomvægten ca. 292, langt større end urans. Dette supertunge grundstof er netop i år (2016) blevet officielt anerkendt og har

fået tildelt navnet oganesson samt kemisk symbol Og.

Agtet men ikke elsket

Julius Thomsen kom fra beskedne kår og måtte kæmpe sig til den position, han opnåede i dansk videnskab og samfund. Han opfattede livet som en lang kamp, der foregik både inden og uden for den videnskabelige verden, og han ville vinde hvert et slag og hver en træfning. Hans naturlige stridbarhed gav sig udslag i hyppige kontroverser, hvoraf den mest kendte var en langvarig prioritetsstrid med den franske kemiker Marcellin Berthelot. I overensstemmelse med sin stærke individualisme havde Thomsen intet ønske om at danne en videnskabelig skole eller knytte assistenter og studerende til sig. Flere af de nekrologer, der fremkom efter Thomsens død, beskriver ham som krasbørstig, stivsindet og arrogant. Han var "mere frygtet end afholdt", som en dansk kemiker udtrykte det; og en anden nekrolog beskrev ham som "agtet men

ikke elsket".

Der var dog en anden Thomsen bag den hårde facade. Den unge Thomsen skrev følsomme digte og deltog i tidens kulturliv; på sine ældre dage slappede han af med tegninger og akvareller fra sine mange rejser i udlandet. Især i sine yngre dage var Thomsen optaget af at formidle og popularisere naturvidenskaben gennem foredrag, artikler og bøger. Den meget læste *Vandringer paa Naturvidenskabens Gebeet* fra 1856 er et smukt vidnesbyrd om hans alsidige viden og talent for popularisering. Af endnu større betydning blev *Tidsskrift for Physik og Chemie*, som han grundlagde i 1862 sammen med sin bror August Thomsen. Gennem mere end 30 år var tidsskriftet en vigtig del af den alment-videnskabelige litteratur på dansk, der især henvendte sig til ingeniører, fabrikanter, lærere og studerende. De to Thomsen-brødre var selv storleverandører af artikler til tidsskriftet. ■



Videre læsning

Artiklen bygger på forfatterens nye biografi om Julius Thomsen. Kragh, H., Julius Thomsen: A Life in Chemistry and Beyond. København: Videnskabsbernes Selskab, 2016. Kan købes via www.royalacademy.dk

Boost undervisningen med nye ingeniørvidenskabelige oplæg

Book en ingeniørstuderende og få nye vinkler på fysik, kemi og bioteknologi. Oplæggene tager udgangspunkt i konkrete eksempler fra de studerendes projekter. Prøv fx:

Nanoteknologi og opto-elektronik

Få indsigt i halvledere og nanoteknologiske metoder, der er forudsætningen for moderne teknologi som fladskærms-TV, smartphones og solceller.

Brændselsceller som energilager

Hør om de muligheder og udfordringer, der knytter sig til fremtidig anvendelse af brændselscelle-teknologi til lagring af store mængder energi.

Spildevandsrensning med alger

Kemiingeniør-studerende fortæller om deres arbejde med at optimere rensning af spildevand fra en bioteknologisk produktionsvirksomhed ved hjælp af alger.

Se og book alle vores foredrag og brobygningstilbud på www.sdu.dk/tek/brobygning

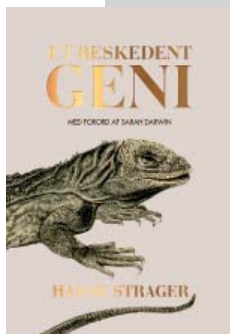
21 Ingeniøruddannelser



BØGER

FAKTA

Hanne Strager: Et beskedent geni. Gyldendal 2016. 288 sider, 299,95 kr.



Et beskedent geni

Som at tilstå et mord var titlen på Hanne Stragers bog om Charles Darwins liv og opdagelser fra 2009. Den er nu udkommet i en ny opdateret udgave med titlen *Et beskedent geni*. Blandt nyhederne i bogen er bl.a. et gennemredigeret kapitel om kreationisme og intelligent design. Desuden er der nye illustrationer og et forord af Sarah Darwin, der er botaniker og oldebarn af Charles Darwin.

FAKTA

Frédéric Jiguet og Aurélien Audevardt:

Alle Europas fugle. Gyldendal 2016. 460 sider, 349,95 kr.



Alle Europas fugle

Den mest omfattende guide til Europas fugleliv, der til dato er udgivet. Sådan deklarerer en ny bog for alle fugleelskere fra Gyldendal. I bogen beskrives 860 arter, der kan opleves i Europa inklusive Tyrkiet, den vestlige del af Nordafrika og Rusland indtil Uralbjergene. Hver art beskrives med oplysninger om stemme, habitat og udbredelse, og hver art illustreres med et eller flere fotos med særligt fokus på at vise nøglekarakteristika for arten.

FAKTA

Ulrik I. Uggerhøj: Speciel Relativitetsteori.

Aarhus Universitetsforlag 2016. 319 sider, 299,95 kr.



Speciel relativitetsteori

At forstå sorte huller, tyngdens indflydelse på tidens gang og de GPS-systemer, som din mobiltelefon benytter hvert sekund, er Einsteins specielle relativitetsteori en nødvendig grundsten. Professor i Fysik ved Aarhus Universitet Ulrik Uggerhøj har skrevet en lærebog på dansk, der introducerer gymnasieeleven til fysikken bag Einsteins teori og fortsætter til et avanceret universitetsniveau, så flere læsere kan få afklaret teoriens mange overraskende konsekvenser.

FAKTA

Hæfter i serien Vild med viden kan bestilles på ForlagetEpsilon.dk,



eller kan købes i en række museumsbutikker. Et hæfte har et omfang på 16 sider + omslag. Vejl. udsalgspris: 20 kr. pr. hæfte – eller 120 kr. for alle 8 hæfte i en serie.

Vild med viden

Serien vild med viden er en række minifagbøger for børn udgivet på forlaget Epsilon. Der er foreløbig udkommet 56 hæfter opdelt i 7 overordnede temaer som Rummet og Astronomi. Bøgerne er skrevet af fagfolk, og de kan både bruges som oplæsningsbøger og til børn, der kan læse selv.

Et godt tilbud til dit gymnasium

Lige nu tilbyder vi skoleabonnementer på Aktuel Naturvidenskab til yderst fordelagtige priser. Modtag fx en pakke med 20 eksemplarer af hvert nummer i et år for kun 475 kr. (ex moms). Den lave pris er mulig i en periode i forbindelse med udviklingsprojektet *Aktuel Naturvidenskab i gymnasiet*, som er støttet af WILLUM FONDEN.

Læs mere og bestil abonnement på aktuelnaturvidenskab.dk



Intropakken – en oplagt gaveide!

Bestil en intropakke med de seneste otte numre samt abonnement i ét år (6 numre). Pris kun kr. 354,- inkl. moms, porto og ekspedition (merpris for udland).

Bestil via aktuelnaturvidenskab.dk
red@aktuelnaturvidenskab.dk
 eller på tlf. 70 25 55 12.

Abonnementsservice

Har du fået ny adresse eller ønsker du at bestille et gaveabonnement på bladet?

Kontakt abonnementsservice på

Telefon: **70 25 55 12**
 Mandag-torsdag kl. 8-16, fredag kl. 8-14.
aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Abonnement kan også bestilles via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Husk at melde flytning til ny adresse.

Vi modtager desværre ikke automatisk besked om din nye adresse.

Oprydningssalg

Mangler du nogle numre af bladet?

Så er der nu en chance for at supplere samlingen med dette tilbud:

Tilbudspakke med ældre ikke udsolgte numre ca. 26 blade (fra år 2007-2015):

Pris kun 250,- inkl. porto (dk) og moms.

Se mere og bestil via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk eller på telefon 7025 5512.



Undervisningsmaterialer

Husk, at du på Aktuel Naturvidenskabs hjemmeside kan du finde masser af undervisnings-sæt, der knytter an til udvalgte artikler. Her kan du finde undervisningsmaterialer til artikler om en hel række aktuelle og tidløse emner: Ølbrygning, CRISPR-teknologien, kviksølv i Østersøen, vitamin C, solsejl, biobrændstof, neutrinoer, drivhusgasser og Milankovitch-cykler er bare nogle af de mange emner, du kan finde materiale om.

Undervisningssættene er udarbejdet af gymnasielærere, og alt materialet er frit tilgængeligt.

<http://aktuelnaturvidenskab.dk/undervisningsmateriale>

For mere information om gymnasiesamarbejdet bag materialerne: Peter Arnborg Videsen, Viborg Gymnasium og HGF, vi@vghf.dk

Nyhedsbrev

Tilmeld dig det elektroniske nyhedsbrev og få nyt om Aktuel Naturvidenskab i din mailboks.

Du får:

- Artikler på forhånd, når der er en aktuel anledning
- Appetitvækkere og link til artiklerne digitalt
- Information om andre aktuelle tiltag.

Tilmeld dig via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Mød os på [Facebook.com/aktuelnaturvidenskab](https://www.facebook.com/aktuelnaturvidenskab)

Bæredygtige bøffer

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

Anders Lund og Anders Dahlin er vilde med store saftige bøffer. Derved adskiller de sig ikke fra de fleste andre danskere – eller mennesker i verden for den sags skyld. Men de to venner, der studerer hhv. bioteknologi på ingeniørhøjskolen og geoscience ved Aarhus Universitet ved godt, at deres forkærlighed for kød har omkostninger:

»I dag er 30 % af det isfrie areal i verden optaget af kødproduktion, og det forventer man vil stige til over 50 % i år 2050, hvor verdensbefolkningen vil være vokset til næsten 10 milliarder mennesker. Derudover kræver det mere end 15.000 liter vand at producere et kilo oksekød, og så er kødproduktion en af de store syndere i forhold til udledning af CO₂,« fortæller de.

Enhver bør kunne indse, at der er brug for nytænkning, hvis vi i fremtiden både skal kunne nyde bøffer og undgå, at miljøproblemerne ved kødproduktion vokser helt ud af kontrol. Og Anders og Anders har en god ide: »Lad os droppe koen og producere kødet ved hjælp af stamceller og cyanobakterier«.

Kød dyrket ud fra "affald"

Det er ikke kun dem selv, der synes om ideen. For nylig vandt de således førsteprisen i kategorien Food, som var en af tre kategorier ved Deans Challenge på Science & Technology ved Aarhus Universitet. Her konkurrerer studerende fra alle mulige fag om at give det bedste bud på innovative løsninger af nogle af verdens store udfordringer.

Som sådan er der ikke noget nyt i ideen om at producere kød "in vitro", som det hedder. Det nye i Anders og Anders' ide er at basere produktionen på cyanobakterier, som



De glade vindere Anders Lund (øverst-) og Anders Dahlin.

Foto: Vincente Kenrice Klehr

i hovedsagen udnytter affaldsstoffer som næringskilde til at vokse. »Der bruges røggas som kulstofkilde, spildevand som kvælstof- og mikronæringsstofkilde og saltvand i stedet for ferskvand. Derved spares kostbare ressourcer og processen gøres mere effektiv samtidig med at CO₂-aftrykket formindskes drastisk. Cyanobakterierne bliver brugt som næringskilde til stamcellerne og muskelcellerne, og på den måde kan man dyrke kød ud fra, hvad vi i dag anser som affaldsstoffer,« fortæller de.

Let at vænne sig til

»"Vores" kød vil i køledisken i supermarkedet ligne en pakke hakket kød, og når vi laver hakkebøffer eller lasagne, vil vi ikke opleve forskel. Derfor vil det være meget nemmere at vænne sig til end fx at spise insekter. Vi

har selv prøvet at smage ristede melorme, og de smager da også ok... Men det er stadig en orm!«, griner de.

Anders og Anders kommer næppe selv til at arbejde videre med deres ide. Det vil kræve adgang til fx bioreaktorer og stamceller, og der vil i det hele taget være masser af videnskabelige udfordringer – fx at styre stamcellernes udvikling. For de to har den store tilfredsstillelse – udover selvfølgelig førstepræmien på 10.000 kr. – været muligheden for at tænke ud af boksen og at arbejde sammen om et fælles mål med forskelligt fagligt udgangspunkt.

»Men ideen er fri for andre at gå videre med«, siger de. »Vi vil jo gerne kunne nyde bøffer med god samvittighed i år 2050!«.