

# Aktuel

# NATURVIDENSKAB

1 | MARTS | 2016

FORSKNING • ERKENDELSE • TEKNOLOGI

Pris kr. 50,00



## Når mobilantennen er god...

Bakteriers immunsystem åbner døren til en ny æra for biologien

Når naturen vender tilbage - Gyldensteen Kystlagune

Et forkromet kig på fortiden

# Her er artiklen, du ikke vil fortryde at læse!

Overskrifter serveres i dag som velduftende madding, der narrer folk til at klikke sig ind i på selve artiklen, også selv om de egentlig ikke interesserer sig synderligt for det reelle indhold.

Forfatteren



Klaus Seiersen har en ph.d. i fysik fra Aarhus Universitet. Han arbejder som hospitalsfysiker på Aarhus Universitetshospital og er en aktiv videnskabsformidler, bl.a. gennem sitet ScienceBlog.dk [klaus@seiersen.org](mailto:klaus@seiersen.org)

Som aktiv videnskabsformidler anno 2016 er det svært at komme uden om de digitale platforme, uanset om det drejer sig om nyhedsmedier, blogs eller sociale medier. Når man kommunikerer elektronisk, er man dog desværre også nødt til at tage højde for den nye digitale realitet, at antallet af læsere i høj grad afgøres af overskriften. En forsker, der er en dygtig formidler, kan sagtens skrive en fremragende og medrivende fortælling om sit seneste arbejde, men hvis overskriften ikke er i orden, er der formentlig kun ganske få, der vil læse det på nettet.

Det har professionelle mediefolk for længst fundet løsningen på. Overskrifter serveres i dag som velduftende madding, der narrer folk til at klikke sig ind i på selve artiklen, også selv om de egentlig ikke interesserer sig synderligt for det reelle indhold. Der spilles forførende på nysgerrighedens tangenter, og overskrifterne lokker med "Sådan gør du...", "Her er forklaringen...", "Disse 5 ting skal du gøre...", "Du gætter aldrig..." og så videre.

## Videnskab og clickbait

Læseren ved nok, hvad jeg taler om, for metoden er ikke længere forbeholdt tabloidpressen. Også de mere seriøse danske dagblade benytter sig i forskellig grad af "clickbait", som fænomenet hedder. Mange læsere, inklusiv undertegnede, er ved at være træt af det. Man føler sig nemt bondefanget, når artiklens indhold ikke lever op til overskriftens sensationalisme. Ordet clickbait bruges da også oftest i nedsættende betydning.

Men sagen er, at det virker, hvilket enhver journalist eller reklamekonsulent kan skrive under på. På nettet er antal klik lig med reklamekroner, og overskriften alene kan nemt betyde en 5-dobling eller mere af læsertallet. Også selv om folk faktisk ikke læser selve artiklens indhold.

Men hvad gør man så, når man som forsker vil formidle sin videnskab elektronisk? Jeg er selv redaktør af sitet ScienceBlog.dk, et blogger-fællesskab bestående af en række danske videnskabsfolk, der skriver personligt om alt fra egen forskning til politik og naturvidenskab i hverdag og medier. Vi får langt den største del af vores trafik fra deling af historier på sociale medier, og for at få trafik har vi selv benyttet clickbaiting i relativ mild grad.

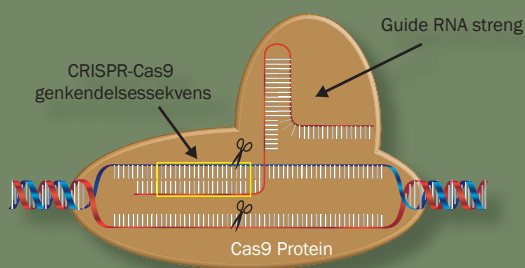
Blandt de mest læste artikler de sidste to år finder vi for eksempel overskrifter som "Derfor skal du blende din Barolo", "Er bacon lige så farligt som rygning?" og "De DØDSENSFARLIGE asteroider slår til igen".

Vi er et ikke-kommercielt foretagende, og vi skal ikke tjene penge på vores historier, men når vi skriver, ønsker vi naturligvis, at folk læser vores budskab. Og præcis som de kommercielle medier, hunger vi derfor efter læsere. Vi er ikke det eneste formidlingsstede, der må forholde sig til problemstillingen. Vores kollegaer på Videnskab.dk kender i høj grad betydningen af pirrende overskrifter, som de ofte formulerer som spørgsmål. Der anvendes også hyppigt ord som "Vild", "Overraskende" og "Derfor" i overskrifter, der dækker over i øvrigt ganske seriøse og interessante artikler om moderne forskning.

Blandt de mest populære videnskabssites på nettet finder vi I fucking love science (IFLscience.com), der især er kendt fra virale indlæg på Facebook. Her har der været udbredt kritik fra formidlingsverdenen, idet sitet ikke kun kan finde på at hugge materiale uden at oplyse kilde, men også at clickbaite i en grad, hvor overskriften ikke længere støttes af den forskning, der beskrives. Er IFLscience.com god for videnskaben? Tjah. Populariteten drømmer enhver formidler om at have, men måske er den kommet på bekostning af seriøsiteten.

## Vi må følge med tiden

Som fagperson er jeg opdraget til at holde den faglige fane højt, når jeg kommunikerer videnskab. Så jeg har først og fremmest fokuseret på, at indholdet skal være i orden. Men uanset min modvilje mod clickbait har jeg også indset, at vi, der på et fagligt grundlag beskæftiger os med videnskabsformidling, må følge med tiden. Jeg tror derfor ikke, at der er nogen vej udenom at ofre overskrifterne meget mere opmærksomhed i fremtiden. Brugt på en seriøs og raffineret måde, kan overskriften som clickbait bringe vores videnskabsformidling ud til et væsentligt større publikum. Men det er en kunst at skrive en god overskrift – det kan tage lige så lang tid som at skrive selve indholdet. Og man skal selvfølgelig nøje overveje, om historien virkelig kan bære en sensationel overskrift. Vi gør ikke videnskaben nogen tjeneste, hvis læserne føler sig snydt. ■



## Bakteriers immunsystem åbner døren til en ny æra for biologien **25**

Bakteriers immunforsvar mod virus kaldet *CRISPR-Cas* viser vejen til en teknologi, der rummer et enormt potentiale indenfor bioteknologien. En teknologi, der præcist og effektivt kan ændre gener i organismer, og som allerede har vist resultater i jordbruget.

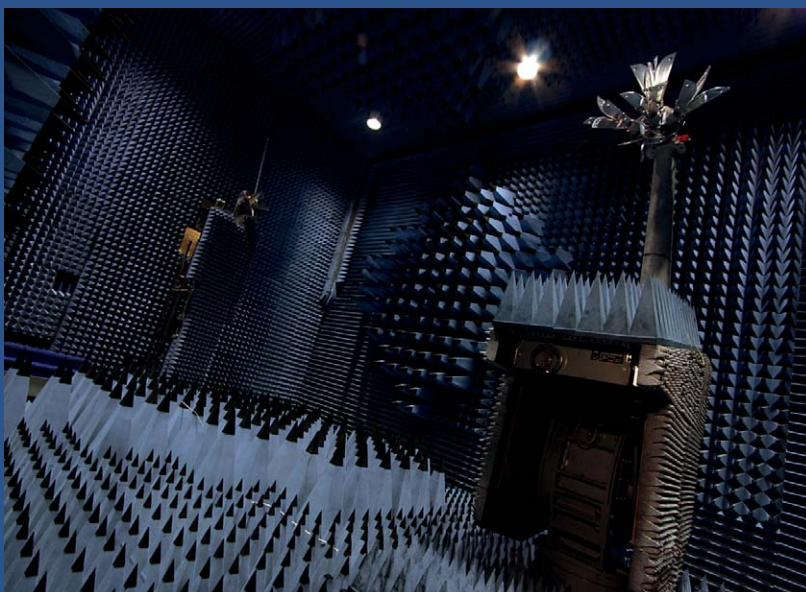
# Indhold

## FORSKNING OG NYHEDER

Kort nyt.....	4
Når mobilantennen er god.....	9
Høj funktionel rigdom trods få arter i Østersøen.....	16
Når naturen vender tilbage - Gyldensteen Kystlagune.....	20
Bakteriers immunsystem åbner døren til en ny æra for biologien.....	25
Et forkromet kig på fortiden.....	30
Baglæns varmestrømning.....	36

## PERSPEKTIV, DEBAT OG SERVICE

Synspunkt: Her er artiklen, du ikke vil fortryde at læse!..	2
Forlagssvindler - en ny vej til nemme penge?.....	38
Bagsiden: Digitale indfødte på museum.....	44



## Når mobilantennen er god... **9**

At måle kvaliteten af antenner i mobiltelefoner er Gert Frølund Pedersen fra Aalborg Universitet verdensmester i. Vi har talt med ham om målingens kunst, og hvorfor antennerne i mobiltelefonerne generelt er så dårlige.

## Kirurgirobot skal lære at sy operationssår

Robotter fra Syddansk Universitet er sendt i mesterlære for at lære fra de bedste kirurger, så robotterne kan overtage det mest trivielle arbejde – nemlig at sy operationssår sammen. Det kan fx være i forbindelse med indvendige syninger ved såkaldte kikkertkirurgiske indgreb.

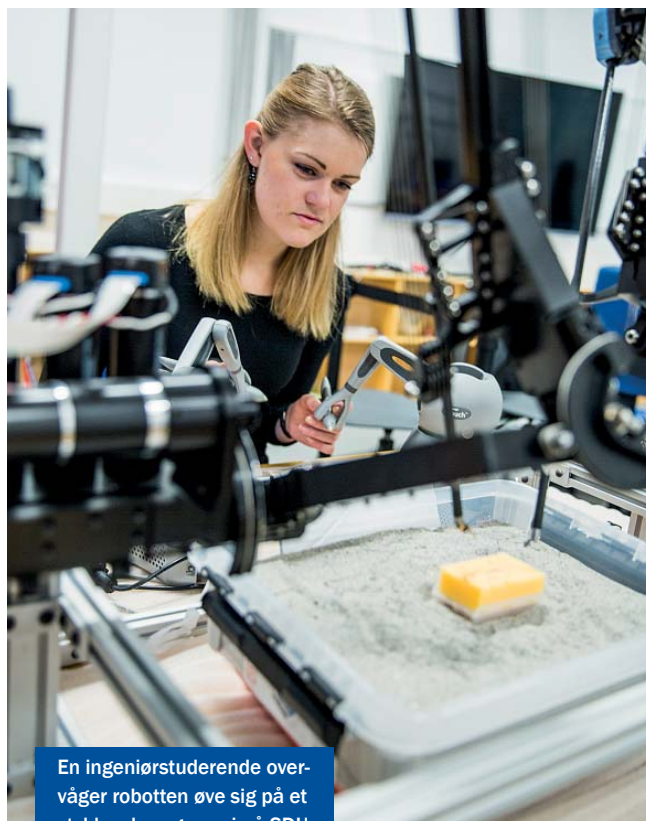
Indtil videre øver de stive robotfingre sig på at sy i skumgummi i laboratoriet på SDU. Med den ene hånd holder robotten skumgummiet på plads, mens den anden hånd nøjsommeligt forsøger at få nålen til at ramme det bløde materiale.

For at gøre robotten mere sikker på hånden skal robotten lære af hos kirurger på Odense Universitetshospital. Kirurgernes arbejde bliver filmet, så bevægelserne kan blive omdannet til robotsprog, der gør, at robotten kan gentage bevægelserne helt nøjagtigt. På den måde skaber forskerne et bibliotek af bevægelser, så robotten på den måde lærer, hvordan den skal agere.

Den største udfordring er, at ingen operation eller indgreb er ens. Alle mennesker er forskellige og væv og hud opfører sig forskelligt.

»Vi behøver gode modeller for, hvordan væv opfører sig, når vi fx skærer eller stikker i det. Det er også derfor vi øver os på skumgummi, vi arbejder på blødt-væv-modellering for at skabe gode modeller, før vi kan automatisere processen», siger Thiusius Rajeeth Savarimuthu, der er forskeren bag robotten.

Af Mette Christina Møller Andersen, Det Tekniske Fakultet, SDU.



En ingeniørstuderende overvåger robotten øve sig på et stykke skumgummi på SDU.

Foto: Mette Krull

## Flåten kigges i kortene

Af kortlægge DNA-sekvensen af den første art af flåter viste sig at blive et projekt, der har strakt sig over 10 år. Men for nylig kunne en international gruppe af 93 forskere fra 46 institutioner fremlægge resultatet af anstrengelserne i *Nature Communications*. Konkret drejer det sig om genomet af flåten *Ixodes scapularis*, som ligesom skovflåten i Danmark (med det videnskabelige navn *Ixodes ricinus*) kan overføre en række sygdomsfremkaldende bakterier til mennesker. Ikke mindst kender vi borrelia, der er årsag til sygdommen borreliose, der kan give alvorlige nerveskader, hvis ikke den opdages og behandles i tide.

En udfordring for forskerne har været, at flåtens genom viste sig at være meget stort og kompliceret – ca. 1000 gange så stort som genomet af den velkendte bananflue og langt det største genom af noget leddyr (arthropod), der indtil nu er blevet kortlagt. Størrelsen af flåtgenomet skyldes hovedsageligt, at der i genomet er ophobet store regioner med gentagne DNA-sekvenser i det ikke-kodende DNA. På den måde minder genstrukturen i flåt-genomet faktisk mere om genstrukturen i pattedyr end den i insekter.

Det kortlagte flåt-genom har gjort det muligt for forskerne at identificere gener, der koder for proteiner involveret i overførslen af sygdommen anaplasmose, og for nogle af de proteiner, som spiller en nøglerolle i vekselvirkningen mellem flåten og de bakterier, der er årsag til borre-



Foto: Dr Andrew Nuss

liose. Genomet har også givet forskerne et bedre kendskab til aspekter af flåtens biologi, fx deres spyt, som indeholder en hel vifte af stoffer, der fungerer som antimikrobielle stoffer, smertedæmpende stoffer, antikoagulerende stoffer, immunundertrykkende stoffer mv. Alle hjælper de flåten med at kunne suge blod fra værten uopdaget i dage eller ugevis. Flåtens spyt indeholder tusinder af sådanne stoffer, hvor myg til sammenligning kun indeholder et hundredetal. Formodentlig gør denne molekylære diversitet det muligt for flåterne at kunne udnytte et bredt spekter af værter og holde sig fast meget længe.

Forskerne håber, at en afsløring af flåtgenomets hemmeligheder kan hjælpe med at udvikle nye strategier til at undgå de flåtoverførte sygdomme. *CRK, Kilde: Nature Communications 7; doi:10.1038/ncomms10507*

## Gamle flyfotos hjælper klimaforskerne

Ingen tvivl om, at computeren har en afgørende indflydelse på forskernes resultater nu om dage. Fx når det gælder behandling af store mængder data eller modellering af komplekse problemstillinger. Men hvad angår den grønlandske indlandsis og afsmeltningen til verdenshavene fra denne, så er det ikke nok med computersimuleringer og andet godt fra den digitale verden. Der er brug for folk i felten. Piloter, som med kameraet tændt kan dykke ned i detaljen og dermed skabe overblik over, hvad der er sket med den grønlandske indlandsis og afsmeltningen til verdenshavene gennem de seneste 100 år. Nu har forskere på Grundforskningscenter for Geogenetik på Københavns Universitet i samarbejde med kolleger på DTU og i udlandet fået rimelig tjek på den 1.710.000 km<sup>2</sup> store isklump på verdens største ø og strømmen af smeltevand til verdenshavene. Det har været "et missing link" i FN's klimareporter, som i høj grad har bygget på computermodelleringer. Forskerne har indenfor de seneste fem år bl.a. inddraget en masse gamle fotos taget fra fly i begyndelsen af 30'erne. På den måde kan forskerne sammenligne de gamle fotos med nye fotos af samme lokaliteter og se, hvor meget is, der er smeltet og løbet ud i de grønlandske fjorde og videre ud i verdenshavene. Resultatet af dette arbejde har forskerne for nylig offentliggjort i det videnskabelige tidsskrift *Nature*. I studiet viser forskerne, at de er i stand til præcist at "pinpointe", hvor Indlandsisen er særlig følsom, og hvad der styrer tabet af gletscheris i Grønland.

At forskerne har haft adgang til de gamle fotos skyldes ikke mindst en national strid mellem Norge og Danmark, som udspandt sig i begyndelsen af 30'erne. Spørgsmålet var, hvem der var koloniherr i Nord-



**Knud Rasmussen tager imod den verdensberømte amerikanske eventyrer og pilot, Charles Lindbergh og hans hustru Anne Morrow Lindbergh, da de mellemlander i Grønland på vej hjem til USA fra Europa i 1932.**

Foto: Arktisk Institut

østgrønland. Den Internationale Domstol i Haag afgjorde, at det var Danmark. Takket være bl.a. en massiv fotodokumentation fra dansk side, hvor piloter i enmotors vandflyvere med åbent cockpit havde fløjet rundt i det barske område og gennemfotograferet det. Og så havde vores gamle polarforsker Knud Rasmussen også sin store andel i den danske sejr i Haag med sin viden og ikke mindst tilstedeværelse i Grønland fra barnsben. 85 år efter dommen i Haag er der stadig brug for de gamle fotos, som er af enestående kvalitet og vidner om, at det ikke var et tusedrengjob at flyve rundt dengang i Grønland.

*Svend Thaning, journalist, SCIENCE Kommunikation, Københavns Universitet. Artikel i Nature: Nature vol. 528, p396-400*

## Nyttig reaktion

På olieletter afbrændes der hver dag store mængder naturlig metanogas til ingen verdens nytte. Man kunne undgå, at denne værdifulde ressource gik til spilde, hvis oliebranchen havde en praktisk metode til at omdanne denne metanogas til flydende metanol direkte på stedet. Det har man hidtil ikke haft, men måske kan en ny teknik udviklet hos Christine McKenzies forskningsgruppe ved Syddansk Universitet bane vejen for en sådan metode. Her har post.doc. Claire Deville stået i spidsen for et projekt, hvor forskerne har opdaget en metode til at kontrollere den kemiske reaktion af et organisk molekyle med oxygen (O<sub>2</sub>) fra luften, således at kun en bestemt del af det organiske molekyle bliver oxideret. Det er ofte vanskeligt at kontrollere kemiske reaktioner med oxygen, da de ofte er kaotiske og uspecifikke – tænk bare på, hvor svært det er at kontrollere en brand eller forhindre biler i at ruste for hurtigt.

Forskerne opdagede reaktionen, da de var i gang med at syntetisere et simpelt koordinationskompleks af et organisk molekyle med mangan til et helt andet formål. Til deres overraskelse dukkede der oxygen op i reaktionsproduktet, og ved at udføre reaktionen med isotopmærket oxygen, kunne de se, at oxygenatomerne kom fra luften. Selvom forskerne er overraskede over, hvor let reaktionen med oxygen fra luften indtraf, er de ikke overraskede over, at mangan viste sig at være den "magiske ingrediens".



**En ny teknik til at kontrollere kemiske reaktioner med ilt, kan måske forhindre nytteløs afbrænding af naturgas.**

Foto: Colourbox

Mangan spiller nemlig i lighed med en række andre metaller en vigtig rolle i de væsentlige biologiske processer, der bruger oxygen. Ifølge forskerne kan deres nyopdagede reaktion fungere som prototype for de mange processer, der involverer kemiske reaktioner med oxygen – fx netop omdannelsen af metan til metanol. Arbejdet er offentliggjort i tidsskriftet *Angewandte Chemie*, hvor artiklen blev udnævnt til "highly important".

*Birgitte Svennevig, Det Naturvidenskabelige Fakultet, SDU.  
Kilde: Aft. i Angew. Chemie: DOI: 10.1002/anie.201510984*

## Skovmyrer skal sikre økologiske æbler

Dansk økologisk frugt er en mangelvare og producenterne har store udfordringer for at få en robust og økonomisk rentabel produktion, når man skal undgå sprøjtemidler.

Forskere fra Aarhus Universitet undersøger nu, om skovmyrer er en del af løsningen på det problem. Her i foråret udsætter de et par hundrede tusinde skovmyrer i en økologisk æbleplantage på Djursland med den forventning, at myrerne gør et stort indhug i de skadedyr, der begrænser æbletræernes vækst og produktion. Planen er at flytte en stor myretue fra en granskov og lave et antal mindre tuer med hver sin dronning rundt i æbleplantagen. Samtidig bliver der lagt ekstra grannåle i æbleplantagen, så skovmyrerne har materialer til at bygge deres bo.

Seniorforsker Joachim Offenberg fra institut for Bioscience, Aarhus Universitet, står i spidsen for det stort anlagte projekt om biologisk bekæmpelse. Projektet er en del af *Organic 2.2.* programmet, der koordineres af ICROFS (Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer-systemer).

Myrerne skal æde larver som frostmålere, der kan lave stor skade ved at æde æbletræernes blade og blomster om foråret. Men myrer udskiller også antibiotika inklusiv svampegifte via kirtler og bakterier, der lever på myrens kroppe. Det er en evne, de har udviklet i de megatætte samfund, som en myretue huser, og hvor sygdomsfremkaldende organismer ville sprede sig som en steppebrand, hvis myrerne ikke havde deres eget mobile medicinskab. Forskerne håber, at myrernes produktion af svampegift bl.a. kan bekæmpe skurv, der er en svamp, som ødelægger æblerne.

En tredje fordel ved myrer er, at nogle arter udskiller urea – en kvælstofforbindelse, som planterne optager direkte over bladene. På den



En skovmyre har nedlagt en larve på et frugttræ og bærer larven hjem til tuen.

Foto: Jesper Stern Nielsen/Anne Aagaard

måde gødes træerne med kvælstof og træernes vækst stimuleres.

En af Joachim Offenbergs ph.d.-studerende, Christian Pinkalski, har for nylig vist, at vævermyrer i en mangoplantage i Australien bidrager med 30 % mere kvælstof til planterne, end der bliver fjernet fra plantagen, når mangofrugterne høstes.

Målet med projektet er at udvikle en økologisk bekæmpelse, der kan anvendes i alle typer af plantager med varige afgrøder som pærer, ribs, kirsebær, blomster m.m.

Peter Bondo Christensen

Kilde: *Science & Technology, Aarhus Universitet. scitech.au.dk*

## Skov og klima

Jo mere skov, jo bedre for klimaet vil de fleste nok tænke ud fra den betragtning, at skove optager CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Men så enkelt er det ikke, viser en analyse af den europæiske vegetationshistorie udført af Kim Naudts og kolleger ved Laboratory of Climate Science and Environment i Gif-sur-Yvette, Frankrig. Forskerne har i deres analyse, der for nylig er publiceret i *Science*, koblet historiske data om landskabsudnyttelsen i Europa med en land-atmosfæremodel for at undersøge effekten af skove på klimaet.

I perioden 1750 til 1850 blev et skovareal på omkring 190.000 km<sup>2</sup> ryddet i Europa for at skaffe brænde og for at give plads til agerbrug. Siden er skoven kommet tilbage igen på et ca. dobbelt så stort areal. Men samtidig har hurtigvoksende og dermed mere kommercielt interessante nåletræer erstattet løvfældende skov på et areal omkring 633.000 km<sup>2</sup>. Dette skift i sammensætning af træer betyder, at de europæiske skove samlet indeholder 3,1 mia. tons kulstof mindre end de gjorde i 1750, selvom skovarealet samlet er blevet 10 % større. Net-



Skiftet fra løvfældende træer til nåletræer har siden 1750 frigivet mere end 3 mia. tons kulstof til atmosfæren.

Foto: Colourbox

toresultatet er altså, at de europæiske skove siden 1750 har afgivet mere end 3 mia. kulstof til atmosfæren.

Forskernes analyse viser også, at skiftet fra løvfældende træer til mørkere nåletræer har øget overfladetemperaturen lokalt med 0,12 °C.

CRK, Kilde: Naudts, K. et al. *Science* 351, 597–600 (2016).

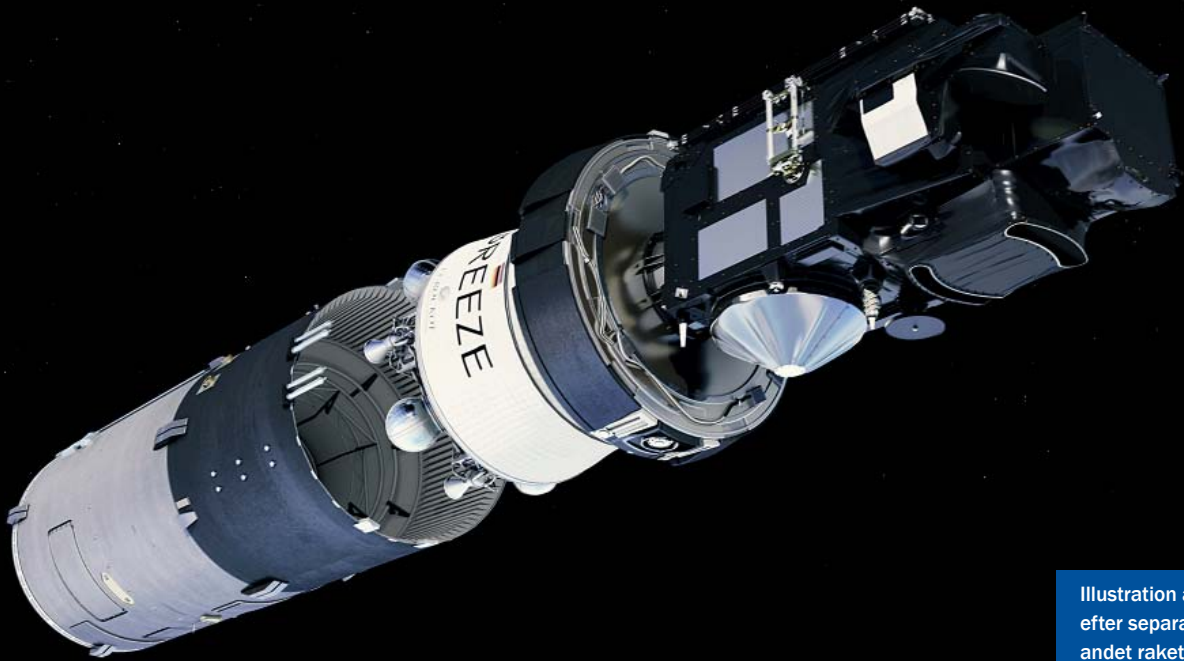


Illustration af Sentinel-3 efter separationen fra det andet rakettrin.

Foto: ESA/ATG medialab

## Ny satellit overvåger (næsten) alt

En ridetur på et russisk atommissil op til 814 km's højde. Sådan startede livet for den europæiske satellit Sentinel-3, som gik i kredsløb på en frostkold, overskyet februaraften fra kosmodromen Plesetsk 800 km nord for Moskva.

Sentinel-3 er primært, men ikke udelukkende, en havsatellit. Den måler bl.a. vandstand, bølgehøjde, havtemperatur, algeopblomstringer og vandforurening. Dertil kommer landtemperatur, istemperatur, vegetation, naturbrande og luftforurening. Med den vifte af anvendelser har forskerne store forventninger til Sentinel-3, der har nogenlunde samme størrelse, form og vægt som en mindre kassevogn.

En af de forventningsfulde forskere er DMI's Gorm Dybkær. Trods de hundreder af kilometer, der adskiller dem, har han Sentinel-3 helt inde på livet. Mange af hans fremtidige forskningsprojekter som isekspert

er nemlig afhængige af satellittens produkter. Og i foråret 2016 skal han tjekke data og sikre, at de lever op til den forventede kvalitet, før det europæiske rumagentur ESA åbner for adgange fra den almindelige bruger. Gorm Dybkær skal også være med til at forbedre Sentinel-3's overvågning af is. De data kan nemlig ikke oversættes lige så nøjagtigt til fx temperatur, som når satellitten måler på land eller hav. Løsningen er et forskningstogt til Arktis for direkte at måle det, satellitten registrerer fra rummet. Når de to sæt data sammenholdes, kan satellitten kalibreres, så fremtidige målinger kan oversættes præcist.

Sentinel-3's forventede levetid er 7 år med brændstof til yderligere 5. I efteråret 2017 får den hjælp til sit arbejde af Sentinel-3B og inden 2020 af Sentinel-3C. Du får et charmerende indblik i alle forventningerne til Sentinel-3 i en tegnefilm fra det europæiske rumagentur ESA: <http://korturl.dk/3n3>

Niels Hansen, DMI

## Skal vi slå de gamle celler ihjel?

I takt med at celler ældes, får DNA-skader og udsættes for andre typer af stress, sørger cellens egne sikkerhedsmekanismer for, at cellen holder op med at dele sig for at undgå, at den udvikler sig til en kræftcelle.

Dette stadie, hvor en celle ikke længere deler sig, kaldes senescens. Udover den manglende celledeling kendetegnes dette stadie ved, at de udtrykte gener i cellen ændres, og at cellen ikke er modtagelig over for de signaler, som normalt får celler til at påbegynde deres egen programmerede død (apoptose).

Med alderen vil der ophobe sig flere og flere celler i senescens-stadiet i vores organer og andre væv, hvilket afspejler sig i aldersrelate-

rede sygdomme i fx nyrerne og hjertet. Det har fået forskere fra USA til at undersøge, hvad der sker med kroppen, hvis man dræber celler i senescens-stadiet i stedet for at lade dem ophobe sig.

Ved at genmodificere mus til selv at slå de gamle celler ihjel, når de modtog en bestemt medicin, kunne forskerne slå op til 70 % af senescens-cellerne ihjel. Det resulterede i, at musenes levetid blev forlænget med over 20 %, rapporterer forskerne i tidsskriftet *Nature*.

Resultaterne viser, at celler i senescens-stadiet er et interessant mål for fremtidige lægemidler.

Kasper Sjødin Kristensen. Kilde: *Nature*

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



# Når mobilantennen er god...



Radiodødt målerum.

Foto: Adam Lehn

At måle kvaliteten af antenner i mobiltelefoner er Gert Frølund Pedersen fra Aalborg Universitet verdensmester i. Vi har talt med ham om målingens kunst, og hvorfor antennerne i mobiltelefonerne generelt er så dårlige.

Der er så dejligt ude på landet. Men er du afhængig af din smartphone til et vigtigt opkald, kan fornøjelsen ved de landlige omgivelser hurtigt fordampe. Enhver mobilejer – og det betyder i praksis de fleste danskere – har formentlig gjort den erfaring, at der er stor forskel på, hvor god din forbindelse til netværket er, afhængig af hvor man befinder sig. Er du midt inde i en stor by er der sjældent problemer, mens det er en helt anden sag, hvis du befinder dig i et sommerhus i den yderste klitrække på vestkysten.

En del af forklaringen er selvfølgelig, at mobilnetværket bliver mindre “fintmasket”, når vi bevæger os fra byerne til mere tyndt befolkede områder af landet. Der bliver med andre ord længere mellem de mobilmaster (basisstationer), der skal

sende og modtage signalerne fra vores mobiltelefoner. Men en nok så vigtig del af forklaringen ligger i kvaliteten af den antenne, der er indbygget i selve telefonen. For her er der nemlig stor forskel på de enkelte mærker og modeller – og tendensen er, at antennerne bliver ringere og ringere. Og der er ingen sammenhæng mellem prisen på telefonen og kvaliteten af antennen.

Den problematik har Gert Frølund Pedersen fra Aalborg Universitet forsøgt at få sat på dagsordenen gennem flere år. Gert Frølund Pedersen er professor ved Institut for Elektroniske Systemer, og han er en af verdens førende forskere indenfor måling af mobiltelefoners antennekvalitet. Sidste år kunne vi bl.a. opleve ham i programmet *Kontakt* på DR, hvor han målte på den nye iPhone 6s

#### Forfatter

Carsten R. Kjaer,  
Aktuel Naturvidenskab  
red@aktuelnaturvidenskab.dk



Gert Frølund Pedersen. Foto: Aalborg Universitet

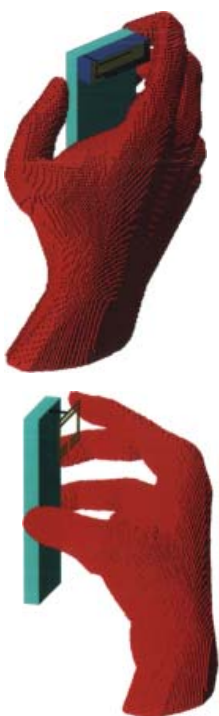
## Kroppen påvirker dit mobilsignal

I sin forskning har Gert Frølund Pedersen kunnet vise, at der er mange forskellige faktorer knyttet til vores anatomi og individuelle måde at bruge vore mobiltelefoner på, der påvirker hvor godt et signal antennen modtager. Fx hvor høje, vi er, eller om vi har sølvfyldninger i tænderne eller bruger briller. Flere af disse faktorer har dog ikke stor betydning, så man kan se bort fra dem i den samlede vurdering af en given mobiltelefons antenne.

Men der er to faktorer, der har stor betydning. Den ene er, om man holder telefonen på højre eller venstre side af hovedet. Og den anden er, hvordan man holder telefonen.

En undersøgelse med 100 forsøgspersoner viste, at mobilbrugere overordnet har to måder at holde telefonen på: "fast" eller "blødt". Og det har stor betydning – helt op til en faktor 10 i signalstyrken. Derfor er det altid en god ide at prøve at ændre grebet om telefonen og at "skifte øre", hvis man har problemer med forbindelsen.

Principillustration af de måder at holde en telefon på: "Fast" eller "blødt".



og konstaterede, at antennen i denne model var blevet ringere end i dens forgængere 6'eren (som i øvrigt heller ikke var god).

Sammen med sine kolleger ved Aalborg Universitet har han udviklet en metode til at måle effektiviteten af mobilantenner, som i dag bruges som standardtest over hele verden. Dermed har vi dog ikke fået let adgang til information om kvaliteten af de enkelte mobiltelefoners antenner. For den information holder mobilproducenterne og teleoperatørerne tæt til kroppen. Hvis man så programmet *Kontant* kunne man ved selvsyn se, at målingen af mobilantennen foregik i et meget specielt radiodødt rum og krævede en særlig procedure. En sådan test er derfor ikke bare noget ethvert lille teknikværksted kan udføre og dermed afsløre de dårlige antenner.

## Målingens kunst

Før 1990'erne var mobile telefoner på størrelse med en kuffert eller såkaldte "biltelefoner", der var fastmonteret i en bil. De første håndholdte mobiltelefoner kom på markedet i starten af 1990'erne. Frem til ca. 1998 havde næsten alle mobiltelefoner en ekstern antenne – som enten kunne trækkes ud eller havde form som en lille "stub". Faktisk var det danske firma Cetelco det første, der bragte en mobiltelefon med intern antenne på markedet i 1995 (som i øvrigt var baseret på Gerts afgangprojekt). Nokia fulgte efter med deres første model med intern antenne i 1997, og derefter gik det stærkt frem mod år 2000. I dag har så godt som alle mobiltelefoner en intern antenne.

De første år med håndholdte mobiltelefoner, blev der ikke målt på antennerne. Men da der begyndte at dukke nye typer af antenner op på mobiltelefonerne, kunne mobiloperatørerne se betydelige forskelle, som de ikke umiddelbart kunne forklare. Derfor begyndte man at måle på antennerne til nogle mobiltelefoner. Men det foregik i starten ved, at man kobled selv antennen til et kabel og målte antennens effektivitet gennem dette, uden at der var en bruger involveret. Og så var der ingen problemer at spore.

Men der er flere problemer med denne målemetode: Man skal ind i telefonen og finde stedet, hvor antennen "fødes", hvilket ikke er let for andre end producenten – og så er der ingen garanti for, at antennen virker på samme måde, efter at telefonen er skilt ad, da alt metal i telefonen virker som antenne. Derudover kommer målekablet selv til at fungere som en antenne, og ikke mindst inkluderer målingen ikke indflydelse fra en bruger. Gert satte sig derfor som relativ nyslået antenneingeniør for at lave målinger under mere realistiske betingelser – dvs. hvor signalerne til telefonen sendes gennem luften og telefonen betje-

nes af en bruger. Da han i 1997 som den første begyndte at udføre målingerne på denne måde viste det sig, at der var kæmpestor forskel fra bruger til bruger (en faktor 10). Det kom derved til at stå klart, at en helt afgørende parameter for en antennes effektivitet i praktisk brug er, at kroppen absorberer en stor del af signalerne. Når man sammenligner antenner, må der derfor tages hensyn til, at det ikke er ligegyldigt, hvem der bruger telefonen, hvordan den holdes og i hvilken retning, den peger.

Med den viden i bagagen gik Gert og kolleger i gang med at udvikle en metode, der kunne bruges som standardtest. Det var noget af en balancegang, da der udspandt sig lidt af en teknisk og politisk krig mellem de store kommercielle aktører på markedet om, at en test ikke måtte favorisere bestemte antenntyper. På det tidspunkt var der nemlig stadig mange af de gamle udtræksantennener og de små tykke stub-antennener på mobiltelefonerne samtidig med, at der så småt var begyndt at komme nye integrerede antenner på markedet.

### Nedslående resultater

Den metode, som Gert og kolleger endte op med, involverer, at telefonen placeres i en kunstig hånd ved et kunstigt hoved, der skal simulere tilsvarende dele på et menneske. Herligheden placeres så i et radiodødt rum – dvs. et rum, hvor ingen forstyrrende signaler udefra kan trænge ind, og hvor signalerne fra senderen i rummet ikke reflekteres fra væggene. Testen foregår så ved at ringe mobilen op via senderen i rummet og måle, mens telefonen med den kunstige hånd og hoved trinvis vendes og drejes. Man ender derfor med et helt net af målepunkter fordelt på en kugleflade. Disse målinger kan så summeres og give et samlet mål for antennens effektivitet (inkl. senderens og modtagerens effektivitet).

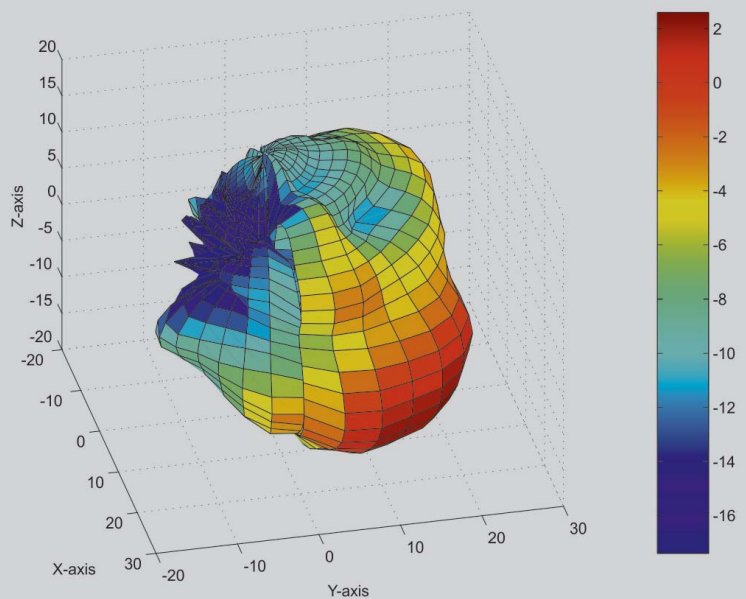
Testen afslører, hvor svagt et signal fra en mobilmast en given telefon kan klare sig med for at få en taleforbindelse til mobilnettet. Signalets størrelse måles i dBm (decibel over en milliwatt), som er en logaritmisk skala. Jo lavere værdierne er, jo bedre er modtagelsen.

Standarden for GSM (der står for Global System for Mobile Communications) foreskriver, at telefonen skal kunne opfange et signal på mindst -102 dBm ved frekvensbåndet på 900 MHz (som er det frekvensområde, som GSM-netværk opererer ved uden for byerne, da det rækker længst). Men det er vel at mærke, når man måler uden en antenne på telefonen ved at sætte en standardiseret kabelforbindelse direkte mellem telefonens modtager og en basestation. Når der kommer antenne på telefonen, og den skal opfange radiobølgerne fra luften, er telefonerne langt fra at kunne opfange de -102

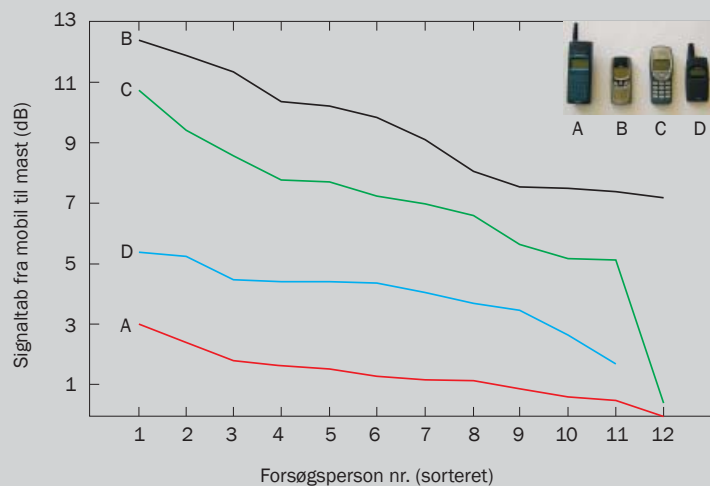
## Målinger

Når Gert Frølund og kolleger måler på mobilantennener med deres standardiserede metode, måler de både, hvad mobilen kan sende, og hvad den kan modtage. De måler mobilens sendestyrke i alle retninger og begge polariteter (et elektromagnetisk signal kan tage to forskellige retninger, når det udbreder sig i den tredje retning vinkelret på planet med de to ortogonale polariteter). De beregner herudfra en værdi kaldet Total Radiated Power (TRP).

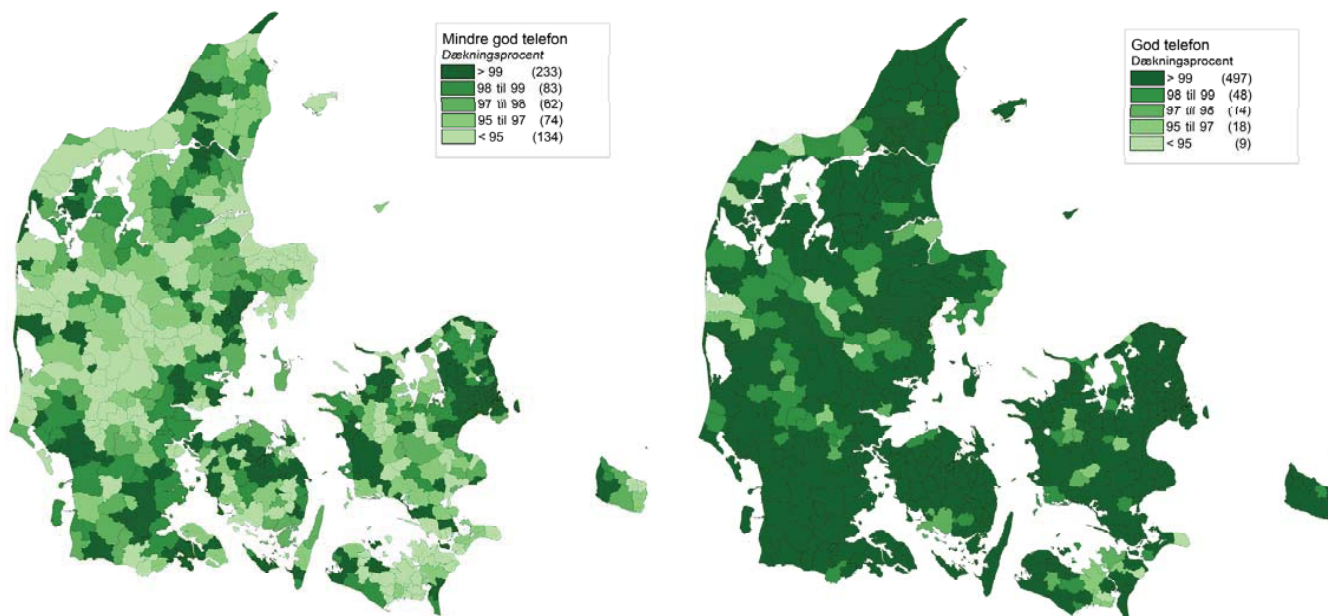
Herefter regulerer de det signal, der sendes til mobiltelefonen, således at telefonen lige akkurat kan modtage signalet. Den tekniske definition af en acceptabel talekvalitet er en maksimal "bit-fejlrate" (forkortes BER) i procent – for GSM-netværket er en acceptabel bit-fejlrate 2,44 %. Værdien for, hvornår senderen lige netop kan modtage et acceptabelt signal registreres for hver retning og polaritet. Dette regnes så om til en værdi kaldet Total Isotropic Sensitivity (TIS), der er det tal, som en antennes kvalitet angives i.



Eksempel på måling af udstrålingen fra en mobilantenne – i dette tilfælde en iPhone 3, der er monteret ved siden af et kunstigt hoved. Der er målt den effekt telefonen sender – altså ikke, når den modtager. Som det ses er der meget lidt effekt, der sendes i retning af hovedet placeret i -Y retningen. Farvekoden viser forskel mellem sendt effekt i hver retning i forhold til indgangseffekten, skala i dB. Summeres effekttætheden over alle retninger er tabet forskellen fra 0 dB.



Kurverne her viser nogle af de målinger, Gert Frølund Pedersen i sin tid brugte til at vise, at samtalekvaliteten ikke kun afhænger af mobilmodellen – i høj grad også af brugerne.



Kortene viser forskellen på, hvor god dækning, man har rundt om i Danmark, afhængig af, om man har en mobiltelefon med en god antenne eller dårlig antenne. Kort: Erhvervsstyrelsen 2013

dBm, som GSM-standarden foreskriver. Det var den konklusion Gert Frølund Pedersen og kolleger nåede frem til, da de målte på 23 af de mest populære smartphones tilbage i (2012 og igen i 2013) – bl.a. som et led i Erhvervsstyrelsens kortlægning af mobildækningen i Danmark.

Undersøgelsen vakte megen opmærksomhed, bl.a. fordi det viste sig, at de meget populære modeller fra Apple og Samsung på det tidspunkt klarede sig rigtig dårligt. Således kunne iPhone 5 og Samsung Galaxy S3 kun opfange signalet ved hhv. -88,8 og -89,9 dBm – markant dårligere end den tredjearligste i testen (Nokia C2-01), som havde dækning ved -93,1 dBm. Hver gang værdierne falder med 3 dBm, svarer det til en halvering af signalet. Så det er markante forskelle, vi taler om.

### Et samfundsproblem

Man skulle tro, at en sådan pinlig afsløring af dårlige antenner i de populære smartphones, ville få producenterne til at stramme op. Men sådan er det altså ikke gået. Gennemsnitskvaliteten for antennerne er faldet over tid, og forskellen mellem telefoner er stadig omkring en faktor 10.

En væsentlig grund til den manglende lyst til at forbedre antennerne fra mobilproducenternes side er formentlig, at afsløringerne af de dårlige antenner ikke har kostet dem på salgstillene. Langt de fleste brugere bor i byerne, hvor mobildækningen er så god, at der næsten ikke behøver være antenner på telefonerne for at få forbindelse. I praksis vil problemet derfor kun være stort for måske 10 % af brugerne.

I et samfundsmæssigt perspektiv er de dårlige antenner dog et problem, mener Gert. I områder med dårlig mobildækning vil mobilskaberne således hvert eneste år skulle sætte mange flere master op blot for at kompensere for de stadig dårlige antenner. Og det er der jo kun brugere til at betale for via deres abonnement. Dårligere antenner betyder også et højere strømforbrug i telefonen for at holde forbindelsen.

### Mærkning af mobilantenner

Gert er en varm fortaler for at indføre en egentlig mærkningsordning for antenner i mobiltelefoner, så forbrugerne kan få reel viden om kvaliteten af antennen.

For nogle år siden var der megen bekymring for, om strålingen fra mobiltelefoner udgør en risiko. Det udmøntede sig i, at producenterne nu skal angive den såkaldte SAR-værdi for telefonerne, der er et udtryk for, hvor megen stråling, de sender ind i personen. På samme måde kunne problemet med "dårlig dækning", som mange forbrugere er optaget af i dag, imødekommes med en mærkningsordning. Nogle steder er der reelt problemer med dårlig dækning – men før man bander sin teledu-byder langt væk, vil det være relevant at sikre sig, at problemet ikke primært ligger i telefonens egen antenne. Og her vil en mærkningsordning kunne gøre en stor forskel.

Som det er i dag, er det faktisk ikke muligt for forbrugeren at skaffe sig faktisk viden om kvaliteten af antennen i en given telefon. Og så længe der ikke hersker åbenhed om målinger af antennernes



# BYG BRO MELLE NATUR OG MENNESKE

LÆS GEOGRAFI OG UDVIKL FREMTIDENS LØSNINGER  
INDEN FOR NATUR, MILJØ OG SAMFUND.

[GEO.AAU.DK](http://GEO.AAU.DK)



AALBORG UNIVERSITET



## Mobilnettet

I dag er der groft sagt 3 generationer af teknologi i brug i det danske mobilnetværk – som blot benævnes 2G, 3G og 4G. De enkelte netværk kan sende på forskellige frekvenser: I Danmark sender 4G på 800, 1800 og 2600 MHz, 3G sender på 900 og 2100 MHz og 2G sender på 900 og 1800 MHz. Tendensen er, at operatørerne selv kan vælge, hvilket system de bruger på deres frekvenser.

En lavere frekvens betyder en længere rækkevidde af signalet, og derfor sender mobilmaster i tyndbefolkede områder ofte på de lave frekvenser. Høje frekvenser bruges til gengæld til hurtigt internet med færre spidsbelastningsproblemer – derfor sendes der med høje frekvenser i byområder, hvor dækning ikke er problemet, men derimod kapaciteten (dvs. antal brugere pr. areal på samme tid). Dog kan moderne bygninger med megen stål og vinduer med metalcoating dæmpe signalet så meget, at det giver mobilbrugere problemer indendørs, og her er antennerne i mobiltelefonen igen vigtige!

Mobilmaster kan forstyrre hinandens signaler, og derfor er det reguleret, hvem der må opsætte master med de enkelte frekvenser, ligesom der er regler for, hvad frekvenserne må bruges til.

### Yderlige info:

[www.ens.dk/teleoginternet/telefoni](http://www.ens.dk/teleoginternet/telefoni)  
[www.mastedatabasen.dk](http://www.mastedatabasen.dk)

← Dit valg af telefon kan være afgørende for om du kan få forbindelse langt ude i skoven.

## Liste over de seneste målte telefoner

Der er målt på GSM900(MHz)-båndet, som typisk bruges til samtaler. De bedste telefoner er placeret øverst i listen.

Phone ranking	Model	GSM900 TIS Performance	AAU-mærke Danmark
1	Doro Phone Easy 605	-98.8 dBm	C
2	Samsung S5	-98.5 dBm	C
3	Sony Xperia Z	-98.1 dBm	C
4	Samsung S6	-97.8 dBm	D
5	Sony Xperia Go	-97.7 dBm	D
6	Samsung Galaxy III mini	-97.5 dBm	D
7	LG A250	-97.5 dBm	D
8	Nokia Lumia 620	-97.2 dBm	D
9	Nokia Asha 300	-97.2 dBm	D
10	Sony Xperia 5Z compact	-96.8 dBm	D
11	HTC One	-96.2 dBm	D
12	Huawei Y300	-96.0 dBm	D
13	Nokia 1800	-96.0 dBm	D
14	iPhone 4	-95.8 dBm	E
15	HTC One mini	-95.5 dBm	E
16	LG Optimus	-95.4 dBm	E
17	Huawei Ascend P2	-95.1 dBm	E
18	Nokia Lumia 920	-94.7 dBm	E
19	Samsung Galaxy note II (3G)	-94.5 dBm	E
20	Samsung S4 (4G)	-94.5 dBm	E
21	Samsung Galaxy note II (4G)	-94.5 dBm	E
22	HTC Desire X	-94.4 dBm	E
23	Samsung S4 mini	-94.0 dBm	E
24	iPhone 6	-93.9 dBm	F
25	Nokia C1-01	-93.9 dBm	F
26	HTC Wildfire S	-93.5 dBm	F
27	iPhone 4s	-93.3 dBm	F
28	Samsung SII	-93.2 dBm	F
29	Nokia C2-01	-93.1 dBm	F
30	iPhone 6S	-93.0 dBm	F
31	Nokia Lumia 820	-93.0 dBm	F
32	iPhone 5C	-92.3 dBm	F
33	iPhone 5S	-90.2 dBm	G
34	Samsung SIII	-89.9 dBm	G
35	iPhone 5	-88.8 dBm	G
36	Nokia Lumia 925 (phone 2)	-88.1 dBm	G
37	Nokia Lumia 925	-88.0 dBm	G

kvalitet, vil mobilproducenter og mobiloperatørerne kunne skyde skylden på hinanden, når der er problemer med mobildækningen.

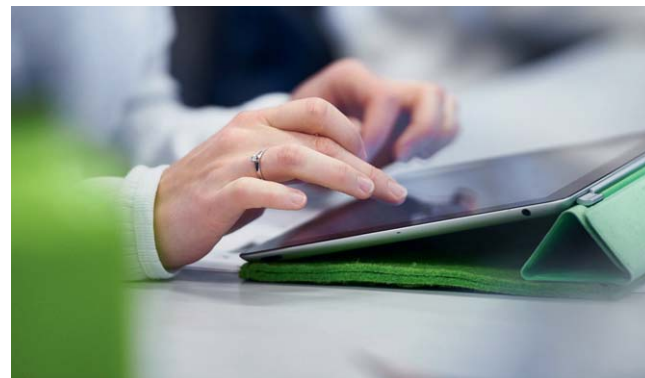
## Mobiler med flere antenner

Da man begyndte at lave interne antenner i mobiltelefonerne var udfordringen rent teknologisk at lave antenner, der var gode nok til at kunne det "hele". I dag er udfordringen i højere grad blevet, at der kommer mere og mere metal ind i de smarte mobilmodeller. Det primære problem er, at det bliver sværere for antennen at "dække" alle de frekvenser, der bruges til mobiltelefoni, når der er meget metal omkring antennen. Derfor bør en god antenne i en moderne, metalfyldt smartphone i praksis bestå af en antenne, der kan justere sig selv til den frekvens, der til et hvert tidspunkt skal bruges. Udover at der kommer flere og flere frekvensbånd, kræves der højere datarater, og for at opnå den højere datarate i fx vores nye 4G-system, skal der være mindst to antenner, der modtager signalet på samme tid.

Selv med disse krav vil det ifølge Gert være muligt for mobilproducenterne at forsyne fremtidens modeller af smartphones med ordentlige antenner, uden at det behøver fordyre telefonerne med mere end en 10-20 kr. ■



Læs mere på  
[science.ku.dk/ba](http://science.ku.dk/ba)



# 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:

- BLIVE "STUDERENDE FOR EN DAG"
- BESØGE OS MED DIN KLASSE

---

## 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

BESØG OS PÅ FACEBOOK OG INSTAGRAM OG SE MERE OM STUDIELIVET PÅ UDDANNELSERNE:

 Læs på SCIENCE

 @scienceku

---

KØBENHAVNS UNIVERSITET  
DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET



# Høj funktionel rigdom trods få arter i Østersøen

Hvis vi i stedet for at opgøre antallet af arter i et økosystem opregner arternes funktioner eller egenskaber, får vi et nyt mål for biodiversitet, som hjælper os med at forstå økosystemers struktur, funktion og forandringer.

Det er velkendt, at artsrigdommen er høj i havområder med høj saltholdighed, og at mangfoldigheden mindskes, når man bevæger sig fra det åbne hav ind i fjorde og delvist lukkede havområder med stor ferskvandstilstrømning (estuarier), hvor saltholdigheden langsomt aftager og vandet bliver brakt og til sidst ferskt. Østersøen er et kæmpe estuarie. Rigdommen af både planter og dyr er høj i de danske farvande, men aftager når vi kommer ind i den egentlige Østersø, og yderligere når vi bevæger os mod nord til den Finske Bugt og Den Botniske Bugt helt i nord, hvor saltholdigheden er lav pga. tilstrømmende ferskvand fra de mange floder. Dette mønster har vi således også fundet i en undersøgelse af de bundlevende dyr (snegle, muslinger, orme, krebsdyr), hvor det samlede artsantal faldt fra 151 i de danske sunde til blot 6 arter i Den Botniske Bugt. Et fald i artsantal med en faktor 25, som dog er naturligt og forventeligt.

Men hvad betyder dette dramatiske fald i antallet af arter for økosystemets funktion? Ændres de kemiske og biologiske funktioner? Ændres økosystemets produktion og omsætningen af næringsstoffer? Og hvordan kan vi måle eventuelle forskelle i funktion? Hvad betyder antallet af arter for økosystemet?

Biologisk mangfoldighed, eller biodiversitet, kan beskrives som antallet af arter og variation mellem individer inden for arter af planter, dyr og mikroorganismer i et økosystem. En høj biodiversitet gør et økosystem mere modstandsdygtigt overfor forandringer. Det skyldes, at

der i et økosystem med mange arter sandsynligvis vil være nogle arter, der kan "overtage" andre arters funktioner i økosystemet, hvis disse skulle forsvinde – fx pga. menneskeskabte påvirkninger. For os mennesker er bevarelsen af et økosystems funktionelle stabilitet – fx i Østersøen – væsentligt, fordi det sikrer fortsat mulighed for bl.a. fiskeri og rekreative aktiviteter.

## Arternes funktionelle egenskaber

For at en art skal kunne bibeholde en funktion i økosystemet, hvis en anden art forsvinder, bør de to arter have nogenlunde ens roller i økosystemet. Arternes funktionelle egenskaber er altså afgørende for, i hvilket omfang de kan vikariere for hinanden. Arternes funktionelle egenskaber kan fx være deres størrelse, kropsform, måden de forplanter sig på, hvordan de indtager føde og hvad de derfor lever af. Det er arternes egenskaber, der afgør, hvordan de samvirker med hinanden og med det omgivende miljø, og dermed hvordan de bidrager til økosystemets funktion.

De dyr, der lever på eller i havbunden påvirker først og fremmest udvekslingen af næringsstoffer, ilt og organisk materiale mellem havbunden og de frie vandmasser. Det gør de især ved at rode op og tygge sig igennem i havbunden. Hvor meget, de roder op, afhænger af deres størrelse og deres levemåde, dvs. om de graver i havbunden, bygger gange eller rør. Og det afhænger af, hvad de lever af: Om de spiser mudder (og lever af de mikroorganismer, der er i muddret), eller om de filtrerer det overliggende vand for fødepartikler. Bunddyrenes rolle minder

### Om forfatteren



Anna Tornroos er ph.d., post doc i EU BONUS projektet BIO-C3, Centre for Ocean Life, DTU Aqua og Åbo Akademi University i Finland, [anna.m.tornroos@abo.fi](mailto:anna.m.tornroos@abo.fi) [annto@aqu.dtu.dk](mailto:annto@aqu.dtu.dk)

Oversættelse: Thomas Kiørboe, Centre for Ocean Life, DTU Aqua [tk@aqu.dtu.dk](mailto:tk@aqu.dtu.dk)





Forskellige krebsdyr kan grave gange i havbunden og transporterer derved både sediment og ilt i bunden. De velilteede grave-gange er lyse.



Børsteorme kan grave forskellige typer gange i sedimentet, både dybt ned i bunden eller tæt ved overfladen. På billedet ses en Y-formet gang af børsteormen *Hediste diversicolor*.



Når sandmuslingen (*Mya arenaria*) graver sig ned i bunden danner den et lang, lige gang. Igennem gangen kan den række ud med et "sugerør" og støvsuge overfladen eller de overliggende vandmasser for fødepartikler.

meget om den rolle regnorme og tusindben har i vores haver og kompostbunker. Og endelig er bunddyrene selv føde for større dyr, herunder fisk som torsk og fladfisk.

### Artsrigdom kontra funktionel rigdom

Når det gælder fisk og bunddyr er det ikke helt enkelt at undersøge forholdet mellem arternes egenskaber og de forskellige økosystemfunktioner. Ideelt ville det indebære at holde intakte økosystemer i laboratoriet, hvilket ikke er muligt, eller man skulle



Billedet viser et tværsnit gennem en sandbund. De lange lyse velilteede gange er gravet af forskellige bunddyr og ses på en baggrund af iltfattigt, sort sediment. Ligesom i vores haver er mangfoldigheden af dyrenes forskellige måde at leve og bevæge sig på vigtig for iltningen af havbunden.

Fotos: Anna Törnroos.

kunne gennemføre eksperimenter på havbunden, hvilket er meget krævende. Derfor kan vi i stedet anvende egenskaberne hos de arter, der indgår i et givet bunddyrssamfund, som et mål for systemets funktionelle potentiale.

Vi kan opdele de forskellige egenskaber, der karakteriserer en organisme i flere kategorier. Fx kan egenskaben "størrelse" deles i flere størrelseskategorier, egenskaben "måden at æde på" kan opdeles i planteædere, rovdyr, mudderædere, osv. I vores



Mikroskopet er et vigtigt redskab i studier af bunddyr og deres egenskaber. For at bestemme, tælle og måle bunddyrene anvendes mikroskop. De fleste organismer er svære at se med det blotte øje.

Foto: Nolwenn Quillien



Mikroskopet er også et vigtigt redskab, når man vil studere, hvordan et dyr æder. Denne børsteorm har mange, lange tentakler, som den spreder ud over havbunden for at fange føde.

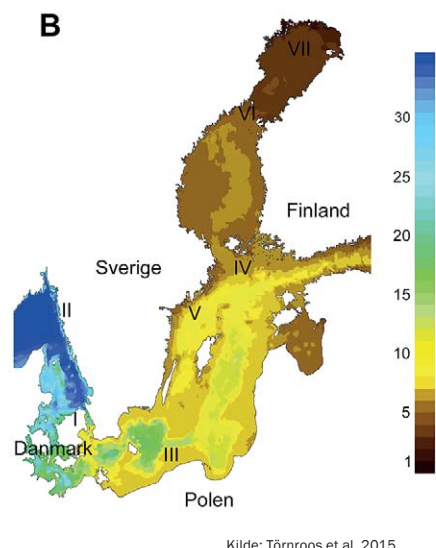
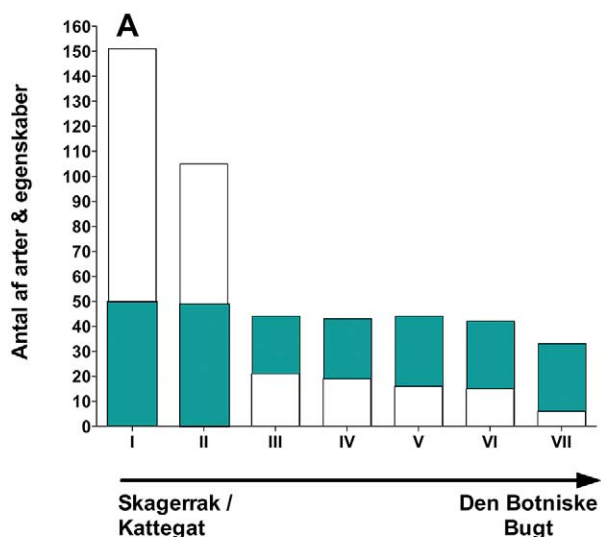


Billedet viser en forstørret havbørsteorm med tentakler og børster på siden af kroppen, som ellers kan være svære at se. Denne art anvender dog ikke tentaklerne til at fange føde, men som kønsorgan. Den er et grådigt rovdyr forsynet med kraftige kæber, som kan ses i mikroskopet.

Fotos: Sarah Faulwetter

undersøgelse af bunddyrs-samfundene i Østersøen anvendte vi således 10 egenskaber opdelt i 51 kategorier. Vi fandt, at den funktionelle rigdom, ligesom artsrigdommen, aftager langs saltholdighedsgradienten i Østersøen, men ikke i nær samme grad. Mens vi fandt en reduktion i artsrigdommen på 96 % (fra 151 til 6 arter), når vi går fra de danske farvande til bunden af Østersøen, så blev den funktionelle rigdom blot reduceret med 34 %. Dvs. at de 6 arter, der er tilbage i bunden af Østersøen, stadig udtrykker 66 % af den funktionelle diversitet, som de 151 arter i de danske farvande har.

Hvilke ændringer sker der så i bunddyrssamfundene, når vi bevæger os fra de danske sunde ind i Østersøen? Først og fremmest kunne vi notere, at dyrene bliver mindre, de bliver mere fastsiddende, og de ændrer ernæringsmåde og domineres af ådselsædere og parasitter. Disse egenskaber er knyttet til, hvordan omsætningen og transporten af organisk materiale i økosystemet foregår. Ændringer i de unge dyrs spredningspotentialer og de voksne dyrs måde at bevæge sig på viser, at det organiske materiale omsættes på en anden måde i Den Botniske Bugt end i Kattegat.



**Videre læsning:**  
 Betydning af biodiversitet  
 Worm, B., Barbier, E.B.,  
 Beaumont, N., et al., 2006.  
 Impacts of biodiversity loss  
 on ocean  
 ecosystem services.  
 Science 314, 787-790.

Yachi, S., Loreau, M., 1999.  
 Biodiversity and ecosystem  
 productivity in a fluctuating  
 environment: the insu-  
 rance hypothesis. Proc.  
 Natl. Acad. Sci. U. S. A. 96,  
 1463-1468.

Millennium Ecosystem  
 Assessment. 2005. Eco-  
 systems and human well  
 being: biodiversity syn-  
 thesis. World Resources  
 Institute, Washington, D.C.,  
 USA.

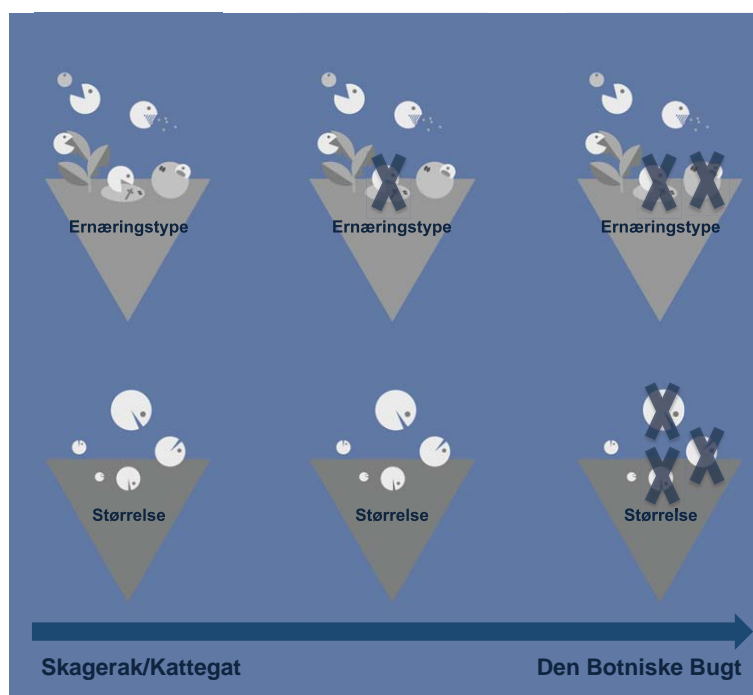
Funktionelle mønstre i  
 Østersøen

Törnroos A., Bonsdorff E.,  
 Bremner J., Blomqvist M.,  
 Josefson A.B., Garcia C.,  
 Warzocha J Marine benthic  
 ecological functioning over  
 decreasing taxonomic  
 richness. (2015). Journal of  
 Sea Research 98:49-56.

Høj funktionel diversitet trods lav artsrigdom. Grafen viser reduktionen i antallet af arter af bunddyr (hvide søjler) og egenskaber (grønne søjler) fra Skagerrak/Kattegat til Den Botniske bugt i nordlige Østersø. Den funktionelle rigdom er

forholdsvis høj trods få arter i Østersøen. Kortet viser både de forskellige områder (I-VII) som indgik og saltholdigheden i Østersøen, som er høj i Skagerrak (blå farve) og lav i Den Botniske Bugt (brun farve).

Ændringer i funktionelle egenskaber hos bunddyr i Østersøen. Figuren viser to eksempler på egenskaber i bunddyrssamfundene (måde at æde og kropstørrelse), som mindskes eller forsvinder, når man bevæger sig fra Skagerrak / Kattegat, ind i Østersøen og nordpå til Den Botniske Bugt.



### Østersøen - et perfekt modelområde

Tabet af biodiversitet både på landjorden og i havet skyldes primært mennesket og anses for en af de store globale udfordringer, menneskeheden står overfor. Derfor er det vigtigt at forstå, hvilke konsekvenser en reduktion i artsantallet kan have for et økosystems funktion. Ofte anvendes modeller til at studere dette, men det er vanskeligt at inkludere den samlede kompleksitet af et økosystem i en simuleringsmodel. Derfor er det vigtigt at studere virkelige økosystemer, hvor artsrigdommen naturligt varierer, fx langs saltgradienten i Østersøen.

En meget lang tradition for at indsamle miljødata og beskrivelser af artssammensætningen har gjort Østersøen til et af de bedst studerede havområder i verden. Og det betyder, at vi har lange tidsserier. Således gennemførte den Danske biolog C.G. J. Petersen meget omfattende registreringer af bunddyrssammensætningen i de danske farvande allerede i begyndelsen af forrige århundrede. Det giver mulighed for at undersøge, hvordan både den biologiske og den funktionelle diversitet har ændret sig gennem en periode på mere end 100 år, hvor påvirkningen fra menneskets aktiviteter har været stor. ■

# Når naturen vender tilbage

## - Gyldensteen Kystlagune

I marts 2014 blev kystlagunen ved Gyldensteen Strand givet tilbage til naturen. Allerede det første år indvandrede mange nye arter til lagunen, men mange af dem gik dog kraftigt tilbage igen i 2015. Formentlig vil der gå år endnu, før økosystemet er stabiliseret.

### Om forfatterne



Sandra Walløe Thorsen, ph.d.-studerende. sandrawt@biology.sdu.dk



Erik Kristensen, lektor, ebk@biology.sdu.dk



Thomas Valdemarsen, lektor, valdemarsen@biology.sdu.dk

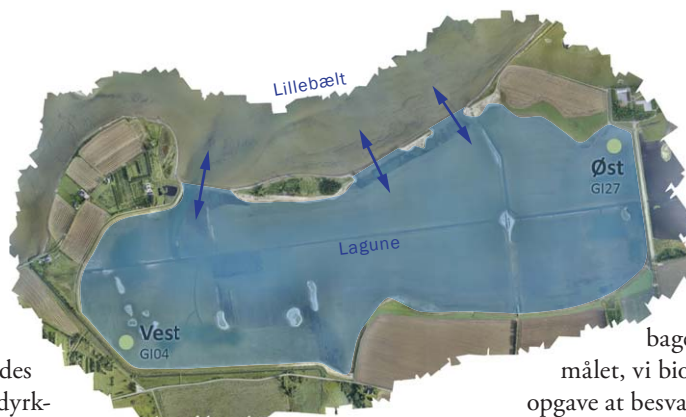


Mogens Flindt, lektor, mrf@biology.sdu.dk



Marianne Holmer, professor, holmer@biology.sdu.dk

Alle ved Biologisk Institut, Syddansk Universitet



I 1871 blev en lagune ved Gyldensteen strand på Nordfyn tørlagt, så det inddæmmede område kunne anvendes til husdyr, høslæt og dyrkning af afgrøder. Næsten 150 år senere, i slutningen af marts 2014, blev området givet tilbage til naturen igen takket være Aage V. Jensen Naturfond. Foran 5000 naturinteresserede blev digerne brudt, og forvandlingen var total. Allerede dagen efter var lagunen fyldt med vand og fremstod som en komplet marin lagune på overfladen. Men under vandoverfladen stod stubbe, græs og træer stadig. For nogle markerede fjernelsen af digerne for halvandet år siden prikken over i'et, der afsluttede mange måneders forberedende arbejde bag digerne. Men for os biologer var det først nu, det hele begyndte!

### Forventningerne

Formålet med genetableringen af kystlagunen er først og fremmest at øge biodiversiteten i de danske kystnære områder samt at sikre fuglelivet nye rasteplasser med gode fødekilder. De biologiske undersøgelser skal følge udviklingen fra landbrugsjord til havbund samt udviklingen af flora og fauna i lagunen. Hvor hurtigt vender naturen rent faktisk til-

bage? Det er spørgsmålet, vi biologer har fået til opgave at besvare.

Genskabelsen af Gyldensteen Kystlagune er også vigtig for klimaforskning, for hvad er konsekvenserne, hvis vandstanden stiger i vore have og landområder oversvømmes? Kystnære havområder kan potentielt binde store mængder kulstof, hvis nettooptaget af CO<sub>2</sub> hos primærproducenterne (plankton, tang og havgræsser) overstiger økosystemets frigivelse af CO<sub>2</sub> fra respiration.

Bunden i lagunen har været anvendt som landbrugsjord i snart 150 år og er derigennem blevet beriget med både organisk materiale og næringsstoffer. Vi antog, at oversvømmelsen ville medføre, at der ville blive frigivet store mængder næringsstoffer til lagunen. Høje koncentrationer af kvælstof (N) og fosfor (P) vil favorisere opvækst af hurtigtvoksende alger. Derfor var det højt sandsynligt, at der de første år efter oversvømmelsen ville optræde massive algeopblomstringer i lagunen med udvikling af dyresamfund, som afspejlede de variable og til tider barske forhold. Vi forventede at opleve et



Græsser findes stadig under vandoverfladen i sommeren 2014, hvor de danner substrat for andre organismer, her blågrønalger.

Foto: Thomas Valdemarsen.



I 2015 er det meste af den oversvømmede vegetation rådnet væk.

Foto: Sandra Walløe Thorsen.

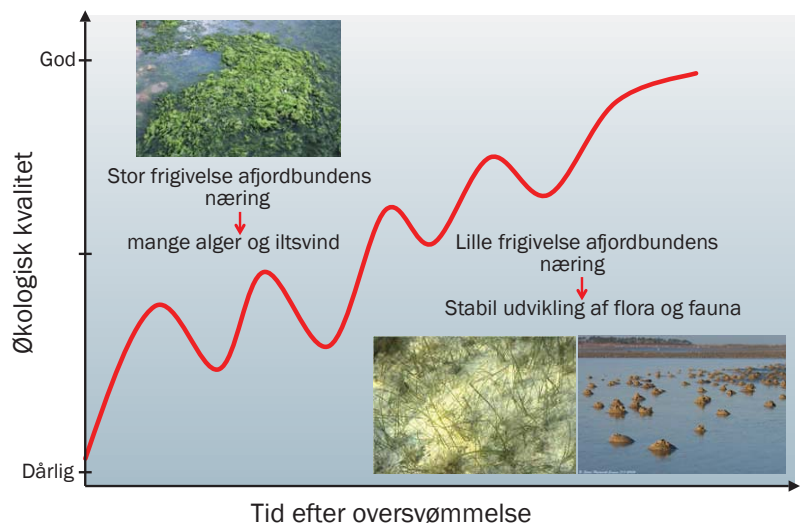
dynamisk system med store variationer i den økologiske tilstand, hvor populationer etablerer sig hurtigt, men forsvinder igen, når forholdene ændrer sig.

### En surrealistisk oplevelse

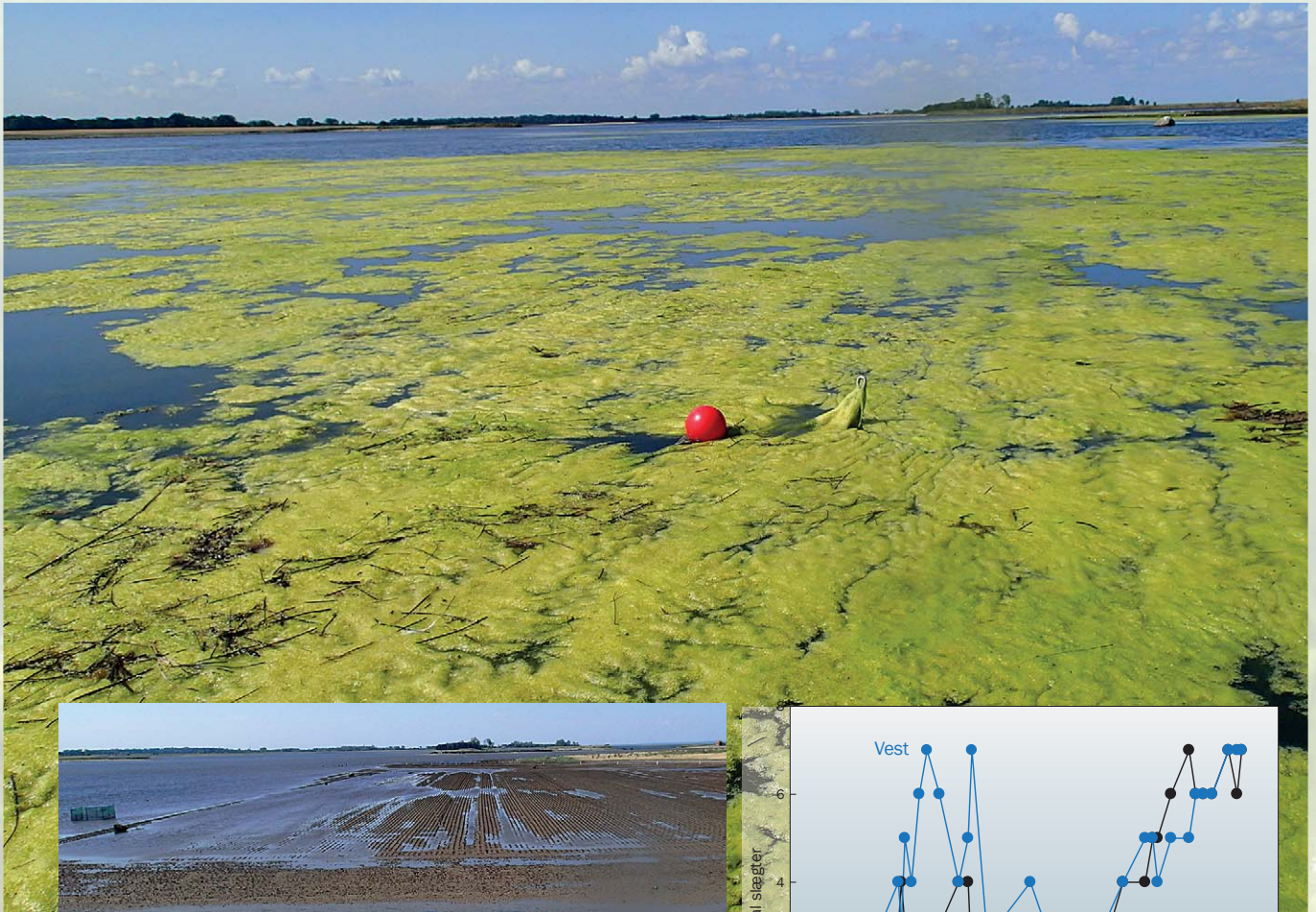
Vores første besøg efter oversvømmelsen i 2014 var surrealistisk. Ovenfra lignede det et normalt lavvandet kystområde, men under vandoverfladen stod der græs og træer som i en fremmed underverden. Landplanterne døde naturligvis hurtigt og vil blive nedbrudt før eller siden. Allerede i 2015 var de synlige rester af materiale fra jordoverfladen blevet væsentligt mindre. De første gå og sejlture i området var lidt af en udfordring. Der findes naturligvis ingen søkort med angivelse af gamle træer, stubbe og udlagte sælsten, som kun lige kan skimtes i vandoverfladen ved højvande. Bunden var blød og visse steder sank vi i til over knæene. Fotodokumentation af undervandsliv skulle foregå hurtigt før partikelskyen fra vores færden indhentede os og nedsatte sigtbarheden til få centimeter.

### Indvandring af alger

Lagunen har tre åbninger til det nordlige Lillebælt, den største i vest og to lidt mindre i øst, hvor tide-

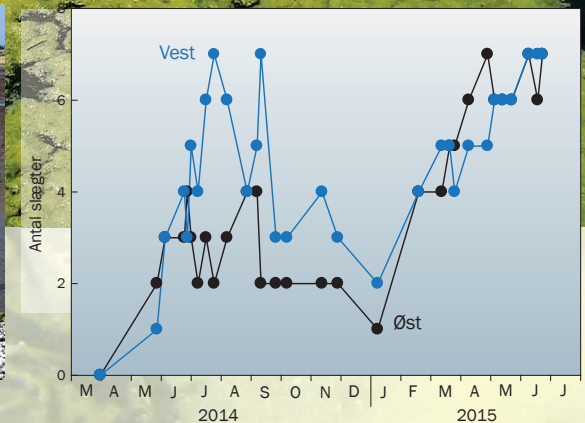


Model over forventninger til udviklingen i lagunens økologiske kvalitet i tiden efter oversvømmelsen. Det er uvist, hvornår der kan opstå et stabilt balanceret system.



Algeforekomst i den østlige del af lagunen i august 2014 (øverst) og 2015 (nederst).

Fotos: Sandra Walløe Thorsen.



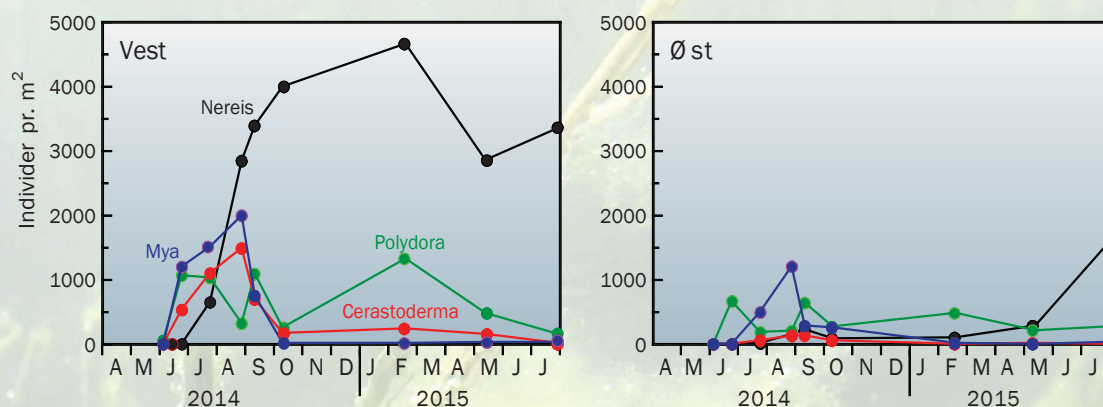
Forekomst af primærproducenter (herunder blågrønalger, havgræsser og makroalger) i den østlige og den vestlige del af lagunen i 2014 og 2015 angivet som antallet af slægter.

vandet kommer ind i lagunen. Al indvandring af marin flora og fauna foregår således gennem disse åbninger. Det foregår enten ved, at drivende alger og svømmende dyr aktivt søger ind i lagunen eller ved, at algesporer og dyrelarver passivt føres ind med tidevandet.

De første tegn på algeliv i lagunen var opblomstring af blågrønalger, som voksede på enhver overflade i maj-juni 2014. De gamle stubbe og grene virkede desuden som perfekt substrat for større tråd- og bladformede alger. I løbet af sommeren 2014 blev lagunen domineret af hurtigtvoksende grøn-, brun- og rødalger, specielt i den østlige ende. Til gengæld var diversiteten af alger højere i vest end i øst, hvilket nok skyldes, at det marine præg dominerede i vest, hvor den største åbning ud til Lillebælt ligger. En anden medvirkende faktor til masseforekomst af alger i den øst-

lige ende kan være, at vestenvind førte løstvoksende ansamlinger mod øst, hvor disse blev ophobet. Her samlede grønalgene rørhinde (*Enteromorpha* sp) og i særdeleshed vandhår (*Cladophora* sp) sig i måtter på op mod 30 cm tykkelse og overskyggede al anden vækst. De store mængder af makroalger i 2014 påvirkede også vandet ovenover, hvor der blev målt højt klorofylindhold, hvilket normalt tyder på tilstedeværelse af fytoplankton. I dette tilfælde var det dog alene sporer fra grønalgene og bundlevende kiselalger, som var årsag til det høje klorofylindhold.

I sommeren 2015 var diversiteten i øst og vest imidlertid ens, hvilket formentlig skyldtes fravær af de store mængder grønalger. Den manglende masseforekomst af grønalger i øst året efter digeåbningen kan skyldes en kombination af koldt vejr i foråret og sommeren 2015 og lavere koncentrationer af



Figuren viser bunddyr (individer pr. kvadratmeter) i den østlige og vestlige del af lagunen.

næringssalte. Frigivelsen af næringssalte fra bunden i 2015 har tilsyneladende ikke været stor nok til at medføre eksplosiv vækst som i 2014. Det er noget, vi arbejder på at kunne forklare.

### Indvandring af orme og muslinger

Kort efter oversvømmelsen så vi mange små fisk i vandet – kutlinger, nålefisk, hundestejler og skrubbevingel. Der kom også hurtigt en del svømmende og kravlede krebsdyr i området, som nød godt af den føde, som lagunen var rig på i 2014. Det var især små græssere, som ernærer sig af opportunistiske makroalger. Faktisk kunne disse græssere ikke følge med de hurtigtvoksende grønalger i 2014. Det skyldes enten for meget tilgængelig næring eller for sen indvandring af disse græssere. Om de har været medvirkende til den manglende opblomstring af grønalger i 2015 er endnu uvist.

Den bundlevende fauna er vigtig for lagunens økologi og fungerer som fødegrundlag for mange fisk og fugle. Bunddyrene indvandrede overraskende hurtigt i lagunen. De først ankomne var til vores store overraskelse små hjertemuslinger (*Cerastoderma glaucum*) og sandmuslinger (*Mya arenaria*), som blev fundet i store mængder (1000-2000 individer pr. m<sup>2</sup>) allerede i juli 2014. Derefter ankom en række børsteorme anført af frynseormen (*Nereis diversicolor*), den lille orm *Polydora cornuta* samt dansemuggelarver (*Chironomus*) og spredte blåmuslinger (*Mytilus edulis*). Et år efter oversvømmelsen (april 2015) dominerede frynseormene i den vestlige del af lagunen med op til 5000 individer pr. m<sup>2</sup>. Dette er et højt antal set i lyset af, at man finder tætheder på op til 3000 individer pr. m<sup>2</sup> andre steder langs de danske kyster med optimale levevilkår. Forekomsten i øst var dog væsentlig lavere, sandsynligvis på grund af det massive algedække i sommeren 2014. Frynseormenes aktivitet er vigtig for iltning af havbunden og omsætningen af organisk materiale. Iltning af sedimentet kan gavne etablering af andre iltfølsomme bunddyr. Til vores store overraskelse forsvandt næsten alle hjertemuslinger og sandmuslinger i løbet af vinteren 2014-

15 og foråret 2015. Vi tror, at muslingerne er sultet ihjel, fordi der ikke har været føde nok i vandet, eller fordi de ikke har kunnet filtrere vandet på grund af for store mængder af uorganiske partikler, der hvivles op fra bunden.

### Er der en klimagevinst?

Vi undersøgte frigivelsen af CO<sub>2</sub> fra jorden lige før og efter oversvømmelsen for at få et estimat for den umiddelbare klimagevinst ved naturgenopretningsprojektet. Før oversvømmelsen blev der gennemsnitlig frigivet omkring 12.300 ton CO<sub>2</sub> pr. år fra lagunens areal, hvorimod frigivelsen faldt med 75 % til 3.200 ton pr. år efter oversvømmelsen. Dette hænger som nævnt sammen med faldet i jordens iltindhold efter oversvømmelsen. Vand kan kun indeholde ca. 5 % af den ilt, der er i luft, og diffusionen af ilt forløber 10.000 gange langsommere i vand end i luft. Hastigheden af mikrobielle nedbrydningsprocesser blev dermed reduceret efter oversvømmelsen og har resulteret i det dramatiske fald i frigivelsen af CO<sub>2</sub>. Før vi jubler over denne tilsyneladende store klimagevinst, skal vi lige se lidt nærmere på de videre perspektiver. Når vi målte på CO<sub>2</sub>-frigivelsen (respiration) og CO<sub>2</sub>-optagelsen (primærproduktion) i jordbunden efter oversvømmelsen, så vi, at disse opvejede hinanden i løbet af året, så vi får en netto CO<sub>2</sub>-frigivelse på nul.

Den store frigivelse af CO<sub>2</sub> fra jorden før oversvømmelse skyldtes hurtig nedbrydning af rodrester fra landbrugsafgrøder dyrket året før. Denne nedbrydning gik næsten i stå ved oversvømmelsen, og rodresterne blev deponeret i jorden. Ifølge undersøgelser vil en kornmark binde 600 g kulstof om året, hvilket betyder at der i 2013 var bundet ca. 4.700 ton CO<sub>2</sub> i afgrøderne på Gyldensteens 214 ha. Det betyder, at den egentlige klimagevinst er ca. 7.600 ton CO<sub>2</sub>. Hvis klimagevinsten skal fortsætte i de efterfølgende år, skal primærproduktionen og den permanente deponering af alger i lagunen være af en størrelsesorden som ved landbrugsproduktion. Det vil højst sandsynligt ikke ske. Fx havde vi i højsommeren 2014 et algedække på 75-100 % i ca. en fjerdedel af



Blæretang på nippet til at blive dækket i ophvirvlet bundmateriale.

Foto: Sandra Walløe Thorsen

**Fakta om Gyldensteen Strand**

5 km øst for Bogense på Fyn  
Inddæmmet i 1871

616 ha tidligere landbrugsareal købt af Aage V. Jensen  
Naturfond og leveret tilbage til Naturen.

Kystlagunen har et areal på 215 ha, som blev oversvømmet  
den 29. marts 2014.

Der er ingen permanente ferskvandstilløb til lagunen. Hvis  
vandstanden i den tilstødende engsø bliver for høj, kan der  
periodevis forekomme overløb til kystlagunen.

Ca 90 % af lagunen har en gennemsnitsdybde på under 1 m.  
Lagunen har tre åbninger

lagunen. Tørbiomassen i dette område var 335 g/m<sup>2</sup> baseret på 50 stikprøver. De tørrede alger indholdt i gennemsnit 28,6 % kulstof, og derfor tilbageholdt algedækket i sommeren 2014 kun ca. 50 ton kulstof (svarende til ca. 190 tons CO<sub>2</sub>). Algerne døde naturligvis senere på året, hvorefter de enten blev eksporteret til Lillebælt eller sank ned og blev nedbrudt på bunden af lagunen. Kun den lille rest, der ikke blev omsat, kunne blive deponeret i lagunens bund, hvilket helt sikkert er meget mindre end den umiddelbare klimagevinst i 2014. Målinger i 2015 har desuden vist, at den totale primærproduktion i lagunen er nogenlunde i balance med nedbrydningen – altså ingen klimagevinst. Den nye kystlagune kan derfor

kun blive en permanent klimagevinst, såfremt økosystemet i fremtiden optager mere CO<sub>2</sub> end der frigives ved nedbrydning. Det kan ske, hvis der kommer en dominans af langsomtvoksende makroalger eller planter som havgræsser.

Den umiddelbare klimagevinst er måske alligevel permanent, fordi nedbrydningen af organisk kulstof i landbrugsjord normalt er større end tilførslen med afgrøder. Altså forsvinder den organiske pulje i jorden gradvist, hvilket jo forhindres i den oversvømmede jord ved Gyldensteen.

**For tidligt at drage endelige konklusioner**

Alt i alt har udviklingen ved Gyldensteen Strand den første tid efter digebruddet budt på flere overraskelser. Måske nærmer tilstanden i lagunen sig hurtigere forholdene i Lillebælt uden for digerne, end vi havde forudset. Det er dog endnu for tidligt at drage endelige konklusioner, så vi må vente og se hvilke nye overraskelser lagunen vil bringe os i årene fremover. Vi vil i løbet af de næste år fortsætte med at følge udviklingen i næringsstofferne og etableringen af alger, planter og dyr i det nye økosystem, og hvorledes dette påvirker klimagevinsten. Vi formoder dog, at der vil gå en rum tid, før området nærmer sig en stabil balance. ■

## Matematikvejlederuddannelsen

”Man får lyst og mod til at prøve nye undervisningsmetoder”

Vi kender dem alle. Flittige og arbejdssomme gymnasieelever der alligevel snubler over de matematiske problemer - både i faget matematik og i de mange matematikafhængige fag.

**Kort om uddannelsen**

Matematikvejlederuddannelsen giver redskaber til at fjerne snublestenene for elever med læringsvanskeligheder.

Uddannelsen viser via simple tests, hvordan du identificerer og diagnostiserer de elever, der har problemer.

Gennem arbejdet med miniprojekter bliver undervisningen gjort praksisnær, og du kan fra første semester hjælpe dine elever med læringsvanskeligheder til en ny forståelse af matematikfaget.

”Man får et helt andet perspektiv på egen undervisning. Matematikvejlederuddannelsen forsyner os med et begrebsapparat og en praktisk erfaring, der gør os bedre i stand til at forstå eleverne.

Det er tankevækkende hvor usikker, selv de dygtigste elevers matematiske viden er. Uddannelsens teoretiske indhold har hjulpet mig til at forstå problemernes karakter. Det er meget berigende”

Jørgen C. Ebbesen, cand. scient.  
Marie Kruses Skole



## Roskilde Universitet

Læs mere på om uddannelsen på [matematikvejleder.ruc.dk](http://matematikvejleder.ruc.dk)





# Bakteriers immunsystem åbner døren til en ny æra for biologien

Bakteriers immunforsvar mod virus kaldet CRISPR-Cas viser vejen til en teknologi, der rummer et enormt potentiale indenfor bioteknologien. En teknologi, der præcist og effektivt kan ændre gener i organismer, og som allerede har vist resultater i jordbruget.

CRISPR-Cas er det sprøde akronym for bakteriers forsvar mod virus, et system som kan genkende virus-DNA og klippe det over. Systemet blev opdaget i 2012, og ikke længe efter blev det klart, at CRISPR-Cas er et effektivt værktøj til at klippe og ændre i DNA, ikke bare i bakterier, men også i dyr og planter. Nu står vi overfor en ny revolution i biologi og medicin kaldet genredigering eller præcisionsforædling. Det vil give os mulighed for at ændre en organismes kodende DNA (dvs. mutere det) uden at tilføre fremmed arvemateriale. Dette har store perspektiver indenfor grundforskning, for jordbrug og måske også indenfor medicin.

Når det bakterielle immunsystem er i operation, kan det fungere således: 1) en viruspartikel lander på bakterien og injicerer sit DNA med henblik på at tage kontrol over cellen; 2) ved hjælp af CRISPR-Cas opdager bakterien, at DNA-strengen ikke er af egen oprindelse, men kommer fra en virus; 3) ved hjælp af CRISPR-Cas klipper bakterien DNA-strengen over, og dermed er virus-DNA'et uskadeliggjort.

## Et system med umådeligt potentiale.

I bakterier eksisterer der flere versioner af dette system, der varierer i kompleksitet. De fleste af disse systemer involverer flere forskellige Cas-proteiner, der alle klipper i DNA. Cas-proteinerne guides frem af et lille stykke RNA, der matcher det DNA, som skal klippes over. I praksis er det et forbløffende simpelt system til at genkende og klippe i DNA, som nu har vist sig at kunne overflyttes til

andre organismer og som spås en lovende fremtid som bioteknologisk redskab. Redskabet består af et protein (Cas9), der er i stand til at klippe dobbeltstrengt DNA over, samt en kort designet RNA-streng, der guider proteinet til det DNA, der ønskes ændret. De DNA-sekvenser, der koder for redskabets to elementer (dvs. protein og RNA-streng), kan med nuværende teknikker forholdsvist simpelt inkorporeres i en organismes arvemasse, hvorefter redskaberne bliver syntetiseret af organismen selv. Når redskaberne har udført deres opgave, er det tillige relativt simpelt at avle redskabssekvenserne ud af arvemassen igen. Resultatet vil være en organisme med de ønskede ændringer i arvemassen, men uden spor af det anvendte biologiske værktøj. I de tre år, der er gået siden opdagelsen, er der sket en eksplosiv vækst af forskning, der benytter sig af genredigering ved hjælp af CRISPR-Cas9. I forhold til andre metoder har CRISPR-Cas9-systemet en række fordele. Det er enkelt at designe det RNA, der skal guide Cas9 hen til det sted, hvor der skal klippes. Arbejdsprocessen er relativt simpel, hurtig og billig, hvilket gør det let at opskalere størrelsen af eksperimenter efter behov.

## Genterapi

CRISPR-Cas9-teknologien spås en strålende fremtid både inden for grundforskning og bioteknologien. Man har demonstreret CRISPR-Cas9 systemets funktionsdygtighed i et væld af modelorganismer lige fra gåsemad (modelorganismen for højere planter) til salamandre, zebrafisk og mus. Man

### Forfatterne



Jeppe Thulin Østerberg er ph.d.-studerende, jethu@plen.ku.dk



Michael Palmgren er professor, dr. scient. palmgren@plen.ku.dk

Begge ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab Københavns Universitet

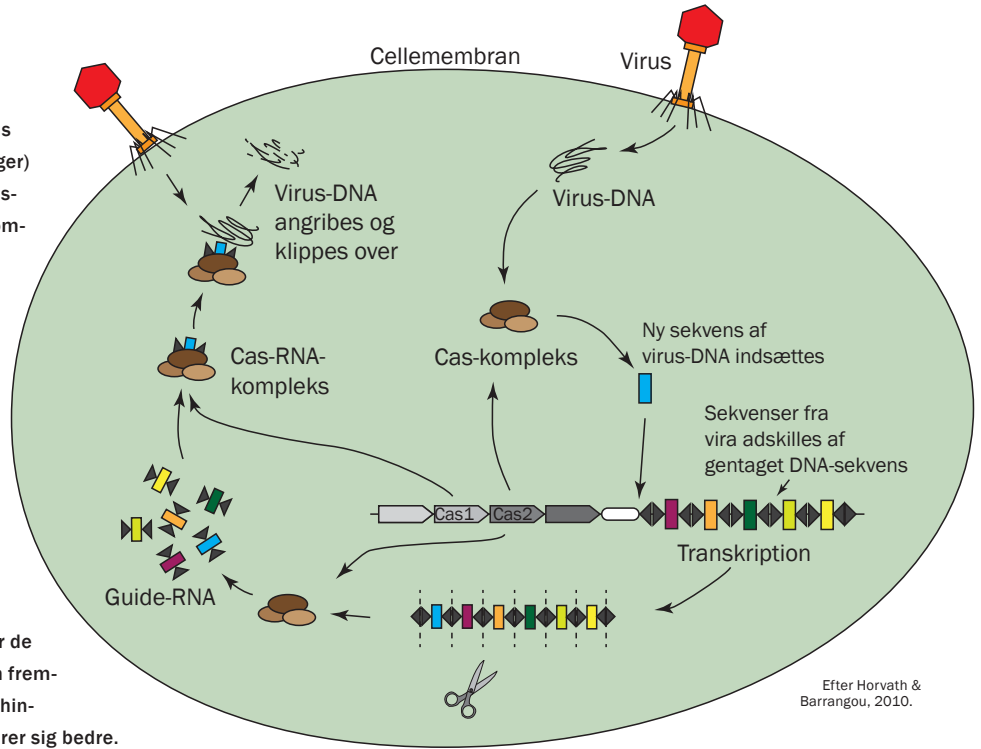
## Bakteriers immunforsvar

Immunforsvaret i bakterier beskytter mod virus (som også kaldes bakteriofager – eller blot fager) og mod små cirkulære DNA-strengte kaldet plasmider. Når DNA fra en virus eller et plasmid kommer ind i en bakterie, udtrykkes generne fra denne fremmede DNA. Der bliver derved dannet proteiner, der hjælper sygdommen med at virke og formere sig. For at forhindre dette har bakterier et system, der gemmer små sekvenser fra det fremmede DNA og bruger det til at genkende sygdommen næste gang, den trænger sig på.

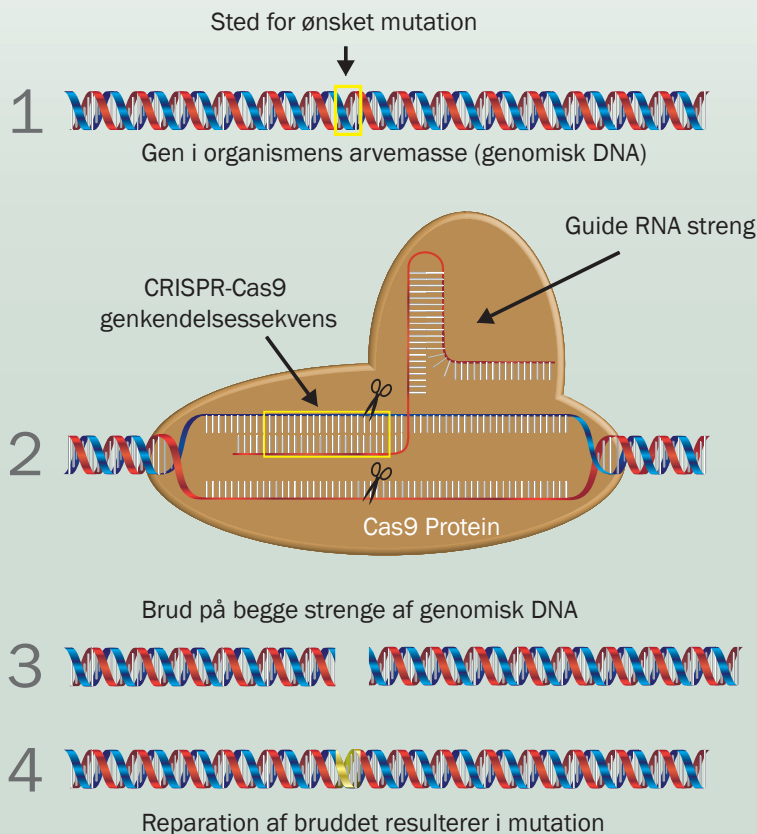
Systemet benytter sig af de fremmede sekvenser sammen med en række proteiner, der er i stand til at klippe i DNA. Når sekvenserne kombineres med disse proteiner, danner de et kompleks, der er i stand til at genkende den fremmede DNA og klippe den i stykker. Således forhindres sygdommen i at få fat, og bakterierne klarer sig bedre.

Navnet CRISPR-Cas har sit ophav i måden, hvorpå de fremmede DNA-sekvenser lagres i bakteriernes immunhukommelse. De fremmede sekvenser befinder sig i en region af bakteriernes arvemasse adskilt af en regelmæssigt gentaget DNA-sekvens. Denne

struktur er ophav til betegnelsen CRISPR, som er en forkortelse af *Clustered regularly-interspaced short palindromic repeats*, og det forklarer også betegnelsen for Cas-proteinerne, der simpelthen står for CRISPR associated.



## Genredigering med CRISPR-Cas9



Princippet i at bruge CRISPR-Cas9-systemet til genredigering:

- 1) En RNA-guidesekvens designes, så den matcher DNA-koden i arvemassen det sted, man ønsker at ændre;
- 2) RNA-guidesekvensen indføres i organismen sammen med Cas9-proteinet, der kan klippe i DNA. Cas9-proteinet ledes af RNA-guidesekvensen frem til det matchende sted i arvemassen;
- 3) Efter at være blevet ledt på rette plads klipper Cas9-proteinet organismens dobbeltstrengede DNA over,;
- 4) Organismens eget system til at vedligeholde arvemassen reparerer det dobbeltstrengede brud, men systemet har en relativt høj fejlrate, så der kan opstå fejl (ændringer = mutationer) i det reparerede DNA.



har desuden vist, at CRISPR-Cas9 systemet fungerer i humane celler. I humane celler åbner dette op for et væld af muligheder, fx at skabe store biblioteker af celler med forskellige mutationer for så at undersøge virkningen af nye lægemiddelkandidater. En anden mulighed er at bruge systemet til genterapi. Det er i teorien muligt at reparere anlæg for nogle arvelige sygdomme ved at redigere i arvemassen. Ved hjælp af CRISPR-genredigering er det således lykkedes forskere at kurere mus for stær ved at rette en af de arvelige mutationer, der forårsager sygdommen. Det er dog tvivlsomt, om genterapi er noget, vi vil se i mennesker i den nære fremtid. Da det tidligere i år blev rapporteret, at et forskerhold havde brugt CRISPR-Cas9 til at redigere i arvemassen i humane embryoer, blev der fra mange forskeres side råbt vagt i gevær, og diskussionen om de etiske retningslinjer for human genterapi er stadig langt fra løst.

### Erfaringer med CRISPR-Cas9 i jordbruget

Interessant nok er situationen næsten omvendt i planter. I arbejdet med forædling af kulturplanter har man siden midten af det tyvende århundrede benyttet sig af tilfældigt genererede mutationer. Traditionelt foregår det ved at benytte radioaktiv stråling eller kemiske mutagener til at skabe en stor mængde tilfældige mutationer i planter. Derefter udvælger man interessante mutationer

og bruger muterede planter med disse træk i den videre avl. Mutationsforædling af kulturplanter er altså accepteret praksis i dag. Til gengæld er der en stærk modvilje mod genmodificerede planter – dvs. planter der har fået tilføjet gener fra andre organismer for at give dem ønskede kvaliteter.

Gener der er flyttet (*transporteret*) mellem organismer på tværs af artsbarrierer kaldes *transgener*. Når CRISPR-Cas9 anvendes til at skabe en mutation i en plante, vil den første generation af planter efter forsøget godt nok være "transgene", da CRISPR-Cas9-værktøjet (som indbefatter transgener) stadig findes i dem, men efter et antal tilbagekrydsninger med den oprindelige plante, vil dette værktøj være forsvundet, og tilbage vil være planter, der er identiske med udgangspunktet på nær den ønskede mutation. De resulterende planter er således ikke transgene. Spørgsmålet er så, om brug af CRISPR-Cas9-systemet skal betragtes som genmodificering og de resulterende planter som GMO'er, eller om systemet frit kan bruges som et supplerende værktøj i almindelig planteforædling. Dette juridiske spørgsmål er ikke endeligt løst i EU, men i Sverige har den regulerende myndighed for nylig slået fast, at planter forædlet ved brug af CRISPR-Cas9, og som ikke længere bærer på transgent arvemateriale, ikke skal kategoriseres som GMO.

↑ Meldug er en svamp, der angriber bl.a. hvede med store tab for landbruget verden over. Med CRISPR-Cas9-teknikken kan forskere fremavle planter, der er modstandsdygtige over for meldug.

Foto: Lise Nistrup Jørgensen

## Ny GMO-teknik



Den franske forsker Emmanuelle Charpentier (nu på Umeå Universitet) opdagede sammen med amerikaneren Jennifer Doudna CRISPR-Cas9 systemet i 2012. Emmanuelle Charpentier er på *Time Magazines* liste over verdens 100 mest indflydelsesrige personer i 2015.

Foto: Wikimedia Commons

Når en mutation opstår, skyldes det oftest en fejl i det reparationsmaskineri, der findes i celler til at beskytte deres arvemasse. En oplagt metode til at generere mutationer er derfor at slå DNA-strengen i stykker, så cellen tvinges til at reparere det. I alt liv er arvemassen gemt i dobbeltstrengt DNA, og når man forsøger at slå denne dobbeltstreng i stykker, kan det derfor ske, at en enkelt streng slås i stykker et sted eller, at begge strenge slås i stykker eller klippes over. Disse dobbeltstrengsbrud har adskillige fordele: I enkeltstrengsbrud reparerer den ødelagte DNA-streng ved, at de manglende basepar kopieres fra den intakte del af dobbeltstrengen. I tilfælde, hvor begge strenge er brudt, kan dette ikke lade sig gøre, og en af to reparationsmekanismer sætter ind.

Den første mekanisme forsøger at sætte de to brudte stykker sammen igen. Denne mekanisme har en høj rate af fejl og er derfor særdeles interessant, hvis man ønsker at mutere DNA'et. Den anden mekanisme benytter sig af DNA, der ligner enderne af den DNA-streng, der blev brudt. Dette nye stykke DNA bliver brugt som skabelon for at reparere strengen, og er som oftest den anden tilsvarende DNA på den til-

svarende kromosomkopi. Det kan dog også være andet DNA, og man kan eksperimentelt tilføje DNA med en del, der ligner de brudte ender. I dette stykke DNA kan man frit ændre på den kode, der ligger imellem de ende-lignende stykker. Det giver mulighed for meget præcist at redigere DNA-sekvensen omkring brudstedet og kaldes genredigering. Forskere har derfor længe været interesseret i metoder, hvormed man kunne klippe DNA-dobbeltstrengene over præcist på de steder, hvor man ønsker at redigere.

Fokus har i mange år været på at designe sammensatte proteiner bestående af en nuklease, en type protein, der er i stand til at kløve DNA-strengene, og proteiner, der binder DNA ved specifikke DNA-koder. Designet af sådanne proteiner har dog vist sig at være særdeles omstændeligt, da kodningen af de dele af proteinerne, der genkender DNA, kræver sammensætningen af mange mindre stykker syntetiseret DNA. Selvom der er sket store fremskridt på dette område de seneste år, er disse fusionsproteiner nu ved at blive overhalet indenom af CRISPR-Cas9-systemet, der dukkede op i 2013 fra en til dels uventet retning, den mikrobiologiske forskning i bakteriers adaptive immunforsvar.

Det første eksempel på en kulturplante, der er blevet ændret med CRISPR-Cas9, er brødhvede. Allerede i september 2014 viste kinesiske forskere således, at de ved hjælp af denne teknik vil kunne fremavle planter, der er modstandsdygtige mod den skadelige svamp meldug, der angriber hvede og byg med store negative følger for udbyttet. For-

skerne havde kunnet slukke for alle seks kopier af et gen og dets varianter i hvede, der koder for et protein, der sidder på overfladen af hvedes celler, og som meldugsporerne skal genkende, inden de kan spire. Det bemærkelsesværdige er, at hvedeplanternes modstandsdygtighed ikke skyldtes, at de havde fået tilført nyt DNA – i princippet kunne disse mutationer lige så godt være opstået i naturen.



Forædling af kulturplanter som ris har betydet, at der over tid er akkumuleret tilfældige mutationer, der påvirker risens egenskaber negativt. CRISPR-Cas9 vil være et oplagt værktøj til at reparere disse mutationer.

Foto: Colourbox

I november 2015, lige før deadline af denne artikel, kom et større gennembrud i bekæmpelsen af plantesygdomme. Tre grupper fra hhv. Kina, USA og Saudi-Arabien kunne vise, at de havde overført CRISPR-Cas9-systemet til planter, således at de nu er beskyttet mod udvalgte virus, der angriber planter. Virus i mange former angriber planter og forårsager enorme skader i jordbruget hvert år. De udviklede planter kunne genkende virus, når det kom ind i deres celler, og klippede derefter effektivt deres DNA over ved hjælp af CRISPR-Cas9-systemet.

### CRISPR-Cas9 i fremtidens jordbrug?

Københavns Universitet valgte for nylig at støtte et tværvideenskabeligt projekt kaldet *Plants for a changing world*, hvor forskere på tværs af faggrænser skulle diskutere og analysere, om CRISPR-Cas9 og andre teknikker kan anvendes til at hjælpe med at sikre et bæredygtigt jordbrug, der kommer klimaændringerne i forkøbet, og som

er etisk og samfundsmæssigt forsvarligt. Der bliver flere munde at mætte i fremtiden, og der bliver derfor brug for mere mad. Den skal kunne dyrkes uden at belaste naturen mere end, vi allerede gør, så vi skal bruge mindre plads, gøde mindre og sprøjte mindre. Denne vision kaldes også *bæredygtig intensivering*, og selvom den kan lyde umulig, er dens realisering vigtig for at kunne redde vores planet fra overudnyttelse af de store, men i sidste ende begrænsede, ressourcer, den stiller til rådighed. Udover planteforskere deltager jurister, fødevarøkonomer, samfundsforskere, etikere og filosoffer i projektet.

Det første resultat af denne analyse blev publiceret i december 2014 og vakte interesse verden over. Det blev således foreslået, at CRISPR-Cas9 og andre præcisionsforædlingsteknikker kunne bruges til at rette på fortidens fejl. Dvs. rette på utilsigtede mutationer, der er opstået på et eller andet tidspunkt i løbet af tusinde års forædling og som kan have svækket kulturplanterne og gjort dem mindre modstandsdygtige mod plantesygdomme, skadedyr, tørke, kulde, varme og næringsmangel. Det var således ikke et forslag om at give planterne nye egenskaber, men at give dem deres gamle egenskaber tilbage. Denne bestræbelse på at føre utilsigtede mutationer tilbage til deres oprindelige form er blevet kaldt "tilbage-til-naturen-forædling".

### Forædling på naturens egen måde

I løbet af 2015 er der kommet en række artikler, der bekræfter hypotesen om, at der i forædlingens tidsrum er akkumuleret mutationer i vores kulturplanter, som har ændret deres egenskaber på utilsigtet vis. Specielt har kinesiske forskere kunnet dokumentere dette i ris. Her har forskellige tilfældigt opståede enkeltmutationer påvirket kulturrisens evne til at optage kvælstofholdig gødning effektivt, til at modstå kulde og til at klare ekstrem varme. Det vil være oplagt at reparere skader, hvor de er opstået, ikke bare i de rissorter, der dyrkes nu, men i andre kulturplanter, hvor de måtte være opstået. CRISPR-Cas9 vil være et oplagt værktøj til dette formål.

Et andet resultat af projektgruppens arbejde, der blev publiceret i maj 2015, er, at sådanne styrkede planter skal danne basis for fremtidens økologiske jordbrug. Økologien har vist vejen frem mod et bæredygtigt jordbrug, men økologisk jordbrug lider under manglende produktivitet sammenlignet med det konventionelle jordbrug. Således er det beregnet, at hvis al konventionel jordbrug skal overgå til at blive økologisk, kræver det 40% mere landbrugsareal end det, der anvendes nu. Dette er utænkeligt, hvis vi skal bevare vor jordklode i sin nuværende tilstand. Med CRISPR-Cas9 er der håb om, at vi kan udvikle planter, der er styrket på naturens egen måde, så de ikke behøver så meget input, men giver mere output. ■

**Forslag til videre læsning**  
Doudna1, J.A. & Charpentier, E.: The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science* vol. 346, Is. 6213.

The Crispr Quandary. *New York Times*, 15. nov. 2015

Engineering Virus-Resistant Plants. *The Scientist*, 11. nov. 2015:

A Proposal to Modify Plants Gives G.M.O. Debate New Life. *New York Times*, 29. Maj 2015.

Dansk forsker: Økologer burde elske ny GMO-teknik  
<http://videnskab.dk/teknologi/dansk-forsker-okologer-burde-elske-ny-gmo-teknik>

Om DNA-reparation  
Når kroppen reparerer DNA. *Aktuel Naturvidenskab* nr. 6/2015.

Bliv studerende for en dag  
- og få brikkerne til  
at falde på plads!

Naturvidenskab på  
Syddansk Universitet  
[www.sdu.dk/brobygning](http://www.sdu.dk/brobygning)

# Et forkromet kig på fortiden

Når bjergarter nedbrydes ved kemisk forvitring, kan grundstoffer som chrom bliver frigivet og transporteret ud i havet. Måden, det foregår på, kan fortælle os interessante ting om det tidspunkt i Jordens historie, hvor udviklingen af flercellet liv for alvor tog fart.

Af Carsten R. Kjær,  
Aktuel Naturvidenskab  
red@aktuelnaturvidens-  
skab.dk

Vejr, vind og kemiske processer nedbryder ubønhørligt selv de hårdeste klipper på jordens overflade over geologisk tid. De nedbrudte materialer transporteres i floder og vandløb ud til havet, hvor materialerne aflejres på havbunden og med tiden kan komme til at indgå i nye bjergarter.

Og hermed skulle alt, hvad der er interessant at vide om forvittringsprocesser på jorden, være sagt, vil nogle måske mene. Men her vil Robert Frei, der er professor ved Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning på Københavns Universitet, uden tvivl være uenig. For som med så meget andet i naturen, er det ved at studere de finere detaljer i disse processer, at man kan få svaret på store spørgsmål. Robert Frei arbejder sammen med sine kolleger på at afsløre detaljer om, hvordan miljøet og klimaet ændrede sig på det afgørende tidspunkt i jordens historie, hvor udviklingen af dyr og flercellede organismer for alvor tog fart – en begivenhed kaldet *den kambriske eksplosion* og som vi i et eller andet omfang kan takke for, at vi mennesker mange millioner år senere selv kunne opstå som art.

I det arbejde spiller en nøjere forståelse af samspillet mellem forvitring, klima og liv en væsentlig rolle.

## Chrom sladrer om forvitring

Enhver tolkning af, hvordan miljø og klima tog sig ud for mange millioner år siden, må i sagens natur bygge på tolkninger af, hvad bjergarterne fra den tid indeholder af fossiler og forskellige grundstoffer. De senere år har Robert Frei og kolleger udviklet en metode baseret på analyse af bjergarternes indhold af isotoper af grundstoffet chrom til at tolke på miljø og klima i fortiden. Forskerne har vist, at når chrom i dag forvitres ud af bjergarter ved kemisk forvitring, så er det primært den tunge isotop  $^{53}\text{Cr}$ , der bliver mobiliseret og med floderne transporteres ud i havet. I havet kan chrom-isotoperne blive indbygget i kemiske sedimenter – dvs. sedimenter, der dannes ved at grundstoffer opløst i vand udfældes på havbunden som carbonater og jernoxider.

Denne mekanisme betyder, at forholdet mellem den tunge isotop  $^{53}\text{Cr}$  og den almindelige isotop  $^{52}\text{Cr}$  er anderledes i sedimenter, der er dannet ud



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

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



↑ Robert Frei med en af sine tidligere ph.d.-studerende tager prøver fra Urucum-jernformationen i Brasilien i 2009. Formationen er verdens største jernformation fra tiden omkring grænsen mellem prækambrium og kambrium.

Fotos: Karin M. Frei

← Foto af en typisk "diamictit", som findes indskudt i Urucum-jernformationen i Brasilien. Diamictit er en type bjergart dannet ud fra sediment, hvori der er klippestykker, der bærer tydelig præg af skurestriber fra gletschere. Denne diamictit er dannet under Marionoan-istiden for ca. 635 mio. år siden, som blev ledsaget af en stor puls af oxygen til jordens atmosfære.

fra udfældning af chrom i havet, end i de bjergarter, de stammer fra. Og da isotoperne er stabile betyder det, at signalet gemmes i sedimenterne, hvorfra det kan aflæses mange millioner år senere af nysgerrige forskere.

Det interessante er, at denne mobilisering af chrom ved forvitring kun kan finde sted, hvis der er oxygen til stede. Derfor kan analyser af chrom-isotoperne i gamle sediment-bjergarter fortælle forskerne om oxygen-forholdene i atmosfæren, men også om det geokemiske miljø i havet på det tidspunkt, hvor sedimenterne blev aflejret i havet.

Så lad os kridte den bane op, som Robert Frei populært sagt vil bringe sine chrom-analyser i spil på.

### Ekstreme ændringer

Overgangen mellem de geologiske tidsperioder prækambrium og kambrium markerer en af de mest dramatiske episoder af forandring i Jordens historie. Som allerede nævnt var det på det tidspunkt, at marine dyr og andre flercellede organismer udvik-

lede sig voldsomt, hvilket tilsyneladende fulgte i kølvandet på en masseuddøen af organismer.

Samtidig med de biologiske ændringer ændrede geokemien i oceanerne sig på global skala, idet havet blev meget metalholdigt. Sedimenter dannet i det tidlige kambriske hav (og som siden er blevet til hårde bjergarter), er således beriget med metaller og specielt med sjælden jordartsmetaller og platin-gruppe-metaller.

Man ved også, at overgangsperioden var præget af kraftig forvitring på landjorden, idet man i de geologiske lag over store områder kan spore en gammel overflade fra den tid, der bærer præg af erosion og forvitring uden sidestykke i den geologiske historie. De metalrige sediment i havet afspejler dermed, at der ved forvitringen af bjergarterne på land blev frigivet en mængde grundstoffer, som med floderne blev ført ud i havet.

Atmosfærens indhold af oxygen steg omkring grænsen til et niveau svarende til omkring 80 % af det



Foto: Shutterstock

## Kemisk forvitring

Når bjergarter nedbrydes og ændres kemisk taler man om *kemisk forvitring*. Der findes flere typer af kemisk forvitring.

Når  $\text{CO}_2$  i luften opløses i regnvand, dannes den svage carbonsyre (kulsyre =  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Det sure regnvand kan opløse især kalkbjergarter, når det siver gennem revner og sprækker.

Over geologisk tid kan der på den måde opstå spektakulære hulesystemer.

Regnvand kan blive til en stærkere syre, når gasser som svovldioxid og nitrogenoxid opløses i vandet. Denne sure regn kan angribe mange typer bjergarter og kan fx gøre svære skader på bygninger og historiske monumenter, som er et pro-

blem i mange storbyer i verden, fx i Rom.

Når den sure regn reagerer med mineralerne i bjergarterne og producerer lermineraller og salte, som fjernes i opløsning, taler man om hydrolyse.

En tredje type kemisk forvitring er oxidation, hvor oxygen i atmosfæren reagerer med metaller i bjergarterne og danner metaloxider. Det mest almindelige metal involveret i den type forvitring er jern, hvor der dannes oxidmineraller som hæmatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) eller, hvis der er vand til stede (hvilket der ofte er), kan der dannes limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Oxidmineraller har en tendens til at være strukturelt svage og deformeres let.

## Redoxreaktioner og isotoper

Redoxreaktioner (redox er en forkortelse for reduktion-oxidation) er en meget stor gruppe af kemiske reaktioner, der involverer overførsel af elektroner fra et kemisk stof til et andet. Det stof (atom, ion eller molekyle), der afgiver elektroner siges at blive oxideret, mens det stof, der modtager elektroner bliver reduceret. Herved siges stoffernes oxidationstal at blive ændret. Som beskrevet i artiklen, bliver chrom oxide-

ret fra en trivalent form, dvs. Cr(III) til hexavalent form Cr(VI), ved at afgive 3 elektroner.

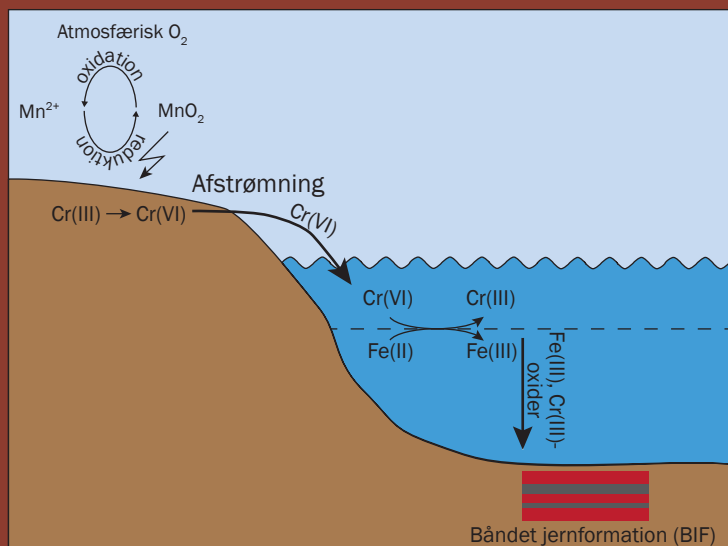
Det karakteristiske ved redox-følsomme grundstoffer som chrom, uran, jern, cerium er, at de fraktioneres ved oxidation/reduktion – dvs., at enten tunge eller lettere isotoper af stofferne foretrækkes i oxideret eller reduceret form.

## Oxidation af chrom

Oxidation af trivalent chrom til hexavalent chrom i jordbunden er katalyseret af mangandioxid ( $\text{MnO}_2$ ). Herved sker samtidig en sortering, idet det primært er den tunge isotop  $^{53}\text{Cr}$ , der oxideres og kan indtræde i vandfase. Chrom transporteres med grundvand og floder, primært i form af komplekser af  $\text{HCrO}_4^-$ , og ender til sidst i havet.

I havet reduceres chrom(VI) igen til chrom(III) af jern, der dermed oxideres fra jern(II) til jern(III). Efterfølgende kan chrom indbygges i sedimenter på havbunden som chrom-jernoxider.

Når man måler forholdet mellem chromisotoperne angiver man resultatet som en afvigelse fra den normale fordeling af isotoperne  $^{53}\text{Cr}$  og  $^{52}\text{Cr}$  – man benævner det  $\delta^{53}\text{Cr}$ . Når værdien er positiv, har der altså fundet en fraktionering sted. Og når man måler sådanne positive værdier i bjergarter, der er aflejret ved udfældning af jernoxider i havet, afspejler det altså inputtet af chrom fra floder.







Fotos: Karin M. Frei

Robert Frei i færd med at tage en vandprøve fra en af de små floder i Misiones-provinsen i Argentina. Vandprøverne bliver analyseret i et primitivt feltlaboratorium. Formålet var her at studere frigivelsen af chrom fra bjergarter i det tropiske flodmiljø og transporten af chrom til havet. En forståelse af chroms cyklus i naturen i nutiden er helt nødvendigt for at kunne anvende chrom som sporstof til at kortlægge fortidens miljø.

nutidige niveau. Og endelig var perioden præget af voldsomme klimaændringer. Forud for grænsen var forløbet en periode af godt 100 millioner års varighed, hvor klimaet vekslede mellem varmeperioder og verdensomspændende istider. Man har fundet spor af mindst fire sådanne istider af op til 10 millioner års varighed, hvor jorden var dækket næsten fuldstændig af is (disse perioder har på engelsk fået navnet Snowball Earth). Det er klart, at hvis ikke disse verdensomspændende episoder af istider var bragt til ophør, havde de komplekse organismer, vi kender i dag, formentlig aldrig set dagens lys.

### Oxygen i atmosfære og hav

Udfordringen for forskerne er at forstå, hvordan disse markante og komplekse begivenheder – dvs. klimaændringer, opbygningen af stærkt metalholdige oceaner/havområder og udviklingen af livsformer – hænger sammen. Det er svaret på disse store spørgsmål Robert Frei gerne vil komme et skridt nærmere.

Et afgørende punkt i forståelsen er naturligt nok, hvordan oxygen-niveauet i atmosfæren og havet har udviklet sig i perioden. Helt overordnet menes atmosfærens oxygen-niveau at være steget i to omgange: Dels i en periode for mellem ca. 2,45 og 2,2 mia. år siden, og dels i distinkte faser i perioden for mellem ca. 800 og 542 mio. år siden.

I denne lange periode var havet det meste af tiden karakteriseret ved en lagdeling, hvor det oxygenrige overfladevand var adskilt fra det anoxiske dybhav af en overgangszon. I denne zone blev oxygen effektivt "opsuget" i reaktioner – såkaldte redoxreaktioner – med opløste grundstoffer som jern, chrom, molybden mv. Produkterne af disse reaktioner – fx jernoxider – blev aflejret på havbunden som kemiske sediment.

Med tiden blev denne kemiske lagdeling af havet mindre udtalt over på grund af større opblanding i

havet, hvilket i sidste ende ledte til, at også dybhavet blev oxygenholdigt for omkring 580 mio. år siden.

Udviklingen af et oxygenrigt overfladevand var selvfølgelig stærkt relateret til fotosyntesen og dermed mængden af alger. Opblomstring af alger kan stimuleres af øget tilførsel af næringsstoffer fra land, og det er netop, hvad der sker, når forvitringen af bjergarter øges på landjorden. Og det kan så igen fremmes af et øget oxygeniveau i atmosfæren. På den måde er der tale om en række mekanismer, der gensigt påvirker hinanden.

### Fin tidsopløsning

I studiet af disse mekanismer udmærker chrom sig ved at være meget følsom overfor oxygeniveauet – dvs. redox-forholdene i dets omgivelser. Når der er oxygen til stede, kan chrom oxideres fra den trivalente form, Chrom(III), til den hexavalente form Chrom(VI), som er vandopløselig. Samtidig sker der en sortering, idet det som nævnt primært er den tunge chrom-isotop  $^{53}\text{Cr}$ , der oxideres til den hexavalente form. Ved således at kortlægge chrom-isotopsignalet i sediment-bjergarter, der er aflejret over en lang tidsperiode, kan man opnå en fin tidsopløsning af, hvordan oxygen-niveauet har udviklet sig. Med denne metode har Robert Frei og kolleger kunnet vise, at oxygeniveauet i atmosfæren ikke bare steg trinvist gennem hele den lange periode, men fx også faldt i perioder – fx på et tidspunkt for ca. 1,88 mia. år siden. I bjergarter fra tiden lige omkring grænsen mellem prækambrium og kambrium viser chrom-analyserne, at atmosfærens niveau af oxygen – som ventet – steg kraftigt i denne periode.

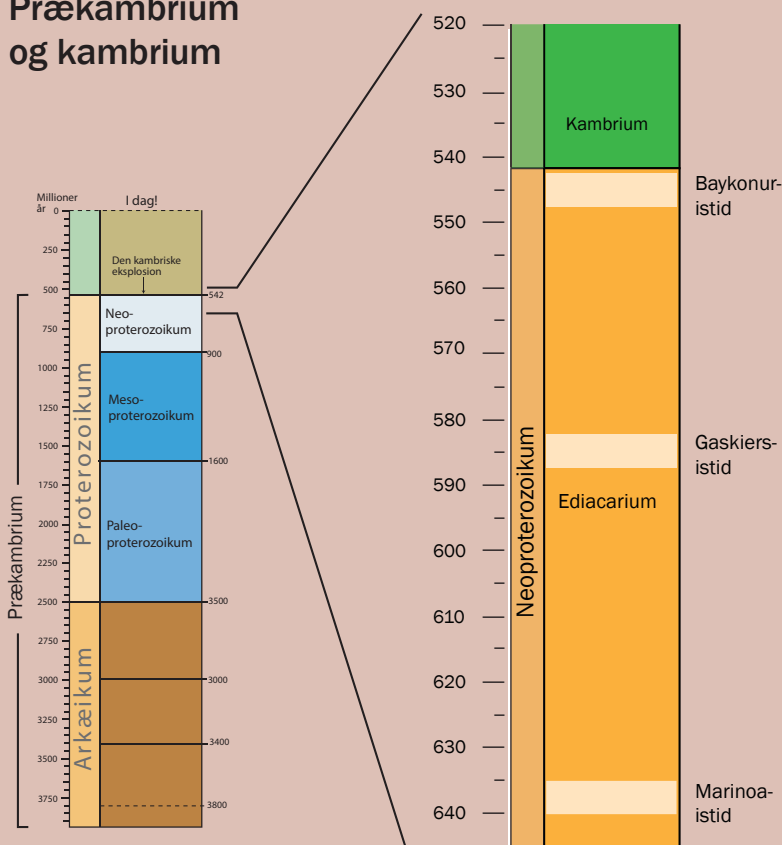
### En stærk treenighed

Uran opfører sig et langt stykke ad vejen ligesom chrom, idet uran ved kemisk forvitring med oxygen til stede oxideres fra formen Uran(IV) til den



Foto: Karin M. Frei

## Prækambrium og kambrium



I artiklen snakker vi generelt om grænsen mellem prækambrium og kambrium. Men som det fremgår af figuren betegner prækambrium i virkeligheden al den tid, der var "før kambrium" og det er jo langt størstedelen af Jordens historie. Som det fremgår, er prækambrium selv inddelt i en række tidsperioder, og vores historie foregår i den yngste del af prækambrium, der betegnes Neoproterozoikum. Faktisk er også denne underinddelt, idet den yngste del af neoproterozoikum betegnes Ediacarium, som er opkaldt efter Ediacara Hills i Australien, hvor man har fundet en mængde fossiler af tidligt fjerccellet liv (Ediacara-faunaen).

Feltarbejde i en afsidesliggende og utilgængelig del af provinsen San Juan i Argentina. Her blev der indsamlet carbonater fra tiden omkring overgangen til kambrium med det formål at afsløre ændringer i havets redox-forhold, som kan have været relateret til en samtidig stigning i atmosfærens indhold af oxygen.

opløselige Uran(VI), som transporteres ud i havet med floder. I havet vil uran fortrinsvist binde sig til overfladen af partikler og mineraler. Den eneste signifikante kilde til opløseligt uran i havet er afstrømning fra floder. Derfor vil kemiske sedimenter og skiferbjergarter, som er beriget med uran, indirekte afspejle, at der forud for aflejringen af disse sedimenter har fundet kemisk forvitring sted på landjorden, der er understøttet af oxygen.

Et tredje interessant grundstof til at afsløre detaljer om redox-kemien i fortidens oceaner er molybden. Det har vist sig, at carbonatbjergarter, der er dannet ved kemisk udfældning af carbonat, tilsyneladende meget tæt registrerer forholdet mellem isotoperne  $^{98}\text{Mo}$  og  $^{95}\text{Mo}$  i det omgivende havvand. Det vil sige, at variationerne i forholdet mellem disse to isotoper indbygges i carbonaterne over tid. Ligesom chrom og uran er den primære kilde til molybden i havvand forvitring af bjergarter på landjorden, der strømmer med floder ud i havet.

De tre grundstoffer udgør en stærk treenighed af "sladrehanke", som ifølge Robert Frei vil gøre det muligt at udlede detaljeret information om redox-forholdene i havet og atmosfæren i den fjerne fortid. Han står nu i spidsen for et projekt finansieret af Det Frie Forskningsråd | Natur og Univers, hvor han sammen med kolleger fra ind- og udland både



Foto: Kent Pørrisen, IGN

Robert Frei kommer fra Schweiz, hvor han fik sin ph.d. fra Swiss Federal Institute of Technology (ETH) i Zürich i 1992. Efter fem års ansættelse ved det kendte isotoplaboratorium på universitetet i Bern blev han dr. phil., og kom derefter til Danmark for at lede Dansk Center for Isotopgeologi, dengang ved Geologisk Institut, Københavns Universitet. I 1999 blev han som 38-årig udnævnt til professor, og han har siden ledet forskningsgruppen indenfor geokemiske, mineralogiske og petrologiske processer ved Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning. Robert Frei har publiceret talrige artikler i førende videnskabelige tidskrifter, og han har en udpræget tværvideenskabelige tilgang til sin forskning. Han har været primus motor i at udvikle udviklingen af det system til analyse med stabile chrom-isotoper, som er beskrevet i artiklen.

vil udvikle på metoderne, og tage dem i anvendelse på prøver af bjergarter fra tiden omkring grænsen til kambrium. Prøverne vil komme fra lokaliteter over hele verden, fx fra Skotland, USA, Kina, Brasilien, Argentina og Grønland.

### Fokus på klimaændringer

Især vil Robert Frei med sine kolleger studere bjergarter, der er aflejret i havet igennem to af de store verdensomspændende istider før grænsen til kambrium kaldet Marinoan-istiden (for ca. 635 mio. år siden) og Gaskiers-istiden (for ca. 570 mio. år siden).

Arbejdshypotesen er her, at de redox-følsomme grundstoffer som chrom er velegnede til at rekonstruere disse store klimaændringer. Det kolde klima under istiderne og det varme klima, da isen smeltede væk igen, bør således kunne spores i signalet af redox-følsomme grundstoffer. Signalet vil afspejle den cyklus nævnt tidligere, hvor en varm, oxygenrig atmosfære forstærker oxidativ forvitring på land, som fremmer mobiliseringen og transport af chrom og andre stoffer til havet, hvor alger blomstrer op og dermed øger mængden af oxygen i vandsøjlen og i atmosfæren. Under det kolde istidsklima bør isotopsignalet af fx chrom være anderledes.

Ved også at undersøge prøver fra bjergarter, der dengang befandt sig på land og var udsat for forvitring,

vil forskerne forsøge at koble begivenheder på land med hvad der samtidig skete i oceanerne.

Robert Frei tror selvfølgelig ikke, at netop dette projekt vil give det endelige svar på, hvordan miljø, klima og livet ændrede sig på overgangen mellem prækambrium og kambrium. Som det altid er tilfældet med den type forskning, handler det om at føje sten til den voksende bygning af viden, vi har om denne vigtige periode i Jordens historie. For Robert Frei vil et væsentligt succeskriterium for projektet være at få etableret det nye trekløver af stabile isotoper, chrom, uran og molybden, som et kraftfuldt værktøj i forskernes arsenal til at undersøge den fjerne fortid. ■

### Videre læsning

Frei, R., Gaucher, C., Poulton, S.W. & Canfield D.E. (2009): Fluctuations in Precambrian atmospheric oxygenation recorded by chromium isotopes. *Nature* vol. 461, p250-253.

Jens Olaf P. Pedersen: Og der kom ilt... udviklingen af livsbetingelserne på jorden. *Aktuel Naturvidenskab* nr. 2/2000

Hans Ramløv: Da Jorden var en kæmpesnebold. *Aktuel Naturvidenskab*, nr. 1/2000.



**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 knap 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.

# Baglæns varmestrømning

Varme, der strømmer fra et koldt legeme til et varmere, lyder som et brud på fysikkens love. Men på den meget lille skala i naturen kan det faktisk ske, viser eksperimenter. Heldigvis bryder vores verdensbillede ikke sammen af den grund.

Forfatteren



Alberto Imparato er lektor i statistisk fysik, Institut for Fysik og Astrofysik, Aarhus Universitet  
imparato@phys.au.dk

Lad kaffekoppen stå på bordet, og kaffen begynder af sig selv at blive varmere eller måske endda at koge over. Det ville sikkert glæde en del og brænde tungen på andre, men det ville også få en del fysikere til at få bekymrede rynker i panden på vegne af termodynamikkens anden hovedsætning.

Umiddelbart forventer man jo, at der skal tilføres energi for at få varme til at strømme fra et koldere sted til et varmere – det sker ikke bare af sig selv. Men det er ikke desto mindre netop det, vi har observeret i eksperimenter. Du skal bare ikke

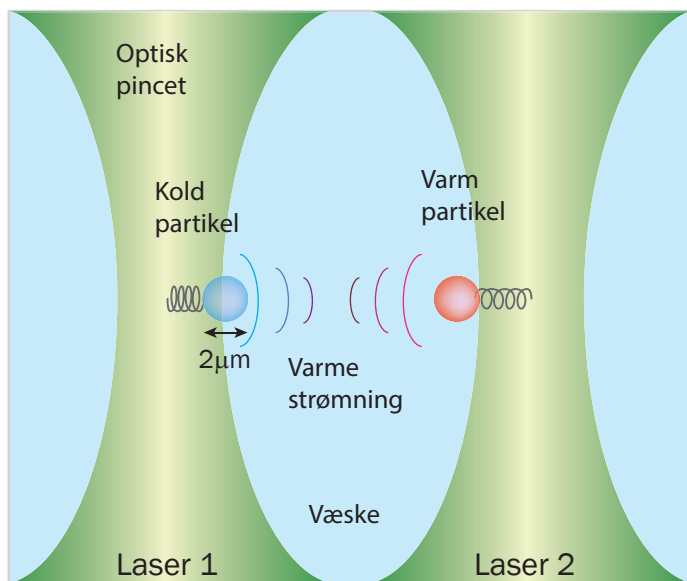
forvente, at det sker i selv den mindste kop cappuccino – vi skal helt ned i mikro- og nanopartikelnes verden.

## En lidt anderledes fysisk lov

Termodynamikkens anden hovedsætning er noget speciel sammenlignet med andre fysiske love som Newtons tyngdelov eller bare termodynamikkens første hovedsætning.

Fysiske love udtrykker som regel en matematisk relation imellem forskellige størrelser udtrykt ved en formel, hvor en eller flere fysiske størrelser kan findes som funktion af andre fysiske størrelser. Fx udtrykker termodynamikkens første hovedsætning energibevarelse: Den totale energi i en termodynamisk proces er givet ved summen af arbejde og varme. Til forskel fra dette, siger den anden hovedsætning noget om, i hvilken retning processen foregår i stedet for at beskrive forhold imellem fysiske størrelser. Omsat til ord kan loven udtrykkes som: "Varme kan ikke strømme fra et koldere til et varmere sted, uden at der udføres eksternt arbejde."

Det typiske eksempel er køleskabet. Det koldere sted er skabets indre, og det varme er køkkenet udenom. Køleskabet fungerer kun, hvis man sætter stikket i stikkontakten og tænder for strømmen. På den måde udfører den elektriske strøm et arbejde (med at drive en pumpe). Mere formelt sagt, så indfører man en tilstandsfunktion, som kaldes entropi, og man postulerer, at i et lukket system kan entropien ikke mindskes – kun blive større eller forblive konstant. Sætningen ovenfor om varmestrøm er den sædvanlige måde at udtrykke termodynamikkens anden hovedsætning på, og den er den direkte konsekvens af den mere formelle påstand.



Principillustration af den eksperimentelle opstilling. To små partikler af silika er fanget i fokuset af to laserstråler og holdes ved forskellige temperaturer. De små "fjedre" indikerer, at partiklerne kan bevæge sig en smule mod hinanden, og de vekselvirker via den omgivende væske.

Den klassiske termodynamik blev formuleret i løbet af 1800-tallet, da fysikerne beskæftigede sig med forholdene omkring store maskiner, fx effektiviteten af en dampmaskine. Den anden hovedsætning afspejler, at det ikke er muligt at følge bevægelsen for et enkelt atom i et makroskopisk fysisk system, eller sagt med Maxwells ord: »loven er utvivlsomt sand, så længe vi kun kan beskæftige os med mangelegemesystemer og ikke har midler til at studere eller håndtere de enkelte molekyler, som systemerne består af.«

### Varmestrømning på mikrometer-skala

Man kan så spekulere over, hvad der sker med termodynamikkens anden hovedsætning, når man faktisk har at gøre med små systemer med få frihedsgrader. Her er den indre energi af samme størrelsesorden som den termiske energi for omgivelserne. Noget sådant er fx tilfældet i nanomaskiner, som kan være naturlige eller menneskeskabte motorer, som omsætter kemisk energi til mekanisk energi. Denne type maskiner er fx ansvarlige for aktiv transport i de levende celler.

Og når man undersøger sagen nærmere finder man faktisk, som Maxwell indså, at mikroskopiske systemer som nanomotorer ikke blot er nedskalerede versioner af deres makroskopiske fætre.

I et studie, som for nylig er publiceret i tidsskriftet *Physical Review Letters*, har vi studeret energistrømmen imellem to partikler i mikrometerstørrelse (1/1 000 000 meter), som var fanget med laserpincet og holdt ved forskellige temperaturer.

Fra den makroskopiske termodynamik ved vi, at så snart der opstår en temperaturforskel imellem de to systemer, vil varmen begynde at strømme fra den varme side til den kolde side af systemet. Det, vi ser, er, at der er en – godt nok meget lille – sandsynlighed for, at det omvendte sker. Med andre ord ser vi, at i løbet af et stykke tid kan varmen strømme fra det kolde legeme til det varme, uden at vi udefra udfører arbejde på systemet.

### Paradigmeskift fremfor lovbrud

Modsigelsen af anden hovedsætning er dog kun tilsyneladende. Når man gentager eksperimentet mange gange, bliver gennemsnitsresultatet som ventet: At den gennemsnitlige varmem strøm går fra den varme til den kolde, ganske som anden lov siger. Men på et eller andet givet tidspunkt er der altså en sandsynlighed forskellig fra nul for, at varmen går den modsatte vej. Sandsynligheden skrumper blot til ingenting, jo længere tid forsøget forløber. Forløbet for sandsynligheden følger en eksakt matematisk sætning, som kaldes fluktuationssætningen. De forsøg, vi har udført understreger altså, at entropien er en statistisk værdi, ganske som Maxwell nævnte. Så når vore nye resultater ikke er et egentligt "lovbrud" er det fordi, forståelsen af termodynamikkens 2. hovedsætning har ændret sig fra at skulle fortolkes absolut til at være statistisk baseret.

Denne forståelse er helt essentiel, når man betragter små systemer. Vore grundlæggende resultater kan bane vejen for design af mikro-maskiner og hjælpe med en øget forståelse af, hvordan eksempelvis biologiske processer på celleniveau er termodynamisk mulige. ■

### Videre læsning

James Clerk Maxwell (1872): *Theory of Heat*. New York: D. Appleton & Co.

Forskningsartiklen A. Béruit, A. Imparato, A. Petrosyan, S. Ciliberto (2016): Stationary and transient Fluctuation Theorems for effective heat flux between hydrodynamically coupled particles in optical traps. *Physical Review Letters* i februar 2016.

Artiklen er oversat af Ole J. Knudsen

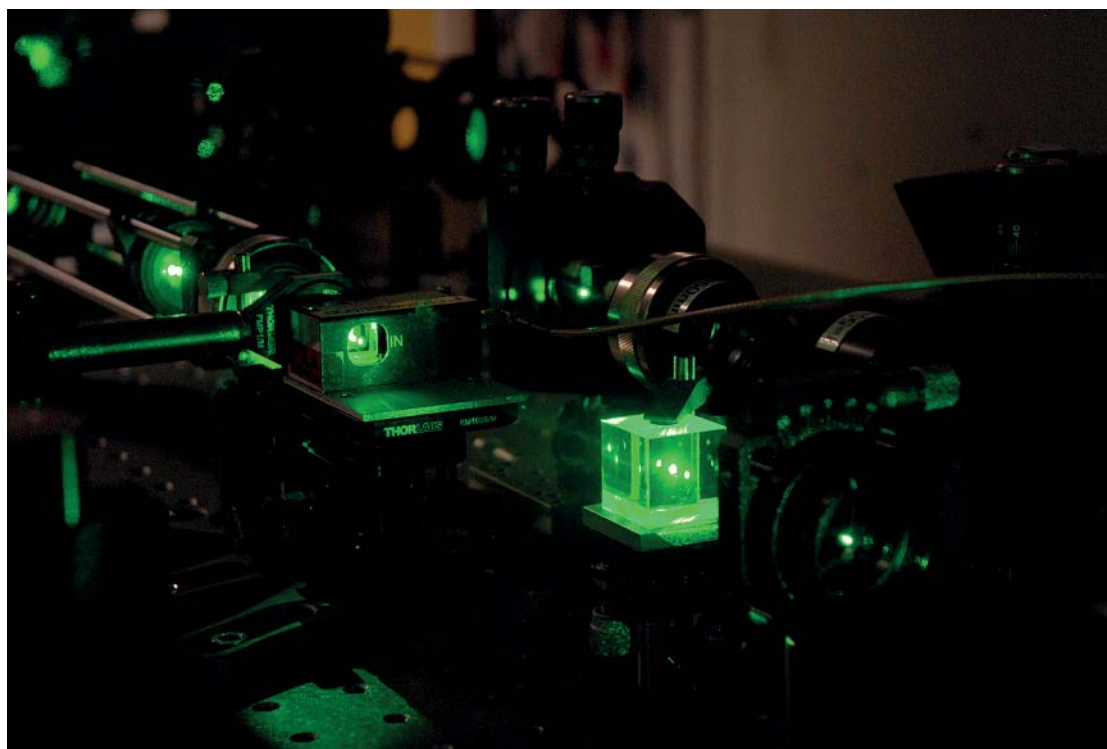


Foto af den eksperimentelle opstilling med lasere på ENS Lyon, Frankrig. Denne opstilling blev brugt til de beskrevne eksperimenter.

# Forlagssvindl

## - en ny vej til nemme penge?

Antallet af videnskabelige tidsskrifter vokser eksponentielt. En stor andel af de nye tidsskrifter tilbyder publicering mod betaling. Som ung og uerfaren forsker er det svært at finde rundt i denne jungle af tidsskrifter, forlag og betaling, og man kan let blive snydt.

### Om forfatterne



Anita L. Thiesen er forskningsbibliotekar i Biovidenskab på Syddansk Universitetsbibliotek, hvor hun blandt andet beskæftiger sig med forskningsevaluering (bibliometri) samt undervisning og vejledning i god akademisk praksis. alt@bib.sdu.dk.

Når en forsker får en artikel optaget i et tidsskrift med *peer review* (dvs. hvor artiklens kvalitet er blevet bedømt af andre eksperter inden for området), er det en glædelig begivenhed. Frugterne af det kundskabens træ, som man har plantet og passet, kan nu høstes af andre. Denne begivenhed kan hurtigt spores i mailboksen. Et stigende antal tidsskrifter og konferencer tilbyder nemlig at udgive ens næste artikel. Ofte kender man ikke disse tidsskrifter, men de har tilsyneladende høje *impact factors* (et mål for videnskabelig gennemslagskraft), og titlerne er nogenlunde relevante for ens forskningsfelt.

### Forskningspublicering er en vare

Hvorfor pludselig al denne interesse? Når der gøres reklame, er det for at sælge en vare, og det er da også tilfældet her. Varen er en adgang til at publicere i et *Open Access* (OA) -tidsskrift, hvor artiklen ligger frit tilgængelig på internettet. Her er det forfatteren, som betaler en afgift for at få artiklen optaget. *Open Access* hylder, som andre gratis tjenester, den smukke tanke om fri og ligelig adgang til forskningen og den globale udbredelse af information.

Troværdighed er altafgørende for forskningens kvalitet. Når artiklen er blevet bedømt og accepteret af et anerkendt, videnskabeligt tidsskrift, har den fået et kvalitetsstempel. Og jo højere *impact factor* dette tidsskrift har, des større anerkendelse og gennemslagskraft kan forskeren, i teorien, se frem til.

Mange nye OA-tidsskrifter skilter med *peer reviews* og høje *impact factors* og forsikrer om, at kun forskning af allerhøjeste kvalitet kommer igennem nåleøjet. Men hvad sker der med troværdigheden og kvalitetskravene, når det er forfatteren som betaler? Kan og vil de nye OA-tidsskrifter overholde disse krav? Eller er tilbuddet om at publicere en artikel mod betaling bare en ny måde at tjene penge på? Ikke at der er noget galt i det, blot produktet opfylder de gældende etiske standarder for god forsk-

ningsskik og videnskabelig formidling. Den samme kritik kan selvfølgelig rettes mod de traditionelle betalingstidsskrifter, som jo også sælger en vare – ofte til meget høje priser. Her er det abonnenten, dvs. læseren eller biblioteket, som er kunden og som afgør, om kvaliteten er værd at betale for.

### Fup-tidsskrifter

De nye OA-tidsskrifter kan være mere eller mindre lødige, og de mest tvivlsomme af dem kaldes for “Scam Journals”, fup-tidsskrifter. Problemet er ikke nyt, for der har altid været trykte tidsskrifter, som lå i den lave ende af kvalitetsskalaen uden *peer review* og af dårlig teknisk standard. Men tærskelen for at udgive et trykt tidsskrift, endstige holde styr på en skare af abonnenter, har tidligere været høj. Et digitalt tidsskrift kan nemt og hurtigt oprettes på en fjern server. Det tunge og tidskrævende *peer review* kan også speedes op, fx ved at den faglige bedømmelse foregår i et kommentarfelt, efter at artiklen er lagt på nettet.

Hvis et tidsskrift er alt for ringe, falder abonnenterne fra. Men med OA-modellen kan de besværlige abonnenter undgås, og finansieringen er sikret, så længe der findes forfattere eller institutioner, der er villige til at betale. Om der også findes læsere er mindre vigtigt. Her er der naturligvis en mulighed for at tjene nemme penge, og i dag findes der mange forskellige betalingsmodeller, som kan være både dyre og komplicerede at gennemskue. Og her ser vi endda bort fra den helt åbenlyse svindel med publicering, hvor man blot opkræver pengene uden at levere varen.

I de senere år er der gjort mange forsøg på at afsløre sådanne Scam Journals. Der er utallige eksempler på falske *peer reviews*, og mange artikler, som fagligt set er det rene nonsens, er blevet indsendt og optaget både i OA og traditionelle tidsskrifter. En videnskabsjournalist på det anerkendte tidsskrift *Science*, John Bohannon, skrev i 2012 helt



Ole Ellegaard er forskningsbibliotekar i Fysik og Kemi på Syddansk Universitetsbibliotek, hvor han blandt andet beskæftiger sig med simulering af fysiske processer, videnskabsteori, bibliometri og registrering af kemiske forbindelser. oleell@bib.sdu.dk.



Illustration: Bo Michélsen

bevidst en elendig forskningsartikel og sendte den til 304 OA-tidsskrifter. Artiklen var så fuld af fejl, at ethvert videnskabeligt tidsskrift burde afvise den. Men halvdelen af tidsskrifterne accepterede artiklen, ofte efter et peer review uden bemærkninger. Bemærk dog, at der ikke var tale om et forsøg i videnskabelig forstand, da han ikke havde en kontrolgruppe at sammenligne med. Vi ved altså ikke, hvordan de traditionelle tidsskrifter ville have behandlet hans artikel.

### Beall's liste

Scam Journals håndteres ganske kontant af bibliotekaren Jeffrey Beall fra University of Colorado, som årligt offentliggør en liste over problematiske OA-forlag og -tidsskrifter. Over 900 forlag er i dag registreret på Beall's liste.

Der kan være mange grunde til, at et ellers hæderligt tidsskrift havner på "Beall's liste", som derfor er lidt kontroversiel. Men mange ser listen og det underliggende website som et nyttigt værktøj til at undgå de uheldige sider af OA-publicering. I alle tilfælde har Beall's store indsats sat fokus på problemet og medvirket til den livlige debat om videnskabelig etik og publiceringspraksis, som foregår på mange netmedier og blogs.

Flere eksempler på lodret svindel er kommet frem de senere år. To velrenommerede tidsskrifter, det schweiziske *Archives des Sciences* og det østrigske botaniktidsskrift *Wulfenia*, fik deres websider kopieret, hvorved adskillige forfattere mistede deres

publiceringsgebyr. Danske forskere er blevet narret til at publicere i *International Journal of Advanced Research*, som er registreret hos Beall, og som har en titel, der minder meget om det anerkendte tidsskrift *Journal of Advanced Research*. I dette tilfælde lykkedes det dog forfatterne at trække artiklen tilbage, da man opdagede miseren.

De nye OA-forlag er også udsat for et vist pres fra traditionelle forlag, som stadig lever af at sælge abonnementer. De har selvfølgelig en stor interesse i at bevare den eksisterende forretningsmodel og bringe OA-bevægelsen i miskredit. Beall's liste beskæftiger sig kun med OA-tidsskrifter, men der bliver også fusket indenfor de traditionelle tidsskrifter. Fx kan en Scam Journal undgå at komme på Beall's liste ved at skifte til den traditionelle betalingsmodel. Hvis svindlen med kvalitetsproces og peer review er professionelt udført, kan der gå lang tid, før nogen opdager det og kan bevise, hvad der foregår.

### Bordet fanger

I sommeren 2014 blev vi kontaktet af en ph.d.-studerende, som skulle have sin første artikel udgivet. Hun havde sendt den ind til et OA-tidsskrift med en relevant titel, men opdagede så, at dette tidsskrift stod på Beall's liste. Der var kun udkommet to artikler på 1½ år – med samme emne og samme forfattere. Linket til artiklerne virkede ikke. Det lignede et fup-tidsskrift! Hvad gør man så? Kan man fortryde, efter man har indsendt? Hvad risikerer man? Og kan det skade ens videre karriere?

## Open Access

Adgang til artikler i et videnskabeligt tidsskrift kræver normalt et abonnement, som kan koste op til 50.000 kr./år. "Gratis" adgang via Open Access findes i flere varianter:

- Gylden OA, hvor artiklerne optages i et OA-tidsskrift mod betaling, og frit kan læses af enhver.
- Grøn OA, hvor artiklen optages gratis i et almindeligt tidsskrift, som tillader at artiklen samtidig publiceres et andet sted (parallel-publicering) på visse betingelser. Det kan være som en tidligere version eller kladde (preprint), i et andet format (fx HTML) eller med 6-12 mdrs. forskning.
- Vi foreslår endnu en kategori: Sort OA, hvor artiklen optages i et fup-tidsskrift med ringe eller ingen kvalitetskontrol og peer review, dvs. en form for pengemaskine.

Der findes også en mellemting, hybrid OA, hvor artiklen optages i et almindeligt tidsskrift, men frikøbes så den er frit tilgængelig i den endelige version på tidsskriftets hjemmeside.

## Vælg det rigtige tidsskrift

Når man skal beslutte, hvilket tidsskrift man vil sende sin artikel til, kan man bruge disse kriterier:

- **Er det et anerkendt tidsskrift?**  
Dvs. at tidsskriftet optræder blandt referencerne i gode artikler indenfor emnet, og evt. har en høj "impact factor" (en beregnet værdi, som angiver den faglige gennemslagskraft).
- **Har tidsskriftet peer review?**  
Dvs. at artiklens kvalitet skal bedømmes af en eller flere fagfæller ("peers") inden den kan blive udgivet. Bemærk dog, at der findes højt anerkendte tidsskrifter uden sædvanligt peer review.
- **Er titlen velkendt indenfor faget?**  
Dvs. at den citeres i de artikler man læser, og ens vejleder eller andre erfarne forskere kender denne titel.
- **Giver tidsskriftet BFI points?**  
I det danske BFI-system får universiteterne penge efter, hvor mange artikler forskerne har publiceret i bestemte tidsskrifter. Titlerne er udvalgt af danske forskere indenfor de enkelte fagområder. Der er næsten 20.000 tidsskrifter på listen, heraf 3.000 titler indenfor naturvidenskab.
- **Er det et tidsskrift med Open Access?**  
I Danmark har vi et politisk mål om, at alt offentlig forskning skal være frit tilgængelig via OA i 2020. Målet kan opfyldes på flere måder (se faktaboks om Open Access).

Det tager ikke mange sekunder at indsende sit manuskript online. Undervejs skal man krydse af i feltet "Jeg har læst og godkendt betingelserne", og her gør mange forskere præcis det samme som en privatperson, der downloader apps eller opretter en netprofil: Man godkender vilkårene uden at tænke nærmere over dem, måske endda uden at læse dem. Men når man sender sit manuskript til et forlag, indgår man en kontrakt på forretningsmæssige vilkår, og det er en god ide at læse den igennem, før man trykker "send". Ofte kræver forlaget, at man overdrager copyright og andre rettigheder til dem, og hvis artiklen skal udgives som OA, har man måske forpligtet sig til at betale et publiceringsgebyr på 3.000-15.000 kr.

Desværre må vi sige, at "bordet fanger" i forhold til det valgte tidsskrift. Når man først har indsendt sin artikel, og dermed indgået en juridisk bindende aftale med forlaget, kan det være svært at komme ud af aftalen igen uden en god grund, som at man fx har opdaget grundlæggende fejl i sine forsøg. Hvis forlaget afviser artiklen, har man naturligvis lov til at kontakte et nyt forlag, men inden da kan der være gået lang tid med peer review og anden korrespondance. Derfor er det en rigtig god ide at tænke over, hvem man sender manuskriptet til.

## Ikke altid sort/hvidt

Hvis man har valgt et forkert tidsskrift, må man som minimum se i øjnene, at ens artikel nok ikke får den synlighed og læserskare, som den ellers kunne have fået. Og at man selv går glip af en del af de citationer (dvs. den hæder og anerkendelse), som man måske havde fortjent. Dette er alvorligt nok

for en ung forsker, som hurtigst muligt skal skabe sig et vist fagligt renommé for at komme i betragtning til en fast stilling.

Hvis man er kommet til at vælge et decideret svindel forlag, risikerer man at både pengene og arbejdet er spildt. Forlaget accepterer artiklen og sender regningen, og så sker der ikke mere. Linket til artiklen virker ikke, eller hjemmesiden bliver nedlagt. Hvis man har overdraget sin copyright, er det forlaget, som har rettighederne til udgivelsen. Ellers kan man måske få artiklen udgivet et andet sted, hvis man meddeler forlaget, at man ønsker at trække artiklen tilbage, at man betragter deres adfærd som svindel og i øvrigt vil overgive sagen til universitetets jurister. Værre er det måske, hvis forlaget fremadrettet misbruger ens navn i deres markedsføring for at lokke andre i fælden. Det kan jo være, at man nogle år senere faktisk er blevet "et navn" indenfor sit fag!

Men hvem ved? Et nystartet OA-tidsskrift eller forlag, uden den store erfaring eller mange ressourcer, men med et reelt ønske om at udgive videnskabelige artikler, bliver måske mere professionelt og anerkendt med tiden. Den nævnte ph.d.-studerende fik sin artikel udgivet, og den findes nu gratis online i en god PDF-kvalitet. Nu, et år senere, eksisterer tidsskriftet stadig og har 6 artikler med duelige links. Det er beskedent, men dog positivt. Og set fra forlagets side giver det god mening at trække hjulene i gang på denne måde. Måske kan unge forskere og nye tidsskrifter ligefrem hjælpe hinanden frem? Det er ikke altid sort eller hvidt! Og forlagene på Beall's liste er ikke nødvendigvis kriminelle allesammen, nogle af dem er bare ikke særlig dygtige... endnu. ■

### Forslag til yderligere læsning

Beall, J. (2015, November 5th). Beall's List: Potential, possible, or probable predatory scholarly open-access publishers. <http://scholarlyoa.com/publishers/>

Dorch, B. F. (2006). Gratis adgang til naturvidenskab. *Aktuel Naturvidenskab*, 6, 30-31.

Ramkov, J. (2014, 2. december). Rovrisk forlag tager danske forskere ved næsen. *Ingeniøren*. Lokaliseret den 11. november 2015 på <http://ing.dk/artikel/rovrisk-forlag-tager-danske-forskere-ved-naesen-172643>

Secher, K. (2013, 4. oktober). Falsk forskning afslører dårlig kontrol blandt åbne tidsskrifter. *Videnskab.dk*. Lokaliseret den 11. november 2015 på <http://videnskab.dk/kultur-samfund/falsk-forskning-afslorer-darlig-kontrol-blandt-abne-tidsskrifter>





## VED DINE ELEVER, AT DE KAN BLIVE STUDERENDE FOR EN DAG?

Din elev følges med en af vores ingeniørstuderende gennem en dag, deltager i undervisningen og projektarbejdet, ser vores laboratorier og kan i det hele taget tale med vores studerende om alt fra fagligt niveau til læsemængde.

Målet er at give dine elever forudsætningerne for at tage et kvalificeret studievalg. Vores studievejleder står også til rådighed.

Eleven laver selv aftalen. Afholdelse i februar-maj og september-december.

Læs mere på:

[www.sdu.dk/tek/studerendeforendag](http://www.sdu.dk/tek/studerendeforendag)

Find vores forskellige ingeniøruddannelser på:

[www.sdu.dk/ing](http://www.sdu.dk/ing)

Tilmelding og kontakt:

Tlf. 6550 7444 eller [brobygning@tek.sdu.dk](mailto:brobygning@tek.sdu.dk)

## Krusninger i tid og rum

Det er sjældent, at forskning inden for fysik trækker overskrifter i de store landsdækkende medier. Det er dog lige præcis, hvad nyheden om tyngdebølger har gjort. En international forskergruppe, LIGO, har endeligt fået en konkret måling af de tyngdebølger, hvis eksistens Einstein postulerede i den generelle relativitetsteori i 1915.

Tyngdebølger er forskydninger, eller "krusninger", i rumtiden forårsaget af nogle af de mest voldsomme og energirige processer i Universet såsom sammensmeltningen af to neutronstjerner, eksplosionen fra en supernova eller kolliderende sorte huller. Og det er netop kollisionen mellem sorte huller, som forskerne har målt. Helt præcist er der tale om to sorte huller, det ene på 36 solmasser og det andet på 29 solmasser, som kolliderede for 1,3 milliarder år siden. Efter at de to sorte huller havde været i kredsløb om hinanden i mange millioner år, var det først i de sidste to tiendedele af et sekund, at energien blev så høj, at de målte tyngdebølger blev dannet.

I løbet af disse tiendedele af et sekund gik de to sorte huller fra at cirkulere hinanden 17 gange i sekundet til 75 gange i sekundet, hvor tyngdebølgernes frekvens og intensitet toppede, og de smeltede sammen.

Kollisionen resulterede i et sort hul på 62 solmasser, og de tre "manglende" solmasser blev omdannet til energi og sendt ud i rummet i form af tyngdebølger.

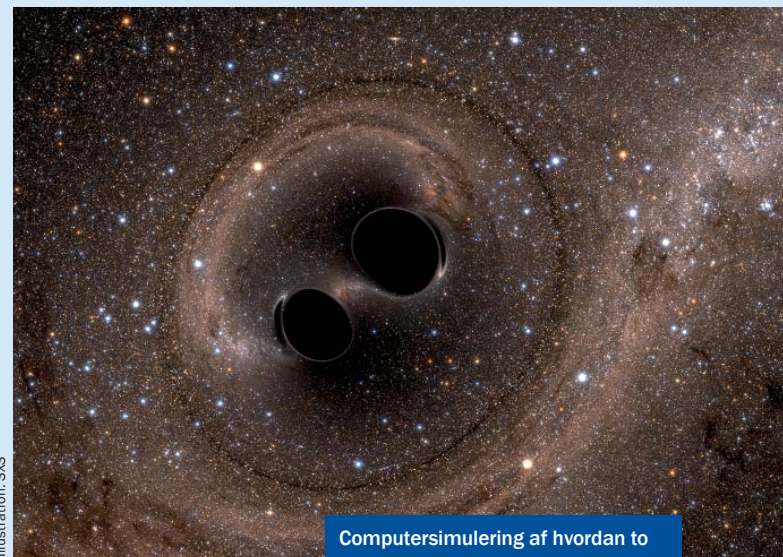


Illustration: SXS

Computersimulering af hvordan to sorte huller smelter sammen og i den proces producerer tyngdebølger.

LIGO's måling af tyngdebølger er banebrydende, fordi den beviser og åbner op for muligheden for at observere universet ved at måle på bølger i tyngdekraften i stedet for at måle på lys – men også, fordi de bekræfter en matematisk teori formuleret af et menneske for 100 år siden.

Kasper Sjødin Kristensen. Kilde: [www.ligo.caltech.edu/](http://www.ligo.caltech.edu/)

[WA/news/ligo20160211](http://WA/news/ligo20160211)

## Aktuel NATURVIDENSKAB

### Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology, i samarbejde med:

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

### Styregruppe

- **Bo T. Andersen**, afdelingsleder, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Joakim Groth**, kommunikationschef, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- **Mads Bendix Fjendsbo**, rektor, Viborg Gymnasium og HF
- **Niels Kring**, chefkonsulent, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Annette Lind**, områdeleder, chefkonsulent, Det Tekniske-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet

### Redaktionsgruppe

- **Mette Christina Møller Andersen**, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Michael Bjerring Christiansen**, Aarhus Statsgymnasium
- **Jørgen Dahlgaard**, Aktuel Naturvidenskab
- **Niels Hansen**, Danmarks Meteorologiske Institut
- **Carsten Rabæk Kjaer**, Aktuel Naturvidenskab
- **Carsten Nielsen**, Aalborg Universitet
- **Hans Ramløv**, 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

Dekan Niels Chr. Nielsen, Science & Technology, Aarhus Universitet

### Redaktion

Redaktør Jørgen Dahlgaard og redaktør 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 2016

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)

Oplag: 7.500

### Omslag:

Foto fra det radiodøde rum på Aalborg Universitet, hvor forskerne kan måle kvaliteten af mobilantenner.

Foto: Adam Lehn.



## Fagpanel

Aktuel Naturvidenskab samarbejder med en bred skare af fagfolk, der stiller deres faglige viden til rådighed for bladet.

- **Katrine Krogh Andersen, ph.d.**, forsknings- og udviklingschef, Danmarks Meteorologiske Institut
- **Flemming Besenbacher**, professor, Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO), Aarhus Universitet
- **Claus Hviid Christensen**, senior manager, Innovationscenter, Dong Energy
- **Jesper Dahlgaard, ph.d.**, Aarhus Universitetshospital og Psykologisk Institut, Aarhus Universitet.
- **Ture Damhus**, Kemiker ved Novozymes samt formand for Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg
- **Søren B. F. Dorch**, astrofysiker ph.d., bibliotekschef, Syddansk Universitetsbibliotek, adjungeret lektor ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet
- **Michael Drewsen**, professor, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet
- **Claus Emmeche**, lektor, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.
- **Tom Fenchel**, professor emeritus, Marinbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet
- **Jens Morten Hansen**, statsgeolog ved GEUS samt adjungeret professor i naturfilosofi ved Københavns Universitet
- **Vagn Lundsgaard Hansen**, professor, Inst. for matematik, Danmarks Tekniske Universitet
- **Palle Høj Jakobsen**, ph.d. & DMSc., Managing Director, EIT Health Scandinavian CLC
- **Peter K.A. Jensen**, adm. overlæge, Klinisk genetisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital
- **Mikkel Willum Johansen**, adjunkt i de matematiske fags videnskabsteori, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
- **Peter C. Kjærgaard**, professor, ph.d., museumsdirektør, Statens Naturhistoriske Museum
- **Gunnar Larsen**, geolog, NIRAS.
- **Bent Lauge Madsen**, biolog (pensioneret fra Miljøministeriet).
- **Sebastian H. Mernild**, Klima- og Polarforsker, Glaciology and Climate Change Laboratory, Center for Scientific Studies/Centro de Estudios Científicos (CECs), Chile
- **Ole G. Mouritsen**, professor, Institut for Fysik, Syddansk Universitet.
- **Bent Nielsen**, gymnasielektor, Københavns VUC.
- **Jens Olaf Pepke Pedersen**, seniorforsker, DTU Space.
- **Kaj Sand-Jensen**, professor, Sektion for Ferskvandsbiologi, Biologisk Institut, Københavns Universitet.
- **Theresa S. S. Schilhab**, forsker, Forskningscentret Gnosis, Aarhus Universitet
- **Klaus Seiersen**, ph.d., Aarhus Sygehus, Afd. for Medicinsk Fysik.
- **Carl-Erik Sølberg**, civilingeniør, Institut for Fysik, Aalborg Universitet.

Sponsorabonnenter:



## Intropakke



### 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](http://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 abonnementservice på

Telefon: 70 25 55 12  
Mandag-torsdag kl. 8-16, fredag kl. 8-14.  
[aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk](mailto:aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk)

Abonnement kan også bestilles via hjemmesiden: [aktuelnaturvidenskab.dk](http://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 2007-2014):

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

Se mere og bestil via hjemmesiden: [aktuelnaturvidenskab.dk](http://aktuelnaturvidenskab.dk) eller på telefon 7025 5512.

## Undervisning

### Aktuel Naturvidenskab i gymnasiet

Hvis du underviser i et naturvidenskabeligt fag på gymnasiet, er der godt nyt til dig: Du kan nu finde fire spritnye undervisningssæt beregnet til undervisningen i gymnasiet på vores hjemmeside.

De nye materialer er lavet som en del af projektet *Aktuel Naturvidenskab i undervisningen*, som VILLUM FONDEN har ydet finansiell støtte til. Fremover vil der jævnligt komme nye undervisningssæt til, der knytter an til artikler i de nyeste numre eller til artikler fra arkivet. Samtidig vil vi arbejde med at organisere artikler fra arkivet i temaer, som er relevante i gymnasieundervisningen. Og så har vi lanceret en quiz-app på hjemmesiden, som både skal være til sjov og læring. Her kan du bl.a. prøve kræfter med spørgsmål til temaet om *Naturvidenskabens 10 største erkendelser*, som har været et af de mest populære temaer på Aktuel Naturvidenskabs hjemmeside gennem tiden.

### Projektgruppe med gymnasielærere

Lærere fra Viborg Gymnasium og HF, Aarhus Statsgymnasium og Vesthimmerlands Gymnasium er med i en projektgruppe, der arbejder med at lave nye undervisningssæt, online-temaer og quiz-spørgsmål. Det er tanken at involvere lærere fra flere gymnasier hen ad vejen.

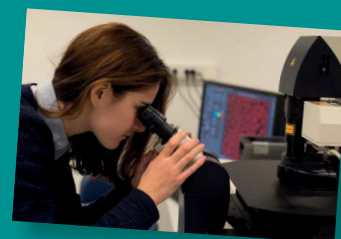
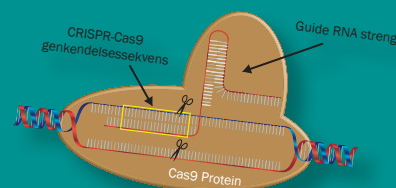
Hvis du har spørgsmål ang. arbejdet i projektgruppen eller kommentarer til de nye undervisningsmaterialer, er du velkommen til at kontakte koordinator for projektgruppen, Peter Arnborg Videsen fra Viborg Gymnasium og HF på mail [vi@vghf.dk](mailto:vi@vghf.dk)

## Nye undervisningsmaterialer

De nye undervisningssæt er knyttet til artiklerne:

- Bakteriers immunsystem åbner døren til en ny æra for biologien (AN 1/2016) *Biologi B+A og Bioteknologi*
- Se ind i maden, (AN nr. 6/2015) og
- Kviksølv i Østersøen, (AN nr. 5/2015) *Biologi B+A, med faktaboks om kemi*
- Sæt sejl mod stjernerne, (AN nr. 4/2013), *Fysik A*

Du finder materialerne under punktet *undervisningsmaterialer* på hjemmesiden: [aktuelnaturvidenskab.dk](http://aktuelnaturvidenskab.dk)  
Her kan du også finde undervisningssæt til mange andre artikler.



## 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](http://aktuelnaturvidenskab.dk)

**Mød os på Facebook.com/aktuelnaturvidenskab**

## Digitale indfødte på museum

Foto: Maria Rendina



Af Carsten R. Kjaer,  
Aktuel Naturvidenskab

*En game controller kan bygges af lidt af hvert og kan sagtens inkludere et par appelsiner!*

Man kan godt føle sig en smule bedaget, når brugsgenstande fra ens ungdom begynder at dukke op på museerne. Sådan havde jeg det lidt, da jeg besøgte Steno Museet i Aarhus i skolernes vinterferie og bl.a. kunne genopleve synet af en Commodore 64 og et 56 k Lassat-modem. Men følelsen understreger vel blot den trivielle pointe, at nogle teknologier udvikles så hurtigt, at der kun skal et par årtier til, før en given dims er at betragte som antik. Nu var det "antikke" computerudstyr i monterne måske mest henvendt til os gamle, der kunne falde i staver over alt det grej, vi kan huske fra barndomshjemmet og de første år på studiet. Børnene – og dem var der rigtig mange af på Steno Museet i vinterferien – var hovedmålgruppen for temaugen *Game on*. Og skal man dømme ud fra stemningen den eftermiddag, jeg besøgte museet, gik konceptet rent ind hos ungerne. Med højroset iver var de beskæftiget med at spille gamle "bip-spil", med at lave deres egne *game controller* eller med at bygge figurer ud af teknologi-skrot.

### Teknologiske aha-oplevelser

»Ideen med temaet har været at trække børnene ind i det tekniske univers via noget, de alle sammen går op i, nemlig computerspil,« fortæller Hans Buhl, der er museumsinspektør ved Steno Museet. Man betegner i dag frejdigt børn og unge mennesker som *digital natives*, fordi de vokser op med den digitale teknologi som den naturligste ting i verden. Men at være en "digital native", betyder ikke nødvendigvis, at forståelsen af teknologien stikker ret meget dybere end den overfladiske brugeroplevelse.

»I dag er mange af vore gadgets blevet en slags "black box". Når man berører touchskærmen på en smartphone eller tablet, reagerer den

på en eller anden måde, uden man får den fjerneste fornemmelse af den fascinerende elektronik, der ligger bag. Men når børnene får lov at skille apparater ad og opdager printkort med mikrochips og andre komponenter eller bygger deres egen game controller, bliver der igen skabt en meget direkte forbindelse mellem nogle fysiske ledninger og kontakter og det, der foregår på skærmen. Det kan forhåbentlig give børnene en teknologisk aha-oplevelse,« siger Hans. Pointen blev umiddelbart bekræftet af to små piger bag en laptop, som pludselig begejstret råbte: *Det virker, det virker...!*

### Forskning i forklædning

Børnene kunne på Steno Museet også prøve kræfter med et computerspil, der i virkeligheden er hard core forskning i forklædning. Umiddelbart går spillet ud på at plukke en masse edderkopper, før de får ram på en. For at få ammunition og bedre våben skal man med musen trække noget, der ligner en væskefyldt skål fra et punkt på skærmen til et andet så hurtigt som muligt, og uden at "væsken" skulper over. »Og det er denne manøvre, vi er interesserede i,« fortæller lektor Jacob Sherson fra Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet. Bevægelsen repræsenterer nemlig en løsning på det problem at flytte et atom ved hjælp af en laser-pincet, uden at det bliver ustabilt – noget man skal kunne for at udvikle en kvantecomputer. Spillet registrerer musens bevægelser og omsætter det til en konkret løsning, som forskerne kan prøve af. »Det er noget, der kræver utallige beregninger, men kan vi lægge beslag på en lille del af de mere end 30 mia. timer, der skønsmæssigt blive brugt på computerspil årligt, så skal vi snart få lavet en kvantecomputer,« griner Jacob Sherson.

Prøv forskernes spil på [www.scienceathome.org](http://www.scienceathome.org) ■