

NATURVIDENSKAB OG TEKNOLOGI
DIREKTE FRA FORSKNINGSVERDENEN

AKTUEL *natur* VIDENSKAB

AFGRØDER SOM TÅLER OVERSVØMMELSER

Ny bioteknologi skal fjerne PESTICIDER fra drikkevand
MATEMATISKE MODELLER: Om valg og ansvar
PLANETER fordamper i stjernens skær

NR. 1 - 2018 MARTS : 50 KR.

It-sikkerhed: et spørgsmål om dannelse

Det er ved at gå op for verden, at vi alle kan blive udsat for,
at computeren eller mobiltelefonen bliver hacket.
Hvis vi skal højne it-sikkerheden, må vi alle påtage os et ansvar.

Der er en risiko for, at ens computer kan blive hacket. Og det er en risiko for alle: Fra teenagere med mobiltelefoner til sofistikerede it-brugere med lange uddannelser. Den realitet er svær at forholde sig til, for det føles jo som om, det kun er mig selv, der kan se, hvad der er på computeren eller mobiltelefonen foran mig.

Jeg mener, at der er behov for have it-sikkerhed som en del af vores digitale dannelse, så vi håndterer den risiko fornuftigt. Det betyder, at vi både skal sørge for, at den er så lille som muligt, og at vi kan tåle det, hvis uheldet er ude.

Det er længe siden, at data-sikkerhed handlede om at låse kontoret, og man hurtigt opdagede det, hvis en mappe med dokumenter var blevet stjålet. På en computer kan data kopieres, uden at man mærker det, og der kan være brudt ind i ens computer fra internettet, uden at man kan se det. Det er faktisk helt almindeligt, at vi først opdager cyber-angreb længe efter, de har fundet sted.

Alle skal tage deres forholdsregler

Vi har brug for at skabe en kultur og en teknologi, hvor data på den ene side omgås forsvarligt, og hvor sikkerhed på den anden side ikke er besværligt. Uanset om man er gymnasieelev, forsker, virksomhedsejer eller privatperson, bør man tage nogle enkle forholdsregler for at mindske risikoen. Allerede nu er der to meget simple forholdsregler, som man skal tage – som kan sammenlignes med den måde, du sikrer dit hjem på: Du låser døren og tegner en forsikring. Den låste dør svarer til, at du holder din computer og mobil opdateret, så de værste sikkerhedshuller er dækket – det gør det noget mere besværligt for hackere. En god tommelfin-



Søren Debois er lektor ved IT Universitetet i København, hvor han forsker og underviser i it-sikkerhed og digitalisering. debois@itu.dk

gerregel er, at man skal lade sin computer eller mobiltelefon opdatere samme dag, den beder om det, i stedet for at udsætte det dag efter dag, fordi det er lidt besværligt.

Og en forsikring svarer til at have sikkerhedskopier, så du ikke mister vigtige data, hvis du bliver hacket. En god tommelfingerregel er, at data, man ikke kan undvære, skal findes to steder udover den computer, de "bor" på, for eksempel i skyen og på en ekstern disk. På den måde kan man tåle, at man for eksempel bliver hacket og mister både computer-kopien og kopien i skyen, eller at ens hus brænder, og man mister både computer-kopien og den eksterne disk.

Men du skal også spørge dig selv, om dine data, billeder og filer overhovedet kan tåle at blive stjålet. Måske har du private billeder, e-mails eller dokumenter, som du *slet ikke* vil have på internettet. Er de måske så følsomme, at det ville være ubærligt om de blev

lækket? I så fald skal de slet ikke ligge på en computer, for det er *altid* en mulighed, at den bliver hacket.

Digitale indbrud – ikke kun for specialister

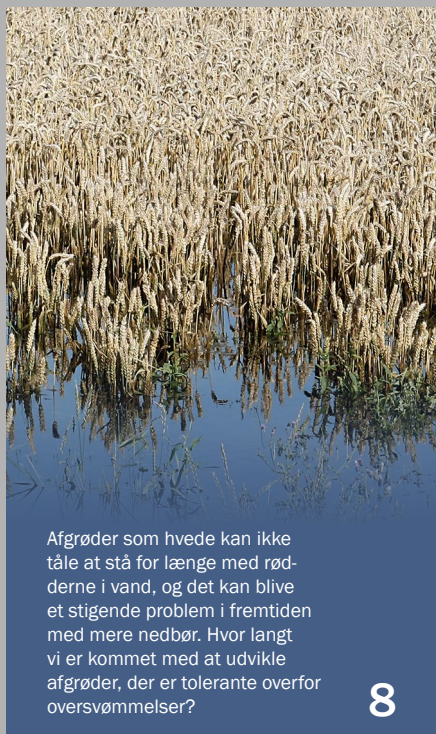
Hvis vi skal højne it-sikkerheden generelt, er den enkeltes indsats vigtig. Der findes i dag websider, der viser hvordan man kan skaffe sig adgang til for eksempel en computer via sikkerhedshuller i styresystemer og programmer, der ikke er opdaterede. Det kræver ingen programmeringserfaring eller særlig indsigt at følge sådan nogle vejledninger.

Man skal derfor være omhyggelige med både egne og andres data. På arbejde håndterer man måske følsomme sundhedsdata; som privatperson billeder af kæresten og børnene. De data er ikke beskyttet, hvis jeg ikke gør en indsats for, at de ikke bliver stjålet og lækket til internettet.

It-sikkerhed er dermed ikke kun et anliggende for eksperter, virksomheder og myndigheder; det er et anliggende for alle. Ligesom sikkerhed i hjemmet eller trafikken handler it-sikkerhed meget om almindelige fornuftige forholdsregler. Det handler om gode vaner – "digital dannelse".

Der forskes i disse dage intensivt i nye metoder til at sikre it-systemer, og det er muligt at lave it-systemer, der er meget vanskelige at trænge ind i, for eksempel ved at bruge moderne kryptografi og moderne højniveau-programmeringssprog, der med et slag eliminerer hele klasser af de fejl, der udnyttes af hackere. For de fleste privatpersoner og mindre virksomheder er det imidlertid slet ikke besværet værd at bruge så megen tid og energi på at sikre it-enheder; her vil man komme rigtig langt med de simple forholdsregler nævnt ovenfor. ■

indhold



Afgrøder som hvede kan ikke tåle at stå for længe med rødderne i vand, og det kan blive et stigende problem i fremtiden med mere nedbør. Hvor langt vi er kommet med at udvikle afgrøder, der er tolerante overfor oversvømmelser?

8



Når en planet er tilstrækkelig tæt på sin stjerne, kan dens atmosfære fordampe væk. Det har man teoretisk vist længe, men det er for nylig også bekræftet af observationer.

18



Statistiske analyser bygger altid på nogle antagelser samt valg i forhold til indsamling og bearbejdning af data. Det er vigtigt, at der er åbenhed om dette, hvis man vil undgå, at beslutninger træffes på forkert grundlag. Et eksempel fra økonomiens verden viser hvorfor.

24



Matematiske modeller er et uundværligt redskab, når matematik skal bruges til at beskrive verden. Men konstruktionen af modeller fører ofte til en række videnskabsteoretiske spørgsmål.

36

FORSKNING OG NYHEDER

- 4 Kort Nyt
- 8 Afgrøder som tåler oversvømmelser?
- 12 Ny bioteknologi skal fjerne pesticider fra drikkevand
- 17 Vilde dyr ældes også
- 18 Planeter fordamper i stjernens skær
- 24 Statistik, politik og kunsten at reproducere
- 28 Smart styring af varmeregningen

PERSPEKTIV - DEBAT

- 2 SYNSPUNKT:
It-sikkerhed: et spørgsmål om dannelse
- 32 Hvad er meningen med videnskab?
- 36 Modelvalg og ansvar
- 44 Bøger og service
Bog anmeldelse:
Naturhistorier fra bæk og å
- 48 BAGSIDEN:
Dødbringende tiltrækning

AKTUEL NATURVIDENSKAB

Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology,
i samarbejde med:

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

Ansvarshavende

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

Redaktion

Redaktører Jørgen Dahlgård og Carsten Rabæk Kjaer
Tlf.: 87 15 20 94

E-post: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk



SPONSOR-
ABONNENTER

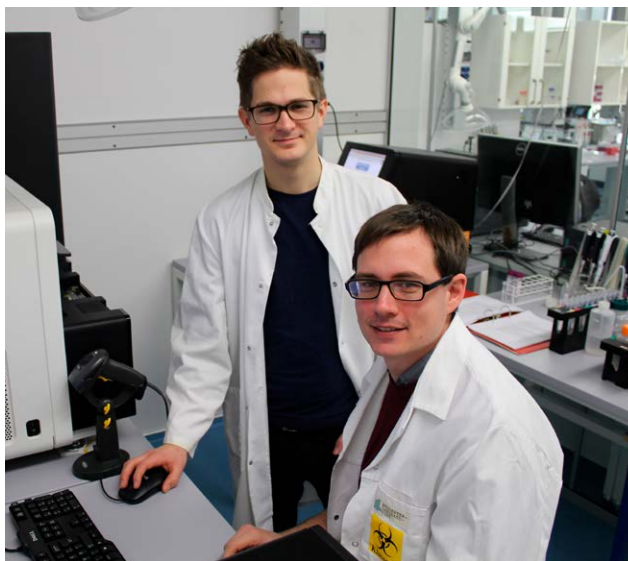


Kortlægning af 1 milliard bakterier på rekordtid

Gennem de seneste 25 år har forskere i hele verden identificeret to millioner bakterier og registreret dem i en fælles database. Man vurderer dog, at det kræver en kortlægning af op mod en milliard bakterier, hvis grundlaget for bakterieforskningen i fremtiden skal være komplet. Med en ny metode, der er udviklet af forskere på Aalborg Universitet, er det nu muligt at identificere bakterier mange tusind gange hurtigere end tidligere.

»Jo flere bakterier, vi kender funktionen af, desto bedre kan vi udnytte deres egenskaber. Derfor giver den nye metode et væsentligt bedre grundlag for den videre forskning i bakteriers potentiale i et utal af forskellige sammenhænge,« siger Mads Albertsen, der lektor på Institut for Kemi og Bioteknologi på AAU.

For at kunne identificere nye bakterier har man i mange år brugt metoden DNA-sekventering til at finde bakteriens helt særlige fingeraftryk, som identificeres af en rækkefølge af cirka 1.600 baser i bakteriernes DNA (det såkaldte 16S rRNA gen, der koder



Mads Albertsen (siddende) og Søren M. Karst ved en moderne sekventeringsmaskine, der kan bestemme millioner af molekyler om dagen. Foto: Camilla Kristensen, Aalborg Universitet.

for en komponent i bakteriernes proteinsyntesemaskineri, ribosomet). Det har indtil nu været en langsom og proces. Men med en ny generation af DNA-sekventeringsmaskiner kan forskerne nu bestemme 100 millioner molekyler om dagen. Her er udfordringen dog, at man kun får kortlagt 200 DNA-baser, som gør, at bakteriens fingeraftryk ikke er

præcist nok til at blive lagt i databaserne. Det er denne udfordring, den nye metode gør op med.

»Vi har udviklet en ny metode, som gør at antallet af baser, vi kan læse i DNA-sekvensen, kan sættes op til cirka 1.600 – også når man bruger de nye maskiner, der kan aflæse molekyler mange tusind gange hurtigere. På den måde får vi hele fingeraftrykket, eller DNA-sekvensen, som så kan lægges i databasen,« siger Mads Albertsen.

Han fremhæver, at den nye metode er et første skridt på vejen til at opnå et mere komplet billede af

livets træ, og hvilke bakterier der eksisterer på jorden. Når man har det billede, kan forskerne i hele verden begynde at bruge andre metoder til at forstå bakterierne og udnytte deres potentiale.

Den videnskabelige artikel, der beskriver den nye metode, er for nylig offentliggjort i tidskriftet *Nature Biotechnology*.

Sanne Holm Nielsen, AAU. Kilde: *Nature Biotechnology* vol. 36, pages 190–195 (2018).

Det stærkeste køn

Det er den evige kamp blandt mænd og kvinder; hvem tager titlen som det stærkeste køn? Hvis man skal udnævne det stærkeste køn ud fra evnen til at løfte tunge vægte, er der ingen tvivl om, at mændene løber med titlen. Men hvis man skal forstå styrke i en lidt bredere forstand, giver et nyt, dansk, studie kvinderne førstepladsen.

I studiet viser forskere fra Syddansk Universitet, at kvinder lever længere end mænd selv i katastroferamte områder, hvor dødeligheden er meget høj. Det har længe været kendt, at kvinder lever længere end mænd. Men nu kan kvinder altså også prale med at være bedst til at overleve livstruende kriser som hungersnød og epidemier.

En del af forklaringen, mener forskerne, skal

findes hos spædbørns evne til at overleve. Ved at undersøge overlevelsen blandt mænd og kvinder i alle aldersgrupper i syv forskellige befolkningsgrupper gennem historien fandt forskerne, at drengebørn ikke overlever de hårde levevilkår i samme stil som piger. Det drejer sig blandt andet om liberiske slaver i 1800-tallet, svenske under hungersnøden fra 1772-1773 og islændinge under en mæslingeepidemi omkring 1850. I studiet peger man også på, at selvom sociale- og adfærdsmønstre i mange tilfælde vil tilgodese drengebørn, så er det stadigvæk pigerne, der formår at overleve ekstreme som hungersnød, mæslingeudbrud og slaveri. Det kan skyldes flere ting, men resultaterne kunne tyde på, at spændet mellem kønnene potentielt kan være en fundamental, biologisk faktor, da man allerede ser en forskel hos spædbørn. En anden del

af forklaring kan muligvis findes i hormoner som østrogen og testosteron. Det er nemlig tidligere vist, at østrogen kan have en anti-inflammatorisk effekt, mens testosteron viser sig at øge risikoen for at dø af bestemte sygdomme som tuberkulose, hepatitis A og forskellige infektioner og dermed kan have en hæmmende effekt på immunforsvaret. Selvfølgelig er det også et kendt faktum, at mænd har haft en anden risikoadfærd end kvinder gennem historien. Men det kan ifølge forskerne heller ikke fuldt forklare, hvorfor kvinder i alle aldersgrupper har overlevet ekstremer i langt højere grad end mænd i samme befolkningsgruppe. Uanset hvad, har kvinderne vist fået sig et ekstra point i kampen om den eftertragtede titel.

Sara Helm Knudsen. Kilde: <https://doi.org/10.1073/pnas.1701535115>

Lige her sidder trækfuglens indre kompas

Med deres indre kompas tilbage lægger trækfuglene store afstande mellem ynglepladser og opholdssteder. I 2000 mente forskere at kunne påvise et protein i trækfuglens øje, som hjælper den med at finde vej.

For at løse mysteriet om, hvilke grundlæggende, sensoriske mekanismer der ligger bag fuglenes evne til såkaldt magneto-reception, slog en forskergruppe fra Syddansk Universitet sig sammen med kolleger fra Oldenburg, Tyskland og udførte en række studier og simuleringer, der bygger på studier af rødkælke (også kaldet rødhals), sekventering af deres gener og computer-mikroskopi af fugleøjne.

»Vi mener nu at kunne udpege det rette magneto-receptor-molekyle,« siger lektor Ilia Solov'yov fra SDU. »Fuglenes kompas har brug for lys for at kunne fungere, men hvilket protein er på spil i denne proces? Teorier har kredset om de såkaldte kryptokromer, men de findes i et utal af variationer,« siger han.

Kryptokromer hører til en stor gruppe proteiner, som findes i både planter og dyr. I planterne og visse dyrearter spiller de en rolle for organismens opretholdelse af døgnrytme, så organismen ved, om det er nat eller dag.



Det altafgørende protein for trækfugles evne til at finde vej sidder i den ydre del af nethindens dobbelt-keglede lysreceptor-celler. Illustration: Ilia Solov'yov.

I pattedyr sidder kryptokromerne normalt i cellekernen.

Indtil nu har forskere fundet fire forskellige kryptokromer i nethinden på flere fuglearter. Tre af disse viser ingen relevans for magneto-reception, konkluderer forskerne.

»Men det fjerde, Cry4, lader til at skille sig markant ud. Strukturen er unik og klart forskellig fra andre kryptokromer,« siger Ilia.

Når lys rammer kryptokromet i en trækfugls øje, gennemgår det en kemisk reaktion, som styres af retningen af Jordens magnetiske felt. Dette skaber et signal af fuglens position. Cry4 udtrykkes markant mere, når rødkælken er på træ, hvilket er en stærk indikator på, at netop det protein er det ansvarlige protein.

Forskerne har også afsløret proteinets struktur, og hvor det helt præcis udtrykkes i fuglens øje, nemlig i den yderste del af nethindens dobbeltkeglede lysreceptor-celler.

»Hvis vi kan forstå dyrs indre kompasser, får vi mere viden om naturen, og så kan vi måske bedre beskytte dyrelivet. Mange fugle bliver dræbt af vindmøller, fordi de bliver forstyrret af turbulensen omkring møllerne. Hvis vi fandt ud af, hvilke magnetiske felter der findes omkring møllerne, kunne man måske konstruere en beskyttelseszone, så fuglene ikke bliver dræbt,« siger Ilia.

Birgitte Svennevig, SDU. Kilde: *Current Biology*, Vol. 28, Iss. 2, p211–223.e4

Havstrømme på centimeterskala

Ifølge både teoretiske studier og laboratorieforsøg skaber vind og bølger i havet store variationer i, hvor hurtigt vandet strømmer indenfor blot de øverste få centimeter af vandsøjlen. Men at bekræfte dette med målinger direkte i havet er meget vanskeligt.

Nu har Nathan J. M. Laxague fra University of Miami, USA, og kolleger præsenteret de første havmålinger af strømningshastigheden defineret indenfor 1 centimeter under havoverfladen. Det viser sig, at den gennemsnitlige hastighed over den øverste centimeter er næsten fire gange større end gennemsnittet for de øverste 10 meter af vandsøjlen – selv ved lav påvirkning fra vind og bølger.

Resultaterne antyder, at stykker af affald med forskellig størrelse og flydeevne



hurtigt vil blive adskilt på grund af denne dynamik. Og det er således vigtigt at tage hensyn til, hvis vi vil blive bedre til at forudsige, hvordan forurening med for eksempel

olie og plastikpartikler breder sig i havet.

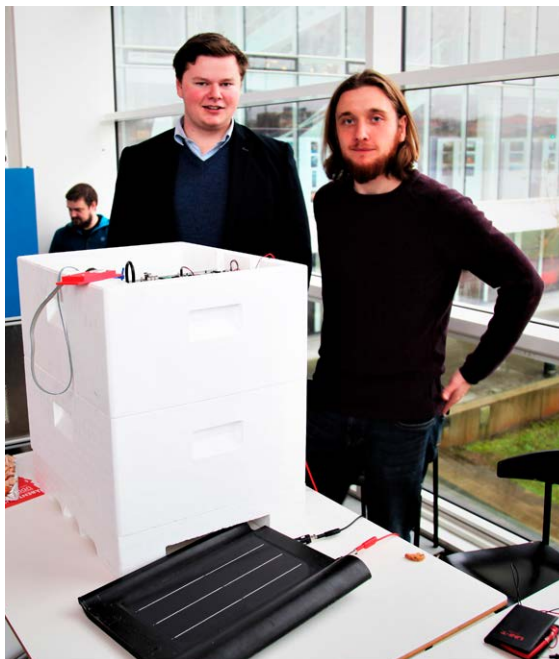
CRK. Kilde: *Geophys. Res. Lett.* 10.1002/2017GL075891.

Variationer i strømningshastigheden indenfor de øverste cm af vandsøjlen har betydning for, hvordan fx olieforureninger breder sig i havet. Foto: NOAA/CC BY 2.0.

Styr på myresyren skal redde bier

Det er med stor bekymring, at forskere har kunnet konstatere markante tilbagegang i bestanden af honningbier mange steder i verden. En stor del af tilbagegangen skyldes pesticider, men også den frygtede vaorra-mide, som siden den kom fra Asien i 1977, har lagt bistader øde i både Europa og USA. Varroamiden er en snylter, der angriber honningbier. Indtil nu, har biavlernes kun haft to muligheder for at bekæmpe den frygtede mide, nemlig mekanisk ved at fjerne vokstavlen med ung droneynge eller kemisk ved at tilføre bifamilien myresyre i nøje kontrollerede mængder.

Problemet ved den kemiske bekæmpelse af vaoramiden er, at bierne også dør, hvis mængden er for stor eller temperaturen for høj. Det har ingeniørstuderende fra Syddansk Universitet i Sønderborg imidlertid fundet en løsning på i forbindelse med et semesterprojekt. I samarbejde med det lokale firma Swienty, som sælger udstyr til biavl, har de ingeniørstuderende udviklet et apparatur, der automatiserer udledningen af myresyre i bistaderne.



Daniel Lyngby Commerou (tv.) og René Poulsen med deres apparat, som skal hjælpe bierne. Foto: Sune Holst.

»Som det er nu, skal man selv hælde en portion myresyre i bistaderne og lade det fordampe. Det betyder, at koncentrationen er meget høj i starten og meget lav i slutningen, og den ujævne koncentration er til fare

for bierne,« fortæller Daniel Lyngby Commerou.

Det problem kommer de ingeniørstuderendes apparat imidlertid til livs ved hjælp af en motor og en sensor, som fuldautomatiserer processen og samtidig sikrer, hvor meget syre der kommer ud og hvor hurtigt det fordamper. Ved at holde den samme koncentration, kan miderne slås ihjel, uden at bierne lider skade.

De ingeniørstuderende har søgt patent på apparatet, som ikke blot kan redde bier, men også kan gøre livet lettere for Danmarks mange biavlere. Det er nemlig tanken, at apparatet skal tilkobles bluetooth, GSM og WIFI, så det hele kan styres via mobilen hjemme fra stuen.

»Dermed kan biavleren få kontrol ikke blot med miden, men også temperaturen i bistaderne. Dermed får du et helhedsbillede af sundhedstilstanden i kuben. Hvis man har mellem 80 og 200 bistader, så er det altså et stort manuelt arbejde, du slipper for,« siger Daniel Lyngby Commerou.

Sune Holst, SDU

Koraller trues af plastik

Plastik er for alvor kommet i søgelyset som en kilde til forurening af verdenshavene de senere år. Et nyt studium har nu påvist en dramatisk korrelation mellem forurening med plastik og koralrev, der er angrebet af sygdom. Joleah Lamb fra Cornell University i Ithaca, New York, og hendes kolleger har undersøgt 124.000 koraller fra 159 koralrev i det vestlige Stillehav for tegn på sygdom, og om der sad plastikaffald på dem. Det viste sig, at sandsynligheden for at finde sygdom på en ren koral er 4 %, mens den er 89 % for en koral, der er befængt med plastikaffald. Antallet af plastikstykker varierede stærkt – fra 0,4 stykker per 100 kvadratmeter i Australien til 25,6 stykker per 100 kvadratmeter i Indonesien.



En trevlet plastiksæk på en sygdomsramt koral. Foto: Joleah Lamb.

Problemet er, at plastikstykkerne ifølge forskerne kan fungere som smittebærere af sygdomme, da plastik har vist sig at blive kraftigt koloniseret af bakterier. Det kan være forklaringen på udbredelsen af en koralsygdom

kaldet "white syndrome" de senere år.

Når plastik sætter sig på korallerne skaber det også skygge og dårlige iltforhold, der er gunstige for de bakterier, som forårsager en anden koralsygdom kaldet "sortbåndsyge".

I undersøgelsen var det især de grene- og strukturelt komplekse koraltyper, der var ramt, idet de var otte gange mere tilbøjelige til at være befængt med plastik end andre typer. Netop disse koraller udgør meget vigtige levesteder for mange fisk og andre organismer i havet, så plastikforurening kan altså på denne vis true fiskeriet i de berørte områder.

CRK. Kilde: Science. Vol. 359, Issue 6374, pp. 460-462

Antistof kan blokere allergiske reaktioner

Foråret er på vej, og selvom de fleste associerer det med flotte farver og varmere temperaturer, så betyder det for mange danskere noget helt tredje. Nys, tilstoppet næse, kløe og ikke mindst træthed – det er selvfølgelig snart sæson for alverdens allergier. Men, der er måske håb forude: Ingeniører og molekylærbiologer fra Aarhus Universitet har i samarbejde med kollegaer fra de tyske universiteter i Hamborg og Marburg opdaget, at et lille molekyle potentielt kan "slukke" helt for den allergiske reaktion.



til immuncellerne, og dermed forhindres den allergiske reaktion fuldstændig. Mere konkret kan det lille molekyle sætte sig fast på kroppens naturlige IgE og ændre dets struktur. Den nye struktur er nu slet ikke i stand til at binde sig til receptorerne på immuncellerne.

Det nye antistof er nemt at fremstille og meget stabilt som molekyle, hvilket åbner mulighed for at det kan bruges i en ny type allergimedicin, der vil kunne inhaleres. Fundet er ikke kun gode nyheder for personer med allergi, men kan også vise sig at bane vejen for ny astmamedicin.

Under normale omstændigheder producerer kroppen antistoffer, der hjælper immunforsvaret med at bekæmpe forskellige sygdomme. Den store synder i allergisammenhæng er antistoffet IgE (immunoglobulin E), som normalt er meget belejlig, hvis man skulle være så uheldig at være inficeret med en parasit. Men hos personer med allergi binder IgE sig også til bestemte komponenter kaldet antigener på eksempelvis pollen, nødder eller bær. Dette kompleks af IgE og dets antigen cirkulerer rundt i blodet, og

Allergireaktioner kan blokeres af et særligt antistof, har forskere fra Aarhus Universitet opdaget.

Foto: Colourbox

kan sætte sig fast på specifikke receptorer på immunsystemets effektorceller. Når det sker, produceres og frisættes blandt andet histamin, som får os til at nys, hoste og klø.

Forskerne har nu opdaget, at et særligt antistof kan "blokere" kompleksets binding

Som altid er det dog ikke bare lige at omsætte lovende perspektiver i et studie til egentlige behandlinger. Det vil kræve kliniske forsøg, der kan dokumentere, om antistoffet også virker som forventet i mennesker, og at det er sikkert at anvende som behandling.

Sara Helm Knudsen. Kilde: Nature, doi:10.1038/s41467-017-02312-7

Verdens sikreste mærkning

I Thailand kan man opleve det helt store show, når lokale damptromler kører henover store partier af "falske ure" som tegn på, at myndighederne gør noget ved problemet med kopivarer. Dagen efter er sælgerne igen på gaden, og alt fortsætter som før, så turisterne kan få deres falske Rolex-ur, Louis Vuitton-tasker og designer-tøj med hjem fra ferien.

Men nu kan kopi-piraterne gå hårde tider i møde, efter at forskere på Københavns Universitet har udviklet verdens sikreste mærkningssystem, ifølge dem selv, som kan afsløre selv de bedste kopier indenfor alt. Lige fra ure, lægemidler, fødevarer og til designertøj og kunstværker. Og systemet er så langt fremme og udviklet, at det kan være på markedet inden for et års tid.

Det er fire forskere fra Nano Science Center og Kemisk Institut på KU, som står bag opfindelsen, som allerede nu har skabt international opmærksomhed efter den blev publiceret i tidsskriftet *Science Advances*.



Eksempel på et unikt, tilfældigt mønster af meget fint sand (de enkelte korn er 1-10 mikrometer), som fungerer som sikkerhedsmærkning.

En af forskerne, Thomas Just Sørensen fra Kemisk Institut, siger: »Jeg vil uden tøven kalde det for verdens sikreste. Systemet, som blandt andet er baseret på tre sjældne jordarter, bygger på et tilfældighedsprincip. Det betyder, at det ikke kan hackes eller på anden måde

aflures. Hvis en forbruger får en autoriseret forhandler, der er tilsluttet systemet, til at tjekke for eksempel et dyrt ur, kan forhandleren gå ind i producenten af urets database og sige, om det er den ægte vare eller ej.«

Mere konkret går metoden ud på at klæbe et tilfældigt mønster af tusindvis af bitte-små sandkorn blandet med de tre sjældne jordarter eroprium, terbium og dysprosium fast til et stykke "tape". Det millimeterstore mønster kan herefter fastgøres til et produkt på forskellige måder. Herefter fotograferes det unikke fingeraftryk ved de individuelle bølgelængder, der får henholdsvis eroprium, terbium og dysprosium til at lyse op. Disse tre farvebilleder kombineres til ét billede, som kan ligge i fabrikantens database. Hvis man vil vide, om en produkt er ægte, kan man skanne mønstret på produktet og holde det op mod billedet i databasen.

Svend Thaning, *SCIENCE Kommunikation*, Københavns Univ. Kilde: *Science Advances* 26 Jan 2018, Vol. 4, no. 1, e1701384

AFGRØDER SOM TÅLER OVERSVØMMELSER?

Oversvømmet hvedemark, juni 2011 på Sydsjælland.
Foto: Ole Pedersen

Afgrøder som hvede kan ikke tåle at stå for længe med rødderne i vand, og det kan blive et stigende problem i fremtiden med mere nedbør og flere våde marker. Max Herzog gør her status over, hvor langt vi er kommet med at udvikle afgrøder, der er tolerante overfor oversvømmelser.



Forfatteren
Max Herzog er postdoc ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet. Han har skrevet ph.d. om oversvømmelsestolerance i ris og hvede. herzogmax@bio.ku.dk

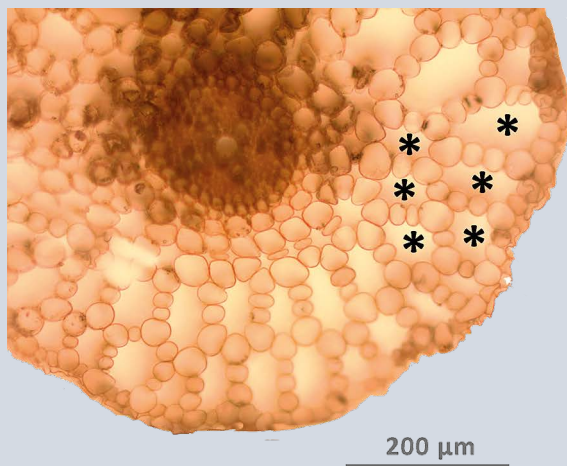
Når efterårets regn siler ned over Danmark, og vandet samler sig på markerne, bliver mange afgrøder gule og sygner hen. I Danmark falder der 10 cm mere nedbør om året end for 150 år siden, og nedbørsmængderne forventes at stige yderligere som følge af klimaforandringer. I mange udviklingslande, hvor antallet af oversvømmelser også forventes at stige drastisk, vil familier miste livsgrundlaget, når afgrøderne på marken drukner. Men hvad nu, hvis vandet på markerne slet ikke var så stort et problem for fødevarereproduktionen, som det er i dag? Hvad nu, hvis landbrugsproduktion og periodevis våde marker kunne gå hånd i hånd? Oversvømmelsestolerance hos afgrøder er faktisk et aktivt forskningsemne flere steder i verden, og jeg har som

led i mit ph.d.-projekt været med til at klarlægge, i hvor høj grad hvede (*Triticum aestivum*) kan tolerere og tilpasse sig oversvømmelsessituationer, samt hvilke mekanismer der betinger oversvømmelsestolerancen i denne vigtige afgrøde. I denne artikel vil jeg sammenfatte, hvor langt vi er med at skabe oversvømmelsestolerante afgrøder i et klima under forandring.

Når jorden bliver vandmættet

En oversvømmelse er et af de mest dramatiske miljøskift, en plante kan opleve. Det skyldes især, at diffusionshastigheden (molekylernes egenbevægelse fra høj til lav koncentration) er cirka 10.000 gange langsommere i vand end i luft. Når jorden bliver vandmættet, går gasudvekslingen mellem jord og atmosfære derfor næsten i stå, og jor-

dens iltindhold falder hurtigt i takt med, at røddernes og mikroorganismernes respiration forbruger ilt. Rødderne i jorden kan derfor blive iltfrie indenfor få timer. Iltmanglen medfører, at røddernes iltkrævende energistofskifte går i stå og dermed også optaget af vand og næringsstoffer. Nogle kender problemet hjemmefra, når de har overvandet deres potteplanter: Kvælstofoptaget reduceres, bladene bliver gule, og hvis jorden efterfølgende bliver tør, kan de få overlevende rødder ikke optage tilstrækkelige mængder vand, og skuddet visner. Stiger vandet på marken yderligere, så det også omslutter de grønne stængler og blade (fuldstændig neddykning af planten), nedsættes plantens forsyning af CO₂ og lys ligeledes – fotosyntesen går i stå. Planten står nu i en situation, hvor der

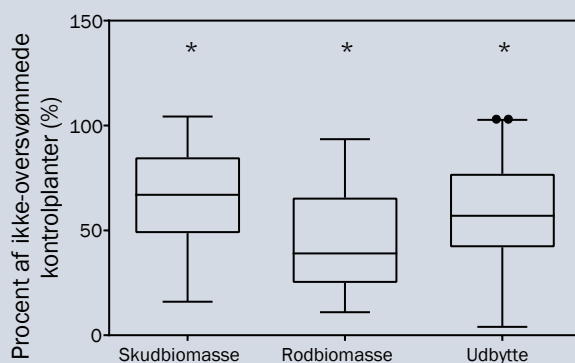


Planters luftvæv

Luftvæv (også kaldet aerenchym) er væv i planters blade, stængler eller rødder med store hulrum mellem cellerne. Hulrummene mellem cellerne er forbundet med hinanden og tillader derfor en hurtigere passage af gasser, end hvis vævet havde været en tæt cellemasse. For eksempel dannes luftvæv i sumpplanters rødder (samt til en vis grad også i hvede, byg og majs), når jor-

den er iltfattig, og tillader derved en øget ilttransport fra skud til rodspids. Roden kan dermed fortsat omsætte kulhydrater ved aerob respiration og danne ATP-energi til cellernes vækst og næringsoptag. På billederne ses luftvæv-hulrum (markeret med *) i tværsnit af rod (tv) og bladstilk (th) hos sumpplanten *Rumex palustris*.

Foto: Max Herzog.



Skudbiomasse, rodbiomasse og udbytte af hvede i vandmættet jord angivet som procent af ikke-oversvømmede kontrolplanter. Midterste streg i boksplottet angiver median-værdien, kassen 50 % af observationerne, halerne 1 og 99 percentiler og punkterne ydre observationer. Medianværdien for skudbiomasse, rodbiomasse og udbytte er henholdsvis 67 %, 38 % og 57 % af kontrolplanter. Figuren er baseret på data fra 39 publicerede studier. * angiver signifikant forskel fra dræned kontrolplanter (100 %).

Kilde: Herzog M., Striker G.G., Colmer T.D. & Pedersen O. (2016).

(1) stort set ikke produceres nye kulhydrater på grund af en nedsat fotosyntese, og (2) omsætningen af kulhydrater til ATP-energi hæmmes af iltmangel. Planten havner altså i en "energikrise" med nedsat vækst, frøsætning og måske endda døden til følge. Således reduceres udbyttet i hvede i vandmættet jord med 43 % i forhold til ikke-oversvømmede kontrolplanter.

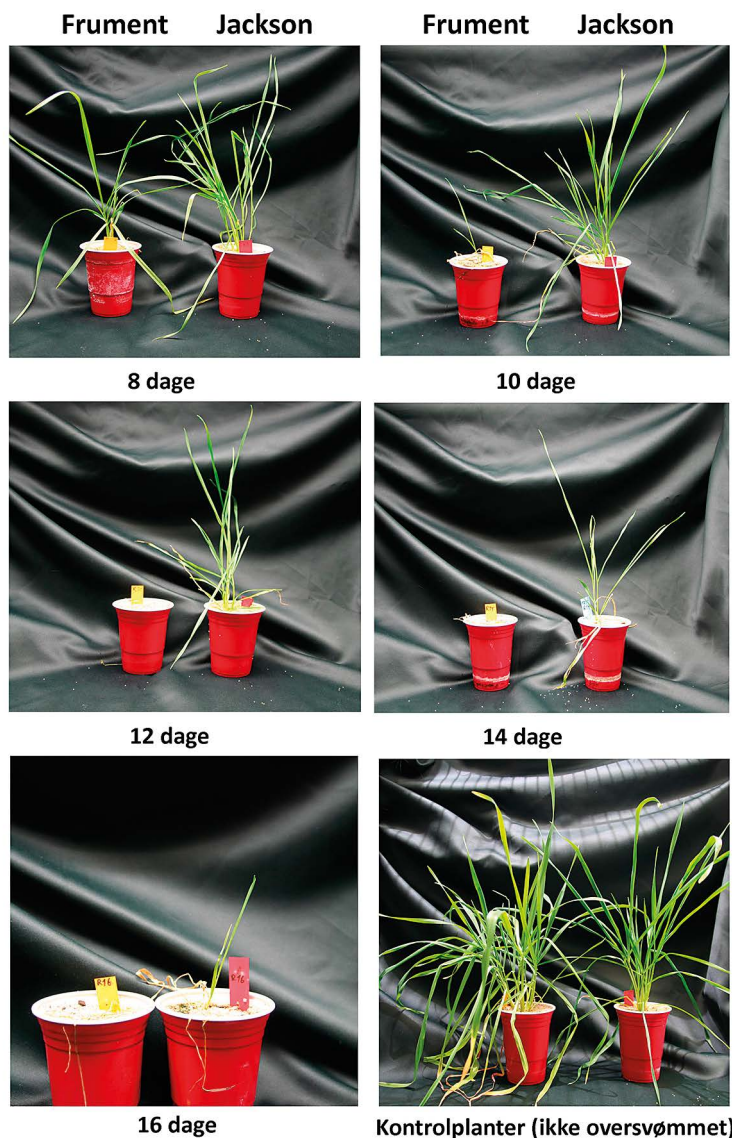
Nogle planter, for eksempel tagrør, elsker dog at stå i vand og kan derfor danne tætte bestande langs søbredder. Jordens højeste rater

af biomasseproduktion (primærproduktion) finder faktisk sted i vådområder på grund af de rigelige mængder vand og næring. Den høje produktion i det våde miljø skyldes tilpasninger, som gør, at iltforsyningen til rødderne kan opretholdes på trods af de iltfrie forhold i jorden. Afgrøder som hvede, byg og majs besidder faktisk også nogle af disse tilpasninger, om end i langt mindre grad end de "ægte" sumpplanter. Den vigtigste tilpasning er dannelsen af luftkanaler i rødderne (såkaldt luftvæv), der tillader iltten at diffundere fra skuddet og ned til

rodspidsen (se faktaboks). Ris, som er en sumpplante, kan danne luftvæv i op til 45 % af rodens tværsnit, mens hvede kun opnår et niveau på 15-20 %.

Oversvømmelsestolerance – et komplekst fænomen

I Mexico har Det Internationale Majs- og Hvedeforædlingscenter (CIMMYT) screenet 1.344 hvedesorter for oversvømmelsestolerance, hvoraf de fleste ikke satte et eneste korn. Man identificerede dog 6 sorter, som havde en højere tolerance. For eksempel viste nogle



Hvedesorterne Frument (tv.) og Jackson (th.) udviser forskellig oversvømmelsestolerance efter 0, 8, 10, 12, 14 og 16 dages komplet neddykning. Efter neddykningen har planterne haft en restitutionstid (vækst under dræned forhold) på op til 25 dage. Fotos: Max Herzog.

oversvømmede sorter et udbyttetab på kun 7 %, mens andre sorter havde 46 % lavere udbytte. Samtidig har et af Københavns Universitets egne studier vist, at en oversvømmelsestolerant sort overlevede fuldstændig neddykning cirka 7 dage længere end en intolerant sort. Det har dog vist sig, at oversvømmelsestolerance er et komplekst fænomen – sorter, der er oversvømmelsestolerante, når planterne er små, kan vise sig at være følsomme under senere udviklingsstadier. Andre studier har vist, at nogle af de tolerante sorter, man opdagede i Mexico, var

knap så tolerante i Australien, da forhold som jordbund, temperatur og næring i jorden givetvis har været anderledes. Man kan altså ikke “bare” finde en tolerant sort et sted i verden, men skal tilpasse sorterne til lokale forhold via forædlingsarbejde. Det er derfor vigtigt at finde ud af, præcist hvilke mekanismer i planten der betinger tolerancen, og gerne hvilke gener der medfører tolerance.

Videnskabelige studier har fremhævet flere sådanne mekanismer, der betinger oversvømmelsestolerancen i for eksempel hvede. En

rapport fra Australien peger på, at graden af luftvævsdannelse i rødderne er korreleret med oversvømmelsestolerance i marken. I et efterfølgende studie dannede en oversvømmelsestolerant hvedesort ved iltmangel luftvæv i 20 % af rodvævet, mens en intolerant sort kun nåede et niveau på 6 %. Andre studier fra Australien har vist, at røddernes evne til at genoptage væksten efter en kort periode med iltfrie forhold samt sorternes vækst i iltfrit vand ligeledes er relateret til oversvømmelsestolerance i marken. Hvilke mekanismer, der præcist betinger denne tolerance overfor iltfrie forhold, er stadig uafklarede og kalder på yderligere forskning. Endvidere har andre studier peget på, at oversvømmelsestolerance kan være betinget af tolerancen overfor potentielt giftige metaller (mangan, jern og aluminium), som grundet fysisk-kemiske ændringer i den iltfrie jord ophobes omkring rødderne i jordvæsken.

Fortolkning af de nævnte forskningsresultater besværliggøres dog af, at oversvømmelsestolerancen tilsyneladende betinges af forskellige mekanismer alt efter, hvilken slags jord (sandet, leret, sur osv.) afgrøden vokser i, samt om oversvømmelsestolerancen indtræder, mens planterne er unge eller gamle. Denne kompleksitet ser ud til at have lagt en dæmper på udviklingen af oversvømmelsestolerant hvede, majs og byg. Men som erfaringer fra produktionen af tørketolerant majs (ligeledes betegnet som relativt komplekst fænomen) og oversvømmelsestolerant ris har vist, så kan meget nås med den rette portion vilje og ressourcer.

Udvikling af oversvømmelsestolerante sorter

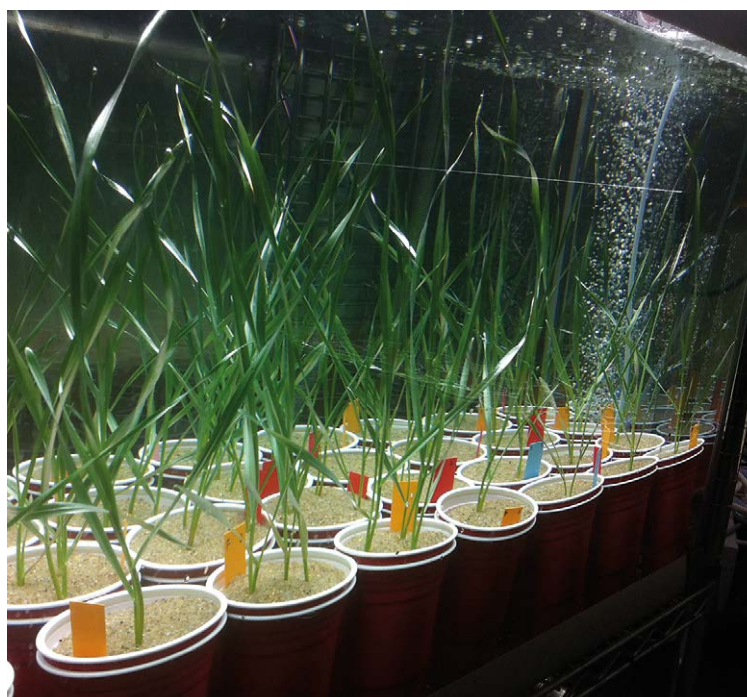
Udover lovende forædlingsarbejde i Australien, som desværre slog fejl grundet indførslen af en ny svampesygdom til landet, som sorterne var intolerante overfor, er man mig bekendt endnu ikke nået særligt langt i forædling af oversvømmelsestolerant hvede, byg eller majs. Dog mener engelske forskere, at man

ved at selektere for vinterfasthed muligvis har selekteret indirekte for oversvømmelsestolerance, da vinterhveden i England ligesom herhjemme kan blive oversvømmet under kolde og våde vintre.

Som blandt andet CIMMYTs forsøg i Mexico viste, råder hvedesorter samlet set over en vis genetisk variation for oversvømmelsestolerance, hvilket er afgørende for fremtidigt forædlingsarbejde. Men er det nok? Selv tolerante sorter kan udvise et fald i udbyttet på 50 %, hvis oversvømmelsen varer længe nok, og temperaturen er høj. Flere studier har derfor undersøgt muligheden for, at oversvømmelsestolerance kan "hentes" fra afgrødernes såkaldte landracer (traditionelle sorter, der er tilpasset lokale forhold) eller endda fra helt andre arter, som er nært beslægtede med vores afgrøder. Eksempelvis er forskere i Japan nået langt med at flytte gener, der betinger oversvømmelsestolerance fra den vilde, oversvømmelsestolerante majs-slægtning *Zea mays* over i kulturplanten majs (*Zea mays*), og i Australien har man forsøgt sig med at flytte en mekanisme, der gør rødderne mere "ilt-tætte" fra sumpplanten *Hordeum marinum* over i hvede. Ved sådanne tilgange risikerer man dog samtidigt at flytte mange gener, der koder for uønskede "vilde" egenskaber med over i de forædlede, højtydende sorter, hvorved udbyttet styrteddykker. Derfor er denne tilgang ikke helt så ligetil, som man kunne tro.

Nødvendigt at tænke langsigtet

Et godt eksempel, som ofte refereres til af forskere, der arbejder med oversvømmelsestolerante afgrøder, er ris. Ris er som udgangspunkt meget tolerant overfor at stå med rødderne i vand, mens hele planten ikke tåler at være fuldstændig neddykket. På det Internationale Risforsknings-institut (IRRI) på Filippinerne har man i årtier forsøgt at producere oversvømmelsestolerante sorter. Men først da man med moderne molekylære metoder



Projektet WheatSub

Forskningsprojektet *WheatSub* er støttet af VILLUM FONDEN for at klarlægge, hvad der betinger oversvømmelsestolerance i hvede, samt hvilken rolle vandafvisende bladoverflader spiller for oversvømmelsestolerancen. Medvirkende er Max Herzog, Ole Pedersen, Dennis Konnerup, Anders Winkel (alle Københavns Universitet) og Tim D. Colmer (University of Western Australia).

kunne lokalisere de DNA-sekvenser, der betingede tolerancen, blev det i 2006 muligt at krydse de ønskede egenskaber ind i lokale, højtydende sorter, som bønderne var tilfredse med. Indenfor 3 år blev disse nye, oversvømmelsestolerante rissorter, der kunne tåle fuldstændig neddykning i op til 14 dage, dyrket af 4 millioner bønder i Indien, Laos, Filippinerne og Bangladesh. Det havde dog taget 30 års forsknings- og forædlingsarbejde at nå dertil, og sammenholder man dette med tidsforbrug og omkostninger bag udviklingen af tørketolerante majssorter i Afrika (40 års arbejde, budget på 76 millioner US\$ fra 2007-2016) tydeliggøres det, at hvis vi vil klimasikre vores afgrøder, må vi være fremskuende og villige til at investere. Det er måske derfor, at danske planteforædlingsfirmaer og landbrugsorganisationer tidligere

har efterlyst støtte til et dansk center for planteforædling, der i højere grad kan foretage langsigtede og strategiske satsninger i et klima under forandring.

Træerne vokser dog som bekendt ikke ind i himlen, og hvede eller byg vil aldrig komme til at trives "med fødderne i vand" som for eksempel ris. Danske landbrugsarealer, som jævnlige oversvømmes i længere perioder, og som det ikke er muligt eller hensigtsmæssigt at dræne effektivt, vil måske yde bedre gavn for samfund og miljø som deciderede vådområder via deres andre positive effekter som næringsstofoptag, tilbageholdelse af vand ved megen nedbør, lagring af atmosfærisk CO₂, som rekreative områder, via naturværdier eller i "paludiculture", hvor man høster sumpplanter som tagrør. ■

Hvedesorter oversvømmet i et laboratorieforsøg ved Københavns Universitet, 2016. Foto: Max Herzog.

Forslag til yderligere læsning
<https://nextcity.org/daily/entry/scientists-develop-lab-created-scuba-rice-that-can-stand-up-to-climate-change>

Herzog M., Striker G.G., Colmer T.D., Pedersen O. (2016) Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat – a review of root and shoot physiology. *Plant, Cell & Environment*, 39, 1068-1086.

Ingeniøren 24/9-2012: Landbruget: Universiteter og politikere har nedprioriteret planteforædling

NY BIOTEKNOLOGI SKAL FJERNE PESTICIDER FRA DRIKKEVAND

Forfatterne



Henrik Tækker Madsen er adjunkt. Sektion for Bæredygtig bioteknologi, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet.
htm@bio.aau.dk



Jens Muff er lektor. Sektion for Kemiteknologi, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet.
jm@bio.aau.dk



Lea Ellegaard-Jensen er forsker. Sektion for Mikrobiel økologi og bioteknologi, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.
leael@envs.au.dk

Et nyt forskningsprojekt skal kombinere særlige membraner og pesticidædende bakterier, så man derved kan rense drikkevand, der er forurenet med pesticider. Denne teknologi kan for eksempel blive et vigtigt værktøj i områder, hvor det er meget svært at finde nye, pesticidfrie drikkevandsressourcer.

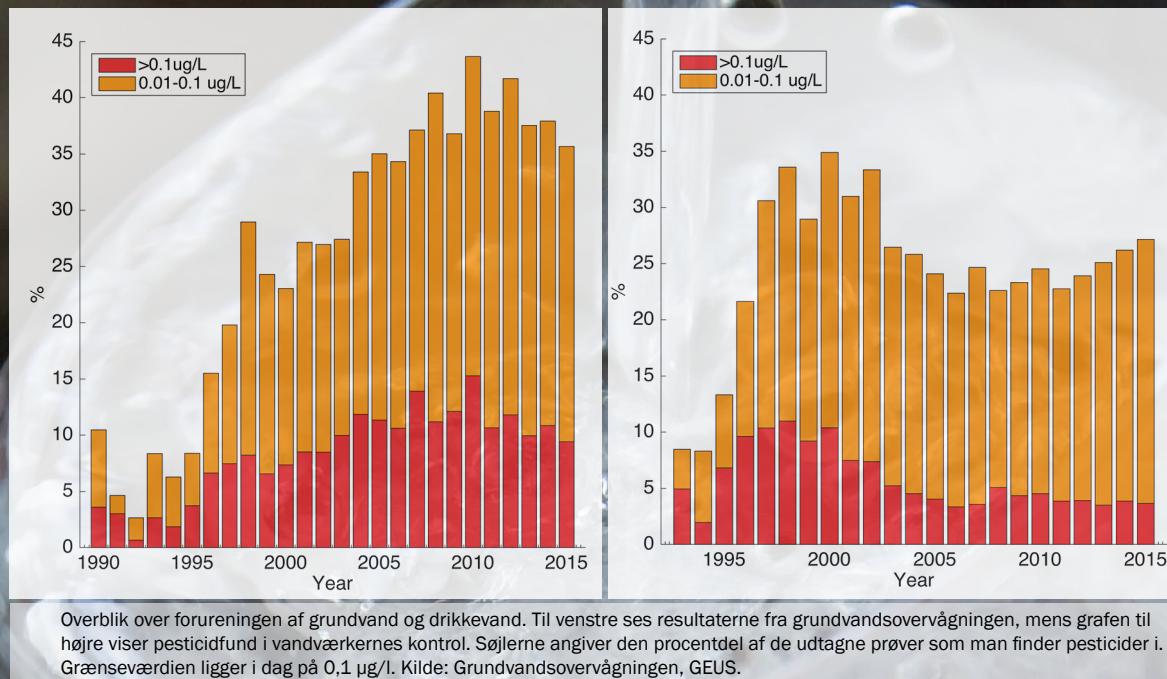
På globalt plan er adgang til rent vand en af de helt store udfordringer nu og i fremtiden. Men der er store forskelle i de udfordringer, vi står med forskellige steder i verden. Hvor man i mindre udviklede lande kæmper med problemer som sundhedsskadelige bakterier i vandet eller ren og skær mangel på vand, har vi i Danmark været vant til at kunne pumpe næsten drikkeklart vand direkte op af undergrunden. Dette koncept er dog udfordret af,

at man i flere og flere grundvandsmagasiner finder spor af sprøjtegifte (pesticider) og deres omdannelsesprodukter.

I Danmark overvåges tilstanden af grund- og drikkevand af GEUS (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland), og her finder man typisk pesticider i omkring 40 % af grundvandsindtagene samt omkring 25 % af prøverne fra vandværkerne. Overvågningen begyndte i starten af 90'erne, og

siden har man observeret en stigende forurening af grundvandet. Denne stigning skyldes dog ikke, at vandet er blevet mere forurenet, men snarere, at man har målt for et øget antal af forskellige pesticider. I de seneste år har antallet af fund af pesticider stabiliseret sig, men nylige fund af stoffet desphenyl-chloridazon illustrerer, at der stadig kan gemme sig pesticider, som vi ikke har opdaget endnu.

I Danmark har vi principielt en



Fotos: Colourbox

nultolerance politik overfor indhold af pesticider i drikkevand, og derfor vælger man ved fund af pesticider typisk at lukke vandboringer og finde egnet grundvand andre steder.

Det er dog ikke alle steder muligt at finde pesticidfrit grundvand i nærområdet, og særligt i hovedstadsområdet er det svært at finde nye, pesticidfrie drikkevandsressourcer. Derfor har man blandt andet i Hvidovre og på Frederiksberg måtte ty til kulfiltrering for at fjerne pesticiderne. Kulfiltrering er i dag den mest anvendte teknologi til at fjerne pesticider fra vand, men den er ikke altid effektiv overfor særlige typer af små kemiske forbindelser. Det er et problem, da mange af pesticiderne omdannes til sådanne stoffer under transporten gennem undergrunden ned til de vandførende lag, der udgør

grundvandsmagasinerne. Derfor er der behov for nye teknologier.

Nanofiltre og pesticidædende bakterier

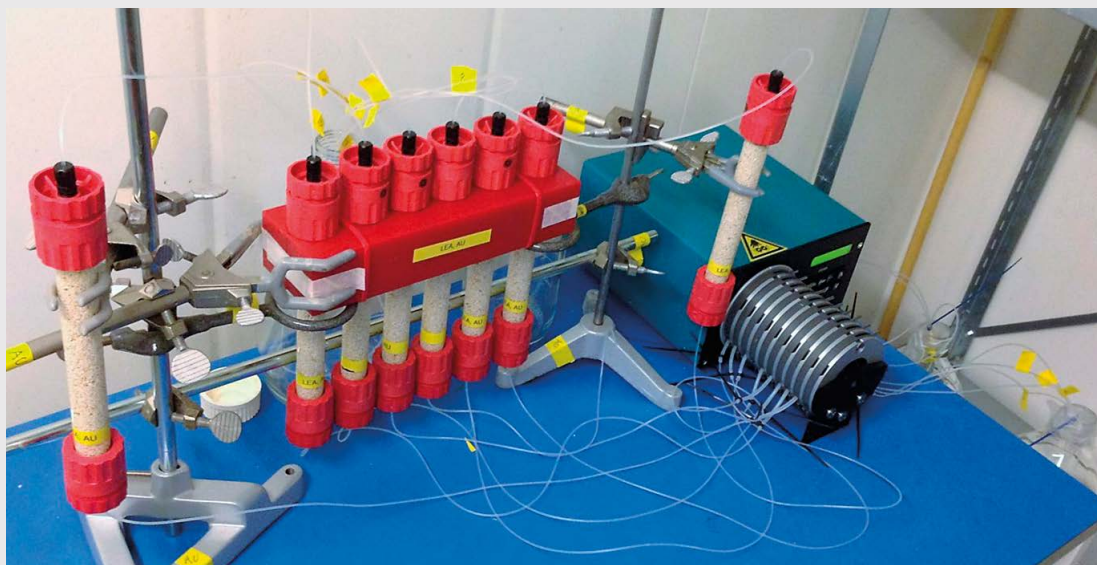
Igennem de seneste år har forskere fra Aalborg Universitet og GEUS arbejdet på to alternative metoder til at rense grundvandet for pesticider. På Aalborg Universitet har man arbejdet med at bruge membraner til at filtrere pesticider ud af vandet og herefter nedbryde dem med avancerede oxidationsprocesser.

Membranerne er filtre med meget små porer, der har en diameter på cirka 1 nanometer, og da pesticidmolekylerne er større end dette, kan de tilbageholdes af membranen, mens kun vandmolekyler fortsætter igennem. Det efterlader pesticiderne i en koncentreret restfraktion eller "affaldsvand", som man herefter behandler med

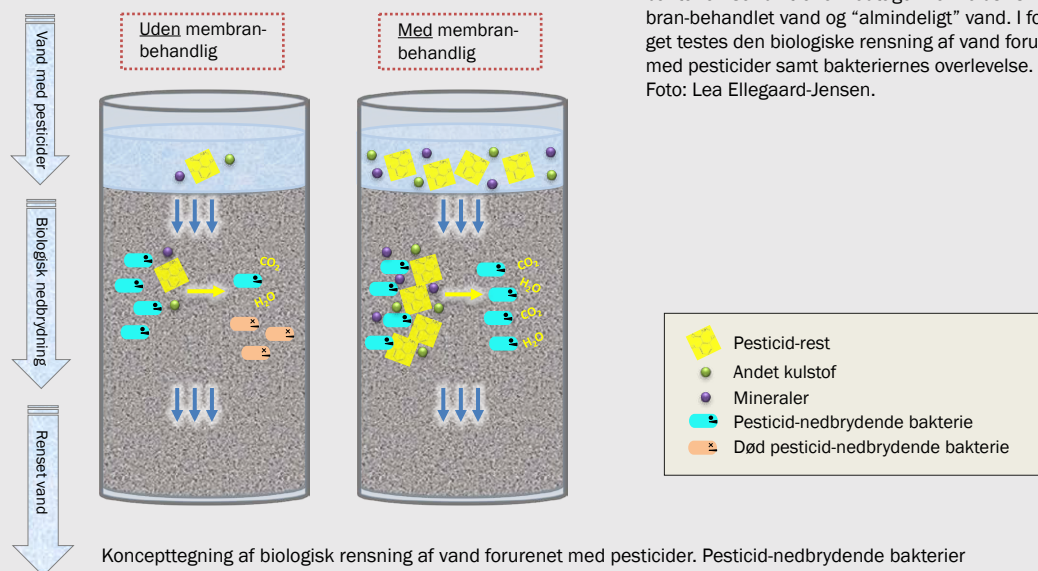
en avanceret oxidationsproces.

Her lader man i praksis strøm løbe igennem det pesticidholdige vand, og herved nedbrydes pesticiderne ved elektrolyse. Brug af elektricitet kræver dog en del energi, og nogle gange kan der dannes uønskede biprodukter fra pesticiderne.

På GEUS har man fundet naturligt forekommende bakterier fra områder, der er stærkt forurenet med pesticider. Her har bakterierne via naturlig selektion udviklet evnen til at bruge pesticiderne som næringskilde, så de bliver i stand til at omdanne dem fuldstændigt til vand og CO₂. Disse bakterier har man indsat i vandværkers sandfiltre, så pesticiderne nedbrydes ved hjælp af den allerede eksisterende vandbehandling. Man har fundet, at disse pesticidædende bakterier effektivt kan fjerne pesticiderne, men desværre har det indtil nu ikke



Biologisk rensning



↑ Forsøgsopstilling med mini-sandfiltre i laboratoriet. De små sandfiltre er tilsat pesticid-nedbrydende bakterier. Sandfiltrene modtager henholdsvis membran-behandlet vand og "almindeligt" vand. I forsøget testes den biologiske rensning af vand forurenet med pesticider samt bakteriernes overlevelse. Foto: Lea Ellegaard-Jensen.

Koncepttegning af biologisk rensning af vand forurenet med pesticider. Pesticid-nedbrydende bakterier tilsættes sandfiltre på vandværker. Sandfiltre, der modtager membran-behandlet vand, indeholder mere næring til at opretholde bakteriernes antal. Illustration: Lea Ellegaard-Jensen.

været muligt at holde bakterierne i live over længere tid. Der er simpelt hen ikke tilstrækkeligt med næring i vandet til disse bakterier, som også må konkurrere med eksisterende bakterier og andre mikroorganismer i sandfiltrene.

Kombineret biomembranproces

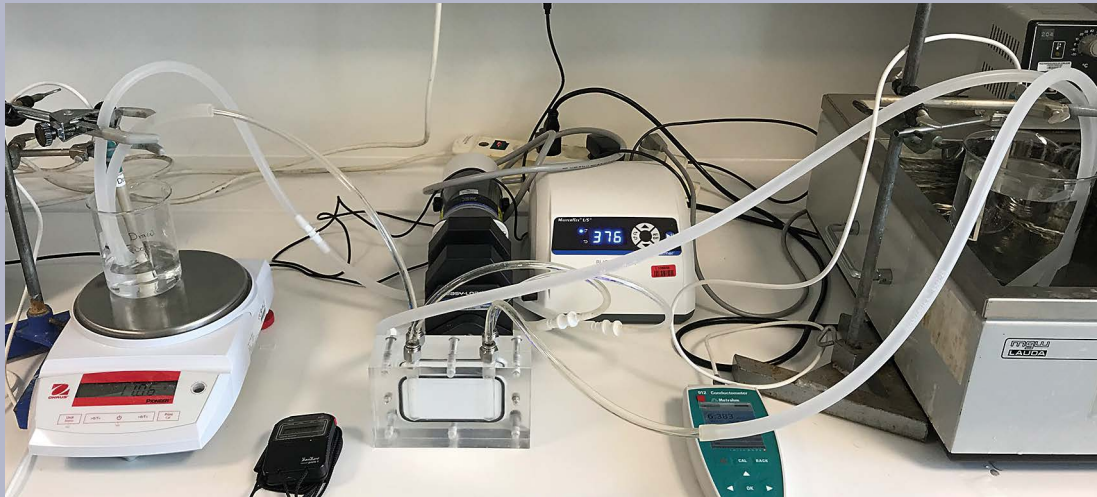
For at overkomme begrænsningerne for de to metoder er Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, GEUS og en række industrielle part-

nere gået sammen i et nyt projekt, MEM2BIO, hvor vi kombinerer de to teknologier. Det pesticidforurenede vand filtreres med membraner, hvilket resulterer i en lille affaldsstrøm af koncentreret pesticider samt en strøm af rent vand. Det pesticid-koncentrerede vand sendes til et specialdesignet sandfilter, hvor de pesticidnedbrydende bakterier er placeret. Disse nyder nu godt af de højere koncentrationer i det mere næringsrige vand og nedbryder pesticiderne til vand og CO_2 . Til sidst

doseres det pesticidfrie koncentrat tilbage i det rene vand, så det endelige drikkevand får den ønskede mineralsammensætning.

Der vil være en række teknologiske udfordringer, som projektet skal løse.

For membranerne handler det om, hvordan grundvandet kan koncentreres tilstrækkeligt uden at tungt opløselige forbindelser som kalk udfælder på membranerne, samt hvordan membranen og



Direkte osmose i laboratoriet. Vandmolekylerne trækkes ud af fødestrømmen (beholder i vandbadet til højre), og vandtransport igennem membranen måles ved at monitorere vægtforøgelsen i "draw"-opløsningen (beholder på vægten til venstre). Saltkoncentrationerne følges ved at monitorere opløsningernes ledningsevne. Foto: Mahdi Nikbakht Fini.

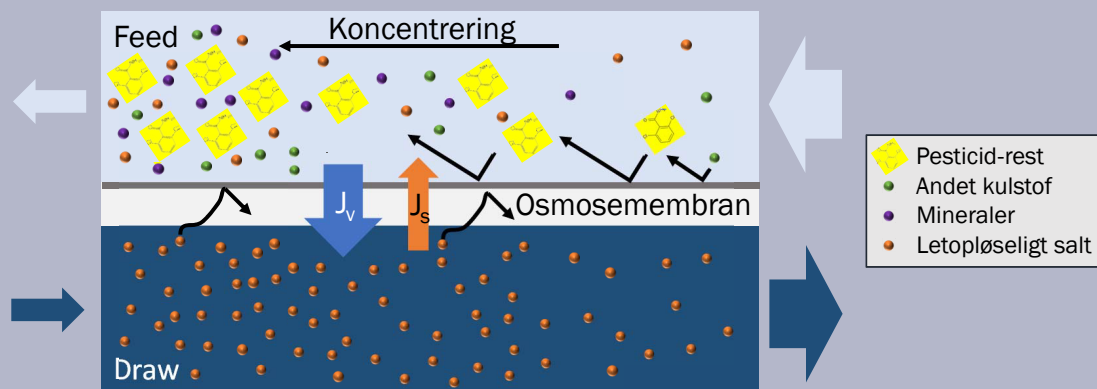


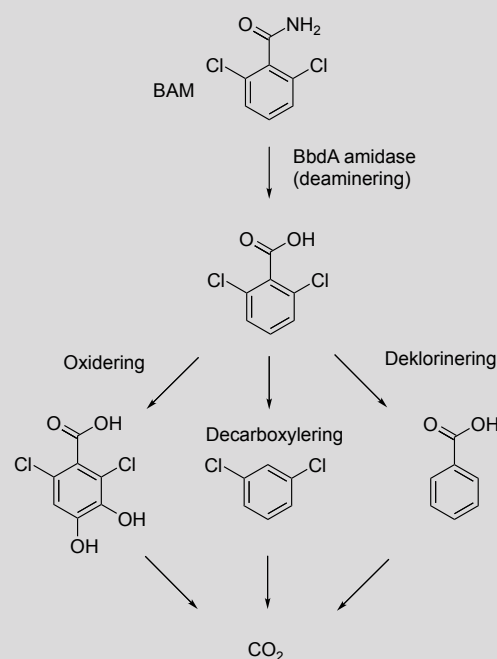
Illustration af direkte osmose til koncentrering af pesticider. Vand (J_v) trækkes ud af den forurenede opløsning ("feed") ved brug af en koncentreret saltopløsning ("draw"), hvorved pesticiderne koncentrerer i fødestrømmen. Ioner fra draw-opløsningen kan diffundere modsat vej (J_s) over osmosemembranen. Illustration: Jens Muff & Henrik Tækker Madsen.

Bionedbrydning af BAM

Kemisk set er stoffet BAM opbygget af en aromatisk ring med to typer af funktionelle grupper: to klora-tomer og en amidgruppe. Det er amidgruppen, som er nøglen til nedbrydningen af BAM. Amidgrupper er meget stabile og mindre reaktive end carboxylsyrer, og for at gøre BAM tilgængelig for bionedbrydning må amidgruppen omdannes til en carboxylsyregruppe. De BAM-nedbrydende bakterier har et specielt gen, der koder for dannelsen af et enzym kaldet BbdA, som muliggør denne omdannelse.

Herefter fortsætter nedbrydningen via tre processer: oxidering, decarboxylering og deklorinerig, hvorefter den aromatiske ring brydes og omdannes til mindre carboxylsyrer og endeligt til CO_2 .

Kilde: Ellegaard-Jensen, L. et al, DOI 10.1007/s00253-017-8362-x.



membranprocessen kan optimeres for at understøtte den mikrobielle nedbrydningsproces. En af de løsninger, vi arbejder med, er at bruge en ny type af membranfiltre kaldet osmotiske membraner. Normale membraner fungerer ved, at man tryksætter sit vand og på den måde presser det igennem membranen. I osmotiske membranprocesser, bruger man i stedet en koncentrationsgradient. I praksis placerer man en koncentreret opløsning af salt eller sukker på den ene side af membranen, mens det forurenede grundvand placeres på den anden side. På grund af det høje indhold af salt eller sukker, vil vand blive trukket over membranen. Processen er således trykfri, hvilket reducerer risikoen for skadelige udfældninger. En mindre del af salt/sukkeropløsningen vil bevæge sig den anden vej igennem membranen og på den måde have i pesticidkoncentratet. Ved at designe salt/sukkeropløsningen kan denne transport bruges til at forbedre forholdene for de pesticidædende bakterier.

For bakterierne skal det undersøges, hvordan de påvirkes af det membranbehandlede restvand, samt hvordan de kan gøres i stand til at overleve i sandfiltrene. Ideen bag er at få bakterierne til at arbejde for os og fjerne pesticiderne fra vandet. Bakterierne, som vi tilsætter til sandfiltrene, skal kunne tilpasse sig og leve under de særlige forhold, herunder konstant gennemstrømning af koldt vand. Derfor skal bakterierne stimuleres til at fasthæfte sig på sandkornene og danne en hinde af celler (kaldet biofilm) for bedre beskyttelse i vandstrømmen, så de ikke skylles ud af sandfilteret. Restvandet fra membranen vil indeholde mere næring til bakteriernes vækst og dermed stimulere bakteriernes biofilmdannelse og overlevelse.

Potentiale for teknologien

Kan teknologien finde indpas? Det vil tiden vise. I projektets afslutning skal vi bygge et vandværk i pilotskala, som kan bruges til at demonstrere teknologien i større skala. Som

altid vil der være nye problemstillinger, der skal håndteres, men kan dette gøres, åbner teknologikonceptet for en hel ny måde at producere drikkevand på. Her ses membraner ikke længere som blot en vandrensningsproces, men som en booster for bioprocesser. Den mikrobiologiske nedbrydning af pesticider er et eksempel på sådan en proces, men konceptet kan udvides til andre typer af processer. Samlet set giver det mulighed for at anvende teknologier, der ellers ville være for dyre og energikrævende, hvis de skulle behandle alt vandet.

Man kan altså "designe" sit eget koncentrat med en bestemt sammensætning af salte og mineraler og herefter dosere tilbage i det membranfildrede vand, indtil man får drikkevand med præcis den sammensætning af salte og mineraler, man ønsker. Det skal sammenholdes med i dag, hvor vores vandkvalitet afhænger af, hvor vi bor, og hvor vi har begrænsede muligheder for at ændre vandets sammensætning. ■

Naturvidenskab på Roskilde Universitet

Kom til åbent hus 21. marts
ruc.dk/naturvidenskabelig-bachelor



VILDE DYR ÆLDES OGSÅ

En kommentar til artiklen *Aldringens mysterier*
i *Aktuel Naturvidenskab* 3/2017.

Naturen kan synes barsk, men det er en udbredt misforståelse, at de fleste vilde dyr ikke når at blive gamle inden de dør af "infektioner, rovdyr, sult og kulde", som man kan læse i artiklen *Aldringens mysterier* i *Aktuel Naturvidenskab* nr. 3/2017. De første teorier om aldringens evolutionære udvikling fra 1950'erne bidrog med opfattelsen af, at kun mennesker og husdyr overlevede unaturligt længe nok til at gennemgå en alderdom med fysiologisk svækkelse.

Det er svært at aldersbestemme vilde dyr, og alternativet – at følge det samme individ gennem hele dets liv – oftest ligeså vanskeligt. Mange dyr dør selvfølgelig undervejs på grund af rovdyr og sygdomme, og derfor opdagede biologerne først for nylig de vildes dyrs alderdom. På baggrund af lange feltstudier, der har fulgt individuelt mærkede dyr fra vugge til grav, er det blevet klart, at mange vildtlevende pattedyr, fugle og fisk og i mindre grad krybdyr og insekter faktisk ældes. Det vil sige, at de ligesom mennesker kan opleve et tab i funktionsevne, nedsat fertilitet og øget dødelighed med alderen. Antagelsen om, at vilde dyr sjældent ældes, skyldes måske, at der blev sat lighedstegn mellem aldring og senilitet (svækkelse af mentale evner), der kendes fra meget gamle mennesker og dyr i fangenskab, men som ikke er det samme.

Evolution og aldringsmønstre

Da den naturlige selektion forventes at aftage i styrke, efter at reproduktionen er startet, som det også fremgår i den omtalte artikel i *Aktuel Naturvidenskab*, forventes aldringen netop at begynde på dette tidspunkt i individets livshi-



"En gammel hejre?" (sorthovedet hejre, *Ardea melanocyphala*, Kenya).
Foto: Michael Pepke Pedersen.

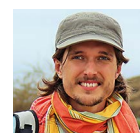
storie. Det udelukker imidlertid ikke, at evolutionen kan bevirke en selektion i forbindelse med aldringsmønstre. I naturen er de tilgængelige ressourcer begrænsede, og derfor må dyrene prioritere mellem vækst, forplantning og overlevelse (inklusive vedligeholdelse af organismen). Det kan resultere i afvejninger, formet af dyrets økologi, mellem for eksempel hurtig vækst og reproduktion tidligt i livet modsat lang levetid og vedligeholdelse af organismen. Telomererne, de beskyttende DNA-sekvenser i enderne af kromosomerne hos næsten alle dyr, kan vise sig at være en afgørende mekanisme for, hvordan livslængde og aldringsmønstre er blevet optimeret gennem evolutionen, da man har fundet sammenhænge mellem telomerernes længde og individuel vækst, reproduktion og overlevelse i naturen.

Ingen entydig evolutionsteori bag aldring

Den variation i livslængde, vækst- og aldringsmønstre som findes i naturen overstiger, langt variationen hos de klassiske laborato-

riemodeller som mus og rotter. Fra få gram tunge, men op til 40 år gamle flagermus (*Myotis*), velvoksne grønlandshajer på 400 år, fluesnappere, der ældes fra 5-års alderen, krokodiller, der omvendt bliver mere og mere fertile med alderen til eremittkrebs, der næppe viser tegn på aldring. Der er endnu ikke nogen entydig evolutionsteori bag aldringens mysterier, og dermed endnu meget at lære fra samarbejder mellem alderdomsforskere (gerontologer) og feltbiologer; for eksempel ved at

teste generaliteten af laboratoriestudier, effekten af miljøet på aldringen og dens genetiske baggrund. Desuden kan forståelsen for aldersrelaterede sygdomme øges ved at spørge, som der gøres inden for *evolutionær medicin*; hvorfor naturlig selektion har gjort os sårbare over for disse sygdomme, fremfor kun at spørge hvordan sygdommene opstår i kroppen. ■



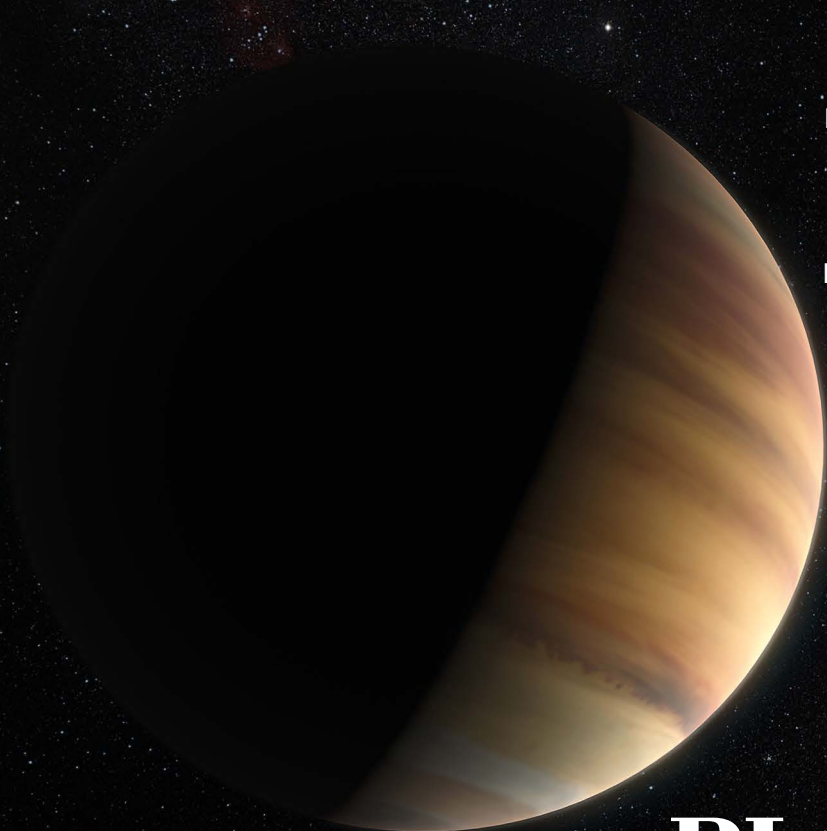
Forfatter:
Michael Pepke Pedersen,
ph.d.-studerende, Centre for
Biodiversity Dynamics, NTNU,
michael.p.pedersen@ntnu.no

Videre læsning

Shefferson, R. P., Jones, O. R. & Salguero-Gómez, R. (eds.) (2017) *The Evolution of Senescence in the Tree of Life*. Cambridge University Press, UK.

Nussey D. et al. (2013) *Senescence in natural populations of animals: Widespread evidence and its implications for bio-gerontology*. Ageing Research Reviews, 12:214-225.

Jakobsen, P.H. *Aldringens mysterier*. *Aktuel Naturvidenskab* nr. 3 og 4/2017.



Når en planet er tilstrækkelig tæt på sin stjerne, kan dens atmosfære fordampe væk. Det har man teoretisk vist længe, men det er for nylig også bekræftet af observationer. Fænomenet kan have betydning for vores beregninger af, hvor mange klippeplaneter som Jorden, der findes i universet.

PLANETER FORDAMPER I STJERNENS SKÆR



Forfatteren

Mia Sloth Lundkvist er postdoc ved Landessternwarte, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg og Stellar Astrophysics Centre, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. Hun forsker i blandt andet stjernesvingninger, og hvordan man kan udnytte dem til at lære mere om exoplaneter. lundkvist@phys.au.dk

Det er kun lidt over 20 år siden, at den første exoplanet i kredsløb om en sol-lignende stjerne blev opdaget. Det var planeten 51 Pegasi b, som er en såkaldt hot-Jupiter, det vil sige en stor gasplanet, der minder om vores eget solsystemes Jupiter, men som kredser meget tæt på sin værtsstjerne. I dag kender man til omkring 3.500 bekræftede exoplaneter foruden et par tusinde, der endnu er ubekræftede. De mange nyopdagede planeter skyldes i særdeleshed NASAs *Kepler*-mission, som står bag opdagelsen af over halvdelen af alle de bekræftede planeter.

Med så mange kendte planeter kan vi få ny viden, som kan hjælpe

os med at besvare nogle af vores mange spørgsmål om planeter og planetsystemer. Et eksempel på et forskningsområde, som er i en rivende udvikling lige netop nu, er undersøgelsen af fordampning af exoplaneters atmosfærer forårsaget af intenst lys fra værtsstjerne. Det seneste par år har det vist sig, at man ikke alene kan se effekten af fordampning direkte i den flok af exoplaneter, som vi observerer, men at det måske også har betydning for vores vurdering af, hvor almindelige klippeplaneter som Jorden er.

Planeter er almindelige

At planeter er almindelige i vores galakse kommer her godt og vel to årtier efter opdagelsen af 51 Pegasi b nok ikke som en overraskelse for

ret mange. Men hvor almindelige? Man har ved at studere de små M-stjerner, som er den mest almindelige type af stjerner i vores galakse, fundet ud af, at der ofte kredser indtil flere planeter omkring disse stjerner. Til dels derfor har man kunnet konkludere, at der er flere planeter end stjerner i Mælkevejen.

Selvom *Kepler* har fundet mange planeter og mange multiplanet-systemer, kender man ikke til ret mange systemer med flere end fem detekterede planeter. Dermed kan det umiddelbart se ud som om, at vores solsystem med hele otte planeter og en dværgplanet hører til sjældenhederne. Men det kan dog skyldes, at det er svært at detektere små planeter. Hvad der adskiller



solsystemet mest fra andre fundne planetsystemer er manglen på planeter, som har en størrelse mellem Jordens og Neptuns (Neptuns radius er knap fire gange Jordens). Disse super-Jorde og sub-Neptuner findes i stort antal i galaksen, men ikke i vores solsystem. Inden man opdagede deres eksistens, troede man, at planeterne i vores solsystem var gode repræsentanter for, hvad man kunne finde i kredsløb om andre stjerner. Men der tog vi altså fejl.

Mange spændende opdagelser

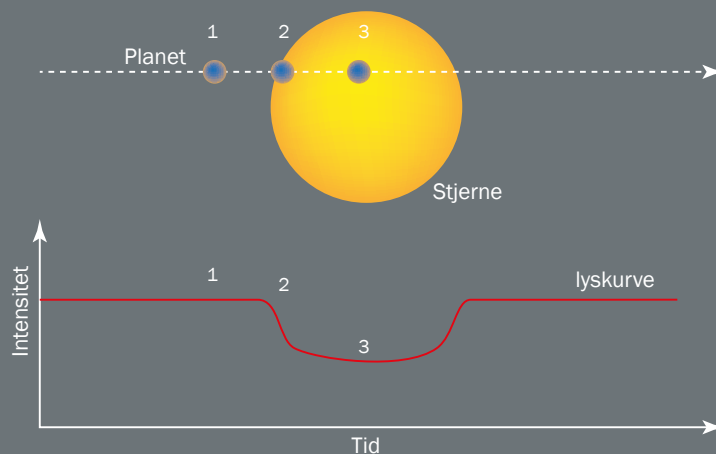
Det seneste par år har budt på mange "rekordplaneter". For eksempel fandt man i 2016 Proxima Centauri b, som kredser om vores nærmeste nabostjerne og dermed

Om 51 Pegasi b

51 Pegasi b er omkring 50 % større end Jupiter og kredser rundt om sin stjerne i et hæslæsende tempo. Den skal nemlig blot bruge fire dage for at nå et fuldt omløb om sin stjerne, hvorimod Jupiter skal bruge knap 12 år for at nå rundt om Solen. Fordi 51 Pegasi b er så tæt på sin stjerne, som minder om Solen, er temperaturen på exoplaneten meget høj – omkring 1000 grader celsius. Dermed er 51 Pegasi b et eksempel på en såkaldt hot-Jupiter planet. Man regnede ikke med, at planeter så store som Jupiter kunne findes så tæt på deres stjerne, derfor var det meget overraskende, da eksistensen af 51 Pegasi b blev kendt.

← Kunstnerisk fortolkning af planeten 51 Pegasi b med sin værtsstjerne.
ESO/M. Kornmesser/Nick Risinger (skysurvey.org), CC BY 4.0

Kepler-missionen og passagemetoden

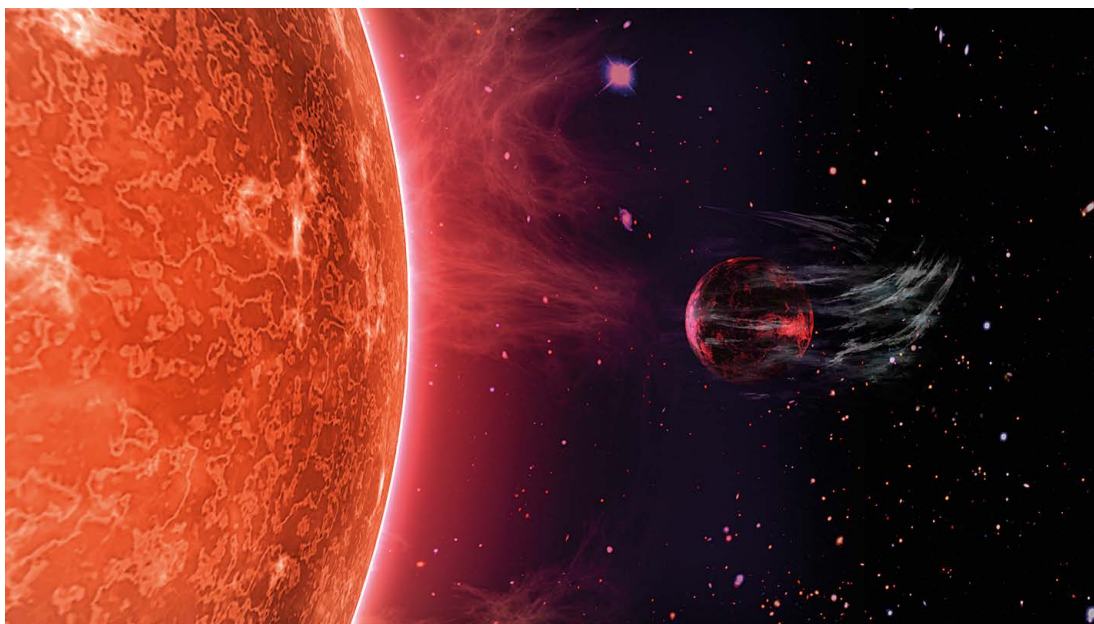


NASAs *Kepler*-mission finder planeter ved hjælp af passagemetoden (også kaldet transitmetoden). Når en planet kredser omkring sin stjerne, vil den, for en observatør placeret det rigtige sted, skygge for en smule af stjernens lys. Det resulterer i et karakteristisk dyk i mængden af lys, som kan observeres fra stjernen. Størrelsen på dykket afhænger af størrelsesforholdet mellem planeten og stjernen, idet en større planet (i forhold til stjernen) vil skygge for mere lys end en mindre planet.

Under alle omstændigheder er dykket, som skal observeres, ikke særlig nemt at se. Derfor kræver det et teleskop, som kan lave ekstremt præcise målinger og også gøre det ofte, idet en typisk passage ind foran stjernesken

ikke tager mere end et par timer. Desuden skal man observere mange stjerner for at gøre sig håb om at se det karakteristiske dyk fra planeten, idet man skal være rigtigt placeret i forhold til planet-stjerne-systemet for at kunne se passagen.

Kepler er et sådant teleskop. For at illustrere, hvor præcist der skal måles, kan man se på, hvor stort et dyk i Solens lys, som Jorden forårsager. Det viser sig at være omkring 0,008%. Til sammenligning kan man forestille sig et højhus med 100 lige store vinduer, som hver er en meter i højden og har lys strålende ud gennem sig. Her svarer et dyk i lysmængden på 0,008% til, at et mørklægningsgardin i et af vinduerne bliver trukket otte millimeter ned.



En kunstners fortolkning af, hvordan det kunne se ud, når en super-Jord mister sin atmosfære på grund af dens værtsstjernes stråling. Illustration: Peter Devine.

er den exoplanet, der ligger tættest på os. Og i 2017 har man publiceret fundet af den hidtil varmeste planet observeret med den såkaldte passagemetode. Temperaturen på denne unikke planet, kaldet KELT-9b, er over 4.300 grader celsius på dagsiden, hvilket er 1.000 grader over temperaturen på den næstvarmeste planet. Det er fascinerende at tænke på, at KELT-9b modtager en stråling fra sin stjerne, som er cirka 45.000 gange højere end den stråling, som vi modtager fra Solen. Til sammenligning kan man beregne, at hvis KELT-9b skulle modtage sin stråling fra Solen, skulle den næsten kredse rundt på Solens overflade.

Exoplaneten KELT-9b er ikke kun interessant, fordi den er varm. Den er også spændende, fordi den modtager en meget kraftig UV-stråling fra sin stjerne. Denne UV-stråling menes at være kraftig nok til at kunne fordampe en stor del af planetens atmosfære i løbet af den del af stjernens levetid, hvor den fusionerer hydrogen til helium (kaldet hovedserien). Men estimatet er usikkert, idet fordampning er en kompleks proces, som ikke er fuldstændig forstået.

Når man snakker om nyligt opdage-

de exoplaneter og planetsystemer, må man også nævne planetsystemet omkring den lille M-stjerne TRAPPIST-1. Dette system er det første, man har fundet med hele syv planeter, der har en størrelse, som minder om Jordens. Systemet er meget kompakt, idet alle planeterne kredser rundt om stjernen i en bane, der er tættere på stjernen, end Merkur er på Solen. Alligevel ligger tre af planeterne i den beboelige zone (den afstand fra stjernen, hvor man forventer at kunne finde flydende vand på overfladen af en planet), idet stjernens lysstyrke er meget mindre end Solens. Dog skal man huske, at planeterne ikke nødvendigvis er særligt beboelige, selvom de ligger i den beboelige zone. For eksempel er de så tæt på deres stjerne, at UV-stråling ifølge modelberegninger kan have blæst deres atmosfærer væk.

Når atmosfæren fordampes

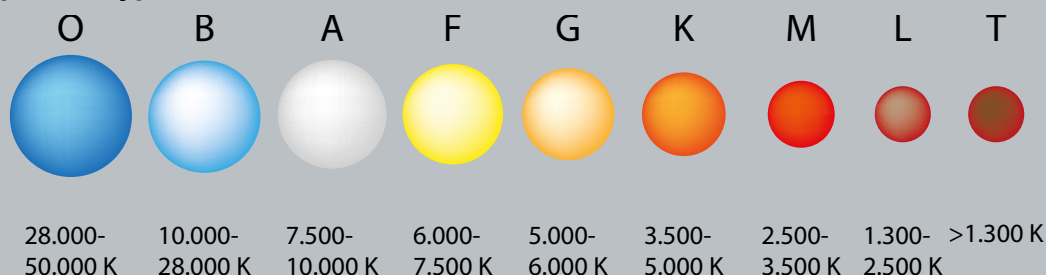
Ved at studere de mange kendte exoplaneter kan vi lære noget om, hvilke typer af planeter der findes, og hvilke som vi mangler at se og som måske slet ikke findes. Næste skridt er at prøve at forstå, hvorfor populationen af exoplaneter ser ud, som den gør. Det er ikke nogen nem opgave, for der er mange forskellige processer, som kan have

betydning for, hvordan planeter og planetsystemer dannes og udvikler sig.

En af disse processer er fordampning. Hermed menes der, at den flygtige atmosfære (bestående af primært hydrogen og helium), som nogle planeter har, "koger væk" på grund af kraftigt lys fra værtsstjernen og efterlader de nøgne planetkerner tilbage. At man skulle kunne observere resultaterne af en sådan proces har været forudsagt af simuleringer i nogle år, men den endelige bekræftelse med observationer kom først sidste år ved hjælp af data fra *Kepler*.

Ved at kombinere viden om exoplaneters værtsstjerner fra astroseismologi med information om exoplaneternes periode og relative radius (fra passagemetoden) har vi karakteriseret planeterne meget mere præcist, end det før har været muligt. Vi beregnede den mængde af stråling, som planeterne modtager fra deres stjerne samt deres størrelse og opdagede derved, at der er et tomt område i fordelingen af planeter, når man plotter de to parametre mod hinanden. Et hul, som man ikke kan forklare ved tilfældigheder eller observationelle bias, men som derimod passer

Spektraltyper

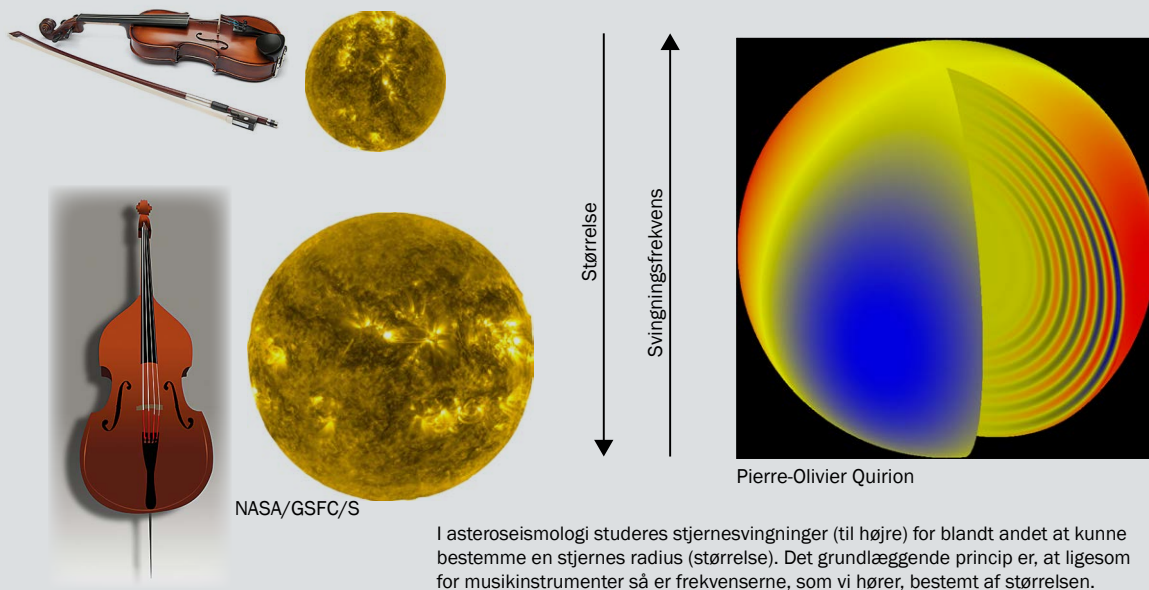


Stjerner inddeles i spektraltyper afhængig af deres temperatur. Typerne spænder fra O for de varmeste stjerner over B, A, F, G og K til M for de mindste og koldeste stjerner samt L og T for brune dværge. Vores Sol tilhører spektraltype G. En ofte brugt huskesætning til spektraltyperne er: Oh, Be A Fine Girl/Guy Kiss Me (Like This). På figuren er angivet de omtrentlige temperaturintervaller for de forskellige spektraltyper.

Asteroseismologi

En stjerne er en enorm kugle af gas, der bringer sig selv i svingninger ligesom en klokke. Asteroseismologi er studiet af disse stjernesvingninger, hvor man udnytter de stående lydbølger i stjernens indre til at få viden om for eksempel dens radius. Hvordan dette kan lade sig gøre, kan man få en idé om ved at tænke på to musikinstrumenter; en violin og en bas. De to instrumenter er stort set ens bortset fra størrelsen, men mens violinen spiller

lyse toner, spiller bassen dybe. Det skyldes netop størrelsesforskellen på deres resonante hulrum, og noget helt tilsvarende gør sig gældende for stjerner. Små stjerner vil være kendetegnet ved højere frekvenser end større stjerner, og dermed kan man ved at observere en stjernes svingningsfrekvenser finde ud af, hvor stor den er. Svingningerne kan måles med *Kepler*, idet de forårsager små ændringer i stjernens lysstyrke, som *Kepler* kan måle.



som fod i huse med simuleringer af effekten af fordampning.

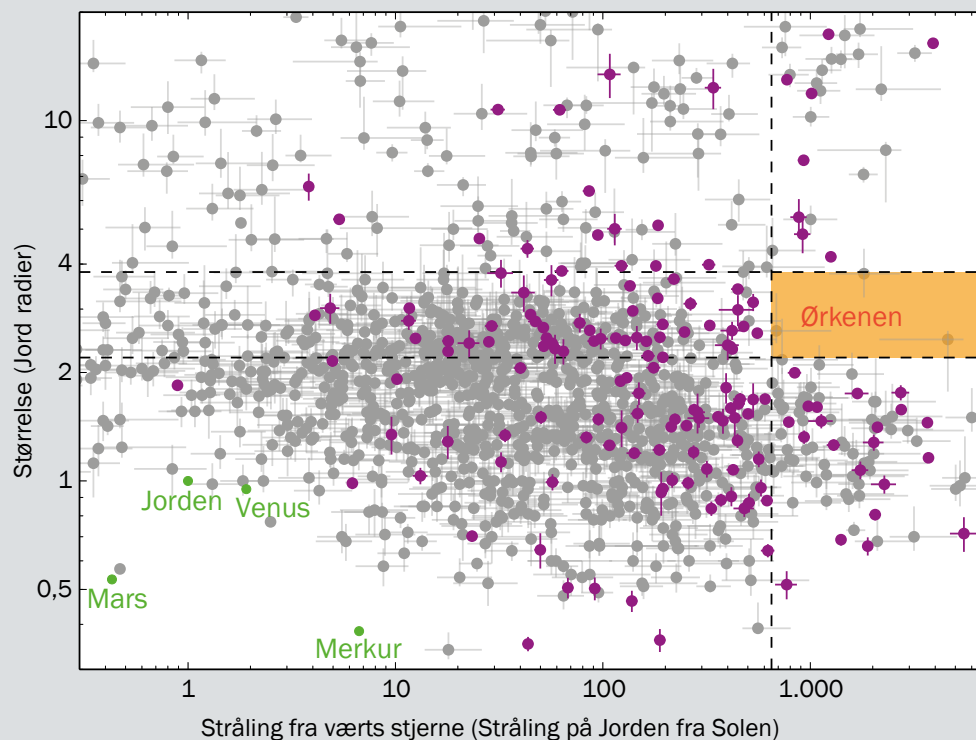
Vigtig for forståelsen af planetsystemer

Dette hul, eller "ørken", i planetpopulationen findes for planeter med en radius på mellem 2,2 og 3,8 gange Jordens. Det vil sige planeter af typen super-Jord eller sub-Nep-

tun bestående af en klippekerne omkranset af en atmosfære af flygtige gasser. Ørkenen af planeter opstår, når planeterne er så tæt på deres værtsstjerne, at strålingen er intens nok til at fordampe deres atmosfære. Den manglende atmosfære betyder nemlig, at disse planeters radius bliver mindre end de "burde være". Der er en grænse for,

hvor tæt stjernen og planeten skal være på hinanden for, at atmosfæren kan "koges væk" af stjernens lys. Vi har bestemt denne grænse til at være 650 gange den stråling, som Jorden modtager fra Solen. Hvis Jorden til sammenligning skulle modtage en stråling fra Solen, som var 650 gange højere, skulle Jorden kredse rundt om Solen blot

Figuren viser et såkaldt radius-flux-diagram, hvor planeters størrelse er plottet som funktion af den mængde af stråling, de modtager fra deres værtsstjerne (Kepler-data). De fremhævede planeter (lilla) har meget høj præcision, da deres værtsstjerner udviser stjernessvingninger, som forskere har kunnet bruge til at karakterisere stjernerne og dermed planeterne ekstremt præcist. Til sammenligning ses Solsystemets klippeplaneter (grønne) i nederste venstre del af diagrammet. Det tomme område (markeret "Ørkenen") er skabt af fordampning af planetatmosfærer.



Mere om emnet
Uffe Gråe Jørgensen, 10 milliarder planeter som Jorden – hvor er beboerne? Aktuell Naturvidenskab, 6-2012.

KELT-9b: videnskab.dk/naturvidenskab/hot-hot-hot-hidtil-varmeste-planet-opdaget

TRAPPIST-1: videnskab.dk/naturvidenskab/trappist-1-jordlignende-planeter-kan-maaske-have-vand

TESS-missionen: tess.gsfc.nasa.gov/

JWST: www.jwst.nasa.gov

SAC (Stellar Astrophysics Centre) har en youtube-kanal med korte videoer om blandt andet Kepler-missionen, passagemetoden og Proxima Centauri b: www.youtube.com/channel/UCOhB-haKzmYG4ApUCF-O1M06w/videos

7,5 sol-radier fra dens overflade (den faktiske afstand er over 200 sol-radier).

Bekræftelsen af, at fordampning er med til at forme den gruppe af exoplaneter, som vi observerer, er et vigtigt resultat. Det er blandt andet vigtigt for forståelsen af, hvordan planetsystemer udvikler sig. Og det er ikke noget, man har kunnet lære fra vores eget solsystem, idet Solsystemet ikke rummer den rigtige type af planeter. Planeterne Neptun og Uranus har den rigtige størrelse, men de kredser langt fra Solen, hvor fordampning ikke kan fjerne atmosfæren.

Fordampning og eta-Jord

Et af de primære mål med *Kepler*-missionen er at bestemme hyppigheden af potentielt beboelige klippeplaneter i Jord-størrelse; en værdi man ofte kalder for eta-Jord. Siden *Kepler* blev opsendt i 2009, har mange forskere kommet med deres bud på, hvad eta-Jord er. Men det er langt fra ligetil. Der er mange faktorer, som har betydning for værdien, deriblandt hvor mange

af de planeter, der gemmer sig i *Keplers* data, man rent faktisk kan opdage. Derudover har man ikke fundet særlig mange jordstørrelsesplaneter i den beboelige zone, og til dels derfor baserer man ofte sit estimat af eta-Jord på planeter, som for eksempel er lidt større og/eller lidt tættere på deres værtsstjerne. Det fungerer, hvis disse planeter har samme oprindelse, som de planeter, man er interesseret i. Men det kan give en forkert værdi for eta-Jord, hvis de har en anden oprindelse. Den "anden oprindelse" kunne være, hvis de ikke blev dannet som klippeplaneter, men derimod er planetkerner tilovers fra fordampning.

Helt ny forskning tyder på, at mange af disse varme super-Jorde – ligesom deres endnu varmere slægtninge – er planetkerner, som er ladt tilbage efter atmosfæren er fordampet væk. Derfor konkluderer forskere, at man skal passe på med at bruge de varme super-Jorde til at vurdere, hvor mange planeter som Jorden, der eksisterer. Det skyldes, at man let kan komme

til at overestimere hyppigheden ved at tage nogle planeter med, som er rester af fordampede gasplaneter snarere end klippeplaneter som Jorden.

I den nære fremtid kan vi glæde os til opsendelsen af endnu flere rummissioner, som helt sikkert vil give os en masse ny og spændende viden om exoplaneter. Eksempler på disse er TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite), som skal gennemsnøge det meste af himlen efter exoplaneter omkring vores nærmeste naboer og JWST (James Webb Space Telescope), som blandt andet vil være i stand til at studere exoplanetatmosfærer ved hjælp af spektroskopi.

Med data fra disse rumteleskoper vil vi kunne komplementere og udvide den population af exoplaneter, som vi allerede kender, og på den måde lære endnu mere om for eksempel de processer, der er med til at forme planetsystemer.

Så der er noget at se frem til i de kommende år.

OPLEV UNIVERSITETET INDEFRA

BLIV STUDERENDE FOR EN DAG

Kom med og oplev en studerendes hverdag på Aarhus Universitets naturvidenskabelige uddannelser og ingeniøruddannelser.

Oplev studielivet, kom med til undervisning og få muligheden for at stille dine spørgsmål til den universitetsstuderende, som du følger, mens du er 'studerende for en dag'.





STATISTIK, POLITIK OG KUNSTEN AT REPRODUCERE

Om forfatterne



Katrine Nielsen
katrine.boedkergaard.
nielsen@post.au.dk



Jeanett Petersen
jeanett.pelck.petersen@
post.au.dk

Katrine og Jeanett studerer begge Statistik ved Aarhus Universitet på 10. Semester. I forbindelse med et projektarbejde i statistik har de skrevet denne artikel.

Statistiske analyser bygger altid på nogle antagelser samt valg i forhold til indsamling og bearbejdning af data. Det er vigtigt, at der er åbenhed om dette, hvis man vil undgå, at beslutninger træffes på forkert grundlag. Et eksempel fra økonomiens verden viser hvorfor.

Statistik spiller en stor rolle indenfor de fleste fagområder – lige fra medicinalindustrien, hvor man ønsker at teste nye præparaters virkning ved at undersøge, om der er forskel på den behandlede gruppe og en placebogruppe, til økonomiske analyser, der kan anvendes til politiske beslutninger. Det er vigtigt at huske på, at resultatet opnået ved en sådan statistisk analyse ikke nødvendigvis er korrekt. Selvfølgelig og anerkendte statistikere kan komme til at lave fejl i deres analyser. Derudover er der ofte truffet en række valg og beslutninger undervejs i udarbejdelsen af

en analyse, som kan påvirke det endelige resultat.

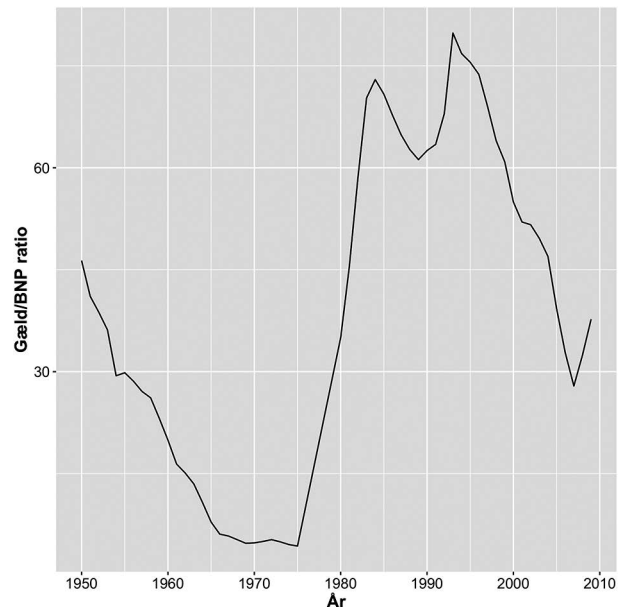
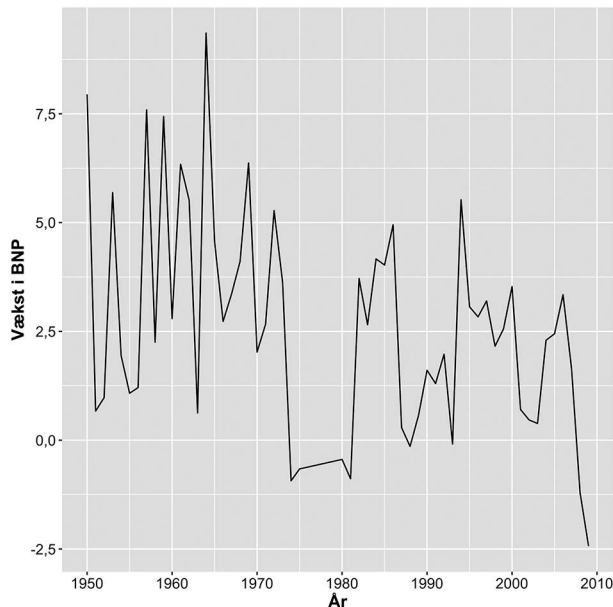
Derfor skal man altid huske at forholde sig kritisk og diskutere resultaterne af statistiske analyser i stedet for at se dem som en sandhed. Det er af samme grund, at "reproducerbarhed" anses som en dyd inden for naturvidenskab generelt – altså, at det er muligt for en tredjepart at opnå de samme resultater ved at bruge de samme data og metoder som i den oprindelige analyse.

Vi vil i denne artikel se nærmere på et eksempel fra økonomiens ver-

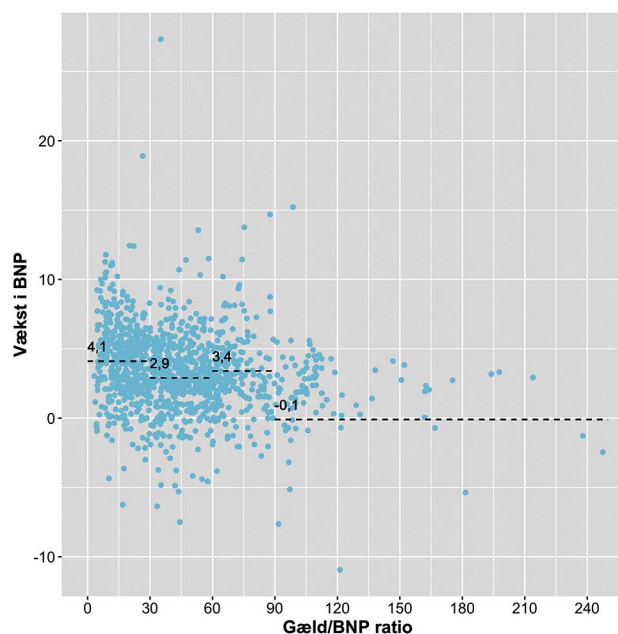
den, der kan tjene som et pædagogisk eksempel på, hvorfor det er så vigtigt – uanset fagområde – at der er åbenhed om hvilke antagelser og valg, der er gjort i en statistisk analyse. Og ikke mindst, at data og kode er offentligt tilgængelig, så andre fagfolk kan kigge analysen efter i sømmene.

En analyse med stor betydning

I maj 2010 udgav de to Harvard-økonomer Carmen Reinhart og Kenneth Rogoff en artikel med titlen *Growth in a Time of Debt*. Her betragtede de et datasæt for 44 lande (20 udviklede lande og 24 udviklingslande) over en periode på



Vækst i BNP (tv) samt forholdet mellem gæld og BNP (th) over tid for Danmark.



Her ses samtlige observationer for alle lande og år. De stiplede linjer angiver de gennemsnitlige vækster i BNP for hver gældskategori baseret på Reinhart og Rogoffs analyse. Vi ser her en negativ vækst i BNP, når gælden er over 90 % af BNP.

omkring 200 år. Datasættet bestod blandt andet af offentlig gæld samt bruttonationalproduktet (BNP).

Reinhart og Rogoff var interesserede i at sige noget om, hvordan væksten i BNP afhænger af forholdet mellem den offentlige gæld og BNP. De grupperede derfor observationerne i fire kategorier af "gæld/BNP": "under 30 %", "30-60 %", "60-90 %" og "over 90 %" og beregnede gennemsnit og medianer af BNP-vækst inden for hver af disse kategorier. Derefter analyserede de henholdsvis de udviklede lande og udviklingslandene over flere forskellige perioder. Deres hovedre-

sultat var, at et højt niveau af gæld/BNP (over 90 %) er forbundet med væsentligt lavere vækst i BNP – for såvel de udviklede lande som udviklingslandene – end for de andre kategorier.

Helt konkret konkluderede de på baggrund af data fra 1946-2009 for de udviklede lande, at hvis gælden udgjorde mere end 90 % af BNP, medførte dette, at den gennemsnitlige vækst i real BNP blev negativ.

Reinhart og Rogoffs artikel var meget diskuteret og blev citeret i flere tidsskrifter. Carmen Reinhart mødtes i 2011 med formanden

Paul Ryan og de øvrige medlemmer af *House Committee on the Budget* (en permanent komite under repræsentanternes hus i USA), hvor hun præsenterede resultaterne fra artiklen. Artiklen blev også citeret og anvendt i forbindelse med Republikanernes budgetforslag *The Path to Prosperity*, bedre kendt som "Paul Ryan budgettet", og blev dermed en vigtig brik i debatten om, hvorvidt USA skulle reducere de offentlige udgifter.

Alt i alt fik Reinhart og Rogoffs artikel stor indflydelse på de politiske debatter vedrørende forvaltningen af offentlig gæld og den økonomi-

ske politik generelt i forlængelse af finanskrisen i 2007.

Umuligt at reproducere

I forbindelsen med udgivelsen af deres artikel havde Reinhart og Rogoff dog ikke gjort deres kode offentligt tilgængelig, men blot de rå data for de forskellige lande. Det viste sig at være problematisk, da Thomas Herndon, kandidatstuderende ved *University of Massachusetts*, i et af sine kurser fik stillet til opgave at reproducere resultaterne fra en økonomisk artikel. Herndons valg faldt på Reinhart og Rogoffs artikel, hvor han valgte at fokusere på de 20 udviklede lande i perioden 1946-2009. Under kursets forløb viste det sig dog umuligt for ham at reproducere Reinhart og Rogoffs resultater. Herndon havde i processen været i løbende kontakt med sine professorer Michael Ash og Robert Pollin, som til sidst opfordrede ham til at kontakte Reinhart og Rogoff. På den måde lykkedes det ham at få fat i det oprindelige regneark, de havde anvendt til deres analyse og det blev dermed muligt for ham at reproducere analysen. Herndon udgav derfor i samarbejde med Ash og Pollin artiklen *Does high public debt consistently stifle economic growth? A critique of Reinhart and Rogoff* i 2013. Denne artikel skulle vise sig for alvor at sætte gang i debatten omkring analysen foretaget af Reinhart og Rogoff.

Fejl og uklarheder i den oprindelige analyse

Da det blev muligt for Thomas Herndon at reproducere Reinhart og Rogoffs resultater, blev det hurtigt tydeligt for ham, at der var nogle helt basale fejl i deres analyse samt truffet nogle valg undervejs i analysen, som de ikke havde redegjort for. Først og fremmest var der en helt basal kodningsfejl i Excel-regnearket ved beregning af den gennemsnitlige vækst i BNP, hvilket betød at fem lande, Australien, Østrig, Belgien, Canada og Danmark, helt var blevet undladt i denne beregning. Derudover var der også en mindre overførselsfejl imellem Excel-ark, hvor de var kom-

met til at skrive "-7,9%" for væksten i BNP for New Zealand i det år, hvor landet befandt sig i gældskategorien "over 90%", i stedet for de faktiske "-7,6%". Derudover viste det sig, at Reinhart og Rogoff helt havde ekskluderet observationerne for New Zealand i perioden 1946-1949 samt Australien og Canada i perioden 1946-1950. Det viser sig at få ret stor betydning på det endelige resultat, eftersom alle de ekskluderede observationer tilhører gældskategorien "over 90%", hvor de ekskluderede lande i flere tilfælde oplevede en positiv vækst. Det særligt interessante er dog her, at Reinhart og Rogoff i deres artikel ikke forklarer, hvorfor de har ekskluderet disse observationer – ja, faktisk nævner de det slet ikke. Det eneste, de nævner, er, at det ses, at lande som Australien og New Zealand ikke oplever forringelse af deres vækst ved høje gælds niveauer, men at det dog kan bemærkes, at disse observationer med høj vækst og højt gælds niveau befinder sig omkring perioden efter 2. verdenskrig.

Det virker tankevækkende, hvorfor det kun er observationer for disse lande i perioden efter 2. verdenskrig, der ekskluderes, hvorimod et land som USA, der i samme periode var i samme gældskategori, ikke blev ekskluderet. Ved et nærmere kig på data viser det sig dog, at i tre ud af de fire år, hvor USA lå i den høje gældskategori, oplevede de en negativ vækst i BNP, hvilket stemmer fint overens med Reinhart og Rogoffs endelige resultat. Det farlige ved ikke at kommentere på og faktisk slet ikke nævne sådanne ekskluderinger af data er, at man kan blive mistænkt for at ønske at påvirke resultatet.

Reinhart og Rogoff svarer igen

Reinhart og Rogoff havde i deres analyse også valgt en vægtning, hvor de først beregnede den gennemsnitlige vækst for hvert land for alle de år, de befandt sig i en given gældskategori, for til sidst at tage det overordnede gennemsnit for hver kategori. På denne måde kom

gennemsnittene for hvert land til at vægte lige meget i det samlede gennemsnit for hver gældskategori uafhængig af, hvor mange år hvert land havde befundet sig i den givne kategori. Betragtes gældskategorien "over 90%", vægter et land som USA, der over den givne periode kun befandt sig i denne kategori i 4 år, lige så meget som Storbritannien, der var hele 19 år i denne kategori. Derfor forsøgte Herndon, Ash og Pollin i deres artikel også med en alternativ vægtning, hvor alle observationer vægter ligeligt i det samlede gennemsnit.

Reinhart og Rogoff udgiver senere i 2013 et svar på kritikken fra Herndon, Ash og Pollin, hvor de erkender de specifikke fejl med eksklusion af fem lande og overførselsfejlen mellem Excel-arkene. Men samtidig hævder de, at dette ikke har den store betydning for det overordnede resultat. Derudover står de ved deres valg af vægtning og retter generelt kritikken tilbage imod Herndon, Ash og Pollins analyse.

Vi skal ikke stille os som dommere i denne interne strid og vi vælger derfor her at se bort fra den alternative vægtningsmetode. Dog når vi i vores analyse frem til samme resultat som Herndon, Ash og Pollin, nemlig en markant ændring af resultatet og dermed konklusionen for kategorien "over 90%", hvis man korrigerer for de nævnte fejl og valg. Det viser sig således, at den negative vækst i BNP for lande med en gæld, der udgjorde mere end 90 % af bruttonationalproduktet på "-0,1%" faktisk var en positiv vækst på "1,9%" (se figur).

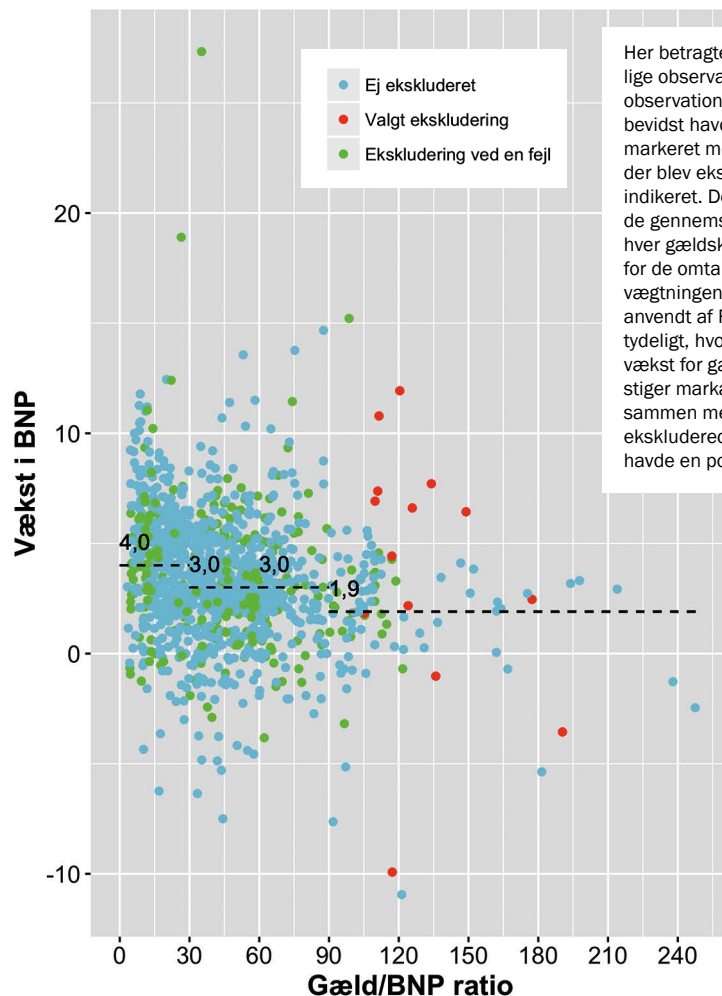
Hvorvidt Reinhart og Rogoffs valg var rimelige eller ej, vil der nok altid være delte meninger omkring. Men det, der i dette eksempel er problematisk, er manglen på gennemsigthed af analysen samt åbenhed over for alternative måder at foretage analysen på.

Det er vigtigt at reproducere

Når man tager i betragtning, hvor stor en betydning Reinhart og

Rogoffs resultat havde for den økonomiske politik for en lang række lande i kølvandet på finanskrisen, er det tankevækkende, at der ikke tidligere var andre fagfolk, der forsøgte at reproducere analysen eller generelt forholdt sig mere kritisk til resultatet. Man kan også spekulere i, at flere politikere måske slet ikke var interesserede i at forholde sig kritisk til resultatet, da det passede med det, de mente i forvejen. Den almene borger har i sagens natur svært ved at sætte sig ind i sådanne modeller, så det overordnede problem ligger i, at selv fagfolk ikke kan få at vide, hvordan de fungerer og dermed kan de ikke reproducere.

Det kan altså ikke understreges nok, hvor vigtigt, det er at kunne reproducere statistiske analyser og at der hersker gennemsigtighed om de valg, der er gjort i deres tilblivelse. Desuden skal man som udgiver være åben over for kritik og debat vedrørende metoder og beslutninger og man skal som læser forholde sig kritisk, når man får stukket en analyse eller en model i hånden. ■



ASTRONOMI

Ny specialisering på SDU

13,7 mia. år efter Big Bang sker det endelig.

Nu kan du læse Astronomi på SDU og fordybe dig i studier af Universet – fra solsystemet til sorte huller og fra kosmologi til mørkt stof.

Astronomi er en specialisering inden for Fysik. Så vil du være astronom fra SDU, skal du søge ind på bacheloruddannelsen i Fysik og følge kurser inden for Astronomi, Astrofysik og Kosmologi. Du kommer til at arbejde med SDUs helt nye teleskoper og skal på kandidatuddannelsen på studietur til La Palma og benytte et af Europas største teleskoper.

Som studerende bliver du en del af et særdeles dedikeret forskningsmiljø. SDU ligger helt i top inden for fysikforskning i Norden, og vi er

verdensledende inden for forskning i teorier om, hvad universet består af, og hvordan det er opstået. SDUs forskere og astrofysiker Anja Andersen er undervisere på specialiseringen.

Mange karrieremuligheder

Specialiseringen i Astronomi giver dig undervisningskompetence i Astronomi, Fysik og evt. også Matematik i gymnasiet. Du får også karrieremuligheder i robotindustrien, finansverdenen, IT-branchen og andre områder, som arbejder med problemløsning på højt niveau.

Eller du kan vælge at blive forsker og være med til at gøre nye spændende opdagelser inden for de mange områder af universet, som stadig er ukendte. Endelig kan du arbejde med vidensformidling.

Læs mere om specialiseringen i Astronomi på sdu.dk/Fysik

Ansøgningsfrister: **Kvote 2:** 15. marts · **Kvote 1:** 5. juli

SDU

DET NATURVIDENSKABELIGE
FAKULTET



SMART STYRING AF VARMEREGNINGEN

I fremtiden vil flere og flere af vores boliger bliver opvarmet ved hjælp af varmepumper og elektricitet fra vindmøller. Det vil gøre det interessant at styre sit elforbrug hen mod tidspunkter på døgnet, hvor elprisen er lav – og det kan man opnå ved at udnytte boligens byggematerialer og inventar som “varmebatteri”.



Forfatteren Steffen Petersen er uddannet civilingeniør og har en ph.d. i bygnings indeklima- og energiforhold. Til dagligt er han lektor og leder af forskergruppen Indeklima og Energi på Institut for Ingeniørvidenskab på Aarhus Universitet. stp@eng.au.dk

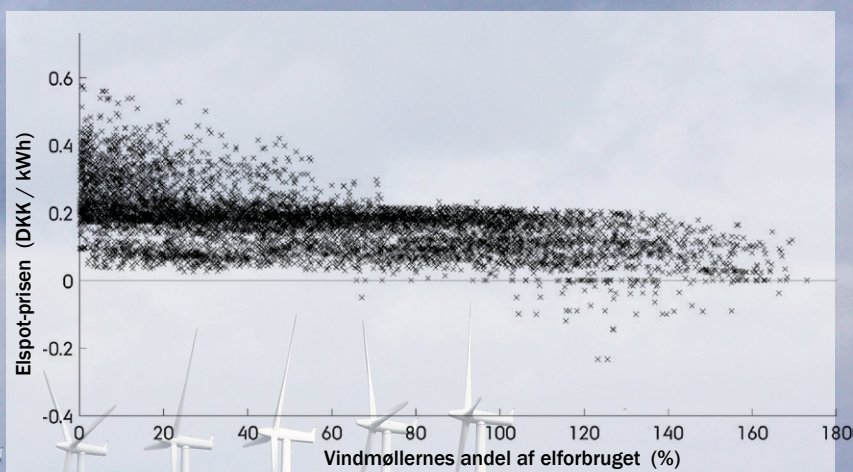
I nden for naturvidenskab er balance ofte en tilstand, man søger. Massebalance er for eksempel et vigtigt begreb i forbindelse med blandt andet kemiske processer; kraftbalance er et vigtigt begreb indenfor for eksempel aerodynamisk analyse af bygninger, vindmøller og andre konstruktioner; og energibalance (eller ligevægt) er et centralt begreb i termodyna-

mik. Denne søgen efter balance er også et vigtigt element i styringen af det danske samfunds energiproduktion. Her handler det at holde balancen især om forsyningsikkerhed. En høj forsyningsikkerhed kræver nemlig, at man er i stand til at holde en meget skarp balance mellem forsyning og efterspørgsel. I el-systemet handler det for eksempel helt konkret om at undgå, at den faktiske spændingsfrekvens (et

mål for elkvalitet) i nettet ikke afviger markant fra den ønskede. For kan man ikke holde balancen, så spændingsfrekvensen enten bliver for høj eller lav, fører det i værste fald til strømafbrydelse, som kan have store konsekvenser – tænk på hospitaler, trafik, og internettet uden strøm.

I Danmark har vi en elforsyningsikkerhed på mere end 99,99 %

Elprisen som funktion af andelen af vindenergi, der indgår i forbruget for Danmark vest for Storebælt (Data fra Nordpool, 2015). Her ses det, at elprisen til tider kan være negativ.



Fotos: Colourbox

svarende til, at du i gennemsnit vil opleve 25 minutter uden strøm om året. Det er værd at bemærke, at den tidlige skala i denne balance-ring opgøres med millisekunders nøjagtighed, og at den danske forsyningssikkerhed på el er meget imponerende i en international kontekst.

Omstilling af energiproduktion giver nye udfordringer

Traditionelt opnår man balance i energisystemer ved at styre forsyningen, så den matcher efterspørgslen. Det er i høj grad muligt i kraft af fossile brændsler – og for den sags skyld biobrændsler – der i sin grundform er en form for energilager. Dermed kan man blot “smide mere brænde på bålet” efter behov. Faktum er dog, at disse lagre ikke er vedvarende; de fossile brændsler vil løbe tør på et tidspunkt, og biobrændsel bliver en mere knap ressource. Derfor er vi i Danmark ved at omstille vores energiproduktion, så den er baseret på vedvarende energikilder, primært el fra vindproduktion. I dag er el fra vindmøller godt på vej til at dække 50 % af vores samlede elforbrug. Med tiden vil el-produktionen fra vind ikke kun dække vores almindelige

elforbrug, men også overtage store dele af fjernvarmeproduktionen via varmepumper. Vi får derfor i stigende grad varmeenergi som vinden blæser og ikke nødvendigvis, når der er efterspørgsel. Det betyder, at når andelen af vindenergi er lav, er prisen højere, da vi enten skal importere eller producere dyrere el for at opnå balancen. Men nogle gange producerer vi så meget vindenergi, at vi bliver betalt for at bruge den. Denne uforudsigelighed og usikkerhed i el-produktionen gør det alt andet lige sværere at balancere energisystemet gennem styring af forsyningskilder alene. Derfor skal man i stigende grad til at forholde sig til de muligheder, der ligger i at styre efterspørgselssiden af balancen.

Kan vi styre efterspørgsel på varme?

Styring af efterspørgsel på varme kan ske på forskellige måder, men opdeles ofte i permanente reduktioner af behov (for eksempel øget isolering af huse) og tidsbestemte reduktioner (for eksempel strategisk afbrud af forbrug på kritiske produktionstidspunkter). Hvad der er mest økonomisk effektivt afhænger af mange ting.

Man kan for eksempel reducere efterspørgslen ved at stille krav til isoleringsgraden af nye huse, hvilket man i stigende grad har gjort i Danmark siden energikriserne i 1970'erne. For bygninger er det i vid udstrækning økonomisk effektivt at investere i tiltag, der sparer på varmen, frem for at varme dem op eller køle dem efterfølgende. Når det gælder den ældre del af bygningsmassen, vil der stadig være potentiale for at finde sådanne rentable energibesparelser mange år frem. Til gengæld vil der ikke være så meget mere at hente på den konto i nybyggeri med de skærpede minimumskrav i bygningsreglementet.

I de senere år har det vist sig, at mere proaktiv styring af energiefterspørgsel, når bygningerne er i drift, kan udgøre et omkostnings-effektivt alternativ til styring af forsyningskilder. Udgangspunktet er ofte, at energiselskaber laver en prognose over deres energiproduktion for eksempel 24 timer frem i tiden. Ud fra denne prognose fastsættes der en pris per energienhed, som kan variere i tid. Denne pris er dermed et udtryk for tilgængeligheden af energi på et givet tidspunkt.

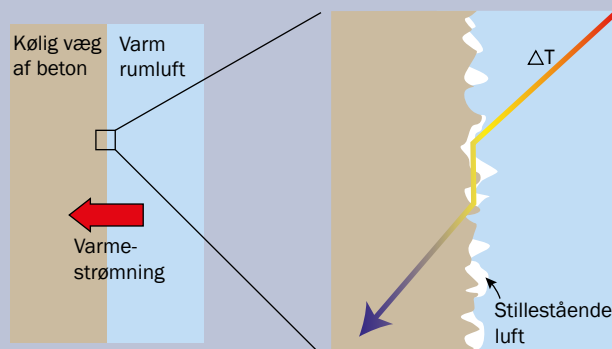
Princippet i “varmebatteriet”

Varmeakkumuleringssevnen for et materiale afhænger dels af materialets densitet, specifikke varmekapacitet og varmeledningsevne, og dels af lagtykkelse og periodelængden for varmepåvirkningen. Dertil kommer størrelsen på den såkaldte overgangsisolans mellem rumluften og materialet, som udgøres af et meget tyndt lag stillestående luft, som blokerer for varmeoverførelsen fra luften til materialet. I praksis kan varmeakkumulering og varmeoverførsel være påvirket af mange forskellige dynamiske fænomener som lufthastigheder og solindfald. Ser vi bort fra dynamiske påvirkninger, kan princippet, vi ønsker at udnytte til efterspørgsels-respons i bygninger, betragtes som følger:

$$Q = mc(T_{\text{efter}} - T_{\text{før}})$$

hvor m er massen af et materiale, c er specifik varmekapacitet, T_{efter} er den temperatur i massen, man ønsker, $T_{\text{før}}$ er den temperatur, massen har i sit udgangspunkt, og Q er den energi, der skal tilføres for at ændre massens temperatur fra sit udgangspunkt.

Da m , c , og $T_{\text{før}}$ er konstante, kan man ud fra ligningen se, at man ved at tilføje noget energi (Q) vil hæve T_{efter} . Det betyder, at hvis man hæver lufttemperaturen i et rum, og materialerne i rummet dermed bliver koldere end rumluften, vil man begynde at opvarme materialerne via luften. Hastigheden af denne opvarmningsproces sænkes af materialets varmeledningsevne og overgangsisolans. Ændrer man rumtemperaturen, så den bliver lavere end materialerne i rummet, vil processen



Ujævnheder i overfladen på et materiale betyder, at der her opstår et lag af stillestående (isolerende) luft, som udgør en lille termisk modstand mellem materialet og den omkringliggende luft. Det ses ved, at temperaturforskellen er nærmest konstant ved overfladen af væggen, inden den falder igen inde i den køligere væg.

vende sig om: Materialerne i rummet vil opvarme rumluften – igen med en forsinkelse grundet materialernes varmeledningsevne og overgangsisolans.

Tunge materialer såsom mursten og beton kan akkumulere større mængder varmeenergi end for eksempel træ. Der går simpelthen længere tid før mursten og beton opnår rumluftens temperatur, end det gør for træ. Derfor er det som udgangspunkt attraktivt for det omtalte styringskoncept, at rumluften står i fri forbindelse med bygningers tungere bestanddele, da det tillader længere perioder med ladning og afladning af “varmebatteriet”.

Et sådant prissignal kan sendes til efterspørgere af energi som incitament til at flytte deres energiforbrug til perioder med større tilgængelighed (lav energipris) frem for perioder med lav tilgængelighed (høj energipris).

Som sådan prøver man at udnytte en simpel markedskraft til at balancere energisystemet ved hjælp fra efterspørgerne – et princip, der mest kendt under det engelske udtryk “Demand Response” – altså “efterspørgsels-respons”.

Efterspørgsels-respons er i dag mest noget, man taler om på el-markedet, men samme type prissignal vil også kunne bruges til at anspore efterspørgsels-respons hos fjernvarmekunder – især hvis man antager, at fjernvarmen produceres med el via varmepumper.

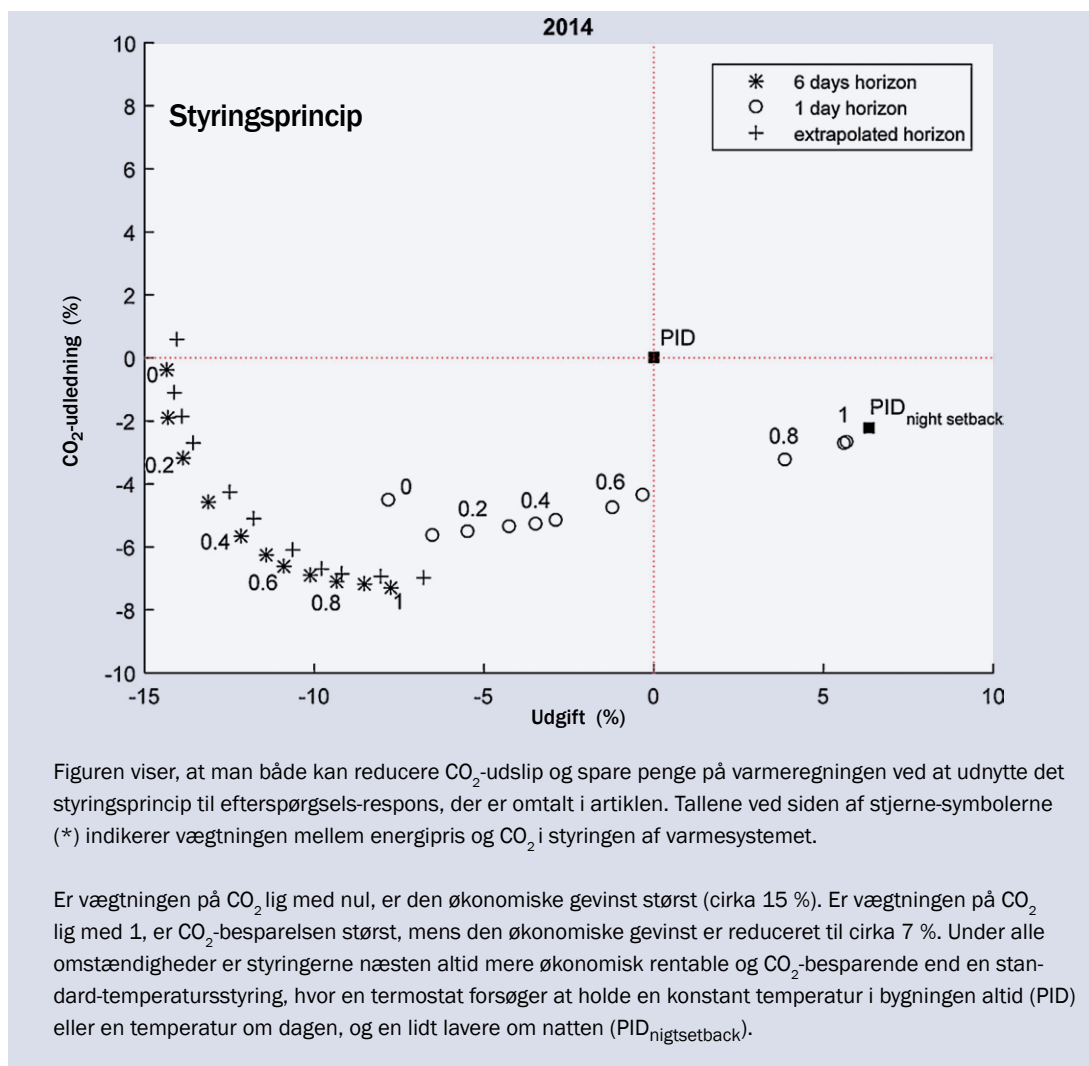
Bygningsmaterialer som varmebatteri

Set fra den enkelte forbrugers synspunkt vil en væsentlig betingelse for at omlægge sit energiforbrug være, at det ikke koster på komforten. Hvis man for eksempel bare slukker for varmen, når energiprisen er høj, kan det jo blive så koldt, at det ikke er behageligt at opholde sig i bygningen. Det er imidlertid muligt at undgå sådanne gener ved at varme bygningen en smule op med billig energi, før man slukker for varmen, når der er dyr energi. Det skyldes, at bygninger består af materialer, der med deres varmeakkumuleringssevne kan absorbere varme og frigive den igen.

På den måde fungerer bygningsmaterialer og inventar som en form for “varmebatteri”, som kan oplades og aflades med en vis tidsforskydning. Det forhold kan udnyttes til at

forberede en bygning på efterspørgsels-respons: Vi kan bruge mere energi på at hæve lufttemperaturen en smule – uden at det bliver ukomfortabelt – når energiprisen er lav, og derigennem oplade vores materialer med varme, hvorefter vi kan lade være med at tilføje energi til rumluften, når energiprisen er høj, og lade den akkumulerede varme i materialerne opvarme rummet i stedet.

Mine kolleger og jeg på Aarhus Universitet har gennem modelberegninger påvist, at denne form for styring af varmen i et hus potentielt kan øge energiforbruget med op til 15 %, men at det samtidig reducerer varmeregningen med op til 15 % i forhold til konventionel styring. Med andre ord: Brug mere energi og spar penge! Sagen er, at man bruger meget (men billig)



energi, når prisen er lav, og kun lidt (men dyr) energi, når prisen er høj. Lige så interessant er det, at man samtidig flytter energiforbruget væk fra de tidspunkter, hvor energiforsyningen har deres spidslast, det vil sige tidspunkter hvor energiselskaberne normalt har de største problemer med at følge med efterspørgslen. At reducere spidsbelastningen på denne måde kan også have en positiv samfundsøkonomisk effekt, da det betyder, at man ikke behøver investere helt så meget i forsyningsinfrastruktur.

Giver ikke nødvendigvis mere CO₂-udslip

Den opmærksomme læser tænker måske: "Skaber man ikke mere CO₂-udslip med et højere energiforbrug?" Svaret er: ikke nødvendigvis. Det afhænger meget af, hvor stor en andel af energien på

et givet tidspunkt, der kommer fra vedvarende kilder som vind og sol. Faktisk har det vist sig, at man ved hjælp af det styringsprincip, som jeg har forklaret i denne artikel, både kan reducere sit CO₂-udslip og opnå en besparelse, hvis man vil tage til takke med en lidt mindre økonomisk gevinst. Dermed giver styringsprincippet den enkelte forbruger muligheden for at vælge mellem at maksimere den økonomiske profit eller minimere CO₂-udslippet og spare lidt færre penge.

Gevinsterne opnås automatisk

Når udviklingen er færdig, vil hele den styring, jeg omtaler i artiklen, foregå ganske automatisk. Det kræver dog, at man har installeret den rette hardware i sit hus i form af radiator-termostater, styringen kan kommunikere med. Brugeren skal dog give styringen et input om,

hvilken temperatur man normalt finder passende. Nogle foretrækker omkring 20 °C, andre ønsker måske omkring 24 °C. Man skal også vælge, om man vil prioritere at spare penge og/eller CO₂. Dette skal man principielt kun forholde sig til én gang, så kører systemet (man kan dog altid justere parametrene, hvis man ændrer mening). Styringen vil derefter selv indhente vejrudsigter, energipriser og den data, der ellers skal til for at give brugeren den ønskede komfort med lavest mulige energiregning.

I min forskergruppe arbejder vi netop nu på projekter, der leder hen mod en sådan automation. Derudover udfører vi fysiske eksperimenter, der forhåbentligt vil bekræfte, at det er muligt at realisere de gevinster, som modelberegningerne stiller i udsigt. ■

HVAD ER MENINGEN MED VIDENSKAB?

Hvis man forsøger at menneskeliggøre naturvidenskaben ved at indføre formål og hensigter som drivende kræfter, undergraver man selve ideen med at bedrive naturvidenskab.

I artiklen *Hvad er meningen med livet?* (Aktuel Naturvidenskab nr. 6. 2017) skriver Jesper Hoffmeyer, at levende væsner »... dårligt lader sig forstå, uden at man medregner, at de på en eller anden måde er bestemt af et formål.«

Han forklarer, at dette formål er at overkomme mangler og dermed sikre egen overlevelse. Egenskaber, som definerer en skarp grænse til den fysiske, ikke-levende verden.

Forklaringer af denne type virker umiddelbart fornuftige, indlysende og taltalende. Det store spørgsmål er, om denne "forståelighed" skyldes naturens egen indretning, eller den skyldes indretningen af vores perception, vores fortolkende opfattelse af vores omgivelser.

Efter alt at dømme er vores hjerner gennem evolutionen udviklet til at gøre os velegnede til at gå på jagt, samle føde og fungere socialt med vores artsfæller. Til alle disse formål er det nødvendigt at være i stand til effektivt at aflæse andres planer og hensigter. Det gælder forudsigelser af både byttedyrs og fjendtlige rovdyrs adfærd. Og det gælder i særlig grad aflæsning af både stammefællers og fjendtlige stammers hensigter gennem kropssignaler, sprog og andre sociale ytringer. Vil den anden mig noget godt, eller er han en trussel? Kan jeg stole på hende, eller er hun ved

at snyde mig? Hvad forsøger den anden at opnå?

Denne fintmærkende evne til at aflæse hensigter og formålsrettet adfærd hos andre levende væsner er så veludviklet, at vi er tilbøjelige til at opfatte det som identisk med selve det at "forstå".

Forklaringer, der på denne måde henviser til formål eller hensigter, kaldes i filosofien for teleologiske forklaringer. De er dominerende indenfor megen psykologi, filosofi og politik. Teleologiske forklaringer er åbenlyst meningsfulde, når det drejer sig om sociale, selvbevidste individers adfærd (ikke kun *Homo sapiens*). Hvor der er et handlende subjekt, der kan gøre sig (måske blot vage) forestillinger om fremtiden, giver det god mening at tale om at forstå formål og hensigter.

Den teleologiske forklaringsmåde er også grundpillen i Hoffmeyers biosemiotik. Der må nødvendigvis være en afsender med et mål eller en hensigt, hvis det skal give mening at tale om tegn med en betydning, der rækker ud over deres fysisk-kemiske egenskaber.

Opskriften på mere objektiv viden

Vores spontane tendens til teleologiske forklaringer kan dog være forførende og bedragerisk. Vi er nemlig stærkt tilbøjelige til også at aflæse formål og hensigter, hvor

der ikke er nogen. Naturvidenskabernes spæde barndom er fuld af forklaringer af typen: Stenen falder til jorden, fordi den længes tilbage til sin oprindelse. Solen, månen og stjernerne kredser omkring jorden for at kunne skinne på den. Giraffen har fået sin lange hals, fordi den gerne vil kunne nå de øverste blade på træerne. Naturen stræber efter økologisk balance.

Alle store gennembrud i naturvidenskaben er sket gennem en frigørelse fra gængse teleologiske forklaringer. Når man giver afkald på at forklare et naturfænomen ud fra et subjekts ønsker og hensigter, er man henvist til at konstruere teorier, hvor begreber og processer får sammenhæng og mening gennem deres indbyrdes logiske relationer og ikke gennem forestillingen om et subjekt, der længes og stræber.

Med et afmytologiseret, matematisk-logisk formuleret begreb om tyngdekraft er man i stand til at udarbejde yderst detaljerede beskrivelser af tyngdekraftens effekter på legemer i bevægelse. For eksempel en nøjagtig beskrivelse af banen for en raket på vej til månen.

Vi kan også beskrive evolutionens virkemåder og effekter yderst detaljeret, uden at vi behøver nogen til at ønske det eller styre det. De logiske relationer mellem overskud af afkom, tilfældig variation i arvelige egenskaber hos afkom og selektiv



Forfatteren
Troels Holm er
cand. scient., biolog,
formidler og underviser,
nu pensionist
mail@troelsholm.dk



Kan videnskab og "mening" forenes, uden at det undergraver den biologiske forskning?
Tegning: Bo Michelsen.

dødelighed blandt afkom er nok til at drive evolutionen frem som en logisk nødvendighed uden mål eller formål. Det kan beskrives som en uafvendelig logisk proces uden noget subjekt.

Denne hensigtsløse forklaringsmåde er kernen i al god naturvidenskab. Ikke kun fysik. Det er opskriften på mere objektiv viden.

Naturvidenskaberne kan tilbyde en effektiv og præcis forståelse af mange af naturens mekanismer, fordi man har haft succes med at frigøre forklaringerne fra vores spontane psykologiske, ideologiske eller mytologiske forestillinger af teleologisk karakter.

Men det har sin pris: Disse beskrivelser og forklaringer giver ingen "mening" i almindelig psykologisk forstand. Den objektive, naturvidenskabelige forestillingsverden er gold og umenneskelig, uden begribelig mening og formål. Kvantefysikken

strider mod enhver sund fornuft. Almindelig erfaring siger os, at der må have været noget før "The Big Bang". Og det er en hån mod vores forfængelige selvforståelse at skulle acceptere, at livet bare opstod gradvist ud fra død biokemi på et egnet substrat med konstant energitilførsel.

Hold videnskab og "mening" adskilt

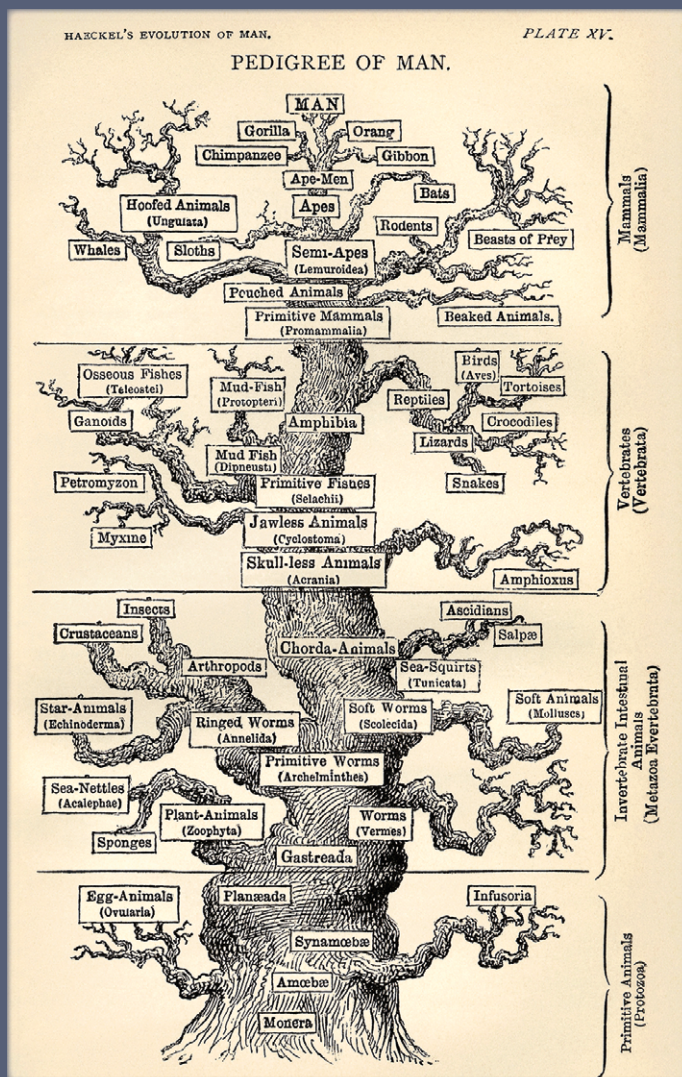
Naturvidenskaben er psykologisk utilfredsstillende i den forstand, at den ikke ligger inde med "sandheden" om livet og dermed heller ikke forklarer meningen med livet. Den kan ikke hjælpe os i vores søgen efter moralske eller politiske værdier. Hvad den kan tilbyde er kyniske, videnskabelige sandheder (i bedste fald). Det vil sige forklaringer og teorier, som er af videnskabelig værdi, og det skal man i mange tilfælde være forsker inden for feltet for at kunne vurdere og påskønne. Som oftest mærker vi blot effekterne af den teknologiske udnyttelse af

videnskabernes resultater, på godt og ondt. De gennemsyrrer vores dagligdag.

Jesper Hoffmeyer (JH) forstår og accepterer, at det er sådan, fysikken og kemien er indrettet, men han kan ikke affinde sig med en biologisk videnskab, der er udviklet på samme præmisser.

Han forsøger derfor at gøre den biologiske videnskab menneskelig og meningsfuld ved at præsentere biosemiotikken som den nye disciplin, der skal supplere og videreudvikle biologien. Den skal få videnskaben til at "føles bedre og mere rigtigt". Men den indbyggede teleologiske logik kommer til at underminere selve den videnskabelige basis for faget.

Vores medfødte behov for intuitiv forståelse og mening må tilgodeses af andre brancher end naturvidenskaben. Der er nok at vælge imellem. Masser af berømte naturviden-



Menneskets stamtræ tegnet af den tyske naturforsker og filosof Ernst Haeckel i 1874.

Når evolutionen skal visualiseres, er der en lang tradition for, at formidlere afbilder dyrerigets arter som grene på et træ. Selv om alle nulevende arter har haft succes med at tilpasse sig miljøets omskiftelser, og således alle er velegnede til overlevelse, så foretager vi spontant samtidig en anden rangordning.

Idet vi går ud fra, at evolutionen må have et formål, antager vi, at vi selv og vores åndelige kapacitet må være det højeste formål. De lavere ånder placeres derfor i bunden nær rødderne, som om de blot var en slags tilføje eller forøvelser, og mennesket troner alene i toppen som slutresultatet.

Biologen Stephen Jay Gould har i bogen *Wonderful Life* (1989) beskrevet, hvordan vores behov for at tro, at vi selv er det indbyggede mål for evolutionen, forvrænger vores syn på andre arter og deres udvikling. Det førte f. eks. til en total fejltolkning af de tidligste fossiler fra Burgess Shale formationen.

Han skriver: »Vi har taget disse symboler på evolutionen til os, fordi de giver næring til vores håb om en indre mening, som vi forstår den.« (...)

»Men, som Freud observerede, vil vores relation til naturvidenskab være modsætningsfyldt, fordi vi er tvunget til at betale en næsten ubærlig pris for hvert større fremskridt indenfor viden og teknologi – nemlig den psykologiske omkostning ved bestandigt at blive afsat fra tronen som altings centrum og finde os selv forvist til en mere og mere marginal placering i et indifferent univers.« (...)

»Vi kan måske fortsætte med at finde kosmisk lindring ved at læse livets historie i et forvrænget lys.«

Stephen Jay Gould's bog *Wonderful Life* er oversat til dansk og udgivet med titlen: *Forunderlige liv. Om skabelsens tilfældighed og livets uforudsigelige udvikling*. Gyldendal, 1991.

Oversættelserne til citaterne i boksen er dog Troels Holms egne.

skabsmænd og -kvinder har været dybt moralske eller religiøse, men har samtidig forstået, at der skulle en anden tænke måde til i deres videnskabelige arbejde. De har holdt videnskab og "mening" adskilt, ofte med forbløffende effektivitet.

Dyrk biosemiotik som en ægte humanistisk disciplin

Som mange andre filosofisk og humanistisk baserede "forbedringer" af naturvidenskaben, der er lanceret gennem tiderne, opnår JH intet andet end at af-objektivisere sit fag. Så bliver biologien til endnu en ideologisk eller filosofisk tankeøvelse, hvor alle muligheder står åbne.

JH flirter selv åbenlyst med den mulighed, at meningen med evolutionen måske er, at der skulle opstå en menneskelig bevidsthed! Når man tænker på, hvordan den menneskelige selvbevidsthed for tiden er i færd med at underminere hele klodens biologiske eksistensgrundlag, kunne man mene, at de første organismers stræben har vist sig at være mere selvmordrisk end åndrig. Når DNA-molekyler og encellede organismer anskues som stræbende væsner, der udvikles ved at kompensere for deres savn og mangler, er der ingen logiske grænser for, hvor højtsvævende forestillinger, man kan gøre sig. Og der er ingen metoder til at

kontrollere deres troværdighed.

Hvis biosemiotikken skal give mening, tror jeg, at man skal gå den modsatte vej: Frigøre den fra naturvidenskabernes irriterende umenneskelighed og dyrke den som en ægte humanistisk disciplin.

JH's teleologiske filosofien er tillokkende, fordi den tilfredsstiller vores naturlige behov for at se en mening med alting. Intet galt i at dyrke det. Men det vil være undergravende for den biologiske forskning at begynde at bruge biosemiotikken som en forbedring, der skal redde naturvidenskaben fra sig selv.

MAKE IT REAL

Mathias arbejder med terahertz-spektroskopi, der i fremtiden kan forbedre sikkerhedskontrollen i lufthavne og advare soldater om vejsidebomber.

MATHIAS HEDEGAARD KRISTENSEN, KANDIDAT I FYSIK

Med afsæt i gruppearbejde og problembaserede projekter med autentiske udfordringer bliver du undervist lige der, hvor teori og praksis mødes og er med til at flytte, forundre og forandre. Både dig og verden. AAU bringer dig derfor tættere på den virkelige verden. Og på et attraktivt job.

FÅ MERE AT VIDE OM MATHIAS' UDDANNELSE PÅ [SCIENCE.AAU.DK](https://science.aau.dk)



AALBORG UNIVERSITET
AALBORG ESBJERG KØBENHAVN

MODELVALG OG ANSVAR

Matematiske modeller er et uundværligt redskab, når matematik skal bruges til at beskrive verden. Men konstruktionen af modeller fører ofte til en række videnskabsteoretiske spørgsmål.

Forfatterne



Mikkel Willum Johansen er lektor ved Sektionen for Videnskabsteori og Videnskabshistorie ved Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Hans forskning og undervisning ligger inden for videnskabsteori og etik med særligt fokus på matematikkens videnskabsteori. mwj@ind.ku.dk



Henrik Kragh Sørensen er professor MSO samme sted. Hans forskning ligger inden for videnskabshistorie og videnskabsteori med særligt fokus på matematikkens historie efter 1800. henrik.kragh@ind.ku.dk

Det er ikke så let, som man måske skulle tro, at lave en matematisk model. Når man opstiller og udbygger modellen, skal man typisk træffe en række valg, der kan påvirke modellens konklusioner. Og selv om man gør sig umage, kan man aldrig sige, at en model er sand i den forstand, at den er en 1:1-afspejling af grundlæggende træk ved virkeligheden. Det stiller både modelkonstruktører og brugere af den viden, som modellerne frembringer, i interessante videnskabsteoretiske og etiske dilemmaer.

For at illustrere problemstillingen, vil vi tage udgangspunkt i et tænkt eksempel. Forestil dig, at du skal forudsige, hvor mange alvorlige skader, der kunne undgås, hvis alle cyklister brugte cykelhjelme. Det spørgsmål kan angribes med mange metoder, men her tænker vi, at vi laver en simpel matematisk model, hvor vi på baggrund af kendte data får beskrevet antal skader som en funktion af antal cykelhjelme. Det lyder ligetil, men inden vi kan gå i gang, er vi nødt til at foretage en række grundlæggende valg. For eksempel skal vi beslutte, hvordan en "alvorlig skade", en "cyklist" og "at køre med cykelhjelme" præcist skal defineres. Er en let hjernerystelse en "alvorlig" skade, og skal vi fokusere på hovedskader eller for eksempel også tage brækkede håndled med? Og er et børnehavsbarn på en trehjulet cykel cyklist, eller vil vi hellere se på bestemte grupper som cykelpendlere? Vi skal

også vælge, hvordan vi matematisk vil behandle og præsentere data. Skal vi for eksempel fokusere på den enkeltes risiko for at komme til skade, eller skal vi se på cykelhjelmenes effekt på det samlede antal (hoved)skader og deraf følgende sundhedsøkonomiske konsekvenser? Vi skal også gøre os klart, at vi med vores metode kun kan vise en eventuel statistisk sammenhæng mellem cykelhjelme og uheld, og ikke en direkte årsagssammenhæng. Det skal vi huske i vores konklusion. Og endelig skal vi overveje, hvilke data vi kan få adgang til. Det er ikke sikkert, at der findes statistik på hvor mange cyklister, der har brækket håndled, så alene af den grund vil nogle af vores modelvalg blive påvirkede af pragmatiske overvejelser. Men hvornår skal vi tage de pragmatiske løsninger, og hvornår skal vi lade være?

Kunsten at teste en model

Som eksemplet illustrerer, kan man ikke lave en matematisk model uden at tage en række beslutninger undervejs: Det område, modellen udtaler sig om (genstandsfeltet), skal afgrænses og struktureres, vage begreber skal præciseres, nye begreber skal defineres, og endelig skal der indføres passende forsimplinger og idealiseringer for at få matematik og virkelighed til at mødes.

Man skal også beslutte, hvilken form for matematik man vil bringe i spil. Og endelig skal de matematiske resultater fortolkes, så de giver

et udsagn eller en forudsigtelse om virkeligheden, der svarer på de spørgsmål, der i første omgang fik os til at bygge modellen. Og typisk skal hele processen gentages flere gange, fordi man finder ud af, at de resultater, modellen giver, er så langt fra virkeligheden, at nogle af de valg, man har foretaget, må have været uhensigtsmæssige. Typisk vil man teste modellen ved at sammenligne dens forudsigelser med historiske data. I eksemplet med cykelhjelmene giver det ikke rigtig mening, da modellen jo netop bygger på historiske data, men man kunne så sammenligne med resultater fra andre metoder, reservere visse historiske data til validering, eller simpelthen vente fem år og se, om modellens forudsigelser passer.

Man skal dog være forsigtig med at overdrive betydningen af den slags tests. Selv om en model stemmer perfekt overens med kendte data, kan man ikke sige, at modellen er "sand" i den forstand, at den er en korrekt afspejling af grundlæggende træk ved virkeligheden. Der er som minimum to problemer: For det første er der det såkaldte *induktionsproblem*, som grunder i, at det ikke er sikkert, at de data, man har testet modellen med, er repræsentative for det, man ønsker at sige noget om. I vores eksempel vil det for eksempel være relevant at overveje, om det segment af befolkningen, der indtil videre er begyndt at køre med hjelm, er repræsentativt for resten af populationen af cyklister. Hvis det for eksempel kun var

Indsamling af data om sammenhæng mellem brug af cykelhjelme og forskellige skadestyper kunne fx resultere i en tabel som denne:

Frekvens af cykelhelme (konstruerede data)

Skadestyper	Kendt data			Modelforudsigelser							
	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Hovedskade	400	380	360	320	280	240	200	160	120	80	40
Nakkeskade	20	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Alle skader	920	915	910	900	890	880	870	860	850	840	830

særligt udsatte cyklister, der hidtil har taget hjelmen til sig, ville effekten af, at alle begyndte at køre med hjelm, være langt mindre, end vores model måske ville forudse.

For det andet står man over for det såkaldte *underbestemthedsproblem*, der består i, at der i princippet vil være uendelig mange modeller, der beskriver de kendte data lige godt. Så selv om den model, vi har lavet, beskriver alle kendte data perfekt, kan vi ikke være sikre på, at netop vores model er den rigtige. Det kunne lige så godt være en anden model, og den ville måske føre til andre konklusioner. Af de grunde kan man aldrig sige, at en model er rigtig eller sand i en stærk forstand af ordet. Det højeste, man kan sige, er, at en model er *empirisk adækvat*, det vil sige at den (med angivne tilnærmelser) stemmer overens med de kendte data. Med andre ord vedbliver der altid at være forskel på model og virkelighed, og man må ikke forveksle de to.

Fra erkendelse til etik

I videnskabsteorien bruger man ordet "erkendelsesteori" til at beskrive læren om, hvordan vi ved det, vi ved. Det, vi har beskrevet ovenfor, kan altså betegnes som nogle af de erkendelsesteoretiske aspekter ved matematiske modeller: En matematisk model kan give vigtig viden, som man ofte ikke kan opnå ad anden vej; men man skal være klar over, at kvaliteten af den viden kan variere kraftigt og til dels

afhænger af de valg, modelkonstruktøren bevidst eller ubevidst har foretaget. Det er væsentligt at være opmærksom på den slags erkendelsesteoretiske problemstillinger, når man beslutter, hvor meget vægt man vil lægge på en bestemt information, og derfor hører erkendelsesteoretiske overvejelser med til den sunde, kritiske og dannede vurdering af modellers brug. Men det er interessant og nogle gange overset, at erkendelsesteoretiske problemstillinger også kan lede til etiske problemstillinger, specielt for de forskere, der laver modellerne. Resultaterne af en model kan have vidtrækkende konsekvenser, og for så vidt resultaterne afhænger af valg, modelkonstruktøren har foretaget, er det relevant at overveje, om modelkonstruktøren har pådraget sig et etisk ansvar for disse valg, og hvordan dette ansvar i så fald skal løftes.

I eksemplet med cykelhjelme kan vi for eksempel forestille os, at vi kan indsamle tal for henholdsvis antallet af hovedskader og nakkeskader, og et totalt antal skader fra forskellige tidspunkter i fortiden, hvorom vi også kender den gennemsnitlige udbredelse af brugen af cykelhjelme. Ud fra disse tal kan det være, at der viser sig en antydning af en lineær fremskrivning, sådan at vi også kan sige noget om, hvad der vil ske med antallet af de forskellige skader, hvis brugen af cykelhjelme blev endnu mere udbredt. Tallene kan for eksempel vise, at selvom antallet

af hovedskader falder med større udbredelse af cykelhjelme, så stiger antallet af nakkeskader måske, og det totale antal af skader falder, men ikke så hurtigt som antallet af hovedskader (se tabel).

Inden vi går videre, skal vi gøre os klart, at når vi indsamler tal på denne måde, kan de kun vise en statistisk sammenhæng – en korrelation – mellem cykelhjelme og skader. Statistikken alene fortæller os ikke, om faldet i skader skyldes cykelhjelme eller noget helt andet – måske at der er færre, der kører på cykel, eller bilerne har fået bedre bremses eller noget helt tredje. Men lad os se bort fra dette vigtige problem og i stedet fokusere på, hvordan vi skal fortolke de forudsigelser, som vores model har givet. Tallene stiller os nemlig i et dilemma. Det er klart, at valget af skadestype vil fremstille effekten af cykelhjelme meget forskelligt: Hvis vi vælger at fokusere på hovedskader, vil det se ud som om effekten er stor; hvis vi kigger på samtlige skader, er effekten lille; og ser vi isoleret på nakkeskader, er hjelme lettere skadelige. På den anden side er det ikke klart, at den ene måde at gøre tingene op på er mere rigtig end den anden. Så hvad gør vi?

En klassisk konflikt

Fra et etisk synspunkt står vi nu i en klassisk konflikt mellem hensynet til det fælles bedste og hensynet til den enkeltes autonomi. Ifølge nytteetikken (se boks) er den moralsk rigtige handling den, der øger den

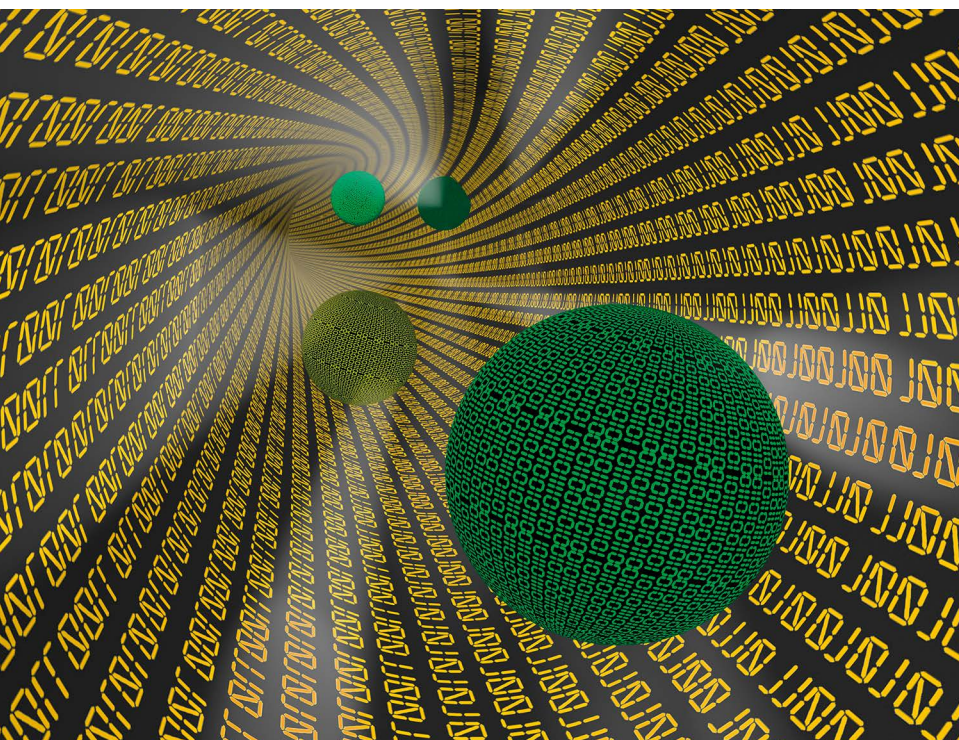
samlede nytte i samfundet mest muligt. Så fra et nytteetisk synspunkt kunne man argumentere for, at vi bør fremhæve de positive sider ved at bruge cykelhjelme. Hjelmen har jo tilsyneladende en positiv effekt (omend vi ikke kan være helt sikre på, at hjelmen er årsag til de ændringer, vi ser), så har vi ikke en etisk forpligtelse til at konstruere vores model, så den overbeviser så mange som muligt til at køre med hjelm?

Nu er der en del kendte problemer forbundet med nytteetikken. For det første er det sjældent klart, præcist hvilke konsekvenser en handling vil have. Hvis vi for eksempel valgte at

fremstille cykelhelme i et positivt lys, kunne det have den positive effekt, at flere bruger hjelme; men hvis vores kalkulerende valg blev afsløret, kunne det også have den negative effekt, at folk mistede tillid til videnskaben. For det andet kan nytteetikken kritiseres for sit entydige fokus på nytte, og andre teorier som pligtetik påpeger, at vores valg bør afspejle en bredere vifte af etiske værdier. I det her behandlede eksempel kunne en værdi som autonomi for eksempel komme i spil: Hvis vi manipulerer folk til at køre med cykelhjelme, er det meget muligt, at vi redder dem fra en skade, men samtidig tilsidesætter vi deres mulighed for at træffe selv-

stændige beslutninger på et oplyst grundlag. Hvis vi vil tage hensyn til og respektere andre individers autonomi, kan vi ikke tillade os at "nudge" dem til at træffe bestemte valg. Det er vigtigt, at vi er klar over disse dilemmaer og er åbne omkring de valg, vi træffer.

I praksis er det dog ikke kun op til den enkelte modelkonstruktør at vælge, hvordan modellen skal konstrueres. Hvis der er interesse om forskningsfeltet, vil der ofte være debat om, hvordan man bedst muligt undersøger spørgsmål inden for området. Og hvis matematiske modeller spiller en central rolle, vil de forskellige antagelser og valg, der tages i modelleringsprocessen, være genstand for diskussion og måske ligefrem kontrovers. Tænk her på de heftige debatter om, hvordan man bedst modellerer klimaet. Selv om man ikke kan udpege én model som den sande model, kan det godt vise sig, at visse valg er mindre hensigtsmæssige eller mere vildledende end andre. Der er derfor en oplagt, omend ofte mindre iøjnefaldende, social komponent i modellering, idet en model sjældent udelukkende er et udtryk for en enkelt forskers subjektive valg. Ofte vil modellen udtrykke en kollektiv proces, hvor man igennem længere tid og flere forsøg diskuterer sig frem til, hvilke valg, der vil være de rigtige at tage i en given situation. Konstruktionen af matematiske modeller minder her på mange måder om den proces, vi generelt ser i (natur) videnskabernes udvikling.



Etiske positioner

To af de mest indflydelsesrige etiske teorier er *nytteetik* og *pligtetik*. Nytteetikken blev i sin moderne form grundlagt af Jeremy Bentham (1748-1832) og John Stuart Mill (1806-1873). Den grundlæggende tanke i nytteetikken er, at den etisk rigtige handling i en situation er den handling, der vil føre til størst mulig nytte (eller lykke) hos de implicerede parter. Pligtetikken er i sin moderne form primært formuleret af den tyske filosof Immanuel Kant (1724-1804). Kant hævdede bl.a. at man aldrig må bruge et andet menneske udelukkende som et middel til at opnå et mål. Det medfører bl.a. at man skal respektere andres autonomi, og at man ikke må lyve for andre eller skade dem mod deres vilje, heller ikke selv om det kan have gavnlige konsekvenser for samfundet som sådan.

Hvad sponsoren ønsker...

Lad os til sidst ændre scenariet en lille smule. Lad os sige, at modellen var et bestillingsarbejde, og at vores sponsor var interesseret i, at modellen viste, at flere cykelhelme ville føre til færre hovedskader. Undersøgelser fra fødevarerforskning og medicinsk forskning har vist, at forskere både bevidst og ubevidst lader ønsker hos dem, der betaler for forskningen, påvirke både metodevalg og fortolkning af resultaterne. Det etiske spørgsmål er så:

Bør vi lade det ske, eller har vi en etisk forpligtelse til at se bort fra arbejdsgiverens interesser, uanset hvilke konsekvenser det måtte have for os? Umiddelbart lyder det som et simpelt spørgsmål: Selvfølgelig må det etisk set rigtige være at sige sandheden, uanset hvad en sponsor ønsker. Men i praksis er det ikke helt så let. For det første er det ikke helt klart, hvad sandheden er. Som vi har set, vil der i en modelleringsproces ofte være tale om egentlige valg, hvor der ikke er et entydigt rigtigt svar. Så hvis en arbejdsgiver specifikt ønsker en model for sammenhængen mellem hovedskader og cykelhelme, er det svært at argumentere for, at man ikke skulle give ham det, også selv om man fra et fagligt synspunkt synes det vil være mere korrekt at inddrage andre skadestyper også.

For det andet kan man diskutere, om det nu også bør være den enkelte forsker, der bærer ansvaret. Det er klart, at det kan have alvorlige følger for en forsker, hvis hun næg-

ter at følge en sponsors ønsker eller måske bliver whistleblower og fortæller om det pres, hun har været udsat for. Så her står vi i en konflikt mellem hensynet til almenvellet og beskyttelsen af den enkelte forsker: Kan vi kræve, at en forsker ofrer sig og sætter sin karriere på spil for almenvellets skyld? Det er ikke et simpelt spørgsmål at svare på, men det er interessant, at man blandt andet i de nye danske retningslinjer for ansvarlig forskningspraksis har lagt en del af ansvaret over på forskningsinstitutionerne. Ifølge §3.2 i den nyligt udkomne *Danish Code of Conduct for Research Integrity* er universiteterne således forpligtede til at skabe et miljø, der fremmer ærlighed og transparens, og til at sikre, at eksterne sponsorer respekterer forskernes pligt til at være ærlige og transparente.

Modeller, viden og etik

Flere af de diskussioner, vi har set her, er ikke unikke for modeller, men når det er værd at beskæftige sig specifikt med matematiske

modeller skyldes det, at modellerne spiller en central rolle i mange samfundsmæssige beslutninger. Det er derfor vigtigt, at man som modelkonstruktør forstår de etiske dilemmaer, man kan blive sat i, og at man som bruger af modellerne (og borger i landet) forstår deres erkendelsesteoretiske status. Det, at forstå matematiske modellers erkendelsesteoretiske status og at forstå, hvordan man kan kritisere dem, er derfor en del af den almenne, kritiske dannelse.

Modellen, vi har brugt som eksempel, er ekstremt simpel, men de virkelige modeller er ofte så komplekse, at det kræver ekspertviden både for at bygge og for at kritisere dem. Den ekspertviden kan handle om området, der modelleres, men den kan lige så vel angå den matematiske konstruktion af modellen – eller begge dele. Men for at omgå dette kan man vælge at diskutere simplificerede modeller eller behandle autentiske, historiske eksempler. ■

Yderligere læsning

Se mere om matematiske modeller og andre videnskabsteoretiske aspekter af matematik i M. W. Johansen & H. K. Sørensen (2014): *Invitation til matematikkens videnskabsteori*. København: Samfundslitteratur.

For et eksempel på en autentisk modelbygning omkring logistisk vækst, se Danielsen, K. & Sørensen, H.K. (2014): *Vækst i nationens tjeneste*. København: Matematiklærereforeningen.

Cases til videnskabsteori

I det næste år vil vi præsentere læserne for videnskabsteoretiske aspekter af alle de naturvidenskabelige gymnasiefag. Vi tager udgangspunkt i cases, som vi på Institut for Naturfagernes Didaktik bruger i vores undervisning i videnskabsteori og etik på bacheloruddannelser ved SCIENCE på Københavns Universitet.

SKAL DINE ELEVER PRØVE AT VÆRE INGENIØRSTUDERENDE FOR EN DAG?

Din elev følger en af vores ingeniørstuderende gennem en hel dag, deltager i undervisningen og i projektarbejdet. Eleven får en rundvisning på Det Tekniske Fakultet, ser laboratorier og vores andre spændende, innovative faciliteter. Dagen giver et indblik i at studere på ingeniøruddannelserne, og eleven får mulighed for at spørge vores studerende om alt fra det faglige til det sociale.

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

Eleven laver selv besøgsaftalen. Studerende for en dag afholdes i februar-maj og september-december.

Mere information og tilmelding:

www.sdu.dk/tek/studerendeforendag

Find vores forskellige ingeniøruddannelser på:

www.sdu.dk/ing

Kontakt:

Tlf. 6550 7444 eller brobygning@tek.sdu.dk

HUSK OGSÅ! Electronics-studerende for en dag: Arrangement den 10. april 2018 i Sønderborg, hvor man besøger de nye uddannelser Civilingeniør- og Diplomingeniør i Electronics.

Mere information og tilmelding:

www.sdu.dk/da/electronicstuderendeforendag



BOG

Naturhistorier fra bæk og å

Anmeldt af Bent Nielsen, ferskvandsbiolog og pensioneret underviser. biobent@gmail.com

I Naturhistorier fra bæk og å har Bent Lauge Madsen leveret herlige fortællinger om det rindende vands fauna og om betydningsfulde danske og udenlandske forskere, der har kastet lys over det fantastiske liv, der udfolder sig under vandoverfladen. Han har lagt vægt på også at beskrive de metoder, der har været nødvendige for at nå frem til resultaterne. Selv har han gennem en menneskealder været en meget nysgerrig og opfindsom udforsker. Han fortæller levende om, hvordan han er blevet inspireret til at konstruere – ofte enkle – apparater, der gennem eksperimenter kunne underbygge eller forkaste de tanker, han på forhånd gjorde sig. Og så er bogen rigt illustreret af smukke fotos, beskrivende tegninger og enkle grafiske fremstillinger af forsøgsresultater.

Men lad det være sagt med det samme: Det er ikke ferielektüre. Alene bogens vægt gør det, og så har bogen ikke samme prosaagtige tilgang til stoffet, som har gjort Dave Goulsons *Humlen ved det hele* til en bestseller. Denne bog nydes bedst i mindre portioner. Nok også bedst, hvis man er lidt nørdet med forskning og (ferskvands)biologi. Ikke desto mindre er der tale om en dejlig samling af fortællinger fra en af vandløbslovens fædre, der har sikret, at de danske vandløb i dag er i stadig bedring, både hvad angår vandkvalitet og fysisk udformning. Flere og flere vandløb slippes fri af de kvælende cementrør og lægges tilbage i gamle folder. Det kan Bent Lauge Madsen tage en stor del af æren for. Her fristes jeg til at

Naturhistorier fra bæk og å
BENT LAUGE MADSEN



FAKTA

Bent Lauge Madsen: *Naturhistorier fra bæk og å*.

Forlaget Epsilon 2017. 360 sider, 365 kr.

fortælle en lille selvoplevet historie, som jeg har brugt i undervisningen til at illustrere, hvor forskelligt man kan se på sagerne. En forstmand fortalte mig en gang, at han kun kunne anbefale at rette vandløb ud. »Ørreder kan vel lige som os bedst lide at køre på motorvej, ikke?«!

Hvorfor spise en vandkalv?

Bogen er inddelt i 6 kapitler, men om en historie bliver fortalt i det ene eller det andet kapitel er ikke altid lysende klart. Det rådes der bod på med præcise krydshenvisninger. Det gode stikordsregister er guld værd, når man ikke lige kan huske, hvor man havde læst om et eller andet. Og så er Bent Lauge Madsen rigtig god til at forklare betydningen af de ofte svære latinske navne på kræene og til at medtage de danske navne.

Ikke alle fortællinger er fortalt til ende. Bent Lauge Madsen har en gang spist en vandkalv. »Det gør jeg aldrig mere«, skriver han på s. 325. Så kommer en spændende fortælling om, hvilke gift- og rensekemikalier vandkalvene har "opfundet", og at det nok er på grund af dem, han ikke spiser vandkalve

igen. Jeg savner en forklaring på, hvorfor han overhovedet fandt på at spise den, hvordan den smagte, og hvordan han fik det efterfølgende. Jeg mangler også en forklaring på, hvorfor han kalder al insektafkom for "larver", uanset om de har fuldstændig eller ufuldstændig forvandling. Eneste bemærkning om dette står på side 240 om Isslørvingens afkom: »Larverne, eller nymferne, som nogen kalder dem, ...«. Jeg har altid gjort en dyd ud af forklare forskellen. Men Bent Lauge Madsen har sikkert en god grund til ikke at skelne. Den ville jeg gerne være indviet i. Ud over at ordet "vandnymfenymfe" er et forfærdeligt ord, som man på denne måde undgår at skulle bruge.

Fascination der smitter

Skal jeg komme med et par andre kritiske bemærkninger, savner jeg ofte størrelsesangivelser på figurerne. Og min egen lille idiosynkrasi: Det er ikke ligegyldigt, om man bruger ordet immun eller resistent om modstandsdygtighed (s. 342). Journalister lærer det aldrig, men en biolog må vide, at en dafnie ikke kan være immun, da den ikke har et tillært immunsystem.

Selvom bogen ikke er en undervisningsbog, kan jeg kun anbefale biologilærere, der savner gode historier til undervisningen, og andre naturinteresserede "nørder" at fordybe sig i bogen. Selv har jeg nydt det meget. Som underviser havde jeg næsten glemt den fascination og nysgerrighed, der driver den sunde forskning. Bent Lauge Madsen har stadig disse egenskaber i behold her oppe i årene, og han forstår at få fascinationen til at smitte. ■

SERVICE



FAKTA

Scott Kelly: Ekspeditionen. Et år i rummet – mit livs opdagelsesrejse. Don Max 2018, 416 sider, 300,- kr.

Søren Jensen:
Mine erindringer fra
miljøkemiens begyndelse
Redigert af Anders Petersen



FAKTA

Søren Jensen: Mine erindringer fra miljøkemiens begyndelse. Historisk-kemiske skrifter nr. 22. 116 sider, 50,- kr.

Damhus, T., Hansen, P.E., Knudsen, C.B. & Petersen, A. (red.): Molekylspektroskopi – et stykke dansk kemihistorie. Historisk-kemiske skrifter nr. 23. 296 sider, 100,- kr.



Ekspeditionen

Astronauten Scott Kelly tilbragte rekordlange 340 dage på Den Internationale Rumstation ISS og er en af rumfartens absolutte veteraner. I denne erindringsbog fortæller Scott Kelly om sin utraditionelle vej til astronautkarrieren, sit livs hurdler og om sin store ekspedition – som den danske astronaut Andreas Mogensen også var en del af.

Nye bøger om kemihistorie

For de særligt kemiinteresserede har Dansk Selskab for Historisk Kemi for nylig udgivet to bøger i deres skriftserie. Den ene er en erindringsbog af Søren Jensen, der er en af miljøkemiens fædre og som tilbage i 1960'erne blev verdenskendt for som den første at identificere miljøgiften PCB. Den anden bog fortæller om molekylspektroskopiske teknikker og disses udvikling gennem en række artikler af fremtrædende danske forskere indenfor området.



FAKTA

Dokumentarfilmfestivalen CPH: DOX
Tjek det fulde program på:
<https://cphdox.dk>

Dokumentarfilm med naturvidenskabeligt touch

I år finder dokumentarfilmfestivalen CPH: DOX sted fra den 15. til den 25. marts, og der er flere film på programmet, der har temaer af interesse for folk med hang til naturvidenskabs og teknologi. Nogle eksempler er: *AlphaGO*, der handler om kampen mellem computerprogrammet AlphaGO og stormesteren i det avancerede brætspil GO, Lee Sedol, som computerprogrammet trak sig sejrrikt ud af.

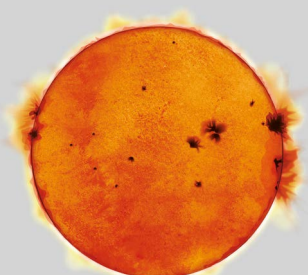
Filmen *Pre-Crime* handler om, hvorvidt man ved hjælp af algoritmer og overvågningsprogrammer populært sagt kan forudse forbrydelser, før de sker. *Cyborgs Among Us* er en film om mennesker, der på praktisk vis optimerer deres hverdag med maskiner og teknologiens hjælp, og om dem, der vil ændre verden og menneskets biologi ved at tilføje og inkorporere mekaniske dele.

IT

bringer også verden *videre*
– vil du være med?



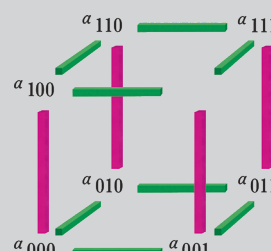
Datalogi



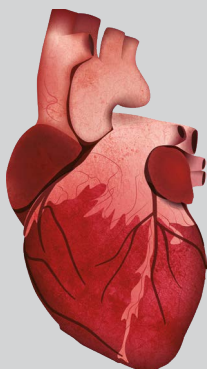
De fysiske fag



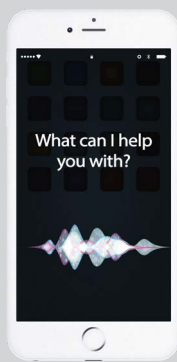
Statistik



Matematik



Bioinformatik



IT og kognition



Kommunikation og IT



Sundhed og informatik

Bliv klogere på IT-uddannelserne på Københavns Universitet.

dinfremtid.ku.dk



KØBENHAVNS UNIVERSITET

Tilbud til dit gymnasium

Vælg imellem tre pakkestørrelser:

Gymnasieabonnement:

Antal blade i pakken:	10	20	40	60	eksemplarer
Pris eksklusiv moms:	450	475	725	975	kr.

(omfatter 6 numre/udgivelser pr. år.)

Den lave pris er mulig i en periode* som led et projekt, som VILLUM FONDEN støtter.

Nye undervisningsmaterialer

På hjemmesiden aktuelnaturvidenskab.dk finder du også undervisningsmaterialer.

Arbejdsark om bioenergi

Arbejdsarket tager udgangspunkt i artiklen *Biomasse til energi – bæredygtig løsning eller mol-bohistorie?* fra Aktuel Naturvidenskab nr. 4/2011 og *Biobrændsel og etik* fra nr. 3/2011.

Arbejdsarket er tænkt til undervisningen i gymnasiet til biologi A, B eller C-niveau, bioteknologi A-niveau samt naturgeografi B eller C-niveau. Udarbejdet af Signe Klara Hansen og Kim Bruun, Viborg Gymnasium og HF.

Nye quizzer

Der er masser af nye quizzer at prøve på Aktuel Naturvidenskabs hjemmeside, og de er alle baseret på artikler bragt i bladet. Så det er en oplagt mulighed for at teste, om man nu også har forstået budskaberne i artiklerne! Prøv for eksempel quizzerne knyttet til artiklerne om *Tyngdebølger*, *Danmarks lumske ler*, *Jagten på skrumpefrit glas* eller *Kan forståelsen af et enzym løfte humøret?* - alle fra Aktuel Naturvidenskab nr. 6/2017.

Materialerne og quiz-app er lavet som led i projektet *Aktuel Naturvidenskab i gymnasiet* finansieret af VILLUM FONDEN.



ABONNEMENTS-SERVICE

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

Kontakt os på telefon: 87 15 20 94
E-mail: abo@aktuelnaturvidenskab.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.

Gaveide:

Bestil en intro-pakke med otte helt nye numre plus abonnement i et år (6 numre) for kun 354,- kr. inkl. porto & ekspedition.

OM AKTUEL NATURVIDENSKAB

Styregruppe

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

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

Layout: Jørgen Dahlgaard
Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S
ISSN: 1399-2309 (papirudgaven),
1602-3544 (web)
Oplag: 8.000



Redaktionsgruppe

- **Birgitte Dalggaard**, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Birgitte Svennevig**, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Carsten Rabæk Kjær**, Aktuel Naturvidenskab
- **Jørgen Dahlgaard**, Aktuel Naturvidenskab
- **Lene Pedersen**, Roskilde Universitet
- **Peter Arnborg Videsen**, Viborg Gymnasium og HF
- **Sanne Holm Nielsen**, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet
- **Svend Thaning**, Københavns Universitet

Redaktionen:

Tlf.: 87 15 20 94

E-mail: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk

Facebook.com/aktuelnaturvidenskab

Postadresse: Aktuel Naturvidenskab,
Ny Munkegade 120, Bygning 1520, 8000 Aarhus C

Omslagsfoto:

Oversvømmet hvedemark, juni 2011 på Sydsjælland.
Foto: Ole Pedersen.

Dødbringende tiltrækning

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

Filmen *Fatal Attraction* (på dansk farligt begær) fra 1987 fortæller historien om et ægteskabeligt sidespring, der ender med død og ødelæggelse. Den kvinde, den mandlige hovedperson har en affære med, viser sig nemlig at have en mørk og farlig side. *Fatal attraction* er også titlen på et nyt forskningsprojekt på Institut for Plante- og Miljøvidenskab på København Universitet. Og titlen skal tages ganske bogstaveligt, for det viser sig, at naturen ikke står tilbage for filminstruktørens fantasi, når det handler om at skabe dødbringende dramaer. I forskningsprojektet spilles hovedrollerne af fluer og flueskimmelsvampe – og det er Henrik Hjarvard de fine Licht og Andreas Naundrup Hansen, der er – om ikke instruktører – så dem, der skal afsløre, hvad der egentlig foregår i handlingen.

Dramaet i historien har sit udgangspunkt i, at flueskimmelsvamp kan inficere fluer og reelt overtage styringen af dem som var de viljeløse zombier. Skimmelsvampen tvinger den inficerede flue til at begive sig hen til et højt beliggende punkt, bide sig fast med sine munddele, sprede vingerne væk fra bagkroppen – og dø! Denne dødsstilling kaldes populært for "summit disease", og den er fordelagtig for skimmelsvampen, når den skal sprede sine sporer. Denne del af historien bringer måske mere mindelser om tematikken i romanen *The body Snatchers*, der også er filmatiseret – endda flere gange.

»Men flueskimmelsvampen har et ekstra es i ærmet, der gør udtrykket fatal attraction meget konkret«, fortæller Andreas: »Den manipulerer raske fluehanner til at komme og



Et tiltrækkende fluelig er klar til at inficere nye fluer. Flueskimlen er den hvidlige vækst, der gror ud mellem pladerne på fluens bagkrop. Foto: Andreas Naundrup Hansen.

parre sig med ligene af de døde hunfluer, så hannerne derved intetanende bliver inficeret med svampesporer og den dødbringende affære kan fortsætte.«

Lokkende molekyler

Videnskaben har i mange år været fascineret af dette fænomen, hvor parasitter overtager styringen af deres værts adfærd – og der findes mange forskellige svampe, der er specialiseret til at inficere netop en bestemt vært. Men forskerne ved stadig ikke meget om de molekylære mekanismer, der ligger bag denne forunderlige evne, og hvordan disse mekanismer har udviklet sig i evolutionens løb. Det vil Henrik og Andreas meget gerne kaste lys over i deres projekt.

»Vores foreløbige studier har vist, at de inficerede fluelig udskiller nogle unikke kemiske duftstoffer (feromoner), som ikke normalt findes hos fluerne. Vi vil derfor undersøge den kemiske sammensætning af disse molekyler nærmere og finde ud af, hvornår de bliver dannet i det forløb, hvor en flue bliver inficeret. Vi ved ikke, om det er svampene selv, der danner stofferne, eller om de populært sagt hijacker fluens synteseapparat og på den måde får fluerne til at producere dem. Men det satser vi på at få afklaret i vores projekt,« siger Henrik.

Kan vi lære af svampene?

Udover, at det rent grundvidenskabeligt vil være meget interessant at forstå mekanismerne bag svampes manipulation af deres værters adfærd, kan man også tænke sig nogle meget praktiske anvendelser af en sådan indsigt.

»Her tænker vi konkret på nye "attract-and-kill-strategier" til at bekæmpe fluer, der er baseret på mekanismer, vi har lært af flueskimmelsvampene. De stoffer, flueskimmelsvampene måtte udskille, kan vise sig at være så attraktive for fluer, at vi ved at lære at syntetisere dem kemisk måske kan bruge dem i fluefælder, der kunne placeres i ko- og grisestalde, der er plaget af store mængder fluer. Sådanne fælder ville også kunne bruges i hospitaler, måske primært i tredjeverdenslande, hvor fluer er med til at overføre mange forskellige sygdomme«, fortæller de to forskere.

Projektet er finansieret af Danmarks Frie Forskningsfond | Natur og Univers. ■