

Aktuel NATURVIDENSKAB

5 | NOVEMBER | 2014

FORSKNING • ERKENDELSE • TEKNOLOGI

Pris kr. 50,00

Abelprisen 2014 - matematikken i dynamiske systemer

Arrige bananfluer som model for psykiske sygdomme

Når planter invaderer i det skjulte

Nobelpriser 2014

- Da lysdioden blev blå
- Nanoskopi - en verden af detaljer

Ærlig og redelig forskning?

Et nyt forslag til en kodeks for, hvordan forskere bør opføre sig, skal hjælpe med at undgå kedelige sager om fusk og sjusk i forskningen.



Af Jens Morten Hansen, statsgeolog, adj. professor og medlem af Forsknings- og Innovationsstyrelsens arbejdsgruppe for integritet i forskning. jmh@geus.dk

The Danish Code of Conduct for Research Integrity, 2014. Kan hentes via dette link: <http://ufm.dk/publikationer/2014/the-danish-code-of-conduct-for-research-integrity> ISBN: 978-87-93151-36-9

SYNSPUNKT

De senere år har budt på adskillige sager, hvor forskeres ærlighed – eller mangel på samme – har skabt tvivl om, hvorvidt man nu også kan stole på forskernes resultater og deres handel ogandel i det hele taget. Tilsvarende har man set adskillige tilfælde, hvor man kan komme i tvivl om, hvorvidt forskernes ansættelsessteder, fx hospitalerne, anstrenger sig nok for at sikre at forskningsmidlerne anvendes efter hensigten og ikke til private formål.

En af de mere Se-og-Hør-agtige sager handler om Milena Penkowa og universitetsledelsens både naive og klodsede håndtering af hendes ikke tilstrækkeligt snedige forsøg på at komme frem i verden. Milenas direkte indflydelse på ministeren (Helge Sander) var heller ikke til at tage fejl af, da han på baggrund af hendes forskruede anklager mod forskningsrådene drog i felten og gjorde hendes anklager til sine egne. Hvilken rektor tør sætte sig op mod en sådan formodet eller sandsynlig sammensværgelse?

Kodeks skal stive tilliden af

Alt dette er (næsten) historie nu. Stor var derfor forbavnelsen, da det kom frem, at Milena også havde forskruet hovedet på en af vore fremmeste sundhedsforskere og videnskabsformidlere, Bente Klarlund. Det var jo ikke alene ærgerligt, men også trist, at forskerne indbyrdes ikke kan stole på hinanden. Mange rystede kolleger kom Bente Klarlund til undsætning. Rime-ligvis. Ingen kunne i deres vildeste fantasi forestille sig, at Bente havde svindlet med vilje. UVVU besluttede derimod, at hun om ikke havde svindlet med vilje, så havde hun udvist såkaldt "grov uagtksomhed" ved ikke at være tilstrækkelig opmærksom på, hvad hun lagde navn til. Hvis man vil være medforfatter på noget, skal man i det mindste have læst manuskriptet, accepteret datamateriale og metoder, sat sig ind i om disse præmisser er fulgt og – ikke mindst – selv have bidraget med et eller andet ud over at figurere på forfatterlisten. Det var med mine ord i korthed, hvad UVVU sagde eller burde have sagt. Og det kom givetvis bag på mange velansete forskere, der – nærmest som en selvfølge – har gjort som Bente Klarlund, men været mere heldige med at have ærlige medforfattere.

Det var sådan set der, debatten befandt sig i medi-erne, da Forsknings- og Innovationsstyrelsen sidste år igangsatte arbejdet med at få udarbejdet en National Kodeks for Integritet i Forskning. En national

kodeks skulle hjælpe både forskerne og deres ansættelsessteder med en generel, men alligevel relativt detaljeret vejledning i, hvad man bør gøre for ikke at komme galt af sted. Og dermed ad åre stive den efterhånden noget sammenstyrtningsruede tillid til især sundhedsforskningen af.

Hvad indeholder den?

Nu foreligger kodeksen så (på engelsk) og bliver i skrivende stund diskuteret i forskellige fora, inden den træder i kraft. Kodeksen giver en lang række almene anvisninger på, hvordan både forskere og deres ansættelsessteder bør gøre, og hvordan man kan styrke forskningens ærlighed, gennemsigtighed og ansvarlighed. I arbejdet med kodeksen har vi brugt mest energi på kapitlet om selve forskningen (som fx indeholder afsnit om forskningsplanlægning, data-håndtering og forfatterskab).

Derudover er der kapitler om, hvordan ansættelsesstederne kan sikre, at forskere og studerende kan få den fornødne indsigt og uddannelse i videnskabs-etik og hensigtsmæssig adfærd som undervisere, vejledere, rådgivere og formidlere. Endelig er der forslag til, hvordan man bør behandle brud, anklager og mistanker om brud på god videnskabelig adfærd.

Bl.a. foreslås det, at institutionerne udenfor den almindelige ledelses- og beslutningsstruktur udpeger erfarne, navngivne personer, som folk kan henvende sig til anonymt for at få oplysning, vejledning og vurdering af konkrete forhold, inden fx anklager fremsættes eller anmeldes. Jeg tror, der er stort behov for sådanne vejledere udenfor ledelsesstrukturen, da især yngre forskere kan være i tvivl om fx forfatterroller, publikation sammen med specialevejledere eller projektle-dere, ophavsrettigheder, datahåndtering, dokumen-tation osv. Erfaringen viser også, at institutionsledel-serne kunne have behov for at spørge erfarne personer anonymt, inden de – ofte i en ophedet atmosfære – træffer lige lovlig "beslutomme" eller "ubeslut-somme" beslutninger i sådanne sager.

Situationen er nu, at forskernes ansættelsessteder overfor deres forskere tydeligt skal angive, om de skal følge anbefalingerne eller ej, eller om de skal følge andre eller modificerede regler. Eller slet ingen af dem. Det korte af det lange er, at ansættelsesste-derne skal tydeliggøre og klart formidle, hvordan de vil have, at deres forskere opfører sig. ■

12 Nobelprisen i fysik: Da lysdioden blev blå

Udviklingen af den blå lysdiode var et videnskabeligt kunststykke, som nu har udløst en nobelpris til de tre japanske forskere bag gennembruddet.



34 Psykofluer – bananfluer som model for psykiske sygdomme



Bananfluer kan hjælpe forskerne med at afsløre gener, der har betydning for udvikling af psykisk sygdom hos mennesket.

Indhold

FORSKNING OG NYHEDER

Kort nyt.....	4
Hvorfor lægger fisk små æg?	8
Nobelprisen i fysik: Da lysdioden blev blå.	12
På dynamikken fik han skik – og Abelprisen til Sinai gik	15
Nobelprisen i kemi: Nanoskopi – en verden af detaljer	18
Der skal gang i robotterne - fra Lego til LocoKit.	24
Ekstrem kemi – nye materialer med højtryk	28
Psykofluer – bananfluer som model for psykiske sygdomme...	34
Når planter invaderer i det skjulte	38

PERSPEKTIV, DEBAT OG SERVICE

Synspunkt: Ærlig og redelig forskning?	2
Debat: MRSA og andre “dræberbakterier” – skal vi nu være bange?	42
Boganmeldelse: <i>Oxygen – et skuespil om opdagelsen af et grundstof</i> ..	45
Bagsiden: Laserlys på insektet	48



38

Når planter invaderer i det skjulte

Invasive planter er et problem over hele verden, hvor de fortrænger den hjemmehørende flora. Men nogle gange foregår invasionen i det skjulte, fordi man ikke kan se forskel på den type af planten, som invaderer, og den, som har været der hele tiden.

Tun rykker nord på – måske

De omtalte tun, som Grønlands Fiskeriundersøgelser fik i nettet under forsøgsfiskeriet efter makrel ved Østgrønland.



Foto: Grønlands Fiskeriundersøgelser

Varmere vand og byttedyr, der også bevæger sig mod nordligere breddegrader, kan være årsagerne til, at den blåfinnede tun er dukket op i Danmarksstrædet i Østgrønland, viser undersøgelse om klimaforandrings effekt på tunens vandringsmønstre og udbredelse. Det var en usædvanlig fangst, der en varm sommerdag i august 2012, dukkede

op i trawlet hos et hold fiskere og biologer, der var på forskningsfiskeri efter makrel i Danmarksstrædet i Nordøstgrønland.

Tre store blåfinnede tun på hver 100 kilo gik i nettet sammen med de mange ton makrel, og det er en yderst sjælden fangst i grønlandske farvande. Seneste rapport om blåfinnet tun på disse kanter er en strandtug tilbage i år 1900 længere sydpå ved Qaqortoq (tidligere Julianehåb) i Sydvestgrønland, og det er aldrig før er beskrevet, at arten har befundet sig så langt nordpå langs den grønlandske kyst.

Sammen med forskerkolleger fra både Danmark og Grønland har professor Brian MacKenzie fra DTU Aqua set nærmere på, hvorfor tunfiskene pludselig er draget nordpå igen. Holdets kortlægning af havtemperaturer viser, at området med de rette temperaturer for, at tunen kan jage, er blevet meget større siden midten af 1980'erne, så det nu er på størrelse med Texas. Og samtidig er tunens foretrukne byttedyr, makrellen, allerede flyttet nordpå.

Undersøgelsen af baggrunden for fundet af tun ved Østgrønland er udført under EU-projekterne Euro-Basin og NACLIM i Centre for Ocean Life og Center for Macroecology, Evolution and Climate. Der findes en række forskellige tunfiskearter, men den art, som røg i nettet i Grønland i 2012, var den atlantisk blåfinnede art – *Thunnus thynnus*. Det var den samme art, som indtil 1960'erne huserede i danske farvande og skabte grobund for et livligt lystfiskeri i bl.a. Øresund.

Ifølge den grønlandske avis *Sermitsiaq* fortsætter fangsterne af tun omkring Grønland i år, så der i august i år var fanget yderligere 21 tun. Om tunen også vender tilbage til Danmark er endnu for tidligt at sige. Ifølge *Dansk Fiskeatlas'* Facebookside skyllede en levende tun på 115 cm op på stranden i Jammerbugten på den jyske vestkyst i september.

Mikkel Schnack Sørensen, DTU Aqua. Kilde: Global Change Biology.

Elektri-ske

Hvis maden mangler smag kan en smule elektricitet muligvis rette op på sagen. Nimesha Ranasinghe og kolleger ved New York University i Abu Dhabi, de Forenede Arabiske Emirater (ja, der holder de også til!) har udviklet en ske med elektroder, der med små elektriske stød kan give brugeren smagsoplevelser af salt, surt og bittert. De samme forskere har tidligere udviklet en flaske med et mundstykke, der tilsvarende er udstyret med elektroder. Perspektivet i disse opfindelser er at kunne give mennesker, der bør holde sig fra visse former for mad, en øget smagsoplevelse. Det kan fx være diabetikere eller hjertepatienter, der skal skære ned på brugen af salt og sukker.

Begge opfindelser bruger forskellig farvet lys – fx blå for salt – for at forstærke intensiteten af smagen. Smag er nemlig ikke bare smag, men en oplevelse der involverer flere sanser.

Forskerne har afprøvet deres elektriske ske og flaske i en smagstest med 30 forsøgspersoner med hhv. rent vand og grød. Det viste sig, at

En flad smagsførmelse kan måske i fremtiden afhjælpes med bestik med indbyggede elektroder.

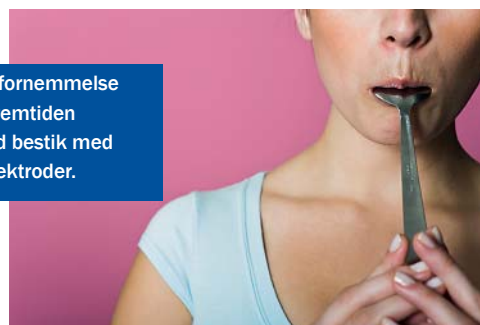


Foto: Colourbox.

de to redskaber blev vurderet til at være mellem 40 og 83 % succesfulde i at genskabe den ønskede smag, afhængig af hvilken smag der var tale om. Den bitre smag viste sig at være sværest at genskabe. Desuden følte nogle af testpersonerne sig distraheret af den metalliske smag fra elektroderne – noget, som forskerne nu vil arbejde på at løse. Forskerne håber på at kunne kommercialisere deres opfindelser inden for de næste år.

CRK, Kilde: New Scientist, nr. 2993, 31. oktober 2014

ALMA spotter planetdannelse

ALMA-teleskopet i det chilenske højland består af 66 antenner, der kan positioneres i forhold til hinanden med en afstand fra 150 m helt op til 16 km. For nylig er de første billeder offentliggjort, hvor teleskopet er anvendt i den mest kraftfulde konfiguration, hvor antennerne har været placeret 15 km fra hinanden og dermed får det "skarpeste syn".

Til de første observationer rettede forskere teleskopet mod HL Tauri, der er en ung stjerne omkring 450 lysår fra Jorden, som er omgivet af en støvet skive. Skiven er en såkaldt protoplanetarisk skive – dvs. efterladenskaber fra stjernedannelsen, som planeter efterfølgende dannes ud fra. De detaljerede billede viser tydeligt, at skiven består af en række adskilte koncentriske klare ringe, som peger på, at der allerede findes planetlignende objekter i skiven. Det er kommet som en overraskelse for forskerne, idet stjernen ikke er mere end en ca. en million år gammel. ALMA har således ikke skuffet forventningerne ved allerede nu at have ændret på opfattelsen af planetdannelsen, som øjensynlig er en proces, der foregår langt tidligere i en stjernes liv end man hidtil har troet.

CRK, Kilde: ESO, www.eso.org/public/news/eso1436
Læs mere om ALMA i *Aktuel Naturvidenskab* nr. 6/2012

Foto: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

Myrer, klipper og klima

Nedbrydningen af silikatbjergarter (som udgør over 90 % af bjergarterne i jordskorpen) spiller en væsentlig rolle for stabiliteten af klimaet over geologisk tid. Disse processer er nemlig med til at trække CO₂ ud af atmosfæren og binde det i karbonatbjergarter. Nedbrydningen foregår ved fysiske og kemiske processer i de øverste jordlag, og forskellige organismer som termitter, myrer og planter bidrager aktivt til dette. For nylig er resultaterne af et langtidsforsøg med nedbrydning af bjergarter publiceret i tidsskriftet *Geology*, og det viser, at myrer tilsyneladende indtager en absolut hovedrolle i disse processer.

For at undersøge, hvilken betydning forskellige biologiske organismer har for nedbrydningen af mineralerne olivin og plagioklas (der er vigtige komponenter i mange bjergarter) nedgravede Ronald Dorn fra Arizona State University for 25 år siden prøver af basaltsand fra Hawaii på seks forskellige prøvelokaliteter i Arizona og Texas. Siden har han hvert 5. år gravet prøverne op igen for at følge nedbrydningen. Det viste sig, at hvor prøverne var nedgravet i myrekolonier foregik nedbrydningen 50-300 gange hurtigere end i kontrolprøverne. Undersøgelserne viste også en gradvis akkumulering af calciumcarbonat (CaCO₃) i jordprøver udtaget fra 50 cm's dybde i myrekolonier for 8 forskellige arter af myrer over de 25 år. Undersøgelserne giver ikke noget svar på, hvad det præcis er, myrerne gør ved mineralerne, der i den grad stimulerer nedbrydningen. Ronald Dorn spekulerer derfor, at nærmere studier af disse processer, hvor myrer omdanner calcium- og magnesium-rige bjergarter sammen med atmosfærisk CO₂ til karbonatbjergarter, kan give inspiration til, hvordan man i dag kan binde mere CO₂ fra atmosfæren. CRK.



Foto: Colourbox

Myrer sætter deres præg på omgivelserne overalt i verden. Ny forskning viser nu, at myrer spiller en hovedrolle i at transformere calcium- og magnesium-rige bjergarter sammen med atmosfærisk CO₂ til karbonatbjergarter.

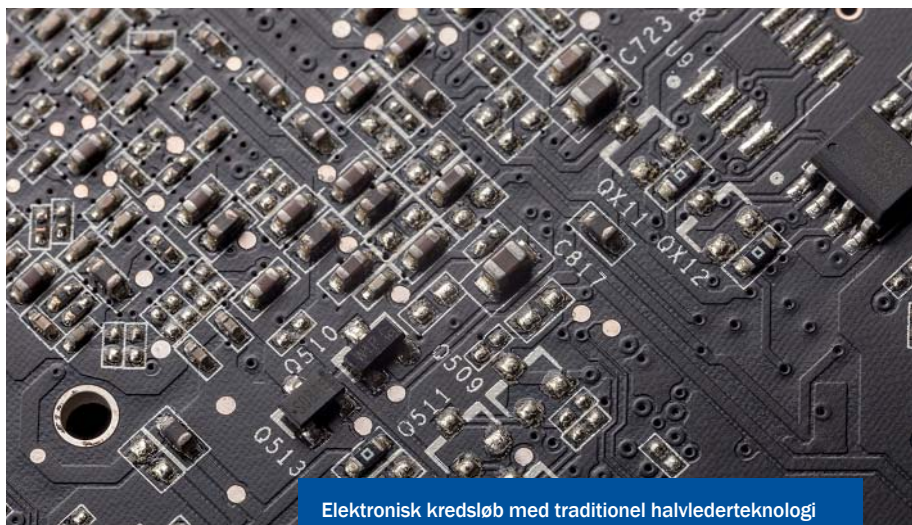
DNA-gennembrud kan gøre elektronik endnu mindre

Selvsamlende DNA-molekyler kan gøre fremtidens elektroniske apparater endnu mindre. En international forskergruppe med bidrag fra Aalborg Universitet har taget et vigtigt skridt på vejen ved at få lange syntetiske DNA-molekyler til at transportere elektrisk ladning. Resultaterne er netop offentliggjort af det videnskabelige tidsskrift *Nature Nanotechnology*.

For at skaffe tilstrækkelig regnekraft i nye computere, mobiltelefoner og tablets producerer industrien allerede i dag chips med milliarder af transistorer presset sammen på mindre end en kvadratcentimeter.

»Vi taler om transistorer på mindre end tusind atomers bredde, som er fremstillet med en præcision på blot nogle dusin atomer. Så vi nærmer os hastigt grænsen for, hvor meget mindre ting kan blive med nutidens halvlederelektronik,« siger lektor Leonid Gurevich fra Aalborg Universitets Institut for Fysik, der forsker i den mulige afløser: Molekylær elektronik.

Idéen opstod i 1970'erne og går ud på at efterligne naturens tilgang ved at bruge specialdesignede molekyler, som selv samler sig og bliver til fungerende elektroniske enheder. Udviklingen har dog været begrænset til meget korte molekyler eller molekylelag.



Elektronisk kredsløb med traditionel halvlederteknologi kan med tiden blive erstattet af DNA-baserede løsninger.

Foto: COLOURBOX

»Men vores arbejde viser, at transport af ladning gennem lange molekyler er muligt. Vi beskriver en metode til at måle på de enkelte molekyler, og vi afdækker mekanismen i et af de mest lovende ledende molekyler, såkaldt G4-DNA. Det er en opdagelse, som helt sikkert vil genopfriske interessen for molekylær elektronik – og især for DNA-elektronik,« vurderer Leonid Gurevich. G4-DNA har en mere robust struktur end enklere DNA-molekyler, og derfor er det mindre modtageligt for ødelæggende påvirkning udefra. Trods det aktuelle forskningsgennembrud dukker der ikke selvsamlende DNA-molekyler op i

vores mobiltelefoner og computere lige med det samme:

»Overgangen til DNA-baserede apparater eller molekylær elektronik i det hele taget vil være et paradigmeskifte i forhold til den måde, vi designer, samler og programmerer elektroniske apparater på i dag. Det bliver en lang rejse, og vi har mange ubesvarede spørgsmål, som vi bliver nødt til at finde svar på, før DNA-elektronik bliver en realitet.

Carsten Nielsen, Kilde: *Nature Nanotechnology*, (2014), doi:10.1038/nnano.2014.246

Jod i drikkevandet og folkesundheden

At drikke vand er en livsnødvendighed. FN har endda udnævnt adgang til rent vand som en menneskeret. For det er velkendt, at skadelige bakterier og visse stoffer i drikkevandet kan gøre os syge, hvis de optræder i for store mængder. Danmark har derfor også et velfungerende system, hvor hanevandet næsten altid lever op til strenge kvalitetskrav. Yderligere er hanevandet udelukkende grundvand, som oftest kun er meget lidt behandlet. Det er helt unikt på verdensplan.

Et nyt forskningsprojekt om jod fra Aarhus Universitet og GEUS har sat fokus på grundstoffet jod, hvor vi i Danmark kun har begrænset viden om indholdet i grundvand og drikkevand, da stoffet ikke indgår i de rutinemæssige kontroller. Jod er essentielt for menneskers stofskifte og både et for lavt og et for højt indtag igennem et helt liv kan skabe sundhedsproblemer som fx struma, hvor et lavt indtag medfører, at skjoldbruskkirtlen forstørres. Danskerne får generelt for lidt jod via kosten, og jodberigelse af bordsalt og brød blev derfor indført i 2001.

Nu kommer i gennemsnit ca. 14 % af jodindtaget via drikkevarer, primært drikkevandet. Der er dog store variationer i jodindtaget hen over landet, som man tidligere troede var ret simple at forstå. Men et nyligt afsluttet ph.d. projekt af Denitza Voutchkova har vist, at især Jylland har store forskelle både regionalt og indenfor kommunerne, som kan forklares ud fra den geologiske påvirkning af grundvandets sammensætning. Danmarks befolknings indtag af jod via drikkevandet varierer således fra 0 % til over 100 % for voksne af det af WHO anbefalede daglige indtag.

På sigt håber forskerne, at sådan ny viden om naturlige variationer i drikkevandskvalitet vil bidrage til at forstå fravær og tilstedeværelse af en række sygdomme – ikke bare relateret til jod men også andre naturlige stoffer.

Søren Munch Kristiansen (AU) & Birgitte Hansen (GEUS)
Kilde: *The Science of the Total Environment* 493, 432-444.

Militæret skal være grønnere

Når tanksene ruller over terrænet, eller jagerflyene letter fra hangarskibet, koster det dyrt i CO₂. Derfor skal klimaforskere til at lære militæret om, hvordan det forurener mindre. Både NATO og det danske forsvar har vist stor interesse for forskernes ideer til, hvordan militæret kan ride med på den grønne bølge.

»Vi ønsker at gøre militære baser til grønne udviklingslaboratorier, hvor man kan udvikle nye grønne teknologier og processer. Bare se på GPS. Den er udviklet til militært brug, men i dag kører alle rundt med en,« siger klimaekspert og institutleder fra Institut for Teknologi og Innovation på SDU, professor Michael Evan Goodsite.

Sammen med professor Sirkku Juhola fra University of Helsinki vil han i samarbejde med militære eksperter gøre forsvaret mere bæredygtigt ved at udvikle metoder til at spare på vandet, udlede mindre CO₂ og sortere affald.

Militæret er det perfekte grønne udviklingslaboratorium, fordi alle retter ind, når der udstikkes ordrer. Det betyder, at nye rutiner hurtigt bliver indført, hvorefter erfaringer kan bredes ud til det øvrige samfund. Det er ikke kun de militære baser, som får et grønt eftersyn. Også det militære isenkram står for skud. Ifølge forskerne skal soldaterne i højere grad køre i eldrevne biler og lære at køre, flyve eller sejle brændstofrigtigt. »Soldaterne skal lære at skelne mellem, hvornår det er nødvendigt at køre hurtigt for at undgå en fjende, og hvornår de kan køre roligt. Men det er vigtigt, at de grønne tiltag følges som en naturlig del af hverdagen



Foto: Colourbox

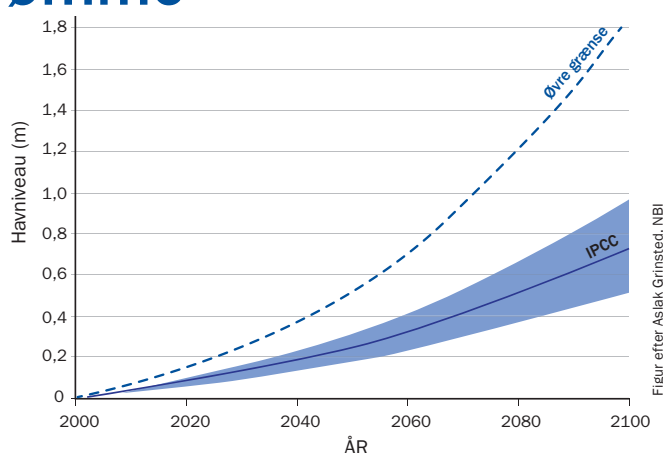
for soldaterne, for en militærenhed er kun interesseret i at få opgaven løst uden tab af menneskeliv og helst også uden tab af materiel,« pointerer Michael Evan Goodsite, som selv har været officer i den amerikanske hær og NATO.

Mette Christina Møller Andersen, Ingeniøruddannelserne på SDU

Det vælter ned i stride strømme

Det ser slemt ud allerede nu. bl.a. i Nordjylland og i byen Jyllinge ved Roskilde Fjord, hvor skybrud og kraftig regn har forårsaget store skader på veje og ruineret private hjem med efterfølgende social deroute for beboerne. Og det bliver kun værre i de kommende år, hvis lektor Aslak Grindsted fra Niels Bohr Institutet på Københavns Universitet får ret i sine beregninger, som netop er publiceret i det videnskabelige tidsskrift *Environmental Research Letter*. I værste fald vil vi inden dette århundrede rinder ud opleve en havstigning på ikke mindre end 1,8 meter, ifølge Aslak Grindsted, som har foretaget udregningerne sammen med kolleger fra England og Kina i et forsøg på at udregne den øvre grænse for havstigningen.

Men der er et lille grønt håb midt i syndfloden fra oven og de omfattende klimaforandringer, som bliver stadig mere påtrængende mange steder. Det grønne håb består i at aflede og rense det beskidte vand, der bl.a. flyder over fra vores kloaker, når regnen vælter ned. "Dobbelt-porøs Filtrering", hedder den nye teknik, som er udviklet af professor Marina Bergen Jensen fra Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning på Københavns Universitet. Teknikken gør det muligt at genbruge det snavsede vand, der ellers omdanner bl.a. parkeringspladser og veje til bakterie-bomber for omgivelserne. Allerød Kommune har som den første i landet taget projektet til sig. Oven i vil den lokale natur få "en vandig opblomstring" med nye vandarealer, der er klar til at flytte ind i for de lokale dyr og planter. Det er industrivirksomheden Watercare,



Figur efter Aslak Grindsted, NBI

En af de store usikkerheder i prognoserne for den fremtidige havstigning er smeltningen af isklapperne. Aslak Grindsted og kolleger har i deres beregninger kombineret tal fra FN's klimapanel med publicerede data om isklappe-eksperternes egne forventninger til udviklingen. Beregningen viser, at havet i værste fald vil stige med 1,8 meter i dette århundrede.

der tilbyder den ny teknik til landets kommuner fremover, baseret på professor Marina Bergen Jensens forskning.

Svend Thaning, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, KU

Kilder: S Jevrejeva et al 2014 *Environ. Res. Lett.* 9 104008

Hvorfor lægger fisk små æg?

Fiskeæg og -larver er forholdsvis meget mindre end afkommet af de fleste andre havlevende organismer. Denne forskel hænger sandsynligvis sammen med, at fiskelarver ikke skal konkurrere så meget om føden som andre organismers afkom.



En blåhval er et meget stort dyr (30 tons) og føder meget store unger (næsten 3 tons). En vandloppe er et meget lille dyr (1 mg) og producerer meget små æg (1/100 mg). I havet er det generelle mønster, at afkommets størrelse (vægt) typisk er mellem 1/10 og 1/100 af moderens størrelse. Men især én gruppe afviger fra denne regel, nemlig fisk. Fisk er en meget succesfuld dyregruppe. De findes i næsten ethvert vandigt miljø, og der kendes omtrent 30.000 arter. Men uanset deres størrelse lægger de næsten alle sammen meget små æg. Verdens største benfisk, klumpfisk, som kan veje over 2 tons, producerer mange millioner millimeter-store æg, der hver vejer blot 1 mg og klækker som 2,5 mm store larver. De mindste fisk, fx hundestejler, der vejer nogle få gram, producerer æg af næsten samme størrelse. Fisk bryder altså størrelsesreglen på to måder: Afkommets størrelse varierer ikke med moderens størrelse, og størrelsen er forholdsvis *meget* mindre end hos afkommet hos de fleste andre dyr i havet. Bruskfisk (hajer og rokker), som jo minder om de "almindelige" (ben)fisk, følger sjovt nok den almindelige regel og producerer afkom, som er ca. 100 gange mindre end de voksne. Men hvorfor er fisk forskellige fra bruskfisk og de fleste andre dyr i havet?

Størrelsen betyder noget

For at forstå denne forskel må vi forstå de kræfter, der driver evolutionen af ægstørrelsen, og hvordan disse kræfter kan variere. Den naturlige selektion medfører, at de individer, der leverer flest afkom til den næste generation, og den adfærd og de egenskaber, der karakteriserer disse individer, vil dominere i de efterfølgende generationer. Antallet af afkom, et individ leverer til næste generation, afhænger af to ting: antallet af æg eller unger samt afkommets chance for at overleve til kønsmodning. Der er selvfølgelig en sammenhæng mellem det antal afkom, et hundyr kan producere, og afkommets størrelse: Jo mindre æg, des flere kan der produceres. En kønsmoden torsk gyder i løbet af sit liv millioner af små æg, som klækkes til millimeter-store larver, mens en hval producerer ganske få store unger. Men små unger og larver har af flere grunde en ringere chance for at overleve end store unger. Og spørgsmålet er så: Hvad er bedst? At få mange, små afkom, hver især med ringe chance for at overleve, eller at få færre store afkom, hver med meget bedre chance for at overleve? Det er fx bedre at producere dobbelt så meget afkom af den halve størrelse, hvis dets chance for at overleve til kønsmodning er mere

Om forfatteren



Karin Olsson
Ph.d.-studerende,
Centre for Ocean Life
(VKR Center of Excellence), DTU Aqua
karol@aqu.dtu.dk



De fleste marine dyr producerer æg eller afkom, der typisk hver vejer omkring 1 % af moderdyrets vægt. Fisk adskiller sig ved at producere mange æg, der er meget små i forhold til fiskens størrelse. Øverst en 1 mm stor vandloppe, der bærer sine få men relativt meget store æg, og til højre en rødspætte, der kan gyde millioner af millimeter-store æg.

Foto vandloppe: Albert Calbet; Foto fisk: Kenneth Løvholt.



end halvt så stor som det store afkom. Hvis det er tilfældet, vil den naturlige selektion drive evolutionen mod en strategi med mange små æg – jo flere og mindre, des bedre. Og omvendt, hvis de små ægs chance for at overleve er mindre end den halve af de stores, vil selektionen drive evolutionen mod dyr med få, større afkom. Den optimale strategi afgøres derfor især af, hvordan afkommets overlevelse afhænger af dets størrelse.

Svag konkurrence mellem fiskelarver

Store unger har større chance for at overleve end små unger af to grunde: For det første er der flere rovdyr, der kan gabe over en lille fiskelarve end en stor, og den daglige overlevelseschance stiger derfor med størrelsen. For det andet: Jo større forskel, der er på størrelsen af moder og afkom, des længere tid tager det for afkommet at vokse til kønsmodning, og des ringere er dets chance for at overleve. Begge disse forhold betyder, at overlevelseschancen stiger, jo større afkommet er.

Derfor virker det umiddelbart paradoksalt, at fisk producerer så mange og så små æg i forhold til de fleste andre marine organismer.



Fotos: Colourbox

De fleste fisk producerer meget små æg sammenlignet med voksne. Her er det lakseæg, som selvom de er relativt store, kun er 5-10 mm i diameter.

Vi mener, at forklaringen skal findes i konkurrencen mellem ungerne, og hvordan den påvirker deres overlevelse. En hård konkurrence fører til langsommere vækst og til større risiko for at blive spist i forbindelse med intensiveret fødesøgning. Hård konkurrence tidligt i livet fører derfor til lavere overlevelse, hvilket betyder, at de største afkom vil vinde det evolutionære kapløb. For benfisk gælder det imidlertid, at konkurrencen mellem de nyklækkede larver er ganske svag. Det ved vi, fordi undersøgelser i havet har vist, at mængden af fiskelarver er for lille til at påvirke mængden af det zooplankton, de lever af. Konkurrencen mellem fisk begynder sandsynligvis først senere i livet omkring den størrelse, hvor larverne har udviklet sig til småfisk.

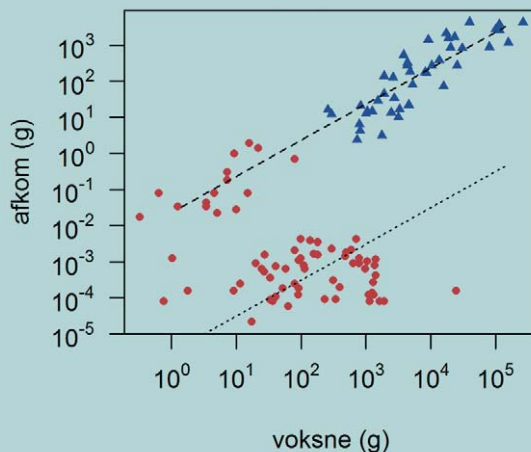


Øjne bestemmer ægstørrelse

Når det tilsyneladende for fisk gælder om at producere så mange og så små æg som muligt, hvad sætter så den nedre grænse for et fiskeægs størrelse? Til sammenligning producerer fx vandlopper og hjuldyr æg, der er meget mindre end 1-2 mm, som fiskeæg typisk måler. Svaret er, at det sandsynligvis hænger sammen med, at fiskelarver jager ved hjælp af synet. Der er ingen planktonorganismer mindre end fiskelarver, der har veludviklet synssans. Det skyldes, at et øje med en rimelig opløsning kræver et passende stort antal synsceller ("pixels"), og det kræver simpelthen en vis størrelse. Øjne kan derfor ikke være vilkårligt små. Vi regner med, at det netop er dette forhold, der bestemmer den mindste mulige størrelse af et fiskeæg og den nyklækkede larve.

På billedet ses en stor torskelarve på få mm, som har veludviklede øjne og jager ved hjælp af synet.

Foto: Erik Selander



Figuren viser vægten af æg eller afkom hos fisk af forskellig størrelse for bruskfisk (hajer og rokker, blå symboler) og benfisk ("almindelige fisk", røde symboler). Bemærk, at akserne er logaritmiske, dvs. at for hver streg 10-dobles vægten. De to linjer er vores models forudsigtelse af afkomets vægt hos de to typer fisk. Hajunger kan veje op imod 1 kg (svarende til 10^3 g), mens fiskeæg oftest vejer mindre end 1 mg.

Artiklen er oversat fra svensk af Thomas Klørboe.

Videre læsning

Klassisk teori for afkomstørrelse: Smith, C. C. and Fretwell, S. D. (1974). The Optimal Balance between Size and Number of Offspring. *The American naturalist*, 108(962):499:506.

Mere specielt for fisk: Jørgensen, C., Auer, S. K., and Reznick, D. N. (2011). A model for optimal offspring size in fish, including live-bearing and parental effects. *The American naturalist*, 177(5):E119:E35.

Konkurrence:

Falster, D. S., Moles, A. T., and Westoby, M. (2008). A general model for the scaling of offspring size and adult size. *The American naturalist*, 172(3):299:317.

Det er altså fordi, de små fiskelarver ikke konkurrerer direkte fra starten i livet, at det er fordelagtigt for benfisk at lægge små æg, som klækkes til små larver. Vi må omvendt forvente, at arter, der får afkom på ca. 1/100 af den voksnes størrelse, oplever konkurrence lige fra de bliver født eller klækket.

Modeller forudsiger den optimale størrelse

Ved hjælp af relativt simple matematiske modeller af vækst og konkurrence og observationer af, hvordan dødeligheden varierer med størrelse i forskellige livsstadier, har vi kunnet forudsige den optimale størrelse af afkommet for fisk og bruskfisk. Og vores forudsigelser passer ganske godt med observationer af størrelsen på afkommet hos forskellige arter. Når vi kan forudsige den optimale størrelse med rimelig præcision, tyder det på, at konkurrencen mellem individer må være en vigtig faktor. Vores model peger således på, at forældre, som føder store unger eller lægger store æg, ikke alene skal tænke på afkommets overlevelse, men også på

konkurrencen mellem ungerne. Når så mange dyregrupper har afkom, hvis størrelse afhænger af de voksne dyrs vægt, tyder det på, at konkurrence i de helt unge livsstadier generelt spiller en ganske vigtig rolle i havet.

Når vi skal forstå og helst forudsige, hvordan fiskeri, klimaændringer og forurening påvirker livet i havet, er vi helt afhængige af en korrekt forståelse af de underliggende processer. Marine økosystemer underdrager sig ofte direkte observationer, og vi er derfor i udstrakt grad afhængige af matematiske modeller af interaktioner mellem organismer, når vi skal beskrive, hvordan de fungerer. Vi bruger både modellerne til at få en dybere indsigt i de fundamentale principper for, hvordan arterne vekselvirker med hinanden, og vi bruger dem til at forudsige effekter af miljøpåvirkning. Selvom de matematiske modeller kun kan forklare en lille del af den variation, vi observerer i havet, peger vores resultater på, at konkurrence kan være en væsentlig faktor, som derfor må undersøges nærmere. ■



**VIL DU
VIDE MERE?**
FLYTVERDEN.DK

KEMI

FÅ VIDEN OM OG REDSKABER TIL HVORDAN DU UDNYTTER MOLEKYLÆR VIDEN TIL AT DESIGNE NYE PROCESSER OG MATERIALER

Som uddannet kemiker eller kemiingeniør arbejder man typisk med forskning, udvikling, produktion og kvalitetskontrol i industrien eller det offentlige. Man kan fx arbejde med udvikling af nye materialer til forbedring af solceller, vindmøller, cement, lægemidler og levnedsmidler.

Som kemiker kan man desuden undervise på de gymnasiale uddannelser.



AALBORG UNIVERSITET

Udviklingen af den blå lysdiode var et videnskabelig kunststykke, som nu har udløst en nobelpris til de tre japanske forskere bag gennembruddet.

Da lysdioden blev blå

Den første lysdiode blev opfundet i 1907 og de kommercielle lysdioder blev udviklet i 1950'erne. Derfor kan det umiddelbart synes underligt, at det først er for relativt nylig, at lyskilder baseret på lysdioder (eller LED, der står for *light emitting diode*) for alvor er slået igennem og nu hastigt breder sig overalt i vores samfund. Men der er en god grund til, at det har taget sin tid. For at bruge lysdioder til almindelig belysning, skal de lyse med hvidt lys, som jo er en blanding af alle farver. I praksis kan en hvid LED-lampe laves ved at kombinere lys fra tre forskellige dioder med forskellig farve – rød, grøn og blå. Men mens de røde og grønne lysdioder har været på banen i mange år, har udviklingen af en lysdiode, der udsendte blåt lys været en helt anderledes hård nød at knække. Det var først i slutningen af 1980'erne og 90'erne at det lykkedes for årets nobelpristagere i fysik, japanerne Isamu Akasaki, Hiroshi Amano og Shuji Nakamura.

»Udviklingen af den blå lysdiode har kort og godt været et teknologisk kunstværk«, siger Paul Michael Petersen, der er professor ved DTU Fotonik og selv forsker i diodelasere og LED-systemer. »Nobelpristagerne arbejde har revolutioneret belysningsområdet. Teknologien giver os meget store energibesparelser på belysningsområdet og de blålysdiode vil i

fremtiden give os mulighed for at nedbringe vores CO₂-udslip i atmosfæren signifikant.«

En svær nød at knække

En lysdiode består af flere lag af halvledermaterialer. En type af lag kaldes n-type lag, og de indeholder et overskud af elektroner, mens en anden type lag kaldes p-type lag har et underskud af elektroner – man siger, at de har et overskud af positive "huller". Mellem disse lag er der et aktivt lag, hvortil elektroner og huller drives, når der sættes strøm til, og når hullerne og elektronerne mødes i det aktive lag, udsendes der lys. Bølgelængden på det udsendte lys (dvs. dets farve), bestemmes entydigt af halvleder-materialets energibåndgab.

Da de tre nobelpristagere startede deres målrettede arbejde på at udvikle en blå lysdiode valgte de at arbejde med materialet galliumnitrid (GaN), som blev anset for at være egnet til at producere blåt lys. De praktiske udfordringer med at få det til at virke havde imidlertid vist sig uoverstigelige. Ingen havde således formået at gro krystaller af galliumnitrid af tilstrækkelig kvalitet, da man anså det for umuligt at frembringe en passende overflade, som krystallerne kunne gro på. Desuden havde det også vist sig næsten umuligt at fremstille p-lag i dette materiale. Af disse grunde havde andre forskere givet op, da

Sådan virker en lysdiode

En lysdiode består grundlæggende af flere lag af halvleder-materialer. Når der sættes strøm til lysdioden drives hhv. elektroner og "huller" fra n- og p-lagene til det aktive lag, hvor huller og elektroner smelter sammen og der udsendes lys. Denne sammensmeltning af huller og elektroner kaldes for rekombination, og den bevirker at der udsendes lys. Bølgelængden af det udsendte lys bestemmes udelukkende af, hvilket halvledermateriale der er tale om. Selve lysdioden – der er kernen i en LED-lyskilde – er ikke større end et sandkorn.

Nederst vises elementerne i en blå LED-lampe, hvor lysdioden i dette tilfælde består af flere forskellige lag af galliumnitrid. Ved at inkludere andre elementer som indium og aluminium i krystalstrukturen, bliver effektiviteten og levetiden af lysdioden større.

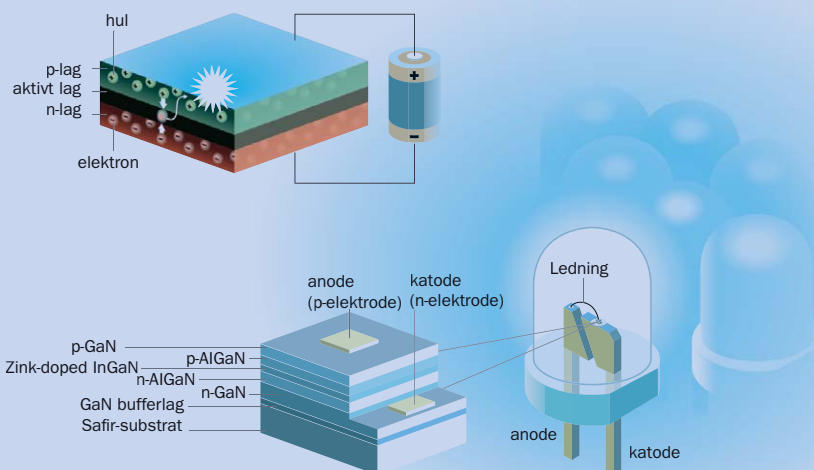


Illustration efter Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Nobelpristagerne

Isamu Akasaki, født 1929 i Japan. Professor ved Meijo University, Nagoya, og æresprofessor ved Nagoya University, Japan.



Hiroshi Amano, født 1960 i Japan. Professor ved Nagoya University, Japan.



Shuji Nakamura, amerikansk stasborger, født 1954 i Japan. Professor ved University of California, Santa Barbara, USA.

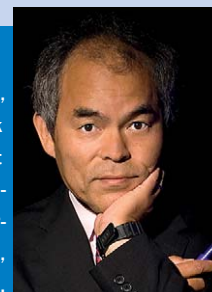


Foto: Randy Lamb, UCSB

Akasaki og Amano (som arbejdede sammen) og Nakamura kastede sig ud i udfordringen.

De første blå lysdioder

Ved dygtigt og stædigt laboratoriearbejde kunne Akasaki og Amano i 1986 som de første præsentere en højkvalitetskrystal af galliumnitrid, som de havde produceret ved at placere et lag af aluminiumnitrid på et substrat af safir og gro galliumnitrid-krystallerne ovenpå dette. Få år senere lykkedes det dem dernæst at fremstille et velfungerende p-type-lag af materialet. De opdagede ved et tilfælde, at deres materiale lyste mere intenst, når de studerede det i et scanning-elektron-mikroskop – hvilket antydede, at elektronstrålen fra mikroskopet gjorde p-type-laget mere effektivt. Endelig i 1992 kunne de to forskere præsentere deres første diode, der udsendte et klart, blåt lys.

Nakamura begyndte for sin del udviklingen af en blå lysdiode i 1988. To år senere lykkedes det også ham at producere galliumnitrid-krystaller af høj kvalitet, men med en anden metode, hvor han først groede et tyndt lag af galliumnitrid ved lav temperatur og efterfølgende lag ved højere temperaturer. Nakamura kunne også forklare, hvorfor Akasaki og Amano havde succes med deres p-type-lag: Elektronstrålen fjernede de hydrogenatomer, som

forhindrede p-type-laget i at dannes. Han udviklede selv et funktionelt p-type-lag med en billigere metode, hvor materialet blev opvarmet.

LED overalt

I løbet af 1990'erne forbedrede begge forskningsgrupper deres blå lysdioder. De skabte forskellige galliumnitrid-legeringer med aluminium og indium, som øgede effektiviteten. Begge grupper udviklede også en blå laser, hvori et afgørende element er designet af overgange mellem p- og n-type-lagene i galliumnitrid. Da blåt lys har en meget kort bølgelængde kan man ved at bruge blåt lys pakke fire gange så meget information på det samme areal som med infrarødt lys. Den blå laser har derfor ført til udviklingen Blue Ray disks såvel som til bedre laserprintere.

I dag oplever vi således alle i hverdagen resultaterne af nobelpristageres gennembrud, uden at vi tænker over, at netop den blå lysdiode har været et kritisk punkt i denne udvikling.

Nye, bedre og mere effektive LED-lyskilder udvikles hele tiden. Sammenlignet med traditionelle lyskilder er lysdioder en meget fleksibel lyskilde, der kan laves i millioner af farvenuancer. Farven og intensiteten kan varieres efter behov, og det hele kan styres af computere.

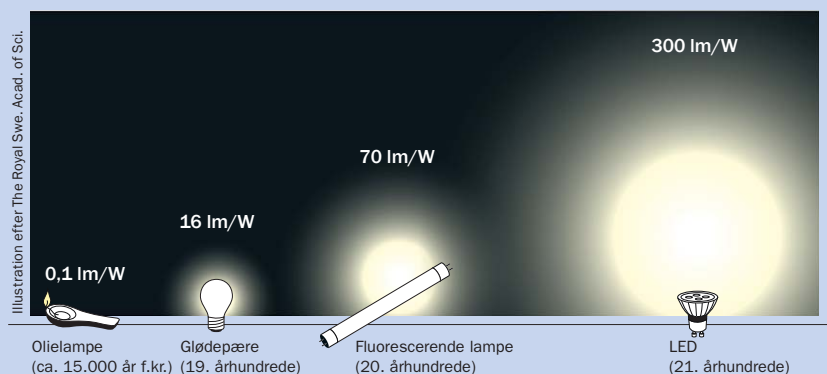


Udviklingen af blå lysdioder har banet vejen for LED-lyskilder med hvidt lys.

Foto: Wikimedia Commons

Forfatter

Af Carsten R. Kjaer
Aktuel Naturvidenskab
crk@aktuelnaturvidenskab.dk



Effektiviteten af lyskilder måles i lumen pr. watt (lm/W) – altså hvor stær en "lysstrøm" lyskilden udsender pr. Watt. LED-lyskilder udmærker sig ved at være meget effektive i forhold til traditionelle lyskilder som vist på figuren. Rekord for lysdioder er hidtil 300 lm/w sammenlignet med 16 lm/w for traditionelle elpærer. Ca. 20 % af verdens årlige energiforbrug i form af strøm går til belysning, og derfor kan der være store besparelser forbundet med at udskifte gamle lyskilder med LED. En anden fordel ved LED er, at levetiden for en lyskilde som udgangspunkt er meget længere: Almindelige glødepærer har typisk en levetid på ca. 1.000 timer, mens LED kan præstere 50-100.000 timer.

»Derfor vil LED-lyskilder i fremtiden udkonkurrere konventionelle lyskilder som lysstofrør, energisparpærer, glødepærer og halogenpærer«, mener Paul Michael Petersen.

Dansk LED-satsning

Paul Michael Petersen leder selv et stort initiativ inden for området kaldet *DOLL – a Photonics Green lab*, som er Nordeuropas største initiativ inden for LED-belysning.

den nye lysteknologi som kommunerne vil vælge,« fortæller Paul Michael Petersen.

Han mener, at hele belysningsområdet står overfor store udfordringer i de kommende år. Der er tale om et globalt teknologiskift, hvor politisk regulering og lovgivning af miljømæssige årsager udfaser kendte lyskilder som glødepærer og kviksløvlamper, samtidig med at kravene til energieffektivitet (lumen pr. watt) strammes betydeligt overalt i samfundet.

Videre læsning

Artiklen er baseret på artiklen: *Blue LEDs – Filling the world with new light*, offentliggjort på nobelprisen hjemmeside: www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/popular-physicsprize2014.pdf

»DOLL hjælper danske virksomheder med at blive konkurrencedygtige inden for LED-teknologi og centret hjælper endvidere danske kommuner med at implementere ny energibesparende LED-belysning. Alene i Danmark anslås det, at kommunerne skal investere ca. 5 milliarder kr. i udskiftning af mere end 500.000 udendørs lysarmaturer i de kommende år. I langt de fleste tilfælde vil LED blive

»Det globale teknologiskift åbner en række muligheder for danske lysvirksomheder og dansk forskning for at opnå en større andel af et stærkt voksende globalt marked for energieffektiv belysning,« siger Paul Michael Petersen. Og det kan man da kalde et meget håndgribeligt udbytte af det stædige arbejde, nobelpristagerne lagde for dagen for godt 20 år siden. ■



Naturvidenskab på Roskilde Universitet

- Undervisning af forskere fra første dag
- Engageret studiemiljø
- Socialt studieliv
- Ny state-of-the-art laboratoriebygning

Mød os på naturvidenskab på RUC nat på RUC



På dynamikken fik han skik - og Abelprisen til Sinai gik



Den ypperste matematiske anerkendelse, Abelprisen, er i år uddelt til den russiske matematiker Yakov Sinai. Vagn Lundsgaard Hansen og Poul G. Hjorth fortæller her om prismodtageren og hans arbejde.

Abelprisen – den fornemme matematikpris opkaldt efter den norske matematiker Niels Henrik Abel (1802 – 1829), og som uddeles hvert år af Det Norske Vitenskaps-Akademi, blev for året 2014 givet til den russiske matematiker Yakov Sinai, for dennes “*fundamentale bidrag til teorien for Dynamiske Systemer, Ergodeteori og Matematisk Fysik*”.

Dynamiske Systemer er systemer, der undergår forandring, dvs. de udvikler sig. De mest umiddelbare eksempler på dette kommer fra matematiske modeller af den fysiske virkelighed. I sådanne modeller betragter vi tiden som kontinuert, vi betragter fysiske størrelser, der afhænger af tiden – det kunne fx være positionen af en eller flere partikler – og nedskriver da matematiske ligninger, der beskriver tidsudviklingen i systemet. For eksemplet med partiklerne kunne man nedskrive Newtons bevægelseslove, hvor årsagen til den tidlige ændring er de kræfter, der virker i systemet. Kræfter hedder på græsk *dynos*, og dette ligger bag ved betegnelsen dynamiske systemer – altså systemer, som ændres på grund af kræfter, der virker på systemet.

I disse klassiske eksempler på dynamiske systemer forløber tiden kontinuert og får dermed i almindelighed systemets tilstande til at ændre sig *kontinuert*. Men man kunne også forestille sig en anden form for ændring, hvor udviklingen foregår trinvis. Sådanne systemer siges at være *diskrete*, og modellerne for dem består af ligninger, der fortæller, hvordan man trinvis, *iterativt*, kommer til den næste tilstand fra den nuværende tilstand. Til denne klasse af diskrete dynamiske systemer henregnes også de matematiske forløb, hvor man studerer tal i den komplekse plan, der undergår forandring ved en iterativ proces. I denne proces opstår bl.a. de dramatiske fraktal-billeder, fx Mandelbrot mængden. Endelig kan man også studere systemer, hvor udviklingen er underlagt en bestemt grad af tilfældighed, de såkaldte *stokastiske* systemer.

Dybe resultater

Yakov Grigorevich Sinai blev født i Moskva i 1935 i en familie af akademikere: Begge hans forældre var mikrobiologer. Sinais bedstefar, Benjamin Fedoro-

Den norske kronprins Haakon overrækker Abelprisen til Yakov Sinai (tv) ved en ceremoni på Oslo Universitet den 19. maj 2014.

Foto: Håkon Mosvold Larsen/NTB scanpix

Forfattere



Vagn Lundsgaard Hansen er professor emeritus. vlha@dtu.dk

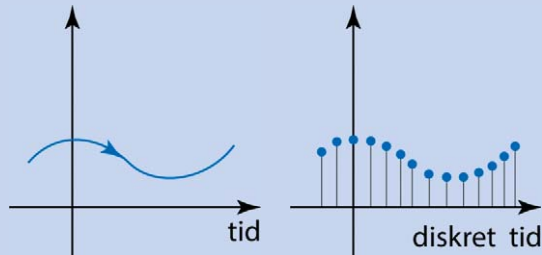


Poul G. Hjorth er lektor. pgjh@dtu.dk

Begge ved Institut for Matematik og Computer Science, Danmarks Tekniske Universitet.

Dynamiske Systemer

Dynamiske systemer er systemer, der udvikler sig i tid og rum. Denne udvikling i tid kan enten foregå glidende (*kontinuert*) eller i spring (*diskret*).



Ofte afbilder man systemets udvikling i et rum (*faserummet*), hvor både positioner og hastigheder kan aflæses. Eksempelvis kan bevægelserne af et pendul angives som kurver i en plan, hvor den ene akse viser størrelsen af pendulets udsving (dvs. en vinkel), og den anden akse angiver størrelsen af vinkelhastigheden. For små udsving, hvor pendulet bevæger sig frem

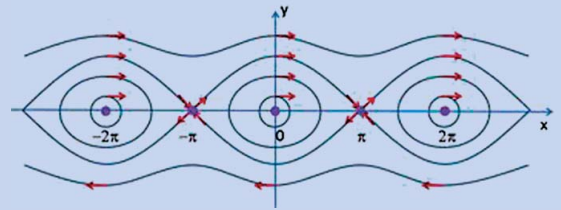


Illustration af faserummet for et pendul.

og tilbage, er løsningskurverne for en given startværdi lukkede kurver, men for tilstrækkelig store (enten positive eller negative) værdier af vinkelhastigheden drejer pendulet hele vejen rundt, enten i den ene eller den anden retning. Faserummet udviser samtlige mulige bevægelser af pendulet.

I den matematiske formulering skelner man desuden mellem systemer, hvor udviklingen er entydigt bestemt af begyndelsesbetingelserne (*deterministiske systemer*), eller hvor den kan være underlagt tilfældighed (*stokastiske systemer*).

Sinais begreber

Yakov Sinai har lagt navn til en række begreber indenfor dynamiske systemer:

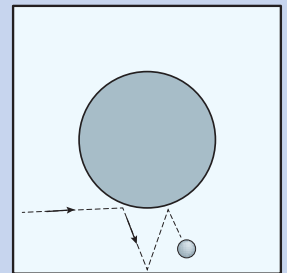
Kolmogorov-Sinai entropi

Entropibegrebet dukker op i mange grene af de eksakte videnskaber begyndende med termodynamik i 1800-tallet, men i 1900-tallet også i statistisk mekanik, informationsteori og dynamiske systemer. I sin mest generelle form er entropi et mål for en grad af uorden, således at et meget ordnet system har lav entropi. I 1950'erne begyndte Kolmogorov at arbejde med et entropibegreb for stokastiske systemer, og Sinais vigtige bidrag var at udvide og tilpasse dette begreb også til dynamiske systemer i kontinuert tid. I teorien for dynamiske systemer er entropi et (blandt flere) mål for, hvor kaotisk systemet er, fx hvor hurtigt banerne i faserummet spredes.

Sinai billiard

I midten af en kvadratisk ramme befinder sig en cirkulær forhindring. En partikel bevæger sig frit, dvs. friktionsløst inden for rammen, men støder elastisk sammen med både rammen og forhindringen. Det underliggende dynamiske

system kaldes *Sinais billiard* og er et eksempel på et dynamisk system, der er komplekst nok til at udvise interessante dynamiske fænomener, men samtidig simpelt nok til, at man stringent kan bevise interessante matematiske egenskaber.



Sinais billiard

Sinai-Ruelle-Bowen mål

Et mål på et dynamisk system er en måde at skelne mellem større og mindre områder i det område, faserummet, hvor dynamikken udfolder sig. Ofte er faserummet et højt dimensionalt rum. I vores sædvanlige 3-dimensionale rum er volumen et mål for størrelse af et område. Mange (såkaldt usammentrykkelige) væsker strømmer på en sådan måde, at selv om et givet område bliver deformeret af strømmingen, bevarer det sit volumen. Sinai (og Ruelle, og Bowen) beviste i 1970'erne en række vigtige resultater om generaliserede volumenbegreber for dynamiske systemer.

vich Kaan, var matematiker og leder af afdelingen for differentialgeometri på Statsuniversitetet i Moskva. Her påbegyndte Sinai også sine studier i matematik i 1952, først med Nikolai Chetaev som vejleder og senere med Evgenii Dynkin, under hvilken Sinai skrev sin første artikel i 1957.

Sinai afsluttede sin uddannelse fra Statsuniversitetet i Moskva med sin doktorgrad i 1963. Hans ph.d.-vejleder var den sagnomspundne Andrey Kolmogorov ved Laboratoriet for Statistisk og Sandsynlighedsteoretisk Metode. Allerede i de tidlige 1960'ere blev Sinai international anerkendt

for de dybe resultater, han afdækkede i teorien for dynamiske systemer. I 1962 blev den da 27-årige Sinai inviteret til at give et foredrag ved Verdenskongressen i Matematik i Stockholm.

Fra 1971 virkede Sinai som professor ved Statsuniversitetet i Moskva og var også tilknyttet Landau Institut for Teoretisk Fysik under det russiske videnskabsakademi. Gennem sit forskningsemnes nære tilknytning til teoretisk fysik og arbejdet på Landau Institut var Sinai også tæt på fysikere, specielt inden for området teoretisk (analytisk) mekanik. Sinai blev professor i 1981, overraskende sent i for-

hold til den videnskabelige tyngde af hans arbejder.

1960'erne og 1970'erne var koldkrigstid, og Sinai var ikke vellidt i Partiet. Sinai havde i 1968 sammen med andre i et åbent brev forsvaret digteren (og matematikeren) Esenin-Vol'pin, der havde kritiseret sovjetstyret, arbejdet for menneskerettigheder og var blevet fængslet for sin samfundskritik.

Ind i fysikken

Efter Sovjetunionens opløsning var miljøet mere åbent, og omverdenen var ikke sen til at drage nytte af, at kapaciteter som Sinai nu kunne rejse mere frit. Fra 1993 har Sinai været professor ved Princeton Universitetet, selv om han har beholdt sin stilling ved Landau Institutet.

I en strøm af arbejder, der går tilbage til 1960'erne, har Sinai vist sig som en af de store matematikere i grænsefladen mellem matematik og fysik. Lærebøger i dynamiske systemer indeholder en lang række begreber, der nu bærer hans navn: *Sinai billiard*, *Kolmogorov-Sinai entropi*, *Sinai-Ruelle-Bowen mål* (se boks). Resultaterne belyser generelle ligheder og forskelle mellem de mange forskellige typer af dynamiske systemer og forskellige facetter ved kaosbegrebet. Fra sine tidlige studier med Kolmogorov har Sinai været optaget af den udfordring, der ligger i at uddrage simple lovmæssigheder og mønstre ved hele systemet ud fra et kendskab kun til de små og lokale principper, der styrer tidsudviklingen i systemet. Forbilledet er Boltzmanns

resultater i gasteori ud fra antagelser om, hvordan de enkelte gasmolekyler vekselvirker, men resultaterne er langt mere generelle. I de senere år er Sinai også begyndt at interessere sig for væskedynamik, et område hvor fx begrebet turbulens endnu ikke har fået en tilfredsstillende matematisk beskrivelse.

En beskeden herre

Yakov Sinai er med sine 79 år en stilfærdig og beskeden person. Det kom tydeligt frem, da det russiske nyhedsbureau TASS interviewede ham i anledning af Abelprisen.

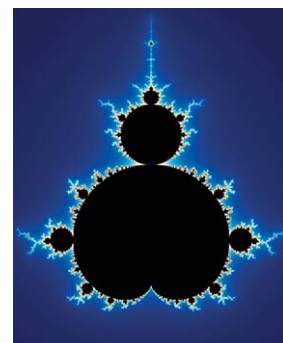
Interviewer: Hvad følte du der klokken 5 om morgenen, da en stemme i telefonen fortalte dig, at du havde vundet Abelprisen?

Sinai (med et smil): Prøv at sætte dig selv i mit sted og forestil dig, hvad du selv ville have følt.

Interviewer: Kan du beskrive dit arbejde som matematiker?

Sinai: Forestil dig, at du begynder din dag med at løse en kryds og tværs opgave. Du udfylder alle felter. Og så går du hele resten af dagen og tænker på hvert eneste af de begreber, der ligger bag de ord, som du har skrevet ned.

Sinai er blevet hædret med en lang række priser og hædersbevisninger: Wolf prisen i 1997, Nemmers Prisen i 2002, Poincaré Prisen i 2009 og nu Abelprisen. Sinai er æresdoktor ved en lang række af institutioner. Privat er han gift med matematikeren Elen B. Vul, med hvilken han har en søn.



Mandelbrot-mængden er et eksempel på et fraktalbillede, der opstår når man studerer tal i den komplekse plan, der undergår forandring ved en iterativ proces.

Illustration: CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

Videre læsning

<http://web.math.princeton.edu/facultypapers/Sinai/>

www.abelprisen.no/c61093/seksjon/vis.html?tid=61098&strukt_tid=61093

www.history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Sinai.html

<http://itar-tass.com/nauka/1207633>

Hvis du havde én dag.....

...som studerende på en naturvidenskabelig uddannelse

Så kunne du

- Opleve studiemiljøet
- Snakke med en studerende
- Være med til undervisningen
- Prøve en helt almindelig dag på studiet

Bliv studerende for en dag

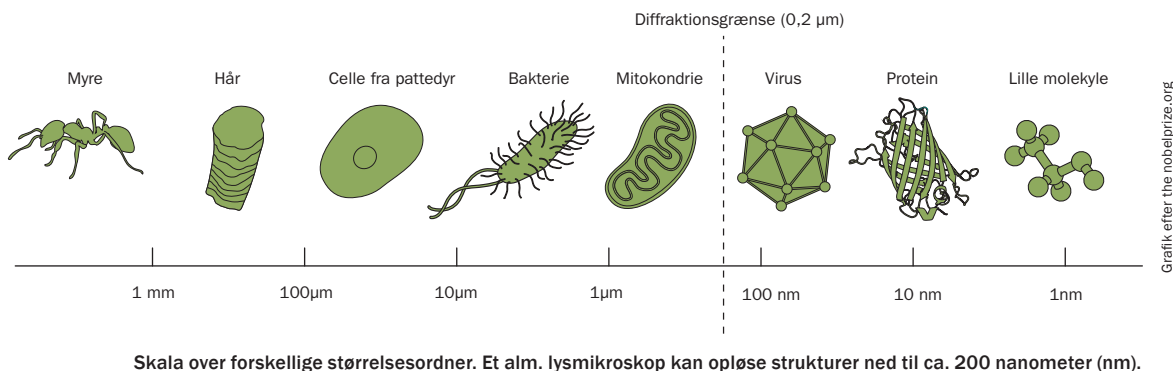
WWW.SDU.DK/BROBYGNING



Nanoskopi

- en verden af detaljer

Nobelprisen i kemi uddeles i år til tre forskere, der står bag udviklingen af såkaldte “super-opløsningsmikroskoper” eller nanoskoper. Disse mikroskoper bryder med en århundrede år gammel grænse for, hvad det er muligt at se med lysmikroskopi.



Grafik efter the nobelprize.org

Om forfatterne



Mathias P. Clausen, ph.d., fra Syddansk Universitet. Postdoc ved University of Oxford, hvor han arbejder med udvikling af nanoskopi – særligt STED-nanoskopi. Har været på forskningsophold i Stefan Hells gruppe ved Max Planck Institut. mathias.clausen@rdm.ox.ac.uk



Jes Dreier, ph.d., postdoc ved Syddansk Universitet, hvor han bl.a. har bygget et STED-mikroskop og anvender det til at undersøge de dynamiske forhold i hud, samt karakteriserer biologiske prøver. jdreier@bmb.sdu.dk

For at forstå, hvordan verden hænger sammen, er man nødt til at kunne studere den på mikroskopisk niveau. Dette kan gøres med mikroskopi, som har været et uvurderligt værktøj i mange forskellige grene af naturvidenskaben. Særligt inden for biologien bruges mikroskopi i vid udstrækning til at udforske bl.a., hvordan planters og dyrs celler er opbygget og fungerer. Grænsen for, hvor fine strukturer, man kan se ved hjælp af et lysmikroskop, har flyttet sig de seneste årtier. Æren for dette kan i særdeleshed tilskrives dette års tre modtagere af Nobelprisen i kemi: W. E. Moerner (USA), Eric Betzig (USA) og Stefan W. Hell (Tyskland). De står bag udviklingen af en ny gren af lysmikroskopi kaldet “nanoskopi”, som er i gang med at ændre vores opfattelse af verden ved at gøre hidtil usynlige detaljer synlige.

Fra mikroskopi til nanoskopi

Indtil for ca. 10-15 år siden var det bredt accepteret, at man i et lysmikroskop ikke kan skelne strukturer, der er mindre end ca. halvdelen af bølglængden på det lys, man bruger til at studere sin prøve med. Det blev formuleret i en fysisk lov af Ernst Abbe i 1873 og skyldes lysets brydning. I praksis vil

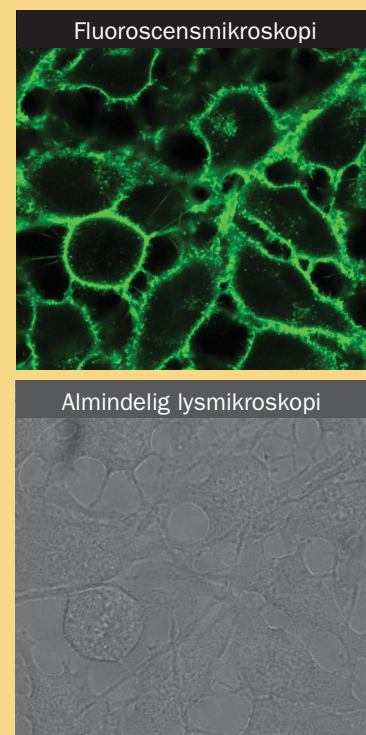
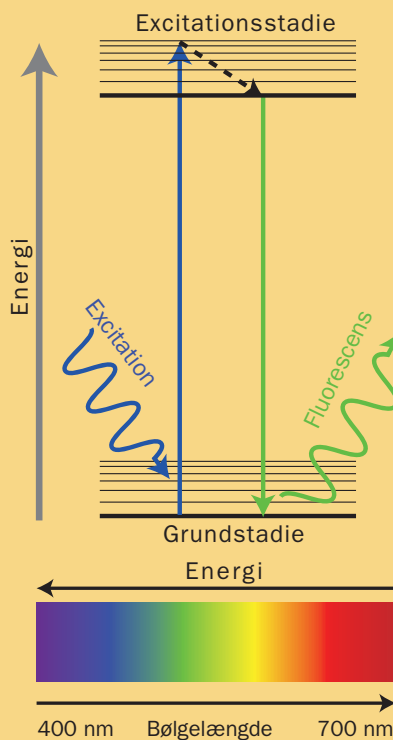
det sige, at detaljer under ca. 200 nanometer (nm) er slørede (da synligt lys har bølglængder mellem 400 og 700 nm). Uanset, om man har et punkt på 1 nm, en prik på 10 nm eller en plet på 100 nm, vil de med lysmikroskopi se ud som om de har samme størrelse – billedet af dem vil nemlig i alle tilfældene være en ca. 200 nm stor cirkulær kontur. Har man blot en enkelt isoleret lysende prik, kan man stadig bestemme dennes præcise position som centrum af den 200 nm store kontur. Har man derimod to objekter tættere på hinanden end 200 nm, vil de fremstå som et sammenhængende objekt, og man kan ikke adskille dem fra hinanden. Man siger derfor, at der er en opløsningsgrænse på 200 nm.

Trods begrænsningerne er mikroskopi stadig et kraftfuldt værktøj, for mange strukturer er nemlig større end 200 nm, fx er en celle i kroppen typisk 10-100 mikrometer. Men hvis man før i tiden fx ville studere strukturer på virus, der typisk kun er 100 nm store, eller fine strukturer inde i celler, kunne det ikke lade sig gøre med lysmikroskopi. Med udviklingen af nanoskopi – også kaldet “super-opløsningsmikroskopi” – har man populært sagt ophævet opløsningsgrænsen!

Fluorescens og fluorescensmikroskopi

Visse farvestoffer har evnen til at optage lys med én bølglængde og udsende lys med en anden bølglængde – det kaldes fluorescens. Processen er illustreret i figuren, hvor et farvestof (fx et lille molekyle eller et protein – samlet betegnet en fluorofoer) optager en foton fra en lyskilde og derved bliver exciteret til et højere energiniveau. Efter et stykke tid vil farvestoffet igen falde ned til det oprindelige energiniveau, og ved denne proces udsendes en ny lysfoton. Da der i mellemtiden er sket et energitab (som er gået til vibration i molekylet) vil den udsendte foton have en lidt lavere energi og derved også en længere bølglængde (dvs. en anden farve). I eksemplet optages der blåt lys, mens der udsendes grønt lys. Farveændringen er meget praktisk, da man derved kan kende forskel på det indsendte lys og lyset fra fluorofoeren.

Man udnytter fluorescens i bl.a. fluorescensmikroskopi, hvor man mærker de strukturer, man gerne vil observere i sin prøve, det kan fx være cellens skelet eller membran, med et fluorescerende farvestof. Dermed er det kun disse strukturer, der lyser op, når man kigger på prøven, mens baggrunden er helt sort. Kontrasten er derfor meget høj i fluorescensmikroskopi.



Der er sideløbende blevet udviklet forskellige former for nanoskopi, hvorfor Nobelprisen i år deles af tre personer. Alle typer af nanoskopi baserer sig dog på såkaldt fluorescensmikroskopi. Her benytter man farvestoffer, der har evnen til at udsende lys, når de selv bliver lyst på med fx en laser. Over de senere år er der gjort store fremskridt inden for måling af signalet fra et enkelt af disse farvestofmolekyler. Det er en forudsætning for, at nanoskopi kan lade sig gøre, og særligt den ene prismodtager, W. E. Moerner, har været en pioner inden for dette felt.

Tænd, sluk – tænd, sluk

Det overordnede princip bag de forskellige former for nanoskopi er det samme. For at forstå princippet kan man forestille sig en gruppe af små lysende prikker så tæt på hinanden, at vi ikke kan skelne dem med traditionel mikroskopi. Hvis vi nu kan sørge for, at prikkerne lyser op på forskellige tidspunkter, kan vi bestemme deres placering præcist hver for sig. Ved at sammenholde de forskellige placeringer opnår vi en opløsning bedre end de traditionelle 200 nm. Det er netop det, vi gør i nanoskopi, og derfor er nanoskopi i bund

Prismodtagerne

Eric Betzig (f. 1960 i USA).

I dag gruppeleder ved Janelia Research Campus, Howard Hughes Medical Institute, Ashburn, VA, USA.

Photo: Matt Staley/HHMI



Stefan W. Hell (f. 1962 i Rumænien, tysk statsborger).

I dag direktør ved Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Göttingen, og afdelingsleder ved German Cancer Research Center, Heidelberg.

Foto: Bernd Schuller, Max-Planck-Institut

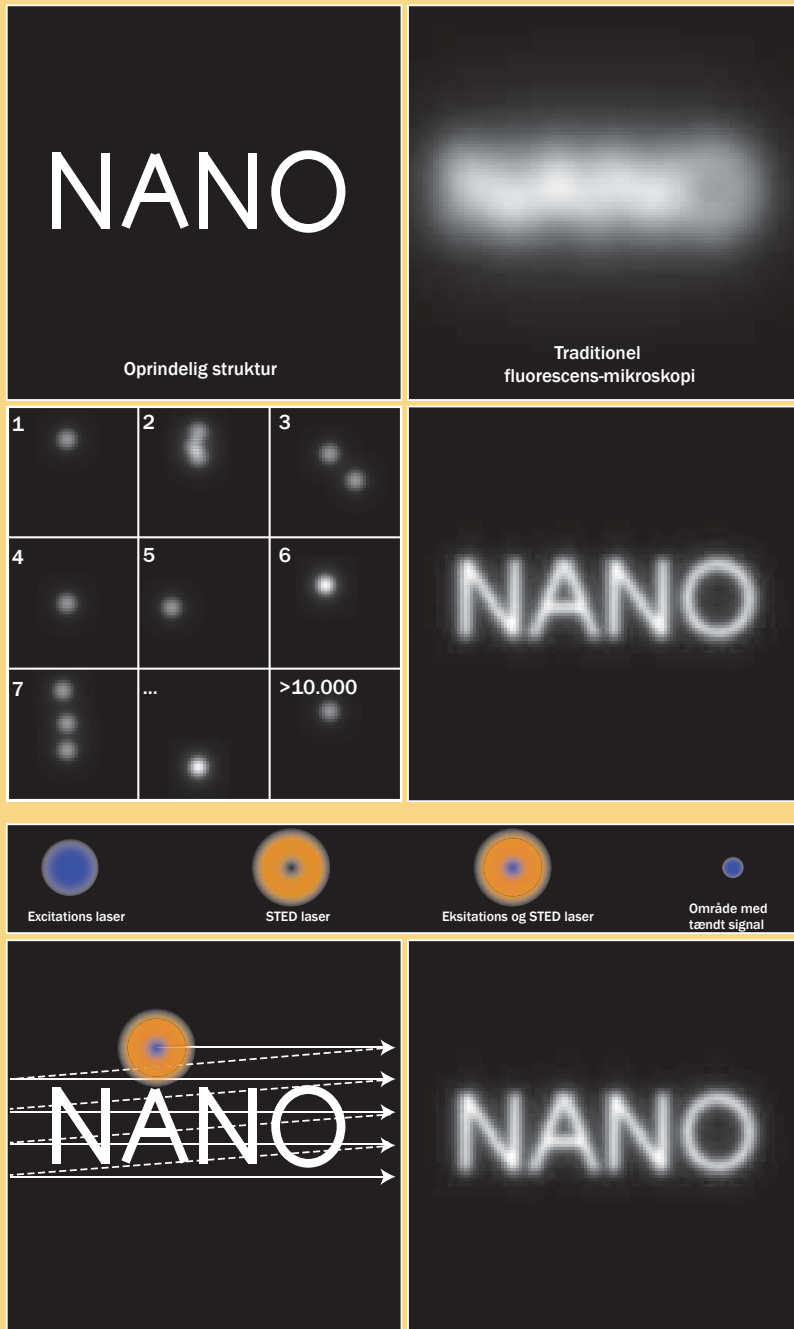


W. E. Moerner (f. 1953 i USA).

I dag Harry S. Mosher Professor i kemi ved Stanford University, USA.

Foto: L.A. Cicero





Lokalisations-nanoskopi

I lokalisations-nanoskopi undgår man på en snedig måde problemet med, at man ikke kan skelne ting, der er tættere end 200 nm fra hinanden. I stedet for at tænde alle farvestofmolekylerne i prøven på én gang, tænder man dem på skift i tilfældig rækkefølge. Et enkelt billede består da af et antal lysende prikker, hvis position man let kan bestemme som centrum af prikken – typisk med en opløsning på 10 nm. For at få den samlede struktur må man derfor tage et stort antal billeder (ca. 10.000), og til slut lægge alle billederne oven på hinanden for at få det endelige, superopløste, billede.

STED-nanoskopi

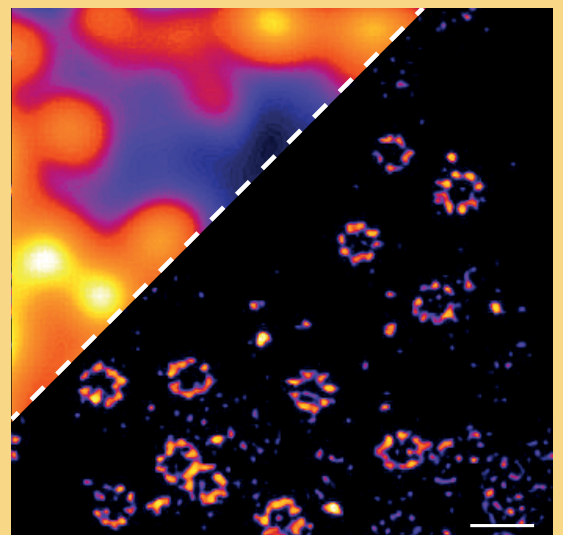
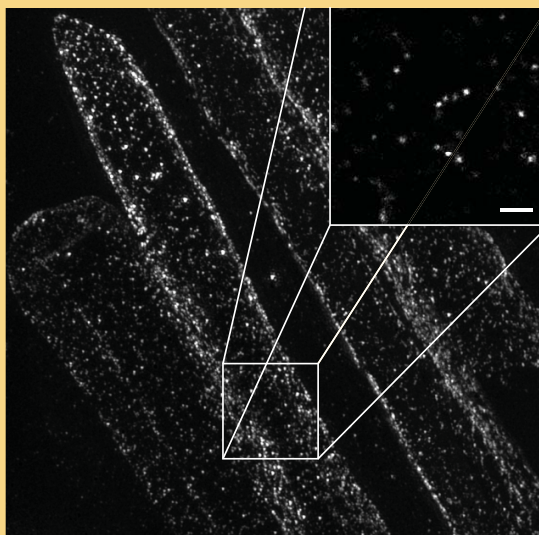
I STED-nanoskopi kontrollerer man på sofistikeret vis, hvornår man tænder og slukker farvestofferne i ens prøve. Man udnytter, at de farvestoffer, man bruger, ikke kun kan tændes med lys, men også kan slukkes af lys med en anden farve. Man belyser derfor sin prøve samtidig med to forskellige lasere, der har forskellig farve. Den ene tænder signalet, og den anden slukker det. Tricket er da, at den laserstråle, som slukker signalet, har form som en donut. Man slukker derfor kun signalet i donut-ringen, mens signalet fra centrum ikke bliver berørt. Således har man effektivt kun signal fra et lille område i centrum af donutten. Dernæst skanner man de to lasere hen over prøven og tænder og slukker derfor på skift farvestofferne i takt med, om de befinder sig i ringen eller i midten af donutten. Ved at forøge laserintensiteten af STED-laseren gør man hullet i donutten mindre og mindre, og opløsningen bliver derfor bedre og bedre – typisk ned til 40 nm.

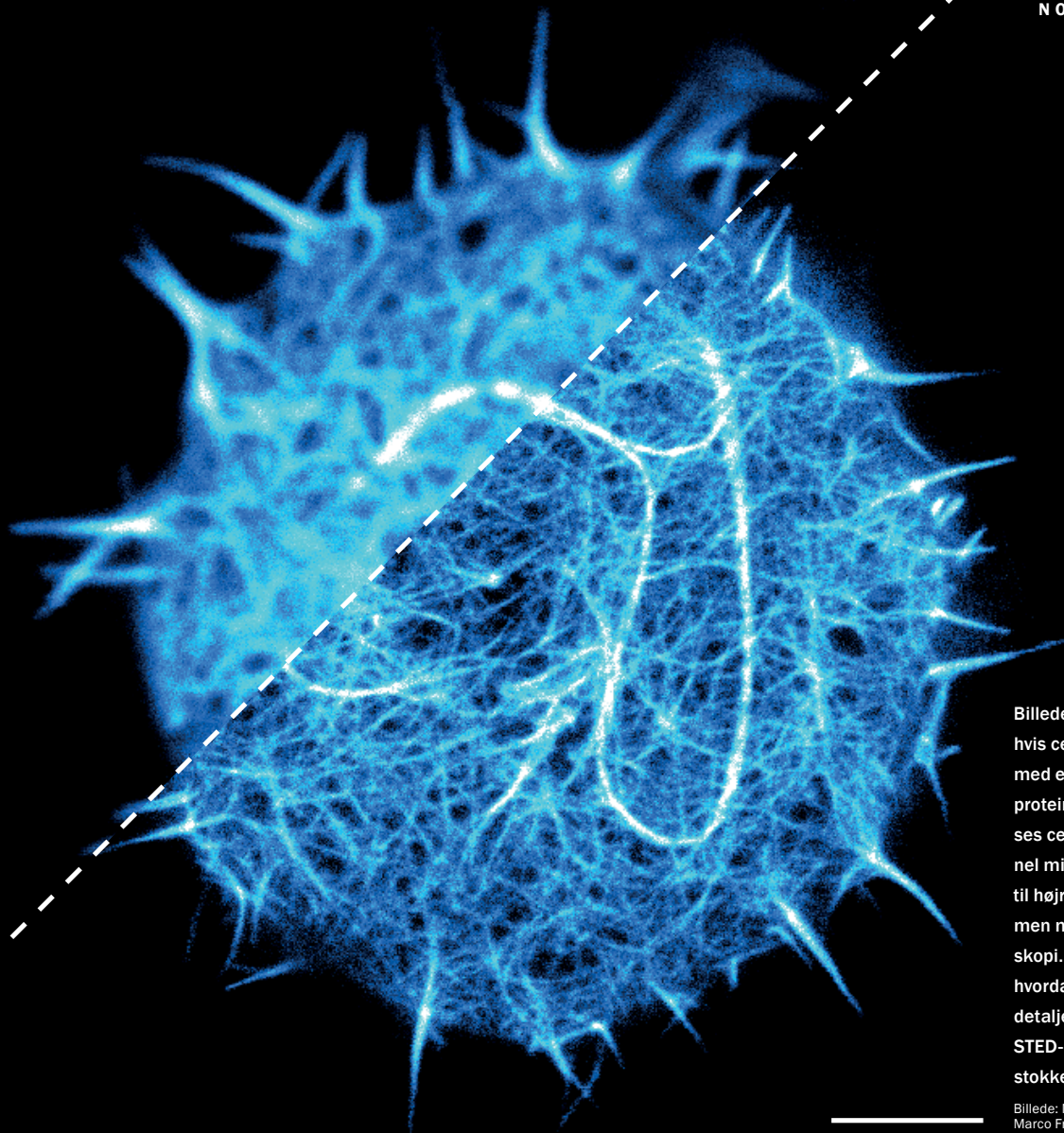
↓ Billedet viser nogle porer, der sidder i cellekernernes membran og kontrollerer transport ind og ud af cellekernen. Øverst til venstre ses området med traditionel mikroskopi. Nederst til højre ses samme område, men med STED-nanoskopi. Der er ingen detaljer at se med almindelig mikroskopi, mens der med STED-nanoskopi ses, at porerne består af otte ens enheder. Målestokken er 200 nm.

Billedet: Abberior

→ Billedet er taget med lokalisations-nanoskopi og viser et protein, der sidder i membranen af en plantecelle. Proteinet organiserer sig i små grupper, der er mindre end opløsningsgrænsen, så man kan ikke få samme information med almindelig mikroskopi. Målestokken er 500 nm.

Billedet: Iwona Ziolkiewicz & Alexander Schulz, Københavns Universitet





Billedet viser en celle, hvis celleskelet er farvet med et fluorescerende protein. Øverst til venstre ses cellen med traditionel mikroskopi. Nederst til højre ses samme celle, men med STED-nanoscopi. Det ses tydeligt, hvordan mange flere detaljer er synlige med STED-nanoscopi. Målestokken er 2 μm .

Billede: Mathias P. Clausen, Marco Fritzsche & Christian Eggeling, Univ. of Oxford.

og grund et spørgsmål om at kontrollere, hvornår farvestofferne er "tændt", og hvornår de er "slukket".

At tænde og slukke for farvestofferne kan gøres på to grundlæggende forskellige måder – enten tilfældigt eller kontrolleret. Tilfældighedsprincippet bruges i *lokalisations-nanoscopi*, som Eric Betzig som den første demonstrerede i 2006, men som i dag findes i mange forskellige varianter. Her tages en lang række billeder med kun få af farvestofmolekylerne tændt, og deres placering bestemmes uafhængigt af hinanden.

I *STED-nanoscopi*, som blev udviklet eksperimentelt af Stefan W. Hell i 2000, tænder og slukker man på en kontrolleret måde farvestofferne ved hjælp af to lasere, der skannes henover prøven.

En mere detaljeret verden

Med nanoscopi kan vi nu gå på opdagelse i en verden af strukturer, der hidtil har været uden for

vores mikroskopers rækkevidde. Vi har fået en opløsning, der svarer til størrelsen af enkelte molekyler, og vi kan dermed få oplysninger om strukturer på et molekylært niveau. Vi kan derfor tillade os at stille nye spørgsmål og forvente at kunne besvare dem ved direkte visualisering. Samtidig er vi med nanoscopi i stand til at adskille strukturer i en grad, som man ikke tidligere har været i stand til. Det har fx ændret opfattelsen af hvordan spillet mellem elementer i celler fungerer på et meget detaljeret niveau.

Et af de områder, hvor nanoscopi virkelig har gjort en forskel, er i forståelsen af, hvordan cellers skelet ændrer sig, fx når cellen bevæger sig eller bliver påvirket af et signal udefra. Celleskellettet består af forskellige meget tynde fibre (ca. 10-20 nm), der ligger tæt overalt i cellen. Det er derfor ikke muligt at adskille fibre med almindeligt mikroskopi, men man kan nu ved hjælp af nanoscopi studere dem detaljeret. På den måde har man kunnet afdække det komplicerede samspil imellem de

Videre læsning

Jagten på en ny membranmodel, *Aktuel Naturvidenskab* nr. 4/2013

Om nobelprisen i kemi:
www.nobelprize.org

forskellige fibre i cellen, der gør cellen i stand til at ændre form og derved bevæge sig.

Skepsis gjort til skamme

Nanoskopi er kommet langt siden sin begyndelse i starten af årtusindet. Nogle forskere var – og er til stadighed – kritiske og hurtige til at udpege problemerne ved nye teknikker. Fx er nogle skeptiske over den lysmængde, man udsætter prøven for i STED-mikroskopi og ser kun begrænsninger i den mængde billeder, der skal bruges i lokaliserings-nanoskopi. Realiteten er dog, at man kan optage billeder meget hurtigt efter hinanden i lokaliseringsmikroskopi og dermed begrænse den samlede tid, det tager at fremkalde et billede. Ligeledes har man med STED-mikroskopi vist, at man kan tage billeder direkte ned i hjernen af en levende mus (under bedøvelse naturligvis!) og undersøge hjernecellernes opførsel, og det vel at mærke uden at musens hjerneceller lider nogen skade som følge af intensiteten af laserlyset.

Der sker stadig udvikling indenfor nanoskopi, og teknikkerne bliver fortsat bedre. Således opnår man stadig bedre opløsning (både i 2 og 3 dimensioner), og man har udviklet variationer af STED-nanoskopi, som bruger meget lav laserintensitet til at belyse prøven. Nanoskoper bliver også stadig lettere at anvende.

Nanoskopi i Danmark

Nanoskopi foregår ikke længere kun på Hells, Betzigs og Moerners laboratorier, men har spredt sig til laboratorier i hele verden. Det kræver dog stadig specialviden at anvende disse avancerede mikroskoper. I Danmark så særligt to grupper af forskere for år tilbage styrken ved nanoskopi, og der findes i dag nanoskoper ved Institut for Biokemi og Molekylærbiologi (BMB), Syddansk Universitet, og Center for Advanced Bioimaging (CAB), Københavns Universitet.

Meget af den nanoskopi, der laves på Syddansk universitet er tilknyttet forskningen ved *Center for Bioanalytical Sciences* og *MEMPHYS*, hvor sidstnævnte er et center for biomembranfysik. Cellemembranen adskiller en celle fra dens omgivelser, men samtidig tillader den nærings- og signalstoffer at passere ind til cellen. Membranen er kun to molekyler tyk, hvilket svarer til 5-8 nm, så den er et oplagt emne at undersøge med nanoskopi. Nanoskopi er i MEMPHYS blevet brugt til bl.a. at undersøge de dynamiske forhold i membranen og samspillet mellem membranbundne proteiner og membranens lipider samt til dynamisk og fysisk karakterisering af transport over hudbarrieren. Udover at anvende nanoskopi til konkrete undersøgelser, bruges der en del kræfter på at bygge og videreudvikle teknikkerne, så man fremover kan besvare endnu flere spørgsmål. ■

ANNOUNCE

Ingeniørstuderende fortæller, hvordan de anvender naturvidenskabelige fag.

Få et fagligt oplæg til din undervisning

Book en ingeniørstuderende og få nye vinkler på matematik, fysik, kemi og innovation.

Vi tilbyder forskellige faglige oplæg, hvor vores ingeniørstuderende kommer ud til jer og viser, hvordan de anvender naturvidenskabelige og tekniske fag i praksis. Oplægene inspirerer med konkrete projekteksempler fra de studerendes studier. Prøv fx

Fysik og teknologi: Vi perspektiverer din matematik- og/eller fysikundervisning med oplæg om laserens anvendelsesmuligheder eller lydens fysik og matematik.

Innovation, forretningsudvikling og idégenerering: I får et indblik i et virksomhedsprojekt, hvor vi fortæller om produktudviklingsprocessen fra idégenerering af ny teknologi til lancering af produktet på det globale marked.

Kemi og bioteknologi: Vi viser, hvordan vi i projekter anvender viden om kemi og bioteknologi til fx at brygge øl eller undersøge kinesisk malurts medicinske potentiale.

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

Kontakt os for nærmere information

Ulf Rasmussen på tlf. 6550 7522
eller ura@tek.sdu.dk



INGENIØRUDDANNELSERNE PÅ
SYDDANSK UNIVERSITET.DK

Gymnasielærerkursus i NMR-spektroskopi



Analyse af organiske forbindelser

Er du interesseret i NMR-spektroskopi og analyse af organiske forbindelser? På et nyt kursus kan du i teori og praksis arbejde med NMR-spektroskopi, herunder optagelse og fortolkning af NMR-spektre af organiske forbindelser. Vi kommer også ind på hvordan f.eks. massespektrometri og IR-spektroskopi kan bruges i strukturoplæringen af simple organiske forbindelser.

Hvem kan deltage?

Kurset henvender sig til gymnasielærere, særligt til kemilærere.

Tidspunkt: Tirsdag den 24. februar 2015 kl. 9 - 16

Tilmeldingsfrist: Fredag den 6. februar 2015

Pris: 2000 kr. Der er begrænset deltagertal.

Læs mere og tilmeld dig på

www.dtu.dk/spektroskopikursus

Du og dine elever kan på DTU arbejde med NMR-spektrometre i øvelsen 'Spektroskopi og identifikation af organiske stoffer'. Du kan bestille øvelsen på **www.dtu.dk/gymnasiebooking**



Der skal gang i robotterne

- fra Lego til LocoKit

Hvis robotter i fremtiden skal udføre slidsomt og kedeligt arbejde i vores hverdag, bør robotterne have ben. Robotingeniøren Jørgen Christian Larsen fortæller her om sit arbejde med at udvikle et byggesæt, der skal gøre vejen til gående robotter kortere.

I disse år ser vi flere og flere eksempler på robotter, der i stand til at bevæge sig rundt i vores hverdag. Oftest er det dog kun prototyper, der fremvises eller evt. en simpel støvsugerrobot. Det skyldes, at det endnu er forbundet med store udfordringer at få en robot til at bevæge sig rundt i det samme miljø, som vi færdes i, på en meningsfuld og pålidelig måde uden at være i vejen. En af grundene til det er, at verdenen på mange måder er praktisk at færdes i på ben. Det gælder for såvel dyr som mennesker. Men i modsætning til dyr og mennesker er robotter fortrinsvis udstyret med hjul, hvilket sjældent er optimalt, når den fx skal bevæge sig rundt i en bygning – eller i naturen for den sags skyld. Man kan sammenligne robotter med kørestolsbrugere. De har samme problem. Det er ikke lige til at bruge en trappe, når man sidder i en kørestol eller at “gå” tur i skoven.

Forfatter



Jørgen Christian Larsen, adjunkt, Mærsk McKinney Møller Institut, Syddansk Universitet
jcla@mami.sdu.dk

Jeg har i mit ph.d.-projekt arbejdet med at gøre forskningen indenfor netop dette område nemmere, sådan at det forhåbentligt en dag bliver normen, at robotter har ben i stedet for hjul.

Lego lagde grunden

At bygge og konstruere ting har altid haft min store interesse. Som dreng kunne jeg fx få timer til at gå med at bygge med Lego Technic, som jeg havde i store mængder. Mine første Lego-sæt var passive klodser, men da der senere kom motorer til samt mulighed for programmering, tog tingene fart. Det var før tiden med Legos avancerede “robot-sæt” Lego Mindstorms, så programmeringen foregik via Legos Control Center, som ikke havde input fra følere eller lignende som Lego Mindstorms har. I stedet programmerede man, hvor lang tid den enkelte motor skulle køre. I alt kunne der kobles tre motorer til Control Centeret, og programmerne kunne ikke indeholde særlig mange kommandoer. Alligevel gav det mulighed for rimelig avancerede konstruktioner, der spændte vidt fra tegnemaskiner til robotsystemer.

Selv om timerne med Lego stille og roligt blev afløst af fx interessen for elektronik, så har Lego, samt lysten til at skabe noget, på mange måder været med til at forme mine interesser og valg af uddannelse til ingeniør.

Gående robotter som byggesæt

Da jeg som kandidatstuderende til civilingeniør i robotteknologi blev præsenteret for ideerne, der senere skulle vise sig at blive grundlaget for mit ph.d.-projekt, forstod jeg sandt at sige ikke det hele. Dog var der én ting, jeg forstod, og det var, at jeg skulle bygge en robot – og det var nok til at tænde mig. Det skulle ikke bare være en hvilken som helst robot, men en robot, der kunne gå og løbe. Derudover skulle det være et byggesæt, hvilket betød, at jeg skulle finde tilbage til de færdigheder, jeg havde grundlagt som barn med mine utallige timers leg med Lego. Nu var det bare ikke leg længere, men derimod en del af et internationalt EU-projekt, Locomorph, med universitetspartnere fra flere andre lande i Europa. Fokus for min del var på at gøre det nemmere for forskere at lave hurtige prototyper af gående eller løbende robotter for derved at være i stand til at eftervise eller forkaste en given hypotese.

Normalt vil man som forsker først skulle have bygget en robot netop til det formål at analysere en bestemt hypotese. Det tager ofte måneder eller år, fordi man som regel ikke kan bygge robotten selv, men skal have den specialfremstillet. Hvis man derimod selv kan bygge robotten ud fra et byggesæt, kan fremstillingstiden minimeres, og forskeren vil hurtigere komme frem til et resultat.

For rigtig mange forskere inden for områder som biologi og biomekanik vil det være en stor hjælp at have et byggesæt, der er så enkelt at bruge, at de selv kan bygge den gående robot, de har i tankerne.

De første prototyper i projektet blev naturligvis lavet i Lego. Det stod dog hurtigt klart, at selv om Lego er et fantastisk værktøj til at få og teste ideer med, så er det langt fra optimalt, når man ønsker at bygge en robot, der både skal kunne hoppe, løbe og falde uden at gå i stykke og uden at blive for tung. Vi måtte derfor se på andre muligheder for at designe et nyt byggesæt. De ting, vi savnede ved Lego, var fx muligheden for at bygge lette og stabile konstruktioner, der samtidig var eftergivelige; kraftigere motorer samt langt mere regnekraft på robotten. Ønsket var at lave et system, hvor de robotter, der bliver bygget, er helt autonome i forhold til strøm og styring. Robotten skal altså selv bære dens batterier samt have computerkraft nok til at kontrollere sig selv med mulighed for navigation.

Ind i forskningen

Det kendetegner ofte forskning, i hvert fald inden for gående robotter, at forskere meget nøje kigger på, hvordan naturen gør. Da en meget stor andel af de arter, der færdes på land, har ben, må naturen jo have gjort noget rigtigt, som er værd at lægge mærke til. Som forskere er vi ikke nødvendigvis

Locomorph

Den grundlæggende idé i EU-projektet Locomorph (som løb i perioden 2009-2013) var at skubbe grænserne for, hvad vi i dag forstår som gående og løbende robotter ved at øge robusthed, effektivitet og anvendelighed i ukendt terræn. Ved at kombinere forskellige forskningsområder som biologi, biomekanik, neuro-videnskab, robotteknologi og kunstig intelligens blev gang-mønstre og bevægelse indenfor dyr og mennesker studeret, for derved at forsøge at udtrække grundlæggende principper som kan bruges til at bygge bedre gående robotter ud fra. I projektet deltog forskere fra iniversiteter fra Tyskland, Schweiz, Belgien, Canada samt Syddansk Universitet i Danmark.

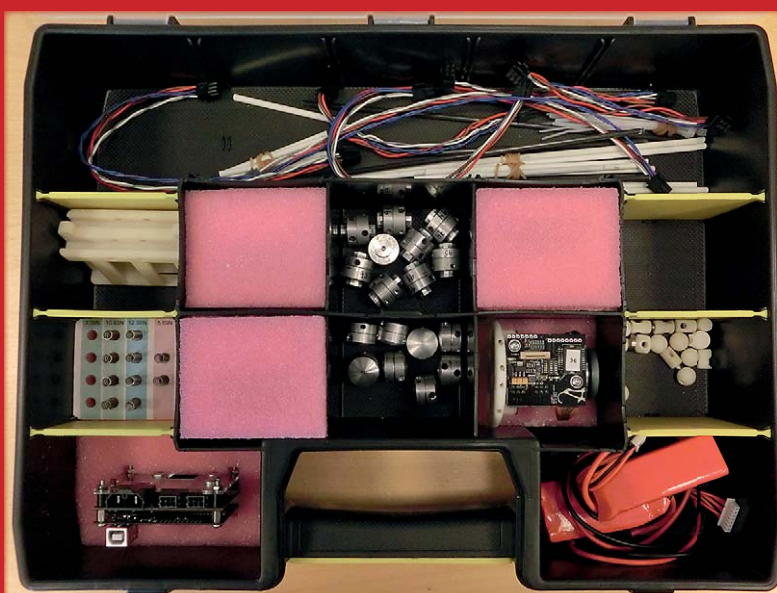
Tekniske fakta om LocoKit

Når man fx bygger en firbenet robot med LocoKit, består robotten foruden dens skelet af 4 motormoduler, som via et såkaldt RS485-netværk kommunikerer med kontrollermodulet, der sidder centralt i robotten. Kontrollermodulet håndterer den overordnede kontrol samt kommunikationen med en computer via Wifi. De enkelte motormoduler modtager "ordrer" fra kontrollermodulet om hastighed og retning, hvorefter de selv kontrollerer og sikrer, at de holder hastigheden og retningen, indtil de modtager en ny ordre.

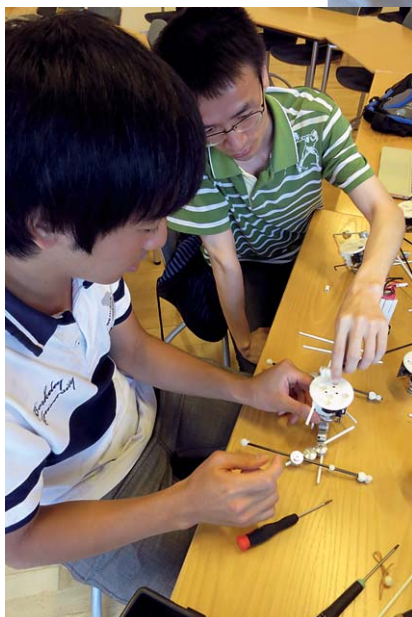
Programmeringen af robotten kan enten ske via en hjemmeside med en forenklet og enkel og intuitiv brugergrænseflade, hvor alle avancerede parametre er fjernet. Hvis man ønsker større kontrol med robotten, kan man i stedet gøre det via klassisk programmering i programmeringssprogene C eller Python.

Billedet til venstre viser et eksempel på en robot bygget af LocoKit. Denne robot er på størrelse med en kat, men vejer kun ca. 1,2kg.

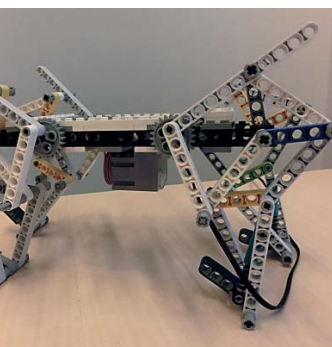
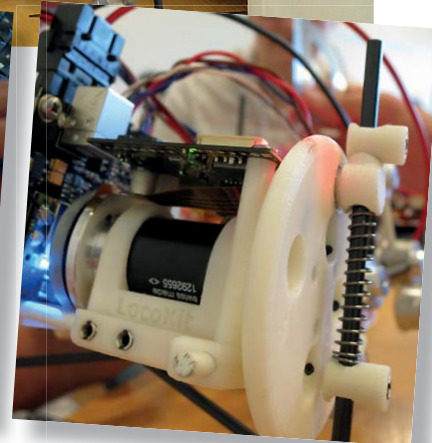
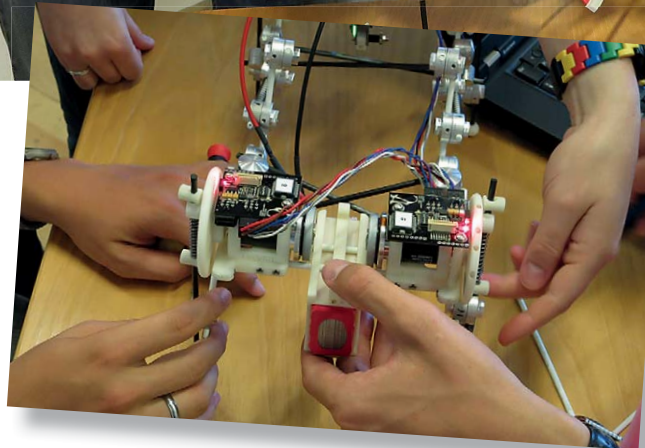
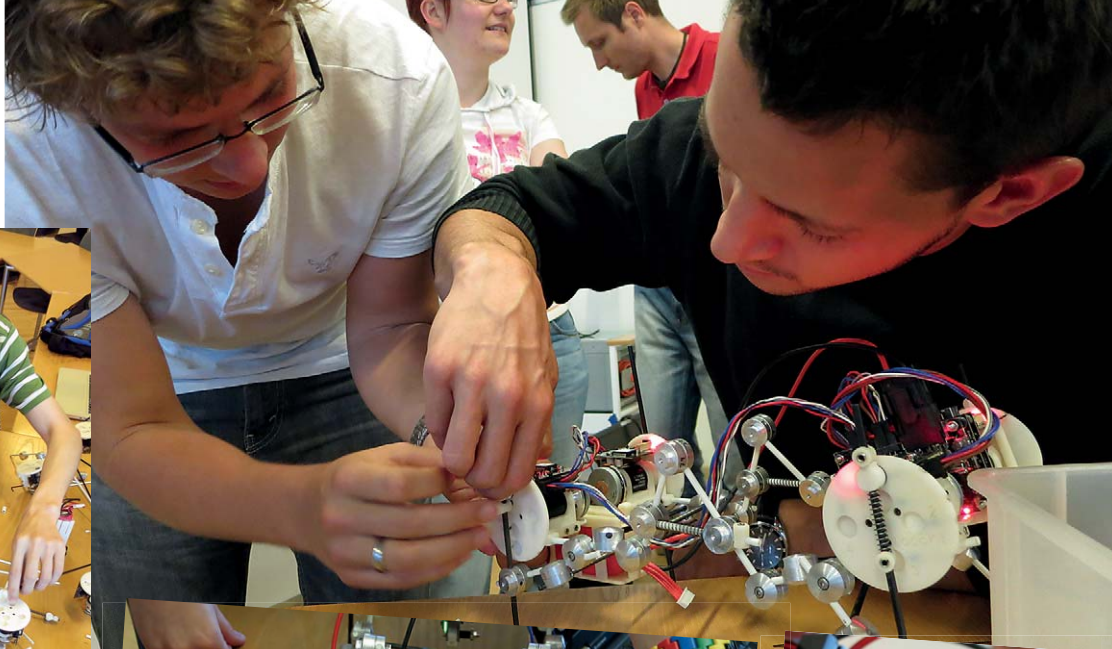
Batteri: 850mAh giver ca 30 minutters køretid og 3-4 timers standby
Angstrom Linux (Embedded Linux)
600Mhz (single core) CPU
512 Mb Ram
2Gb Hukommelse (Kan udvides)
Wifi og BlueTooth
Mulighed for tilslutning af op til 12 sensorer til kontrolleren
Mulighed for tilslutning af op til 4 sensorer lokalt på hver enkelt motormodul
Kontrollermodulet har accelerometer og gyroskop indbygget.



En LocoKit-kasse, som vi normalt udleverer, når man starter med systemet. Den indeholder de komponenter der skal til at bygge en robot som vist på startfotoet. Sættet består af et kontrollermodul, 4 motormoduler, diverse aluminium-byggekomponenter, kulfiberstænger til konstruktion af skelet, fjedre – fx som komponenter til ben – samt 2 batterier.



Studerende arbejder med LocoKit på en sommer-camp i 2012 på Syddansk Universitet.



En meget tidlig LEGO prototype bygget som konceptmodel.

interesserede i direkte at kopiere naturens måder at gøre ting på. Derimod ønsker vi at efterligne dens principper og skabe kunstige systemer med vores teknologi, der ud fra samme principper som naturens er i stand til at give de samme eller lignende resultater. Vores værktøj og konstruktioner er ofte forskellige fra naturens. Naturen har fx langt mere avancerede byggematerialer til rådighed end vi forskere, men når bare resultaterne er sammenlignelige, er det ikke altid det væsentligste.

Under udviklingen af vores robotbyggesæt LocoKit har naturen bl.a. givet os inspiration til den måde, skelettet bygges på. I LocoKit anvender vi tynde kulfiberstænger til at sætte et skelet sammen med – lidt ligesamt med knogler. Kulfiberstængerne giver lidt blødhed til strukturen, og afhængig af, hvordan man sammensætter sit robotskelet, er det muligt at gøre nogle områder mere bløde end andre. Det er en meget anderledes måde at skabe blødhed på end, hvad man ser i naturen. Men resultatet er, at robotens krop/skelet bliver en aktiv del af robotten, ligesom kroppen er det hos fx en gepard i løb.

Fremtidens gående robotter

Det ultimative mål for mig og en lang række andre forskere er som nævnt at blive i stand til at bygge robotter, der har ben i stedet for hjul. Men hvorfor overhovedet alt den snak om, at robotter skal være en del af vores verden og kunne bevæge sig rundt i den som os mennesker? Perspektiverne her

er mange. Robotter vil kunne afløse os i jobsituationer, som vi ikke gider eller som er opslidende for os mennesker, men anvendelsen af robotter med ben vil også kunne bruges indenfor fx landbrug. I dag kører landmanden ud på sine marker med traktoren for at så, sprøjte og i det hele taget at pleje sine afgrøder. Traktoren kan i den forbindelse ikke undgå at "trampe" en del af marken ned. Her kan man i stedet forestille sig en robot på ben, der ville sætte betydeligt mindre aftryk i marken og derved sikre et større udbytte.

LocoKit er naturligvis ikke en løsning til alle disse udfordringer. Men det kan være et værktøj til at opnå mere forskningsviden indenfor området og dermed være en trædesten på vejen mod det endelige mål.

LocoKit som byggesæt er langt fra færdigudviklet. Der er stadig mange ting, der skal forfines og forbedres på det nuværende system for at det kan blive til et produkt, som kan sælges på det globale marked (hvilket er planen på længere sigt). På nuværende tidspunkt anvendes LocoKit som undervisningsplatform på Syddansk Universitet i Odense samt af partnere i Tyskland. Det giver os en masse brugbar information til det videre arbejde med LocoKit.

Det betyder også, at LocoKit på nuværende tidspunkt kun kan købes som en tidlig prototype til en pris af 16.000 kr. – hvilket nok ikke gør byggesættet til årets oplagte julegavehit. ■

Videre læsning:
<http://locomorph.eu/>
<http://locokit.sdu.dk/>

VIDUNDERLIG VILD VIDENSKAB FOR GYMNASIELÆRERE

Københavns Universitet inviterer undervisere i naturfag og matematik til en gratis inspirationsdag med temaet "Vidunderlige vilde verden". Kom og bliv opdateret på den nyeste natur- og sundhedsvidenskabelige forskning.

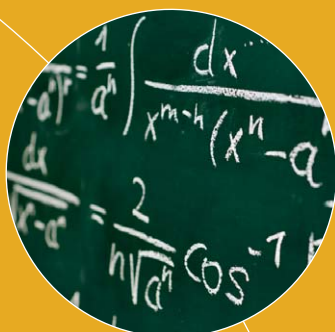
Du tilbringer dagen i selskab med en række førende forskere, der vil tale om de seneste landvindinger inden for farmakologi, zoologi, matematik og iskerneforskning. Du får desuden inspiration til din egen undervisning i en af dagens 12 workshops med temaer som fx partikelfysik, voldsomt vejr, virusinfektioner, GIS og GPS.



Inspirationsdagen finder sted d. 30. januar 2015. Deltagelse er gratis, og tilmelding sker efter først til mølle-princippet.

Tilmeld dig og læs mere om dagens program på

www.inspirationsdag.ku.dk



Syntese af faste stoffer kan udføres på mange måder. En af de mere ukendte er at bruge højt tryk til at drive den kemiske reaktion, hvilket kan resultere i nye og helt ukendte materialer med spændende egenskaber.

Ekstrem kemi - nye materialer med højtryk

Adjunkt Martin Bremholm i færd med at samle et Walker-amboltmodul på arbejdsbordet foran den nye ultra-højtrykspresse

Foto Jesper B. Rais

Feltet materialekemi beskæftiger sig med kunsten at udvikle nye og forbedrede materialer, så de bliver teknologisk anvendelige. Begrebet "materialer" omfatter indenfor kemien alle faste stoffer, som har nyttige egenskaber til bestemte formål. Det kan være alt fra plastikstoffer og papir til cement, metal-legeringer og solceller. De tre sidstnævnte er eksempler på *uorganiske* materialer, dvs. de indeholder ikke grundstoffet kulstof i nævneværdig grad. Familien af uorganiske materialer er stor, og de har kolossal betydning for teknologi i vores hverdag, på trods af at mange af dem lever en skjult tilværelse omkring os. Det er fx magneterne, som er hjertet i alle elektromotorer (elværktøjer, kompressorer, husholdningsapparater, etc.), batteri-materialerne, der leverer strømmen i tablets, mobiltelefoner, osv. og de piezo-elektriske materialer, der laver gnisten i elektriske lysere.

Materialekemi omfatter også mange materialer, som endnu ikke findes i dagligdagen men kun bruges til strengt videnskabelige formål eller i anvendelser, der endnu ikke er kommercielle. Det er bl.a. materialer, som vil kunne bruges i fremtidens elektronik. Et eksempel er de længe eftertragtede højtemperatur-superledende materialer, der ikke har nogen elektrisk modstand, og som derfor vil kunne lede strøm i vores el-net over uendelige afstande uden tab. Det eneste problem er, at de nuværende superledere skal være nedkølede af flydende kvælstof (-196°C) for at fungere. Jagten går derfor efter "højtemperatur-superledere", der ikke stiller samme krav. Ligeledes er den teoretiske forståelse af fenomenet superledning stadig mangelfuld, og der er stor interesse i at finde nye, eksotiske, superledende materialer, som udfordrer den teoretiske forståelse.

Højtryk giver nye materialer

Der er blot få eksempler ud af mange, som har drevet en kreativ udvikling i materialekemi syntese igennem det seneste århundrede. En af de metoder, der har fået vind i sejlene indenfor de seneste årtier, er *højtrykssyntese*, hvor man bruger tryk til at drive en kemisk reaktion, evt. i kombination med opvarmning. Betegnelsen "højtryk" skal her opfattes meget bogstaveligt: Der er jævnligt tale om trykforhold op til mange hundrede tusinde atmosfærer. Det svarer til trykket flere hundrede kilometer under jordens overflade.

Under sådanne ekstreme betingelser kan der opstå nye og hidtil ukendte materialer, der ellers aldrig ville blive dannet på jordoverfladen. Mange af dem er heldigvis stabile, når de først er dannet – eller "meta-stabile", hvilket betyder at de har utrolig lang holdbarhed (år, årtier, århundreder) under almindelige trykforhold. Et velkendt eksempel er diamant, som netop dannes under højt tryk og høje temperaturer i undergrunden. Diamanter er lavet af kulstof, men de er faktisk ikke stabile på jordoverfladen; de

omdannes langsomt til grafit – en anden kulstof-form, kendt fra blyantstifter. Omdannelsen tager bare flere milliarder år.

Højtryksskemi – nu i Danmark

Højtrykssyntese har indtil for nyligt været et ukendt forskningsfelt i Danmark. I 2012 blev det imidlertid indført på Aarhus Universitet af adjunkt Martin Bremholm, der havde arbejdet indenfor feltet på Princeton University i USA i årevis, men som nu "vendte hjem" bevæbnet med en forskningsbevilling fra VILLUM FONDEN. På Aarhus Universitet sluttede Martin sig til Center for Materialekrystallografi (kaldet "CMC" efter sit engelske navn).

Omdrejningspunktet for vores forskning ved CMC er *krystallografi* – dvs. "måling af krystaller". Bagtæppet er, at stort set alle uorganiske materialer har meget velordnede opbygninger på det atomare plan. Atomerne sidder ordnet i et sirligt, tæt pakket mønster, der spænder fra den ene ende af materialet til den anden. Dette betegnes en "krystalstruktur". Materialekemisk er en krystal altså et langt bredere begreb end den sædvanlige betydning, der for de fleste nok klinger af smykkesten eller mineraler.

Jagten på anvendelige egenskaber – alt fra magneter til superledere – starter på det atomare plan med at finde strukturen af det givne materiale. Det er forbindelsen mellem struktur og egenskaber, der er nøglen til forståelsen af, hvordan et materiale kan gøres "bedre" til det teknologiske formål.

Ultra-højtrykssyntese

Takket være forskningsmidlerne fra VILLUM FONDEN er det nu lykkedes at etablere et moderne, fungerende højtryks-kemi laboratorium ved CMC. Hjertet heri er en såkaldt ultra-højtryks-presse. Det er et kolossalt apparat med to lodrette presse-stempler, der trykker ned på en særlig ambolt kaldet et "Walker modul", der som et 3D-puslespil omslutter reaktionskammeret, hvor materiale-syntesen finder sted. Modulet omdirigerer de lodrette kraftpåvirkninger fra pressen til en ensartet kraft, der virker ind imod reaktionskammeret fra alle retninger. Det høje tryk opstår via det, man populært kunne kalde "stilethæls-princippet" – dvs. en stor kraftpåvirkning fokuseret ned på et meget lille areal. På denne type presse er slutresultatet et tryk omkring reaktionskammeret på op til 250.000 atmosfærer – trykforhold tilsvarende dem, man finder ca. 750 km nede i undergrunden.

Selve reaktionskammeret i pressen er en lille kapsel af guldfolie, der sidder indført i et lille oktaeder (ottesidet terning) af stoffet magnesiumoxid (MgO). MgO er et keramisk materiale, som under de høje tryk deformeres relativt let, og derfor er velegnet til at opnå en ensartet kraftpåvirkning. Det tjener desuden som elektrisk isolator mellem Walker-modu-

Om forfatterne



Martin Bremholm
Adjunkt
bremholm@chem.au.dk



Jacob Becker
Centermanager, ph.d.
jbecker@chem.au.dk



Morten Bormann Nielsen
Ph.d.-studerende
mbnielsen@chem.au.dk



Simone Søndergaard
Ph.d.-studerende
simonesoendergaard@gmail.com

Alle ved Institut for Kemi & iNANO, Aarhus Universitet og tilknyttet Center for Materialekrystallografi.

”Stilethæls-princippet”

Betydningen af ”tryk” er en kraftpåvirkning ind på et bestemt areal. Tryk måles i enheden Pascal (Pa), og 1 Pascal er defineret som 1 Newton kraftpåvirkning pr. kvadratmeter (N/m^2). Til sammenligning er tyngdekraftens påvirkning af et voksent menneske ca. 800 Newton. Så hvis man tænker sig denne kraftpåvirkning fordelt over en plade med arealet 1 m^2 , vil trykket på pladen være 800 Pascal.

Samme kraft fordelt over et areal, der er 10 gange mindre ($= 0,1 \text{ m}^2$), betyder imidlertid, at trykket i kontaktpunktet bliver 10 gange større (altså 8.000 Pa). Det er bl.a. derfor, det gør ondt at blive trådt over tæerne: Her får man en hel persons

vægt, hele tyngdekraftens fulde påvirkning, samlet på et areal på størrelse med en skosål. Endnu værre bliver det med en stilethæl, hvor den samme kraft samles på et meget lille areal. Her er trykpåvirkningen oppe over en million Pascal – nok til at man for alvor kan komme til skade.

Højtrykspresen, der er installeret ved CMC, kan i sig selv levere en kraftpåvirkning på 10.000.000 Newton – svarende til den samlede vægt af ti IC3-togsæt. Gennem Walker-modulets konstruktion dirigeres denne kolossale kraftpåvirkning ind på et areal, der måler blot 4 cm^2 i udstrækning. Tilfældigvis er dette cirka det samme areal som spidserne af et par stilethæle.

Walker-modulets opbygning

Walker-modulet blev opfundet af David Walker i 1991. Det består af en opdelt cylinder med en øvre del og en nedre del, som omgiver otte kuber. Kuberne er lavet af hårdmetallet wolframcarbide. De har hver et afskåret hjørne, der tilsammen giver et otte-sidet hulrum i midten af konstruk-

tionen, hvori MgO -oktaederet med syntesematerialet er placeret. Walker-modulets fordel er delenes evne til at selvjustere i forhold til hinanden, hvilket skyldes at de individuelle dele ikke er fastgjorte men blot løst placeret side om side.

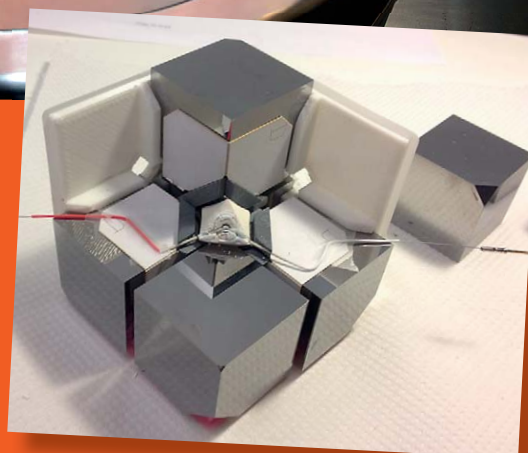
Et adskilt Walker-modul, komplet med alle dets mange komponenter. Bemærk den lille hvide, ottekantede MgO -terning forrest i midten. Det cylindriske hul i den er til selve reaktionskammeret – en lille kapsel af guldfolie, hvori den kemiske syntese finder sted. Til venstre på modulet ses ansamlingen af MgO -terningen imellem fire kuber af det hårde, keramiske materiale wolframcarbide. Når Walker-modulet samles, er MgO -terningen helt indesluttet (= otte kuber, se det lille udsnit). Til højre ses en ”brugt” MgO -terning, efter endt højtryksyntese. De kan kun bruges én gang.

Foto: Niels Jørgen Hansen



→ Hjertet af et Walker-modul. Kuberne er af hårdmetal (wolframcarbide), og oktaederet placeres i hulrummet imellem 8 af dem. Ledningerne, der stikker ud i hver side, hører til termometeret, der måler temperaturen inde ved prøven. Papiret på siderne af kuberne er med til at holde dem elektrisk isolerede fra hinanden.

Foto: Simone M. Søndergaard-Pedersen



Diamant-ambolt-celler

Diamant-ambolt-celler, består af to diamanter, en metalpakning og en holder, der spænder diamanterne sammen. Pakningen omslutter kontaktpunktet mellem de to diamanter, så materialet, der holdes imellem dem, ikke bliver mast ud til siden. Selve materialet er her kun en mikroskopisk splint af en krystal – typisk mindre end diameteren af et menneskehår. Men det er nok til, at man sagtens kan måle krystalstrukturen.

I mellemrummet mellem diamanterne placeres desuden en lille dråbe olie, der udjævner trykket som skabes. Slutte- ligt placeres en lille splint af syntetisk rubin, da netop rubin har en farve-egenskab, der ændrer sig forudsigeligt med trykket. Ved at skinne en laserstråle ind gennem diamanterne, kan vi altså – ud fra analyse af rubinens farvespektrum – afgøre hvilket tryk, vi har etableret i cellen.

Når cellen er monteret i et røntgendiffraktometer, skydes røntgenstrålen fra instrumentet ind gennem den ene diamant, hvorefter strålingen spredes af atomerne i den lille krystal (materialeprøven), og den spredte stråling skinner derfra ud igennem den anden diamant. Spredningsmønstret, der optages med et røntgen-kamera (en detektor), indeholder information om positionerne af både elektroner og samtlige atomer i materialets krystalstruktur.



Foto: Syntek Co., Ltd.

En gennemskåret diamant-ambolt celle. Diamanterne sidder imellem de to flade plader i midten. "Tragten" for oven og for neden lader røntgenstrålingen fra diffraktometeret komme ind, ramme materialet imellem diamanterne, og passere ud på modsatte side.

→ Diamanterne indeni en diamant-amboltcelle set igennem et mikroskop. Det høje tryk opstår mellem de to overflader, når de spændes op imod hinanden. Rundt om ligger en metalpakning, der her er fjernet.



Foto: Morten B. Nielsen

lets omgivende dele. Modulet kan nemlig opvarmes – ved at man sender en elektrisk strøm igennem en lille cylinder af grafit, der passerer gennem oktaederet. Varmen kommer fra den elektriske modstand, men uden den lille keramiske kerne af MgO ville kredsløbet kortslutte. Det høje tryk kan altså suppleres med opvarmning – op til 2.000°C om nødvendigt.

Krystalstrukturer under højtryk

En anden vigtig tilgang til højtryksstudier, som er særlig velegnet til at måle krystalstrukturen af materialerne, foregår via såkaldte *diamant-ambolt-celler*. Det er et lille højtryksskammer bestående af to diamanter med flade facetter, der holdes på plads i en fatning, hvori de spændes ind imod hinanden. Der, hvor diamanterne mødes – imellem deres to overflader – kan der skabes trykforhold tilsvarende dem, man opnår under en syntese i højtrykspresen. Hvis man fastholder et materiale i mellemrummet, kan man altså udsætte det for de samme betingelser. Den vigtige fordel er, at diamant-ambolt-cellerne er så små, at de kan monteres direkte i de instrumenter, man bruger til at måle krystalstrukturer med.

Et sådant måleinstrument kaldes for et *diffraktometer*, mere præcist et røntgen-diffraktometer, fordi man bruger spredt røntgenstråling til at stedsbestemme atomerne i krystalstrukturen. Ved CMC har vi seks røntgendiffraktometre – de stærkeste faciliteter samlet i noget universitetslaboratorium i

Nordeuropa. To af dem er indrettet til måling med diamant-ambolt-celler.

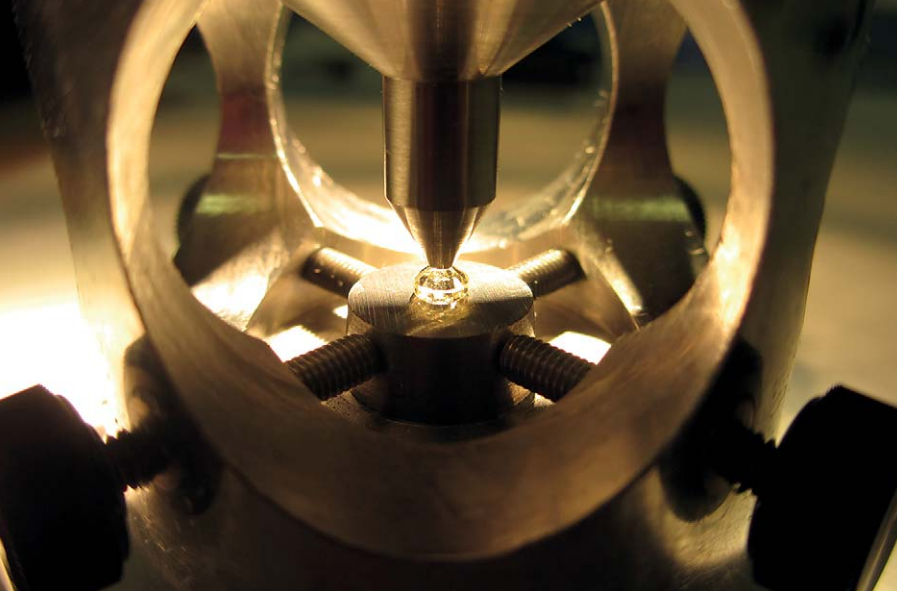
Hermed er vi i stand til at afsøge, hvordan materialer reagerer på skiftende trykforhold, idet vi kan se, hvordan krystalstrukturen ændrer sig i takt med at atomerne "klemmes sammen" og derfor tvinges til at arrangere sig anderledes imellem hinanden på mindre og mindre plads.

Tryk på!

Højtryksforskning er som nævnt først nu, i disse år, ved at finde sin spæde start i Danmark. Vi har brugt det meste af 2013 og 2014 på at etablere laboratoriefaciliteterne og sætte os ind i anvendelsen af den nye højtrykspresse. Blot én enkelt syntese kan let tage en hel dag, så det er ikke en rutine, man behersker indenfor en uge.

Den række af forskningsprojekter, vi nu har sat i gang, omhandler både studier af nye krystalstrukturer fremstillet i højtrykspresen samt parallelle krystallografiske studier, hvor trykket er drivkraften i strukturelle forandringer.

Den første gennemførte serie af højtrykssynteser førte til to nye forbindelser af metallet bismut og hhv. svovl og selen: BiS_2 og BiSe_2 . Flertallet af andre metaller danner tilsvarende forbindelser ved normalt tryk. Et eksempel er molybdændisulfid,



De to diamanter i en DAC skal monteres med mikrometer-præcision, således at diamanterne trykker direkte på hinanden. Her ses den holder, som bruges til at montere diamanterne mens den fæstnes til sædet underneden. Spidsen af diamanthen, der er skjult af den hule dorn, er blot 0,2 mm i diameter.

Foto: Morten B. Nielsen

Videre læsning:

Iversen, B. B., Becker, J. & Overgaard, J. (2013): Krystallografi – kemiklens genfundne redskab. Aktuell Naturvidenskab nr. 5.

MoS_2 , som finder anvendelser som tørt smøremiddel og katalysator og desuden er kandidat til fremtidige solceller. Under normalt tryk reagerer bismut maksimalt i forholdet 2:3, dvs. overskydende svovl/selen forbliver ureageret som de rå grundstoffer. Ved at bruge tryk er det imidlertid nu bevist, at det er muligt at tvinge yderligere svovl/selen ind i strukturen og danne nye materialer.

Efter syntesen i pressen isoleres prøven, og den atomare struktur bestemmes ved hjælp af røntgenkrystallografi. Bismut adskiller sig fra mange andre metaller, idet den har et par af ikke-bindende valenselektroner, dvs. elektroner som ikke indgår i bindinger til omkringliggende atomer. Denne forskel fører til, at krystalstrukturen adskiller sig fra svovl- og selen-materialer dannet ved almindelige trykforhold. I skrivende stund fokuseres der på bestemmelsen af de nye forbindelsers fysiske egenskaber, både eksperimentelt samt ved teoretiske beregninger.

Struktur og egenskaber under tryk

Der er flere mulige tilgange til udvikling eller teknologisk forbedring af materialer. En af de almin-

deligste fremgangsmåder er at syntetisere en hel række materialer af samme strukturtype, men med små variationer af grundstof-sammensætningen, og derpå søge at relatere deres fysiske egenskaber indbyrdes. Dette kan tit føre til *mange* prøver – nogle gange hundredevis – hver med en individuel syntese bag. Ved at bruge trykket som variabel fås en unik indsigt i de atomare vekselvirkninger på en lignende måde, men man undgår de fejlkilder, som er forbundet med syntesen af mange prøver, da hele karakteriseringen under tryk foretages på en og samme prøve. Bestemmelsen af materiale-egenskaber under ekstremt tryk er derfor teknisk udfordrende men analysemæssigt bekvemt.

Udover højtrykssynteserne og krystallografiske studier under tryk udvides højtrykslaboratoriet i 2015 derfor yderligere med trykceller, der kan bruges til målinger af materials fysiske egenskaber. Interessen retter sig bl.a. imod elektrisk ledningsevne og magnetiske egenskaber, således at sammenhængen mellem struktur og egenskaber kan fortolkes. Hermed er grundlaget lagt for mange års kommende forskningsindsats. ■

Strontiummanganat

Et af projekterne i CMC har været undersøgelsen af materialet strontium-manganat, SrMnO_3 , under tryk. Én af de tre krystalstrukturer, SrMnO_3 kan antage, tilhører en gruppe af materialer kaldet perovskitter. Materialer i perovskit-familien anvendes i en lang række apparater fra transistorer i elektronik til såkaldte piezoelektriske-motorer, der er ekstremt præcise stempler. Tidligere studier har givet en fundamental indsigt i stabiliteten af perovskitter, som gør, at vi ved CMC har fået ideer til syntese af nye perovskit-strukturer.

Studiet af perovskitten SrMnO_3 er en grundforskningsindsats, som tilstræber at relatere bl.a. fysiske egenskaber til overgange mellem materialets tre mulige krystalstrukturer. Vi har her fx sammenlignet, hvordan hårdheden af SrMnO_3 ændres ved stigende tryk, samt afdækket under hvilke temperatur- og trykforhold, de forskellige strukturvarianter dannes.

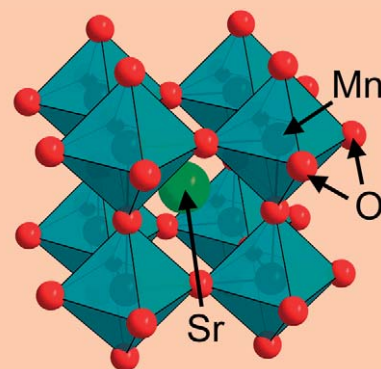
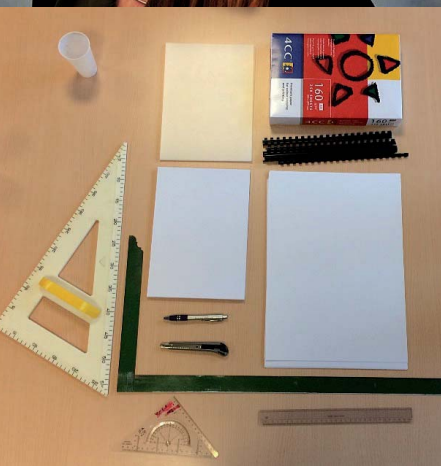


Illustration: Morten B. Nielsen

Perovskit-strukturen af SrMnO_3 . Hvert mangan-atom er omgivet af seks iltatomer (tydeliggjort af de lyseblå flader), mens strontium sidder i et større hulrum med tolv iltatomer som nærmeste naboer. Andre perovskitter har stort set identiske strukturer, blot med andre metal-atomer i stedet for mangan eller strontium.

yourniversity



**#yourniversity
#aarhusuni
#auingeniør**

**Your life. Your choice.
Yourniversity.dk**

Diplom- eller civilingeniør?
Vælg imellem 21 uddannelser
ingeniør.au.dk



AARHUS UNIVERSITET





Psykofluer

- bananfluer som model for psykiske

Bananfluer kan hjælpe forskerne med at afsløre gener, der har betydning for udvikling af psykisk sygdom hos mennesket.

Om forfatteren



Palle Duun Rohde, ph.d.-studerende. Center for Kvantitativ Genetik og Genomforskning, Institut for Molekylærbiologi og Genetik, Aarhus Universitet
palle.d.rohde@mbg.au.dk

Genetisk variation er forudsætningen for, at arter kan tilpasse sig til forskellige miljøer, der ofte kan være foranderlige og til tider stressende. Genetisk variation er ligeledes baggrunden for det succesfulde avlsarbejde, der udføres med afgrøder og husdyr. Det lyder jo meget godt, men genetisk variation er også årsagen til, at nogle mennesker bliver ramt af bestemte sygdomme.

Den genetiske variation, vi her taler om, kan være knyttet til et enkelt gen, hvor en enkelt DNA-byggesten (nukleotid) er udskiftet med en anden. En sådan ændring kan have stor betydning for effektiviteten og virkningen af det protein, som genet koder for. Det kan bl.a. medvirke til, at nogle køer producerer mere mælk, og at nogle kornsorter giver højere udbytte end andre. Det kan også være variation i et enkelt gen, der gør, at nogle mennesker

udvikler sygdomme – det gælder fx sygdomme som Huntingtons sygdom og cystisk fibrose.

Langt de fleste egenskaber – fx produktionsegenskaber hos husdyr i landbruget, vores højde og drøjde, adfærd og risiko for at udvikle sygdomme, fx psykiske sygdomme som skizofreni og ADHD – er dog under indflydelse af mange gener. Sådanne egenskaber kalder vi for *komplekse egenskaber*.

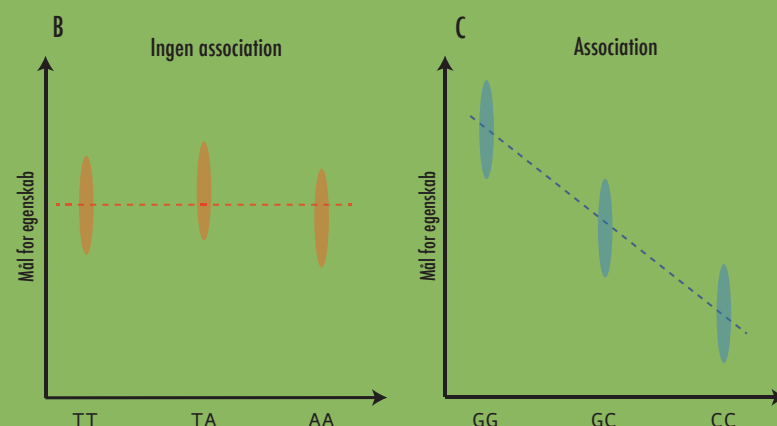
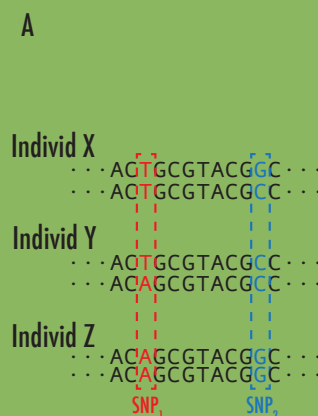
Men hvordan finder vi gener, der har betydning for de komplekse egenskaber? Netop dette spørgsmål er vi en gruppe forskere på tværs af universiteter og fagområder, der har sat sig for at belyse. Vi arbejder med at udvikle alternative analysemetoder til at identificere genetiske varianter, der øger risikoen for udviklingen af humane psykiske sygdomme, særligt skizofreni og ADHD.

DNA, gener og fænotype

Alle organismers celler indeholder DNA, hvori de genetiske instrukser til cellerne og deres bestanddeles opbygning og funktion ligger gemt. DNA består af lange kæder af kun fire byggesten; nukleotiderne adenin (A), guanin (G), cytosin (C) og thymin (T). Rækkefølgen (sekvensen) af disse byggesten udgør populært sagt arbejdstegningen over, hvordan en organisme skal opbygges og drives. Visse områder af DNA'et koder for proteiner, disse områder kaldes for gener. Proteinerne er organismens "arbejdsmænd", og resultatet af proteinernes virke kan vi observere som en *fænotype* – som fx kan være vores højde eller risiko for udvikling af en bestemt sygdom.

Figur A viser en lille del af DNA'et i tre individer (X, Y og Z). På to positioner i denne lille stump DNA (markeret med hhv. rødt og blåt) er der variation i DNA-sekvensen mellem de tre individer.

Nedenunder ses princippet i Genome Wide Association Study (GWAS). Grupperes individerne efter, hvilken kombination af nukleotider de har i hver SNP sammen med den respektive værdi for den målte egenskab, kan det testes, om der ingen association er (B) eller er en association (C) mellem SNP'en og egenskaben. For SNP-2 (C) ses det, at individer med CC har væsentlig lavere værdi for egenskaben end individer med GG.



Nålen i høstakken

Det humane genom består af over 3 milliarder nukleotider, og der er hidtil identificeret over 10 millioner steder i genomet, hvor en enkelt nukleotid er byttet ud med en anden. Man kalder disse variationer for SNP'er, der står for *single nucleotide polymorphisms* (vi udtaler dem "snipper"). I langt størstedelen af genomet er vi mennesker altså helt ens, og den store variation, vi ser blandt mennesker (så som udseende og sygdomsrisici), er bl.a. knyttet til disse SNP'er.

For at teste, om en bestemt SNP er associeret med en given egenskab, har forskere de seneste årtier benyttet en type statistisk test kaldet GWAS (*genome-wide association study*). Der findes forskellige varianter af disse tests, men typisk tester man én SNP ad gangen, og derfor udfører man ofte mange

Bananfluer af arten *Drosophila melanogaster*. En typisk flue er omkring 3 mm lang, hanner lidt mindre end hunner. Bananfluer er en populær organisme blandt forskere, da de er små, har kort generationstid, er billige i drift og de kan bruges til forsøg, man ikke kan udsætte mennesker for.

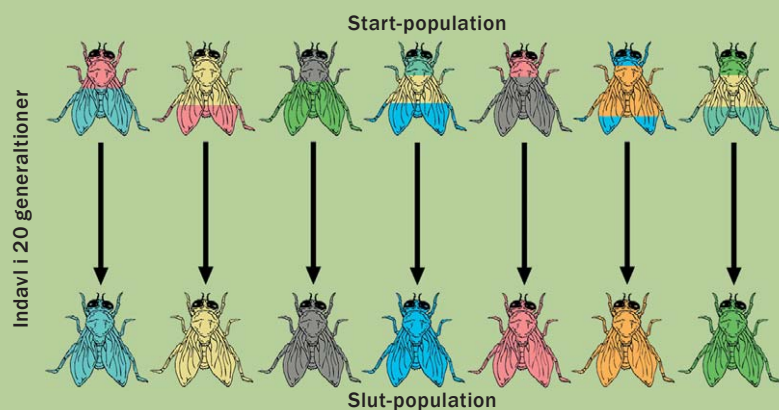
Derudover er fluernes genom sekventeret, og det er muligt at indkøbe mutanter og fluer, hvor ønskede gener er inaktiveret.

Foto: Torsten Nygård Kristensen



sygdomme

Foto: Colourbox

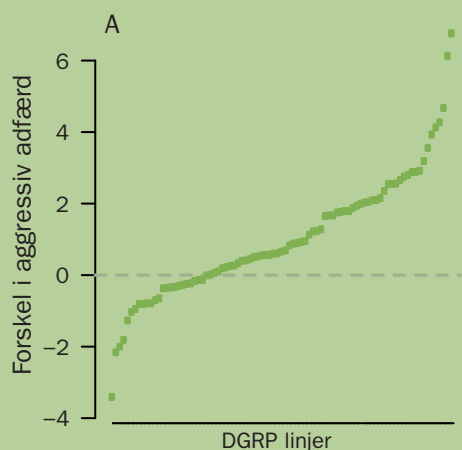


Grafisk repræsentation af DGRP-linjerne, hvor farverne angiver genetisk variation. I start-populationen er der genetisk variation indenfor hver linje (indikeret ved én flue) og imellem linjerne. Efter indavl er den genetiske variation indenfor hver linje væk, men der er stadig stor variation på tværs af linjerne.

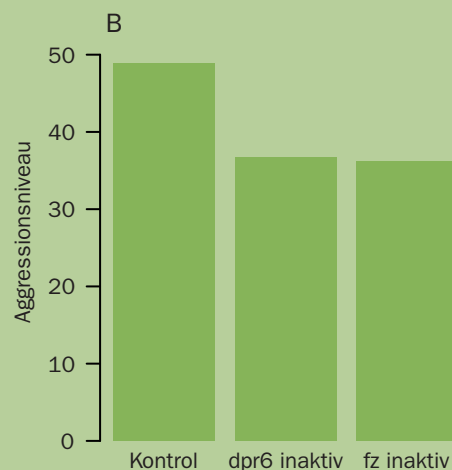
Billedet til højre viser en aggressions-arena bestående af 24 individuelle kamre med en lille dråbe mad i midten af hvert kammer. I vores forsøg blev to hanfluer placeret i hvert



kammer; én DGRP-flue og én kontrol-flue. I en periode på to minutter filmede vi fluernes kamp for at komme til maden. Efterfølgende gennemgik vi alle videoerne og noterede DGRP-fluernes aggressionsniveau. Vi kiggede på det samlede antal af fire typer af aggressiv adfærd; (1) truende, flappende adfærd med vinger (2) spark, (3) "stangende"-adfærd med hovedet, og (4) den ene flue jagede den anden.



(A) Forskel i aggressions-niveau mellem fluer fra isolation og fluer, der er vokset op i et socialt miljø. Punkter under den stiplede linje repræsenterer DGRP-linjer, hvor de socialt-opvoksede fluer er mere aggressive, mens punkter over linjen er DGRP-linjer, hvor fluer fra isolation er mere aggressive.



(B) To af generne, *dpr6* og *fz*, er særlig interessante, da de i mennesker mistænkes for at have betydning for, hvorvidt vi udvikler et iltert temperament og øger risikoen for udvikling af ADHD. Inaktiverer vi disse to gener i socialt-opvoksede fluer, ser vi en markant reduktion i, hvor aggressive fluerne er.

hundrede tusinde tests. Problemet med denne type test er bl.a., at man får mange falske positive resultater – dvs. at testen "opdager" en sammenhæng mellem SNP og egenskab, der reelt ikke eksisterer. Omvendt er en anden udfordring, at testen kan overse reelle sammenhænge, fordi komplekse egenskaber er under indflydelse af mange genetiske varianter, alle med små effekter, som derfor kan være svære at identificere.

Vi forsøger i vores tilgang at inddrage biologisk viden i de statistiske modeller – fx viden om geners position i genomet eller om samspillet mellem gener – for derigennem at gøre de statistiske metoder

bedre til at identificere risikogener. Yderligere kombinerer vi dette med funktionelle studier fra modelorganismer i håbet om at kunne bidrage med ny og relevant viden indenfor området.

Bananfluer som model for psykiske sygdomme

I vores arbejde bruger vi bananfluer som model i studiet af komplekse egenskaber, da det tillader os at udføre forsøg, der ikke er egnede til at blive udført på mennesker eller andre større pattedyr. Bananfluen er en af de mest anvendte modelorganismer, og den har været anvendt til genetiske studier i mere end 100 år.

Umiddelbart kan der synes langt fra en bananflue til et menneske, men kigger vi på generne, er lighederne større end forskellene. Ud af alle de gener, som vi ved forårsager sygdomme i mennesker, findes der i 75 % af tilfældene et tilsvarende gen i bananfluer.

Studier af bananfluer kan således bidrage til at identificere gener hos mennesket, der fx øger risikoen for udvikling af psykiske sygdomme. De kan også bidrage til at opnå en funktionel forståelse af specifikke gener, som studier på mennesker har afsløret påvirker sandsynligheden for udvikling af sygdomme.

Fokus på aggression

Konkret har vi studeret aggressiv adfærd hos bananfluer. Aggression er som egenskab interessant af flere årsager. I naturen spiller aggressiv adfærd en vigtig rolle i forhold til indsamling og forsvar af ressourcer samt etablering af dominans-hierarkier hos sociale dyr. Hos mennesker ses ændret aggressiv adfærd ofte i relation til nogle psykiske sygdomme.

Vi ved, ud fra studier af dyr lige fra insekter til mennesker, at aggression er en egenskab, der viser stor variation, og at det er en egenskab, der er under indflydelse af mange gener. Yderligere ved vi, at isolation øger frekvensen og graden af aggression. Men vi ved ikke, *hvilke gener* der styrer adfærden.

I vores forsøg benyttede vi en forholdsvis ny ressource indenfor bananflue-genetik: *Drosophila melanogaster Genetic Reference Panel* (DGRP), udviklet af gruppen omkring professor Trudy Mackay fra North Carolina State University i USA. Dette værktøj er netop udviklet til studier af komplekse egenskaber. DGRP består af omkring 200 bananflue-linjer, hvor hver linje er fuldt indavlet ved bror-søster-parringer gennem mange generationer. Det betyder, at hver linje indeholder individer, der genetisk er identiske, men på tværs af linjerne findes der genetisk variation. Da data om genomsekvensen er frit tilgængelig for alle linjer, kan vi identificere SNP'er og gener, der bidrager til den variation i egenskaber, der findes mellem linjerne.

Fluer i arenaen

For hver linje af DGRP-bananfluer etablerede vi to miljøer; social og isoleret. Ved socialt miljø forstås, at fluerne holdes sammen i grupper, mens isoleret miljø betyder, at fluerne holdes alene uden kontakt med andre fluer.

Vi testede derefter han-fluers aggressionsniveau fra hvert af de to sociale miljøer. Til formålet anvendte vi en arena, bestående af individuelle kamre, hvor vi i hvert kammer anbragte én DGRP-flue sammen med en kontrolflue. I to minutter filmede vi fluerne kæmpe om en lille dråbe mad i midten af hvert kammer. Aggressionsniveauet blev efterfølgende bestemt som antallet af episoder med aggressiv adfærd.

Tværfagligt samarbejde

Forskningen beskrevet i denne artikel er udført i et nyt samarbejde på tværs af tre universiteter og fem institutter; Institut for Biomedicin, (Anders Børglum og Ditte Demontis) Institut for Bioscience (Volker Loeschcke) og Institut for Molekylærbiologi og Genetik (Peter Sørensen) ved Aarhus Universitet, Institut for Kemi og Bioteknologi ved Aalborg Universitet (Torsten Nygård Kristensen) og Department of Genetics ved North Carolina State University, USA (Trudy Mackay).

Det er et stærkt samarbejde, hvor vi udnytter kompetencer indenfor tre forskellige forskningsområder; human genetik med speciale i den genetiske baggrund for psykiske sygdomme, evolutionsgenetik med bananfluer som vigtigt værktøj, og statistiske og kvantitative genetiske analyser.

Forsøget viste en klar tendens, nemlig at isolation øger niveauet af aggression, men også at linjerne ikke påvirkes på samme måde. Der eksisterer altså genetisk variation for aggression samt variation i, hvordan fluerne påvirkes af isolation. Denne forskel brugte vi til at identificere gener, der kan forklare dette. Ved hjælp af statistiske metoder, hvor vi bl.a. inddrog biologisk information omkring gener og biologiske netværk, kunne vi identificere 30 gener, der har betydning for aggression. Ni af disse er hos mennesket mistænkt for at være involveret i udvikling af skizofreni og ADHD samt i, hvordan vi reagerer på antidepressiv medicin og i, hvor temperamentsfulde vi er. Ved at inaktivere to af de identificerede gener (som også findes hos mennesket) i socialt-opvoksede bananfluer, blev fluerne aggressive adfærd væsentlig reduceret, og vi kunne dermed validere vores resultater.

Præcise diagnoser og individuel behandling

Samspillet mellem statistiske metoder og funktionelle studier på modelorganismer er vigtig, hvis vi skal skabe en bedre forståelse for, hvorfor nogle mennesker bliver ramt af psykiske sygdomme og andre ikke gør.

Det er en tilgang, der vil kunne hjælpe os med at stille mere præcise diagnoser, som i dag kan være en stor udfordring. Kender vi de genetiske varianter, der forårsager sygdommene, vil vi kunne screene patienters genom efter risiko-generne og dermed gøre diagnoserne mere præcise og forhåbentlig også rådgive patienterne bedre. Ligeledes, hvis vi kender de genetiske og funktionelle årsager til sygdomme, vil vi på sigt kunne skræddersy behandlingen alt efter, hvilke risiko-gener patienten har. Samme sygdom kan skyldes forskellige risiko-gener, og derfor skal vi kunne tilbyde hver patient et unikt behandlingsforløb tilpasset deres genetiske varianter.

For de sygdomme, der er under indflydelse af mange hundrede gener, kan fejlen være opstået mange forskellige steder i genomet. Kender vi ikke den eksakte årsag til sygdommen, bliver behandlingen ikke effektiv – som at komme olie på bilen uden at vide, hvor det faktisk skal hen for at have den rette funktion. ■

Når planter invaderer

Invasive planter er et problem over hele verden, hvor de fortrænger den hjemmehørende flora. Men nogle gange foregår invasionen i det skjulte, fordi man ikke kan se forskel på den type af planten, som invaderer, og den, som har været der hele tiden.

Forfatterne



Franziska Eller er postdoc, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet og Hamburg University, Biocenter Klein Flottbek, Applied Plant Ecology, franziska.eller@bios.au.dk eller franziska.eller@uni-hamburg.de



Benita Hyldgaard er tidligere ph.d.-studerende ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, nu innovationskonsulent ved AgroTech, Aarhus. bhm@agrotech.dk eller behild@gmail.com

Turen langs den nordamerikanske kyst strækker sig over flere hundrede kilometer langs de store, mangfoldige skove. Vegetationen skifter i takt med, at man kører mod syd, men især en enkelt art er vedholdende: En græsplante, som ses hele vejen langs de flersporede highways. Det er tagrør, *Phragmites australis*. Man ser dem ikke kun langs motorvejen i kanten af skovene, men også på rastepladser midt i New York City og på forladte industriområder i New Orleans. Tagrør, der fylder vådområder så store som de amerikanske majsmarker og fortrænger andre planter og ødelægger leveområder for visse dyrearter i takt med dets udbredelse. Arten er nu blevet et stort problem for mange amerikanske økosystemer og det i et omfang, hvor det er blevet uundgåeligt at benytte sprøjtegift for at begrænse den.

Tagrørs-invasionen i Nordamerika blev først bemærket sent, til trods for at plantens voldsomme spredning allerede startede for ca. 150 år siden. Visse typer af invasioner kan nemlig være svære at opdage. Det gælder bl.a. de tilfælde, hvor planterne tilhører en art, som allerede naturligt forekommer i økosystemet. En sådan invasion af plantetyper, som stammer fra fjerne egne, men tilhører en hjemmehørende art, kaldes i forskningsverdenen for en "kryptisk" invasion. Denne kryptiske, og altså skjulte, form for invasion udgør en trussel i ukendt omfang mod den hjemlige biodiversitet. Omfanget af kryptiske invasioner på verdensplan er ukendt, og der er stadig kun få tilfælde beskrevet i den videnskabelige litteratur. Det skyldes formentlig, at en kryptisk invasion kan kræve en stor indsats at opdage, kombineret med at kendskabet

til fænomenet endnu ikke er tilstrækkeligt udbredt. Det nok mest velstuderede eksempel på en kryptisk invasion er netop tagrørs udbredelse på det nordamerikanske kontinent.

Snigende invasion

Tagrør forekommer naturligt i Nordamerika og har derfor ikke altid været et problem. I dag ved man, at det ikke er det oprindeligt hjemmehørende amerikanske tagrør, men derimod flere indslæbte europæiske, afrikanske og middelhavs-typer, som spredte sig voldsomt. De hjemmehørende nordamerikanske tagrørsbestande er efterhånden blevet fortrængt af de nye invasive typer i en sådan grad, at man i dag skal lede længe for at finde dem. De fremmede individer adskiller sig oftest genetisk fra de populationer, som allerede findes i den hjemlige natur, men de ser ikke nødvendigvis forskellige ud, og derfor kræver det en særlig indsats at gennemskue deres ophav – fx ved brug af molekylærbiologiske analyser.

Stor forskel på tilpasningsevne

Men hvordan kan nogle typer af en art opføre sig invasivt, når andre ikke gør det? Det har vi forsket i på Aarhus Universitet. Planter kan ikke bevæge sig og er derfor oftest i stand til at tilpasse sig, når omgivelserne ændrer sig som fx ved en ændring i temperatur eller tilgængelighed af næringsstoffer. Det kan både være kortsigtede ændringer i fotosyntesen eller i mængden af enzymer, men kan på længere sigt også omfatte ændret bladtykkelse eller vækst og formering. Der er forskel på graden af denne tilpasningsevne – også kaldet plasticiteten – og den kan variere mellem individer indenfor den

i det skjulte

enkelte art. Det gælder især for arter, der naturligt har en meget stor udbredelse på verdensplan og som derfor lever i flere klimazoner.

I vores forskning har vi bl.a. lavet forsøg med forskellige tagrørstyper, som er invasive i Nordamerika, og med typer af den velkendte akvarieplante tornfrøet hornblad, som er invasiv i New Zealand. Forsøgene har vist, hvor forskelligt plantetyperne reagerer på bestemte miljøbetingelser.

Den mest aggressive invasive tagrørstype i Nordamerika, som også blev opdaget først, er af europæisk afstamning. Det er kun få år siden, at man opdagede, at endnu flere skjult-invasive tagrørstyper er kommet til Amerika, som potentielt kan blive en lige så stor trussel som den europæiske type. Én af disse invasive tagrør er en middelhavs-type, som fortrinsvis vokser i de varmere områder ved Golfkysten. I et eksperiment dyrkede vi den europæiske type og middelhavstypen af tagrør under nutidige klimaforhold (19 °C, 400 ppm CO₂) og under formodede fremtidige klimaforhold (24 °C, 700 ppm CO₂). Under nutidige forhold havde begge typer samme biomasse over jorden, dvs. tørvægten af blade, stængler og udløbere. Middelhavstypen responderede kraftigst på øget temperatur og CO₂, idet den øgede biomassen op til seks gange under forhold svarende til et forventet klima i fremtiden. Den europæiske type øgede derimod biomassen kun ca. fire gange mere under de samme betingelser. Det betyder, at middelhavstypen vil få mest gavn af de forventede klimaændringerne og vil blive større og dermed potentielt mere udbredt end den europæiske type.



↑↑ Baggrundsfoto: De mange forskellige invasive typer af tagrør kan ses fra luften.

De ligner runde stykker af et patchwork-tæppe, her ved Golfkysten i USA. Foto: Hans Brix

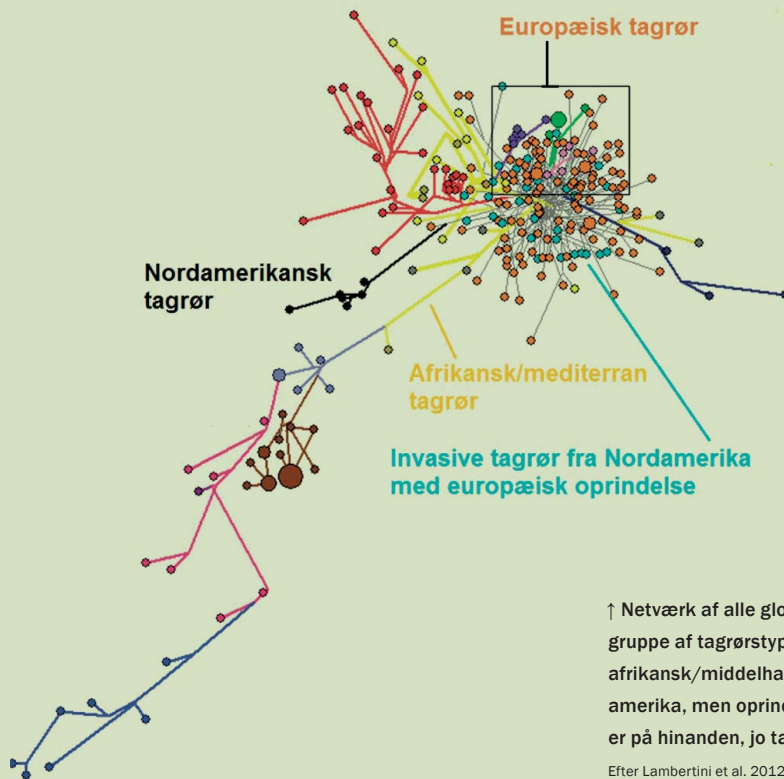
↑ Invasiv tagrør blomstrende i New York, USA. Foto: W. Guo.

↓ Invasiv tagrør i Chesapeake Bay, Maryland, USA. Foto: W. Guo.



Genetiske analyser kan afsløre forskelle indenfor arten

Ligesom man kan bestemme forældreskab til et barn ved hjælp af genetiske analyser, kan man også bestemme de nære eller fjerne slægtninge af en plante.

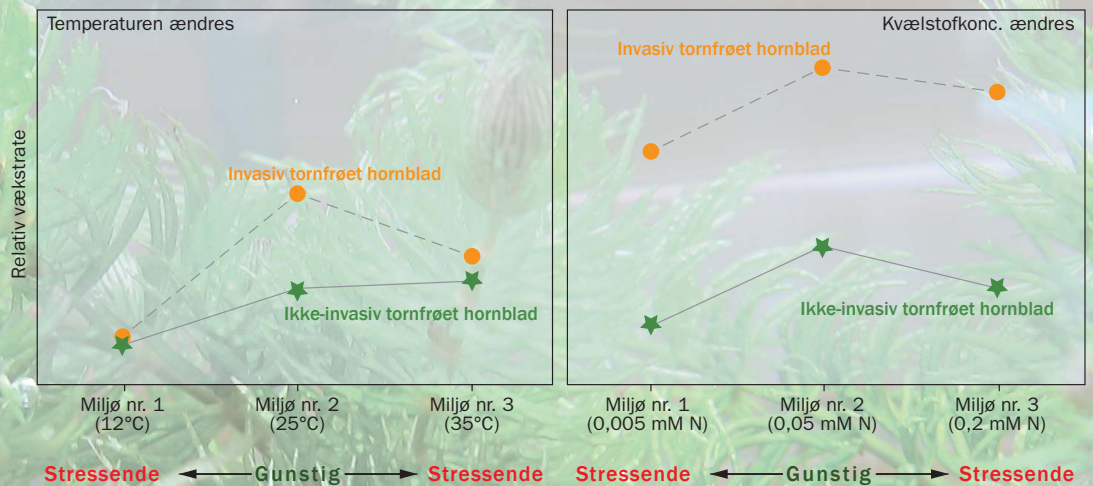


Til det formål bruger vi genetiske markører i den ikke-kodende del af cellekernens DNA – dvs. den del af DNA'et, der ikke udgøres af gener. I det ikke-kodende DNA kan der forekomme sekvenser, altså en rækkefølge af nukleotider (DNA-byggesten), som er specifikke for det enkelte individ, og som bliver nedarvet til plantens afkom.

Sekvenserne vil derfor have samme længde og hyppighed i meget tæt beslægtede individer, mens fjerne slægtninge kan have afvigende sekvenser eller måske endda mangle dem. Disse sekvenser i DNA'et har som regel ikke den store betydning for plantens funktion eller udseende, men de kan bruges som genetiske markører, der kan afsløre et slægtskab. Planter har desuden DNA i deres kloroplaster. Forener man analyserne af cellekerne- og kloroplast-DNA, får man et stærkt redskab til at afsløre en plantes oprindelse. Det gælder ikke kun sammenligninger mellem forskellige arter, men også indenfor den samme art. Et genetisk kort kan tydeliggøre afstanden mellem de enkelte plante-typer indenfor den samme art, lidt ligesom et stamtræ.

↑ Netværk af alle globale tagrørstyper og -arter. Orange farve angiver europæisk gruppe af tagrørstyper; sort er nordamerikansk hjemmehørende tagrørstype; gul er afrikansk/middelhavstype af tagrør og lyseblå er tagrørstyper, som er invasive i Nordamerika, men oprindeligt stammer fra den europæiske gruppe. Jo tættere punkterne er på hinanden, jo tættere beslægtet er grupperne.

Efter Lambertini et al. 2012, American Journal of Botany.

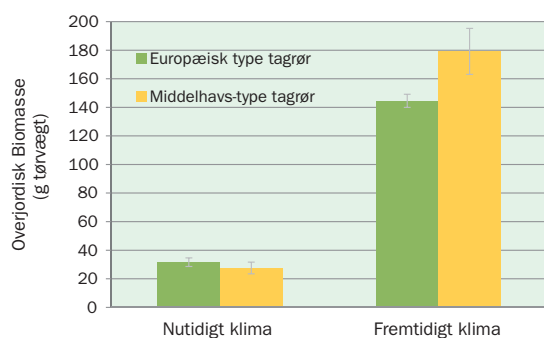


Invasive (fra New Zealand) og ikke-invasive (fra Danmark) planter af arten tornfrøet hornblad reagerer forskelligt, når de vokses ved gunstige og stressende forhold. Her er planterne vokset ved forskellige kvælstofniveauer og temperaturer. I det ene tilfælde er de invasive planter kun overlegne ved gunstige temperaturer (tv), mens de invasive planter vokser markant hurtigere end de ikke-invasive uafhængigt af kvælstofkoncentrationen (th) i vandet.

Figuren er tilpasset fra Hylgaard & Brix (2012) og Hylgaard et al. (2012)

Tornfrøet hornblad (*Ceratophyllum demersum*).

Foto: B. Hylgaard



Invasiv europæisk type og middelhavstype af tagrør fra Nordamerika dyrkes i klimakammer i 70 dage under temperatur- og atmosfærisk CO₂-forhold, der svarer til hhv. nutidigt og forventet fremtidigt klima. Det fremgår, at middelhavstypen vil danne mere biomasse end den europæiske type i et fremtidigt klima. På billedet ses invasive tagrørstyper, som dyrkes i klimakammeret. Foto: F. Eller



En kryptisk undervandsplante

Tornfrøet hornblad (*Ceratophyllum demersum*) er en velkendt akvarieplante, som er naturligt hjemmehørende i en lang række lande verden over. Den findes også i Danmark i talrige søer og vandhuller. Tornfrøet hornblad anses samtidig for at være den værste invasive ferskvandsplante i New Zealand, hvortil den blev introduceret for kun 60 år siden. Den danner enorme mængder biomasse og er til stor gene både økonomisk, rekreativt og biologisk. Vores nyeste studier af udbredelsen af *C. demersum* tyder på, at planterne i New Zealand er fra samme område som visse populationer i Australien og Sydafrika, hvor arten også er naturligt hjemmehørende. Vores resultater antyder, at der kan være tale om en kryptisk invasion på lokaliteterne i Australien og Sydafrika, som muligvis er sket via akvariehandel. En sammenligning af danske og new zealandske individer af tornfrøet hornblad har vist, at de new zealandske planter havde højere plasticitet i mange plantetræk i forhold til temperatur og kvælstofkoncentration i vandet og desuden havde markant højere vækst- og fotosynteserater generelt. En introduktion af disse new zealandske tornfrøet hornblad-typer i Danmark kunne derfor være meget problematisk.

Der importeres planter og dyr fra fjerntliggende geografiske egne blandt andet via akvariehandlen og planteskoler, heriblandt også arter, som er naturligt forekommende i Danmark. Økonomiske forhold gør det fordelagtigt at importere planterne i stedet for at indsamle og opformere dem lokalt. Det kan være problematisk, da mange populære akvarieplanter kan trives både i det (som oftest) varme akvarievand og i de danske vandløb og søer. Hvis new zealandske tornfrøet hornblad-typer kom til Danmark, fx via akvariehandlen, og blev smidt ud i naturen, er der en stor risiko for, at disse fremmede individer vil etablere sig og fortrænge de hjemmehørende populationer af hornblad. Da inva-

sive planter generelt har højere tilpasningsevne end ikke-invasive, er de også bedst rustet mod miljø- og klimaændringer og vil i fremtiden udgøre en endnu større trussel mod den hjemlige natur.

Køb dansk og forebyg spredning

Endnu kender vi ikke eksempler på kryptiske invasioner i Danmark. Global transport fra andre kontinenter har dog allerede medført, at vi har introduceret planter til vores danske natur, som udkonkurrerer hjemmehørende arter. Eksempler herpå er Japansk pileurt (*Falliopa japonica*) og Kæmpe-balsamin (*Impatiens glandulifera*), som oprindeligt blev indført som pryddplanter til danske haver. Desuden er der smalbladet vandpest (*Elodea nuttallii*), som man formoder stammer fra tømning af akvarier ud i naturlige vandløb. I langt de fleste tilfælde er det nemlig os selv, som mere eller mindre frivilligt indfører fremmede plantearter og -typer. Problematikken omkring kryptiske invasioner og invasive arter gælder alle former for organismer, hvor eksempelvis landbruget rammes økonomisk hårdt af nye sygdomme og skadedyr, der kommer med til Danmark som blinde passagerer.

Et forbud mod import af hjemmehørende arter fra fjerntliggende områder er hverken ønskværdigt eller realiserbart. Ofte ved folk ikke, hvad de skal gøre ved indholdet, når de bliver træt af deres havedam eller akvarium, men nogle invasioner, som fx vandpest, kunne måske være undgået blot ved at formidle den rette information. Hvis vi derfor fortsat vil nyde mangfoldigheden i vores natur, kan vi starte med lade være med at smide plantemateriale fra haven eller akvariet ud i naturen. Vi burde også kontrollere, at de planter, vi køber til haven ikke er invasive. Når den indslæbte plante først er etableret i naturen, er den næsten umulig at fjerne igen, især fordi det kan tage tid overhovedet at opdage, at den er invasiv. ■

Videre læsning

<http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/invasive-arter/>

Hyldgaard B. & Brix H. (2012) Intraspecific differences in phenotypic plasticity: Invasive versus non-invasive populations of *Ceratophyllum demersum*. *Aquatic Botany*, 97, 49-56.

Hyldgaard B., Sorrell B., Olesen B., Riis T. & Brix H. (2012) Geographically distinct *Ceratophyllum demersum* populations differ in growth, photosynthetic responses and phenotypic plasticity to nitrogen availability. *Functional Plant Biology*, 39, 774-783.

Eller F., Lambertini C., Nguyen LX, Brix H. 2014. Increased invasive potential of non-native *Phragmites australis*: elevated CO₂ and temperature alleviate salinity effects on photosynthesis and growth. *Global Change Biology* 20, 531-543.

MRSA og andre “dræberbakterier” - skal vi nu være bange?

En blanding af mediernes sensationsjagt, centralisering af offentlige forsknings- og kontrolinstitutioner samt nedprioritering af den klassiske mikrobiologi betyder, at vi bombarderes med skræmmehistorier om “dræberbakterier” uden fokus på praktiske løsninger.



Jens Laurits Larsen,
dr. med. vet.
ellen@jeanty.dk



Søren Nielsen,
dyrlæge
tangovet@mail.dk



Jette E. Kristiansen,
dr. med.
malthe@dadlnet.dk

Svine-MRSA, listeria og salmonella har fyldt godt i overskrifterne i år. Det drejer sig i alle tilfælde om bakterier, der oprindelig stammer fra vore husdyr (såkaldte zoonoser), og som nu giver problemer med infektioner hos mennesker. Men hvor megen grund har vi til at frygte disse “dræberbakterier”, som de gerne kaldes i mediernes sensationsjagt?

Når man tager i betragtning, at vi til stadighed er omgivet af smitstoffer, vi i reglen har lært at håndtere uden at gå i panik, og som med lige så god rette kunne kaldes dræberbakterier, vil vi hævde, at de aktuelle problemer kan synes blæst ud af proportion ligesom mulige løsninger overses. Årsagerne til dette er mange, men efter vores opfattelse hænger det grundlæggende sammen med, at omfattende centralt styrede ændringer på fødevarerområdet og på universiteterne med stærke ledelser og stram budgetstyring har medført en helt anden synliggørelse af forskningen. Det gøres bevidst for at fange politikernes og forskningsrådenes opmærksomhed for derved at generere midler. Hertil kommer, at strukturen i mikrobiologien har ændret fokus, så en gren heraf, “den molekylære”, har formået at markedsføre sig markant, især på området antibiotikaresistens. Sygdomsberedskabet i Danmark er, ulykkeligvis, i lederskabets ånd blevet bevidst undergravet af kontrolfreaks som statistikere og genforskere (problemskabere?). De har uahæmmet fortrængt den sygdomsforståelse og mikrobiologi, der gennem

mange år succesfuldt har håndteret et bredt, kompliceret sygdomsspektrum (problemløserne).

Proportionsforvrængning

I 1970'erne blev der anbefalet restriktiv brug af antibiotika til vore husdyr. Men selv om man i 1983 gav bødestraf til dyrlæger, der havde udleveret medicin, gav Landbrugsministeriet alligevel, efter pres fra landbruget, adgang til efterbehandling og udlevering af medicin, når en dyrlæge havde stillet en diagnose. Senere udfasedes vækstfremmere (dvs. antibiotika, der blev givet forebyggende i foderet), og vi fik styr på vancomycinresistente enterococcer (VRE). Det affødte imidlertid større brug af terapeutiske antibiotika i landbruget, herunder tetracyclin, som nok har fremprovokeret udviklingen af svine-MRSA (Methicillin Resistente *Staphylococcus Aureus*). Akkurat som hospitalerne i 1960'erne fremprovokerede udvikling af “humane” MRSA. *Staphylococcus aureus* er en velkendt “dræberbakterie”, der gennem årene har voldt store problemer på hospitaler i hele verden. *S. aureus* er ikke blevet en dræberbakterie, fordi den er blevet resistent. Men resistensen har medført, at det er svært at behandle infektioner, uagtet om MRSA stammer fra et menneske eller en gris.

I pressen er fokus nu på den svinespecifikke type MRSA, der ifølge Sundhedsstyrelsen i perioden 2012-2014 har udmøntet sig i 4 dødsfald. I samme toårige periode har der været 13 dødsfald forårsaget

af humane MRSA og dertil omkring 700 dødsfald på grund af almindelige stafylokokker. Det betyder altså, at ud af alle disse tilfælde, hvor *S. aureus* har været dødsårsag, fremhæver man nu kraftigt den halve procent fra grisene. Selv om det er en øjnøfaldende proportionsforvrængning, er det naturligvis et problem med resistens. Det har der været skrevet om i over 50 år, og problemet vil vedblive så længe antibiotika bruges. Det er endvidere en kendsgerning, at andre lande med lempeligere omgang med antibiotika har endnu større problemer med antibiotikaresistens, og adskillige steder bekymrer svine-MRSA overhovedet ikke.

I Danmark har vi imidlertid på hospitaler og universiteter fået opbygget og udbygget metoder og udstyr til at "jagte" antibiotikaresistens, og det kræver penge. Spørgsmålet er, om det alene er den rette satsning af ressourcerne. Informationsniveauet for antibiotikaresistens har nået hysteriske højder, og det har selvfølgelig ramt landbruget bredt også dem, der producerer økologiske og frilandsgribe. Mens dyrlæger tidligere har løst landbrugets besætningsproblemer med sygdomme, har læger og ingeniører i medierne vist, at de er meget bedre til at problematisere og skabe opmærksomhed, uden at der genereres løsninger.

Hygiejne

Det alle vil vide er, hvad man gør, hvis man bliver inficeret med en MRSA? Findes der og udvikles der nye effektive midler, og er der alternativer? Det vender vi tilbage til. Men det er også bydende nødvendigt med en komparativ forskning af MRSA fra svin og menneske på felter som værtsspecificitet, sygdomsfremkaldende evne og - styrke, spredningsmønstre, smitebærerproblematikken mm. De molekylære metoder udgør kun en del af løsningen. I tv-udsendelser har vi kunnet se, hvordan det er lykkedes en hollandsk svineproducent at udrydde MRSA ved intensiv hygiejne og brug af et probiotikum, og hvordan "sengehygiejnen" på danske hospitaler er et centralt område, men med en manglende forståelse på ledelsesniveau. Hygiejne er ligeledes central i køkkener, hvor en række produkter bør behandles som potentielle smitekilder, hvad enten det er frosne hindbær (virus), kødboller (listeria), hakket oksekød (salmonella) eller koteletter (MRSA).

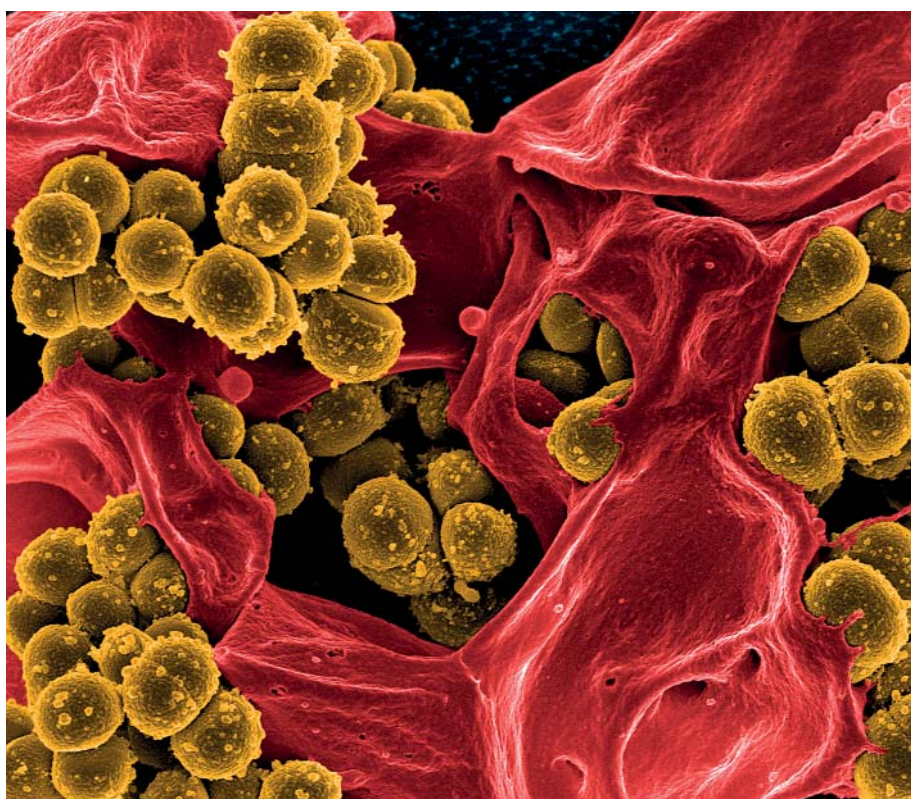
Man kan med rette spørge, om det er i orden at lade komplicerede problematikker forfladiges ved en offentlig debat, der miskrediterer et helt erhverv (svineproduktionen) og dets familier. Læsere og seere konfronteres kontinuerligt med nye tal og udsagn, som kun eksperter kan forholde sig til.

Kan dræberbakterier dræbes?

Antibiotika er i deres oprindelse "naturmedicin" produceret af svampe. Mange kender historien om Sir Alexander Fleming, der fik Nobelprisen

for at opdage og isolere Penicillin, netop fra svampen *Penicillium notatum*. Efterfølgende er adskillige andre antibiotika påvist og isoleret fra svampe og bakterier. Antibiotika har reddet utallige liv og vil heldigvis fortsat gøre det. Når et antibiotikum "svigter", må forskerne vise deres kreativitet ved at skabe nye produkter eller finde alternativer. Mælkesyrebakterier isoleret fra tarmkanalen (og en række andre bakterier) har været brugt i de såkaldte probiotika i kampen mod infektionssygdomme. Hertil kommer et utal af andre muligheder indenfor vaccineproduktion, interferens med kolonisering og dannelse af biofilm mm.

Kemoterapiens fader, tyskeren Paul Ehrlich, brugte metylenblåt bl.a. mod malaria og til bakteriefarv-



ning. Med udgangspunkt i netop metylenblåt udvikledes phenothiazinerne (til psykofarmaka). Disse stoffer havde en forunderlig bivirkning, først observeret hos uhelbredeligt syge tuberkulosepatienter: Patienterne blev helbredt for deres tuberkulose, når de blev behandlet for deres psykiske problemer. Dette fænomen, hvor lægemidler, brugt til at behandle helt andre typer sygdomme, viser sig at have antimikrobiel effekt, kalder man i fagkredse non-antibiotika.

Non-antibiotika har været genstand for intensiv forskning i Danmark siden 1970'erne – hvor en af artiklens forfattere (Jette Kristiansen) har været med fra starten. Den danske forskning har vist, at phenothiazinerne kan blokere de struktu-

Farvet scanning-elektron-billede af methillin-resistente *Staphylococcus aureus* (gule) og et hvidt blodlegeme (neutrofil granulocyt) fra et menneske (rødt).

Foto: NIAID_Flickr [CC-BY-2.0 via Wikimedia Commons]

“Dræberbakterier” i Danmark

Når medierne udnævner denne eller hin bakterie (som fx svine-MRSA eller listeria) til at være en “dræberbakterie” er der grund til at sætte sagen lidt i perspektiv. For hvis man absolut vil tale om dræberbakterier, er der nok at tage af.

Vi er reelt omgivet af dræberbakterier, og især eksponeret om sommeren, hvor vi er i tæt kontakt med jord og vand. I jorden findes stivkrampebakterier (*Clostridium tetani*), og derfor bliver vi vaccinerede mod netop stivkrampe, når vi får læsioner, der trænger igennem huden. Botulisme (fx fra hjemmegravet fisk) skyldes en beslægtet “dræberbakterie” (*Clostridium botulinum*), der findes i jord og vand. Dens giftstof bruges i fortyndet form (botox) som kosmetisk lægemiddel. Miltbrandsbakterien (*Bacillus anthracis*) og mange andre farlige bakterier kan også findes i jord og vand. Bides vi af skovflåter kan vi få borreliose, der skyldes borreliabakterier. Ved badning kan man blive inficeret med vibriobakterier (*Vibrio vulnificus*), der for ganske få år siden i dagspressen

blev udråbt som dræberbakterier, fordi de havde været skyld i 3 dødsfald.

Udover bakterier i jord og vand, huser mennesket og samtlige dyrearter et register af smitstoffer, der kan angribe hud, luftveje, urinveje og mavetarmkanalen, og som med lige så stor ret kunne få prædikatet dræberbakterier.

Bakterieinfektioner, der stammer fra vore husdyr, kaldes zoonoser (på græsk er zoon = dyr, og nosos = sygdom). De mest kendte zoonotiske bakterier er salmonella og campylobacter, men for nylig er listeria også dukket op igen og har forvoldt dødsfald. Listeria findes i naturen og har desuden et meget bredt værtsspektrum omfattende mennesket og en række dyrearter, mest interessant er kvæg og får. Denne bakterie er i stand til at overleve lang tid i saltede kødvarer, kan opformeres ved køleskabstemperatur og er oven i købet relativ varmeresistent. Forhold, der forklarer de aktuelle problemer.

rer og cellepumper, der gør bakterier resistente og derved gøres de resistente bakterier følsomme igen. Forskningen har også udmøntet sig i et patentret, medikament (JEK 47) uden de “psykiske” og andre bivirkninger. Derfor har vi nu et produkt, der vil kunne bruges mod en række sygdomme, fremkaldt af antibiotikaresistente mikroorganismer, som et hjælpestof, der samtidig nedsætter dosis af det anvendte antibiotikum.

I litteraturen beskrives også, hvorledes thioridazin (beslægtet non-antibiotikum) med succes bruges mod multiresistente tuberkulosebakterier.

På trods af, at non-antibiotika har en veldokumenteret historik, og der findes velbeskrevne, velundersøgte og endda patenterede medikamenter, har der været en bemærkelsesværdig mangel på interesse for non-antibiotika blandt både medicinalvirksomheder og offentlige instanser.

I EU dør der årligt ca. 25.000 patienter af “resistente infektioner”, mens man fortaber sig i beskrivelsen af gener.

Mikrobiologi under pres

I mikrobiologien er fokus de seneste årtier flyttet til genforskningen, der med veludviklede metodikker har trængt den klassiske mikrobiologi. Satsningen på antibiotikaresistens har været et scoop, der i 2014 har gjort den molekylære mikrobiologi til forsidestof. Men man har i vore øjne brugt skræmmebilleder, uden at gøre opmærksom på, at der findes behandlingsmuligheder i alternativer til antibiotika.

Den molekylære mikrobiologi er alene – omend

meget nyttig – kun et nyt metodikspektrum tilføjet mikrobiologien. Den klassiske mikrobiologi, der bl.a. anvendes i klinisk mikrobiologi, vaccino- logi, levnedsmiddelmikrobiologi og akvatisk mikrobiologi, er imidlertid central, når der skal løses problemer. I Norge nedbragte antibakterielle vacciner således antibiotikaforbruget med over 99 % i lakseproduktionen.

De tidligere levnedsmiddelkontroller i danske kommuner havde et veluddannet personale med en solid mikrobiologisk viden samt indgående kendskab til de lokale levnedsmiddelproducenter. Disse laboratorier (32 i alt) blev ofret i et embedsmandstyre- ret centraliseringsprojekt, så der i dag kun er et tilbage i Ringsted. Det er evident, at egenkontrol og stikprøver ikke kan erstatte et landsdækkende samarbejdende system, der i efteruddannelser og klubber var helt a jour med, hvad der huserede i vore levnedsmidler. Det er uhyre naivt at tro, at man med kun et laboratorium i længden kan oprette et højt fagligt niveau på det mikrobielle område end- sige opretholde en fornuftig rekruttering, når uni- versiteterne løbende beskærer uddannelserne i netop mikrobiologi.

Det sker så i en tid med massive hjemlige problemer med zoonoser, og i Afrika florerer ebolavirus og byldepest er konstateret i Kina – begge er zoonoser. Man kan ikke lave en hurtig oprustning af eksperter i smitstoffer og deres håndtering. Derfor må politikerne vågne op og forklare universitetsledelserne, at der skal øget fokus på undervisning i hygiejne, mikrobiologi, immunologi, epidemiologi og farmakologi. Det harmonerer tillige med Regeringens satsning på sundhed. ■

Videre læsning:
<http://sundhedsstyrelsen.dk/da/sundhed/smitsomme-sygdomme/mrsa>

Mere om non-antibiotika:
Methylenblåts mange liv:
Aktuel Naturvidenskab
nr. 2/2012

www.non-antibiotics.com

Wainwright, M., Amaral, L. & Kristiansen, J.E.: The Evolution of Antimicrobial Agents from Non-Antibiotics. Open Journal of Pharmacology, 2012, 2-1.

Kristiansen, J.E. et al: Reversal of resistance in microorganisms by help of non-antibiotics. Journal of Antimicrobial Chemotherapy (2007) 59, 1271-1279

BOGANMELDELSE

UDGIVELSER

Oxygen – et skuespil om opdagelsen af et grundstof

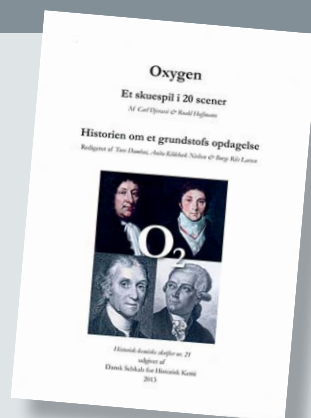
Anmeldt af Carsten R. Kjaer

Hvem skal have æren? Det spørgsmål er et evigaktuelt og ofte et stridspunkt – inden for den naturvidenskabelige forskning. Selv når man i dag sidder med det store helikopterblik og skuer ud over de store opdagelser i videnskabshistorien, kan det være svært at afgøre, hvem der egentlig gjorde en bestemt opdagelse. Om dette handler skuespillet *Oxygen*, der er skrevet af kemikerne Carl Djerassi og Roald Hoffman, hvoraf sidstnævnte selv kender til det med hæder og ære, idet han modtog nobelprisen i kemi i 1981. Skuespillet er desværre aldrig blevet opført i Danmark (selvom gode kræfter i 2011 forsøgte at rejse penge til netop dette i anledningen af kemiens år). Til gengæld lykkedes det at få finansieret en oversættelse, så skuespillet kunne udkomme i bogform udgivet af Dansk Selskab for Historisk Kemi.

Retro-nobelpriser

Skuespillet er bygget over det simple tankeeksperiment, at nobelkomiteen beslutter sig for at tildele retro-nobelpriser til kemikere, der gjorde store opdagelser før nobelprisen blev indstiftet i 1901. Man følger så diskussionerne i kemikomiteen i Det Kongelige Svenske Videnskabsakademi i 2001, som bestemmer sig for, at opdagelsen af grundstoffet oxygen skal være målet for den første retro-nobelpris, da det om noget markerer startskuddet til "den kemiske revolution". Møderne i komiteen "krydsklipper" så med scener fra et tænkt møde i 1777 mellem de tre potentielle prismodtagere, som kemikomiteen hurtigt skyder sig ind på: franskmændene Antoine Laurent Lavoisier, briterne Joseph Priestly og svenskeren Carl Wilhelm Scheele. De tre herrer er i det tænkte møde sammen med deres hustruer indbudt til at demonstrere deres banebrydende forsøg for den svenske konge – netop med det formål at afgøre "hvem der kom først".

Sagen viser sig selvfølgelig at være speget, hvilket vi dels får oprullet i dialogen mellem de tre historiske personligheder (og deres hustruer) samt i diskussionerne i kemikomiteen, hvor det også viser sig, at der internt blandt medlemmerne er gammelt nag, indbyrdes konkurrence og egne dagsordner. Grundlæggende handler stykket således om erkendelse og videnskabeligt arbejde: Hvad



vil det sige, at komme først med en opdagelse? Hvad er en opdagelse i det hele taget – er det fx vigtigt, at man fuldt ud forstår sin egen opdagelse, hvis man vil hævde sin prioritet? Spørgsmål om etik og forskning, der er evigaktuelle inden for naturvidenskaben.

Tankevækkende videnskabsformidling

Nu skal jeg ikke her afsløre, hvordan det hele falder ud. Det afgørende er, om stykket fungerer både fagligt og dramatisk og derved giver et vedkommende indblik i den komplekse erkendelsesproces, der førte frem til opdagelsen af oxygen. På mig virker det absolut som vellykket videnskabsformidling, som jeg tror de fleste uden decideret naturvidenskabsforståelse vil få noget ud af at opleve som teaterstykke (hvilket ikke skulle være helt umuligt, da stykket er oversat til 18 sprog). Et skuespil på bogform er selvfølgelig en noget mindre intens oplevelse end et skuespil, men til gengæld er der nok umiddelbart mere af det faglige, der "siver ind" undervejs.

Udover selve stykket rummer bogen et videnskabshistorisk kapitel af Helge Kragh om opdagelsen af oxygen samt gengivelser af to foredrag, som stykkets forfattere har holdt i anden sammenhæng. Den ene tekst af Carl Djerassi (som lidt uforståeligt i bogen som det eneste afsnit er gengivet på engelsk) giver interessante overvejelser om den genre, man kan kalde "videnskabsteater", mens Roald Hoffmann i den anden tekst reflekterer over *Etiske udfordringer i kemisk forskning*.

Alt i alt kan man således blive en god del klogere på både den spændende historie om grundstoffet oxygen og på, hvad det vil sige at bedrive videnskab ved at læse denne lille bog.

Carl Djerassi & Roald Hoffmann. *Oxygen – et skuespil i 20 scener*. Dansk redaktion: Ture Damhus, Anita Kildebæk Nielsen & Børge Riis Larsen. Dansk Selskab for Historisk Kemi, Nyt Teknisk Forlag 2014. 200 sider, 200,- kr. ■



Det dyrebare

– Historierne om museets største skatte

Bogen indeholder 34 historier om særligt interessante, spektakulære eller værdifulde genstande på Statens Naturhistoriske Museum. Historierne omfatter genstande fra hele verden, der gennem tiden er indsamlet af opdagelsesrejsende og videnskabsfolk. Bogen er dermed også en fortælling om, hvordan naturvidenskaben har udviklet sig i Danmark. Forfatteren er Hanne Strager, der er udstillingschef ved Statens Naturhistoriske Museum. Bogen er skrevet i forbindelse med udstillingen *Det dyrebare* på Zoologisk Museum, men fremstår som et selvstændigt værk.

Hanne Strager: *Det dyrebare – Historierne om museets skatte*. Statens Naturhistoriske Museum, 2014. 237 sider, 249,- kr.

Alt du kan se

Biokemiker Jakob Albrechtsen har begået en bog, der i ord og tegninger introducerer læseren til det nye verdensbillede og den moderne biologi. Han kredser om de gode spørgsmål: Hvem er vi, og hvorfor? Og kan vore hjerner overhovedet kapere det moderne verdensbillede?

Jakob Albrechtsen: *Alt du kan se*. Forlaget Fahrenheit 2014. 88 sider, 169,95 kr.

Ukrudt

Emnet for seneste nummer af *Natur og Museum* vil formentlig virke bekendt for mange, nemlig ukrudt. Ukrudt er en milliard forretning. Der bliver postet millioner af kroner i ukrudtsbekæmpelse i Danmark alene, og ukrudt kan betyde store tab for landbruget. I dette nummer kommer man hele vejen rundt om ukrudt. De gode, de onde og de virkelig trælse – for slet ikke at tale om alt det ukrudt, der er på vej pga. globalisering og klimaændringer.

Anders S. Barfod m.fl.: *Ukrudt*. Natur og Museum, 53. årg. nr. 3, 2014, 36 sider, 60,- kr.

Aktuel NATURVIDENSKAB

Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology, i samarbejde med:

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

Styregruppe

- **Bo T. Andersen**, afdelingsleder, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Joachim Groth**, kommunikationschef, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- **Tine Kjær Hassager**, kommunikationschef, Danmarks Tekniske Universitet
- **Niels Kring**, chefkonsulent, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Elin Møller**, kommunikationschef, AU Kommunikation, Science and Technology, Aarhus Universitet
- **Carsten Nielsen**, videnskabsjournalist, Det Teknisk-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
- **Line Reeh**, DTU AQUA, Danmarks Tekniske 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

Kommunikationschef Elin Møller

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 2014

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

Abonnementsservice

Portoservice, Postboks 9490, 9490 Pandrup

Telefonnr.: 70 25 55 12

e-post: aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Eller via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Layout og illustration: Jørgen Dahlgaard

Tryk: Jørn Thomsen/Elbo A/S

ISSN: 1399-2309 (papirudgaven), 1602-3544 (web)

Oplag: 8.400

Omslag:

Udviklingen af den blå lysdiode har givet en nobelpris til de tre japanske forskere bag gennembruddet. Foto: Colourbox.



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
- **Palle Høj Jakobsen**, direktør, leder af R&D Academic Relations, Novo Nordisk A/S
- **Vagn Lundsgaard Hansen**, professor, Inst. for matematik, Danmarks Tekniske Universitet
- **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, Institut for Kultur og Samfund, Aarhus Universitet
- **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.

GRUNDFOS



Tilbud



Intropakken – en oplagt gaveide

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

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

Abonnementsservice

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

Kontakt abonnementsservice på

Telefon: 70 25 55 12

Mandag-torsdag kl. 8-16, fredag kl. 8-14.
aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Abonnement kan også bestilles via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Husk at melde flytning til ny adresse.

Vi modtager desværre ikke automatisk besked om din nye adresse.

Adgang til pdf-udgave

Som noget helt nyt kan abonnenter nu hente artiklerne som pdf allerede på udgivelsesdagen via hjemmesiden:

Brugernavn: **aktuelnr5**

Kodeord: **dysz23buu**

Du logger på via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk hvor du vælger punktet "Nyeste numre" (5-2014). Herefter kan du logge på i højre side.

Tilbud til gymnasieskolen



Foto: Lars Kruse

Ny inspiration til din undervisning?

Er du faglærer i naturvidenskab og teknik kan du få ny inspiration gennem **Aktuel Naturvidenskab**. Tidsskriftet er fyldt med dybdegående artikler skrevet af forskerne selv og udkommer seks gange om året.

- Din skole kan tegne et skoleabonnement med gode rabatter, så hele lærergruppen kan læse bladet.
- Et abonnement giver også adgang til alle artikler fra de tidligere numre.
- Der er mange eksempler på hvordan du kan bruge materialet i undervisningen.
- Helt oplagt i forbindelse med større skriftlige opgaver og temaundervisning.

Se mere på: aktuelnaturvidenskab.dk

Her finder du et komplet artikelarkiv samt undervisningsmateriale til flere artikler

Priseksempel

Årsabonnement med 6 numre:
Pakke leveret til dit gymnasium med 20 numre koster 950 kr. inkl. fragt

Se flere tilbud på:
<http://aktuelnaturvidenskab.dk/abonnement/>

Laserlys på insektet

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

En hyggelig sommeraften i haven med et køligt glas vin kan nogle gange forvandle sig til en knap så meditativ oplevelse, når horder af blodtørstige myg kaster sig over en. I disse situationer forestiller jeg mig gerne højteknologiske våbensystemer, der kan sættes ind over for de formastelige. Eller som minimum et system, der kan advare om, at de irriterende krapyl huserer i haven i stort tal, inden man sætter sig derud, så man kan tage sine behørigte forholdsregler.

Sidstnævnte scenarie er ikke engang så science fiction-agtigt, som man skulle tro. Tre unge iværksættere har nemlig for nylig startet en virksomhed, FaunaPhotonics, der vil markedsføre et helt nyt produkt til at identificere flyvende insekter på lang afstand ved hjælp af laserlys. Med en samlet vægt på ca. 90 kg. og en forventet pris i omegnen af en million kroner er det dog ikke lige haveejerssegmentet, apparatet er møntet på, men i første omgang forskere og på længere sigt landbruget, oplyser de tre virksomhedsejere Mikkel Brydegaard Sørensen, Carsten Kirkeby og Frederik Taarnhøj.

Bestem insektet med laser

Ideen til teknikken fik Mikkel, der er fysiker, under sit arbejde ved Stellenbosch Universitet i Sydafrika. Princippet i instrumentet bygger på, at en laserstråle sendes ud i atmosfæren, og når den rammer et insekt, vil noget af lyset reflekteres tilbage mod laserradaren, hvor det kan opfanges af et teleskop og projiceres over på en sensor. Analyse af det tilbagekastede lys kan give et væld af informationer om insektet – fx om dets krops- og vingestørrelse og farve, om det er loddent eller glinsende, hvor hurtigt det slår med vingerne samt flyveretning. Hermed vil man altså kunne bestemme, hvilke insekter der fx flyver rundt ude på bondens mark (eller i baghaven for den sags skyld) – uden at skulle besvære sig med tidskrævende indfangning og undersøgelser af insekterne under mikroskop som ellers er standardmeddelelse til den slags.

Insekter som bier vil kunne opdages af instrumentet på en afstand af op til 10 km og myg mindst 2 km. Instrumentet er monteret på en trefod, der er motor- og computerstyret, så man kan i princippet skanne både 2D eller 3D alt efter behov.

Fra forskere til landmænd

Målgruppen er på nuværende tidspunkt forskere verden over, der fx arbejder med undersøgelse af insekter, der spreder malaria eller andre sygdomme, eller forskning inden for "bi-død" (colony collapse disorder). En af de udviklingsmæssige udfordringer er, at de insekter, der skal kunne genkendes, skal kalibreres ind i systemet først, hvilket kræver en masse indledende forsøg.



FaunaPhotonics består af biologen Carsten Kirkeby fra DTU Veterinærinstituttet (tv), Frederik Taarnhøj, iværksætter og MBA fra MIT (midt) og opfinderen af "insekt radaren" Mikkel Brydegaard Sørensen, der er fysiker ved Lunds Universitet og Norsk Elektro Optik.

Forskere vil typisk selv kunne kalibrere systemet, men skal instrumentet nå et bredere marked, skal det i sagens natur være mere brugervenligt og selvkørende ligesom prisen skal ned på et niveau, hvor den enkelte landmand kan være med. Landbruget er på længere sigt en oplagt målgruppe for instrumentet, da det her vigtigt at vide, hvilke sultne insekter der har kig på markerne. Denne viden kan være med til at reducere forbruget af sprøjtegifte, hvis man kan slå til, netop når insekterne ankommer, i stedet for at skulle sprøjte rigeligt og forebyggende. Også i forhold til at holde øje med de vigtige bestøvere kan instrumentet være af værdi for landbruget.

Mikkel, Carsten og Frederik forventer at kunne udbyde et færdigt system til salg næste efterår. Derefter står den på fortsat udvikling, så nye markeder vil kunne erobres. Måske kan vi myggeplagede haveejere derfor blot tålmodigt vente på, at FaunaPhotonics en dag vil kunne udbyde en discountversion af instrumentet til hjemmebrug...

Videre læsning: www.faunaphotonics.com ■