

Månen og tidevandet

- naturlige svingninger kan forklare ændringer
i havniveauet omkring Danmark

Bakterier kan frigøre os fra olie

Transistorradioen: øjenåbner og løftestang

Louis Pasteur og den spontane genese

Naturvidenskab eller ønsketænkning i åen

Mange års forsøg på at hindre oversvømmelser ved vandløb har ikke løst problemerne, snarere gjort dem værre. Vejen frem ligger i at respektere åens naturlove.

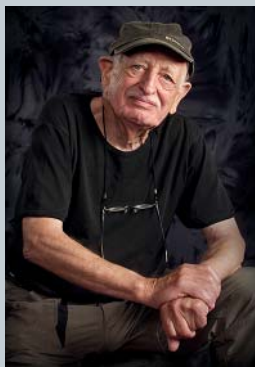


Foto: T. Wølk

Af Bent Lauge Madsen, Åmand emeritus exercens. bent@laugemadsen.dk

Videre læsning

Madsen, B.L.: Når marken bliver våd. Aktuell Naturvidenskab, 1-2008.

Madsen, B.L., 2010: The stream and beyond. In Eisel-tova (Ed.). Restoration of lakes streams, floodplains and bogs in Europe, 145-184.

Madsen, B.L.: Styr oversvømmelserne med langsomme vandløb. Aktuell Naturvidenskab, 5-2011.

Vi dyrker korn og bygger huse i den del af engen, som vi fra gammel tid har kaldt å-sengen. Her hører åen rettelig hjemme en gang imellem. Da vi skilte åen fra sin å-seng, vidste vi, at vi gjorde det på lånt tid. Lånet er ved at løbe ud. Åen kommer, ubønhørligt, oftere og oftere tilbage på besøg i sin gamle seng.

Denne naturens orden er vanskelig at acceptere, når afgrøderne drukner og sommerhuset sejler væk. 27. marts i år tog politikere fra blå blok affære med beslutningsforslag til Folketinget (B 145): Heri står bl.a., at »*Regeringen opfordres til at revidere lovgivningen, så det bliver muligt at tilpasse vandløbenes vandføringsevne.*»

Et påtrængende spørgsmål er: Tilpasses til hvad – den naturvidenskabelige virkelighed eller den politiske ønsketænkning?

Mens vandplaner, der handler om økologien, kan laves uden megen faglig skelen til naturlove, så kan vi ikke komme uden om dem i vandløbsloven, der handler om vandets afledning. Vi kan kun tilpasse åens vandføringsevne inden for de begrænsninger, naturlovene, fx tyngdekraften, sætter. Selv jurister må bøje sig: »*Vandløbene er underkastet naturlove, men samtidig af interesse for mennesker. Begge dele fører til, at bestemmelser, der træffes om vandløb, ad åre kan vise sig uhensigtsmæssige. En vandløbsrets afgørelse har derfor ikke samme retskraft som de fleste domme,*« skrev Flemming Tolstrup, professor ved Landbohøjskolen, i bogen *Vand og vandløb* fra 1970. Afgørelserne er altså midlertidige. End ikke ejendomsretten er hellig for åen. Den må flytte skel. Uden erstatning.

De mange oversvømmede marker ved åen tyder på, at den en gang giøvtige opdyrkning af åens nærmeste omgivelser »*ad åre har vist sig uhensigtsmæssig.*» Det er på tide, at marker og huse igen holder respektfuld afstand til åen.

Afstrømning med måde

Når en blikkenslager i det gamle Rom forgrenede blyrør, afstemte han de forskellige grenes radier efter hinanden, så vandet kunne løbe hensigts-

mæssigt. Princippet hedder i dag Murrays kubik-lov, og den er ikke til forhandling, når vi laver vandforsynings- eller kloaksystemer, eller når karkirurgen sætter nye blodårer ind. Åerne er en lige så vigtig del af vores infrastruktur som kloak-, og vandforsyningsnettet. Hvis åerne skal fungere hensigtsmæssigt, skal de behandles med samme respekt for deres naturlove.

Den naturlige å er sin egen blikkenslager. Åen konstruerer og vedligeholder selv sine løb. De er ikke bygget af fast metal, men af og på løs sand og ler, den selv har aflejret i å-sengen. Jo stærkere strøm, og jo større vanddybde, des mere sand kan åen løsne og flytte: Brinkerne skrider sammen, bunden rives op, sandet driver, vandet stiger. De problemer har åen på forunderlig vis selv styr på, når den får lov. Den minimerer kræfternes virke ved at forme en slynget, bred og lavvandet kanal, som den løber i »til hverdag«. Og den har en sikkerhedsventil, der modererer fx tårbrudsvandføringer, så de ikke buldrer uhammet og ødelæggende gennem åen: Åen er ikke dybere, end at vandet breder sig over kanten, inden kræfterne bliver for stærke. Her i den flade eng, å-sengen, står vandet i kø, til der igen bliver plads i åen.

En ny vandløbslov må præcisere, at vedligeholdelse skal arbejde med, og ikke imod, åens egne, formgivende kræfter. Og at vi må tilpasse vores brug af de ånære arealer efter vandløbenes naturlove. Vil vi i stedet fortsat påtvinge åen vore love, vil den stritte imod. Åen er utrættelig, så længe vand vil løbe nedad.

Skæbnefællesskabet

Vandløb hænger sammen fra kilde til udløb i havet. Beboerne ved et å-system har fælles skæbne, et centralt begreb fra de tidligste vandløbslove. Ændrer vi åen et sted, har det konsekvenser nedstrøms. En opstrøms kommune eller landmand kan måske afhjælpe egne problemer, men regningen i form af øgede oversvømmelser, sendes til kommuner og landmænd nedstrøms. Lad os i en ny vandløbslov få helhedsadministration af et vandløbssystem, baseret på de naturlige grænser i stedet for kommunegrænserne. Det turde vel være rimeligt at give nedstrøms kommuner flest stemmer, proportionalt med oversvømmelses-risikoens økonomiske konsekvenser. ■

Indhold

FORSKNING OG NYHEDER

Kort nyt.....	4
Månen og tidevandet - ingen påviselig effekt på havniveauet af global opvarmning	8
Naturen på kort – nye værktøjer målretter indsatsen for truede arter	12
Genetiske værktøjer kan redde truede bestande	16
Bakterier kan frigøre os fra olie	21

PERSPEKTIV, DEBAT OG SERVICE

Synspunkt: Naturvidenskab eller ønsketænkning i åen?	2
Louis Pasteur og den spontane genese	26
Transistorradioen – øjenåbner og løftestang.	30
Søværn og blåmuslinger	36
Universiteterne strammer op – rådgivning i "God videnskabelig praksis"	40
Hvad nu, hvis livet var helligt?	44
Bagsiden: Næse for den gode ide	52



Månen og tidevandet 8

- naturlige svingninger kan forklare ændringer i havniveauet omkring Danmark

Svingningerne i vandstanden i østlige Nordsø, Skagerrak, Kattegat, Bælthavet og sydlige Østersø de seneste godt 160 år kan forklares fuldstændigt ved summen af en række naturlige svingninger styret af Månen. Der er med andre ord ingen effekt af en global opvarmning.



21

Bakterier kan frigøre os fra olie

En gammelkendt industriel fermenteringsproces kaldet ABE-processen til bæredygtig produktion af kemikalier og brændstof er blevet aktuel igen. Det skyldes mulighederne for at "forbedre" de Clostridium-bakterier, processen bygger på.

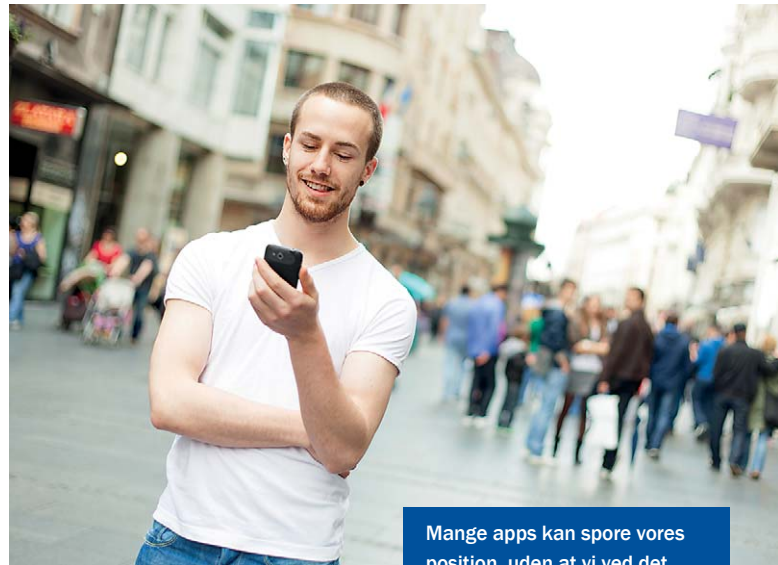
Apps kan overvåge din færden

Flertallet af apps i Android-telefoner har adgang til en liste af routere, som telefonerne scanner efter hvert 20. sekund. Det gælder også selvom man har slået wifi fra på sin telefon. Et nyt studie fra DTU Compute, som er baseret på et halvt års data fra 63 DTU-studerende, viser, at app-udviklere kan bruge wifi-informationer som lokaliseringsværktøj og finde ud af præcis, hvornår folk tager hjemmefra, hvornår de er på arbejde, og hvor de befinder sig i deres fritid.

Wifi-informationer kan let konverteres til information om ens geografiske position. Så selvom man siger nej til at en app kan spore ens lokation, så betyder dens adgang til wifi-informationer, at man kan lave præcis den samme sporing af vores bevægelser. Vel at mærke uden app'en har bedt om adgang til den information. Fordi vi ofte gør de samme ting hver dag, så dækker de 10 steder, vi besøger mest, 90 procent af vores tid.

Studiet er en del af forskningsprojektet Sensible DTU, hvor 1000 DTU-studerende er blevet udstyret med smartphones, mod at de donerer deres data til forsøget. De enorme mængder data, som det giver, kan bruges til at finde mønstre i menneskelige interaktioner. Men den massive dataindsamling har i dette tilfælde også givet forskerne indblik i, hvor meget man egentlig kan finde ud af om et menneske. Og dermed hvor mange muligheder virksomhederne, som producerer apps, har for at indsamle viden om os.

Sune Lehmann Jørgensen fra DTU Compute og hans kolleger tjekkede i februar 2015 de 20 mest populære spil på Google Play Store og fandt,



Mange apps kan spore vores position, uden at vi ved det.

Foto: Colourbox

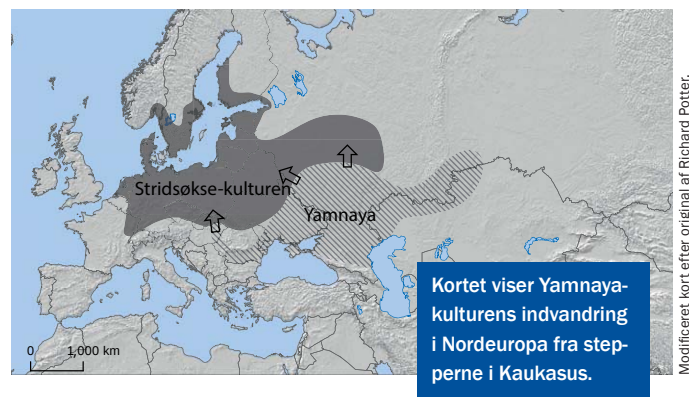
at 17 af dem havde adgang til wifi-informationer. Kun seks ud af de 17 spil gav en forklaring på hvorfor. Sune Lehmann understreger, at studiet ikke viser, om virksomhederne rent faktisk udnytter muligheden for at spore bevægelser. Men det viser, at det er meget let at gøre. Du kan downloade DTU Computes app Wifi Watchdog fra Google Play Store. Tore Vind Jensen, DTU. Kilde: PLUS One.

Da den moderne europæer blev født

Bronzealderen for ca. 5.000 – 3.000 år siden var en periode med store kulturelle omvæltninger. I et nyt studie publiceret i *Nature* beskriver forskere ved Center for GeoGenetik på Statens Naturhistoriske Museum, Københavns Universitet sammen med internationale kolleger, hvordan drivkraften til disse omvæltninger var folkevandringer. På baggrund af et rekordstort antal DNA-analyser fra bronzealder-skeletter (fra i alt 101 individer) har forskerne kunnet foretage en egentlig populationsgenetisk undersøgelse. Det er første gang at dette er gjort tilbage i tiden i så stort et omfang.

Hovedpointen er ifølge forskerne, at der med store folkevandringer i perioden sker ændringer i gen-puljerne, og at der i Europa sker en opblanding. Efter folkevandringerne ligner folk nord for Alperne genetisk set meget mere moderne europæere, end de gjorde før Bronzealderen.

Omskrivningen af det genetiske landkort begynder i tidlig Bronzealder for ca. 5.000 år siden. Fra stepperne i Kaukasus bevægede den såkaldte Yamnaya-kultur sig massivt vestover ind i Nord- og Centraleuropa og også i mindre omfang østover ind i det vestlige Sibirien. Yamnaya var kendetegnet ved et nyt system i forhold til bl.a. familie og ejendom. I Nordeuropa blandede Yamnaya sig med de stenalder-folk, der levede her i forvejen, og etablerede hen ad vejen Stridsøkskulturen, som genetisk set minder meget om os nulevende europæere nord for Alperne.



Kortet viser Yamnaya-kulturens indvandring i Nordeuropa fra stepperne i Kaukasus.

Modificeret kort efter original af Richard Potter.

For omkring 4.000 år siden opstår Sintasha-kulturen i Kaukasus. Deres sofistiskere nye våben og stridsvogne spreder sig hurtigt rundt i Europa, og området øst for Ural og langt ind i Centralasien koloniseres for omkring 3.800 år siden af Andronovo-kulturen. Forskernes undersøgelse viser, at denne kultur DNA-mæssigt har europæisk baggrund. I den sidste del af Bronzealderen og i begyndelsen af Jernalderen kommer østasiatiske folk til i Centralasien, og her sker der ikke en genetisk opblanding, men snarere en udskiftning. De europæiske gener i området forsvinder.

Uffe Gram Wilken, Center for GeoGenetik, Københavns Universitet.

Kilde: Allentoft, M. E. et al. *Nature* 522, 167–172 (2015)

Ny model vælger holdbare vindmøller

Et nyudviklet beregningsværktøj gør det lettere for vindmølleindustrien at vælge den optimale mølle til en given lokalitet. De nye metoder er udviklet i et Innovationsfondsstøttet samarbejde med erhvervs-postdoc Henrik Stensgaard Toft fra Aalborg Universitet og virksomheden EMD International A/S i hovedrollen. Beregningsværktøjet kan med stor nøjagtighed kvantificere belastningerne på møllen allerede i planlægningsfasen, hvor man typisk endnu ikke kender den præcise mølletype, men eksempelvis skal bestemme placering af vindmøllen.

Forskerne har foretaget utallige beregninger for at undersøge, hvordan vindmøllernes delelementer (tårn, rotor, nacelle, fundament og vinger) påvirkes ved forskellige vindforhold. Ud fra dem er der udviklet en responsmodel, hvor møllernes belastning under forskellige vindforhold kan estimeres på få sekunder i modsætning til i dag, hvor beregningerne tager adskillige timer at udføre og typisk kun kan foretages af eksperter med en meget detaljeret model af møllens design.

Ifølge ph.d. i geofysik Lasse Svenningsen fra EMD International A/S bliver det lettere at beslutte, hvor stærk en mølle man skal investere i. Det er vigtigt, når en enkelt vindmølle typisk koster over 20 millioner kroner og skal være en fornuftig investering med pålidelig drift i et par årtier.

Vindmølleindustrien kan anvende modellen til at effektivisere arbejdsgange, men den vil også blive brugt på universiteterne til bl.a. at undersøge, hvordan usikkerhed i vindforholdene påvirker møllens belastning. Samarbejdet mellem AAU og EMD International A/S har resulteret i en



Foto: Colourbox

række videnskabelige publikationer, og det kommer til at danne grundlag for videre forskning. Beregningsmodulet er solgt til flere aktører inden for vindmølleindustrien inklusive nogle af de større mølleproducenter.

Mette Kirstine Goddixen, journalist, Aalborg Universitet

Neutronkanon skal varme huse op

Materialeforskningens nye neutronkanon – European Spallation Source i Lund (som har været fyldigt omtalt i de seneste numre af *Aktuel Naturvidenskab*) – bliver i sagens natur lidt af en strømsluger. Når ESS kommer i fuld drift i år 2025 forventes hele faciliteten samlet at få et årsforbrug af el på 265 GWh. Der vil samtidig blive produceret en hel del overskudsvarme, men i stedet for at sende denne overskudsvarme ud til gråspurvne (som man gør på den amerikanske neutronkilde Spallation Neutron Source), skal overskudsvarmen genbruges til fjernvarme og eventuelt til drivhuse. Det skriver ugebladet *Ingeniøren*.

Ved at sælge al overskudsvarmen, beregnet til 253 GWh, til fjernvarmenettet i Lund kan give ESS en indtjening på 37 mio. kr. om året. En del af overskudsvarmen vil dog få en relativ lav temperatur, hvilket gør det nødvendigt at bruge yderligere elektrisk energi på at øge temperaturen, før den kan bruges i fjernvarmenettet. Derfor undersøger man ved ESS muligheden for at sælge den del af overskudsvarmen med højst temperatur til fjernvarmenettet, mens varmen med lavere temperaturer bliver anvendt til opvarmning af drivhuse eller landbrug på åben mark. Det vil også gøre det lettere for fjernvarmenettet at håndtere den store ekstra energikilde. Hvis al overskudsvarmen skal gå til fjernvarme, kan det blive nødvendigt at sammenkoble flere fjernvarmenet i hele regionen fra Helsingborg over Lund til Malmø.

CRK, Kilde: *Ing.dk*, 10. juni 2015.



Illustration: ESS/Team Henning Larsen Architects.

Stormskader kigges i kortene

Når en storm rammer Europa, står mange boliger tilbage med skader fra vindens hærgen. Men i Danmark bliver småhusene væsentligt hårdere ramt end i det øvrige Europa. Det undrer forsker Jens Johansson, der beskæftiger sig med wind engineering på Institut for Teknologi og Innovation ved Syddansk Universitet. Han har gennemgået syv ringbind fyldt med al den forskning, han kunne opdrive om stormes påvirkning af småhuse – og er nu ved at undersøge, hvor problemet opstår i dansk byggeri.

En rapport fra genforsikringsselskabet Munich Re, som forsikrer forsikringsselskaber, sammenligner hvor stor en del af bygningsmassen, der i et givent europæisk land tager skade under en storm med middelvinde på 25m/s. 25 % af danske boliger anses for at tage skade under en sådan storm, mens tallet er 20 % for Tyskland, 15 % for England, 7,5 % for Frankrig og 5 % for Holland.

Hvorfor det forholder sig sådan, må undersøges til bunds, mener Jens Johansson. Det har nemlig omfattende konsekvenser, når stormene rammer Danmark. Et overblik fra forsikringsselskaberne over skaderne fra de to storme Allan og Bodil i 2013 anslår over 900 millioner kroner i udgifter for at udbedre skader på private boliger – alene fra selve stormen og ikke fra oversvømmelser og lignende. Samme år fik 100.000 af Danmarks ca. 1,4 millioner huse udbetalt erstatning fra et forsikringsselskab – det svarer til 7 %.

Jens Johansson mener derfor, at der er behov for at se bredt på de mekanismer, der i sidste ende påvirker vores byggerier; simpelthen gennemgå systemet sten for sten og undersøge, hvorfor Danmark er hårdere ramt af stormskader end andre europæiske lande. Derfor er

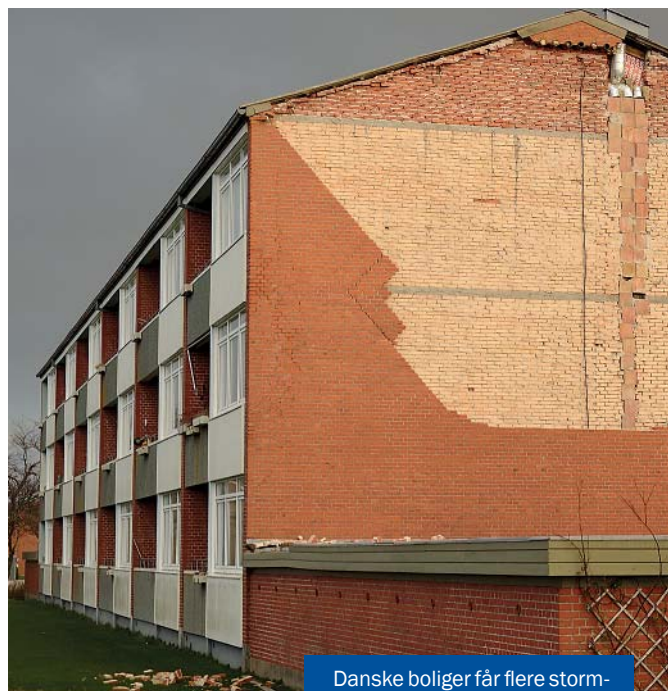


Foto: Colourbox

Danske boliger får flere stormskader end udenlandske?

han sammen med danske og internationale kolleger i gang med at lave målinger af vindtryk med sensorer, der bliver specielt udviklet til formålet. Målingerne foregår i første omgang i en stor vindtunnel hos Velux, og senere på huse i Danmark.

Mette Christina Møller Andersen, SDU-TEK

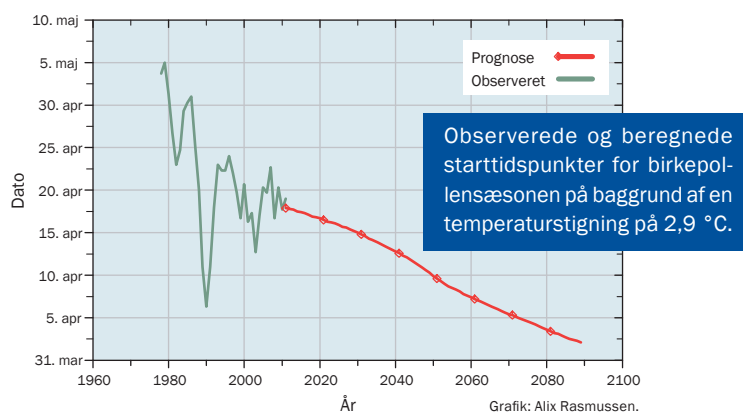
Varm fremtid truer allergikere

Når temperaturen stiger, får planterne generelt længere vækstsæsoner, fordi de oplever optimale vækstbetingelser i længere tid. Det betyder, at potentialet for at sætte flere pollen er til stede.

Klimafremskrivninger fra DMI varsler højere temperaturer i Danmark frem mod år 2100. Derfor ser fremtiden ikke just mildere ud for pollenallergikere. Det forklarer meteorolog og pollenekspert ved DMI, Alix Rasmussen.

»Et øget indhold af CO₂ i atmosfæren giver alt andet lige bedre vækstbetingelser for planter. Større nedbørmængder i forårsmånederne hjælper heller ikke pollenallergikere. Skal vi finde et lyspunkt i de dystre udsigter, så ligger den i sommernedbøren. Analyserne fra DMI viser, at sommernedbøren i Danmark aftager – og at der er tendens til, at tørkeperioder bliver af længere varighed. Den krølle kan græspollenallergikere måske finde lidt trøst i, fordi sæsonen for græspollen netop topes i sommermånederne.«

Generelt højere temperaturer giver også mulighed for, at nye planter indvandrer. For pollenallergikere er det i øjeblikket særligt bynke-ambrosie, der vækker gru. Danmark ligger på kanten af den meget allergifremkaldende plantes nuværende udbredelsesområde, og eksperter



vurderer, at en invasion er i gang. Naturstyrelsen anbefaler, at bynke-ambrosie rykkes op og sendes til afbrænding på forbrændingsanlæg.

»Udenlandske undersøgelser har vist, at bynke-ambrosie er i stærk vækst syd for os, og fra udlandet ved vi, at den skulle være meget potent og skyld i omkring halvdelen af de astmaanfald, som folk oplever,« siger Alix Rasmussen.

Niels Hansen, DMI



Efter fire år er stenene hjemsted for et mylder af liv.

Foto: Karsten Dahl

Europæisk pris til dansk naturgenopretning

Det danske naturgenopretningsprojekt *Blue reef* i Kattegat løb med en af Europa-kommissionens *Natura-2000*-priser, der blev annonceret i maj måned. Priserne blev lanceret i 2014 for at skabe opmærksomhed om det europæiske netværk af beskyttede *Natura-2000*-områder. Alene i Danmark har vi flere end 250 *Natura-2000*-områder.

Blue Reef-projektet handler om at genoprette og beskytte et ca. 2 km² stenrev i Kattegat ved Læsø (Læsø Trindel og Tønneberg Banke). Her er et i alt 81 km² stort område udpeget som habitatområde, og området er kendetegnet ved en række stenrev omgivet af sand- og grusbund. Stenrevene huser en mangfoldighed af dyrearter ligesom mange forskellige arter af tang vokser på revene. De danske stenrev har været intensivt udnyttet til stenfiskeri efter materialer til fx byggeri af moler og anlæg til kystsikring. Derfor er de blevet en sjælden og truet naturtype.

Blue Reef-projektet blev besluttet i 2006 i et samarbejde mellem Naturstyrelsen, Aarhus Universitet og DTU Aqua. I 2008 blev 86.000 tons sten fra et stenbrud i Norge fragtet til området på store pramme og udlagt i havet. Nogle steder er stenene lagt ud i et enkelt lag, mens de andre steder er bygget op med flere lag sten. Der er også skabt to revformationer, der markant rejser sig fra havbunden og skaber en masse huler og strukturer, som er værdifulde gemmesteder for en række fisk og for hummer.

I 2012 viste undersøgelser, at der allerede fire år efter udlægningen af sten var sket markante forbedringer. På de udlagte sten havde tangskoven allerede opnået en mangfoldighed og tæthed, der var større end hvad man havde observeret inden projektet blev sat i gang. Der blev



Foto: Naturstyrelsen

Norske sten udlægges i havet ved Læsø for at stabilisere og genskabe stenrev.

også fundet mange flere arter af bunddyr og fisk og ofte i et højere antal end tidligere.

Og nu er anstrengelserne så blevet anerkendt ved tildelingen af en af seks *Natura-2000*-priser. Blue Reef-projektet fik prisen inden for kategorien "conservation". I alt var der indstillet 93 projekter fra 24 medlemslande.

CRK. Kilder: <http://naturstyrelsen.dk/publikationer/2013/maj/laesoe-trindel> og http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/awards/index_en.htm

Månen og tidevandet

- ingen påviselig effekt
på havniveauet
af global opvarmning



Foto: Ricardo Reitmeyer/ Shutterstock

Svingningerne i vandstanden i østlige Nordsø, Skagerrak, Kattegat, Bælthavet og sydlige Østersø de seneste godt 160 år kan forklares fuldstændigt ved summen af en række naturlige svingninger styret af Månen. Der er med andre ord ingen effekt af global opvarmning.

De fleste ved, at det daglige tidevand styres af Månens øst-vest bevægelse omkring Jorden og Jordens rotation i Månens (og Solens) tyngdefelt. Det skaber en tidevandsbølge, der løber Jorden rundt en gang i døgnet. Dertil kommer spring- og nip-tidevand en gang om måneden, når Månen, Jorden og Solen står henholdsvis på linje og danner en ret vinkel.

Om forfatteren



Af Jens Morten Hansen,
statsgeolog
GEUS
jmh@geus.dk

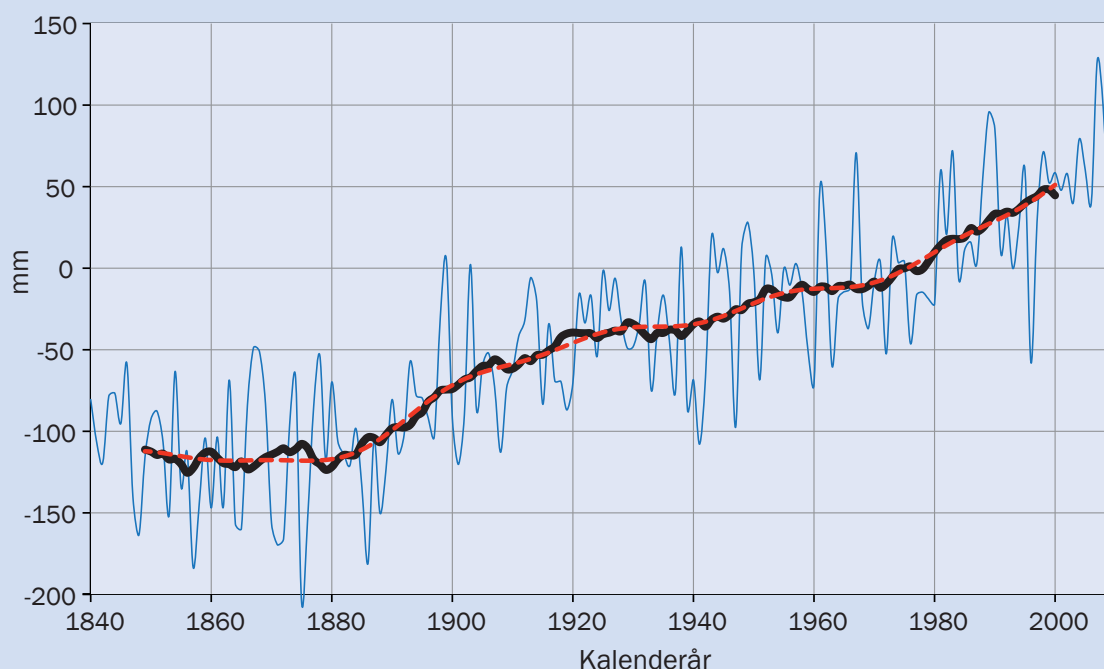
Men kun få er opmærksomme på, at Månen også har en nord-syd bevægelse i forhold til Jorden. Denne bevægelse kaldes Månens nodal-oscillation. Den tager 18,6 år og bevæger sig over ca. 35 breddegrader. Den giver også en tidevandsbølge, ikke en daglig bølge, men en på 18,6 år. Tidevandet fra denne bevægelse løber nord-syd og er stærkest omkring polerne.

Effekten af nodal-oscillationen er bl.a., at den havstigning efter 1970, der hævdes at være et resultat

af global opvarmning, kan forklares stort set restløst med denne periodiske forskydning af Månens tyngdefelt og denne forskydnings synkronisering og oceanografiske effekt på to andre velkendte periodiske svingninger, nemlig den såkaldte Atlantiske Multidekadale Oscillation (AMO) og den Nordatlantiske Oscillation (NAO).

Naturlige svingninger i havniveauet

Helt i overensstemmelse med klassisk bølgeteori har vi i to nyligt udkomne artikler vist, at Månens nord-syd bevægelse danner en 70 mm høj nord-syd bølge, og at denne bølge synkroniserer andre forekommende bølger, så deres periodelængde tvinges til at passe med hel- og halvtals faktorer (såkaldte multipler) af den dominerende bølges periode-længde. I alt har vi påvist 3 relativt store bølger og 2 små i østlige Nordsø til centrale Østersø, dvs. det område i verden, hvor man i længst tid og på flest stationer har målt tidevandet:



Figur 1. Kurverne på figuren viser: Fed sort linje: de observerede ændringer i havniveauet på de 26 målestationer midlet løbende over 19 år svarende til periodelængden af Månens nodal-oscillation. Rød stiplede linje: summen af de fundne harmoniske svingninger i vandstanden plus den fundne generelle stigning på 1,2 mm/år over hele perioden på 160 år. Tynd blå linje: Regionens årlige middelværdier (kortvarige udsving, der skyldes storme osv. de pågældende år).

Månens nodal-oscillation (LNO, Lunar Nodal Oscillation) flytter Månens tyngdefelt og giver en bølge i havniveauet med en periodelængde på 1 gange LNO (18,6 år). Bølgehøjden er 70 mm.

Den Nordatlantiske Oscillation (NAO, en periodisk svingning på ca. 60 år af lufttrykket), giver en bølge i havniveauet, der forceres til en periodelængde på 3 gange LNO (55,8 år). Bølgehøjden er 22,7 mm.

Den Atlantiske Multidekade Oscillation (AMO, en periodisk svingning på 70-80 år i havoverfladens temperatur), giver en bølge i havniveauet, der forceres til en periodelængde på 4 gange LNO (74,4 år). Bølgehøjden er 35,5 mm.

Dertil kommer to små periodiske svingninger i havniveauet med periodelængder på hhv. 1½ og 6 gange LNO. Bølgehøjderne er hhv. 8,5 og 8,0 mm.

Vi har vist, at summen af disse harmoniske svingninger svarer fuldstændigt til vandstandssvingningerne i østlige Nordsø, Skagerrak, Kattegat, Bælt-havet og sydlige Østersø. Korrelationskoefficienten er 0,997 og højere kan det vist ikke blive. Som nævnt er dette område bedre dækket af vandstandsmålinger end noget andet havområde i verden. For de 26 målestationer, hvor vandstanden har været målt i længst tid, kan vi påvise denne sammenhæng for hele perioden fra 1849, altså godt 160 år.

Derudover har vi påvist, at hele regionen er karakteriseret af en generel havstigning på 1,2 mm/år. Denne generelle stigning svarer fint til, hvad en række andre forskere har fundet. Vi viser, at den generelle havstigning kører gennem hele måleperioden på 160 år (se figur 1), og desuden kan eftervises i mange gamle strandlinjers højdebeliggenhed helt tilbage til ca. 1300, dvs. til begyndelsen af Lille Istid.

En opdagelse af betydning for klimadebatten

Med andre ord viser vi, at der endnu ikke er nogen påviselig effekt af menneskeskabt påvirkning af havniveauet i verdens bedst dokumenterede region. Derimod er der en række naturlige svingninger, der kan opløses i 5 naturlige, harmoniske svingninger, hvoraf de 3 største har velkendte, naturlige årsager (LNO, NAO og AMO). Alle svingningerne er også påvist andre steder i den nordatlantiske region, hvor man har lange måleserier.

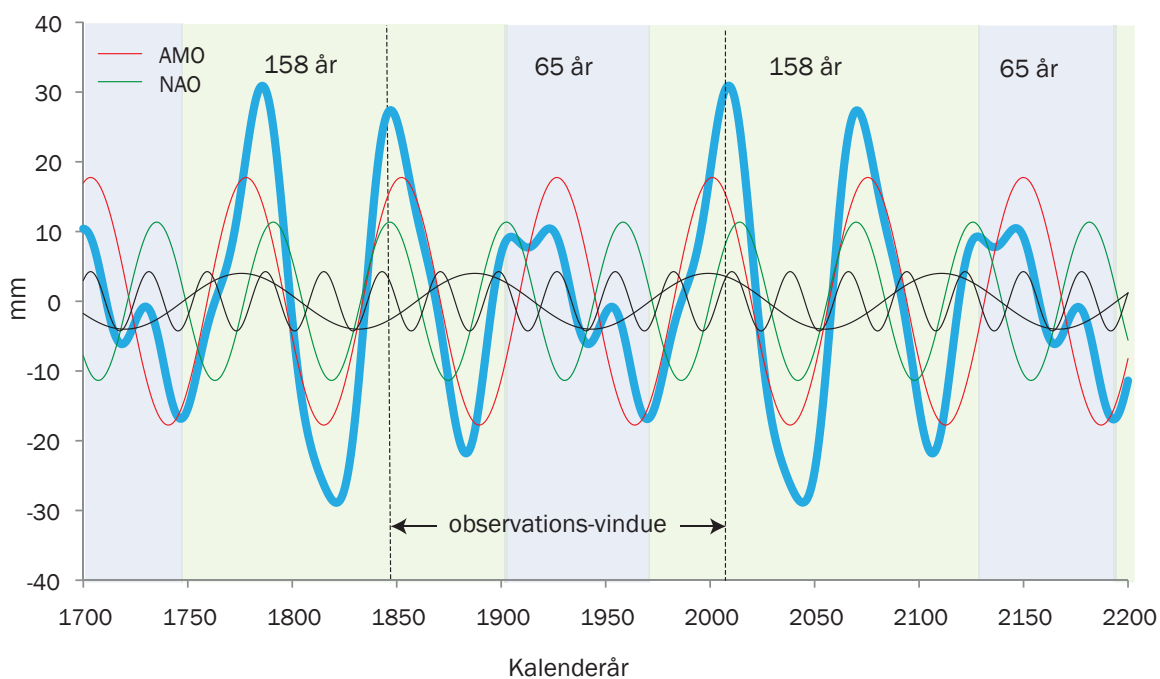
Hidtil har det internationale klimapanel (IPCC) vægret sig ved at tage sådanne langbølgede, naturlige svingninger i betragtning, bl.a. fordi det meste af IPCC's modeller og prognoser bygger på satellit-målinger, der ikke går længere tilbage end tidligst 1993. Vores opdagelse viser, at anvendelse af så korte måleperioder ikke giver mening, når man som IPCC fremskriver en stigning i havniveauet om 100 og 200 år uden at tage den langsigtede, naturlige udvikling i betragtning, herunder effekten af Månens nord-syd bevægelse.



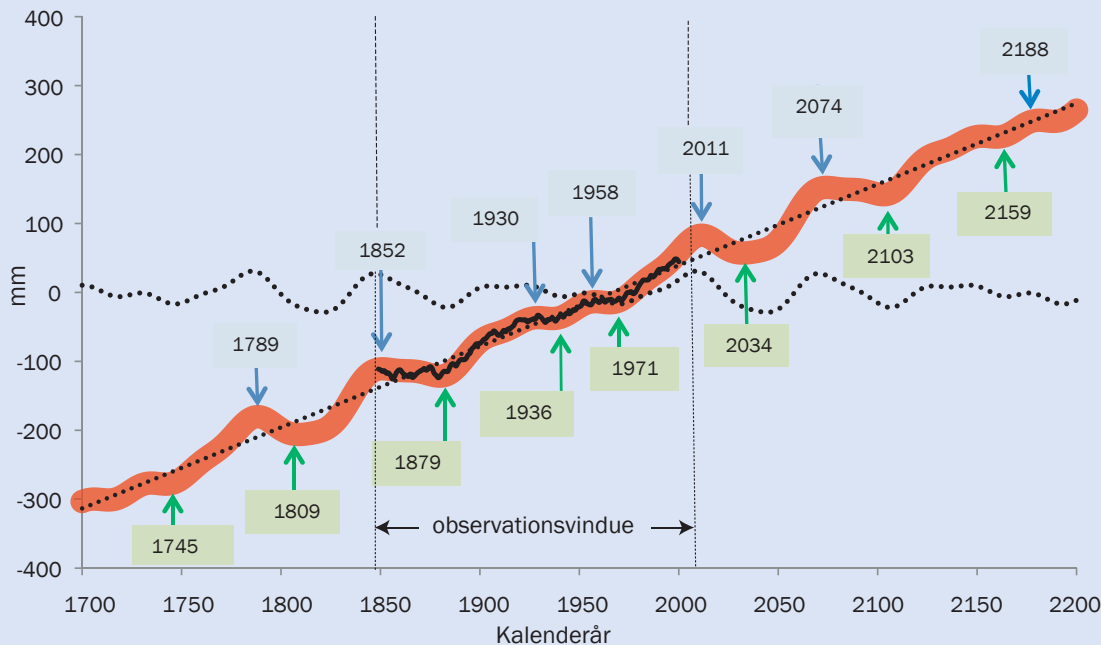
Foto: Jens Morten Hansen

Menneskeskabte klimaændringer får ofte skyld for usædvanlige begivenheder i vejr og vandstand. Stormfloden Bodil, der indtraf 6. december 2013, er ingen undtagelse. Billedet er fra forfatterens have ved Roskilde Fjord og er taget den 7. december 2013, da vandet var faldet ca. 75 cm. En fuldstændig tilsvarende stormflod indtraf i Roskilde Fjord den 1. januar 1921. Ved begge lejligheder stod vandet i Roskilde Fjord 2,15 m over daglig vandstand efter 5 dages kuling og storm fra sydvest. Det pressede ved begge

lejligheder vandmasser fra Vesterhavet op i Skagerrak og op i Botniske Bugt fra Østersøen. Derefter drejede stormen langsomt til nord og stuvede vandet op mod Sjællands og Fyns nordkyst fra Kattegat og Skagerrak, mens vandet samtidig blev sendt tilbage fra Botniske Bugt og Østersøen og stuvede op på sydsiden af Sjælland, Falster og Lolland. Den seneste naturlige kvasi-oscillation kulminerede i 2009-11 og den foregående kulminerede 1920-22 (se figur 2).



Figur 2. Figuren viser de observerbare kvasi-oscillationer i havniveauet (tyk streg), som er en sum af en række underliggende naturlige, harmoniske svingninger (tynde streger). Man ser, at kvasi-oscillationerne består af 65 års perioder med relativt små svingninger, hvor de to store harmoniske svingninger (NAO og AMO) er overvejende i modfase og derved stort set ophæver hinanden, og i 158 års perioder, hvor de er mere eller mindre i fase og derved forstærker hinanden.



Figur 3. Figuren viser med den fede røde kurve den naturlige udvikling i havniveauet, således som den kan bestemmes for perioden 1700-2200 ud fra fundet af de 5 naturlige, harmoniske oscillationer (løbende middelværdier for 19 års perioder). Fed sort linje er det observerede havniveau i den tid, hvor det har været målt på mange stationer i regionen (1849-nu). Stiplet ret linje er regionens generelle havstigning på 1,2 mm/år, mens den stiplede bølgelinje er summen af naturlige svingninger renset for den generelle havstigning, der kan føres tilbage til begyndelsen af Lille Istid, hvor der formentlig er sket en større ændring i det overordnede klimabillede.

Kvasi-oscillationer og den menneskeskabte "hockey stick"

Da periodelængderne af de 5 svingninger er 1, 1½, 3, 4 og 6 gange Månens nodal-oscillation (LNO), svinger de 5 oscillationer ikke i takt. I nogle perioder er de mere eller mindre i modfase (ude af takt) og neutraliserer derfor hinanden i et vist omfang. I andre perioder er de mere eller mindre i fase (i takt) og forstærker derfor hinanden. Herved danner de 5 oscillationer de svingninger, der kan observeres direkte på målestationer, dvs. såkaldte kvasi-oscillationer, der udover den direkte effekt af Månens nodal-oscillation har en bølgehøjde på ca. 70 mm. I alt vil der således over perioden på ca. 70 år forekomme naturlige udsving i havspejlets niveau på op til ca. 140 mm.

En af disse direkte observerbare kvasi-oscillationer begyndte omkring 1970 og har givet anledning til den udbredte opfattelse, at den observerede havstigning efter 1970 er udtryk for en menneskeskabt effekt (temperaturstigning og iskappesmeltning). I klimalitteraturen kaldes denne pludselige stigning i sidste del af 1900-tallet for en "broken stick" eller "hockey stick" og symboliserer således forestillingen om, at århundreders naturlige klimaudvikling skulle være brudt af industrialiseringen og stigningen i menneskets CO₂-udledninger. Men den observerede stigning 1970-2011 er fuldstændig for-

ventelig ud fra, hvad vi nu ved om tyngdeeffekten af Månens nord-syd bevægelse og denne bevægelses planmæssige synkronisering af andre naturlige, periodiske svingninger.

Forudsigelser af fremtidens havniveau

Da de fundne, naturlige svingningers bølgehøjde, periodelængde og kulminationsår kan beskrives nøje rent matematisk som en funktion af tiden, kan man anvende de identificerede svingninger til at fremskrive den naturlige udvikling i havniveauet. Herved fremkommer en kurve som viser, at havniveauet skal begynde at falde omkring 2011 (hvilket også er tilfældet) indtil omkring 2034, hvorefter det naturlige havniveau atter vil stige frem til omkring 2074. Endvidere kan man påvise en sammenhæng med fortidige ændringer i havniveauet (fx toppen i 1789) og helt tilbage til begyndelsen af Lille Istid.

Eventuelle fremtidige forskelle på vores kurve over det naturlige havniveaus udvikling og observerede havniveauer kan anvendes som mål for, om der fremkommer en ikke-naturlig effekt på havniveauet af en eventuel global opvarmning – og i givet fald, hvor meget det drejer sig om. Indtil nu er der ingen målbar effekt, idet afvigelser fra den matematisk beskrevne kurve og den målte maksimalt beløber sig til en acceleration på 0,0004 mm/år², sandsynligvis væsentligt mindre.

Videre læsning

Hansen, J.M., Aagaard, T. & Kuijpers, A. (2015): Sea-level forcing by synchronization of 56- and 74-year oscillations with the Moon's nodal tide on the Northwest European shelf (Eastern North Sea to Central Baltic Sea). *Journal of Coastal Research* (in print), published online February 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.2112/JCOA-STRES-D-14-00204.1>

Hansen, J.M. (2015): Sea-level effects of NAO and AMO: Synchronization and amplitude locking by the Lunar nodal oscillation in the North Sea and Baltic embayment. Chapter 5 in: Mörner, N.-A. (ed.): *Planetary Influence on the Sun and the Earth, and a modern book-burning*. Nova Science Publishers (in print), published online May 2015. https://dl.dropboxusercontent.com/u/25905471/LNO_amplitude_Locking_CH5_NOVA.pdf

Naturen på kort

– nye værktøjer
målretter indsatsen
for truede arter

Hvor findes de sjældne og truede arter i Danmark? Hvilke områder har størst naturværdi? Og kan man overhovedet tale om naturværdi i landbrukslandet? Her præsenterer vi to nye nationale kort, der fremover skal bruges i naturforvaltningen og i landbruget.

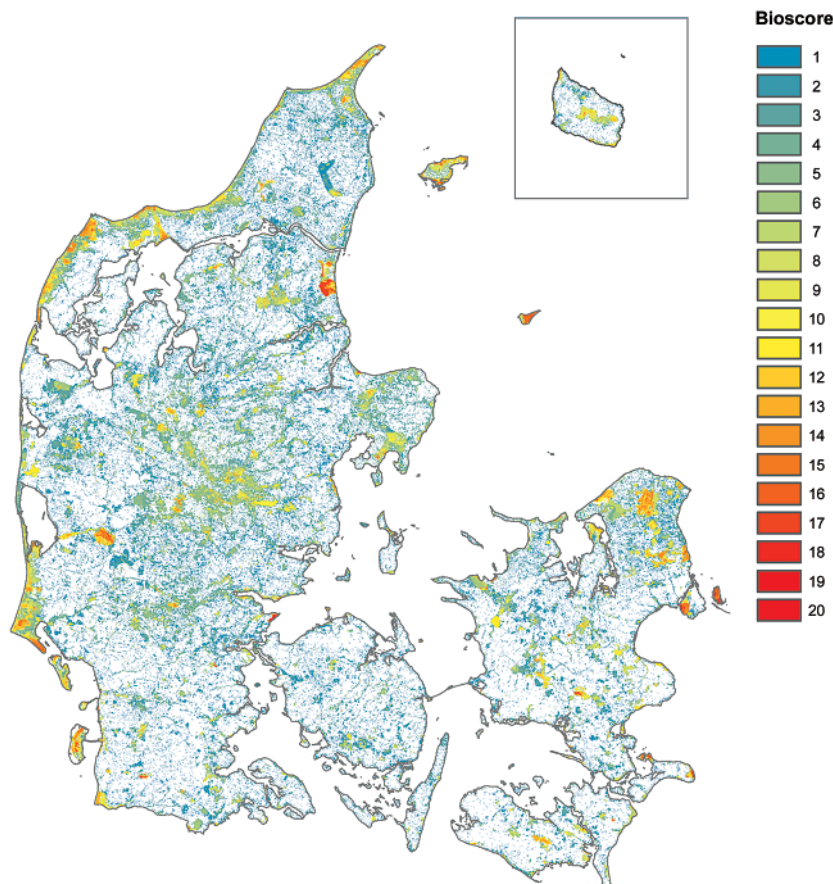
Ugrenet edderkopurt er en truet plante, der vokser få steder i Midtjylland og på Fyn. Dens levested er heder og overdrev.

Foto: Jesper Erenskjold Moeslund.

Biologisk mangfoldighed, sjældne og truede arter, naturbeskyttelse. Vi hører tit om det i medierne, og ofte er konklusionen den samme: Den danske natur er i ringe stand! Samtidig er tabet af biodiversitet netop udpeget af World Economic Forum (2015) som en af de ti største udfordringer for menneskeheden. Hvis vi vil bevare biodiversiteten, kræver det en effektiv naturforvaltning, hvor indsatsen prioriteres. Sådant en prioritering kræver viden om, hvor der er behov for en indsats, og hvilke indsatser der virker. Vi har manglet et overblik over, hvordan biodiversiteten er fordelt i Danmark, og derfor har det været svært at foretage en målrettet prioritering af vore arealer. Nu er vi imidlertid på vej i den rigtige retning: Det første landsdækkende kort over værdifuld natur i Danmark blev offentliggjort i efteråret 2014. Dette kort indikerer, hvor den gode natur er i Danmark og kan dermed bruges til at rangordne naturarealer. Kortet viser lokale områders værdi for de truede eller næsten truede arter i hele Danmark og har en geografisk opløsning, som modsvarer behovet i forvaltningen og planlægningen. *Biodiversitetskortet* dækker al natur med undtagelse af de yderste klitrækker og havet og skal bl.a. bruges som værktøj i kommunernes naturplanlægning. Derudover bruges kortet i en modificeret udgave, *HNV-kortet*, til tildeling af landbrugsstøttemidler. HNV-kortet dækker således ikke vandløb, søer og skove.

Hvor findes de sjældne og truede arter?

Biodiversitetskortet fokuserer på, hvor de sjældne og truede arter findes, fordi det er de truede arter, vi først og fremmest skal rette indsatsen mod, selvom de almindelige arter udgør en større andel af den samlede biodiversitet. Hvis vi vidste præcist, hvor alle de sjældne og truede arter befandt sig, ville det være nemt at lave et landsdækkende kort over områder med flest truede arter. Herudfra kunne man prioritere den generelle naturforvaltningsindsats og landbrugsstøttemidlerne til de bedste af disse områder. Imidlertid er vores viden om udbredelsen af arter og deres levesteder så mangelfuld, at hvis vi udelukkende anvendte dén viden, ville vi få et kort over fordeling af naturværdi/biodiversitet, der ville være særdeles ukomplet i store dele af landet. Derfor har vi valgt at supplere viden om arter med viden om egenskaber ved arealerne, som kan sandsynliggøre, at der er tale om levesteder for truede arter. Eksempler er stejle skrænter, kystnære områder og beskyttede naturområder, der alle sandsynliggør, at arealer har været undtaget fra intensiv landbrugsdrift og dermed sandsynligvis har en høj naturværdi. Sådanne data er heldigvis let tilgængelige og findes i fin geografisk opløsning for hele landet. De vil dog naturligvis rumme mange områder, som viser sig ikke at være vigtige levesteder for arter, men de kan bruges til at spore sig ind på områder, som ellers ville være bare pletter på kortet, fordi ingen har været forbi og undersøge artsdiversiteten.



Det endelige Biodiversitetskort er farvelagt i forhold til bioscoren/biodiversitetsværdien (varmere farver = højere biodiversitetsværdi; hvid = arealer, hvor biodiversitetskortet ikke er defineret fx bebyggelse og veje).

Ved at bruge information om arealernes egenskaber sammen med den viden, man nu engang har om nogle af arternes faktiske levesteder, får man et kort, der dækker hele landet langt bedre end ved udelukkende at bruge sidstnævnte.

Biodiversitetskort for Danmark

Regeringen lancerede i 2014 Naturplan Danmark for at imødekomme Danmarks forpligtelse til inden 2020 at stoppe tilbagegangen af biodiversitet. Biodiversitetskortet indgår i Naturplan Danmark og er udarbejdet af Institut for Bioscience, Aarhus Universitet og Center for Makroøkologi, Evolution og Klima, Københavns Universitet på foranledning af Naturstyrelsen. Biodiversitetskortet er det hidtil mest omfattende kort over, hvor der i Danmark findes områder med høj biodiversitet. Den største udfordring i at kortlægge den danske biodiversitet er, at vi ikke har fuld viden om, hvor de sjældne og truede arter lever. Biodiversitetskortet er derfor lavet ved at sammenstille en række informationer, der er gode til at indikere levesteder for sjældne og truede arter. For at gøre kortet enkelt og gennemskueligt er det samlede kort lig med summen af en række selvstændige datalag, som hver især øger sandsynligheden for høj naturværdi. Således udgør hver af følgende parametre et lag i det samlede

Om forfatterne



Ane Kirstine Brunbjerg, postdoc, School of Geography, Earth and Environmental Sciences University of Birmingham. akb@bios.au.dk



Jesper Bladt, seniorrådgiver jeb@bios.au.dk



Jesper Erenskjold Moeslund, forsker jesper.moeslund@bios.au.dk



Rasmus Ejrnæs, seniorforsker, rasmus@bios.au.dk

De sidste tre er ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Hvordan upræcise artsfund gøres præcise

I forbindelse med udarbejdelse af Biodiversitetskortet og HNV-kortet var det nødvendigt at inddrage så meget data som overhovedet muligt for at give det mest retvisende billede af den geografiske fordeling af sjældne og rødlistede arter.

Der er utrolig mange data om artsfund i store databaser som Naturbasen (fugleognatur.dk) og DOFbasen (Dansk Ornitologisk Forening). Desværre er meget data ikke særlig brugbart i projekter, som kræver høj geografisk præcision – fx fordi artsfund ved indtastningen er knyttet til ret store områder (fx Rold Skov), og derfor ikke kan knyttes til deres reelle levested (det kunne være et lille hjørne eller et enkelt træ i Rold Skov). Upræcise data kan ikke bruges til at vurdere og prioritere konkrete naturområders beskyt-

telses- og forvaltningsbehov, fordi man reelt ikke ved, hvor arterne lever.

I stedet for at smide store mængder data væk, fordi de er upræcise, brugte vi dem som udgangspunkt for en ekspertvurdering af arternes nuværende udbredelse. De fleste virkelig gode eksperter kender de artsgrupper (fx dagsommerfugle, svirrefluer, padder), som de har beskæftiget sig med i årtier rigtig godt. Derfor kan de også – givet en upræcis stedangivelse – med stor sikkerhed sige præcist, hvor arten forekommer i det givne område. Vi bad udvalgte eksperter om, på baggrund af de upræcise data for sjældne og truede arter, at indtegne de præcise leveområder vha. Google Earth og angive, hvor sikre de var på deres indtegnning. I de fleste tilfælde var eksperterne mere end 95 % sikre på det indtegnede levested.



Engperlemorsommerfugl er en truet sommerfugl. Den lægger sine æg på én eneste planteart (Almindelig mjødurt).

Foto: Ane Kirstine Brunbjerg.

kort: lavbundsområder (fx ådale), stejle skråninger, kystområder (< 1 km fra kysten), beskyttede naturområder (moser, enge, heder, overdrev, strandenge, søer og vandløb), ekstensiv drift som fx brakmarker og græsmarker med lavt udbytte, økologisk drift, naturandelen i landskabet omkring et givet areal, tilstedeværelse af karakteristiske plantearter, tilstedeværelse af rødlistede arter og andre arter, som prioriteres i EU. For nogle artsgrupper har vi bedt artseksperter om at tolke de eksisterende funddata og omsætte artsobservationer til egentlige formodede levesteder. Derudover indeholder Biodiversitetskortet informationer, som specifikt retter sig mod det akvatiske miljø (søer og vandløb) samt skovene. Desuden foretages der en vægtning af arterne, sådan at den største vægt i kortet gives til de arter, som er mest truet og til de forekomster, som er mest sikre (konkrete levesteder med høj sikkerhed tæller højere end sandsynlige levesteder eller leveområder uden sikker konkret arealtilknytning). Biodiversitetskortet er lavet i en opløsning på 10×10 m.

National prioritering i kvadratnet

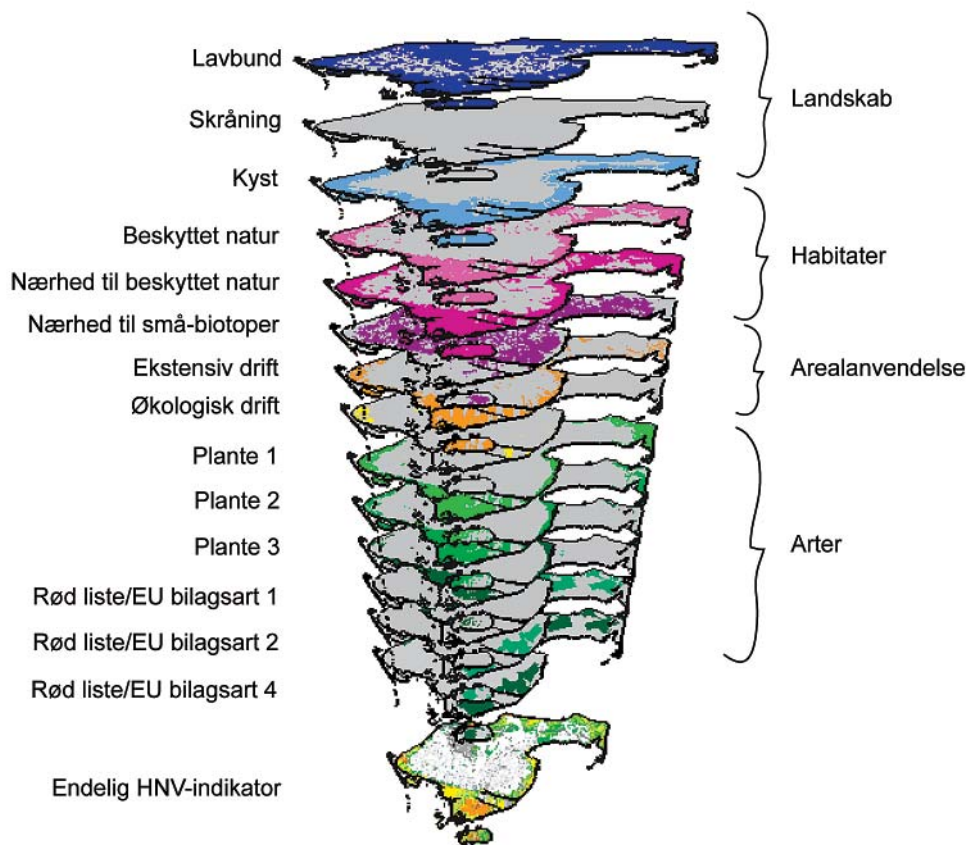
Udover tildeling af point efter arter og indikatorer på 10×10 m skala indgår der i Biodiversitetskortet også en national prioritering af naturområder på 10.000×10.000 m baseret på såkaldte kvadratnetdata. Ved at operere på denne skala kan man antage, at man ved, om en art forekommer i et konkret kvadrat eller ej. Denne antagelse gør det muligt at inddrage områdernes forskellighed direkte i en systematisk prioritering. Man kan bl.a. udpege regioner, som er nationalt vigtige, fordi de huser unikke arter. Mere generelt kan man udpege de områder (kvadrater), som tilsammen dækker flest mulige truede arter på flest mulige levesteder steder i Danmark indenfor et givet samlet naturareal.

Man kan således få et nationalt overblik over hvilke overordnede regioner, det kan være klogt at prioritere først.

Biodiversitetskortet viser det hidtil bedste bud på, hvor der er høj biodiversitet i Danmark. Kortet rummer en stor detaljegråd og kan således også bruges til lokalplaner og -forvaltning, idet man kan se, præcist hvor man kan forvente at finde høj biodiversitet; generelt drejer det sig om Jyllands nordvestkyst, det midtjyske højland, Lille Vildmose, Djursland, Borris Hede, Kongernes Nordsjælland, Saltholm, sydvest-Amager, Høje Møn og mindre områder spredt i landet.

HNV-kortet – landbrug med høj naturværdi

HNV står for High Nature Value (HNV), og konceptet er udviklet i erkendelse af, at landbrugsområder, der ikke dyrkes intensivt, udgør vigtige levesteder for en stor del af de arter, der findes i Europa. Når jorden dyrkes ekstensivt er inputtet pr. mark (fx i form af gødning, sprøjtemidler, arbejdskraft eller brug af maskiner) lavere end i intensivt landbrug. Mens der i nogle lande findes udstrakte bjergregioner, hvor den eneste mulige landbrugsdrift er ekstensiv græsning, har vi i Danmark ingen bjerge. Her ligger de ekstensive landbrugsarealer, der har højest værdi for biodiversiteten, typisk som små mere eller mindre isolerede områder fx i form af enge eller moser, oftest i ådale og langs kysterne. Som et led i Biodiversitetskonventionens 2020-målsætning om at bremse tilbagegangen i biodiversitet, ønsker EU at skabe et økonomisk incitament hos den enkelte landmand for at bevare disse vigtige levesteder. Derfor har man forpligtet medlemslandene til at udvikle et nationalt HNV-kort, der udpeger, hvor den gode natur er i landbrugslandet. Ifølge EU's vejledning kan High Nature Value



Figuren viser de 14 del-indikatorer for HNV for Læsø som eksempel: Del-indikatorerne er kategoriseret i strukturer, der relaterer til landskab, habitat, arealanvendelse og arter. Farvede områder indikerer grid-celler med 1 point, grå celler indikerer 0 point. Det endelige HNV-kort er farvelagt i forhold til summen af de 14 lag (varmere farver = højere HNV-værdi; hvid = arealer hvor HNV-kortet ikke er defineret fx bebyggelse, veje og intensivt dyrkede marker).

i et landbrugsperspektiv beskrives ved hjælp af tre overordnede komponenter: 1) Ekstensiv landbrugsdrift, 2) halvnaturarealer og 3) mosaikstrukturer i landskabet. Dertil kommer områder, som er særlige levesteder for sjældne eller beskyttelseskrævende arter. På grund af de store natur- og landbrugskulturforskelle indenfor Europa er det i store træk op til de enkelte medlemslande at udvikle et kort, der giver mening i det pågældende land og som kan indgå i planlægning og prioritering af landbrugsstøtten. Med udgangspunkt i EU-kommissionens retningslinjer har forskere og rådgivere fra Institut for Bioscience ved Aarhus Universitet modificeret Biodiversitetskortet til et dansk HNV-kort, som giver information om, hvor god naturen er i alle 10×10 meter kvadrater på landbrugsarealer i hele Danmark.

Kort i mange lag

Til kortet har vi udvalgt data, som på den ene eller den anden måde relaterer til EU's retningslinjer for HNV. Derudover har vi anvendt eksisterende viden om beliggenheden af levesteder for truede og sjældne arter. Ligesom for Biodiversitetskortet er det samlede HNV-kort summen af en række selvstændige datalag som fx kystområder, stejle skråninger og ekstensiv landbrugsdrift. I HNV-kortet tæller tilstedeværelse af små-biotoper i landbrugs-

landet som fx læhegn også positivt for naturværdien. I modsætning til Biodiversitetskortet indgår søer, vandløb og skov ikke i HNV-kortet, ligesom der ikke sker nogen vægtning af artsudbredelser. I det endelige HNV-kort har hvert 10×10 m kvadrat en HNV-score. En del af EU's landbrugsstøttemidler fordeles efter landbrugsarealernes HNV-score. Mindst fem af kortkomponenterne skal være til stede på et areal (= HNV-score på 5), før en landmand kan søge landbrugsstøtte til arealet. Støtten tildeles til de bedste arealer først (dem med højst score), så jo højere score, jo større er sandsynligheden for at få støtte.

Hvad kan vi bruge landsdækkende kort til?

Ved at skabe fokus på Biodiversitetskortet og HNV-kortet håber vi, at landmænd, lodsejere og andre naturinteresserede vil følge udviklingen af kortene og endnu vigtigere: tage ansvar og bidrage til den løbende indsamling af data om arters forekomster. Herved kan kortene opdateres og forbedres i takt med, at reel viden om forekomst af sjældne og truede arter øges. Vi forventer, at kortene med tiden mere og mere præcist kommer til at afspejle fordelingen af høj naturkvalitet i Danmark, samtidig med at bevidstheden om naturforvaltning og sjældne arter øges, og at vigtige levesteder for sjældne arter bevares.

Forslag til yderligere læsning
Anon. 2009. The Application of the High Nature Value Impact Indicator 2007-2013. http://ec.europa.eu/agriculture/rurdev/eval/hnv/guidance_annexes_en.pdf

Ejrnæs, R. et al. 2012. Udvikling af en High Nature Value (HNV) indikator. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 40. www.dmu.dk/Pub/SR40.pdf

Ejrnæs, R. et al. 2014. Biodiversitetskort for Danmark. Udviklet i samarbejde mellem CMEC, KU og BIOS, AU. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 112. <http://dce2.au.dk/pub/SR112.pdf>

HNV-kortet: omtale på NaturErhvervsstyrelsens hjemmeside: <http://naturerhverv.dk/landbrug/natur-og-miljoe/hnv-kortet-high-nature-value/>

World Economic Forum 2015: www.usatoday.com/story/news/world/2015/01/15/global-risks-report-2015-world-economic-forum/21794757/

HNV-kortet kan ses på Danmarks Miljøportal: <http://arealinformation.miljoportal.dk/distribution/>

Biodiversitetskortet kan ses på <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=miljoegis-plangroendk>

Genetiske værktøjer kan redde truede bestande

Forfatterne



Astrid Vik Strønen,
postdoc
Institut for Kemi og
Bioscience,
Aalborg Universitet
avs@bio.aau.dk



Cino Pertoldi,
professor mso
Institut for Kemi og
Bioscience,
Aalborg Universitet, og
Aalborg Zoo
cp@bio.aau.dk



Torsten Nygård Kristensen,
professor mso
Institut for Kemi og
Bioscience,
Aalborg Universitet
tnk@bio.aau.dk

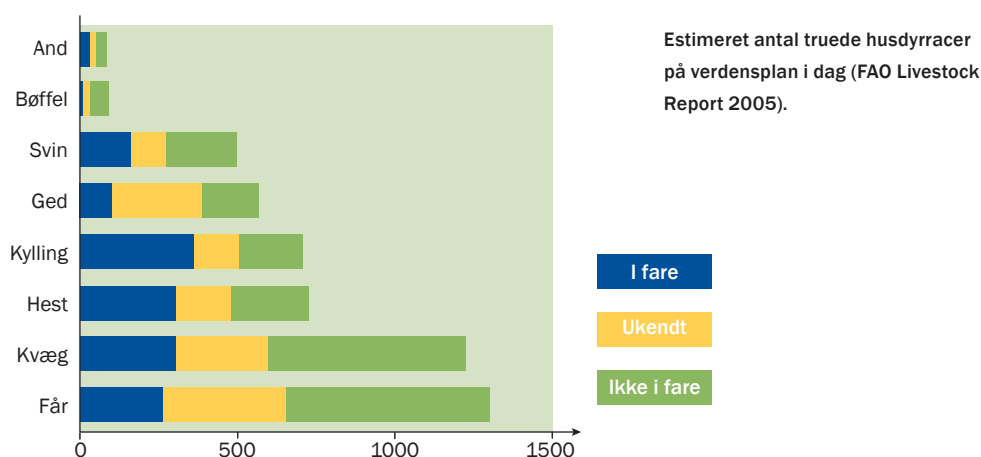


Jysk kvæg (foto: Iben Ravnborg Jensen)

Mange populationer af vilde dyr og husdyr er truede af udryddelse. Genetiske landvindinger, der gør det muligt at se på hele genomer fremfor nogle få gener, kan hjælpe i arbejdet med at bevare de truede dyr.

Et stigende antal arter og populationer i naturen er truede og i fare for at uddø. Hovedårsagen er ofte tab af egnede levesteder, som splitter populationerne op i små, fragmenterede og sårbare grupper. Vil vi bevare den biologiske mangfoldighed, er det ikke kun vigtigt at bevare arterne: Det er også vigtigt at bevare den genetiske variation indenfor arterne, da genetisk variation gør det muligt for arterne at tilpasse sig over tid. Lokale populationer af vilde dyr kan have vigtige egenskaber som høj modstandsdygtighed overfor specifikke sygdomme og parasitter, opstået ved tilpasning til lokale og potentielt stressende forhold gennem naturlig selektion. Derfor kan lokale populationer være vigtige for arternes overlevelse på langt sigt.

Nøjagtig det samme gælder for husdyr – her er det også vigtigt at bevare den genetiske variation. Oprindelige racer af husdyr kan være særligt tilpassede lokale forhold, fx er husdyrpopulationer i Norden gennem generationer selekteret for egenskaber, der har gjort dem i stand til at tolerere den kolde og våde vinter efterfulgt af et kort forår og sommersæson. Men disse racer kunne ikke matche “produktionsegenskaberne” i mere vidt udbredte racer, der blev fremavlet, da udviklingen af landbruget for alvor tog fart efter 2. verdenskrig. Derfor er en række lokale husdyrpopulationer i dag i fare for at blive udryddet. De oprindelige racer kan besidde egenskaber (gener), der kan vise sig vigtige i fremtiden – fx hvis dyrene må tilpasse sig et ændret klima eller i forbindelse med produktion af



særlige produkter. Det er blandt incitamenterne til at bevare disse oprindelige racer.

Fra bevarings-genetik til bevarings-genomik

Heldigvis er der meget, der kan gøres, for at mindske tabet af genetisk variation indenfor og mellem arter – både i naturen og i husdyrpopulationer. Dette arbejde trækker på de mange teknologiske fremskridt inden for genetikken og molekylærbiologien, som har revolutioneret forståelsen af komplekse egenskaber. Forskningsfeltet “bevaringsgenetik” afløses i stigende grad af “bevaringsgenomik”, som er et nyt forskningsfelt i rivende vækst. I bevaringsgenomik fokuserer man på hele eller store dele af genomet (dvs. det samlede genetiske materiale) fremfor på enkelte gener.

Fælles genetiske udfordringer for alle små bestande gør, at vi kan drage nytte af viden om vilde populationer i arbejdet med at bevare husdyr og vice versa. I naturen kan man normalt ikke styre, hvilke dyr som reproducerer og med hvem. Indenfor husdyravl har man derimod lang erfaring med at udnytte information fra stamtavler til at styre avlen – ofte med højere produktion for øje. Analyseværktøjer, som er udviklet til brug i husdyravlen, kan udnyttes i arbejdet med at reducere tabet af genetisk variation i vilde populationer med kendt slægtsskab. Med genomiske data kan man dog meget mere. Fx kan man vurdere, hvilken af to helsøskende med samme køn der vil være mest egnet som forælder, hvis målet er at maksimere den genetiske variation i den næste generation eller at fremme givne egenskaber. Hvis man kun ser på stamtæret, vil helsøskende af samme køn have samme genetiske værdi. Men når vi kigger nærmere på dyrenes gener, har den ene måske arvet et gen, der bidrager til modstandsdygtighed overfor sygdom eller øget mælkeproduktion, mens den anden ikke har.

Genetisk redning i naturen

I arbejdet med at bevare vilde populationer har genomiske data bidraget til et gennembrud i for-

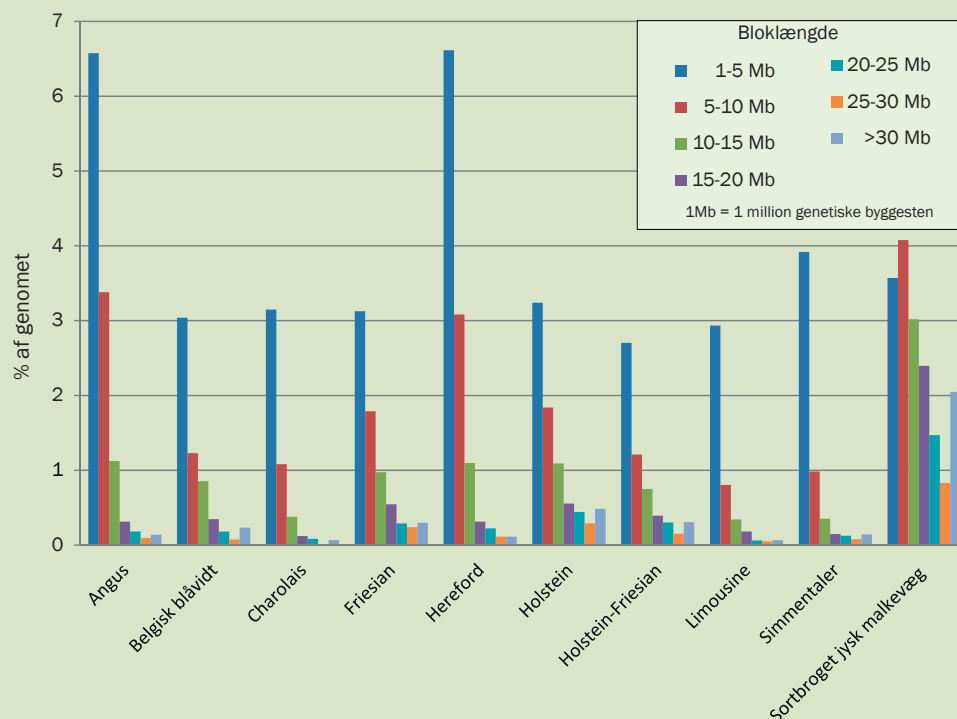
valtningen. Ud fra genomiske profiler kan man få information om slægtsskab mellem individer og derudfra konstruere stamtætræer og vurdere populationers størrelse. Alt sammen kan foregå uden at forstyrre dyrene, da der er udviklet teknikker til at ekstrahere DNA af god kvalitet fra fx hår og afføring. Informationen kan derefter bruges til at identificere populationer, hvor den genetiske variation er faretruende lav.

Man har en del erfaringer med “genetiske redningsaktioner” af truede vilde populationer, hvor man har tilført individer fra lignende (og om muligt, geografisk nært beliggende) habitater for at øge den genetiske variation og antallet af individer og dermed populationens chance for at overleve. Fx lavede man i 1990’erne en sådan redningsaktion for Florida-panteren, en underart af panter. Der var dengang kun få individer af Florida-panteren tilbage, og en stor andel led af indavlsdepression i form af morfologiske abnormaliteter og lav reproduktions-ejne. Beslutningen om at tilføre populationen individer fra en anden underart var kontroversiel. Specielt fordi man måtte helt til Texas, hvor både klima og habitat generelt er anderledes, for at finde den nærmeste donorpululation. Projektet synes alligevel at have været vellykket, og panterpopulationen og dens udbredelse i Florida er nu øget.

Husdyr og genetisk redning

I dag er der stigende interesse for de unikke genetiske varianter og egenskaber, som findes i de lokale husdyrracer. Et dansk eksempel er sortbroget jysk malkekvæg, som var vidt udbredt i Jylland fra midt-lalden og indtil midten af 1900-tallet. Vi har undersøgt genomet fra en nulevende linje af denne race (Kortegaard-linjen). Specifikt har vi studeret såkaldt homozygote blokke i genomet, hvilket er sammenhængende områder, hvor et givet individ har modtaget de samme alleler (dvs. den samme variant af et givet gen) fra begge forældre. Disse blokke kan have varierende længde, og længere segmenter tyder på indavl, som er foregået indenfor de

Resultater fra analyser af homozygote blokke



Figuren viser et estimat af den gennemsnitlige procentdel af genomet, som udgøres af homozygote områder; altså områder hvor de samme alleler er modtaget fra begge forældre, og der derfor ikke er nogen variation. Disse områder er i figuren delt op i forskellige bloklængder. Som eksempel viser figuren, at genomet i den undersøgte bestand af kvægracen Angus i gennemsnit består af ca. 6,5 % homozygote områder (mørkeblå kolonne) med længde på 1-5 megabaser (1-5 milli-

oner genetiske byggesten). Lange blokke er et typisk tegn på nylig indavl. Det sortbrogede jyske malkekvæg af Kortegaardlinjen har en høj andel af de lange segmenter (> 10 Mb) sammenlignet med kvægracer som Angus, Belgisk blåhvid, Charolais, Friesian, Hereford, Holstein, Holstein-Friesian, Limousine, og Simmentaler.

seneste generationer, mens kortere segmenter skyldes tidligere episoder med stærk indavl. Homozygote blokke kan også opstå, når bestande bliver grundlagt på baggrund af relativt få individer. Det vil komme til udtryk i form af mange korte homozygote blokke. Undersøgelsen af Kortegaardlinjen viste, at denne linje har langt flere områder i genomet med lange homozygote blokke end andre undersøgte kvægracer, hvilket tyder på stærk indavl indenfor de seneste 10-20 generationer.

Med detaljerede genom-profiler kan man udforme avlsplaner, som mindsker tabet af genetisk variation i populationen. For Kortegaardlinjen vil det i praksis sige, at man kan planlægge parringen, således at slægtskabet mellem dyrene i fremtidige generationer reduceres mest muligt. I forbindelse med et sådant avlsarbejde er det vigtigt at kortlægge individer med unikke og sjældne gener, således at disse prioriteres i avlsarbejdet, samtidig med at man inkluderer en balanceret repræsentation af afkom fra de dyr, som repræsenterer linjens egenart. En sådan detaljeret kortlægning af store områder af genomet fra et stort antal dyr er midlertidig omfattende og kostbart. Et

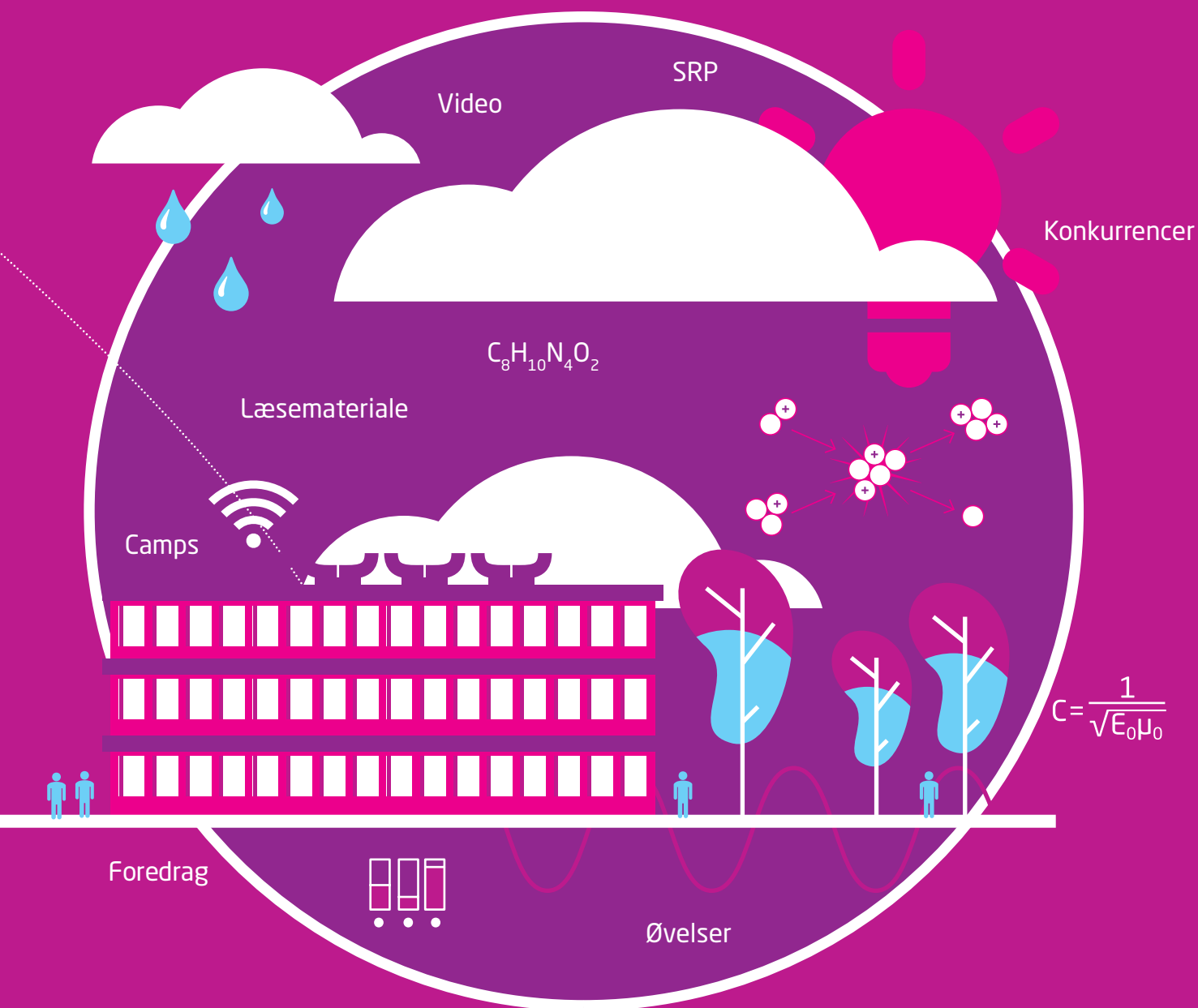
vigtigt redskab for Kortegaardlinjen og husdyrpopulationer generelt er derfor muligheden for at udvælge en mindre men repræsentativ samling af genetiske markører og benytte disse som målestok for genetisk variation, når man planlægger fremtidens avlsarbejde.

Norsk lundehund

Et interessant eksempel på konkret anvendelse af genetisk redning hos husdyr er avlsarbejdet med Norsk Lundehund; en spidshunderace fra den norske kyst, hvor den traditionelt blev brugt til at jage lunder (søpapegøjer). Lundehunden bruges ikke længere til den traditionelle jagt, men der er stor interesse i at bevare racen og dens unikke udseende og egenskaber, som blev fremavlet, så den kunne bevæge sig adræt på stejle fjeldskrænter.

Der er en ekstrem høj grad af indavl hos lundehunden – sandsynligvis stammer den nulevende population fra kun to individer. Lundehunden har desuden problemer med sygdommen intestinal lymfangiæktasi (medfødt udvidelse af lymfekarerne i tyndtarmen), som synes at ramme en væsent-

Inspiration til din undervisning



Klassebesøg med øvelser og foredrag på DTU, inspirationskurser for gymnasielærere, undervisningsmaterialer til brug på gymnasiet, SRP-tilbud til dine elever, studiepraktik, konkurrencer, camps og

meget mere. DTU's tilbud henvender sig især til de naturvidenskabelige og tekniske fag samt matematik, men der er også tilbud, der er relevante for undervisningen i samfundsfag.

Få det fulde overblik over tilbud på: dtu.dk/gymnasier

Videre læsning:

Andersen, L.W., Harms, V., Caniglia, R., et al. (2015). Long-distance dispersal of a wolf, *Canis lupus*, in north-western Europe. *Mammal Research*, 60:163-168.

FAO Livestock Report (2005). Animal genetic resources—time to worry? <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1404e/a1404e00.pdf>.

Hedrick, P. W., Fredrickson, R. (2010). Genetic rescue guidelines with examples from Mexican wolves and Florida panthers. *Conservation Genetics*, 11: 615-626.

Kristensen, T.N., Hoffmann, A.A., Pertoldi, C., Stronen, A.V. (2015) What can livestock breeders learn from conservation genetics and vice versa? *Frontiers in Genetics*, 6: 38.

Pertoldi, C., Purfield, D.C., Perg, P., et al. (2014). Genetic characterization of a herd of the endangered Danish Jutland cattle. *Journal of Animal Science*, 92: 2372-2376.

Tokarska, M., Bunevich, A.N., Demontis, D., et al. (2015). Genes of the extinct Caucasian bison still roam the Bialowieza Forest and are the source of genetic discrepancies between Polish and Belarusian populations of the European bison. *Biological Journal of the Linnean Society*, 114: 752-763.

www.lundehund.no/om-norsk-lundehund



Den norske lundehund.

Foto: Arild Espelien

lig større andel af lundehunde sammenlignet med andre hunderacer. Derfor er man nu begyndt at krydse lundehunde med hunde fra beslægtede racer for at øge den genetiske variation og reducere indavl og problemerne med sygdom. Der er allerede født krydsningshvalpe af lundehund og norsk buhund, og efter genomstudier overvejer man nu at krydse norsk lundehund med andre beslægtede nordiske spidshunderacer som islandske fårehund og den svenske norrbottenspids.

Krydsningshvalpene vil blive vurderet med hensyn til fx adfærd, udseende og sundhedstilstand. Man ønsker så vidt muligt at beholde lundehunderacens særpræg, samtidig med at man bidrager til at sikre racens overlevelsesmuligheder på sigt. Omkostningerne ved krydsning (i form af mulige ændringer i udseende og adfærd) må anses for at være mindre vigtige end fordelene, i form af mere sunde hunde og større genetisk variation i racen.

Genomiske data bruges i denne sammenhæng til at udvælge de bedst egnede racer til krydsning og til efterfølgende at reducere tab af genetisk variation og bevaring af de unikke gener, som giver Lundehunden sit særpræg. For truede lokale husdyrracer og vilde dyr skal man derfor tænke nøje over, hvilke egenskaber man mest ønsker at bevare.

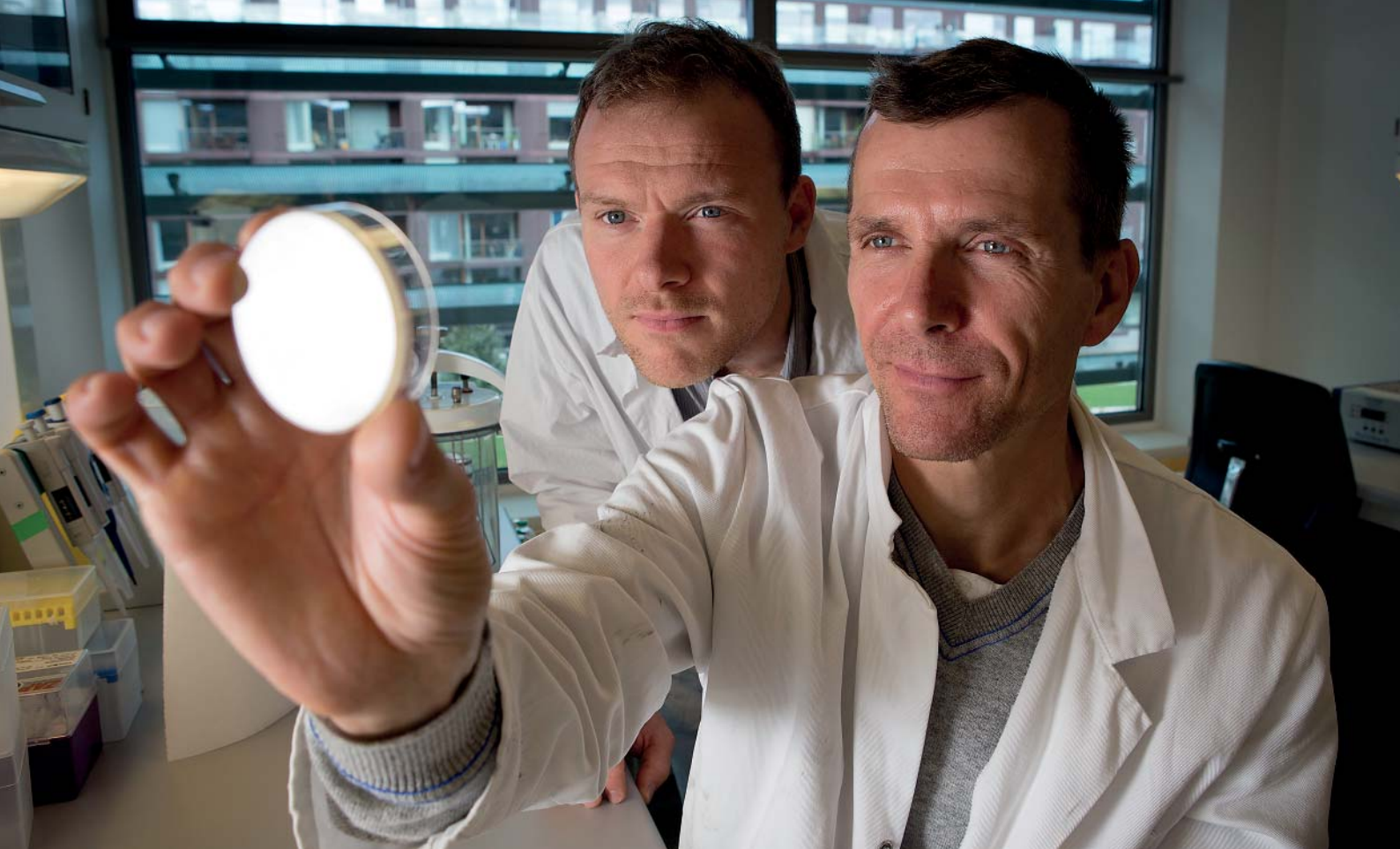
Status quo må aldrig være et mål

Genomisk information har et stort – og endnu uudnyttet – potentiale i forbindelse med bevaring af lokale husdyrracer og vilde populationer. Selvom fagfolk, der arbejder med hhv. husdyr og vilde

dyr ofte arbejder i parallelle spor og med forskellige formål, har begge grupper en interesse i at bevare genetisk variation i små populationer. Nye molekylærbiologiske værktøjer kan dermed komme begge felter til gode. Fx er genom-værktøjer udviklet til kvæg en stor hjælp i studier af den truede europæiske bison. Genetiske markører i hunde er ligeledes blevet anvendt på ulve som værktøj til at vise, at den ulv, som i 2012 blev spottet i Thy nationalpark, stammede fra grænseområdet mellem Tyskland og Polen.

En spændende (og sjældent veldokumenteret) mulighed for fremtidigt bevaringsarbejde er, at lokale landbrugsracer kan bidrage med genetisk materiale, som kan øge robusthed, foderudnyttelse og modstandsdygtighed hos racer med større kommerciel interesse. Disse egenskaber erhvervet gennem naturlig og kunstig selektion kan være bibeholdt trods – eller måske netop fordi – racerne er blevet kommercielt uinteressante. På samme måde vil dyr fra de ofte mere genetisk mangfoldige kommercielle racer kunne tilføre genetisk variation til de traditionelle racer, inklusive gener som kan bidrage til produktion af fx mere mælk, kød og uld.

I bevaringsarbejdet skal vi huske, at *status quo* aldrig må være et mål. Miljøer og populationer forandrer sig, og vi har en opgave i at sikre, at vilde og domesticerede arter har mulighed for at ændre sig i takt med, at de miljøer, de lever i, ændres med stor hastighed. Det kan genetiske landvindinger hjælpe til med. ■



Bakterier kan frigøre os fra olie

En gammelkendt industriel fermenteringsproces kaldet ABE-processen til bæredygtig produktion af kemikalier og brændstof er blevet aktuel igen. Det skyldes mulighederne for at "forbedre" de *Clostridium*-bakterier, processen bygger på.

Bakterier af slægten *Clostridium* forbinder vi ofte med sygdom, død og ødelæggelser. Toksiner (gift) fra disse bakterier kan påvirke kroppens nerve-signaler og forårsage koldbrand, stivkrampe, pøseforgiftning (botulisme) og akut diarre. Et af de mest potente giftstoffer, vi kender til, er således Botulinumtoksin eller BTX, som stammer fra bakterien *Clostridium botulinum*. Stoffet hindrer frigivelse af signalstoffet acetylcholin og blokerer dermed signaloverførsel mellem nervecelle og muskelcelle, hvilket hurtigt medfører kvælningsdøden. Der skal blot 50 gram af det naturlige giftstof til at slå hele menneskeheden ihjel! At der sjældent er noget, der er så skidt, at det ikke er godt for noget, illustreres af, at man i dag anvender giftstoffet i meget små doser som lægemiddel mod muskelspasmer, og det bruges også til kosmetiske behandlinger kendt under navnet Botox.

I virkeligheden er langt hovedparten af de over 100 kendte arter af *Clostridium* fredsommelige, og de byder på et væld af muligheder for os mennesker. Der findes endda arter, som kan være med til at gøre fremtidens samfund både bæredygtigt og mindre afhængig af fossil olie. I denne artikel skal vi se nærmere på en af disse arter, *Clostridium acetobutylicum*, og dens kæmpe potentiale indenfor det ypperste af moderne fermenteringsbioteknologi med industrielle ambitioner.

Pionérbakterie i industriel bioteknologi

Clostridium-bakterier er stavformede organismer med en længde på ca. 5 μm . Cellerne udnytter mange forskellige substrater (kulstofkilder) til vækst, og de er alle anaerobe – dvs. de kræver iltfrie vækstbetingelser. I industriel bioteknologi er det en

Om forfatterne

Torbjørn Ølshøj Jensen
postdoc,
Novo Nordisk Foundation
Center for Biosustainability,
Danmarks Tekniske
Universitet (DTU)
tolje@biosustain.dtu.dk

Ivan Baumann,
ph.d.-studerende,
Sektion for Bæredygtig
Bioteknologi, Institut for
Kemi og Biovidenskab,
Aalborg Universitet, Kbh.
ivan.baumann@gmail.com

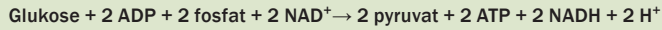
Ilt eller ikke ilt?

Sammenlignet med aerobe bakterier har anaerobe bakterier flere fordele i industriel øjemed. Det skyldes bl.a. den måde, som cellen producerer energi. Energiproduktion målt i ATP fra omsætning af glukose under både aerobe og anaerobe forhold er listet i nedenstående formler.

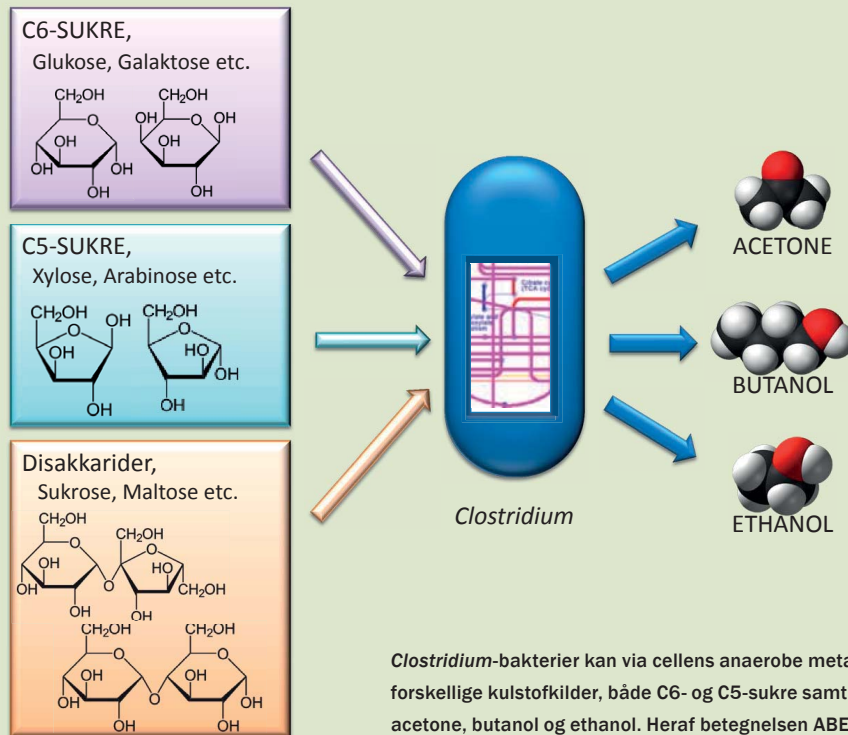
Aerob omsætning af glukose:



Anaerob omsætning af glukose:



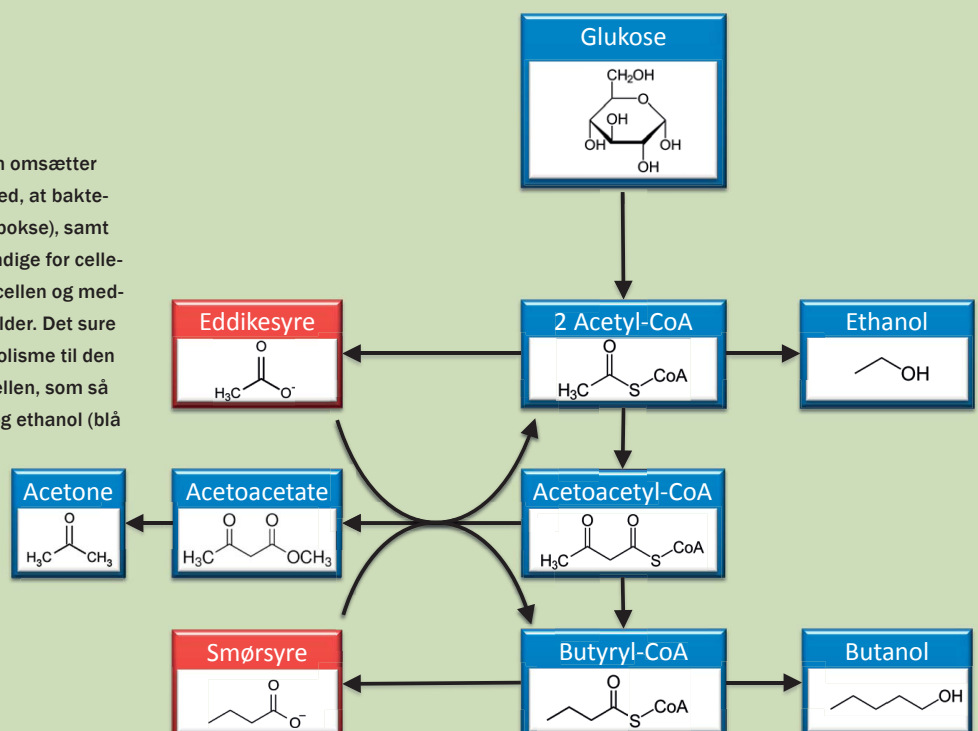
Ved anaerob omsætning bliver pyruvat omsat til produkter som organiske syrer, opløsningsmidler og gasser. Imidlertid er effektiviteten af aerobe organismer mere end 15 gange så stor som de anaerobe målt i ATP, hvilket medfører, at anaerobe bakterier omsætter mere glukose og dermed producerer langt flere produkter for at danne en tilsvarende mængde energi. Desuden udnytter anaerobe bakterier glukose mere effektivt mht. kulstof (de danner mindre CO_2), og netop disse forhold udnyttes kommercielt.



Clostridium-bakterier kan via cellens anaerobe metabolisme omsætte en bred vifte af forskellige kulstofkilder, både C6- og C5-sukre samt nogle disaccharider, og producere acetone, butanol og ethanol. Heraf betegnelsen ABE-fermentering.

Bi-faset fermentering

C. acetobutylicum vokser i to faser, når den omsætter sukker. Den første fase er karakteriseret ved, at bakterien danner eddikesyre og smørsyre (røde bokse), samt ATP-molekyler, der er energirige og nødvendige for cellevækst og celledeling. Syrerne udskilles af cellen og medfører, at dens omgivelser forsures og pH falder. Det sure miljø stresser cellen, så den skifter metabolisme til den anden fase, hvori syrerne genoptages af cellen, som så producerer alkoholerne acetone, butanol og ethanol (blå bokse). I denne fase er cellens energiuudbytte lille, og cellen kan ikke opretholde denne fase i længere tid, da alkoholerne opløser både celledækkende membran og membranbundne proteiner, så cellen i sidste ende dør.



fordel at bruge anaerobe bakterier, fordi der generelt dannes flere produkter ved anaerob vækst, og fordi iltning af bioreaktorer koster meget energi. (se boks)

C. acetobutylicum er modelorganisme til produktion af biokemikalier og biobrændstoffer. Det betyder, at bakterien benyttes i mange laboratorier overalt i verden, og at dens genetik og metabolisme (stofomsætning) er nogenlunde velforstået. Allerede før 1. verdenskrig blev bakterien isoleret med henblik på dens evne til at producere biokemikalier. Den blev optimeret til at omsætte stivelse og producere butanol, som blev anvendt til produktion af gummi, der skulle bruges til fremstilling af bildæk. Foruden butanol producerer den også acetone og ethanol, hvorfor fermenteringsprocessen med bakterien blev kendt som ABE-fermentering. Senere er processen også kendt som Weizmann-processen efter kemikeren Chaim Weizmann, som først isolerede stammen.

Fermenteringen er meget karakteristisk for arten, og den er opdelt i to faser. Først omsættes glukose via pyruvat til eddikesyre og smørsyre, hvorved pH falder, og når den kommer under pH 6, skifter metabolismen. Dernæst optages syrerne, og cellen producerer nu acetone, butanol og ethanol. I løbet af den anden fase dannes også sporer, som udgør et hvilestadium for bakterierne, hvor metabolismen stopper. Et sådant "produktionsstop" er selvfølgelig uønsket i en industriel sammenhæng. For at omgå dette anvendte man i de tidlige forsøg med ABE-fermentering en strategi, hvor mange mindre reaktorer i forskellige stadier var placeret sammen, hvorved man opnåede en næsten kontinuerlig produktion af alkoholer uden fermenteringsstop. Produkterne blev traditionelt adskilt fra fermenteringsvæsken ved destillation, da kogepunkterne for produkterne (med undtagelse af butanol) er lavere end vands kogepunkt. Industriel udnyttelse af ABE-processen voksede frem til 1950'erne, men lave oliepriser på verdensmarkedet bevirkede, at produktionen efterhånden blev udkonkurreret af en produktionsform, som var baseret på olie, og de sidste industrielle fermenteringsanlæg lukkede i 1980'erne.

Bæredygtig ABE

Nu er ABE-processen kommet til ære og værdighed igen med *C. acetobutylicum* i centrum. Det skyldes processens potentiale for at kunne fremstille bæredygtige brændstoffer og kemikalier til erstatning for tilsvarende produkter fremstillet ud fra olie. Produkterne acetone og butanol har et stort eksisterende marked som kemikalier, både som opløsningsmidler og som byggestensmolekyler til eksempelvis produktion af plastik. Ydermere er butanol et godt alternativ til den benzin, vi tanker bilen op med. Da egenskaberne minder om benzins, vil butanol kunne erstatte benzin med kun få modifik-

tioner af vores biler og på landets tankstationer. Oprindeligt var ABE-processen baseret på stivelse, men for at opfylde det 21. århundredes krav til bæredygtighed skal processen ikke blot være økonomisk- og ressourcemæssig effektiv, den skal samtidig udnytte rest- og affaldsprodukter, som er uegnet til menneskeføde. Det kan være biomasse fra land- og skovbrug som lignin- og celluloseholdige produkter fra eksempelvis halm og træ, der i dag hovedsageligt brændes af til varmeproduktion. Bakteriell omsætning af lignocellulose er en naturlig proces, men for at der sker en effektiv omsætning og produktion af kemikalier eller brændstoffer kræver det bl.a., at bakterierne er "forbedrede" ved genetisk modifikation. En anden udfordring er, at vores laboratorieforsøg viser, at bakterierne hæmmes af stoffer, som dannes, når vi nedbryder cellulosen til sukre. Vi har løst dette ved langvarig tilvænnning.

"Opgradering" af *C. acetobutylicum*

Vores viden om bakterier og værktøjer til at manipulere dem er blevet væsentligt forbedret siden 1980'erne, og DNA-sekventering har bidraget betydeligt og fremmet udviklingen. Genomet fra *C. acetobutylicum* blev sekventeret i 2001 og har gjort det muligt at finde gener, der er oplagte mål for genetisk manipulation, hvis man ønsker at fremme eller hæmme specifikke egenskaber. Men der er en række forhold, som generelt gør det svært at genmanipulere *Clostridium*-bakterier. Fx er bakteriens tykke cellevæg en barriere for at indføre fremmed DNA i bakterien. Desuden har bakterien et enzymeredskab, der beskytter cellen mod indtrængende DNA ved at genkende specifikke DNA-sekvenser og "klippe" det fremmede DNA i stykker. Det er lykkedes os at overkomme nogle af disse udfordringer i beslægtede stammer ved at kortlægge beredskabets "klippemønstre" og derefter modificere DNA'et, så det beskyttes, inden det transformeres. På denne måde er der efterhånden etableret en solid værktøjskasse til at arbejde med *C. acetobutylicum*s gener.

C. acetobutylicum version 2.0

For at øge bakteriens omsætning af forskellige sukre direkte til det ønskede produkt som eksempelvis butanol, er gener, som koder for de vigtige enzymer i syntesevejen til butanol, blevet opreguleret. Samtidig er enzymer i konkurrerende synteseveje til biprodukterne eddikesyre og smørsyre blevet nedreguleret. Desuden er genet Spo0A, som koder for enzymer til sporedannelse, blevet inaktiveret. Derved har vi opnået en mutant, som ikke danner sporer, og som giver konstant produktion af butanol i højere koncentrationer end vild-typen. Senest har engelske forskere indsat flere gener fra den varmeelskende slægtning *Clostridium thermocellum* i *C. acetobutylicum*. Disse gener koder for et enzym-kompleks, som kaldes et cellulosem og som har flere virkningsmekanismer. Inden-

Chaim Weizmann: fra bioteknolog til statsmand



Chaim Weizmann

Udbruddet af 1. Verdenskrig i 1914 øgede straks efterspørgslen på kordit, som man benyttede til fremføring af ammunition. Fremstilling af kordit kræver bl.a. acetone, som dengang blev produceret vha. mikrobiel fermentering. Den store efterspørgsel på kordit betød derfor, at produktionen af acetone måtte effektiviseres – den skulle sættes i system af videnskabsfolk med stor indsigt i bioteknologisk produktion.

Kemikeren Chaim Weizmann (1874-1952) havde i 1912 indsendt en patentansøgning på en forbedret metode til fremstilling af butanol og acetone vha. bakteriel fermentering. Metoden var baseret på den anaerobe bakterie *Clostridium acetobutylicum* med kartoffelstivelse som substrat. Winston Churchill (1874-1965), som på det tidspunkt var britisk flådeminister, anmodede derfor Weizmann om at opskalere sin fermenteringsproces for at undersøge, om den kunne imødekomme kravet om industriel storskalaproduktion af acetone til krigsindustrien.

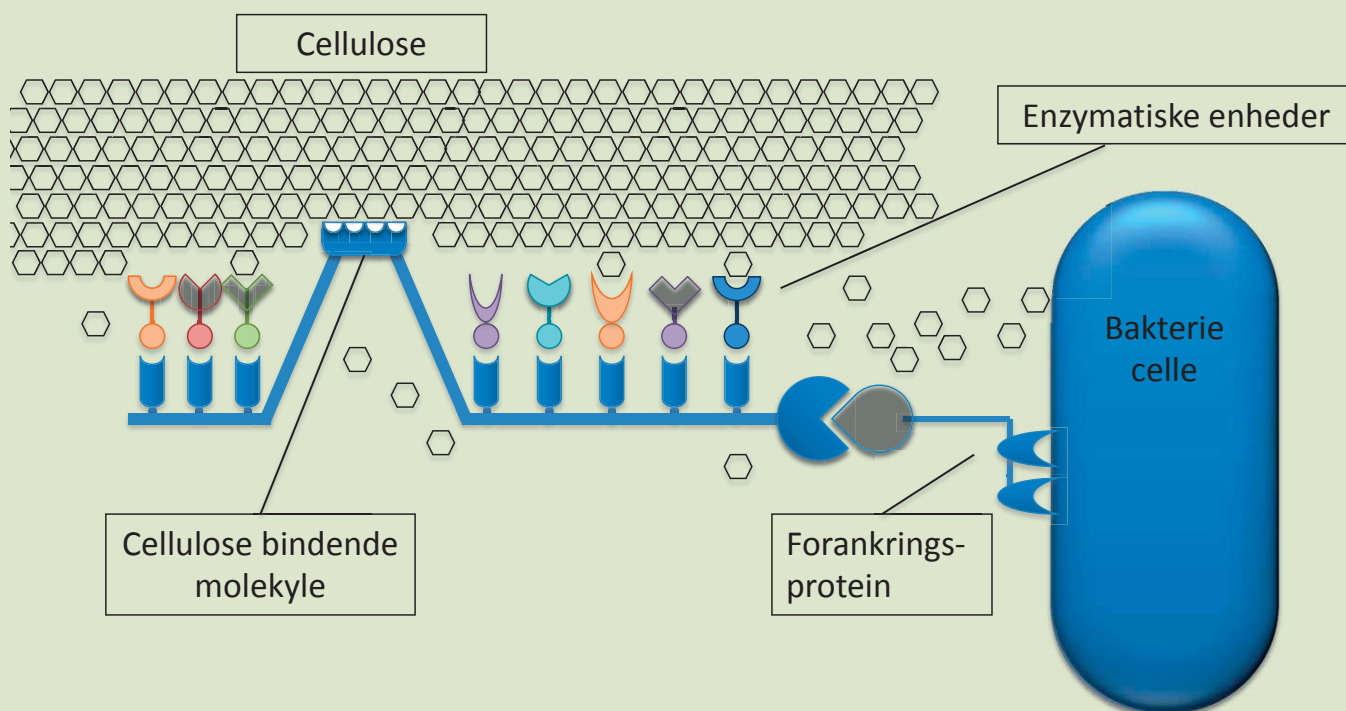
Weizmann accepterede, hvorefter han forlod universitetet i Manchester for at danne et team af unge videnskabsfolk. Et pilotforsøg på et destilleri i London gav tilstrækkeligt lovende

resultater til, at Churchill besluttede at opføre et fermenteringsanlæg til industriel produktion af acetone vha. Weizmann-processen. Metoden blev yderligere effektiviseret ved at benytte majsstivelse som substrat til fermenteringen. Senere i krigen blev majs og andre stivelsesprodukter en mangelvare, hvorfor Weizmann forsøgte sig med kastanjer, som blev indsamlet af skolebørn over hele Storbritannien. Det viste sig imidlertid, at kastanjer hæmmede fermenteringsprocessen, og en egentlig produktion i stor skala blev flyttet til Canada, hvor der var stivelse at få.

Da amerikanerne trådte ind i 1. Verdenskrig i 1917 iværksatte de også fremstilling af acetone vha. Weizmann-processen, og faciliteterne blev placeret i det amerikanske Midtvesten, hvor der også dengang var stor majsproduktion og dermed adgang til stivelse.

Efter krigen ville den britiske regering hædre Weizmann for hans afgørende bidrag til briternes krigsindsats. Han afslog dog personlig hæder, men undlod ikke at fremføre sin vision om en jødisk stat i Palæstina. Mange år senere (i 1948) blev Chaim Weizmann staten Israels første præsident.

Cellulosomet



Den seneste modifikation af *C. acetobutylicum*, har været at integrere det såkaldte cellulosom fra den termofile organisme *Clostridium thermocellum*. Cellulosomet består i hovedtræk af 3 dele: En forankringsdel, som binder cellulosomet til plantecellen, en cellulosebindende del og de enzymatisk aktive enheder. Cellulosomet bringer bakterien i tæt kontakt med cellens sukkersubstrater, som dannes af de enzymatiske enheder ved nedbrydning af cellulose.

for bakteriens cellemembran bliver generne aktiveret, aflæst og oversat til enzymer, som derefter transporteres ud af cellen, hvor de bliver samlet til et aktivt enzymkompleks. Cellulosomet består af flere aktive enheder, hvoraf nogle genkender og binder enzymkomplekset til cellulose, mens andre bryder glukosebindingerne. Det sidste medfører, at cellulose og hemicellulose i planters cellevægge bliver spaltet til mono og di-sakkarider, som *C. acetobutylicum* derefter optager og fermenterer til butanol.

Fremtidens ABE-proces

Der arbejdes nu på at øge både mængden og aktiviteten af cellulosomet i bakterien, og lykkes dette, vil den genmodificerede bakterie være i stand til både at nedbryde og omsætte lignocellulose, der er en meget kompleks kulstofkilde. Derved kan plantebiomasse med lignin, cellulose og hemicellulose blive nedbrudt uden kemisk og termisk forbehandling og uden tilsætning af kostbare enzymer, da bakteriecellen klarer det hele. Forbehandling er både energikrævende og dyrt, og derfor vil *C. acetobutylicum* i denne forbedrede version bidrage til at gøre ABE-fermentering både miljømæssig bæredygtig og økonomisk attraktiv. På den måde kan den tidligere så udbredte ABE-fermentering blive genintroduceret

i en ny industriel version, hvor omdannelse af ligninholdige rest- og affaldsprodukter er en integreret del af organismens stofomsætning til produktion af biobrændstoffer. Og hvor bakteriens metabolisme er optimeret således, at produktion af det energirige butanol "står på maksimum" og kun en minimal mængde kulstof går til produktion af produkter med mindre energitæthed som eksempelvis ethanol.

På processiden betyder bakteriens ændrede egenskaber, at frigørelse og fermentering af sukre kan forløbe i én og samme reaktortank. Fx ved at hakke halm i småstykker, tilsætte vand og derefter varme "halmsuppen" op til 37 °C, som *C. acetobutylicum* gror bedst ved. Efter podning med bakterien, kan processen nu følges ved bl.a. at undersøge sukker- og butanolkoncentrationen over tid.

Med nutidens efterspørgsel på bæredygtige kemikalier og brændstoffer tyder meget på, at *C. acetobutylicum* eller beslægtede *Clostridier* kan blive aktuelle igen. *C. acetobutylicum*'s rolle som modelorganisme har drevet udviklingen fremad inden for især genmanipulation af anaerobe bakterier og har dermed været med til at fremme udviklingen af bæredygtige alternativer til olie. ■

Yderligere læsning:

Svampen på toiletbrættet - en videnskabelig succes
Aktuel Naturvidenskab nr. 5/2011.

Tracy, B.P. et al (2012):
Clostridia: the importance of their exceptional substrate and metabolite diversity for biofuel and biorefinery applications.
Curr. Opin. Biotechnol. 23:364-381.

Jensen, T. Ø., T. Kvist, M. J. Mikkelsen & P. Westermann. Rapid and reliable method for identification of associated endonuclease cleavage and recognition sites. Lett Appl Microbiol 2014 Jun 11;58(6):576-81.

DA Forsikring
idaforsikring.dk

**SPAR
OP TIL
30 %**

**USANDSYNLIG
BILLIG FORSIKRING**

Få Danmarks nok billigste og bedst dækkende indboforsikring ... endnu billigere. Vi har netop sat priserne ned på vores bil-, indbo- og ulykkesforsikringer pr. 1. maj.

REGN DIN PRIS OG BESPARELSE PÅ IDAFORSIKRING.DK

Kun for ingeniører
og cand.scient.er

IDAs forsikringer tegnes gennem IDA FORSIKRING -
INGENIØRERNES FORSIKRINGSGRUPPE Forsikringsagentvirksomhed

A black and white photograph of Louis Pasteur in his laboratory. He is wearing a long white lab coat and is pouring liquid from a large glass bottle into a smaller one. In the background, there are several glass bottles on a shelf and a large piece of laboratory equipment, possibly a autoclave or a large flask.

For mere end 150 år siden fastslog den franske kemiker og mikrobiolog Louis Pasteur ud fra en serie af eksperimenter, at liv populært sagt ikke kunne opstå ud af ingenting. Men hvad var det egentlig Pasteur viste med sine ikoniske eksperimenter?

Louis Pasteur og den spontane genese

Forfatteren



Kai Finster, professor
MSO i Astrobiologi
Bioscience, Aarhus Uni-
versitet
kai.fenster@bios.au.dk

I mikrobiologiske lærebøger fylder afsnittet om Ifagets historie sjældent særlig meget. Der henvises dog næsten altid til Louis Pasteurs (1822-1895) ikoniske svanefflaskehalseksperiment fra 1859. Ved hjælp af dette eksperiment skulle Pasteur have påvist, at liv ikke kan opstå spontant, men at der kræves celler (levende organismer) for at lave nye celler, hvad enten det sker seksuelt eller asexuelt. Hvis det er korrekt, efterlader det os med følgende spørgsmål: Hvis nye celler kræver tilstedeværelsen af “forældre-celler”, og hvis deres eksistens kræver tilstedeværelsen af “bedsteforældre-celler”, hvis eksistens igen kræver en generation af “olde-

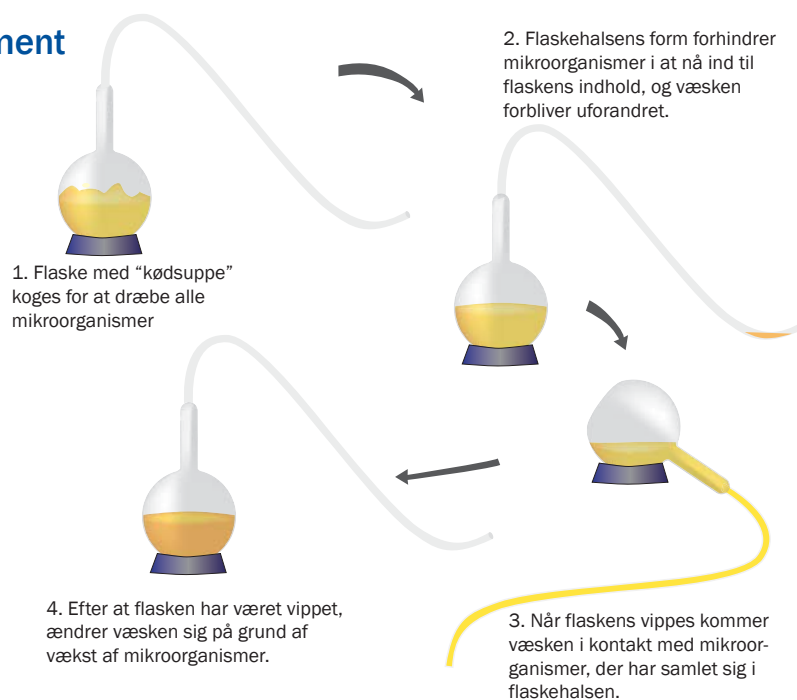
forældre-celler” etc., hvordan er det hele så startet? Man ender uvilkårligt med det overordnede spørgsmål: Kan levende celler have deres ophav i noget, som ikke er en levende celle? Eller i en kortere udgave: Kan levende celler opstå spontant?

Med ordet “spontant” forbinder vi, at noget sker pludseligt, og uden at der kræves tilførsel af en betydelig mængde energi eller information. Det svarer til bolden, som efter et næsten umærkeligt skub, begynder at trille ned ad gaden eller to kemikalier, som reagerer med hinanden i en voldsom eksplosion, når de blandes.

Pasteurs svaneflaskehals-eksperiment

Figuren viser en skematisk fremstilling af Pasteurs berømte eksperiment. Pasteur fyldte en slags suppe i glaskolber med en lang hals, steriliserede suppen ved kogning og bøjede halsen, således at støv og andre partikler fra luften ikke kunne få adgang til suppen. Halsen blev bøjet i form af en svanehals – deraf eksperimentets navn.

Efter et stykke tid lod Pasteur suppe løbe ind i halsen. Den kom nu i kontakt med de partikler, som have lagt sig i halsens åbning. Blandt partiklerne var også mikrober, som nu kunne formere sig i suppen. Pasteur viste dermed, at levende organismer ikke opstod spontant ud fra suppens ingredienser, men var et resultat af en forurening med mikrober udefra.



Guddom eller spontan genese?

Pasteur var langt fra den første, som var optaget af spørgsmålet om "spontan genese", men hans undersøgelser betragtes som autoritative på området af de fleste, inklusive forfatterne af lærebøger i mikrobiologi.

Overvejelser om spontan genese er nok lige så gamle som det reflekterende menneske selv. De ældste overleverede tekster handler således typisk om menneskets skabelse, ofte som afslutning på en kæde af hændelser, som fører fra kaos til kosmos. Det levende skabes ud fra noget, som ikke er levende ved en guddommelig krafts mellemkomst. Livet opstår ikke spontant, men fordi en guddom skaber det. I den jødisk/kristne tradition blev det ypperste skabelsesprodukt, mennesket, derefter sat til at forvalte skabelsen.

Dette er også Pasteurs udgangspunkt. Pasteur var en videnskabsmand, som troede på den bibelske skabelsesberetning.

Spontan genese: fra ål til fluer

Men når man nu havde den guddommelige skabelse som forklaring, hvorfor blev spørgsmålet om spontan genese så overhovedet bragt på banen? Man kan sige, at det hang sammen med en søgen efter viden: Selv om man havde lagt livets skabelse i en guddoms hænder, var man dog klar over det hændelsesforløb, der skulle til for at nye generationer af planter, dyr og mennesker kunne komme til. Med andre ord: Man viste, at der skulle æg til for at kunne få nye høns. Der fandtes dog en række eksempler, hvor denne kæde af hændelser syntes at være brudt, og det er her, ideerne om spontan genese kom ind i billedet. Således foreslog den

græske filosof og naturforsker Aristoteles allerede for mere end 2300 år siden, at ålen opstod spontant af dynd og skidt, fordi han aldrig havde set åleæg eller larver, men kun "voksne" ål. Han vidste, at alle levende organismer skulle have en far og mor og gennemgå en udvikling fra æg til kønsmodent, voksent individ. Da Aristoteles hverken kunne finde æg eller larver men kun voksne ål måtte forklaringen være, at de voksne ål opstod spontant ud fra de materialer, som var til stede i det miljø, hvor han observerede dem, dvs. i muddret. Aristoteles kendte ikke til ålens komplicerede forplantning, som fører den fra de græske mudderhuller til Sargassohavet, hvor de kønsmodne ål parrer sig.

Siden Aristoteles og ålens livshistorie har der været en række andre eksempler på, at man har brugt spontan genese som model for at forklare den uventede fremkomst af organismer, fx opståen af mus og rotter ud fra gamle klude og affald og opvæksten af maddikker i kød eller ost. Disse eksempler har deres ophav i overtro og manglende evne til at knytte observationer til hændelser. Folk kan næppe have undgået at se, at spyfluer havde kravlet rundt på kødet, som senere var fyldt med maddikker. Sammenkædningen af disse observationer med spontan genese var allerede blevet afvist som eksempler på spontan genese på den tid, Pasteur gennemførte sine eksperimenter. Fx havde den italienske læge Francesco Redi (1626-1697) i en række eksperimenter vist, at maddikker kom af de æg, som spyfluer lagde i kødet.

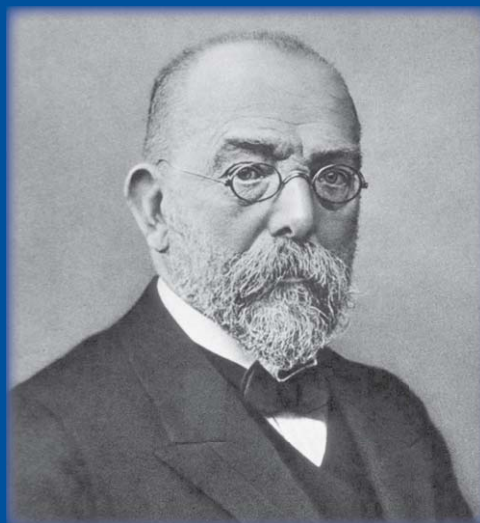
Pasteur i opposition

Hvorfor har netop Pasteurs eksperiment fået den store opmærksomhed, og hvorfor var det vigtigt for Pasteur selv at kunne afvise spontan genese en gang for alle?

Sygdom og mikrober

Omtrent samtidigt med Pasteur undersøgte den tyske læge Robert Koch (1843-1910) sammenhængen mellem tilstedeværelsen af bestemte mikrober og bestemte sygdomme. Koch er blevet berømt for sine undersøgelser af årsagen til tuberkulose, som på Kochs tid var en af de store dræbere. Koch opstillede en række krav, som skal være opfyldt for at knytte en type mikrobe til en bestemt sygdom. Disse krav har haft stor betydning for den infektionsmedicinske forskning og for diagnose af sygdomme. Kravene er kendt som Kochs postulater:

1. Mikroorganismen må nødvendigvis forefindes i rigelige mængder i alle organismer, der har sygdommen, men ikke i raske individer.
2. Mikroorganismen må nødvendigvis isoleres fra det syge individ og dyrkes i renkultur (en cellekultur, hvor kun denne ene mikrobe er til stede).
3. Den kultiverede mikroorganisme bør forårsage sygdom, når den podes i et raskt individ.
4. Mikroorganismen må kunne genisoleres fra den podede, syge vært og må være identisk med den oprindelige sygdomsfremkaldende mikroorganisme.

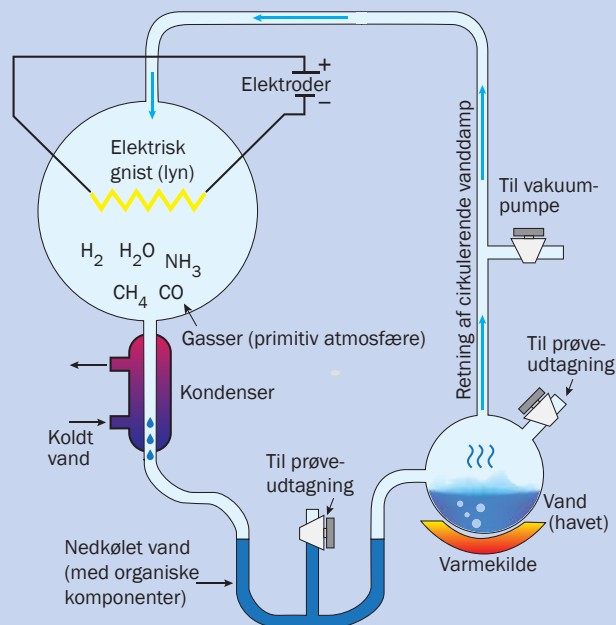


I det store hele anvendes Kochs krav den dag i dag. Nogle gange er det dog vanskeligt at leve op til alle kravene, da ikke alle sygdomsfremkaldende mikrober kan dyrkes udenfor den organisme, de forårsager sygdommen i.

Eksperimenter med livets opståen

Den eksperimentelle udforskning af livets opståen forbindes med Miller-Urey-eksperimentet fra 1952. Miller (1930-2007) undersøgte, hvad der sker i en atmosfære bestående af hydrogen, ammoniak, kulmonoxid, kuldioxid og vand, og som udsættes for elektriske udladninger. Man mente, at den primitive jords atmosfære havde en sådan sammensætning. Millers vigtigste bedrift var at vise, at man kan angribe spørgsmålet om livets oprindelse eksperimentelt. Hans forskning startede en sand lavine af beslægtede eksperimenter indenfor dette nye område. Millers eksperimenter var relativt simple og kan med lidt teknisk snilde gennemføres i de fleste gymnasieskolars kemilokaler.

Han observerede, at den væske, hvori han opsamlede vanddampen fra reaktionskolben gradvis blev mere og mere brunlig og uigennemsigtig. En nærmere analyse af væskens indhold viste, at der var blevet dannet en række forskellige organiske molekyler, inklusive aminosyrerne glycin og alanin samt fedtsyrerne myresyre og eddikesyre – alt sammen molekyler, som er vigtige komponenter i biokemiske processer. Miller gennemførte senere en række eksperimenter, hvor han udvidede sin oprindelige opstilling til at indbefatte gasarter, som man finder i atmosfæren under vulkanudbrud, hvilket er en meget realistisk tilføjelse, når man tænker på den hyppighed, hvormed vulkanudbrud forekom på den unge Jord. Især var effekten af svovlbrinte på produktannelserne af stor interesse, da svovlen indgår i aminosyrerne cystein og metionin, som spiller en central rolle i proteiner, som deltager i elektrontransport og dermed ATP-syntesen. Forskning i livets oprindelse er i dag et stort og veletableret forskningsfelt.



Skitse af det apparat, som Stanley Miller brugte i sit første eksperiment med "præbiotisk syntese". Gassen indeholder vand, metan, ammoniak, hydrogen og kulmonoxid og afspejler gassammensætningen i Jordens tidlige atmosfære. Elektriske udladninger efterligner lyn og leverer den energi, der bruges i de kemiske processer.

Pasteur startede sin forskningskarriere som kemiker. Kemikere på Pasteurs tid med den tyske kemiker Justus von Liebig (1803-1873) i spidsen var af den overbevisning, at alle processer inklusive forgæring af sukker til alkohol var kemiske processer. Pasteur var optaget af, hvorfor en forgæring af sukker nogle gange endte i eddike i stedet for alkohol. Han foreslog, at forgæringen ikke var en kemisk, men en biologisk proces, som kunne knyttes til bestemte typer mikrober, og dermed udfordrede han kemikernes centrale paradigme. Kemikerkolleger angreb Pasteur i videnskabelige diskussioner og påstod, at mikrober ikke var årsagen til forgæring, men snarere et produkt heraf.

Tilsvarende udfordring mødte Pasteur, da han begyndte at undersøge sammenhængen mellem sygdomme og mikrober. Også her var hans påstand, at mikrober var sygdommens årsag, hvilket var et brud med de herskende forestillinger blandt hans kolleger indenfor medicin. Ligesom kemikerne benægtede medicinerne ikke Pasteurs iagttagelser, men deres fortolkninger var stik modsat – mikrober er afledte af sygdommen og ikke deres årsag; de opstår spontant i den syges krop, ligesom de opstår spontant i gæringsprodukterne, alt efter om der bliver dannet alkohol eller eddike. Pasteur måtte derfor vise, at der er en årsagssammenhæng mellem fx eddike og en bestemt type mikrobe på samme måde, som der er en sammenhæng mellem en sygdom og en bestemt type mikrobe. Han måtte vise, at mikroben var årsag og ikke et produkt, som spontant opstår, når eddiken var blevet dannet ud fra sukker eller sygdommen har indfundet sig. Og her kommer så Pasteurs berømte eksperiment ind i billedet.

Et skoleeksempel på god videnskabelig praksis

Pasteur fremstillede en væske (en "kødssuppe"), som ifølge kemikernes opfattelse, ville forandre sig, og som led i denne forandringsproces kunne mikrober opstå spontant i væsken, ligesom de opstår spontant, når druesaften forgæres til vin. Pasteur kunne vise, at det ikke var tilfældet. Væsken forblev uforandret, og først da han bragte den i kontakt med støvet, som havde samlet sig i flaskens hals, begyndte væsken at forandre sig og mikroberne indfandt sig i stort antal. Pasteurs modstandere kunne stadigvæk påstå, at der var noget i støvet, et slags ferment, som var nødvendigt for at sætte processen i gang. Derfor gentog Pasteur sine eksperimenter i mange forskellige omgivelser, fra beskidte kælderlokaler til høje bjergtinder. Han gentog altid sine eksperimenter mange gange og kunne vise, at der i støvede lokaler altid skete en omdannelse af næringsvæsken og vækst af mikrober, når han skyllede flaskehalsen med væsken. Dette var ikke altid tilfældet, når han gentog eksperimenterne i naturen og især ikke oppe i bjergene. Han konkluderede

korrekt, at der er langt færre bakterier i den fri luft end i et lukket, beskidt lokale.

Pasteurs fremgangsmåde er eksemplarisk og et skoleeksempel på god videnskabelig praksis. Men havde han faktisk endegyldigt afvist spontan genese med sine eksperimenter?

Fortolkningen af Pasteurs undersøgelser

Pasteurs simple eksperimenter har ført til en række banebrydende indsigter:

1. mikrober er årsagen til de iagttagede processer,
2. mikrober findes i luften,
3. mikrobernes antal er afhængig af miljøet,
4. mikroberne overlever opholdet i luften, og
5. mikroberne kan vokse til stort antal, når de haves i det rette miljø.

En af de vigtigste konklusioner af Pasteurs undersøgelser er, at man skal sterilisere alt, der kan komme i kontakt med mikrober, hvis man vil have styr på udfaldet af de igangsatte processer – uanset om det handler om fremstilling af vin eller om at forhindre spredningen af sygdomme. Pasteurs eksperimenter viser dog *ikke*, at spontan genese ikke kan lade sig gøre. Eksperimenterne viser, at det ikke sker i hans flasker i den næringsvæske, som han bryggede sammen, i løbet af den tid, eksperimenterne varede.

Hvordan kommer vi videre?

Siden Pasteur udførte sine forsøg, har vi lært meget om mikrober, om deres rolle i naturen og som årsag for sygdomme. Vi har lært at udnytte dem i mange bioteknologiske processer, en milliardindustri som Pasteur står fadder til. Vi har lært meget om organismernes stofskifte, deres biokemi og de molekyler, som er involveret i de forskellige cellulære processer. Men det har ikke ført til, at vi nu forstår, hvordan livet er opstået. Tværtimod har alle de molekylærbiologiske gennembrud med den østrigske filosof Karl R. Poppers ord blot ført til, at gåden om livets oprindelse næsten synes større end tidligere.

Gåden om livets opståen og dermed spontan genese er ikke løst, og der er brug for nye generationer af dygtige kemikere, fysikere og biologer, der vil lede efter svaret. Og lærebogforfattere bør undlade at henvise til Pasteurs svane-flaskehalseksperiment som det sidste søm i den spontane geneses ligkiste, hvis ikke de vil gøre sig til måske ufrivillige talsmænd for kreationisme.

Til gengæld bør Pasteurs fortolkning af sit eksperiment fremstilles som et fremragende eksempel på, at forskere er børn af deres tid, bundet af den viden og forståelse, som står til deres rådighed, men også af de fordomme, som er del af fortolkningen af de resultater, forskerne opnår igennem deres eksperimenter. Livet kom ikke af ingenting, men vi kender endnu ikke vejen dertil. ■

Videre læsning

Paul de Kruif (1966):
Mikrobejægere.
Gyldendal

Nick Lane (2009): Life
Ascending: The Ten Great
Inventions of Evolution.
W.W. Norton & Company,
New York.

Vil du vide mere om forskning i livets oprindelse kan du på nettet (eller biblioteket) søge efter ord som "præbiotisk kemi", "RNA verden" eller "ribosymer" eller navne som "Wächtershäuser", "Gilbert", eller "Russel" for at komme i gang.

Transistorradioen

– øjenåbner og løftestang



Regency TR1

Den 1. november 1954 kom verdens første kommercielle transistorradio på markedet. Med den fik verden øjnene op for, hvad transistorer kunne bruges til. Siden er de små transistorer blevet grundlaget for utallige apparater, hvorved de har fået afgørende indflydelse på vores tilværelse.

Transistoren, som er den grundlæggende enhed i al moderne elektronik, blev opfundet i 1947 som erstatning for de store, dyre, skrøbelige og strømforbrugende radiorør. Uden transistorer ville vi ikke have mobiltelefoner, pacemakere, fladskærms-tv eller alle de andre gadgets, der fylder vores hverdag. Men der gik nogle år, før transistoren for alvor kom i brug.

Forfatteren



Hans Buhl,
Museumsinspektør,
Steno Museet,
Aarhus Universitet
hans.buhl@sm.au.dk

I begyndelsen var transistorerne så vanskelige at producere, at kun ca. hver femte virkede efter hensigten. Resten måtte kasseres. Så de var ofte dyrere end de radiorør, de skulle erstatte. Derfor blev de første transistorer hovedsageligt brugt til militære formål og i enkelte andre sammenhænge, hvor størrelsen var vigtigere end prisen, fx i høreapparater. Der var nok også en vis skepsis hos de etablerede

elektronikfabrikanter med hensyn til at benytte de nymodens transistorer i stedet for de velkendte radiorør.

Et wake up call

En af de første producenter af transistorer var firmaet Texas Instruments, som havde betalt 25.000 dollars for rettighederne. For at få noget ud af den investering mente selskabets vicedirektør, Pat Haggerty, at det var nødvendigt at give elektronikindustrien et *wake up call*, og at det kunne gøres i form af en transistorbaseret radiomodtager. Så i foråret 1954 konstruerede ingeniørerne hos Texas Instruments en lille transistorradio. Der var imidlertid ingen af de store radiofabrikanter, der var interesseret i at være med til at producere og markedsføre den.

Opfindelsen af transistoren

Transistoren blev opfundet i et forsøg på at finde en erstatning for de radorør, som man siden omkring 1915 havde brugt til at forstærke elektriske signaler i fx telefonledninger og radiomodtagere. Radorørene havde nemlig forskellige ulemper, og derfor var der flere opfindere, som fra midten af 1920'erne forsøgte at lave en komponent, som havde radorørets egenskaber, men i stedet var baseret på såkaldte halvledere.

Umiddelbart efter 2. Verdenskrig blev der på Bell Laboratorierne, telefonselskabet AT&T's forsknings- og udviklingscenter, nedsat en gruppe, som skulle forsøge at konstruere sådan et "halvlederradorør". Gruppen bestod bl.a. af fysikerne William Shockley, Walter Brattain og John Bardeen. Shockley, gruppens leder, var den visionære, som indså halvlederteknologiens muligheder. Brattain var pilfingeren, der kunne bygge indviklede eksperimenter og få dem til at fungere, mens Bardeen var hjernen, der kunne forstå og forklare, hvorfor det fungerede. Tilsammen udgjorde de et perfekt team.

De angreb problemet ved at undersøge, hvordan strømmen løber i en halvleder under forskellige betingelser. Op mod julen 1947 opdagede Brattain og Bardeen, at de kunne opnå en lille strømforstærkning, hvis de anbragte to elektroder meget tæt på hinanden på en germaniumkrystal, som så udgjorde den tredje elektrode.

Bardeen havde beregnet, at elektroderne skulle sidde så tæt, at afstanden mellem dem kun udgjorde en tredjedel af diameteren på deres tyndeste ledninger. Da det i praksis var umuligt, fandt Brattain på at sætte et stykke guldfolie rundt om hjørnet på en lille plastikkrekant. Når han derefter skar folien over med et barberblad lige på hjørnet, havde han de to elektroder med en hårsbredde imellem. Pga. af geometrien kaldes denne type transistor en punktkontakttransistor.



Da de den 23. december præsenterede den nyopfundne transistor for deres kolleger, udbrød Shockley, at det var en storslået julegave. Den nærtagende Shockley blev dog hurtigt utilfreds med, at opfindelsen blev krediteret Bardeen og Brattain, da han følte, at de havde konstrueret transistoren "bag hans ryg". For at vise, hvem der var den egentlige hjerne i projektet, satte han Bardeen og Brattain til det administrative arbejde med patentansøgningen og opfandt selv en helt ny type transistor, den såkaldte junction-transistor, som var betydeligt mere robust og lettere at producere end den oprindelige type. Derfor blev de alle tre tildelt nobelprisen i fysik i 1956 "for deres forskning i halvledere og opdagelsen af transistor-effekten".

Transistorens opfindere, Bardeen, Brattain og Shockley (siddende), kom på forsiden af septemberudgaven af *Electronics magazine* i 1948. Brattain havde dette billede, fordi Shockley havde sat sig ved opstillingen med verdens første transistor, selvom han slet ikke deltog, da de to andre fik det egentlige gennembrud.

Derfor blev verdens første kommercielle transistorradio produceret i samarbejde med det relativt ukendte firma Industrial Development Engineering Associates (IDEA) i Indiana.

Missionen lykkedes

Hen over sommeren arbejdede de to firmaer på at udvikle en produktionsmoden version, og den 18. oktober 1954 kunne de annoncere verdens første kommercielle transistorradio, som var til salg over hele USA fra begyndelsen af november.

Regency TR1, som radioen blev kaldt, var en fiks lille AM-radio i et plastikkabinet, som målte ca. $8 \times 13 \times 3$ cm. Den blev markedsført som en lommeradio, selvom der skulle ret store lommer til at rumme den. Der er eksempler på, at ekspedienter i

radioforretninger fik syet skjorter med ekstra store lommer, for at den kunne være der.

Radioen var udstyret med 4 transistorer og blev drevet af et 22,5 volts batteri, som havde en typisk levetid på 20-30 timer. Den havde en indbygget højttaler, men der kunne også tilsluttes en øretelefon.

Prisen var 49,95 dollars svarende til ca. 3.000 danske 2015-kroner. På trods af den ret høje pris blev der solgt ca. 150.000 eksemplarer. Succesen skyldtes dog nok snarere nyhedens interesse og radioens statusværdi end dens tekniske kvalitet. Men TR1'eren viste vejen, og i de følgende år blev markedet oversvømmet af relativt billige og driftssikre transistorradioer i forskellige størrelser og udform-

Transistorradioen gjorde det muligt at høre sin yndlingsmusik hvor som helst og når som helst. Det fik enorm betydning for udviklingen af ungdomskulturen i 1950'erne og 60'erne.

Beskrivelse fra kilden:
Junior Farmers picnic at
Mount Morgan, ca. 1955.



ninger. Haggertys plan var lykkedes i og med, at der var grundlagt et massemarked for billig, bærbar forbrugerelektronik.

Rock'n'roll og ungdomskultur

Transistorradioen stimulerede ikke blot elektronikens udvikling. Den fik også enorm betydning for ungdomskulturen i 1950'erne og 60'erne. Den lille radio gjorde musikken bærbar, hvilket revolutionerede den måde, man lyttede til musik på.

Hvor radioen tidligere havde været et møbel i den fælles stue, kunne teenagerne nu tage den med sig, væk fra forældrenes misbilligende ører, så de selv kunne bestemme, hvad de ville høre. Valget faldt

ofte på den nye rock'n'roll-musik, som var ved at bryde igennem, da transistorradioen kom frem. De korte, friske sange med en distinkt sound og et godt omkvæd passede godt til de små bærbare radioers ikke altid overbevisende lydkvalitet. Så numre som *Rock Around the Clock* og *Shake, Rattle and Roll* blev hjulpet godt på vej af transistorradioen, som i det hele taget blev formidler af de kulturelle, sociale, økonomiske og politiske omvæltninger, der fulgte i rockmusikkens kølvand.

Sony

Den store efterspørgsel, som musikken skabte, gjorde transistorradioen til elektronikindustriens hidtil største succes. Det anslås, at der blev produceret flere milliarder transistorradioer op gennem 60'erne og 70'erne. Mange af disse kom fra Japan.

Det skyldes i høj grad, at Masaru Ibuka, medstifter af den lille japanske virksomhed Tokyo Tsushin Kogyo, var i USA i 1952 og dér købte en af de licenser, som Bell Labs solgte til produktion af deres transistorer. De første par år herefter gik med at lære at fremstille driftssikre transistorer, men fra 1955 blev der produceret transistorradioer til det japanske marked. Det internationale gennembrud kom i 1957 med modellen TR63, som var lidt mindre end Regency TR1'eren. Det viste sig dog, at amerikanere havde svært ved at udtale firmaets navn såvel som forkortelsen Tot-suko, så derfor ændrede firmaet sit navn til det mere mundrette Sony.

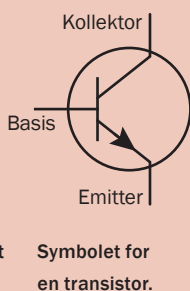
Transistorradioen var let at betjene. Det var en fordel, når man som forfatteren blev interesseret i den allerede i 1-årsalderen.

Privatfoto, 1962.



Sådan fungerer en transistor

En transistor er en elektronikkomponent med tre tilledninger. Den har den grundlæggende egenskab, at strømmen mellem to af tilledningerne, kaldet emitter og kollektor, kan reguleres af strømmen gennem den tredje, som kaldes basis. Da strømmen gennem transistoren er mange gange større end basisstrømmen, svarer det til at basisstrømmen er blevet forstærket.

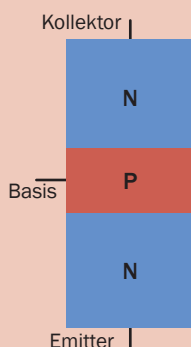


Symbolet for en transistor.

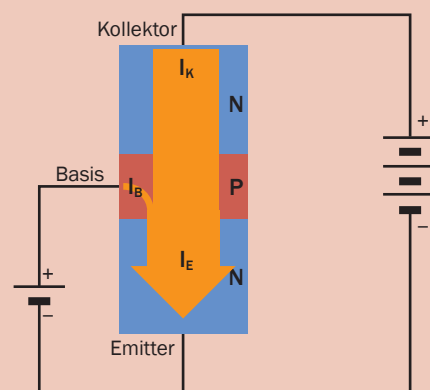
Derfor kan en transistor bruges til at forstærke svage elektriske strømme, så eksempelvis signalet fra en mikrofon kan drive en højttaler. Men strømmen i basisledningen kan også bruges til at tænde eller slukke strømmen gennem transistoren. Det er denne egenskab som elektrisk kontakt, der benyttes i digitale kredsløb.

Virkningen er baseret på de særlige egenskaber ved såkaldte halvledere, dvs. faste stoffer, som hverken er ledere (fx kobber) eller isolatorer (fx glas). I begyndelse brugte man som regel germanium, men nu oftest silicium.

Halvledermaterialet i en transistor er dopet eller "forurennet" af andre grundstoffer, så det fremstår som to forskellige typer: n-typen er dopet med fx fosfor eller arsen, som giver et overskud af ladningselektroner, mens p-typen er dopet med fx bor, som giver et underskud af ladningselektroner svarende til positive huller. Hvis man sammensætter de to typer halvleder, dannes der en såkaldt pn-overgang, som har den interessante egenskab, at den tillader strømmen at løbe den ene vej, men ikke den anden. Den fungerer altså som diode.



Principskitse af en npn-transistors sandwichopbygning med et tyndt basislag i midten.



Når basis tilsluttes en positiv spænding og kollektor en højere positiv spænding, kan der løbe en strøm mellem kollektor og emitter.

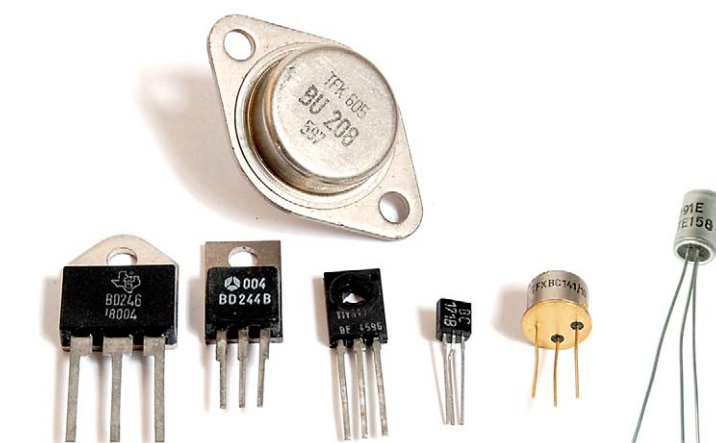
Der findes flere slags transistorer, som virker på forskellige måder, men den klassiske bipolare junction-transistor er opbygget som en sandwich af tre lag med en npn- eller pnp-struktur. Den kan derfor opfattes som to modsatrettede dioder, der deler det midterste lag. Da den ene af dioderne altid vender den "forkerte" vej, kan der ikke umiddelbart løbe strøm mellem emitter og kollektor. Men hvis basislaget er tyndt nok, vil en strøm i basisledningen ændre fordelingen af ladningsbærere i laget, således at der åbnes for, at der alligevel kan løbe en stor kollektor-emitter-strøm. Jo mere strøm, der løber i basisledningen, desto mere åbner transistoren for gennemgang mellem kollektor og emitter. Variationer i basisstrømmen vil således skabe tilsvarende variationer i den noget større strøm gennem transistoren.

TR63-modellen solgte over 110.000 eksemplarer, og samtidig var firmaet vokset fra en halv snes medarbejdere i 1952 til ca. 500. Sony er vokset lige siden, ikke mindst i kraft af, at firmaet til stadighed har introduceret nye produkter baseret på transistorer og sidenhen integrerede kredse til det brede marked. Som eksempler kan nævnes det første transistor-tv, Walkman-kassetteafspilleren, den første CD-afspiller, DAT-båndoptageren og PlayStation-spillekonsollen etc.

I 2014 havde Sony-koncernen 141.000 ansatte og en omsætning på 440 mia. kr. Så de 25.000 dollars til transistorlicensen var givet godt ud!

Jo mindre, jo bedre

I forbindelse med introduktionen af de små transistorer skete der en generel miniaturisering af de komponenter, som indgår i elektroniske kredsløb. For at forbinde disse komponenter med hinanden så kompakt som muligt,



begyndte man allerede i 1940'erne at montere dem på såkaldte printkort. Det er kunststofplader, hvorpå "ledningerne" mellem komponenterne udgøres af smalle strimler af kobberfolie. Men selv når man benyttede disse trykte kredsløb, fyldte forbindelserne mellem komponenterne ofte uforholdsmæssigt meget.

Eksempler på transistorer i ca. naturlig størrelse. Større strømme kræver typisk montering på en køleplade.

Foto: Tysk Wikipedia.

Videre læsning:

Ernest Braun og Stuart Macdonald, *Revolution in Miniature. The History and Impact of Semiconductor Electronics*. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

Om Regency TR1-radioen: www.regencytr1.com/

Dele af artiklen er baseret på kapitlet om Transistorer i bogen *50 Opfindelser*, som udkommer på Aarhus Universitetsforlag i slutningen af året (2015).

For at løse dette problem udviklede den amerikanske ingeniør Jack Kilby i efteråret 1958 det såkaldte integrerede kredsløb, hvor alle de nødvendige transistorer og komponenter i øvrigt var konstrueret i et og samme stykke germanium. Selvom konstruktionen var meget primitiv i forhold til nutidens integrerede kredsløb, var den så banebrydende, at Kilby i 2000 fik nobelprisen for sin andel i opfindelsen af den integrerede kreds eller mikrochippen, som den også kaldes.

Ufattelig regnekraft

Siden fremkomsten af de integrerede kredsløb har producenterne forsøgt at presse stadig flere transistorer ind på den samme plads. I 1971 lykkedes det flere chipproducenter at skabe over 2.000 transistorer på en enkelt siliciumchip, hvilket var nok til, at alle de centrale dele af en computer kunne være på sådan en chip. Disse såkaldte mikroprocessorer blev i begyndelsen brugt til lommeregner, printere og mindre automatiksystemer. Men efterhånden, som de blev videreudviklet, gjorde de det også muligt at bygge computere, som ikke fyldte et helt lokale, men kunne stå på et skrivebord. Intels Pentium-processor fra 1993, som typisk blev brugt i pc'er, bestod af godt 3 mio. transistorer. I 2014 blev der produceret mikroprocessorer med over 1 mia. transistorer.

Vor tids potente mikrochips er grundlaget for, at en smartphone, som er væsentlig mindre end den første transistorradio, ud over mobiltelefonen også rummer fx en computer, en musikafspiller, et digitalkamera med fotoalbum, en gps, en lommeregner og som regel også en transistorradio.

Transistorer overalt

Som nævnt spillede transistorradioen en central rolle for halvlederteknologiens kommercielle gennembrud. Da det siden er blevet stadig billigere at konstruere stadig mere komplekse kredsløb, findes der transistorer i utallige af de apparater, som vi omgiver os med i vores hverdag. Det gælder ikke blot de velkendte eksempler som computere og mobiltelefoner, men også mange andre apparater, hvor transistorerne virker mere i det skjulte. Der er fx mikrochips med utallige transistorer i selvspillende fødselsdagskort, automatiske vaskemaskiner, bilers motorstyring, industrirobotter, medicinsk udstyr, flyvemaskiner og satellitter. Det, at utallige produkter på denne måde er blevet "smarte", har givet os et hav af nye muligheder gennem de seneste årtier. Derfor er der god grund til at kipe med flaget for transistorradioen, som var med til at sætte denne udvikling i gang for godt 60 år siden. ■

ANNONCE

Fysik og Teknologi-Camp d. 26.-27. september 2015

Gratis camp for gymnasieelever med interesse i akustik, optik og nanoteknologi

Deltagerne får inspiration til SRP, faglige oplæg og mulighed for at møde andre unge med samme interesse. De skal lave problemformuleringer, som de selv skal besvare – og så får de lov til at arbejde i universitetets laboratorier på vores nye campus.

Campen har fem projektspor, som deltagerne kan melde sig på efter eget ønske. Sporene handler om:

- akustisk levitation
- optisk datatransport
- nano optik
- elektromagnetisme
- akustik og højtalere

Deltagelse inkluderer gratis mad, drikke og overnatning. Der er 30 pladser (efter først-til-mølle-princippet).

Campen finder sted på SDU i Odense og er arrangeret af studerende, som læser til civilingeniør i Fysik og Teknologi.



Helt nye forsøg i SDU's laboratorier, quiz og aftenhygge.

Læs mere om projekterne, programmet og tilmelding på www.sdu.dk/fysikogteknologi/camp

For yderligere information kontakt Randi Hærup Poser på rahp@tek.sdu.dk eller 6550 7326.

Kolde koralrev og kulstofkredsløbet

Når man tænker på koralrev, er det som oftest farvestrålende billeder fra det lave, varme vand på tropiske breddegrader, der dukker op på den indre lystavle. Men også i det mørke, kolde vand på store havdybder, finder man koraller. Her trives de såkaldte koldtands-koraller, der i modsætning til varmtvands-koraller ikke lever i symbiose med alger. Koldtands-korallerne kan dog også danne store imponerende revstrukturer, der huser et væld af liv. Man formoder, at koldtands-koralrev spiller en vigtig rolle i kulstofkredsløbet, da revene danner basis i et meget aktivt økosystem, der omsætter store mængder organisk materiale. Men hvor stor betydning revene har, er ikke let at få præcise tal på, da revene er svært tilgængelige og derfor vanskelige at undersøge i detaljer. Men med ny avanceret undervandsteknologi kan forskerne nu begynde at løfte sløret for, hvad der foregår i dybet. I en nylig afhandling i *Marine Ecology Progress Series* beskriver et internationalt team af forskere med deltagelse af den danske forsker Ronnie N. Glud fra forskningscenteret NordCEE på SDU, hvordan de har brugt en ny instrumenttype til at bestemme økosystemets respiration på to koldtandsrev ud for Skotland og i det nordlige Norge.

Udstyret, der er på størrelse med et skrivebord, blev transporteret ned til revene ved hjælp af fjernstyrede undervandsfartøjer. Fartøjerne er udstyret med kameraer og robotarme, så det var muligt for forskerne at finde det bedste og sikreste sted på revet at placere det videnskabelige udstyr.

Selve metoden er baseret på højfrekvente målinger af svingninger i hastigheden af vandstrømningen og svingninger i vandets iltindhold. Disse data kan bruges til at beregne, hvor meget ilt revet og dets beboere

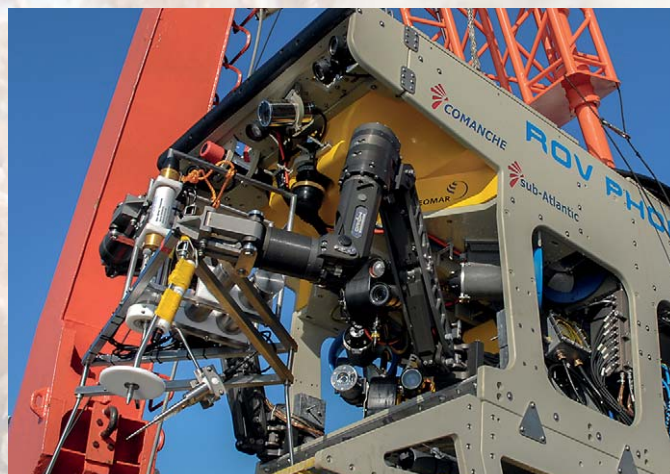


Foto: Peter Linke, efter Rovelli et al. 2015

Måleudstyret Aquatic Eddy Covariance monteret på det fjernstyrede undervandsfartøj GEOMAR ROV PHOCA.

forbruger. Ydermere fortæller dataene, hvordan iltforbruget afhænger af miljømæssige parametre som fx fødetilgængelighed og hydrodynamik.

Resultaterne viste, at iltoptagelsen på revene var 4-5 gange højere end det globale gennemsnit for økosystemer på "blød havbund" på tilsvarende dybder. Ifølge forskerne bekræfter studierne, at koldtandsrev omsætter betydelige mængder kulstof og dermed spiller en vigtig rolle for kulstofkredsløbet og regenereringen af næringsstoffer i havet.

CRK, Kilder: SDU. *Marine Ecology Progress Series* 525: 97-104, doi:10.3354/meps11211.

Få fat i det bedste fra den aktuelle videnskabsformidling

Hver anden måned samler vi nogle af de bedste artikler om forskning på Det Naturvidenskabelige Fakultet i et nyhedsbrev. Vi skriver om nye opdagelser og nye teorier - og om deres betydning for mennesker og samfund. Meld dig til på www.sdu.dk/natnyt

Ivittuút

Søværn og blåmuslinger

Kugnait Bugt

Mange små og store forskningsprojekter får en hjælpende hånd af det danske forsvar. Forfatteren fortæller her om sine egne erfaringer med sit specialeprojekt i Grønland.

Gennem tiderne har der været mange gode eksempler på samarbejde mellem forskningsverdenen og det danske Forsvar. Mest kendt er nok Galathea 3 ekspeditionen ombord på inspektions-skibet Vædderen, men også mindre forskningsprojekter nyder godt af det gode samarbejde. Det oplevede jeg selv, da jeg tilbage i 2005-2007 skrev speciale om blåmuslinger i Grønland.

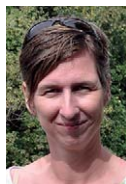
Egentlig havde jeg dengang orlov fra studiet på Roskilde Universitet (RUC), da min mand havde fået en stilling på Grønlands Kommando (nu Arktisk Kommando, Nuuk) i Grønnedal i bunden af Arsuk Fjord. Vi hev to år ud af kalenderen og rejste med vores børn på 2 og 6 år til Grønnedal, en lille, danske militærbase i Sydvestgrønland. Før jeg begyndte at studere på RUC, havde jeg uddannet mig til radiooperatør i Søværnet, og derfor kunne jeg få en stilling som telegrafist på Flåderadio Grønnedal, Grønlands Kommando. Jeg satte det manglende speciale på stand by og koncentrerede mig om "prikker og streger" og radiofrekvenser. Men når man nu savner den naturvidenskabelige verden,

hvorfor så ikke lave feltundersøgelser til specialet i kemi og miljøbiologi på Grønland, når man nu bor deroppe? Jeg satte mig for at undersøge, hvordan blåmuslingebestanden påvirkes af bly og zink i et gammelt mineområde 20 år efter den sidste minedrift var ophørt. Og i det projekt viste Forsvaret sig at være en særdeles værdifuld samarbejdspartner, hvor både de og jeg fik glæde af situationen, ny viden og kolorit på hverdagen.

Kryolitminen i Ivittuut

Området omkring Arsuk Fjord er et meget interessant område med en unik geologisk sammensætning. I Ivittuut 5 km fra Grønnedal kan findes over 90 forskellige mineraler, blandt dem Na_3AlF_6 – kryolit – som også kaldes "issten" på græsk, da det kan være helt hvidt. Kryolit var meget værdifuldt, da det i gamle dage blev anvendt som katalysator i produktionen af aluminium ved at reducere smeltepunktet for aluminiumoxid fra 2.000 °C til 1.000 °C. Herefter kunne aluminium isoleres ved hjælp af elektrolyse. Nu om dage produceres kryolit kunstigt. I 1854 startede det danske kryoliteven-

Forfatteren:



Louise Aastrup Zimmer, uddannet cand. scient. fra Roskilde Universitet
louise.aa.zimmer@gmail.com



← Udsigt over forsøgsområderne, hvor man kan se placeringen af både Ivittuut og Kugnait Bugt, der ligger omkring 14 km fra hinanden i Sydvestgrønland.

Foto: Finn Zimmer

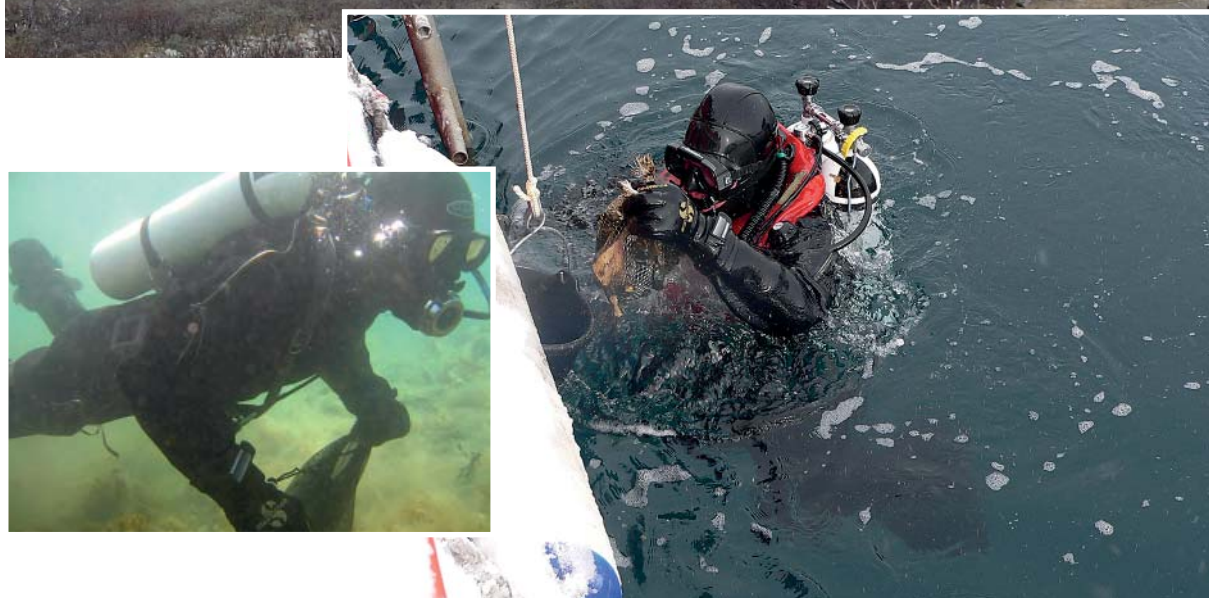
→ Den gamle mineby Ivittuut med den vandfyldte mineskakt i forgrunden.

Foto: Louise Zimmer



Et net med transplanterede muslinger hentes op af en af forsvarrets dykkere.

Fotos: Henrik Lindstrøm og Line Holgaard



tyr, hvor Kryolitselskabet Øresund A/S begyndte driften af minen i Ivittuut. Selve mineområdet måler 115 x 50 meter og var 70 m dybt og ligger lige ud til Arsuk Fjord. Malmen blev behandlet mekanisk, hvor kryolitten blev knust, sorteret og lagt på kajen, klar til at blive sejlet hjem til Danmark med store sejlskibe. Udover kryolit består malmen også af en blanding af andre mineraler, herunder siderit (FeCO_3), kvarts (SiO_2) og sulfider. Fx indeholder malmen blysulfid (PbS – blyglans eller galena) og zinksulfid (ZnS – zinkblende eller sphalerite). Restaffaldet og kryolit i dårlig kvalitet blev brugt som kaj-materiale, ophobet på land, hvis ikke kastet direkte i fjorden. Under oxidation og udvaskning af regnvand og tidevand er fjorden og det omgivne økosystem blevet forurenet med store mængder bly og zink. Beregninger fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE; den forhenværende Arktisk afdeling ved Danmarks Miljøundersøgelser) viser, at frigivelsen af bly og zink er mellem 1 - 3 kg pr. dag. Minen lukkede endeligt i 1987, hvorefter mineskatten blev fyldt op med vand.

Siden 1982 er mineområdet i Ivittuut blevet regelmæssigt overvåget af DCE. Her analyserer man for tungmetaller i blåmuslinger, fjordsedimenter, havvand, fisk, laver mm. Især blåmuslingerne (*Mytilus edulis*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) i tidevandszonen viste sig at være påvirket af tungmetaludvaskningen fra mineområdet med stærkt forhøjede koncentrationer af bly og zink.

I gang med feltarbejdet

I sommeren 2006 tog jeg kontakt til to seniorforskere (Poul Johansen og Gert Asmund) på DCE for at høre, om jeg kunne hjælpe med overvågningsarbejdet og samtidig bruge det i forbindelse med mit speciale. Jeg fik den opgave at udføre transplanterationsforsøg med blåmuslinger i Arsuk Fjorden – dvs. jeg skulle flytte muslinger fra det forurenede mineområde til et rent område og omvendt flytte muslinger fra det rene område til det forurenede område. På den måde kunne jeg følge, hvordan muslingerne hhv. udskilte og optog zink og bly. Jeg fandt et område i den nærliggende Kugnait Bugt 14 km væk, som jeg antog ikke var påvirket af forure-



Så er de første net fundet og samlet ind. Foto: Louise Zimmer

Historik

1854: Kryolitselskabet Øresund A/S begynder driften af kryolitminen i Ivittuut

1942: Flådebasen i Grønnedal bliver anlagt af amerikanerne for at beskytte kryolitminen i Ivittuut under 2. verdenskrig, da brugen af aluminium var vigtig i den amerikanske krigsproduktion

1951: Grønnedal overgår til det danske forsvar og bliver base for Grønlands Kommando

1962: Kryolitminen lukker og minen fyldes op med vand

1982: Kryolitminen genåbnes på grund af bedre teknikker til at udvinde kryolit. Minen tømmes for vand. DCE påbegynder monitoring af mineområdet.

1987: Kryolitminen lukker endeligt og mineskakten fyldes med vand igen.

2012: Grønlands Kommando flytter og bliver sammenlagt med Færøernes Kommando i Nuuk som Arktisk Kommando

2014: De sidste soldater forlader Grønnedal, hvor bygningerne efter endte miljøundersøgelser skal rives ned og området skal tilbageføres til naturen

ningen fra kryolitminen, da de to vandmasser ikke var umiddelbart forbundne.

Med få instrukser og bevæbnet med net til at transplantere muslinger i, som jeg fik tilsendt, gik jeg i gang med at planlægge og organisere forsøgene.

Militærets dykkere på muslingeagt

På Flåderadioen gik jeg 12-timers vagter. Det betød, at jeg havde en del fridage, hvor jeg kunne koncentrere mig om specialet. Dog er det en stor opgave at transplantere 1400 muslinger. Derfor tog jeg kontakt til de militære erhvervsdykkere ved Grønlands Kommando, der jo også var mine kollegaer til dagligt. For at opretholde status som erhvervsdykker skal man have et vist antal rutinedyk. Jeg spurgte, om det var noget for dem at hjælpe med at samle muslinger, og det var de heldigvis med på. Der til kom lån af skibet *Kuseq* ved Grønlands Kommando, en skibsfører, samt et hold af koner/kæresten til at hjælpe med at opmåle længden på muslingerne, lægge dem i net og skære bløddelene ud, når de efterfølgende blev indsamlet. Vi var gerne 7-9 personer, der var af sted pr. gang. Det var et rigtig

godt samarbejde: Mine medhjælpere og jeg glædede os til hver gang, vi skulle af sted. Når man bor i et lille, isoleret samfund som Grønnedal med kun 150 beboere, har man ofte flere forskellige arbejdsopgaver. Fx var en af dykkerne også stationens bager, en anden var leder af maskinafdelingen, skibsføreren var stationens tømrer og mine medhjælpere kunne fx være fiskeriofficerens kone eller tømrerens kæreste.

Da jeg netop havde fået det hele til at gå op med dykkerne, bagerens rugbrød, ankomst af et tankskib og mine egne vagter på Flåderadioen, måtte vi alligevel udsætte tidspunktet for den første tur. Galathea 3 kom nemlig forbi Grønnedal og skulle bruge Forsvarets skib *Kuseq* til nogle undersøgelser i den nærliggende Ika Fjord. Men vi kom endelig afsted. Vi sejlede mellem de forskellige stationer og lagde de transplanterede muslinger ud. Nu var det bare at vente.

Succesfuld indsamling

Vi var selvfølgelig rigtig spændte første gang, vi skulle hente net ind. Jeg havde malet nogle sten røde, som dykkerne havde lagt i nærheden af de

udlagte muslingenet, så det ville være nemmere at finde de transplanterede muslinger igen. Nettene i både Ivittuut og Kugnait Bugt kunne dykkerne heldigvis godt finde, men de net, vi havde lagt ud i Grønnedal, som en ekstra referencestation, fandt vi aldrig. De var blæst væk i en af efterårets storme. Ellers foregik indsamlingerne uden problemer. muslingerne blev indsamlet, målt, sorteret, lagt i net eller fik bløddelene skåret ud med det samme. Når muslingerne var blevet dissekeret, blev de sorteret efter størrelse, frosset og opbevaret i kabyssens frysehus indtil min hjemrejse. Til at måle længden på muslingerne havde forskerne på DCE sendt mig en skydelære i plastik. Det var rigtig heldigt, for de ekstra skydelærer i metal, som tømreren havde taget med fra Søværnets værksted, måtte hurtigt give op over for saltvandet.

Og i sommeren 2007 kunne jeg så rejse hjem med 1400 frosne muslinger og tænke tilbage på et rigtig godt samarbejde mellem en forskningsspire og det danske Søværn. Specialet blev forsvaret og resultaterne publiceret. Mine resultater viste, at muslinger flyttet fra den rene Kugnait Bugt til mineområdet i Ivittuut optog bly gennem hele eksperimentet, mens muslingerne flyttet fra Ivittuut til Kugnait Bugt kun udskilte mellem 5 og 20 % af det optagne bly inden for de første 10 dage efter transplantationen. Herefter forblev niveauet konstant i resten af eksperimentet. Zink-indholdet i muslingerne var på et acceptabelt niveau for begge stati-

oner både før, under og ved afslutningen af transplantationseksperimenterne. Den seneste monitoringsrapport fra DCE i 2013 viser fortsat forhøjede koncentrationer af bly og zink i forhold til ikke-forurenede områder i Grønland. Blykoncentrationen er stadigvæk så høj, at det frarådes at indsamle og spise blåmuslinger i og omkring Ivittuut, så vi betaler stadig af på miljøgælden fra fortidens kryoliteventyr.

Muligheder for samarbejde med Forsvaret

Nu er Grønlands Kommando ikke længere beliggende i Grønnedal, men flyttede i 2012 til Nuuk. Dog fortsætter det gode samarbejde mellem Forsvaret og den naturvidenskabelige verden. Søværnet og Marinehjemmeværnets skibe er jævnligt base for større eller mindre forskningsprojekter, bl.a. gennem en samarbejdsaftale med Dansk Center for Havforskning. Forsvaret er netop ved at bygge et nyt inspektionsfartøj *Lauge Koch* forberedt til at støtte dansk forskning i Arktis med indretning af laboratorier, bomme og kraner som moduler, der kan monteres efter behov, når der skal ydes støtte til forskningsprojekterne. Lauge Koch forventes klar til brug i 2017.

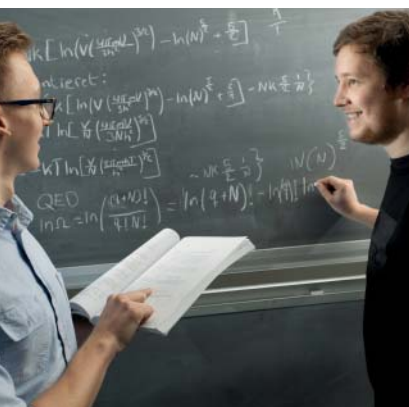
Jeg har selv haft stor glæde af mit samarbejde med Forsvaret. Organiseringen og den strukturerede tilgang til arbejdet er kommet mig mange gange til gode i mit arbejdsliv – både som forsker og underviser.

Læs mere:

Zimmer et al. (2010): Pollution from mining in South Greenland: Uptake and release of Pb by blue mussels (*Mytilus edulis* L.) documented by transplantation experiments. *Polar Biology*, Vol. 34 (3) p. 431-439.

Johansen and Asmund (1999): Pollution from mining in Greenland: monitoring and migration of environmental impacts. In: McLusky DS, Berry AJ (eds) *Environmental impacts of mining activities, emphasis on migration and remedial measures*, Springer, New York, pp 245-261

Bach et al. (2014): Environmental monitoring in 2013 at the cryolite mine in Ivittuut, South Greenland. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 32 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 105. <http://dce2.au.dk/pub/SR105.pdf>



Fagligt
Udviklende
Karrierefremmende

Ses vi til NAT-DAG på RUC onsdag d. 23. september 2015 ?

Her inviterer vi igen gymnasier, HF og HTX indenfor til en dag med naturvidenskab.

På Nat-dagen kan du og dine elever opleve spændende foredrag, deltage i eksperimenter i vores nye laboratoriebygning og diskutere naturvidenskabelige problemstillinger med forskere og studerende.

Læs mere på: nat-dag.ruc.dk



Science på RUC
Naturvidenskab i virkeligheden

Universiteterne strammer op

- rådgivning i ”God videnskabelig praksis”

Hvilke problemer er der med den videnskabelige praksis på universiteterne? De to forfattere præsenterer her de første erfaringer i deres rolle som rådgivere for forskere om god videnskabelig praksis på Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet.

I dønningerne efter “Penkowa-sagen” har der været en række initiativer i Videnskabsministeriet og på landets universiteter for at sikre god videnskabelig praksis (se boks). Siden april 2014 har de to forfattere været udpeget af dekanatet ved Københavns Universitets Natur- og Biovidenskabelige Fakultet som såkaldte “named persons”. I den rolle skal vi rådgive studerende og forskere om god videnskabelig praksis, herunder “regler” om medforfatterskab, samt spørgsmål i tilfælde af mulige brud på god praksis. Vi fungerer altså uafhængigt af fakultetet og dets ledelse, og rådgivningen lægges ikke offentligt frem, men vi behandler ikke anonyme henvendelser.

Forfatterne



Af Kaj Sand-Jensen, professor ved Fersk-vands Biologisk Laboratorium, Biologisk Institut, Science, Københavns Universitet.
ksandjensen@bio.ku.dk



Bo Jellesmark Thorsen, professor ved Sektion for Miljø og Naturressourcer, Science, Institut for Fødevarer og Ressource-økonomi, Københavns Universitet.
bjt@ifro.ku.dk

Vi har i det første år har haft seks henvendelser. Ingen har handlet om alvorlige brud på god videnskabelig praksis. Ingen henvendelser har handlet om grov selektivitet i dataudvælgelse eller noget, der tangerer egentlig svindel. Der har heller ikke været henvendelser om uenighed om fordeling af medforfatterskaber. Så langt så godt.

Når publicering trækker i langdrag

Vi har derimod haft henvendelser fra forurettede postdocs og ph.d.-studerende, som handler om, at vejledere og forskningsledere usædvanligt længe (år) har forsinket publikation af udfærdigede artikler og afhandlinger, hvor lederne optræder som medforfattere. Det er selvsagt helt afgørende for den fremtidige karriere og ansættelse, at man som postdoc eller ph.d.-studerende får publiceret sine afhandlinger indenfor en rimelig tidshorisont. For arbejdsglæden, selvtilliden og en fuldblyrdet afslutning

på en stor indsats er det afgørende, at arbejdet bliver publiceret. Det er også en pligt over for samfundets og private fondes investering i forskningsprojekter, at gode resultater selvfølgelig publiceres og kan komme til alment kendskab, diskussion og nytte i videnskaben og samfundet. Princippet er, at forskere og forskerstuderende både har en ret til og en pligt til at publicere deres resultater. Derfor – hvis vejlederen, forskningslederen eller andre medforfattere ikke svarer på gentagne henvendelser pr. telefon, mail og dørbanken fra førsteforfatteren, men tværtimod ikke viser nogen tegn på at ville bidrage aktivt til publicering, eller aktivt modsætter sig den – så må man oplyse vedkommende om, at man alligevel agter at gå videre med publiceringen. Det kan ende med, at den sendrægtige ikke kan forblive på forfatterlisten af mangel på tilbagemelding. Det er i fuld overensstemmelse med de såkaldte Vancouver-bestemmelser for forfatterskab.

Vancouver-bestemmelsernes tredje princip om, at forfattere skal godkende den indsendte version af en artikel, kan altså *ikke* bruges som en veto mod publicering. Hvis man er uenig i en artikels indhold, som andre forfattere er enige om, så står det en frit for at skrive og indsende en kommentar eller tilsvarende, hvis artiklen publiceres.

At sætte en medforfatter af holdet opfattes åbenbart af mange som et meget drastisk skridt. Vi fornemmer, at forskere generelt, men yngre forskere måske i særdeleshed, derfor finder sig i usædvanligt meget i sådanne konfliktsituationer med

forskningsledere og hellere bakker ud end insisterer på retten til at køre fremad.

Det er i virkeligheden et ledelsesproblem og en uacceptabel praksis, der ligger bag den situation, at medforfattere, herunder til tider vejledere og forskningsledere af forskellige grunde mister interessen for afhandlinger fra ikke bare én men adskillige tidligere forskerstuderende. Måske har afhandlingerne ikke *Science*-potentiale, eller der kan ligge noget andet bag den manglende interesse for publicering. Ledelsesproblemer er ikke vores bord, men en uofficiel henvendelse til de øverste ansvarlige ledere, typisk instituttets ledelse, kan alligevel sætte skred i sagerne.

I kløerne på "fup"-tidsskrifter

De senere år er der opstået en vildtvoksende underskov af "open acces" eller "review/publish for fee" tidsskrifter, der ganske intensivt henvender sig direkte til forskere om publiceringsmuligheder. Der er endda flere af disse tidsskrifter, som har valgt sig et navn, der ligger meget tæt på kendte og højt estimerede tidsskrifter. Disse nystartede "parasittidsskrifter" skal man som ung førstegangspubliserende, men også som erfaren forsker, passe på. Kommer man uforvarende til at indsende sin afhandling til et parasittidsskrift, kan det være svært, efter en ofte fuldstændigt summarisk og overraskende ukvalificeret "reviewer-behandling" at trække sin afhandling tilbage. Også selv om man hverken har modtaget en korrektur eller har underskrevet en forfattererklæring, der overfører ens copyright til tidsskriftet. Reaktionen fra tidsskriftet på kravet om få trukket artiklen tilbage *kan* være et økonomisk modkrav, og her ligger den økonomiske fidus sandsynligvis hos "open access". Andre tidsskrifter annoncerer med, at de for beskedne gebyrer sikrer et review og en online publicering. Det



Det kan være svært at opdage brud på god videnskabelig praksis.

Tegning: Anton Brand, Shutterstock.com

Vancouver-bestemmelserne

Disse retningslinjer for forfatterskab er udviklet af International Committee of Medical Journal Editors, men er siden blevet en vidt udbredt standard til at afgøre og administrere forfatterskaber. De vigtigste retningslinjer gengives her (i forfatterens oversættelse):

Beslutninger om forfatterskab bør baseres på følgende 4 kriterier:

- Forfattere skal have bidraget væsentligt til udformning *eller* design af arbejdet; *eller* fremskaffelse, analyse *eller* fortolkning af data for arbejdet; OG
- bidraget til udarbejdelse af det oprindelige manuskript *eller* revideret det kritisk mht. vigtige intellektuelle aspekter; OG
- godkendt den endelige version til; OG

- Er enig i at være ansvarlig for alle aspekter af arbejdet i den forstand, at man medvirker til at sikre, at spørgsmål relateret til præcisionen eller integriteten af enhver del af arbejdet bliver passende undersøgt og afklaret.

Derudover:

Ud over at være ansvarlig for de dele af det arbejde, han eller hun har stået for, bør en forfatter kunne identificere, hvilke medforfattere der er ansvarlige for andre specifikke dele af arbejdet. Desuden bør forfattere have tillid til integriteten af bidragene fra deres medforfattere.

Alle, der optræder som forfattere, bør opfylde alle fire kriterier for forfatterskab, og alle, der opfylder de fire kriterier, bør identificeres som forfattere.

Danske universiteters kodeks for "God videnskabelig praksis"

De danske universiteter tilslutter sig nationale og internationale værdier og standarder vedrørende god videnskabelig praksis. Sådanne fælles nationale værdier omfatter det nye danske kodeks (Danish Code of Conduct for Research Integrity) fra Videnskabsministeriet november 2014, som er omtalt af Jens Morten Hansen i Synspunkt i Aktuel Naturvidenskab (nr. 5/2014). Sådanne nedskrevne værdier og standarder har det imidlertid med at være meget generelle og være svære at forholde sig konkret til, fordi der mangler eksempler, der fremmer forståelsen. Man skal også være opmærksom på, at der er tale om et moralsk eller etisk kodeks, som ikke udgør et juridisk bindende katalog for, hvad man må eller ikke må.

Det Naturvidenskabelige Fakultet, KU har defineret fire almene principper for god videnskabelig praksis, som oversat til dansk lyder:

1. Forskning skal udføres pålideligt, objektivt, omhyggeligt, uvildigt og uafhængigt.
2. Forskning skal kommunikeres ærligt og med præcis og fair kreditering af andres forskning.
3. Forskning skal diskuteres og formidles åbent og tilgængeligt.
4. Forskning skal planlægges ansvarligt og sikre oplæring af fremtidens forskere.

er vigtigt, at yngre forskere gøres opmærksomme på, at der findes disse typer tidsskrifter. Kommer man alligevel uforvarende i kløerne på dem, anbefaler vi, at man tydeliggør, at man ønsker at trække sin afhandling tilbage, at man ikke har godkendt en korrektur, at man ikke har videregivet sin copyright, og at man derfor betragter deres adfærd som tyveri og vil overgive sagen til universitetets jurister.

Mørketal

Vi ved selvfølgelig ikke, om der ligger flere problemer og ulmer vedrørende god videnskabelig praksis, som ikke er kommet for dagen, end de ganske få, vi hidtil har fået henvendelse om. Vi vil dog gerne pege på, at man skal være særligt opmærksom på, at unge forskere kan blive pressede i det yderst hierarkiske forskningssystem, der har udviklet sig herhjemme, hvor de er meget afhængige af velvilje fra deres vejledere og forskningsledere. Det handler om ledernes magt til at fremme eller bremse de unges karriere via publikationer, ansættelser, stillinger og anbefalinger.

I den forbindelse er alle unge forskere, men måske især de udenlandske, i en særligt følsom situation, fordi de ikke har et stort netværk og måske også er mere usikre på, hvad de kan forvente i et fremmed land. Det er igen et generelt ledelsesproblem, som imidlertid kan danne grobund for henvendelser af den type, som vi har måttet forholde os til.

Medforfatterskaber

Overraskende nok har vi *ikke* fået henvendelser om medforfatterskaber. Her kunne vi ellers godt forstille os, at der kunne være baggrund for justering af praksis. Vi kan henvise til den tummel, der har været for Penkows medforfattere. Vi kan også nævne, at artiklerne i løbet af de seneste 20 år har fået længere og længere forfatterlister, hvilket kan begrundes i reelle større samarbejdsrelationer, men også kan handle om en ændret kultur i forskningsgrupper, hvor man gensidigt tilgodeser hinanden for at forbedre gruppens samlede fremtræden.

Måske vil der i fremtiden ske en opstramning ved tildeling af medforfatterskaber, så de kommer i bedre overensstemmelse med Vancouver-bestemmelserne. Men det er vores opfattelse, bl.a. via ph.d.-kurser om skriveprocesser, at der foregår fordeling af medforfatterskaber med mere rund hånd, end der helt kan retfærdiggøres. Derfor kan man stadig ude i den frie forskningsverden møde en medforfatter, som ikke kan redegøre for baggrund, indhold og implikationer af en afhandling, som ikke desto mindre er meriterende for vedkommendes anseelse og karriere.

Diskussionen om medforfatterskaber handler ofte om for mange eller uberettigede forfatterskaber. Men den modsatte udfordring findes også: At forskere, der reelt har bidraget så meget til en artikel, at de burde være medforfattere, i sidste ende ikke figurerer på artikler og afhandlinger. Det er i princippet lige så problematisk. Det gælder selvfølgelig særligt, hvis myndigheder eller private firmaer og interessenter aktivt har bidraget til, at afhandlingen blev skrevet, men ikke figurerer på forfatterlisten. Men dilemmaet findes også, hvis det er vejledere og ældre forskere, der har hjulpet en yngre forsker på vej i analyse- og skriveprocessen, men ikke optræder som medforfattere.

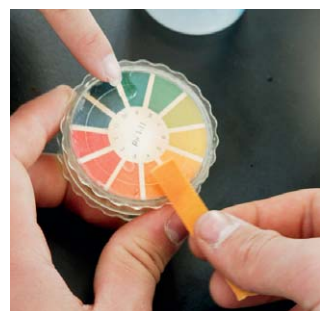
Virker institutionen?

Som sagt har henvendelserne til os hidtil været få, og ordningen har virket i så kort tid, at det er for tidligt med en konklusion om dens virke. Ovenstående indeholder dels erfaringer, vi har gjort os indtil nu, og nogle synspunkter om medforfatterskaber. Det er vores oplevelse, at de gange, vi har givet råd, har det været befordrende for at starte en løsning af problemet – men selve problemløsningen har typisk ligget på andres bord. Det er også vores opfattelse, at selv om observationerne indtil nu er få, så er de problemer, vi har peget på, hvor yngre forskere er kommet i klemme, ikke enestående. Vi mener derfor, at institutledelserne bør øge opmærksomheden om disse forhold. ■

Videre læsning:

Mere om Danish Code of Conduct for Research Integrity:
<http://ufm.dk/publikationer/2014/the-danish-code-of-conduct-for-research-integrity>

Mere om Vancouver-bestemmelserne for forfatterskab:
www.icmje.org/recommendations/



FÅ NYE PERSPEKTIVER PÅ NATURVIDENSKABEN

Tag din gymnasieklasse med til et spændende besøg på Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet.

Vores engagerede forskere står klar med foredrag og øvelser inden for blandt andet biologi, fysik, kemi, nanoscience og fødevarer. Gå ind på [*science.ku.dk/gymnasiebesoeg*](https://science.ku.dk/gymnasiebesoeg)

Her kan du se en film om vores gymnasiebesøgsordning og tilmelde dig vores nyhedsbrev. Så får du information om vores klassebesøg og de mange andre tilbud til dig og dine elever.

Hvad nu, hvis livet var helligt?

Lægen og filosofen Albert Schweitzer tilbyder et etisk perspektiv på bioteknologien: Hvor går grænserne for, hvad vi kan tillade os over for andre livsformer, og hvornår kommer vores egen bekvemmelighed i vejen for vores overlevelse?

Forfatterne



Tue Ravn, stud. theol.
Ravntue@gmail.com



Mickey Gjerris,
lektor, ph.d.
Institut for Fødevare- og
Ressourceøkonomi, KU
mgj@ifro.ku.dk

Bioteknologien gør hvert år store fremskridt. Det er fx i dag muligt med genteknologi at få en ged til at producere mælk, som indeholder antithrombin, et stof, som modvirker blodstørkninger. Ifølge FN's fødevarerorganisation, FAO, er bioteknologi en nødvendig teknologi i bestræbelserne på at opfylde efterspørgslen på animalsk protein til verdens befolkning frem mod år 2050, hvor verdensbefolkningen ventes at være vokset til 9-10 milliarder mennesker.

Men hvor bioteknologien møder fødevarerindustrien og medicinalindustrien, dukker der ofte etiske problemstillinger op. Også uden bioteknologi rummer fødevarerindustrien etiske problemstillinger. Tag fx den industrielle fremstilling af fjerkræ. Alene i Danmark produceres der hvert år mere end 100 millioner slagtekyllinger, hvoraf ca. 10 % sendes til slagteriet med åbne sår på trædepuderne – de såkaldte trædepudesvidninger, som kyllingerne får, fordi de står i deres egen afføring. Endvidere aflives to millioner nyudklækkede hanekyllinger som led i ægproduktionen i landsbruget hvert år. De passer bare ikke ind i systemet.

Hvordan forholder vi os til biologisk liv, når respekten for biologisk liv støder sammen med vores andre værdier og vaner, vores tilfredshed og vores ønsker om en bestemt livsstil? Det er en central etisk problemstilling for os i dag.

Et løsningsforslag finder vi i en ofte overset etik, der rummer en måde at tænke på, som kan hjælpe os til at forstå de etiske aspekter af situationer som dem, vi lige har nævnt. Under overskriften Ærefrygt for liv udviklede den fransk-tyske filosof, teolog, læge og musiker Albert Schweitzer (1875-1965) for snart 100 år siden en filosofi og etik, som sætter biologisk liv i centrum for tænkningen. Hans arbejde har sat sig store spor i miljøbevægelser verden over, hvor flere velgørhedsorganisationer bærer hans navn. Men på trods af dette er Ærefrygt for liv aldrig slået igennem i den akademiske etik.

For os at se rummer Schweitzers filosofi og etik imidlertid et relevant og interessant bidrag til den

aktuelle diskussion om de etiske problemstillinger, der opstår som følge af bioteknologiens hastige fremskridt. Ærefrygt for liv tilbyder blandt andet et interessant perspektiv på et af de bioetiske kerne-spørgsmål: Hvad kan vi tillade os at gøre ved andre livsformer?

Ærefrygt for liv

Ærefrygt for liv bygger på det, som Schweitzer kalder en naturlig medfølelse overfor biologisk liv. Dette biologiske liv identificerer Schweitzer som den mest fundamentale del af menneskets natur. Schweitzer kommer frem til denne konklusion igennem et kritisk opgør med den filosofiske tradition i Europa fra René Descartes (1596-1650) til år 1913.

Schweitzer beskriver sin metode som en biologisk og filosofisk undersøgelse. Og det, han kommer frem til, er, at menneskets grundlæggende natur må siges at være en vilje til at leve og vedblive med at leve. Denne tese bygger Schweitzer på, at mennesket er et biologisk væsen, der er drevet af den samme selvopretholdelsestrang, som findes i alt biologisk liv. I et filosofisk perspektiv kan det udtrykkes som, at menneskets natur består i Vilje til liv. Schweitzer går dog ikke så langt som til at sige, at vilje til liv efterstræber noget konkret, men er kun orienteret imod sin egen overlevelse og opretholdelse.

Vilje skal her ikke forstås som lig den menneskelige vilje. Når Schweitzer bruger "vilje" som begreb, skyldes det, at han skelner mellem to forskellige erkendelsesmåder, som han finder i filosofien. Den første er erkendelse igennem begreber inden for blandt andet matematik, logik og sprog, der sætter mennesket i stand til at skabe orden og bygge systemer op om den verden, vi lever i. Den anden erkendelsesvej er igennem menneskets evne til at forstå de årsager, som ligger bag ved begreberne. Som eksempel kan vi tænke os et billardbord. Vi forstår, at kuglerne flytter sig, når vi støder til dem. Det på trods af at vi ikke kan bevise nødvendigheden af den lovmæssighed, som vi observerer, når kug-

Albert Schweitzer

Albert Schweitzer blev født i 1875 i Kaysersberg, Tyskland (i dag Frankrig) og døde i 1965 i Lambaréné, Gabon. Han begyndte sin karriere med at studere teologi og filosofi, og senere hen studerede han medicin på forskellige universiteter i Frankrig og Tyskland. Han opnåede universitetsgrader inden for flere felter og blev dr. phil. i 1899 i Kants religionsfilosofi, dr. licentiat i teologi (1900) og dr.med. med afhandlingen *Et psykiatrisk studie af Jesus i medicin* (1911). Blandt hans hovedværker er *Kultur og etik* (1923) og *Jagten på den historiske Jesus* (1903)

I 1913 rejste han til Fransk Østafrika, hvor han grundlagde et tropehospital. Schweitzer var på grund af sine bøger om den historiske Jesus blevet nægtet at blive missionslæge og havde forbud mod at prædike. I Afrika fortsatte Schweitzer sit virke inden for teologi, filosofi og musik, mens han arbejdede på hospitalet i Lambaréné. Sideløbende var han også politisk aktiv og advokerede for miljøbevarelse og imod USA's atomprogram. Albert Schweitzer modtog Nobels fredspris i 1953 for sit arbejde på tropehospitalet samt sit humanistiske og filosofiske forfatterskab og sin aktivisme.

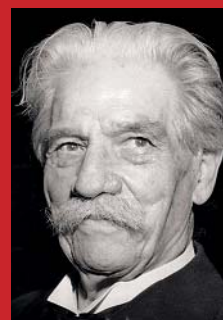


Foto: Bundesarchiv/CC-BY-SA 3.0

Lægemidlet ATryn fremstilles ud fra mælken fra geder, der har fået indsat et humant antithrombin-gen. Gederne producerer derfor proteinet antithrombin (der er et stof, der modvirker blodstørkning) som en eksakt kopi af det menneskelige protein. Der opstår dog en etisk konflikt mellem det gode formål: at afhjælpe menneskelig lidelse og det middel som anvendes, når man, igennem bioteknologien, reducerer dyret til en bioreaktor, der blot skal tjene vores behov.



Foto: Colourbox

lerne flytter sig. Denne mangel i vores matematiske indsigt forhindrer os dog ikke i at forstå, at hvis vi ikke flytter vores øl, som vi fejlagtigt har sat på bordet, vil den blive væltet, når kuglen rammer den. På den måde kommer Schweitzer frem til, at når alt liv, som han finder i naturen, konstant bevæger sig for at overleve og opretholde sig selv, så må det være udtryk for en fælles drivkraft. Schweitzer vil dog ikke påstå, at viljen til liv skal forstås som én vilje, men argumenterer derimod for, at der findes mange synkrone viljer.

Det filosofiske grundlag

Den filosofiske erkendelse af viljen til liv som det grundlæggende i det enkelte menneske, finder Schweitzer en tradition for i det, som han kalder etisk mystik. Med mystik mener Schweitzer en følelse af samhørighed. Schweitzer understreger her Darwins ide om det sociale instinkt som et udtryk for en lignende ide. Schweitzer peger på, at etisk mystik leder hen til den samme erkendelse, som han fandt igennem sin undersøgelse af menneskets grundlæggende natur, og han argumenterer for, at i praksis bør etisk mystik være grundlaget for det enkelte menneskes etiske udvikling.

Schweitzer bygger i sit begreb om mystik eller naturlig medfølelse på to tyske filosoffer. Først og fremmest Arthur Schopenhauer (1788-1860) fra hvem Schweitzer fik sit begreb om vilje, viljen til liv. Den anden indflydelse kommer fra det tyske multigeni Johann Goethe (1749-1832), fra hvem Schweitzer fik ideen om, at det biologiske liv er i konstant udvikling og bevægelse og ikke kan beskrives som et konkret og statisk fænomen. Her tager Schweit-

zer springet fra filosofien til biologien, men også tilbage igen. Det gør han gennem sin kombination af Schopenhauers rent filosofiske begreb om vilje til liv og Johann Goethes begreb om biologiske fænomener som noget, der er i konstant bevægelse. For selv om Schweitzer baserer sin etik på erkendelsen af en biologiske funderet vilje til liv, så er det gennem hans filosofiske begreb om samhørighed, eller mystik, at han gør filosofisk rede for sit projekt. Schweitzers projekt kan måske opfattes som en banal indsigt for moderne naturvidenskab, men filosofisk er det et opgør med en tradition, som går tilbage til René Descartes, der introducerede ideen om at betragte naturen som en mekanisk og statisk organisme.

Velfærd som princip

Lad os vende tilbage til eksemplet med geden, som er genmanipuleret til at producere antithrombin eller ideen om at tilfredsstille fremtidens 9-10 milliarder menneskers behov for protein med animalsk protein fra klonede og genmodificerede dyr. Begge eksempler berører samme grundspørgsmål inden for bioetikken: I hvilket omfang kan vi tillade os at manipulere med liv? Hvad ville Schweitzer sige om en ged, som producerer blodfortyndende mælk? Han ville sige, at så længe gedens vilje til liv ikke hæmmes, så er det forsvarligt at bruge geden til at producere medicinalt protein. Men hvis geden ikke kan leve, som dens vilje til liv byder den, så har vi forbrudt os imod gedens retmæssige plads i vores etiske fællesskab. Det kan måske forekomme en anelse navlepillende at diskutere velfærd for en enkelt ged, men det er lige præcis her, at det er relevant for bioteknologien. Det er en central pointe for



VI SØGER DE DYGTIGSTE. HVAD SØGER DU?

LÆS KEMI PÅ AARHUS UNIVERSITET.
START PÅ BACHELOR.AU.DK



AARHUS UNIVERSITET



Videre læsning

Albert Schweitzer (1927):
The Philosophy of Civilization. Prometheus Trust.

Predrag Cicovacki (2012):
The Restoration of Albert
Schweitzer's ethical Vision.

David K. Goodin (2013):
The New Rationalism,
Albert Schweitzer's Phi-
losophy of Reverence
for life..

Schweitzer, at etik ikke kan fungere uden et idealistisk element, som her er respekten for det enkelte liv. Etikken må også være med til at sikre bæredygtighed, både som praksis og som ideal. Så snart vi begynder at tilsidesætte den i det små, begynder det at skride i det store.

Etik, kultur og liv

Schweitzer betragter kultur og normer som udtryk for viljen til liv. Når Schweitzer vil underlægge kultur og værdisystemer viljen til liv, så er det fordi, at liv er mere grundlæggende end menneskeskabte begreber. Han argumenterer for, at etik også bør kritisere den kultur, der sætter de normer, som vi lever efter. Det gør han ud fra en overbevisning om, at etikken ikke må få lov at blive statisk og gennemsystematiseret, da det også kun er begreber. Det betyder for os, som vil bruge vilje til liv i dag, at det kun kan være et værktøj og ikke en lov skrevet i sten. Når mennesket og dets samfund bliver ved med at udvikle sig, så må etikken gøre det samme.

Schweitzers krav til etikken er, at den må kunne fungere som vejledning for alle mennesker i et etisk fællesskab. Dette er et udgangspunkt for Schweitzers kritik af den almindelige etiske tradition. Hvor han i særdeleshed forholder sig kritisk til nytte- og pligtetikken og kritiserer de to traditioner for ikke at leve op til kravet om at kunne fungere som vejledning for etiske fællesskaber.

Nytteetikken, mener han, er beundringsværdig, men utilstrækkelig, idet den i sin bestræbelse på at skabe mest mulig livskvalitet ikke forhindrer fællesskabet i at bevirke andre dårligheder. Et eksempel er fjerkræproduktionen, hvor man i bestræbelsen på at levere billige produkter ender med produktionsforhold, der skader kyllingernes velfærd og forhindrer dem i at udfolde selv den mest basale adfærd. Schweitzer kritiserer også pligtetikken, at den fejler, fordi den i sin søgen efter den rette pligt risikerer at fortabe sig i sine egne overvejelser. For at etikken kan fungere som rettesnor for hele fællesskabet må etikken også være ret-

tet imod de andre medlemmer af fællesskabet og ikke kun fokusere på det enkelte menneskes overvejelser omkring pligt eller handlinger. Pligtetikken savner med andre ord den sociale dimension fra nytteetikken, og nytteetikken savner principfastheden fra pligtetikken.

Mennesket og naturen

Schweitzers tilgang til naturen og mennesket betyder ikke, at Schweitzer argumenterer imod, at man bruger naturvidenskabelige ideer eller teorier som grundlag for sin tilgang til naturen, tværtimod. Vi skal bare undgå at sætte teorier og tankespind op mellem os selv og vores erfaring i verden. Her må man ikke glemme, at Schweitzer selv var læge og naturvidenskabsmand.

Schweitzer kan også forekomme en anelse radikal, fx i hans kritiske holdning til indtagelse af animalsk protein (han var selv vegetar). Når han gør det, skal det ikke ses som udtryk for "fromhed", men som et udtryk for, at han som filosof stiller spørgsmål til alt, selv det alment accepterede. Denne tanke kan virke provokerende, men som videnskabeligt ideal findes det også inden for naturvidenskaben. Også her er idealet at sætte den kritiske og uhildede videnskabelige erkendelse over vanetænkningen.

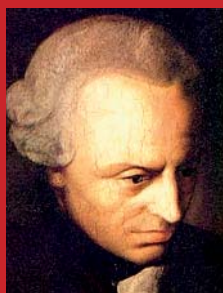
Endelig skal det bemærkes, at Ærefrygt for liv ikke betyder, at værdien af det menneskelige liv skal devaluere. Grundlæggende mener Schweitzer, at liv som biologisk fænomen skal tillægges en ukrænkelig værdi. Derfor kan det ikke forsvares at udrydde liv, hvis vi blot handler ud fra egne ønsker om bekvemmelighed eller andre ikke-afgørende mål. Eksempler kunne være for at tilfredsstille vores lyst til billige animalske proteiner eller anvendelse af forsøgsdyr til ikke-essentielle forsøg. Det betyder dog ikke, at Ærefrygt for liv gør det konsekvent forkert at slå dyr eller andre levende organismer ihjel. Handler vi for at overleve, kan det godt forsvares – handler vi for at få opfyldt behov, som vi godt kunne klare os uden, så bør vi i stedet nære ærefrygt for livet. Præcis hvor den grænse går, bliver vi næppe færdige med at diskutere. ■

Etik

Etik opfattes traditionelt som den filosofiske undersøgelse af, hvad der er den mest efterstræbelsesværdige handling eller motivation. Moral derimod opfattes traditionelt som de gældende normer i et samfund. *Nytteetik* er opfattelsen af, at den handling, som maksimerer nytten (livskvaliteten) på tværs af individer, er den rette handling at udføre, uanset hvad denne handling så måtte være. Individet kan således ofres af hensyn til flertallet, hvis det giver den samlede stærkeste livskvalitet. Filosoferne Jeremy Bentham (1748)

og John Stuart Mill (1806) regnes traditionelt for grundlæggere af nytteetikken. *Pligtetik* er opfattelsen af, at det etiske gode ligger i at handle ud fra universelle pligter. En universel pligt er en norm, som kan klare tankeeksperimentet, at alle skal kunne handle i overensstemmelse med den. Et eksempel er, at det er forkert at lyve, fordi hvis alle løj, ville al kommunikation bryde sammen. Derfor er det forkert. Imanuel Kant (1724-1804) betragtes som grundlægger af pligtetikken.

← Portræt af Immanuel Kant





FLYTVERDEN.DK

FLYT VERDEN FRA LIGNING TIL LØSNING MATEMATIK

**MATEMATIK HANDLER OM AT KNÆKKE KODEN. MAN LÆRER AT BRUGE
AVANCEREDE TEORIER OG METODER FOR AT KUNNE TÆNKE SYSTEMATISK
OG RESULTATORIENTERET.**

MAN FÅR RIG MULIGHED FOR AT TÆNKE KREATIVT OG LØSE ALVERDENS
PROBLEMSTILLINGER I RELATION TIL TEKNOLOGI, ØKONOMI, SUNDHED OG
SAMFUND. MAN UDREGNER VERDEN.

AALBORG UNIVERSITET

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 2015

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

Abonnementsservice: Telefonnr.: 70 25 55 12

e-post: aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Layout og illustration: Jørgen Dahlgaard

Tryk: Jørn Thomsen/Elbo A/S

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

Oplag: 8.000

Omslag: Måneskin ved havet.

Foto: Ricardo Reitmeyer/ Shutterstock.



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.

Sponsorabonnenter:



Intropakke



Intropakken – en oplagt gaveide

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

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

Abonnementsservice

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

Kontakt abonnementservice på

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

Abonnement kan også bestilles via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Husk at melde flytning til ny adresse.

Vi modtager desværre ikke automatisk besked om din nye adresse.

Oprydningssalg

Mangler du nogle numre af bladet? Så er der nu en chance for at supplere samlingen med dette tilbud:

Tilbudspakke med ældre ikke udsolgte numre ca. 26 blade (fra år 2007-2013):

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

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

Om Aktuel Naturvidenskab

VILLUM FONDEN donerer 1,4 mio. til gymnasieprojekt

Begejstringen er stor på Aktuel Naturvidenskab for tiden: VILLUM FONDEN har netop bevilliget næsten 1,4 mio. kr. til et formidlingsprojekt, som med udgangspunkt i Aktuel Naturvidenskab skal være med til at stimulere interessen for naturvidenskab og teknik hos gymnasieelever.

Der er tale om et udviklingsprojekt, hvor vi bl.a. skal udvikle på den digitale platform, sådan at det faglige indhold i Aktuel Naturvidenskab bliver lettere at bruge i gymnasieundervisningen. Desuden vil vi gøre mere ud af ekstramaterialer knyttet til artiklerne – som fx kan være undervisningssæt i stil med dem, vi allerede har en del af på vores hjemmeside under punktet "undervisningsmaterialer". Vi vil også udvikle helt nye typer digitalt indhold og aktiviteter, der kan inspirere, engagere og stimulere både lærere og elever.

Udviklingsprojektet vil foregå i tæt dialog med vore samarbejdspartnere og målgruppen på gymnasierne. Vi er meget interesserede i at høre fra alle, der har noget at byde ind med i denne proces.

Bevillingen fra VILLUM FONDEN betyder også øget distribution og muligheder for gratis at modtage institutionsabonnementer på det trykte blad. Mere om det i de næste numre af bladet.

Nyhedsbrev

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

Du får:

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

Tilmeld dig via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Mød os på Facebook

Vi vil meget gerne have din respons fx hvis du oplever, at funktioner i artikelarkivet driller eller hvis du savner artikler om et aktuelt emne.

Husk også at give os et like på Facebook 😊



Næse for den gode ide

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

Nogle gange kommer inspirationen til løsningen af et problem fra helt uventet kant. I et nummer af DTU-avisen fra sidste år faldt jeg over en artikel med et sjovt eksempel på den slags alternativ inspiration. I artiklen fremgik det, at Troels Friis Pedersen, der er forskningsspecialist ved DTU Vindenergi, tilbage i 2003 fik inspirationen til udvikling af en ny type vindmåler til vindmøller ved at læse den første sætning i en bog om øre- næse – halssygdomme. Sætningen med et fængende tvetydigt indhold lød kort og godt: »Næsen er en fremragende genstand midt i ansigtet.«

Hvad i alverden denne sætning har med vindmålere at gøre er absolut ikke indlysende. Men forklaringen er simpel nok. Sætningen fik ham til at indse, at en vindmåler bør sidde på næsen af vindmøllen og her "lugte til den vind, der kommer ind i rotoren", i stedet for at være monteret bag vingerne, hvor der er en meget forstyrret turbulent vind. Vindmålinger er vigtige, da vindmåleren styrer det såkaldte krøjesystem, der gør det muligt at rette vindmøllen ind efter vindens retning. Og jo bedre vindmøllen er til at rette ind efter vinden, jo højere udbytte giver den. Men placeringen af vindmålere bag vingerne giver upræcise målinger, og Troels havde længe tænkt over, hvordan man kunne opnå mere pålidelige målinger og dermed medvirke til at gøre vindmøllerne en tand mere effektive.

At snuse til vinden

Da først inspirationen var kommet, kunne Troels udvikle på ideen, og efter nogle års udviklingsarbejde præsenterede han sit nu patenterede spinder-anemometer på en stor international vindenergikonference. Siden er patentet blevet opkøbt af firmaet ROMO Wind, som er en virksomhed, startet med det formål at commercialisere teknologien.

»Det patenterede princip går i korthed ud på at bruge luftens strømning hen over spindere til at måle både vindhastighed og vindretning« forklarer Troels »Ved at montere tre sensorer (ultralydsanemometre) på den roterende næse kan spinder-anemometeret så at sige "snuse" sig til strømningen over spindere. Og med en simpel algoritme kan signaler fra de tre sensorer omregnes til vindhastighed, krøjefejl – dvs. hvor skævt vindmøllen står i vinden – og til hældning af vinden,« siger han.

I dag har ROMO Wind opsat mere end 200 spinder-anemometre på forskellige vindmøller i Europas vindmølleparker for at måle krøjefejl, og de har fået et ganske godt overblik over, hvordan det står til med krøjefejlene på vindmøllerne. Den viden bruges til at hjælpe vindmøllelejerne med at optimere energiproduktionen, og det betyder i bedste fald 2-3 %.



Fotos: Troels Friis Pedersen

En sensor "fiskes på plads af tekniker Peter Lind. Th: En monteret sensor →.



Kreativiteten på prøve

»I begyndelsen skulle der stor kreativitet til for at montere et spinner-anemometer i næsen af en vindmølle,« fortæller Troels. »De soniske sensorer blev lavet, så de kunne monteres indefra. Men de fatninger, som de skulle sidde fast i, måtte nødvendigvis monteres udefra. Vi brugte så en fiskestang til at "fiske" fatningen fra jorden til indsætning i hullet som blev boret i spindere indefra.« Nogle fandt dog den alternative tilgang mistænkelig: »En gang blev jeg stoppet i lufthaven i New Zealand og spurgt, om jeg fiskede i saltvand eller ferskvand. Da jeg svarede "hverken eller", blev jeg krydsforhørt i en halv time om mine hensigter. Det viste sig, at man i New Zealand er meget bekymret for forurening af deres vande,« griner Troels.

Troels har via DTU Vindenergi i øjeblikket et samarbejde med ROMO Wind og Vattenfall om at bruge spinder-anemometeret til at måle effektkurver (dvs. hvor meget vindmøllen yder i kW i forhold til vindhastigheden) samt belastninger på vinger, nacelle og tårn på en vindmøllepark. »Vi vil vise, at spinder-anemometeret kan bruges til nøjagtige vindmålinger i kontraktmæssige sammenhænge, og at det kan bruges til optimering og overvågning. Næste skridt bliver så at vise, at spinder-anemometeret kan bruges til at måle vindens turbulens nøjagtigt, hvilket kan bruges direkte i vindmøllers styring til at reducere vindmøllernes belastninger,« fortæller han. ■