

# DYNAMO

DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET > MARTS 2010 > nr. 20



## Kæmpefly på slankekur

11



VINDTUNNEL



Kabeltest  
i sne og slud

16

FØDEVARESIKKERHED



Chip  
afslører bakterier

32

KONTINENTALSOKKEL



Kapløbet  
om havbunden

40

## INDHOLD >

### LEDER

3 Den store klimadagsorden - igen?

4



### SKIBSSIKKERHED

4 Kursen er sat mod sikker bemanning

### OPTIMERING

8 Han mestrer den mekaniske evolution  
11 Flydele på slankekur



8

### LIFE SCIENCE

13 Bakterier holder os sunde

### KABELTEST

16 Fernforbindelsens kabler skal testes i sne og slud

### STRATEGISK SAMARBEJDE

20 Stærkt samarbejde om at skabe et bedre indeklima



13

### VIDENARBEJDE

22 Ny viden om stress hos videnarbejdere  
24 Visionen er en stressfri arbejdsplads

### KLIMAFORSKNING

26 Et kig ind i fremtiden

### ENERGIMÆRKNING

30 Tag pulsen på boligen

### FØDEVARESIKKERHED

32 Laboratorium i miniformat

### ROBOTTEKNOLOGI

36 Robotingeniører får ny legekammerat

### OPMÅLING

40 Iskoldt kapløb om havbundens ressourcer



20

44 Havbundens levende ressourcer

### KALENDER

45 Det sker på DTU

### FRA HISTORIEBØGERNE

46 Naturens tankelæser

### OM DTU

48 DTU's ledelse og organisation

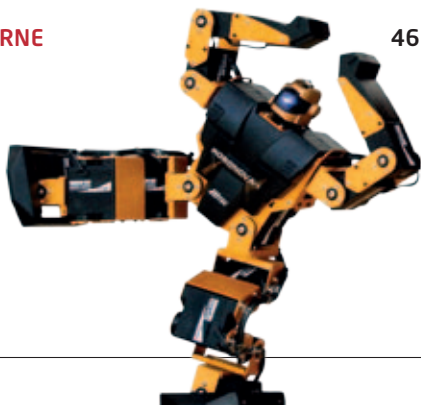
49 DTU's institutter m.m.



26

### DTU ALUMNI

52 Ingeniør med stort I



## DEN STORE KLIMADAGSORDEN - IGEN?



Klimaforandringer, global opvarmning, polernes nedsmeltning, CO<sub>2</sub> og andre skadelige drivhusgasser, den fælles geopolitiske opgave – den store dagsorden. Det var COP15 i København.

Forarbejdet og forventningerne var store, navnlig målt med et lille lands alen; og topmødet blev så ikke den store succes, man havde håbet på – og næsten regnet med. Nogle har endda udtrykt det i mindre flatterende vendinger, idet de måske har undervurderet de store, reelle interesseudsætninger, som er i spil. Men når man ser igennem det lille værtslands naturlige og i virkeligheden meget klædelige ambition om at bidrage til – ja, faktisk stå i spidsen for – store løsningsrettede aftaler mellem helst alle, i hvert fald de mest betydende nationer og grupperinger, så var udfaldet af COP15 nok ikke så dårligt endda.

I forhold til de selvskabte forventninger var udfaldet måske skuffende, men igen: Målt på den store internationale realpolitiske skala, hvor egeninteresse og magt næppe bør lades helt ude af betragtning, gik det vist ganske godt. Således vurderet på sidelinjen, ikke fra et politisk ståsted, men fra et teknologisk.

Uagtet om man politisk i en fælles verdensfrelsende rus måtte have truffet store beslutninger om vore erkendte klimaproblemers løsning, vil selv udbredt anvendelse af de mange og værdifulde kendte løsningsbidrag ikke slå til. Dette faktum overses ofte i den offentlige debat. Løsningerne er nemlig primært teknologiske af natur, og dem

kan man ikke bare træffe beslutning om. Yderligere nyt skal udtænkes og udvikles ved målrettet forskning i spændingsfeltet mellem naturvidenskab og teknisk videnskab. Arbejdet hermed vil blive fortsat og intensivret på DTU og på andre førende tekniske universiteter – ja, i et betydeligt omfang på førende universiteter i det hele taget – overalt i verden.

COP15 medvirkede i høj grad til, at den akademiske verden så det internationale samfunds anerkendelse af, at klimaproblemerne kræver løsning. Og den akademiske verden er langt mere responsiv på samfundsbehov, end den normalt får anerkendelse for. For DTU – og vores kolleger i universitetsverdenen, herunder ikke mindst de universiteter, vi samarbejder med – er klimadagsordenen ikke blevet mindre udfordrende eller mindre aktuel efter COP15 i København. Tværtimod, vi fortsætter vores målrettede bestræbelser på at finde løsninger og ønsker i virkeligheden kun, at det politiske niveau støtter op om disse bestræbelser: Også inden for forskning gælder det om at tænke globalt og at agere lokalt.

Lars Pallesen

Rektor

# KURSEN ER SAT MOD SIKKER BEMANDING

Hvornår er et skib sikkert bemandedt? Diskussioner i søfarten har flyttet sig fra antagelser til fakta, efter at DTU og FORCE Technology har udviklet et computerprogram, der kan simulere besætningens arbejdspress.

FOTO: STEEN WEBER

LOTTE KRULL >

Efter et par hårde arbejdsdage i den portugisiske havneby Sines lægger den 64.000 tons store produkttanker Torm Ismini fra havn og sætter kursen mod Point Tupper i Canada. Eneste mand på broen er andenstyrmanden. Den øvrige besætning er i gang med øvrige gøremål eller får sig en velfortjent hvile. Efter et par timers sejlads i roligt vejr passerer Torm Ismini trafiksepareringen ud for Lissabon, hvor den nord- og sydgående skibstrafik adskilles af røde og grønne bøjer. Her opdager andenstyrmanden på radaren, at et større skib to-tre sømil borte er på kollisionskurs med Torm Ismini. Han prøver at kontakte skibet for at få det til at rette kursen, men får ikke tilfredsstillende svar. Efter nogle forgæves forsøg på at kontakte det andet skib vælger andenstyrmanden at kalde Torm Isminis kaptajn op på broen. Her gentager kaptajnen forsøgene på opkald, og endelig lykkes det. Det andet skib får rettet kursen, og Torm Ismini kan fortsætte sejladsen mod Canada. Denne uforudsete opgave for kaptajnen er blot en af mange opgaver, som pludselig kan opstå, og som kræver besætningens opmærksomhed på en sejlads, fortæller sektionsleder ved DTU Management Steen Weber. Han var til stede på broen på Torm Ismini under den pågældende episode i 2006.

Steen Weber sejlede sammen med forskerkollegaen Carl Thue Rabjerg fra rådgivningsvirksomheden FORCE

Technology med på to sejladsere på to forskellige skibe, da DTU og FORCE Technology skulle i gang med at udvikle et computerprogram, som kan simulere arbejdsbelastningen på en skibsbesætning. På sejlturene, der varede henholdsvis en og to uger, observerede og interviewede forskerne skibenes besætninger for at afdække, hvilke arbejdsopgaver en besætning løser, hvem der er kvalificerede til det, og hvor lang tid en given opgave tager.

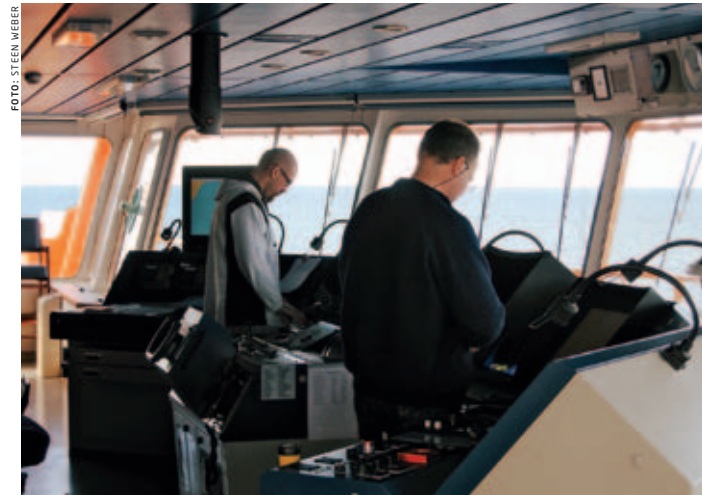
#### Vejen til sikker bemanning

Udviklingen af computerprogrammet er sket på Søfartsstyrelsens initiativ og bliver finansieret af Den Danske Maritime Fond.

”Vi har brug for et redskab, der kan simulere den arbejdsvirkelighed, som besætningen oplever om bord på et skib. Det skal medvirke til, at diskussionerne om, hvordan vi bemander skibene sikkert, bliver baseret på fakta i stedet for antagelser,” forklarer direktør for Søfartsstyrelsen Andreas Nordseth, som har fulgt udviklingen af softwaren helt fra starten.

Sikker bemanning på skibe er et varmt diskussionsemne i den internationale debat.

Der er enighed om – og regler for – at skibe skal være sikkert bemandede. Men der er ikke enighed om principperne for, hvordan man fastlægger den sikre bemanning. En meget udbredt metode er skalabemanning, hvor et



Under sejlads er broen naturligvis altid bemanded og navigation en højt prioriteret arbejdsopgave.

skib af en vis størrelse per automatik udløser en besætning på en vis størrelse. Danmark er gået bort fra denne metode og benytter i stedet målbaseret regulering, hvor man forholder sig til, hvilke opgaver der skal løses, og hvilke kvalifikationer det kræver hos et givet antal besætningsmedlemmer. Denne metode er med til at øge konkurrenceevnen hos dansk skibsfart, hvor lønomkostningerne til skibsbesætninger udgør en væsentlig post på rederiernes budgetter.

”Skibsfart er et globalt erhverv, og Danmark er udsat for en stor konkurrence. Derfor er det afgørende, at vi driver skibsfarten mere effektivt end de andre, samtidig med at det hverken går ud over sikkerheden eller besætningen,” uddyber Andreas Nordseth.

Målet med det nye computerprogram er ikke at få et facit på, hvor mange personer der skal være om bord på

>>

Kursen var sat mod Canada, da produkttankeren Torm Ismini i efteråret 2006 fik udvidet besætningen med de to forskere Steen Weber, sektionsleder ved DTU Management, og Carl Thue Rabjerg, kaptajn, instructor, FORCE Technology, Division of Maritime Industry. Forskerne skulle indsamle data om besætningens arbejdsopgaver.

## OM COMPUTERPROGRAMMET

<b>Hvad:</b>	Softwaren simulerer arbejdsbelastningen på en skibsbesætning.
<b>Prioritering:</b>	Computerprogrammet giver overblik over, hvilke opgaver besætningen skal prioritere først. Forskellige vedligeholdelsesopgaver, udfyldelse af toldlister, tjek af sikkerhedsudstyr og madlavning rangerer i programmet på lige fod med hvile.
<b>Hvem:</b>	Der peges på det besætningsmedlem, der har kvalifikationerne til at løse en given opgave, samt hvem der er den næstbedste løsning.
<b>Ekstra opgaver:</b>	Programmet tager højde for uforudsigelige, men tilbagevendende hændelser, som kan dukke op på en sejlads, og som kræver besætningens opmærksomhed. Det kan være dårligt vejr, f.eks. tåge eller hård sø.
<b>Hvad gør det ikke:</b>	Programmet finder ikke en optimal besætning, men matcher en given besætning til et sæt opgaver og fortæller brugeren, om hviletidsbestemmelser overtrædes. Det er så op til brugeren at ændre på bemanning, kvalifikationer og opgaver, indtil skibet er sikkert bemandedt.
<b>Finansiering:</b>	Projektets budget på 4,3 mio. kr. er finansieret af Den Danske Maritime Fond.
<b>Tidsforbrug:</b>	Siden 2006 er der brugt 4.000 mandetimer på at udvikle programmet.

>> et skib, understreger Andreas Nordseth.

”Så er vi jo tilbage til skalabemanningen igen, og det er vi ikke interesseret i, da det vil svække vores konkurrenceevne. Målet er derimod at få et overblik over opgaverne om bord på et skib, og over hvem der er kvalificerede til at løse den. Ofte sker arbejdsfordelingen på et skib, efter meget gamle traditioner, men dette computerprogram kan hjælpe os til at kigge på, om der kunne være en smartere måde at organisere arbejdet på,” forklarer Andreas Nordseth.

### Statistik over tåge og regn

Og noget tyder på, at arbejdsopgaverne kan effektiviseres og eventuelt fordeles på nye måder på skibene. Efter sejlturene, hvor Steen Weber og Carl Thue Rabjerg også fik indblik i hvile-

tidsskemaer og logbøger, var de to forskere fulde af undren over de enorme mængder papirarbejde, skibets kaptajn skulle udføre.

Forskerne gik i land og afleverede de indsamlede data til deres kolleger i forskergruppen, der nu kunne gå i gang med at analysere informationerne. Forskerne fra DTU har tidligere succesfulde erfaringer med at simulere andre tids- og sikkerhedskritiske systemer på bl.a. atomkraftværker og olieplatforme. Nu skulle de benytte deres viden inden for skibsfart.

I bearbejdelsen af data blev sejladsen inddelt i forskellige faser, da besætningens opgaver varierer, alt efter om skibet ankommer til, ligger i eller afgår fra en havn, ligesom der er forskel på bemanningen på broen, når der sejles i befærdede stræder eller på åbent hav. Derudover indhentede for-

Carl Thue Rabjerg fra FORCE Technology var med på to sejladser, der skulle afdække en skibsbesætnings opgaver. Oplysningerne skulle bruges til at lave det computerprogram, som kan simulere arbejdspresset hos besætningen.



skerne statistik over bl.a. regn, tåge og hårdt vejr, så computerprogrammet tager højde for vejrmæssige forandringer samt de geografiske forskelle, som også spiller en rolle for antallet af opgaver, en besætning skal løse på en sejlads.

”Vi har taget højde for, hvor ofte en hændelse optræder. Nogle hændelser optræder måske bare én gang per 100 sejlads. Når vi så kører simuleringen mange gange, kan vi få et indtryk af, hvor robust en given bemanning er,” forklarer Steen Weber.

Under udarbejdelsen af softwaren skulle der også laves en prioritering af besætningens mange forskellige opgaver på skibet. Som eksempel er opgaven med at passe brovagten den højst prioriterede opgave, mens periodevis tjek af f.eks. brandslukkere har en lavere prioritet. Hvile indgår i computerprogrammet på lige fod med øvrige opgaver, for det kan hændes, at hvile er en aktivitet, der skal prioriteres.

### Giver bedre dialog

Efter et år med analyser og programmering kunne forskerne i maj 2009 præsentere den første version af computersimuleringsprogrammet for søfartens parter. De blev mødt af spontane klapsalver efter præsentationen.

Branchen imødeser computerprogrammet med store forventninger. Planen er, at de første brugere skal kunne bruge softwaren fra foråret 2010.

Hos den faglige organisation Søfartens Ledere mener man, at computerværktøjet kan sikre en bedre dialog mellem rederierne og skibenes besætninger.

”Softwaren er et spændende værktøj til at se på arbejdsmængde og hviletid. Vi kan se, hvem der er mest belastet på

skibet, og hvad vi kan gøre for at ændre belastningen. Det er godt at få synliggjort, hvordan f.eks. en hård sø eller en sejlads med hyppigere havneophold påvirker arbejdsbelastningen hos besætningen. Vi kan nu dokumentere, at belastningerne ændrer sig, og det må man tage højde for i planlægningen,” siger Fritz Ganzhorn, sekretariatsleder i Søfartens Ledere, der oplever, at diskussionerne om bemanningsstørrelser har bevæget sig op på et mere faktiskt plan og samtidig er drejet mere hen mod diskussionen af, hvilke opgaver der skal løses.

”Løsningerne kan sagtens være en omorganisering af arbejdet i stedet for en større besætning. Det kunne også være, at der bliver sat mere tid af til opgaverne,” lyder det fra Ganzhorn.

I Danmarks Rederiforening er man også positiv over for simuleringsprogrammet fra DTU og FORCE Technology:

”Softwaren kan give os et større overblik over de arbejdskraftressourcer, der er til rådighed på det enkelte skib. Det er vigtigt, at der er tilstrækkeligt med mennesker om bord af hensyn til sikkerheden. Samtidig er vi hårdt presset af den globale konkurrence og er hele tiden nødt til at se kritisk på omkostningerne, fordi løn er en af de få variable driftsomkostninger i skibsfart,” forklarer Michael Wengel Nielsen, sekretariatsleder i Danmarks Rederiforening.

### Forslag til ændringer

Hos Søfartsstyrelsen mener Andreas Nordseth, at computerprogrammet kan underbygge Danmarks argumenter i den internationale debat om,

hvorvidt man skal benytte skalabemanding eller målbaseret regulering.

”Programmet har allerede vist sig at være et overraskende effektivt værktøj at diskutere bemanning ud fra. Computersimuleringerne giver os mulighed for tale med hinanden ud fra den samme virkelighed, og vi har fået fordelingen af arbejdsopgaverne penslet ud. Programmet har fået os til at se på eksempelvis kaptajns papirarbejde med nye øjne, og et direkte udkomme af det er, at vi næste år vil arbejde på et forslag til den internationale maritime organisation (IMO) om, at papirarbejdet skal håndteres anderledes på et skib,” forklarer Andreas Nordseth. <



### FORSKERNE BAG

#### Jens Bay

projektleder, FORCE Technology

#### Steen Weber

sektionsleder, DTU Management

#### Igor Kozine

seniorforsker, DTU Management

#### Christian Brandt Lauritzen

civilingeniør, FORCE Technology, Division of Maritime Industry

#### Aleksander Alapetite

forsker, DTU Management

#### Carl Thue Rabjerg

kaptajn, instructor, FORCE Technology, Division of Maritime Industry

#### Uwe Delf Jespersen

consultant, FORCE Technology

# Han mestrer den mekaniske evolution

Gennem komplekse ligninger og talrige udregninger sørger professor Ole Sigmund for, at designet på mekaniske konstruktioner konstant forbedres.

LOTTE KRULL >

Professor Ole Sigmund forsker i optimale huller. Hullerne er interessante, for hvor der er huller, sparer man materiale. Derved bliver mekaniske konstruktioner som biler og fly lettere og mindre brændstofkrævende. Men hullerne må ikke kompromittere sikkerheden og føre til, at de mekaniske konstruktioner bryder sammen under de stød, vrid og vibrationer, de udsættes for. Derfor kræver det nøje udregninger på supercomputere at finde de optimale huller. Metoden, professor Ole Sigmund arbejder med, kaldes topologioptimering og består i gentagne computerberegninger.

”Topologioptimering er en metode til at spare på vægten i en mekanisk konstruktion. Vi placerer huller i konstruktionen, så den bliver så let som muligt, samtidig med at vi sikrer os, at konstruktionen kan holde til belastningerne,” forklarer Ole Sigmund, der til daglig er ansat på DTU Mekanik.

Computerberegningerne afdækker altså både, hvordan det nye design skal

se ud, og hvordan designet bliver påvirket af ydre belastninger.

Metoden bliver bl.a. brugt af Airbus, der hvert år sender flere af virksomhedens medarbejdere til oplæring i topologioptimering hos Ole Sigmund og hans kolleger. Professorens metoder bliver også brugt af bilindustrien, f.eks. til optimering af baghjulsophæng hos Audi.

## Evolution er naturens optimering

Fælles for de huller, der optræder i de optimerede konstruktioner, er, at ingen af dem er runde.

”Jeg tror aldrig, at jeg har set et cirkulært hul være den optimale løsning. Runde huller er udbredte, fordi de er det nemmeste at lave, når man borer. Men skal man fræse eller ætse et hul, så kan hullerne have en hvilken som helst form,” forklarer Ole Sigmund og viser billeder af hullerne i de optimerede stivere inden i Airbus-vingerne.

Og ganske rigtigt. Hullerne er hverken runde eller symmetriske. De er

derimod trekantede eller fremstår som aflange polygoner og får den topologioptimerede konstruktion til at ligne et skelet. Og netop skelettet hos både dyr og mennesker er et af naturens eksempler på, hvordan evolutionen har sikret en konstant udvikling frem mod en superoptimeret konstruktion, forklarer Ole Sigmund og uddyber, at selv det indvendige af knogler består af mange huller, og denne porøsitet gør knoglerne lettere, uden at de bliver svagere.

”Naturen er jo ikke dum. Den har også optimeret gennem tiderne,” pointerer professoren.

## Alt kan optimeres - næsten

Topologioptimering var kun i sin spæde vorden, da Ole Sigmund i 1992 for alvor







## OLE SIGMUNDS CV

Født i 1966  
 1991 Civilingeniør fra DTU  
 1995 Ph.d.-grad ved DTU  
 1996 Gorm Petersens Mindelegat  
 2000 Statoilprisen  
 2001 Dr.techn.  
 2001 Professor ved DTU Mekanik  
 2002 Grundfosprisen  
 2008 EliteForsk-prisen  
 2010 Villum Kann Rasmussens Årslegat

begyndte at beskæftige sig med det under sit ph.d.-studium under professor Martin Bendsøe, som opfandt metoden i 1988 på DTU Matematik i et samarbejde med Noboru Kikuchi fra University of Michigan i USA. Siden Ole Sigmund færdiggjorde sin ph.d. i 1995, har han været med til at drive topologioptimering fra mekanik og ud i andre retninger, og han har således udbredt metoden til mikromekanikens, fotonikkens og helt ned til nanoteknologiens verden. Og netop nu afventer han de første resultater fra en af sine medarbejdere, som anvender topologioptimering på atomart niveau sammen med forskere fra DTU Fysik.

Ved hjælp af den optimeringssoftware, som Ole Sigmund har udviklet,

har forskerkollegerne på DTU Nanotech forbedret deres nanopincetter, da de havde brug for et værktøj med bedre gribefunktion for at kunne rive kulstofnanorør af en overflade.

Sigmunds forskning har ført til tre patenter, hvor det ene går på optimering af huller og materialetyper i såkaldte dobbeltbrydende lyslederfibre. Hullerne anvendes til at styre lysets retning i fibrene. Og ideerne til at optimere på nye ting står i kø hos Ole Sigmund.

"Der er så mange spændende ting. Jeg har en hel liste af ideer, som jeg vil prøve at anvende topologioptimering på."

Professoren ynder at sige, at topologioptimering kan bruges på alt, men

Professor Ole Sigmund modtog i januar 2010 Villum Kann Rasmussens Årslegat på 2,5 mio. kr. som anerkendelse af hans banebrydende arbejde med at udvikle de komplekse regnemetoder samt den software, som bruges til at optimere mekaniske konstruktioner.

erkender dog, at der findes nogle begrænsninger.

"En topologioptimering kan kun lade sig gøre, hvis man kan lave en computermodel af det, man gerne vil optimere på. Hvis den bliver for kompliceret, og man ikke kan modellere præcist, så får man heller ikke nogen sikre resultater," forklarer professoren og nævner et bilsammenstød som et eksempel på en så avanceret og kompliceret belastning på en lige så kompliceret konstruktion, at det endnu

>>

ILLUSTRATION: PETER BEGGILD, DTU NANOTECH

Pincetter i nanostørrelse. Nederst den oprindelige pincet, før den blev topologioptimeret. Øverst den optimerede pincet, som minder om en klo, som vi ser bl.a. i insekternes verden. Pincetten er blevet stærkere, dvs. den har fået en bedre gribefunktion end den oprindelige.



#### ÅRSLEGATET

- Villum Kann Rasmussens Årslegat er på 2,5 mio. kr., hvoraf de to millioner er øremærket forskning, mens den sidste halve million går til prismodtageren personligt.
- Legatet tildeles hvert år fortrinsvis en dansk forsker som en anerkendelse af en særlig værdifuld indsats inden for særligt de tekniske og naturvidenskabelige områder.
- Årslegatet blev første gang uddelt i 1987.

## TOPOLOGIOPTIMERING

Topologioptimering er computerbaserede metoder til at finde den optimale form af en given genstand. Den bærende konstruktion til en vinge på et fly er et klassisk eksempel. Her gælder det på den ene side om at bruge så lidt materiale som muligt. Man vil jo gerne holde vægten nede, både for at spare brændstof og for at mindske den belastning, som vingens egen vægt udgør for konstruktionen. Men på den anden side skal styrken være høj, så sikkerheden er i top.

De modsatrettede hensyn kan beskrives ved et sæt af differentiallyigninger. Metoden, som gør en computer i stand til at finde den optimale formgivning ud fra ligningerne, blev udviklet af professor Martin Bendsøe (nu dekan på DTU) i samarbejde med Noboru Kikuchi fra University of Michigan i USA.

Man starter med at definere, hvilken ydre form designet skal holde sig inden for. Ved hjælp af de computerbaserede værktøjer forbedrer man derefter designet ad flere omgange. Efterhånden når man frem til den optimale måde, materialet kan anbringes på.

Topologioptimering er en metode, som anvendes til at optimere materialefordelingen i alle mulige konstruktioner lige fra flyvemaskiner til mikrorobotter. Optimeringerne sker på baggrund af gentagne computerberegninger, og resultaterne fremstår ofte som helt nye design af allerede eksisterende konstruktioner.

>> ikke er muligt at lave en fuldkommen udregning af det.

#### Forståelse for fysikken

Selv om topologioptimering er et værktøj til computerberegninger, kræver det alligevel meget mere end at trykke på enter-tasten og sætte computeren i gang med at optimere.

”Nogle tror, at vi bare kommer med vores computerprogrammer under armen, sætter en optimering i gang og så ser, hvad der kommer ud. Men intet kunne være mere forkert. Det kræver en forståelse for fysikken at få lavet en modellering og optimering korrekt. Hvis en beregning eksempelvis ikke giver et godt resultat, skal man kunne gennemskue, om man har lavet en

programmeringsfejl, eller om man skal ændre i nogle parametre, eller om man har overset noget i materialernes formåen. Så vi skal forstå processen 100 procent, før vi kan lave en effektiv optimeringsmetode,” forklarer Ole Sigmund.

Glæden ved at forske er en af drivkræfterne hos Ole Sigmund. Men han holder også meget af at formidle sin viden om topologioptimering. Han underviser ikke kun på DTU, men er også en tilbagevendende underviser på Kunstakademiets Arkitektskole, ligesom han holder foredrag på gymnasier og i foreninger. I 2010 deltager professoren endvidere i Danskernes Akademi, som er DR2's nye programrække med populærvenskabelige foredrag.

”Jeg har det svært, hvis jeg ikke kan forklare nogen, hvad jeg laver,” lyder Sigmunds korte forklaring på, hvorfor han også er særligt dedikeret til at kommunikere sin viden bredt ud.

Ole Sigmund er flere gange blevet hædret for sit store arbejde og sit banebrydende indsats inden for topologioptimering, og han har således modtaget både Grundfosprisen i 2002, EliteForsk-prisen i 2008, og i januar 2010 modtog han Villum Kann Rasmussens Årslegat på 2,5 mio. kr. <

#### YDERLIGERE OPLYSNINGER

**Professor Ole Sigmund,**  
olsi@mek.dtu.dk

# FLYDELE PÅ SLANKEKUR

Godt nyt til alle, der designer i kompositmaterialer: Ny software gør det lettere at finde den optimale form, det bedste materiale og den rigtige orientering af fibre.



MORTEN ANDERSEN >

Tænk, hvis man kan skære en tredjedel af alle flys vægt uden at gå på kompromis med sikkerheden. Det vil give enorme besparelser i brændstof, økonomi og klimapåvirkning. I et EU-projekt, som DTU Matematik koordinerer med en række europæiske universiteter og virksomheder inden for luftfart som deltagere, er det lykkedes at demonstrere, at det er muligt.

”Projektet handler først og fremmest om at udvikle metoder til optimering af design af fly, og det er faktisk lykkedes Airbus at udvikle en flydel, som er 33 procent lettere, med metoder, der svarer til dem, der er udviklet i projektet,” fortæller lektor Mathias Stolpe, DTU Matematik.

Nærmere bestemt er det forkanten af vingen på det store passagerfly A380, som er blevet slanket.

Det grundlæggende princip, som projektet udnytter, kaldes FMO, free materials optimization. Der er tale om en videreudvikling af topologioptimering (se boks), hvor man med computermodellering finder den optimale form af en given genstand. I FMO følger man en ny dimension til, idet man inddrager de såkaldte kompositmaterialer. Det vil typisk sige enten kulfibre eller glasfibre, som er overtrukket med en polymer (en matrix), så man opnår særlige egenskaber i materialet.

”I topologioptimering går man normalt ud fra, at objektet skal være fremstillet i et givent materiale. I FMO er man frit stillet med hensyn til hvilket kompositmateriale, der skal anvendes. Faktisk tillader metoden endda, at man designer sit objekt til at blive produceret i et materiale, der endnu ikke

## FREE MATERIALS OPTIMIZATION

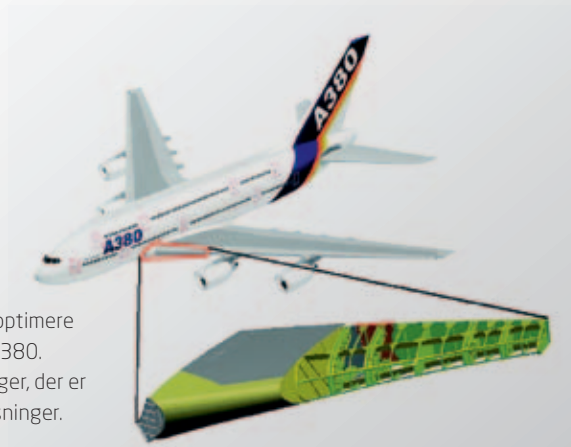
Free materials optimization, FMO, er en videreudvikling af topologioptimering, hvor computeren ikke kun regner på, hvordan materialet kan fordeles optimalt inden for den givne form, men også på, hvilken kombination af kompositmateriale og fordeling der vil være optimal.

er udviklet!” siger Mathias Stolpe og tilføjer, at man dog normalt vil forsøge at finde et eksisterende, kommercielt tilgængeligt materiale, der minder om den optimale løsning, inden man begynder at udvikle et nyt til formålet.

### Svaret på industriens ønsker

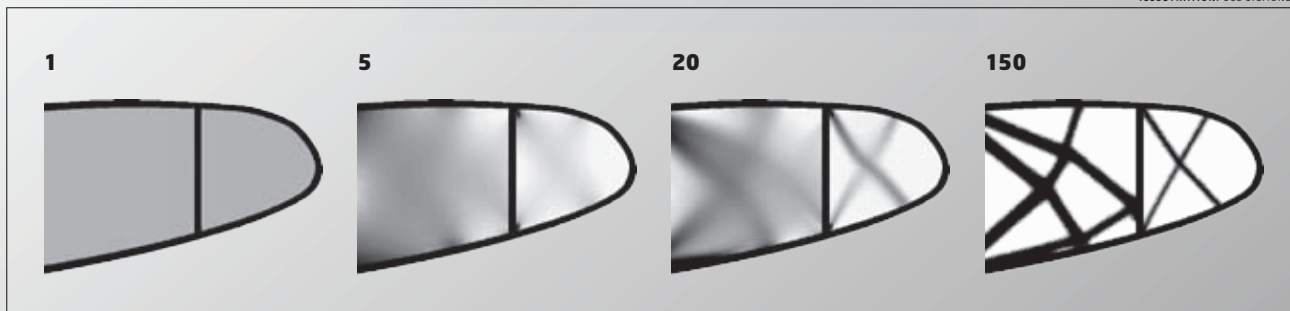
Et af de særlige forhold ved kompositmaterialer er, at orienteringen af fiberstrukturen har stor indflydelse på det færdige produkts egenskaber. Det gæl-

>>



Airbus har brugt topologi-softwaren til at optimere en del af vingen på det store passagerfly A380. Det er designet af stiverne inde i flyets vinger, der er blevet optimeret til nogle meget lettere løsninger.

ILLUSTRATION: OLE SIGMUND



De fire billeder viser topologioptimering af stiverne i en Airbus-vinge. Hvert billede repræsenterer et skridt i optimeringsprocessen og viser, hvordan materialet skal fordeles, så stiverne bliver så lette som muligt, samtidig med at de kan modstå forskellige belastninger som vibrationer og vrid. Efter 150 beregninger kan den færdige optimering ses.

>> der navnlig for den måde, hvorpå styrken over for tryk- og trækpåvirkninger i forskellige retninger er fordelt på.

I designfasen forsøger man altid at tage højde for de forskellige påvirkninger, som det færdige produkt ventes at komme ud for. For vingen på et fly er der mange forskellige tænkelige påvirkninger, såsom vibrationer, vingens egen vægt, turbulens med mere. Hver påvirkning kaldes i fagets jargon en load case.

”Med traditionelle metoder har man været nødt til at simulere disse load cases en for en. Til sidst har man så forsøgt at sætte resultaterne sammen

til et fælles billede. Industrien har længe haft et ønske om et værktøj, der kan regne på mange load cases på en gang. For i den virkelige verden vil der typisk være mange påvirkninger samtidig. Med vores metode kan man regne på helt op til ti load cases. Samtidig har vi taget beregningerne fra 2-D til 3-D. Det er for eksempel nødvendigt, når man vil regne på krumme strukturer,” siger Mathias Stolpe.

#### Software bliver tilgængelig

I EU-forskningsprojektet er der udviklet software, som dels giver brugeren et

bud på, hvilken kombination af fibre og matrix der bør anvendes, dels viser den optimale orientering af fibre. Faktisk er der tale om to softwareprodukter. Det ene, Free Materials Studio, er brugergrænsefladen, mens det andet, Free Materials Kernel, er det, der udfører beregningerne.

Programmerne bliver nu frit tilgængelige i en version, som har begrænset funktionalitet, men som er rigeligt god for eksempel til undervisningsbrug, principdesign og lignende. Desuden arbejder parterne i projektet på en kommerciel version med fuld funktionalitet rettet mod avancerede brugere i industrien.

”FMO er bestemt ikke begrænset til flyindustrien. Alle brancher, der designer produkter i kompositmaterialer, kan have glæde af det. For eksempel ligger vinger til vindmøller lige for,” siger lektoren.

”Man kan betragte FMO som en generalisering af topologioptimering, som er et felt, hvor instituttet står meget stærkt internationalt. På den måde er FMO en del af vores kerneområde,” siger Mathias Stolpe. <

#### PARTERNE BAG PROJEKTET



Projektet, der har drejet sig om at udvikle nye metoder til design af dele til fly og andre objekter i kompositmaterialer, hedder PLATO-N (a PLATform for Topology Optimization incorporating Novel, large-scale, free material optimization and mixed integer programming methods).

Budgettet på knap 18 millioner kr. er finansieret af EU's 6. rammeprogram for forskning.

Deltagerne i projektet er: DTU Matematik (koordinator), Technion (Israels teknologiske institut), University of Birmingham, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Bayreuth, Altair Engineering Ltd., RISC Software GmbH, EADS Deutschland GmbH, Airbus UK Ltd. samt Eurocopter Deutschland GmbH.

# BAKTERIER HOLDER OS SUNDE

Det symbiotiske samspil mellem menneske og mikroorganismer kan være nøglen til at forstå og løse en række alvorlige sundhedsproblemer. DTU-forskere er med i kortlægningen af mikroorganismene i vores fordøjelsessystem.

IBEN JULIE SCHMIDT >

Efter årtier med fokus på hygiejne, renlighed og anbefalinger om at undgå bakterier for enhver pris har forskerne de seneste år fået øjnene op for, at bakterier ikke kun gør os syge, men derimod også er med til at holde os raske. Flere forskningsresultater peger på, at bakterierne i vores tarmflora spiller en vigtig rolle for vores fordøjelse, immunforsvar og helbred i det hele taget. Derfor følger både fødevarer- og medicinalindustrien med stor interesse et forskningsprojekt kaldet MetaHIT. Her er DTU-forskere sammen med en række internationale samarbejdspartnere i gang med at kortlægge sammenhængen mellem vores sundhedstilstand og mikroorganismene i vores fordøjelsessystem.

Egon Bech Hansen, der er vice president i Innovation BioActives, Danisco, har fulgt projektet fra begyndelsen, og han siger:

”Til trods for at Danisco ligesom mange andre har fokus på tarmfloraen og forsker i bakteriernes betydning for

vores sundhed, så er det alligevel et forholdsvis dårligt forstået og sparsomt beskrevet område. Danisco producerer allerede probiotika, dvs. fødevarer eller kapsler med levende bakteriekulturer, der kan stimulere tarmfloraen positivt. Men vi ved, at der stadig findes et hav af ubekendte arter i tarmfloraen, som måske kan være med til at forebygge både sygdomme og overvægt.”

## Nødvendig grundforskning

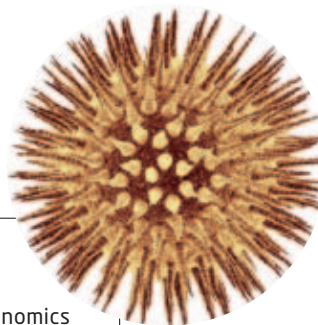
Problemet med forskning i tarmfloraen er, at vores eget indre udgør et vanskeligt tilgængeligt økosystem, hvor kun et fåtal af indbyggerne lader sig isolere, dyrke og studere uden for deres naturlige sammenhænge. Men i MetaHIT-projektet bruger man en ny tilgang kaldet metagenomics. Det vil sige, at man undersøger sammensætningen af mikroorganismer i fordøjelsessystemet ved at kortlægge den samlede mængde af gener, der er til stede. Dette gøres ved hjælp af dna-analyse og bioinformatik.

”Det interessante ved MetaHIT er, at man med metagenom-tilgangen kan se på samtlige mikroorganismer i et økosystem på én gang og ikke mindst, at man kan studere spillet mellem dem. Derfor er projektet yderst spændende og nødvendig grundforskning med et stort potentiale for industrien,” forklarer Egon Bech Hansen og fortsætter: ”DTU har med Center for Biologisk Sekvensanalyse nogle af de stærkeste forskere inden for bioinformatik, og i dette projekt samarbejder universitetet med en lang række partnere, som alle er absolut førende inden for hver deres felt. Derfor har vi ret store forventninger til resultaterne af MetaHIT.”

## Resultater overrasker

Projektets første resultater, som for nylig blev offentliggjort i tidsskriftet 'Nature', er opsigtsvækkende. Ved dna-analyser af 124 personers tarmflora har man fundet ikke mindre end 3,4 millioner forskellige gener, der nu

>>



## METAHIT

MetaHIT står for Metagenomics of the Human Intestinal Tract.

Projektet er finansieret af EU og har et samlet budget 150 millioner kr. Projektet har 13 partnere fra både universitetsverdenen og industrien, heriblandt DTU, Københavns Universitet, Steno Diabetes Center og Syddansk Universitet.

Projektet startede 1. januar 2008 og vil løbe i fire år.

Læs mere på [www.metahit.eu](http://www.metahit.eu)

- >> gøres tilgængelige i et samlet genkatalog. Det er mere end 200 gange så mange gener, som nogen tidligere har fundet ved studier af bakteriesammensætningen i menneskers afføring. Også antallet af bakteriearter overgår langt forventningerne. Man regner nu med, at der lever mere end 1000 forskellige slags bakterier i os, og mange af disse er endnu ukendte arter.

De overraskende resultater er skabt bl.a. på baggrund af en ny form for avanceret dna-sekventering (deep metagenomic sequencing), og DTU-forskerne mener, at det offentliggjorte genkatalog blot er starten på mange vigtige opdagelser.

”Forskning i vores mikrobielle jeg via dna-analyse (dvs. metagenomics) er et relativt nyt felt, som virkelig giver stof til eftertanke,” forklarer professor Søren Brunak, der leder Center for Biologisk Sekvensanalyse, hvor metagenomics er et vigtigt forskningsområde.

”Mennesket har kun cirka 25.000 gener. At vores eget genom er så relativt genfattigt, var en af de helt store overraskelser, der kom ud af det humane genomprojekt. Derfor er det jo interessant, at de mikroorganismer, der lever sammen med os, har så mange forskellige gener og dermed kan gøre en masse

ting biokemisk, som vi ikke selv kan. Meget tyder derfor på, at bakterierne er vigtige, fordi de udvider vores genetiske potentiale. Men hvordan bakterierne gør det i detaljer, ved vi endnu ikke. Det er noget af det, der skal komme ud af MetaHIT-projektet.”

### Samarbejde med bakterier

En oplagt hypotese er, at bakterierne producerer og nedbryder forskellige stoffer for os, som vi ikke selv kan producere eller nedbryde. Man kan tænke sig, at der i det evolutionære parløb, vi har haft med bakterierne, nærmest er sket en slags udlicitering af visse funktioner til vores mikroorganismer. F.eks. ved man, at der er visse essentielle aminosyrer, vi ikke selv kan producere, men det kan bakterierne.

En anden hypotese om mikroorganismernes betydning for vores sundhed er, at nogle af bakterierne holder andre, potentielt sygdomsfremkaldende bakterier i skak i det økosystem, som tarmfloraen udgør. Hvis balancen forskubbes eller sammensætningen af bakterier i tarmsystemet ændres, kan der opstå sygdom f.eks. i form af betændelsestilstande i tarmen. Der er også en hel del, der tyder på, at energioptagelsen fra den mad, vi spiser, er afhængig af tarmfloraens sammensætning. Derfor har MetaHIT-projektet fokus på tarmfloraens betydning for udvikling af overvægt og en række tarmsygdomme, der på engelsk går under navnet Inflammatory Bowel Disease (IBD).

### Sammenhæng mellem bakterier og overvægt

Blandt de 124 danske og spanske personer, der udgør grundlaget for genkataloget, var der både raske og syge individer samt overvægtige og mennesker med normal vægt. Sammen med de biologiske sekvensdata har man også en lang række andre oplysninger om testpersonerne såsom køn, alder, BMI (body mass index), spisevaner m.m.

”Der, hvor det bliver rigtig spændende, er, når man begynder at se på sam-

**”Projektet er yderst spændende og nødvendig grundforskning med et stort potentiale for industrien.”**

Egon Bech Hansen, Danisco



mensætningen af bakterier hos de forskellige grupper af mennesker i undersøgelsen for at se, om de overvægtige f.eks. har en karakteristisk anderledes bakteriesammensætning end de slanke,” fortæller Henrik Bjørn Nielsen, som er bioinformatiker og en af DTU-forskerne i projektet. Og her tegner der sig nogle interessante sammenhænge.

”Vores analyser viser, at der findes grupper af bakterier, som godt kan lide at leve sammen, eller i hvert fald gør det under bestemte betingelser. Derfor har vi kortlagt netværk af arter, der koeksisterer. Når vi gør det, kan vi se nogle interessante tendenser f.eks. i forhold til BMI hos testpersonerne.” Det er første gang, at nogen har taget metagenomics-data og lavet koeksistens-netværk. Men bioinformatikken og netværk-tankegangen er afgørende, hvis man skal forstå tarmsystemet som det komplekse økosystem, det er.

#### Nu skal der zoomes ind

Genkataloget med de 3,4 millioner gener er udgangspunktet for den næste fase i projektet, hvor der skal måles på aktiviteten af alle generne for at forstå deres funktion, og hvordan de vekselvirker med andre gener (også kaldet meta-transcriptomics). Det gøres ved hjælp af specielt designede dna-chips, som man er eksperter i på Center for Biologisk Sekvensanalyse.

Thomas Sicheritz Pontén, som leder forskningsgruppen, forklarer:

”Hvis man sammenligner projektet med Google Maps, svarer kortlægningen af de 3,4 millioner gener til, at vi nu kender de overordnede strukturer af det mikrobielle landskab, men vi kan endnu ikke zoome særlig langt ind på den enkelte bakterie. Det er det arbejde, vi skal i gang med nu.” <



ILLUSTRATION: SHUTTERSTOCK

## BAKTERIEKORTLÆGNING PÅ VERDENSPLAN

Internationalt samarbejde og arbejdsdeling giver hurtigere resultater.

Kortlægningen af samtlige mikroorganismer i det menneskelige tarmsystem i det EU-finansierede MetaHIT-projekt er et godt eksempel på internationalt samarbejde og arbejdsdeling mellem deltagere fra otte forskellige lande.

Den kliniske del af projektet udføres af Steno Diabetes Center i Danmark (samt af et hospital i Spanien). De står for oprensning af dna fra afføringsprøver og indsamling af øvrige oplysninger (metadata) om de individer, som indgår i undersøgelsen.

Selve sekventeringen af dna'et foregår i Kina, hvorefter bioinformatikere i bl.a. Tyskland og Danmark analyserer de mange data.

MetaHIT er et af flere store initiativer, der skal kortlægge menneskets metagenom, dvs. samtlige gener fra alle mikroorganismer, der lever i eller på mennesket.

I USA har NIH (The National Institutes of Health) påbegyndt et projekt for over 100 millioner dollars: The Human Microbiome Project, der skal sekvensere mikroorganismer fra bl.a. hud, næse-/mundhule, fordøjelsessystem, urinveje og kønsorganer.

For at koordinere forskningsindsatsen og sikre hurtig deling af data har man etableret et internationalt konsortium kaldet the International Human Microbiome Consortium. Både MetaHIT og The Human Microbiome Project indgår som partnere i dette konsortium sammen med en række andre forskningsinitiativer fra bl.a. Kina, Korea, Japan, Canada og Australien.



FOTO: THOMAS HJORT JENSEN

Christos Georgakis, lektor på DTU, er en hyppig gæst hos FORCE Technology, hvor den nyetablerede klimatiske vindtunnel er placeret.

# FEMERNFORBINDELSENS KABLER SKAL TESTES I SNE OG SLUD

Verdens første klimatiske vindtunnel skræddersyet til at teste kabler, der skal bruges til broer med stort spænd, ser dagens lys.

MORTEN ANDERSEN >

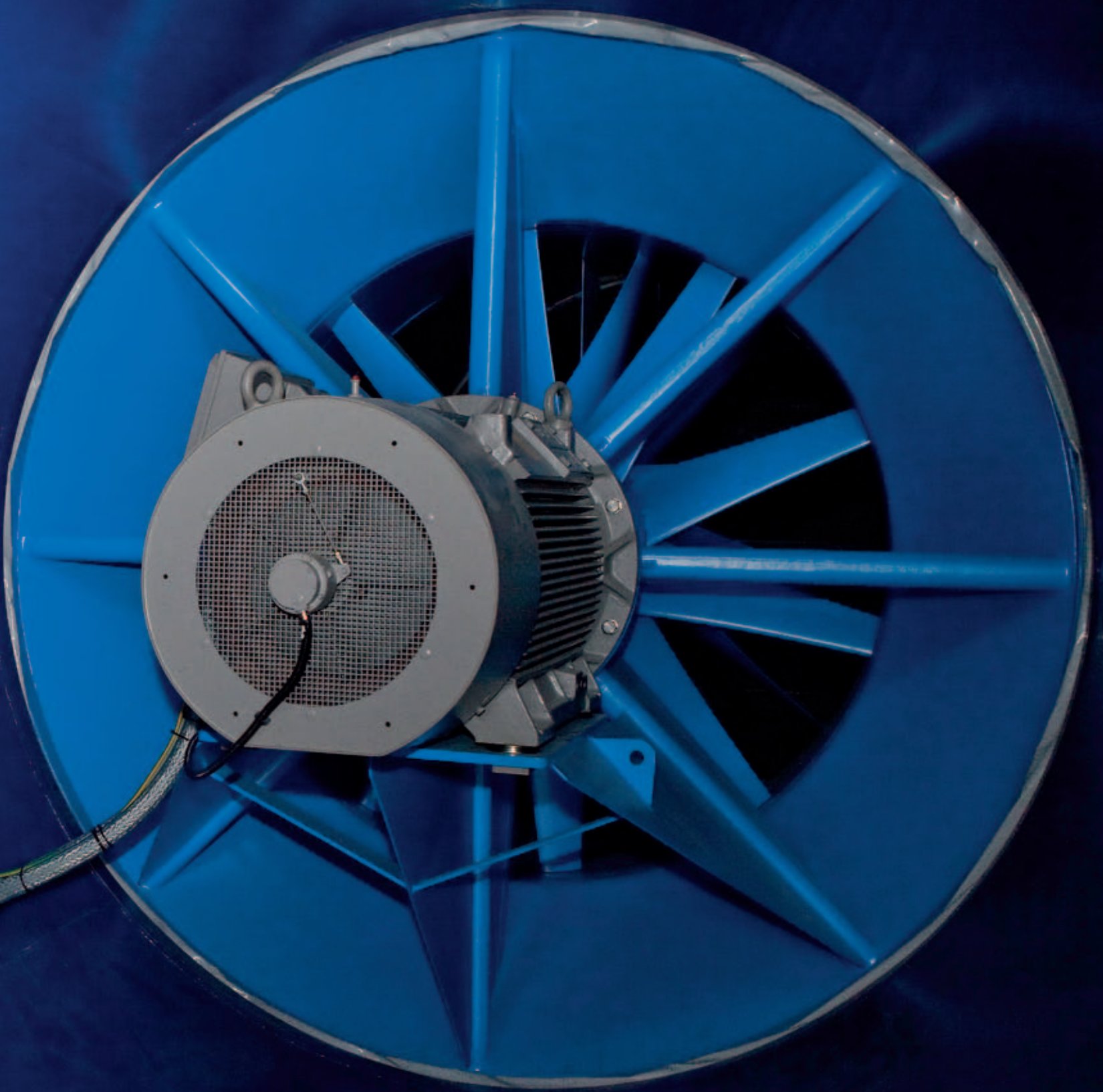
Christos Georgakis er langt fra den første græker, der har valgt at skifte hjemlandets varme ud med det danske klima. Men han er den eneste, der er i stand til selv at fremstille dansk novembervejr med regn, blæst og kulde hele året rundt! Han er lektor på

DTU Byg og leder af et projekt, hvor kablerne på en eventuelt kommende bro over Femern Bælt skal testes.

På FORCE Technologys grund på Hjørttekærvej få minutter fra DTU er der opført en 20 meter lang og otte meter høj vindtunnel. Det helt spe-

cielle ved den i forhold til andre vindtunneler er, at man kan designe vejrforholdene, som man ønsker det. Ud over at tunnelen kan præstere vindstyrker op til 30 meter/sekund og temperaturer ned til minus 10 grader, er der også mulighed for at tilsætte





regn, sne eller slud – hvor man vel at mærke selv kan bestemme størrelsen af dråber og snefnug.

Tunnelen skal primært bruges til at studere vibrationer i kabler til broer.

De senere års udvikling inden for materiale- og konstruktionsteknik har

betydet, at man kan bygge længere og længere broer. Dermed har længden af kablerne også været støt stigende. Det skaber øget risiko for, at kablerne kommer i svingninger, der kan blive så kraftige, at de kan skade såvel kablerne selv som den øvrige konstruktion.

”Selv for nyere broer ser man mange steder i verden, at der optræder ubehagelige kabelsvingninger. Man har vidst i mange år, at is og sne kan skabe en lille, uhensigtsmæssig ændring af kablernes profil, som kan gøre dem aerodynamisk ustabile.

&gt;&gt;

>> I de senere år er der også kommet stor fokus på regnvejsinducerede svingninger. Den nye vindtunnel er unik, fordi den kan genskabe forhold, der gør sig gældende i naturen. Dermed kan man under kontrollerede forhold studere, hvordan regn, sne og is dannes på kablerne,” siger Eilif Svensson, adm. direktør for ES-Consult og teknisk rådgiver for designforudsætninger, Femern A/S.

#### Verdens første vindtunnel med slud

Det er ganske vist endnu ikke besluttet, om forbindelsen over Femern Bælt mellem Danmark og Tyskland skal være en bro eller en tunnel. Et konsortium anført af COWI som rådgivende ingeniører udarbejder i øjeblikket forslag til en bro, mens et andet konsortium ledet af Rambøll som rådgivende ingeniører skal komme med et bud på en tunnel-løsning. Projektet rummer store tekniske udfordringer, fordi alt ved Femern-projektet er større og mere komplekst end de andre faste forbindelser over Storebælt og Øresund. Uanset hvilken løsning der bliver valgt, vil der blive tale om verdens

største kombinerede vej- og togforbindelse.

Derfor har Femern A/S, som er et datterselskab af Sund & Bælt, valgt at gå ind i en række forskningsbaserede projekter. Det største af disse er projektet hos CESDyn (Civil Engineering Structural Dynamics Group) på DTU Byg om vibrationer i kabler. Forskningsarbejdet omfatter også sensorer, der er installeret på forbindelserne over Storebælt og Øresund. Her registrerer de løbende, om der forekommer vibrationer i kablerne og i så fald under hvilke forhold.

”Vi har naturligvis en ide om, hvorfor vibrationerne opstår, og hvordan vi kan forebygge dem, men vi vil gerne forstå problemet til bunds. Vi regner med, at den klimatiske vindtunnel vil gøre os endnu klogere, så vi bliver i stand til at modvirke problemet endnu mere effektivt, hvis der skal bygges en broforbindelse over Femern Bælt,” uddyber Eilif Svensson. ”I Canada findes der en vindtunnel, som kan lidt af det samme som denne her, men den er bygget med henblik på at studere dannelse af is på vinger til fly. Den danske

Et udendørs køleanlæg nedkøler den luft, der bruges i vindtunnelen.

vindtunnel er en meget speciel facilitet, fordi det er den eneste i verden, der er målrettet studier af kabler til broer.”

#### Vibrationer skræmmer bilisterne

I dag er det meget svært at anslå, hvor meget vibrationer nedsætter den forventede levetid for kabler til broer.

”I et studie, hvor man forsøgte at beregne, hvad vibrationer betyder for den forventede levetid af kabler, måtte man mere eller mindre give op og blot skrive, at den forventede levetid af kablerne er mellem to og 2.000 år!” siger Christos Georgakis.

”Det er muligt, at der er nogle af de store producenter af kabler, der har forsøgsdata, som belyser, hvor meget kablernes levetid nedsættes af vibrationer, men disse data er ikke tilgængelige for os. Så nu vil vi selv bringe dem til veje.”

Sker der skader på broerne, vil det i sagens natur være meget bekosteligt. Men det er bestemt ikke det eneste argument for at gøre noget ved problemet, understeger lektoren:

”De færreste bilister har lyst til at køre ud på en bro, hvor kablerne er i kraftige svingninger.”

Den nye vindtunnel er forsynet med beslag, der gør det muligt at anbringe brokablerne i alle tænkelige vinkler i forhold til vindretningen.

”Man kunne måske tro, at det især er kraftig vind, der skaber vibrationer i kablerne, men billedet er meget mere

#### PARTERNE BAG VINDTUNNELEN



Den nye vindtunnel er opført af Pihl & Søn med COWI som rådgivende ingeniører, mens det aerodynamiske design er udført af lektor Christos Georgakis og lektor Holger Koss, begge DTU Byg. Hele projektet har kostet ca. 20 millioner kr., hvoraf selve tunnelen har kostet ca. 14 millioner kr., og det er finansieret af Femern A/S, mens FORCE Technology og DTU har bidraget med mindre beløb.



FOTO: THOMAS HJORT JENSEN

komplekst. Ofte udløses vibrationerne snarere af, at vinden rammer kablet fra en bestemt retning,” forklarer Christos Georgakis.

Ved uheldige kombinationer af nedbør og vindretning vil der danne sig en kant af vand, is eller slud på selve kablet. Det ændrer kablets profil, således at risikoen for, at det vil begynde at vi-

brere, øges. Og når vibrationerne først er sat i gang, kan de forstærke sig selv.

”Det videnskabelige mål er at forstå de komplekse omstændigheder bag vibrationerne. Men det er vi selvfølgelig ikke tilfredse med. Vi skal også komme med forslag til, hvordan man forebygger problemerne,” slår lektoren fast.

### Går efter smarte kabelprofiler

På en række af de mest udsatte broer i verden har man påsat kabeldæmpere, der mindsker problemet med vibrationer. Det er imidlertid ikke den optimale løsning, mener Christos Georgakis:

”Dels er kabeldæmperne ganske bekostelige – de øger omkostningerne per kabel med op til 50 procent – dels er de ikke ønskelige fra et æstetisk synspunkt. Derfor interesserer vi os for ’passivt aerodynamiske’ løsninger. Det vil sige, at vi går efter at ændre kablernes profil på en måde, så man forebygger vibrationerne. Vi er i dialog med flere producenter af kabler og har allerede en række profiler, som vi vil gå i gang med at teste, når vindtunnelen indvies om ganske kort tid.”

I første omgang bliver vindtunnelen stillet til rådighed for Femern A/S og selskabets rådgivere, men på lidt længere sigt vil faciliteten blive nyttig i forbindelse med konstruktion af broer i almindelighed samt for en række andre brancher.

”For eksempel havde Storebæltsforbindelsen på et tidspunkt problemer med vibrationer i rækværkerne. Det kunne man have studeret i den nye tunnel. I det hele taget kan man bruge den klimatiske vindtunnel til at teste alle mulige ting, der bliver udsat for vind og vejr,” slutter lektor Christos Georgakis, DTU Byg. Frem til 2015 vil tunnelen dog formentlig overvejende være reserveret til studier af relevans for broer, primært vibrationer i kabler. <

# STÆRKT SAMARBEJDE OM AT SKABE ET BEDRE INDEKLIMA

Sammen med de tekniske universiteter i henholdsvis Eindhoven og München arbejder DTU-forskere målrettet på at udvikle nye teknologier til at forbedre vores indeklima.

## ASTRID DEGERBØL >

Vi tilbringer 90 procent af vores tid indendørs – i vores hjem, på arbejde og i vores biler. Og mere end 40 procent af verdens energiforbrug bliver brugt på at skabe et ordentligt indeklima, herunder at opvarme, afkøle eller ventilere vores boliger og arbejdspladser. Samtidig har indeklimaet stor indflydelse på vores velbefindende og på, hvor effektive vi er, når vi arbejder. ”Der er derfor store fordele at hente, såfremt man kan gøre indeklimaet bedre – på en energieffektiv måde,” fortæller Bjarne W. Olesen, som er professor og leder af Center for Indeklima og Energi ved DTU Byg. Her sidder man inde med en helt unik viden om indeklima og dets indflydelse på vores helbred, komfort og produktivitet.

### Strategisk alliance

I 2006 indgik DTU, Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) og Techni-

sche Universität München (TUM) en aftale om et strategisk samarbejde gennem the European University Alliance. Formålet var at skabe et tværgående europæisk elitemiljø for forskning og uddannelse og at kunne tilbyde inspirerende og supplerende samarbejds muligheder for de to universiteters studerende, blandt andet ved at de skal kunne følge kurser hos hinanden og lave fælles eksamensprojekter. ”Et væsentligt grundlag for et frugtbart forsknings- og uddannelses-samarbejde er nemlig, at det opstår ’fra neden’ – og så er det selvfølgelig samtidig befordrende, at universiteternes ledelser indgår strategiske samarbejdsaftaler,” siger Bjarne W. Olesen.

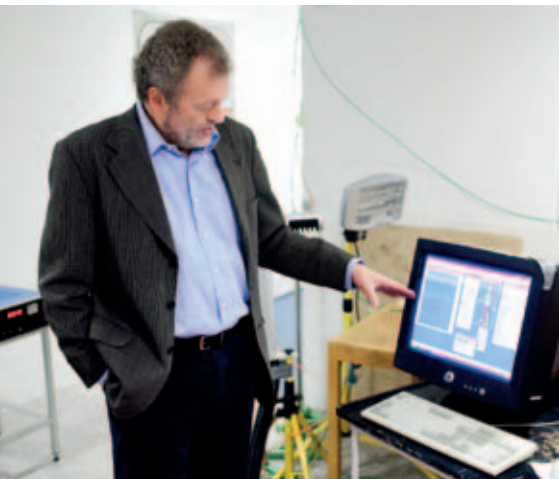
Både TUM og TU/e ligger i den europæiske elite og har spidskompetencer inden for forskning i netop indeklima og energi, samt en lang tradition for internationalt samarbejde. Det

gælder også for DTU, hvor eksempelvis Center for Indeklima og Energi har medarbejdere og studerende fra mere end ti forskellige nationer. I august 2008 samlede centret mere end 1.200 forskere fra omkring 50 lande til den 11. internationale konference om indeklima, ’Indoor Air 2008’.

### Samarbejde styrker

Indeklimaet og energiforbruget i forbindelse hermed har været et oplagt sted at finde samarbejds muligheder mellem de tre universiteter, da alle besidder stærke kompetencer på området.

”Samarbejdet med TUM og TU/e betyder, at vi opnår en meget høj grad af videndeling og synergi inden for denne del af bygningsforskningen. Det styrker alle parter og gør os i stand til fortsat at være på forkant med de krav, der bliver stillet fra beslutningstager-



FOTOS: THORKILD CHRISTENSEN

Forskerne på Center for Indeklima og Energi kan påvise, at vi i bogstaveligste forstand indånder hinandens luft, når vi sidder i samme kontorlokale. Det sker blandt andet ved et praktisk eksperiment, hvor man bruger attrapper, mannequindukker, som kan opvarmes til samme hudtemperatur som mennesket og via en ekstern 'lunge' kan ånde. Dukkerne er forbundet med elektroniske måleinstrumenter og en pc. Dukkerne placeres i et fælles kontorlokale (dvs. et klimakammer). Den ene dukke er forsynet med et sporstof, som dukken 'udånder'. Efter kort tid vil man via pc'en, hvor alle data indsamles, kunne påvise, at det samme sporstof findes i den anden dukkes 'lunger'. Eksperimentet indgår i forskningen i, hvordan man udvikler bedre metoder til at ventilere lokaler og undgå 'smittespredning'.

nes, borgernes og industriens side. Det er krav om at udvikle tekniske løsninger til at etablere et sundt og produktivt indeklima – med et lavt energiforbrug,” siger Bjarne W. Olesen og fortsætter:

”Det mest værdifulde ved samarbejdet er den øgede udveksling af information, og samtidig betyder de forskellige fælles foranstaltninger, at mange ting bliver nemmere – f.eks. at igangsætte nye projekter og opnå økonomisk hjælp til det. Indtil nu har vi holdt en række workshopper, hvor ph.d.-studerende og postdocer fra de tre universiteter præsenterer deres projekter, som bliver diskuteret og kommenteret. For yderligere at styrke samarbejdet har centret sammen med TUM og TU/e netop indgivet en ansøgning til et omfattende EU-forskningsprojekt om luftkvaliteten i kontorbygninger.

“Jeg håber virkelig, at det lykkes, for det er et væsentligt område. Når vi almindeligvis trækker vejret i et kontorlokale, svarer det nogenlunde til at tage en slurk af et offentligt badebassin. Vi indånder så at sige hinandens luft,” slutter Bjarne W. Olesen.

Ansøgningen og projektet bygger desuden på et tæt samarbejde med en række andre europæiske universiteter i blandt andre Sverige, England, Portugal, Makedonien, Frankrig, Polen og Italien. Samlet har centret og dets samarbejdspartnere søgt om mere end 26 mio. kr. <



# NY VIDEN OM STRESS STRESS HOS VIDENARBEJDERE

Hvordan kan det være, at det, der teoretisk set skulle beskytte videnarbejdere mod stress, i virkeligheden er det, der kan belaste dem? DTU Management har stået i spidsen for et forsknings- og udviklingsprojekt, der har undersøgt paradokset.

LOTTE KRULL >

Videnarbejdere – heriblandt ingeniører og forskere – har hidtil været betragtet som en særligt privilegeret gruppe medarbejdere på arbejdsmarkedet. I modsætning til industriarbejdere, hvis arbejdsliv er præget af stressende faktorer som ensformighed og ringe indflydelse, så har videnarbejdere et arbejdsliv, hvor de i høj grad kan udfolde kreativitet og selvstændighed, og hvor de selv kan planlægge størstedelen af deres arbejde. Det er netop nogle af de faktorer, som den traditionelle stressforskning har udpeget som stressforebyggende. Men hvorfor bliver nogle videnarbejdere så alligevel syge af stress? Dette paradoks har en gruppe forskere med DTU Management i spidsen undersøgt i det tværvidenskabelige projekt 'Videnarbejde og stress – mellem begejstring og belastning'.

"Vores mission har bl.a. været at opbygge ny viden om stress hos videnarbejdere. Det har vist sig, at der var – og stadig er – behov for at udfordre den klassiske forståelse af arbejdsrelateret stress i forhold til denne type medarbejder. Det er det, vi har forsøgt at gøre i dette projekt," siger leder af projektet, Vibeke Andersen, der er lektor ved DTU Management, sektionen for Teknologi, Organisation og Arbejde. Hun har bl.a. ekspertise inden for nye ledelsesformers betydning for arbejde og ingeniørfaglighed.

#### Begejstring og belastning

I stedet for at anvende den klassiske forståelse af stressudløsere valgte forskerne at angribe problemstillingen ved at se nærmere på begreberne begejstring og belastning.

Herved indfanges det komplekse og til tider modsætningsfyldte i videnarbejderens oplevelse af sit arbejde, forklarer Vibeke Andersen. For det, der kan begejstre en videnarbejder, kan samtidig være det, der udløser en belastning:

"Uforudsigelighed er traditionelt blevet betragtet som en stressfaktor, men for mange videnarbejdere er det netop dét, der gør arbejdsdagen spændende: At man ikke ved, hvad dagen rummer. Omvendt kan det opleves som frustrerende, at man ved fyraften opdager, at man ikke nåede alle de vigtige opgaver, der ellers var planlagt."

Forskningsprojektet viste, at netop fagligheden fylder meget hos videnarbejderen. Den etableres under uddannelserne og poder de fremtidige medarbejdere med høje krav til, hvad de skal



ILLUSTRATION: THOMAS NISSEN

yde. Det er idealer, som tages med ind i arbejdslivet, forklarer Vibeke Andersen.

”Fagligheden er også en faktor, der både kan begejstre og belaste. Den er f.eks. belastende, når videnarbejderen bliver begrænset i at udøve den; det kan være på grund af snævre tidsrammer og deadlines, som er svære at holde,” uddyber Vibeke Andersen.

Ligesom fagligheden er et tveægget sværd hos videnarbejderen, er den høje indflydelse og muligheden for selvledelse det også.

”Arbejdet risikerer at blive grænseløst, for det er ofte medarbejderen selv, der skal finde ud af, hvornår et stykke arbejde er gjort godt nok. Og så er det, at folk tager arbejdet med hjem for at få det 100 procent i orden, selv om det ikke nødvendigvis er et krav fra arbejdsgiveren,” siger Vibeke Andersen og uddyber, at

her har videnarbejderne brug for et kollegialt fællesskab og en ledelse, der hjælper med at finde grænsen for, hvornår en opgave er udført ’godt nok’, for i det moderne arbejdsliv er der ikke plads til, at alle opgaver løses 100 procent, pointerer lektoren fra DTU Management.

#### **Intervention på seks virksomheder**

Projektet var både et forsknings- og udviklingsprojekt, som DTU Management gennemførte i samarbejde med forskere fra Copenhagen Business School og Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø samt seks virksomheder/organisationer. De seks medvirkende instanser var COWI, Grontmij | Carl Bro, Københavns Kommune, DJØF, B.T. og LEGO.

I forskningsdelen havde forskerne fokus på at forstå, hvad der kendeteg-

ner stress – forstået som det, der begejstrer og belaster – hos videnarbejdere, mens der i udviklingsdelen, også kaldet interventionsdelen, blev samarbejdet med de seks virksomheder om, hvordan stress kan forebygges organisatorisk. Forskerne introducerede et koncept til organisatorisk stressforebyggelse i samarbejde med virksomhederne og fulgte dem tæt i interventionsdelen for at forsøge at generalisere på tværs af virksomhederne og dermed komme med et bud på en generel forståelse og model for forebyggelsesindsatser inden for videnarbejdet.

#### **Sætter ord på**

Projektet var opdelt i tre faser. Den første fase bestod af fire gruppeinterviews i hver virksomhed med medarbejdere og ledere på tværs af hele virksomhe-

&gt;&gt;

>> den baseret på 'fishbone-metoden', som er en velegnet metode til at af-dække, hvad der begejstrer og belaster i arbejdet. De ansatte nedfælder på post-it-sedler de faktorer, som kan føre til begejstring eller belastning.

"I processen vil mange opdage, at de oplever det samme som kollegaerne. Denne erkendelse er central i forhold til at gøre stressforebyggelse til et kollektivt anliggende, hvor både ledere, medarbejdere og det kollegiale fællesskab bærer et ansvar. For når man har sat ord på faktorerne, har man mulighed for at ændre de arbejdsrutiner, der opleves som belastende, og fastholde dem, der opleves som begejstrende," forklarer Vibeke Andersen.

Anden fase havde form af et dialogspil i en enkelt afdeling i hver virksomhed. I spillet arbejdede man systematisk videre med de faktorer, der blev defineret i fishbone-workshopperne. Det havde til formål at skabe enighed om et antal indsatsområder og handleplaner, der blev gennemført i den efterfølgende interventionsperiode. Dette blev suppleret med en række interviews med medarbejdere og ledere med det formål at etablere en fælles forståelse for, hvad der belaster og begejstrer i arbejdet.

### Større arbejdsglæde og bedre bundlinje

I den tredje og sidst fase arbejdede afdelingerne videre med de valgte indsatser på egen hånd efter en fastlagt plan med løbende fremdriftsmøder. Forskerne deltog i flere af disse møder for at følge fremdriften i deres arbejde og bistå med erfaringer fra de andre deltagende virksomheder. Og fremdriften var ikke til at tage fejl af:

"Projektet har vist, at arbejder man systematisk med stressproblemer i en organisation, og tager man det lige så alvorligt som en hvilken som helst anden opgave i virksomheden, så kan man flytte noget. Vi har i projektet set nogle kulturforandringer i virksomhederne, hvor man ved at arbejde forebyggende med stress på et organisatorisk niveau får både højere medarbejder-tilfredshed, større arbejdsglæde og bedre bundlinje," fortæller Vibeke Andersen.

Fleere virksomheder har vist interesse for forskernes resultater og metoder til at forebygge stress. Forskergruppen har nu søgt penge til et nyt projekt, der retter sig mod små og mellemstore virksomheder. <

#### VIDENARBEJDE OG STRESS - MELLEME BEGEJSTRING OG BELASTNING !

Projektet blev støttet af Arbejdsmiljøforskningsfondet og løb fra 2006 til 2009.

Projektgruppen bestod af forskere fra DTU, CBS og Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø. Derudover deltog seks firmaer/organisationer: COWI, Grontmij | Carl Bro, Københavns Kommune (Socialforvaltningen), DJØF, LEGO og Dagbladet B.T.

Projektet blev afsluttet i 2009 bl.a. med en konference og med udgivelsen af en bog med samme titel.

Yderligere information: [www.videnogstress.dk](http://www.videnogstress.dk)

## VISIONEN ER EN

STRESSFRI  
ARBEJDS  
PLADS

Færre sygedage, mere kropsånd og klarere ledelse. Det er nogle af resultaterne fra projektet 'Videnarbejde og stress' hos det rådgivende ingeniørfirma COWI.

#### METTE DAMGAARD SØRENSEN >

For et år siden var man i det rådgivende ingeniørfirma COWI temmelig gode til at tage hånd om stressramte videnarbejdere. Men man kunne blive langt bedre til at spotte problemerne i opløbet.

"Vi har en vision om at være en stressfri arbejdsplads. Derfor var det vigtigt for os at se på vores ansvar som virksomhed og på, hvad vi kunne gøre som organisation," fortæller Marianne Hinge, HR-konsulent i COWI.

Efter at virksomheden deltog i det storstilede forsknings- og udviklingsprojekt 'Videnarbejde og Stress – mellem begejstring og belastning' med blandt andre DTU Management som initiator, er det lykkedes COWI at ændre på situationen. Virksomheden er nu blevet anderledes bevidst om, hvad der dagligt presser medarbejderne – også helt ned i detaljen – og har fundet løsninger på problemerne. Det kom



blandt andet bag på virksomheden, i hvor høj grad forventningerne skal afstemmes inden en opgave påbegyndes.

”Det, der overraskede os mest, var, at der blev efterspurgt mere ledelse. Fra tidligere trivselsundersøgelser vidste vi, at medarbejderne helst ville arbejde under en stor grad af frihed. Det vil de fortsat, men vi opdagede, at de ofte efterlyste svar på, hvad lederen egentlig forventede af dem og forretningen generelt. Det har nu resulteret i, at ledere er blevet mere synlige og coacher og sparrer mere,” siger Marianne Hinge.

#### At bryde tabuer

Hos COWI startede projektet i en enkelt afdeling med 60 medarbejdere, men er nu ved at blive gennemført i hele organisationen. For Marianne Hinge var det meget vigtigt at få alle til at fortælle historier om både de be-

gejstrende og belastende faktorer i arbejdet, så alle versioner, nuancer og verdensbilleder blev synliggjort. Og det gav bonus. Ikke mindst når talen faldt på de hyppige daglige afbrydelser, som mange medarbejdere fandt temmelig belastende: kolleger, der lige stak hovedet ind med en besked eller en vits eller som førte lange private samtaler på fælleskontoret.

”Meget af sådan noget er jo tabu, hvor det kan være svært at få sagt fra. Vi vil jo alle sammen gerne være en del af det sociale fællesskab, men vi vil også gerne have tid til at fordybe os i vores opgaver. Ved at snakke om det er kollegerne blevet mere opmærksomme og har fået mere respekt for hinandens forskellighed,” siger Marianne Hinge.

For COWI har den nye åbenhed bl.a. mundet ud i helt praktiske – men


nu også helt legale – løsninger som ’forstyr mig/forstyr mig ikke’-skilte til alle.

#### Fra jeg-kultur til vi-kultur

Processen har både været tids- og ressourcekrævende. Og der har også skullet tages nogle heftige diskussioner indimellem, fordi der var så mange forskellige bud på problemerne og løsningerne. Men det kunne altså betale sig. Ifølge Marianne Hinge har arbejdet med projektet betydet, at sygefraværet er faldet markant, tabuer er brudt, sammenholdet blevet styrket og ledelsen blevet mere synlig.

”Vi er gået fra en jeg-kultur til en vi-kultur, og det er simpelthen blevet sjovere at gå på arbejde. Især det med begejstringen og belastningen har været en kæmpe gave til os. Det har været en øjenåbner for os at deltage,” slutter Marianne Hinge. <

FOTO: THOMAS HIORT JENSEN



”I løbet af et år har vi flyttet grænserne for, hvad vi tør sige til hinanden, og vi har fået den enkelte til at tage et medansvar for at bidrage til de konstruktive løsninger,” siger Marianne Hinge, HR-konsulent, COWI.



# ET KIG IND I FREMTIDEN

Hidtil har man troet, at udbyttet på markerne ville stige i fremtiden, da klimaændringerne formodes at give bedre betingelser for landbrug i Danmark. Det sætter den nyeste forskning dog spørgsmålstegn ved.

TINE KORTENBACH >

Danske landmænd har hidtil kunnet sove roligt om natten med udsigt til, at høstudbyttet på deres marker ville stige som følge af den globale opvarmning. Internationale eksperter – f.eks. FN's klimapanel – har nemlig forudset, at udbyttet generelt vil stige i Nordeuropa på grund af den højere temperatur.

Men det holder sandsynligvis ikke stik. I virkeligheden vil flere klimafaktorer spille sammen og resultere i en stagnation i udbyttet, måske endda et direkte fald.

Det viser den allernyeste forskning på Risø DTU's avancerede forsøgsanlæg RERAF, som er en af verdens mest avancerede fytotroner (klimakamre). I det højteknologiske drivhus er forskerne ved at afslutte et unikt dyrkningsforsøg med raps og byg over flere generationer. Formålet er at undersøge, hvordan planter reagerer over for hurtige ændringer i klima, og hvordan økosystemet spiller tilbage på klimaet. Lige nu står den femte generation af raps i fuldt flor. Når de sidste frø er

høstet, og den sidste plante er målt på kryds og tværs, vil forskerne gå i gang med at regne på alle de opsamlede data, der spænder fra dna-niveau og helt op til produktionsniveau. De endelige resultater forventes at være færdige til sommer. Forsøget gennemføres i samarbejde med Aarhus Universitet.

## Plantevækst år 2075

Planterne dyrkes i seks vækstrum, hvor klimaet kan styres nøjagtigt. Og kun den overvældende lysmængde, der strømmer ud af et lille rundt vindue i døren, afslører, at der inde i forsøgsrummet er skabt en dansk gennemsnits-sommer anno 2009 med en temperatur på 19 grader om dagen og 12 grader om natten, et CO<sub>2</sub>-niveau på 385 ppm (parts per million, dvs. 385 CO<sub>2</sub>-molekyler per 1 million molekyler) og et ozon-indhold på 20 ppb (parts per billion, dvs. 20 ozon-molekyler per 1 milliard molekyler). Bag de næste tre døre er enten CO<sub>2</sub>-niveauet, ozon-niveauet eller temperaturen sat op til værdier, der kan forventes om-

kring år 2075, hvis ikke vi mindsker udledningen af drivhusgasser. I det femte rum er både CO<sub>2</sub> og temperatur forhøjet. I det sidste rum er alle faktorer øget samtidig, så klimaet afspejler det, planterne vil opleve år 2075. Her er temperaturen på 17/24 grader (nat/dag), CO<sub>2</sub>-niveauet er oppe på 700 ppm, og ozon-indholdet er på 20 ppb om natten og 60 ppb om dagen.

Seniorforsker Rikke Bagger Jørgensen, som sammen med seniorforsker Teis Mikkelsen er ansvarlig for undersøgelserne, understreger, at der ikke er tale om decideret landbrugsforskning. De har valgt at lave forsøgene på raps og byg, fordi der findes en masse basal viden om disse kulturplanter, men det er udelukkende modelafgrøder. Resultaterne skal derfor tolkes med forsigtighed.

## Øget temperatur, mindre udbytte

Og selv om forskerne er meget spændte på at kunne gøre de endelige tal op, kan de allerede nu se en tydelig tendens.

>>



FOTO: RISØ DTU

Forsøget skal også fortælle forskerne, hvordan planterne over generationer tilpasser sig hurtige ændringer i klimaet. Billedet viser unge rapsplanter, der er sået samtidig, og som har stået ved siden af hinanden i rummet med forhøjet ozon. Til venstre står femte generation af planter, som igennem hele forsøget har måttet leve i en atmosfære med forhøjet ozon. De har altså været selekteret i fire generationer. Til højre står planter af frø fra det uselekterede udgangsmateriale.

De to forskere Rikke Bagger Jørgensen og Teis Mikkelsen venter spændt på det endelige resultat: "Som det fremgår af billedet, er der en umiddelbart synlig effekt. De planter, der er selekteret over flere generationer under ozon, er længere fremme og er større end dem, som ikke har haft mulighed for at tilpasse sig. Men nu går vi og venter på, hvordan udbyttet bliver, og hvordan de har klaret sig, når det samlede regnestykke er gjort op."

>> "Vores forsøg viser en øget produktion, et stigende høstudbytte og en forøgelse af biomasse hos de planter, der bliver udsat for højere CO<sub>2</sub>," fortæller Rikke Bagger Jørgensen. Dette er i tråd med tidligere publikationer og FN's klimapanel.

"Ifølge rapporten fra klimapanelet ligger Danmark lunt i svinget. Rapporten forudsiger produktionen i landbruget i år 2050, og her forventer man klart en forøgelse," siger hun.

"Men ser vi på, hvad der sker, når temperaturen øges med fem grader, så viser vores undersøgelse, at udbyttet

reduceres," fortsætter Rikke Bagger Jørgensen. "Planterne vokser ganske vist hurtigere, men det samlede udbytte bliver mindre."

Forskerne har endnu ikke forklaringen på, hvad der går galt, når temperaturen sættes op, men Rikke Bagger Jørgensen vurderer, at det kan hænge sammen med, at udviklingen sker så hurtigt, at afgrøderne ikke får tid til en ordentlig kernefyldning, som det hedder i fagsproget. Frøene bliver mindre, og kernerne når ikke at fyldes ordentligt, før planten afmodner. Også i CO<sub>2</sub>-behandlingen bliver frøene min-

dre, men udbyttet øges alligevel, fordi der dannes flere kerner.

"Vi har taget ozon (O<sub>3</sub>) med i forsøget, da ozon i troposfæren påvirker planternes fotosyntese og nedsætter udbyttet. Lige nu fokuseres der meget på CO<sub>2</sub>, men ozon-niveauet forventes også at stige i fremtiden."

"Når faktorerne lægges sammen i de multifaktorielle behandlinger, ser vi ikke den forøgelse i udbytter, som FN's klimapanel fremskriver. Der er i hvert fald ingen grund til at antage, at udbyttet for byg og raps i fremtidens klima vil øges. Måske snarere tværtimod," konstaterer Rikke Bagger Jørgensen.

Endnu en gang understreger hun, at resultaterne skal tages med et gran salt. Undersøgelserne er gennemført under kunstige forhold, og de bør eftervises i marken.

Teis Nørgaard Mikkelsen tilføjer, at FN's modeller har deres naturlige begrænsning, da de er meget simple, når det gælder planter. "Vi ved nemlig ikke, hvordan økosystemet reagerer på kli-

## HALSLØS GERNING

"Jeg bliver forundret, når jeg hører folk sige, at vi skal søge at bevare alle de vilde planter i Danmark. Klimaændringerne bliver simpelthen så massive - med mindre at der sker noget afgørende i den måde, vi opfører os på - at der vil komme en helt ny flora herhjemme. Det kan vi ikke gøre ret meget ved. Det ville være halsløs gerning at prøve at ændre det faktum," siger Rikke Bagger Jørgensen.

Hun tilføjer:

"Der kan naturligvis være enkelte arter, som vi kan søge bevaret, men generelt skal man ikke prøve at bevare noget, som ikke er tilpasset miljøet. Vi kan ikke sætte os op mod evolutionen."

## DERFOR KAN VI IKKE BARE HENTE SORTER SYDFRA

TINE KORTENBACH >

Hvis klimaet ændres i Danmark, er det en oplagt tanke, at vi blot kan hente sorter og nye arter sydfra og dyrke dem på markerne i stedet.

Den nye forskning sætter dog også spørgsmålstegn ved dette drømmescenarie. I forsøget indgår nemlig sydeuropæiske sorter af raps og byg.

”Selv om der er forskel på, hvordan sorterne reagerer, ser vi ingen geografiske effekter på udbyttet. Der er intet, der tyder på, at de sydeuropæiske sorter er bedre til at tilpasse sig klimaændringer end de danske sorter,” konstaterer Rikke Bagger Jørgensen.

Problemet med de sydlige sorter er, at de bl.a. er tilpasset en anden dagslængde, lysintensitet og jordbund end de hjemlige sorter. Så det er slet ikke sikkert, at de umiddelbart vil kunne dyrkes på vore breddegrader. Endnu en gang maner Rikke Bagger Jørgensen dog til forsigtighed med at tolke resultater, da forsøget kun omfatter i alt syv forskellige sorter af raps og syv af byg.

Teis Nørgaard Mikkelsen tilføjer: ”Vi ved fra klimascenarierne, at der vil komme flere skyer. Så det kan være, at planterne fra Sydeuropa, der er vant til relativt høje lysintensiteter, vil producere mindre.”

”Ja, men det kan også være, at de ligefrem synes, det er dejligt i stedet for at blive brændt af,” indskyder Rikke Bagger Jørgensen.

Faktum er, at vi ikke ved, hvad der vil ske. Det er de to biologer enige om.

Teis Nørgaard Mikkelsen udtrykker det således:

”Planterne er udviklet til et sammensat miljø, så man kan ikke bare fokusere på deres reaktion over for en enkelt parameter, f.eks. temperaturen: ‘Det bliver dejlig varmt’. Man skal sætte det i sammenhæng med alt det andet, der kommer til at ske samtidig. Man kan ikke bare gå ud og shoppe efter én parameter alene. De skal alle inddrages, for at det giver mening.” <



I de seks vækstkamre på i alt 150 m<sup>2</sup> tester forskerne raps og byg i et klima med højere temperatur, CO<sub>2</sub>- og ozon-indhold for at undersøge, hvordan planterne reagerer på hurtige skift i klimaet.

maændringerne. Vi ved intet om, hvad økosystemerne slipper ud af klimagas-ser, eller hvad de optager. Og så er der alle feedback-processerne, som vi heller ikke ved noget om. Når disse først begynder at rulle, kan de accelerere processerne helt vildt – i begge retninger.”

### Brug for mere viden

”Kun ved at lave forsøg kan vi begynde at få nogle indikationer af, hvordan økosystemerne vil reagere. Men det er uhyre kompliceret. For at forstå mekanismerne er vi nødt til at dele systemet op i mindre bidder. Vi fokuserer f.eks. på planterne. I litteraturen er der meget lidt viden om, hvordan økosystemerne tilpasser sig, og hvordan planterne opfører sig, når mange forskellige miljøfaktorer bliver kombineret. Denne indsigt er meget efterspurgt rundt om i verden,” siger Teis Mikkelsen.

Det bekræfter Jørgen E. Olesen, der er forskningsprofessor på Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø ved Aarhus Universitet samt medlem af FN's klimapanel.

”Der er brug for viden om samspillet mellem klima, CO<sub>2</sub>, ozon osv. Det er svært at skaffe sig denne viden under naturlige forhold. Man er nødt til at dyrke planterne under kontrollerede forhold.”

Risø DTU's højteknologiske vækstkamre er et af de få steder i verden, der kan generere denne viden. Facilitetens navn, RERAF, er en forkortelse af det engelske navn Risø Environmental Risk Assessment Facility. Den avancerede fytotron har gas- og kintætte vækstkamre, og der er ingen afløb fra dem. Derfor er de velegnede til at kunne huse forsøg til miljøvurdering af giftige stoffer, radioaktive isotoper og forskellige former for luftforurening. Bygningen er også godkendt til forsøg med transgene planter. <

### ! YDERLIGERE OPLYSNINGER

**Seniorforsker Rikke Bagger Jørgensen, rijq@risoe.dtu.dk**  
**Seniorforsker Teis Nørgaard Mikkelsen, temi@risoe.dtu.dk**

Vi har længe haft det fornødne instrument til at måle stuetemperaturen, men inden længe kan man få et meget mere præcist billede af, hvilken form boligen er i – og det er vel at mærke uden at skulle betale for en energikonsulent.



FOTO: SHUTTERSTOCK

# TAG PULSEN PÅ BOLIGEN

MARIE VENDELBO FRIDORF >

Der kan være mange grunde til, at rudekuvrten fra elselskabet ikke er sjov læsning. Måske er årsagen, at stuetemperaturen året rundt ligger på 30 grader, fordi man elsker at gå rundt med bare fødder og kortærmet T-shirt. Måske bor man i hus og kan ikke tvinge termometeret forbi de 17 grader, uanset hvor meget man skruer på termostaterne – ganske enkelt fordi huset er så utæt, at det mest af alt minder om et telt.

Netop nu er Elsparefonden, i samarbejde med blandt andre DTU Informatik, ved at lægge sidste hånd på en gratis internetbaseret platform, som kan fortælle meget detaljeret, om det er ens vaner eller boligens beskaffenhed, den er gal med – informationer, som man i dag kun kan få ved at betale en energikonsulent et salær på om-

kring 10.000 kroner. Platformen hedder Min E-Bolig, og Göran Wilke, sekretariatschef i Elsparefonden, fortæller:

”Filosofien bag portalen Min E-Bolig lægger sig tæt op ad filosofien bag den danske sundhedssektor. Her har vi ikke råd til at sende specialister og professorer ud til folk, der bare er en smule syge. Derfor har vi forskellige hjælpemidler som termometer og blodtryksmåler, som vi bruger til at lave et selvtjek med. Hvis man herefter kan konkludere, at man er alvorligt syg, så går man til en specialist. Princippet i Min E-Bolig er nøjagtig det samme. Vi ønsker at give brugerne et redskab, så de kan finde ud af, om deres bolig er syg eller rask. Har man en bolig, som viser sig at have klare sygdomstegn, bør man sende bud efter en

energikonsulent og få boligen analyseret yderligere.”

## Et røntgenbillede af boligen

For at lave et selvtjek af sin bolig skal man oprette en profil på Elsparefondens portal Min E-Bolig. Når man er oprettet og har fodret portalen med en plantegning og oplysninger om ens bopæl, bliver hjemmesiden en personlig og fortrolig journal over hjemmet. Portalen indhenter herefter en række oplysninger fra offentlige registre om boligen, den modtager løbende indrapportering fra elselskabet om energiforbrug, og sidst men ikke mindst får den DMI-vejrdato fra den vejrstation, der ligger tættest på ens adresse. Og når disse informationer bliver sammenholdt, dukker der interessante oplysninger frem om boligen, for-

tæller professor Henrik Madsen fra DTU:

”På DTU Informatik har vi udviklet det, vi kalder stokastiske dynamiske modeller, som kan sammenligne tids-serier for energiforbrug med tids-serier fra vejrstationen, og når vi gør det, kan vi ganske enkelt kortlægge, hvordan energiforbruget forandres i forhold til, hvor meget vinden blæser, og hvad temperaturen er udenfor.”

Man behøver ikke at være cand.polyt. for at regne ud, at langt de fleste bruger mere energi på at opvarme boligen om vinteren end om sommeren. Men det, der gør Min E-Bolig unik, er, at den meget præcist kan fortælle, hvor man kan forbedre sin bolig og dermed spare energi. For at det kan lade sig gøre, har Henrik Madsen udviklet en statistisk beregningsmodel, en såkaldt Hidden Markov Model, som rent praktisk betyder, at Min E-Bolig kan fungere som en krystalkugle:

”Portalen beskriver de forhold, en energikonsulent ikke umiddelbart kan se. Når Min E-Bolig eksempelvis efter en periode med frostklare nætter kan se, at varmen forsvinder hurtigt fra huset, vil portalen konkludere, at det skyldes langbølget udstråling til verdensrummet fra taget, og det vil derfor være en god ide at efterisolere loftet. En energikonsulent vil kunne se, at man i løbet af året har oparbejdet en høj energiregning, men hvis konsulenten ikke har kendskab til de skjulte lag i bygningen samt til bygningens varmedynamiske egenskaber, vil han sandsynligvis ikke pege på taget alene som problem,” fortæller Henrik Madsen.

På baggrund af den statistiske og matematiske ekspertise, som Henrik Madsen og hans kolleger på DTU Informatik har leveret til Min E-Bolig, er

portalen i stand til at give et statistisk røntgenbillede af bygningen og samtidig give en mere præcis energisignatur:

”Det er alment kendt, at to forskellige energikonsulenter i visse tilfælde kan nå frem til to vidt forskellige energimærkninger af den samme bolig. En energikonsulent laver ofte et subjektivt skøn af huset og sammenligner det med varme-regningen. Det er unøjagtigt i forhold til den energimærkning, man kan få via Min E-Bolig,” mener Henrik Madsen.

### Big Brother flytter ind

For at kunne følge sit energiforbrug og blive klogere på, hvor varmen forsvinder hen, er det nødvendigt med en intelligent elmåler, som via internettet kan sende informationer fra elmåleren til Min E-Bolig. Hvis man f.eks. er kunde hos elseskabet SEAS-NVE, er man en af de 350.000 heldige danskere, som i løbet af 2010 vil kunne følge med i boligens ve og vel. En række andre energiselskaber er også ved at se lyset, så inden for et par år vil de fleste danskere få et ’smartmeter’ sat op på deres gamle elmåler,

Når ’smartmeteret’ er flyttet ind i samtlige husstande, vil man have mulighed for at overvåge alt med en elektronisk puls. I virksomheden ENFOR har man specialiseret sig i at udvikle software til energisektoren. Netop nu sidder teknologichef Henrik Aalborg Nielsen og udvikler endnu en feature til Min E-Bolig, som vil kunne underopdele ens energiforbrug i grupper:

”Mange af os er villige til at spare på energien, men vi mangler overblikket over, hvor vi kan spare. Ved hjælp af den software, vi netop er ved at udvikle, kan man i fremtiden få svar på, hvor stor en del af ens energiforbrug, der bliver brugt til eksempelvis mad-

## MIN E-BOLIG

På Min E-Bolig har man mulighed for at sammenligne sit elforbrug med forbruget i boliger, der ligner ens egen.

Ved hjælp af Min E-Bolig kan man få besked via e-mail, hvis elforbruget stiger eller falder markant.

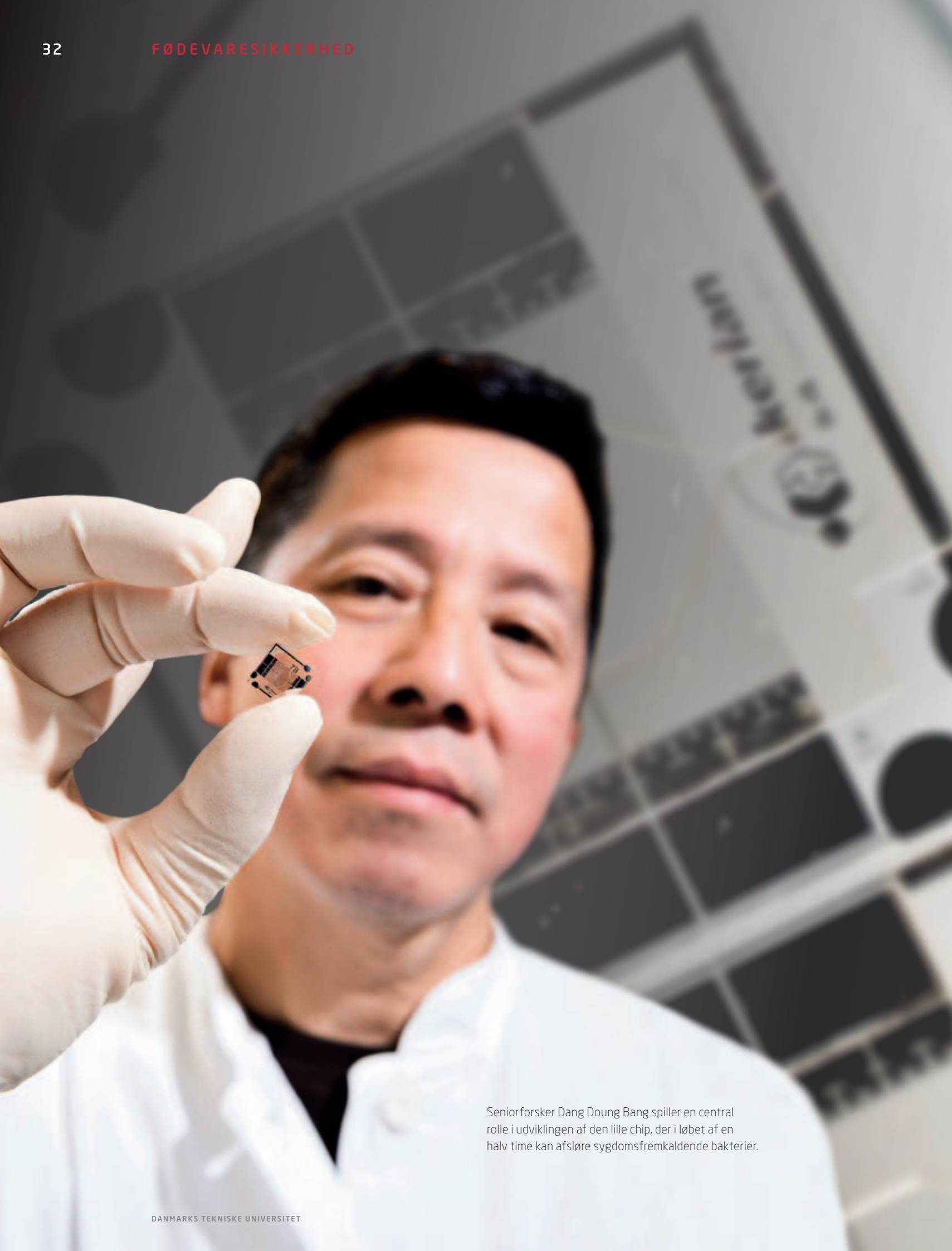
Skal man sælge sin bolig, kræver loven fortsat, at man får udarbejdet en energimærkning af en certificeret energikonsulent.

lavning, belysning, multimedier eller standby-funktioner. Det vil også være muligt at se, hvornår på døgnet de forskellige elslugende apparater står tændt. Nogle vil måske opdage, at børnenes elektriske udstyr står tændt, også når de er i skole, og så har man pludselig et oplagt sted at spare,” fortæller Henrik Aalborg Nielsen.

Et overforbrug af energi belaster miljøet med CO<sub>2</sub>, og derudover er det spild af penge. Elsparefonden anslår, at de fleste danskere kan skære 10 procent eller mere af deres elforbrug, hvis de blot følger med i forbruget på Min E-Bolig. Hvis vi går skridtet videre og skifter de dårligste apparater ud og bliver bedre til at slukke udstyr, der ikke er i brug, kan besparelsen blive endnu større – og Göran Wilke har svært ved at skjule sin begejstring:

”For mig at se er konceptet omkring Min E-Bolig lidt af en revolution. Min E-Bolig gør hjemmet ’digitalt’ og udnytter det forhold, at brugerne har internettet. Hvorfor sende dyre energikonsulenter til ’raske’ huse, når forbrugeren selv kan lave de indledende test og bruge avancerede værktøjer på nettet? Det er det, der er smart!”

Hvis man har fået blod på tanden og vil tage et statistisk røntgenbillede af sit hus, så kan man klikke forbi [www.minbolig.elsparefonden.dk](http://www.minbolig.elsparefonden.dk). <



Seniorforsker Dang Doung Bang spiller en central rolle i udviklingen af den lille chip, der i løbet af en halv time kan afsløre sygdomsfremkaldende bakterier.



En nyudviklet chip kan på kort tid afsløre, om der er kampylobakter eller salmonella i kyllingen. Chippen erstatter et helt laboratorium.

# LABORATORIUM I MINIFORMAT

LOUISE SIMONSEN >

I 2008 blev der registreret mere end 3.000 tilfælde af kampylobakter-infektioner i Danmark. Også antallet af salmonella-infektioner har været stigende i 2008, hvor der ligeledes er registreret over 3.000 tilfælde. Og man skønner, at det reelle tal sandsynligvis er 10-20 gange højere, da mange ikke går til lægen, og sygdomstilfælde derfor ikke bliver registreret. Det er noget, der koster samfundet dyrt, både i form af udgifter til behandling af patienter og i form af tabt produktions-tid, når mennesker er uarbejdsdygtige på grund af sygdom. Der er derfor store samfundsgevinster at hente, hvis man hurtigere og billigere kan afsløre, om kødprodukter er inficeret med henholdsvis kampylobakter eller salmonella. I et stort forskningsprojekt har forskere fra DTU – sammen med kolleger fra hele Europa – derfor gennem flere år arbejdet på at udvikle en hurtig, sikker og effektiv metode til at afsløre, om eksempelvis kyllinger er inficeret med sygdomsfremkaldende bakterier.

## Resultat efter en halv time

Systemet er på én gang enkelt og avanceret. Det består af en chip, en chip-

holder, en kontrolboks og en almindelig pc. Selve chippen er mindre end 1 x 1 cm, og den er i virkeligheden et helt lille laboratorium – et lab-on-a-chip. Her kan man undersøge prøver fra f.eks. kyllingeafføring for sygdomsfremkaldende bakterier, og da store dele af processen foregår i chippen, er resultatet af prøven klar efter mindre end en halv time. Hvis en lignende undersøgelse skulle foregå efter konventionelle metoder, ville man typisk skulle vente tre-fem dage på resultatet, fordi prøverne først skulle indsamles, dernæst dyrkes i laboratoriet og først derefter analyseres. På grund af systemets størrelse er det endvidere transportabelt, og prøvetagning og analyse kan i princippet foretages af landmanden selv ude i stalden.

## Molekylærbiologi og nanoteknologi supplerer hinanden

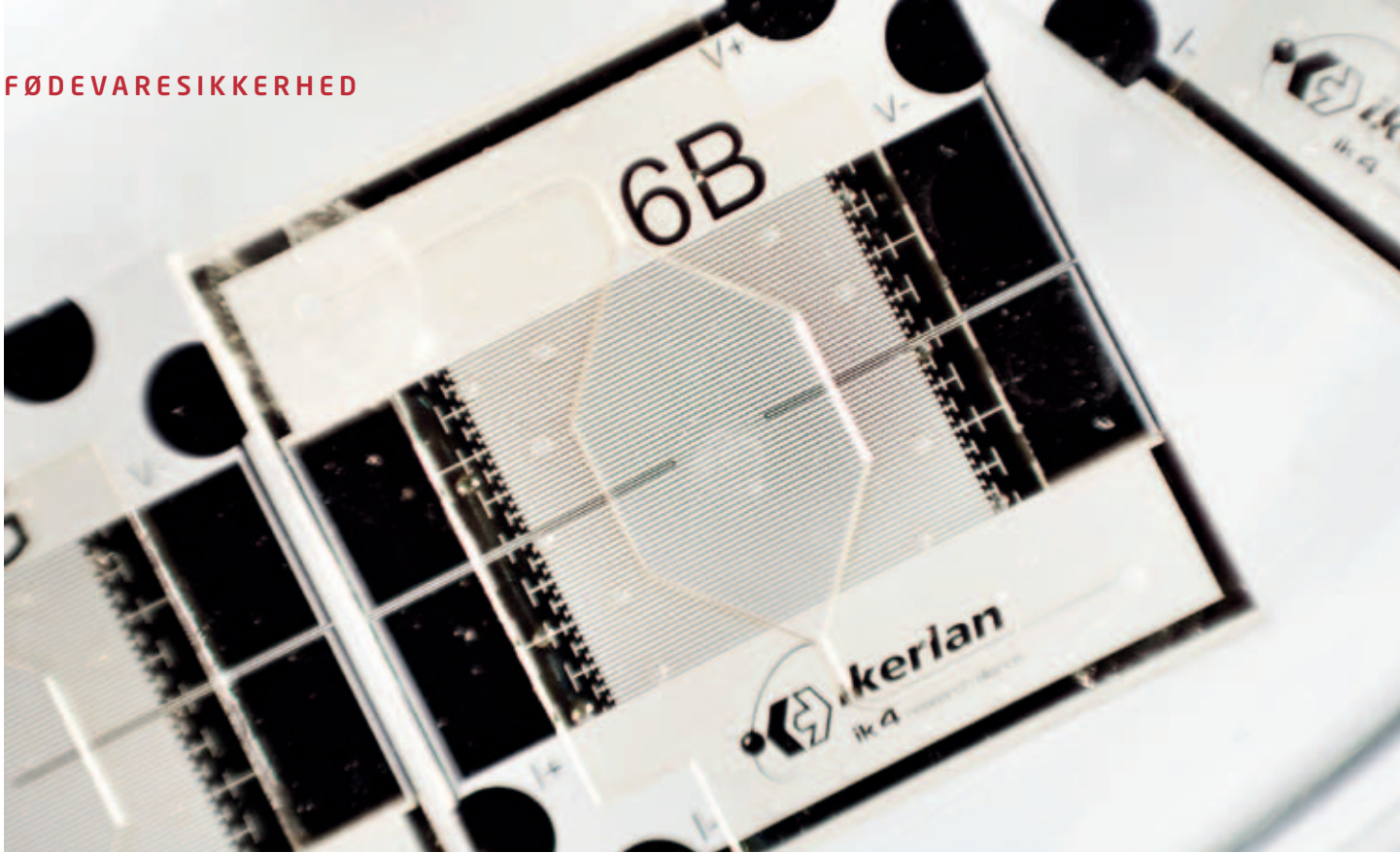
Forskningsprojektet, som er et EU-projekt, foregår i et internationalt samarbejde, og forskere fra henholdsvis DTU Veterinærinstituttet og DTU Nanotech bidrager med hver deres kompetencer til arbejdet, dels til den dna-baserede analyse af bakterierne og opformeringen af dem, dels til frem-

stillingen af de mikroskopiske chip-baserede laboratoriekomponenter.

## Isolering af dna

Selve lab-on-a-chip'en er et lille engangs-instrument, der indeholder elektroder til opvarmning og måling af temperaturen samt kanaler, hvorigennem væsker kan flyde, det hele placeret mellem to lag plastik – alt sammen i mikrostørrelse. Materialerne til chippen og komponenterne er standardkomponenter, og dermed kan prisen holdes forholdsvis lav. I chippen kan man undersøge, om de prøver, man udtager fra f.eks. kyllingeafføring i stalden, indeholder dna fra sygdomsfremkaldende bakterier, og i givet fald hvor mange bakterier der er tale om. Udfordringen her er at isolere den pågældende bakteries dna. Her har seniorforsker Dang Doung Bang fra DTU Veterinærinstituttet udviklet en metode, hvor man ved hjælp af magnetiske partikler kan 'vaske' dna-materialet rent for affaldsstoffer, som skylles væk. Først placeres den udtagne prøve i chippen, som dernæst sættes i en chipholder – en lille kasse, som er mindre end en tændstikæske. På chipholderen er der monteret magne-

>>



I chippen opsamles dna-prøver, som isoleres og opformeres, så der er materiale nok til at lave en analyse for sygdomsfremkaldende bakterier.

>> ter i top og bund, og den er forbundet med rør i hver ende, så der kan strømme væske igennem. ”I princippet en meget enkel metode, hvor dna’et holder sig til magnetterne og affaldsstofferne forsvinder – og det varer kun et minut,” fortæller Dang Doung Bang.

#### Dna’et opformeres

En udfordring ved at foretage disse bakteriemålinger er imidlertid at få de udtagne prøver til at indeholde nok dna til, at det overhovedet kan bestemmes og spores. For at løse dette problem – og for at sikre, at målingerne bliver fuldstændig korrekte – benytter forskerne i projektet sig af en molekylærbiologisk metode, hvor de opformerer eller forstærker det dna, der udtages i prøverne. Det sker med det, der betegnes som PCR-teknikken (polymerase chain reaction), hvor prøven tilsættes enzymer og skiftevis opvarmes og afkøles i chippen. Under opvarmningen vil bakteriens dna-streng, der løber som en snoet dobbeltstreng, rette sig ud og dele sig. I næste trin, der sker ved en lavere temperatur, vil der på hver af de to enkeltstrengede dna sætte sig pri-

mere. Primere er dna, der er komplementære til enderne af den del af dna’et, man vil opformere. Disse primere fungerer som ’starthjælp’ for dna-polymerase, der er et enzym, som danner en ny streng, således at der igen er tale om dobbeltstrengt dna, identisk med det oprindelige. Opvarmningen gentages, og delingsprocessen gentager sig, så man efter et antal opvarmninger og nedkølinger vil have repliceret eller opformeret bakterie-dna’et i et omfang, så der er nok til at foretage en nøjagtig analyse. PCR-processen er en velkendt og velafprøvet metode. Det nye er, at forskerne her bruger metoden til at detektere kampylobakter og salmonella, og at de har flyttet PCR-processen, så den foregår inde i chippen og kun varer få minutter.

#### Prøven analyseres

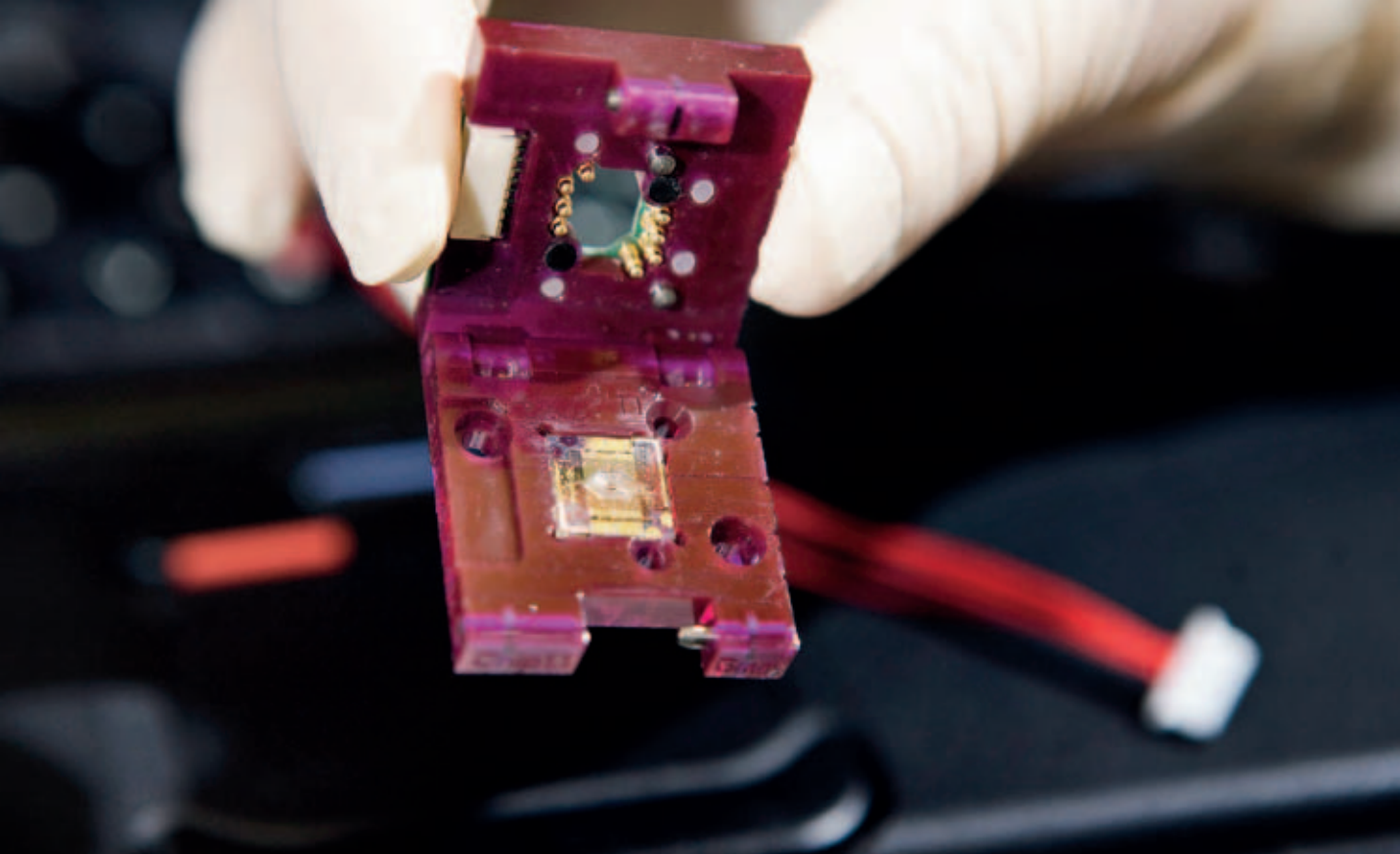
Selve indholdet i chippen analyseres i chipholderen, som er forbundet med en almindelig pc. Det foregår ved, at der i chipholderen sendes laserlys gennem chippen. På chippen er der et farvestof, som fluorescerer, når det binder til dna. Et mikroskopisk kamera opfanger det

fluorescerende lys og sender et billede til pc’en. Her kan man så aflæse, hvor mange bakterier der er i prøven. Jo mere fluorescerende lys, jo mere er der af den bakterie, man undersøger for. Den samlede proces tager omkring 20 minutter, og den lille chip kasseres efter brug. På den måde er der hverken risiko for, at der overføres smitte fra den ene prøve til den næste, eller for at der slipper bakterier ud i omverdenen. Det hele foregår i et lukket system.

#### Næste skridt: lab-on-foil

Selve EU-projektet blev afsluttet tilbage i februar 2009. Men parterne fortsætter samarbejdet, og forskerne er allerede i gang med næste fase, lab-on-foil, som også er et EU-finansieret projekt, der løber frem til 2012. Den nuværende chip er fremstillet af glas, hvor der er påført platinelektroder og en polymer, der kaldes SU-8.

”Chippen skal produceres i renrum, og selv om der bruges standardkomponenter til fremstillingen, koster chippen cirka 50 kr. Det er en af grundene til, at vi nu arbejder på at udvikle en mere enkel chip, der er lavet af en



FOTOS: MARTIN DANK KRISTENSEN

Chippen placeres i chipholderen, som forbindes med en pc. I chipholderen gennemlyses prøven med laserlys. I prøven er et farvestof, som fluorescerer, når det binder til dna. Et lille kamera optager det fluorescerende lys og sender billedet videre til pc'en, som fortæller, hvor meget prøven indeholder af den givne bakterie.

slags folie, der kan produceres i meget større mængder. Lab-on-foil-chippen kan komme helt ned på 1,50 kr.," fortæller Dang Doung Bang.

En anden grund er, at den foliebase-rede chip åbner mulighed for endnu flere anvendelsesmuligheder. Den er ikke identisk med lab-on-a-chip'en, men princippet er det samme. Den nye chip kan f.eks. placeres i et plaster, som så kan bruges til at aflæse, om en person har indtaget narkotika. Desuden vil lab-on-foil-chippen kunne placeres i et smart card, et lille plastik-kort i kreditkortstørrelse, og en avanceret mobiltelefon vil kunne aflæse chippens oplysninger – det kan være om en patients helbred – og sende dem til en central server. På den måde kan eksempelvis en cancer-patient gå til kontrol på en hvilken som helst klinik og ikke nødvendigvis på sit lokale hospital.

#### Åbner mange muligheder

"Det, at metoden er baseret på dna-analyse, åbner mulighed for en række andre anvendelser. Det kunne være detektering af andre bakterier og virus

som f.eks. fugle- eller svineinfluenza. Chippen kan også bruges til at spore et protein, der afslører kræft i endetarmen på et tidligt tidspunkt i en patients sygdomsforløb," fortæller Dang Doung Bang og fortsætter: "Desuden vil man kunne bruge det til at spore, om der er giftig algevækst ved stranden, inden koncentrationen af den er blevet så høj, at f.eks. badende turister bliver syge."

#### Jo hurtigere, jo sikrere

I landbruget ser man positivt på udviklingen af den dna-baserede analysemetode. Chefkonsulent i Landbrug & Fødevarer, Thorkil Ambrosen siger:

"Landmændene har brug for præcise, hurtige og billige kontrolforanstaltninger i forhold til fødevarer-bakterierne. Denne metodes væsentligste forbedring i forhold til de traditionelle analysemetoder er hastigheden, fordi svartiden forkortes betragteligt. På nuværende tidspunkt kontrolleres et parti fjerkræ ude hos landmanden tre dage før, det sendes afsted til slagteriet, da det tager tre dage at få svar på prøverne. Hvis vi kunne komme frem

til, at man kan kontrollere samme dag, som der slagtes, vil det betyde en større sikkerhed for, at der ikke indtræffer noget mellem prøvetagningstidspunktet og slagtetidspunktet. Og det vil i sidste ende betyde en større sikkerhed for forbrugeren."

Også på slagterierne hilser man den lille chip velkommen. Koncernkvalitetschef i Rosepoultry, Gert Kristensen er ligesom landbruget især tilfreds med, at tiden, der går, før man får resultaterne, nedsættes væsentligt med det nye system:

"For os er det ekstremt vigtigt, at vi kan reagere så hurtigt som overhovedet muligt, hvis vi opdager, at et parti kyllingekød er inficeret med salmonella eller kampylobakter. Vi tjekker jo alt det kød, der går gennem vores produktionslinje. Og ingen partier kan frigives herfra og komme ud til forbrugerne, før der er svar fra laboratoriet om, at kødet er uden bakterier. Samlet set: Jo hurtigere svar vi får, jo hurtigere kan vi sende produkterne videre ud til forbrugerne. Så jo, vi ser store perspektiver – også økonomisk – i den dna-baserede analysemetode." <

# ROBOTINGENIØRER FÅR NY A LEGEKAMMER

Professor Henrik Hautop Lund vil gøre Danmark førende i verden med en ny generation af automation, der gør det sjovt at blive genoptrænet, udfordrende at lege med sit barn og skægt at dyrke fitness.



MORTEN ANDERSEN >

Scenen er en legeplads. En voksen med sit femårige barn. Begge hopper rundt og griner. Men ifølge professor Henrik Hautop Lund er det sandsynligvis kun den ene, der virkelig morer sig.

”Du føler sikkert glæde over, at dit barn har det sjovt, men dit smil er en smule kunstigt. For du bliver ikke selv udfordret. Det skal vi gøre noget ved!”

Tænk på spillet pingpong, som mange kender fra Game Boy og lignende. På skærmen farer en kugle frem og tilbage mellem to ender af en lille bane. I hver ende skal spilleren

forsøge at stoppe kuglen med et virtuelt bordtennisbat, inden den ryger ud over baglinjen.

”Det spil kan man sagtens overføre til den fysiske verden. Nemlig til en bane, hvor en lysende plet farer frem og tilbage. To spillere skal så forsøge at nå hen og stille sig i vejen for pletten i hver deres ende. Pointen er, at plettens hastighed kan gøres variabel. Når den bevæger sig ned mod den voksne spillers baglinje, sker det med høj hastighed, mens farten sænkes på barnets banehalvdel. På den måde bliver begge

udfordret. Jeg lover, at du vil få et ægte smil frem,” siger Henrik Hautop Lund.

Eksemplet viser kernen i arbejdsfeltet for det nye Center for Playware, som DTU og Danmarks Pædagogiske Universitetssskole under Aarhus Universitet har oprettet sammen.

”En ting er at lave robotter, elektroniske spil og lignende på et højt teknisk niveau. En helt anden ting er at lave systemer, som mennesker faktisk gider interagere med. Det bliver et område med meget store muligheder i de kommende år. Og dansk forskning og



At definere forholdet mellem robotten og dens omgivelser er helt centralt inden for robotteknologien, understreger professor Henrik Hautop Lund.

FOTO: CENTER FOR PLAYWARE

danske virksomheder har chancen for at være pionerer.”

#### Sjovere fitness, tak

Henrik Hautop Lund er netop flyttet ind på DTU efter ni år på Syddansk Universitet, hvor han blandt andet var med til at opbygge innovationsnetværket RoboCluster.

”Ligesom det lykkedes i RoboCluster, er jeg sikker på, at vi kan få mange virksomheder til at gå ind i fælles projekter. Nu gælder det systemer med et element af leg – det, vi kalder Play-

ware – tidligere drejede det sig om automation til industrien.”

Legetøjsindustrien er i sig selv ’big business’, men projekterne vil også være relevante for mange andre industrier og sektorer i samfundet.

”Tag sådan noget som genoptræning af patienter, der har gennemgået en hjerteoperation eller haft en blodprop i hjernen. Hvorfor ikke gøre træningen sjov?” spørger Henrik Hautop Lund retorisk og giver et eksempel:

”Man laver en flade med et antal felter, der er i stand til at lyse op i forskel-

lige farver. Den ene patient skal jage den røde farve, den anden skal jage den blå. Når man rammer rigtigt, belønnes man umiddelbart med en lyd, for eksempel en fanfare, og den, der først har ti point, har vundet.”

Center for Playware samarbejder med fysioterapeuter på to danske hospitaler om denne form for genoptræning.

”Næste skridt er at optimere alle mulige andre former for ensformig træning. Jeg tror, at vi er mange, der synes, at fitness, som det normalt foregår, er enormt kedeligt!”

>>

Professoren demonstrerer, hvordan robotteknologi skaber nye muligheder for fysisk leg.

#### >> Japanere studerer fri leg

På spørgsmålet om, hvorvidt den voksne og barnet, der spiller playware-udgaven af pingpong på legepladsen, skal taste deres alder ind på et tastatur, inden de går i gang, får professoren et misbilligende ansigtsudtryk:

”Nej da! Det skal være sådan, at spillet selv kategoriserer spillerne ved hjælp af sensorer og tilhørende kunstig intelligens. Det ideal, vi stræber efter, er et lærende system. Efterhånden som spillet skrider frem, skal det kunne bestemme den enkelte spillers dygtighed og fastsætte en sværhedsgrad, der passer helt nøjagtigt til spilleren. Som minimum skal systemet kunne bestemme, at der er tale om en voksen og et barn ud fra deres vægt og bevægelsesmønstre. Under alle omstændigheder er pointen, at alle skal kunne bruge de spil, vi interesserer os for, umiddelbart.”

Tvivler man på den vision, kan man spørge japanerne. De er som bekendt uofficielle verdensmestre i robotter. Alligevel inviterer de Henrik Hautop Lund som gæsteforelæser igen og igen.

”Japanerne er utroligt dygtige, og de har meget store forskningsbevillinger inden for automation, men vi har

en niche på netop dette område. I Danmark har vi tradition for at give børnene mulighed for selv at udforske tingene. Fri leg, som det kaldes. Det er noget, som ikke normalt ligger i japansk tankegang, men de er meget interesserede i det. De forstår godt, at hvis man kan få leg ind i sine systemer, er der meget større chance for at skabe noget, som mennesker faktisk gider benytte sig af. Samtidig er det noget af det allermest vanskelige, fordi det er en fri aktivitet, der kun styres af, hvad den enkelte har lyst til. Kan man til gengæld få bare en flig af det ind, står man med noget, som er meget attraktivt.”

#### Fra industri til service

Man behøver blot at tænke på de årlige udgaver af konkurrencen RoboCup for at vide, at der i forvejen er et meget stærkt miljø for robotkonstruktion på DTU. Alligevel håber Henrik Hautop Lund at tilføje en ekstra dimension.

”Inden for robotkonstruktion har målet i mange år været at opnå den højst mulige grad af autonomi – altså at robotterne så vidt muligt skulle være selvkørende. Det er selvfølgelig ingeniørmæssigt meget tilfredsstillen-



de at skabe et selvstændigt system, men nu er tiden inde til at spørge, om vi egentlig altid er interesserede i helt autonome robotter?”

Spørgsmålet er blevet relevant, fordi robotteknologien er i opbrud.

”Ser du på, hvor der er klynger af robotforskere, tegner der sig et helt tydeligt mønster. De findes der, hvor der er tung industri. For eksempel bilproduktion eller som i Danmark skibsværfter. Det afspejler, at bortset fra måske de allertidligste år, hvor der blev lavet forskellige fantasifulde prototyper, så har industrirobotterne stået i centrum i de 50-60 år, verden har haft robotforskning. I fremtiden bliver der langt mere fokus på servicerobotter. Det bliver både i professionelle sammenhænge som robotter, der gør rent på hospitaler og plejehjem. Og i private sammenhænge – det kan også være rengøring, eller det kan være ren underholdning.”

#### Nye krav til robotterne

”Alle, der arbejder med robotter, ved, at netop forholdet mellem robotten og omgivelserne er centralt at definere. Hvis der er tale om en stationær industrirobot, er det relativt let. Her har

## FODBOLD, ROCK, GENOPTRÆNING, LEGEPLADSER

Center for Playware er et samarbejde mellem DTU Elektro og Danmarks Pædagogiske Universitetsskole ved Aarhus Universitet. Centret inviterer virksomheder og andre til samarbejder om konkrete projekter. Sammen med de tidligere professionelle fodboldspillere Brian Laudrup og Lars Høgh udvikles systemer til teknisk træning i fodbold. Sammen med fysioterapeuter ved H.C. Andersen Børnehospital i Odense samt Sygehus Fyn, Svendborg, udvikles systemer til genoptræning af patienter. Sammen med KOMPAN, der udvikler og leverer legepladser, arbejdes med forskellige elektroniske legeredskaber. Sammen med Henning Larsens Tegnastue arbejdes med nye interaktive elementer i arkitekturen. Sammen med Danmarks Rockmuseum arbejdes med at udvikle systemet RoboMusic, som sætter brugere uden færdigheder på et specifikt instrument i stand til at sætte deres personlige præg på musikalske værker.

Teknisk fodboldtræning er et af de områder, som Center for Playware arbejder på. Ved finalen i DM i street-fodbold i København i 2009 indgik et koncept udviklet i samarbejde med disse to landsholdsveteraner.

man typisk designet omgivelserne, så de passer til robotten. Men lige så snart man går ud af den ramme, bliver det helt afgørende at forsyne robotten med en evne til at bestemme, hvad dens omgivelser er og reagere på en passende måde, når der sker ændringer. Jeg inddrager sådan set bare et ekstra element i omgivelserne. Nemlig mennesket. Vi er jo faktisk også en del af robotstens omgivelser,” siger Henrik Hautop Lund.

### Respekt for de sande eksperter

At drage mennesket med ind i ligningen stiller imidlertid nye krav til den faglige baggrund hos dem, der konstruerer systemerne.

”På Center for Playware interesserer vi os for, hvordan man skaber systemer, der kan motivere mennesker til at foretage bestemte handlinger. Men hvilke handlinger de så skal foretage, er vi nødt til at alliere os med andre for at finde ud af.”

Henrik Hautop Lund, som i øvrigt selv er datalog af baggrund, understreger, at den form for fagligt input er helt afgørende i projekterne:

”Nogle akademikere har en tendens til kun at respektere faglige input, når det kommer fra andre højtuddannede. Det lægger vi meget vægt på at komme ud over. Lige nu har vi projekter, hvor vi inddrager henholdsvis pædagoger, musikere, fodboldspillere og fysioterapeuter. Det vigtige er, at det er mennesker, som har forstand på netop det, systemet skal bruges til, der leverer det faglige input. For eksempel er det naturligvis ikke os, men fysioterapeuterne, der skal definere, hvilke øvelser patienter under genoptræning bør gennemføre. Vi kan hjælpe med, at det bliver sjovt for dem!” <



## HØGH OG LAUDRUP LEGER MED

MORTEN ANDERSEN >

”Det fungerer rigtig fint. Og det siger jeg ikke kun, fordi jeg selv lavede en high score ved finalen på Rådhuspladsen i København!”

Lars Høgh, tidligere målmand på fodboldlandsholdet, ser en stor fremtid for playware inden for træning af fodboldspillere. Sammen med en anden tidligere professionel, Brian Laudrup, står Lars Høgh i spidsen for en årlig turnering i street-fodbold. År for år er begivenheden vokset, og i 2010 forventes op mod 6.000 drenge og piger at deltage fordelt på 19 byer. I 2009-udgaven var der premiere på et playware-koncept udviklet af de to fodboldspillere i samarbejde med Center for Playware. Dels ved semifinalerne i Århus og Odense, dels ved finalen på Rådhuspladsen i København var der opstillet en væg bestående af interaktive felter. På væggen lyser et felt op. Spilleren skal så forsøge at ramme feltet. Rammes målet, belønnes man med en lyd. Feltet slukker, og

et nyt lyser op. Til sidst tæller man point.

”Turneringen er bygget op som et univers af fodboldoplevelser. Ud over selve street-fodbolden har vi fodtennis, drible-konkurrencer og forskellige andre tilbud. På forhånd var vi spændte på, om playware-konceptet kunne konkurrere med de andre ting om de unges interesse. Og det kunne det i høj grad,” siger Lars Høgh.

Han understreger samtidig, at 2009-systemet var en prototype.

”Ved semifinalerne havde vi ikke fået sat det helt rigtigt op, men ved finalen på Rådhuspladsen fungerede det perfekt. Så vi vil helt sikkert have systemet med igen i en opdateret udgave ved semifinalerne i juni i år og ved finalen i august. Og hvis man kigger længere ud i fremtiden, tror jeg, at det er noget, som vil komme ud i det offentlige rum. Jeg kan udmærket forestille mig, at det kommer til at aktivere unge i parker og stræder.” <



FOTO: BENJAMIN HELL

LOMROG II-ekspeditionen med den svenske isbryder Oden indgik i Kontinentalsokkelprojektets arbejde med at indsamle data i området nord for Grønland for at kunne dokumentere et krav om udvidelse af kontinentalsoklen.



# ISKOLDT KAPLØB OM HAVBUNDENS RESSOURCER

Danmarks grænser på landjorden har ligget fast siden 1920, men til havs er der stadig uafklarede spørgsmål. Selv om det sandsynligvis handler om adgangen til betydelige ressourcer, udkæmpes den moderne grænsedragning dog hverken med kanoner eller krudt, men med målinger og dataindsamling.

THOMAS HJORT JENSEN >

FN's Havretskonvention fra 1982 er en slags grundlov for havet. Ifølge den tilhører havområdet ud til 200 sømil fra kysten den kyststat, som den ligger ud for. De steder, hvor der er mindre end 400 sømil imellem kysterne, indgår de involverede kyststater aftaler om grænsedragning. Men nu åbner Havretskonventionen op for, at kyststater, hvis områder grænser op til åbent hav, kan gøre krav på retten til at udnytte yderligere et område af havbunden og undergrunden under den. Det kræver dog, at kyststaten kan dokumentere en såkaldt naturlig forlængelse af sin kontinentsokkel ud over de 200 sømil.

Som det er i dag, opfattes disse ressourcer som menneskehedens fælles arv, men med de nye regler vil kystnationerne kunne tage ejerskab over store dele af disse områder, og dermed få retten til at udnytte de ressourcer, f.eks. olie eller mineraler, som områderne måske rummer.

## **Frist på ti år**

I 2004 ratificerede Folketinget FN's Havretskonvention, og dermed har Danmark fået frist indtil 16. december 2014 – præcis ti år fra ikrafttrædelsesdagen – til at fremsætte krav om en udvidelse af retten til havbunden ud

>>

## SÅDAN BEREGNES DE NYE GRÆNSER

Den internationalt anerkendte beregningsmetode opererer med to udvidelseslinjer og to begrænsningslinjer.

Den ene udvidelseslinje, Hedberglinjen, er den linje, der følger foden af kontinentalskråningen i en afstand af 60 sømil længere ude.

Den anden, Gardinerlinjen eller sedimentformlen, afgrænser det område, hvor havbundens aflejringers tykkelse mindst er en procent af afstanden til foden af kontinentalsokkelskråningen.

Den af de to linjer, der er længst fra kysten, udgør formellinjen.

Metoden involverer også to begrænsningslinjer: en grænse ved 350 sømil fra kysten og en begrænsningslinje, der ligger 100 sømil længere ude end det sted, hvor havdybden når 2.500 meter. Den samlede begrænsningslinje udgøres af den af de to linjer, der ligger længst væk fra kysten.

Det endelige resultat består af en kombination af begrænsningslinjen og udvidelseslinjen, hvor formellinjen gælder, hvis den ligger tættere på kysten end begrænsningslinjen, mens begrænsningslinjen gælder derudover.

Derudover gælder en række specielle regler for undersøiske bjergrygge.

- >> over grænsen på 200 sømil. For selve Danmark er der ganske vist ikke nogen udvidelsesmuligheder, men ud for Færøernes og Grønlands kyster ligger store områder, som kan komme i spil.

Kyststaternes krav skal fremsættes på baggrund af en beregningsmetode, der er baseret på en lang række målinger og dataindsamlinger (se boks). Derfor er et omfattende forskningsprojekt, Kontinentalsokkelprojektet, nu i gang med at indsamle data fra fem områder, hvor Rigsfællesskabet forventer at kunne udvide retten til ressourcer på og under havbunden. De



FOTO: BENJAMIN NEEL

fem områder er et område nord for Færøerne, et område ved Kap Farvel sydvest for Grønland, et stort område syd for Færøerne, et område ud for Nordøstgrønlands kyst samt et område i Det Arktiske Ocean nord for Grønland. Det sidstnævnte område omfatter bl.a. Nordpolen.

### Havbunden scannes

For at et land kan fremsætte krav om havområderne, skal havdybden og de geologiske strukturer, herunder tykkelsen af sedimentlagene under havbunden, være kendt. Sammen med GEUS, Farvandsvæsenet, det færøske direktorat for jord og energi, Jarðfeingi, og ASIAQ – Grønlands Forundersøgelser, arbejder forskere fra DTU Space på at indsamle de data, der kan vise, at kongeriget Danmark efter de vedtagne regler er langt større, end det regnes for i dag.

Vicedirektør Niels Andersen, som leder DTU's indsats i projektet, fortæller: "For at man kan levere den nødvendige dokumentation, der skal til, for at Rigsfællesskabet kan gøre krav på områderne, indsamles store mængder bathymetriske data, dvs. data om havdybden. Disse målinger foretages fra skib med flerstråle-ekkolod, som dækker et bredt, vifteformet område af havbunden og giver et meget detaljeret tredimensionelt billede af den. På baggrund af disse data kan man både bestemme, hvor kontinentalskråningens fod (den såkaldte foot of slope) befinder sig, og man kan afgøre, hvor 2.500 m-dybdekurven løber."

### Seismiske undersøgelser

Målingerne med ekkolod giver dog ikke tilstrækkelige data i forhold til retningslinjerne. For at man kan tegne

de resterende afgrænsningslinjer, er det også nødvendigt at vide noget om sammensætningen af havbunden:

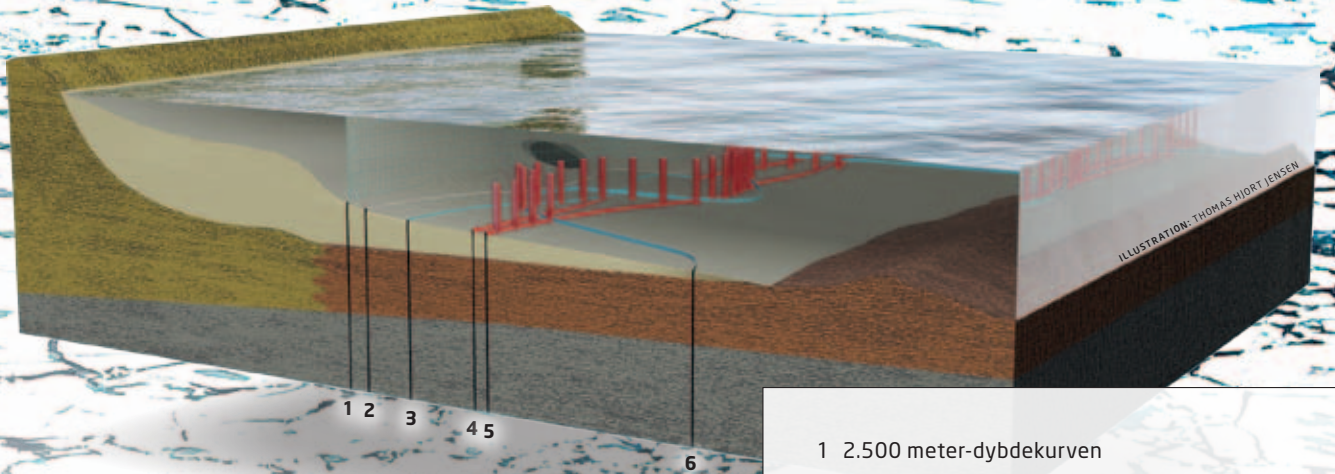
"Foruden de bathymetriske data indsamles også refleksionsseismiske data fra skibe, hvor flydende trykluftkanoner sender lydbølger ned i undergrunden, så dens struktur kan afklares. Disse data benyttes til at afgøre, hvor tykt sedimentlaget under havbunden er. Dette skal kendes ret præcist for at kunne afgøre, hvor man møder en anden udvidelseslinje, Gardinerlinjen," forklarer Niels Andersen.

### Forarbejde fra luften

Da det både er meget omkostnings- og tidskrævende med skib at foretage de præcise opmålinger af havbunden, er det ikke realistisk at indsamle detaljerede data fra hele det område, der er i spil. Et af kravene i Havretskonventionen består i, at der højst må være 60 sømil mellem de punkter, der afgrænser det udvidede område af havbunden. DTU Space har foretaget overflyvninger af områderne og leverer gravimetriske data, det vil sige tyngdekraftsmålinger, der kan fortælle om sammensætningen og især koncentrationen af sediment under havbunden. På baggrund heraf kan man give et mere kvalificeret bud på, hvor det er mest hensigtsmæssigt at lægge de mere detaljerede bathymetriske og seismiske målinger, således at det område, der kan gøres krav på, bliver så stort som muligt.

### Ekspertberegninger på dobbeltkrumme flader

Et andet felt, hvor DTU Space leverer ekspertviden til Kontinentalsokkelprojektet, er på det geodætiske område: "Når vi beregner de ydre afgræns-



ninger på baggrund af de indsamlede data, foregår det som beregninger på en dobbeltkrum flade, nemlig jordoverfladen. Og det kræver, at alle referencesystemer er helt nøjagtige, og at beregningssystemerne er konsistente. Som geodæter er det noget, vi kan,” fastslår Niels Andersen med et smil og uddyber: ”Vi er med andre ord rigtig gode til at beregne koordinater, og det er derfor vi er med som hovedrådgiver og eksperter på det område.”

#### Et dyrt projekt

Danmark har sammen med Færøerne sat 350 mio. kr. af til projektet. Niels Andersen forklarer, hvorfor projektet er så omkostningstungt: ”Der er meget strenge krav i Havretskonventionen om, at det, man lægger frem til bedømmelse, skal være observerede data – der må ikke ligge nogen modeller til grund. Det betyder, at vi er nødt til at tage ud og foretage målinger præcis de steder, hvor vi mener, at den naturlige forlængelse af kontinentalsoklen strækker sig ud til, også selv om det er på meget ufremkommelige steder som f.eks. i Polarhavet nord for Grønland. Det er både udfordrende og dyrt at indsamle de data, der skal til. Kravene

er i øvrigt også meget strenge mht., hvornår og med hvad disse data er optaget. Alt skal oplyses!”

#### Enorm datasamling

Noget af det specielle ved projektet er data-infrastrukturen. Helt fra projektets spæde start blev der designet en datamodel, som omfatter dataindsamling, kvalitetssikring, beregning og projektstyring bundet sammen i et sikret, web-baseret miljø, så alle data kan tilgås af alle projektdeltagerne, uanset hvor de befinder sig i verden. Al information fra projektet samles således i en og samme database, som dermed rummer alt fra de rå målingsdata til den endelige, færdigformulerede kravfremsættelse til FN. Niels Andersen, der var ansvarlig for opbygning af data-infrastrukturen, fortæller: ”Det at have gennemtænkt og beskrevet processer og kvalitetssikring helt fra starten af har vist sig uhyre effektivt for projektet, ikke ulig de erfaringer, vi har i DTU Space med bygning af instrumenter til satellitter.”

#### En langvarig proces

29. april 2009 blev den første kravfremsættelse fra Rigsfællesskabet afle-

- 1 2.500 meter-dybdekurven
  - 2 Kontinentalsoklens fod (foot of slope)
  - 3 Første udvidelseslinje: Hedberglinjen (kontinentalsokkel-linjen + 60 sømil)
  - 4 Første begrænsningslinje (350 sømil fra kysten)
  - 5 Anden begrænsningslinje
  - 6 Anden udvidelseslinje - Gardinerlinjen eller sedimentformlen
- De røde søjler angiver den endelige placering af kontinentalsoklens nye ydre grænse.

veret til Kommissionen for Kontinentalsoklens Grænser. Kravfremsættelsen fylder hele 15.000 sider og drejer sig om et område på ca. 88.000 kvadratkilometer nord for Færøerne.

Der går dog en rum tid, før brugsretten til havbundens ressourcer for de konkrete områder bliver forankret internationalt: Da der er mange kyststater, der er interesserede i at gøre deres krav gældende, er der i øjeblikket en ventetid på syv år på at få kravet behandlet hos Kommissionen.

Kommissionen vurderer i øvrigt udelukkende, om en individuel kyststats krav overholder Havretskonventionens regler. Hvis flere nationer har veldokumenterede, overlappende krav til et havbundsområde, vil grænse-dragningen alene være et forhandlingsanliggende mellem de givne nationer og kan til sidst ende ved Den Internationale Domstol i Haag. <

# HAVBUNDENS LEVENDE RESSOURCER

Den farmaceutiske branche kigger nysgerrigt med, når havbunden undersøges.

THOMAS HJORT JENSEN >

Udvidelsen af kyststaternes ejerskab til et større område gælder udelukkende havbunden og det, der måtte gemme sig under den. Hvad der befinder sig af ressourcer i havet, reguleres af de internationale fiskeriaftaler, og dem ændres der ikke på i denne forbindelse. Men foruden adgangen til de olie-, naturgas- og mineralressourcer, som måske gemmer sig i undergrunden, kan der på havbunden skjule sig interessante enzymer, som især den farmaceutiske industri kan bruge, enzymer med eftertragtede egenskaber, og adgangen til disse kan resultere i forbedrede produkter og dermed markedsfordele.

Enzymer er proteiner, der fungerer som katalysatorer for en stor del af de kemiske reaktioner, der foregår i levende celler. I dag benyttes enzymer i stor udstrækning industrielt, bl.a. ved fremstilling af ost og øl i levnedsmiddelindustrien, ved vævning i tekstilindustrien, for en stor dels vedkommende i vaskemiddelindustrien og til fremstilling af f.eks. semisyntetiske penicilliner. Men

potentialet for industriel anvendelse af enzymer er enormt – det handler bare om at finde enzymer, der har de helt rigtige egenskaber. Det forskes der i over hele verden, og man har bl.a. for få år siden opnået gennembrud i kræftforskningen med gener fra brune mosdyr (*Bugula neritina*), som er et havlevende, svampelignende dyr.

## Ekspedition i Polarhavet

Nikolaj Blom, der er senior department manager hos Novozymes, er en af dem, der følger Kontinentalsokkelprojektet med interesse. Hans arbejde består netop i at lede efter nye enzymer, og han var i august 2009 gennem sin baggrund på DTU med på LOMROG II-togtet, der bidrog med værdifulde data fra Polarhavet til Kontinentalsokkelprojektet. På togtet blev kendskabet til områderne Amundsen Bassin og Lomonosov-ryggen, som ellers er sparsomt, udbygget som følge af de nye bathymetriske, gravimetriske og seismiske målinger.

## Iskolde mikroorganismer

Nikolaj Bloms interesse for togtet angik i høj grad de mikroorganismer, der lever på og nær havbunden. De lever nemlig under de ekstreme forhold langt under havoverfladen ved temperaturer under frysepunktet, med høj saltkoncentration og meget varierende iltforhold. For ham er det især indholdet af de prøver, han undervejs fik hentet op fra havbunden, der gjorde turen spændende:

”Der har været indsamlet biologiske prøver de sidste ca. 50 år, men man fo-

kuserer i stigende grad på prøverne fra de mere ekstreme miljøer, f.eks. i varme kilder eller på bunden af ishavet. Bakterier og andre mikroorganismer, der formår at klare sig der, har nemlig udviklet særlige evner, der gør dem i stand til at overleve under forhold, hvor alt andet dør. Studier af de organismer kan give os nøglen til at forstå og måske efterligne disse egenskaber, så vi kan give de enzymer, vi bruger i produktion eller hjemme i vaskemaskinen, bedre kvaliteter og vilkår i de processer, som de anvendes i. Det kan f.eks. konkret betyde, at organismene fra bunden af havet ved Nordpolen kan hjælpe os til at få vaskepulveret til at vaske rent ved meget lavere temperaturer. Og det skåner miljøet.” Havbundsprøverne fra togtet analyseres i øjeblikket af forskere fra DTU og Københavns Universitet.

I Nikolaj Bloms optik kan især forskellene i de optagne prøver fra LOMROG II-togtet gøre Kontinentalsokkelprojektet interessant, for hvis det viser sig, at der er stor variation i indholdet af havbundsprøver, der er taget med f.eks. 100 km's afstand, vil det blive interessant, om adgangen til havbunden ender med at tilhøre Rigsfællesskabet.

I disse år er der en stigende opmærksomhed på det forhold, at man skal have indhentet en tilladelse fra det land, der har jurisdiktion over området, inden man tager ud og henter prøver hjem. På baggrund af den såkaldte Rio-konvention, Konventionen om Biologisk Diversitet, risikerer man nemlig at blive stempet som 'biopirat', hvis man ikke har indhentet de tilstrækkelige tilladelser. <

Nikolaj Blom fra Novozymes deltog i LOMROG II-togtet, hvor han indsamlede data om havbundens mikroorganismer.



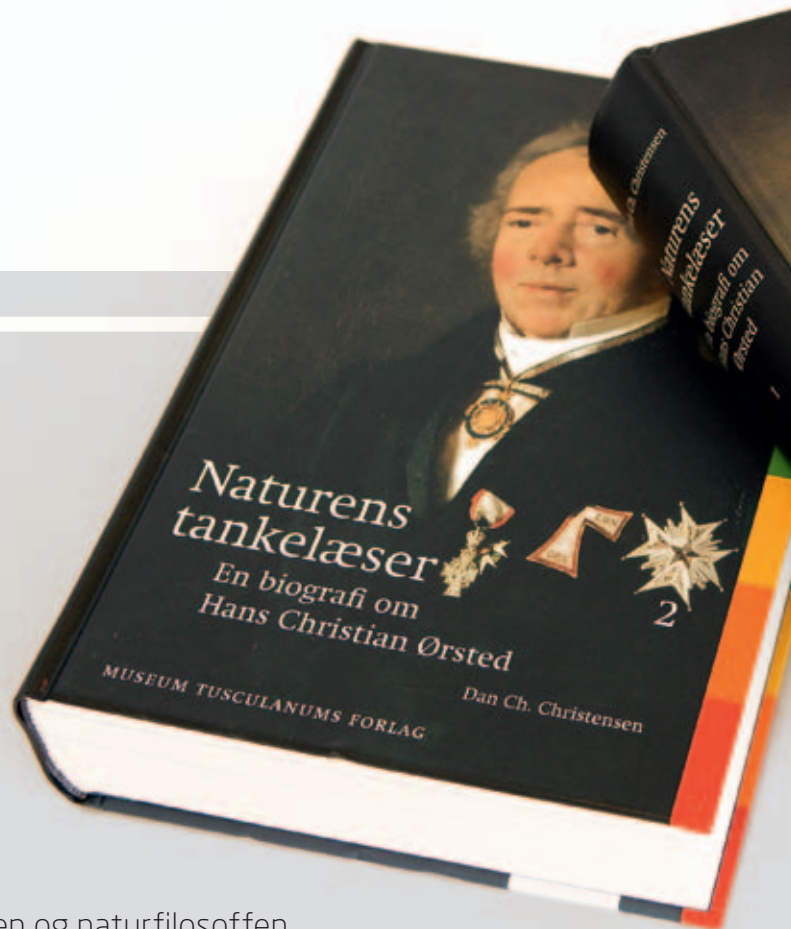
FOTO: THOMAS HJORT JENSEN

# DET SKER PÅ DTU



TID OG STED	AKTIVITET	ARRANGØR	INFO
3. marts Kl. 13-14 Building 305, room 31 DTU Campus	<b>Seminar</b> Salient features of a great scientist. A comparison between H.C. Ørsted and Niels Bohr	DTU Teknologihistorie	<a href="http://www.fys.dtu.dk">www.fys.dtu.dk</a>
9. marts Kl. 8.45 Bygning 101, mødelokale S01 DTU Campus	<b>Fysiklærerdag</b> Fysiklærerdag på DTU 2010	DTU Fysik	Dorte Glass <a href="mailto:dorte.glass@fysik.dtu.dk">dorte.glass@fysik.dtu.dk</a>  <a href="http://www.fys.dtu.dk">www.fys.dtu.dk</a>
10. marts Kl. 9-10.30 Building 424, room 131 DTU Campus	<b>Workshop</b> CFM Morning Meeting Topic and presenter to be announced	Centre for Facilities Management	Susanne Balslev Nielsen <a href="mailto:sbni@man.dtu.dk">sbni@man.dtu.dk</a>  <a href="http://www.cfm.dtu.dk">www.cfm.dtu.dk</a>
15. april Kl. 11-13 Oticonsalen DTU Campus	<b>DTU RoboCup</b> Finale	DTU Elektro	<a href="mailto:robocup@elektro.dtu.dk">robocup@elektro.dtu.dk</a>  <a href="http://www.dtu.dk/subsites/robocup">www.dtu.dk/subsites/robocup</a>
19.-23.april Risø DTU Roskilde	<b>Conference</b> The third annual summit on OPV stability, ISOS-3	Risø DTU	Eva Bundgaard <a href="mailto:evbu@risoe.dtu.dk">evbu@risoe.dtu.dk</a>  <a href="http://www.risoe.dtu.dk">www.risoe.dtu.dk</a>
7. maj Bygning 101 DTU Campus	<b>DTU's årsfest 2010</b>	DTU i samarbejde med Polyteknisk Forening	Niels Grolin <a href="mailto:ng@adm.dtu.dk">ng@adm.dtu.dk</a>
17.-18. maj DTU Campus	<b>Workshop</b> Co-catalysts in photochemical fuel production	CASE, Catalysis for Sustainable Energy	Anne Hansen <a href="mailto:anne.hansen@fysik.dtu.dk">anne.hansen@fysik.dtu.dk</a>  <a href="http://www.case.dtu.dk">www.case.dtu.dk</a>
19.-21. maj IDA Conference Centre Copenhagen	<b>Conference</b> The first International Vitamin Conference	DTU Fødevareinstituttet	Jette Jakobsen <a href="mailto:jeja@food.dtu.dk">jeja@food.dtu.dk</a>  <a href="http://www.food.dtu.dk">www.food.dtu.dk</a>
16.-17. juni 2010 Oticonsalen DTU Campus	<b>Konference</b> Dansk KemiingeniørKonference 2010	DTU Kemiteknik	Lisbeth Degn, <a href="mailto:ld@kt.dtu.dk">ld@kt.dtu.dk</a>  <a href="http://www.kt.dtu.dk">www.kt.dtu.dk</a>

# NATURENS TANKELÆSER



Et kæmpeværk om DTU's grundlægger, fysikeren og naturfilosoffen H.C. Ørsted er netop udkommet. Vi anmelder den store biografi.

JAN TAPDRUP >

Hans Christian Ørsted (1777-1851) er verdenskendt – i hvert fald i Danmark – for sin opdagelse af elektromagnetismen. Og så kender vi ham som den førende kraft bag oprettelsen af Den Polytekniske Læreanstalt, senere DTU. Men Ørsteds virke var langt bredere end hans virke som fysiker og direktør for Læreanstalten. Hans interesser strakte sig over emner som æstetik, filosofi, pædagogik, politik, digtekunst og religion. Ørsted tilføjede desuden mange ord til det danske sprog. Ikke blot videnskabelige betegnelser som 'ilt', 'kulstof' og 'brint' kan vi takke Ørsted for, men et ord som 'ildsjæl' bidrog han også med. Netop denne betegnelse kunne man også med rette bruge om ham selv.

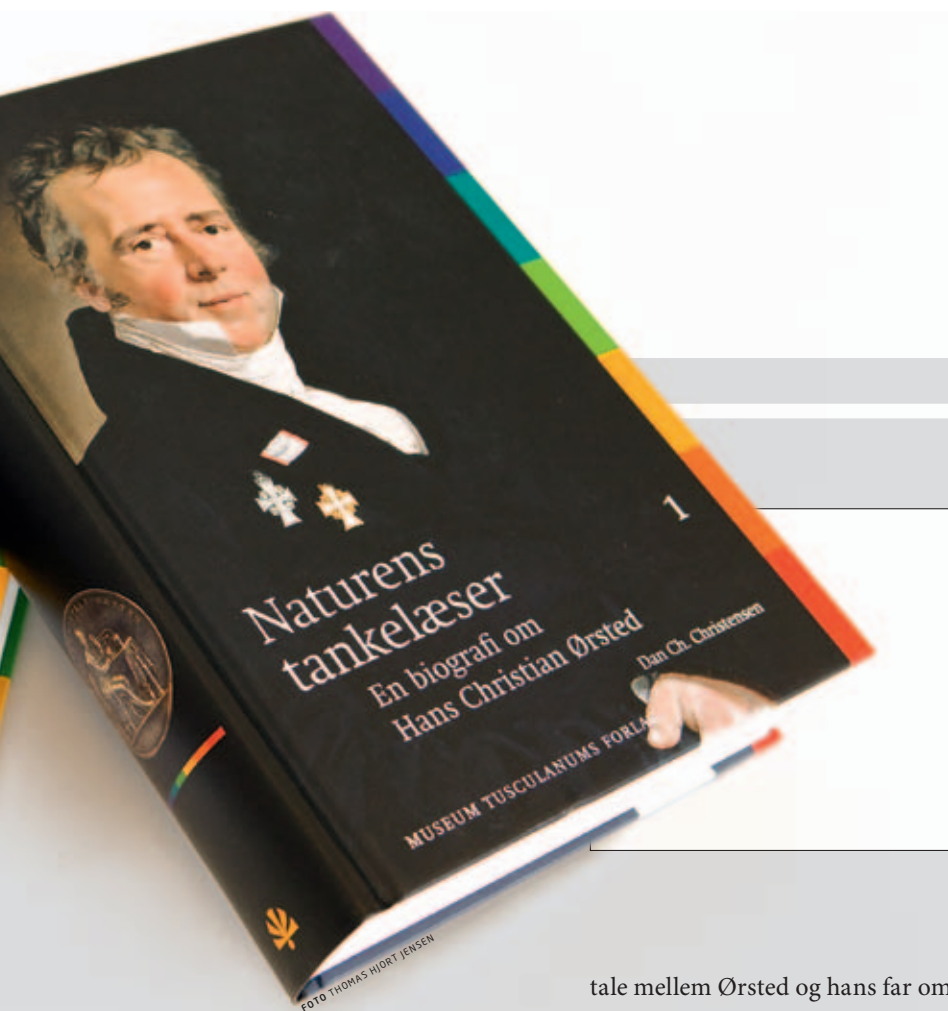
Er det virkelig muligt at skrive hele 1210 interessante sider om Ørsted? Både ja og nej. Bogen kunne have væ-

ret meget kortere, hvis den kun omhandlede Ørsted. Men forfatteren, Dan Ch. Christensen, beskriver ikke blot Ørsteds liv. Han formår samtidig at give et detaljeret og levende billede af Ørsteds samtid. Man føler næsten, at man kigger Ørsted over skulderen, når man eksempelvis er med på gåture i det gamle København. Bogens detaljerighed og sprudlende sprog gør den lang, men samtidig fængende og læseværdig.

## Elektromagnetismen - en tilfældighed?

Den fortællende stil er både biografens force og dens akilleshæl. I videnskabshistoriske kredse har Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen været diskuteret i mange år. Var det en tilfældighed, at Ørsted opdagede sammenhængen mellem elektricitet og magnetisme? Hans naturfilosofiske holdnin-

ger, der tog udgangspunkt i Kants dynamiske naturmetafysik, gav ham et naturligt grundlag for at lede efter en sammenhæng. Ørsted eftersøgte flere gange, første gang i 1803, eksperimentelt og på anden vis de elektromagnetiske sammenhænge. I april 1820 holdt han forelæsning om elektricitet, galvanisme og magnetisme. Om dette skriver Dan Ch. Christensen i bogen: "... selv havde han vaklet frem og tilbage, angst for at løbe ind i en ny skuffelse (som tidligere i Paris) og tabe ansigt i det fornemme selskab. Men som aftenen skred frem, følte stemningen tryk, og han fik mod til at gennemføre forsøget. Heldigvis svarede udfaldet til forventningen, men kompasnålen rystede kun lidt, og Ørsted turde ikke definitivt afgøre, om udslaget var en tilfældighed eller en nødvendighed." (s. 614).



## NATURENS TANKELÆSER

En biografi om Hans Christian Ørsted  
Af Dan Ch. Christensen

2 bind, 1210 sider

ISBN: 978 87 635 2524 4

Museum Tusulanums Forlag 2009

Vejl. pris: 498 kr. (398 kr. på [www.mtp.dk](http://www.mtp.dk))

Christensen begrunder herefter, hvorfor det først var den 21. juli, den banebrydende opdagelse blev offentliggjort, nemlig på grund af Ørsteds mange arbejdsopgaver. Tidligere har historikere som nævnt været meget tilbageholdende med at komme med et definitivt bud på, hvorvidt elektromagnetismen blev opdaget ved et tilfælde. Den eneste kilde til viden om dette er, hvad Ørsted selv skrev langt senere – i 1830. Her bemærker Ørsted, at han gættede på, at hvis det var muligt for en elektrisk strøm at frembringe en magnetisk virkning, kunne dette ikke ske i strømmens retning. Han skrev selv, at ”under forelæsningsforekomsten sandsynligheden for et heldigt udfald ham stærkere, så han foretog det første eksperiment i tilhørernes nærvær”. Ørsteds egen beskrivelse er altså ikke nær så detaljeret som Christensens. Et andet eksempel er, hvor Christensen gengiver en længere sam-

tale mellem Ørsted og hans far om opdagelsen af elektromagnetismen. Eneste kildemateriale til denne samtale er en regning på en dram indtaget i Dyrehaven. Ørstedbiografien er vitterlig baseret på et stort kildemateriale, men ovenstående eksempler kan give anledning til bekymring om, hvorvidt der findes tilstrækkeligt kildemæssigt grundlag for det, der skrives. Har storytelling her fået overtaget over biografisk-historisk nøjagtighed? Man fristes til at citere, hvad der engang blev sagt om en anden stor historiefornidler, Palle Lauring: ”Hvad Palle Lauring ikke ved om danmarkshistorien ... finder han selv på.”

### Trængsler og succeser

Under alle omstændigheder tager bogen læseren med på en spændende rejse i Ørsteds liv. Vi følger hans opvækst i Rudkøbing, studenterlivet i København, udlandsrejserne, de politiske kampe og det videnskabelige arbejde med klangfigurer, vands sammentrykkelighed og isoleringen af aluminium. Hans kærligheds- og hjemmeliv be-

skrives også levende og følsomt. Sidstnævnte inkluderer venner og protegés som Adam Oehlenschläger, Johan Ludvig Heiberg, Carsten Hauch og H.C. Andersen. Vi hører om Ørsteds trængsler og succeser. Gennem hele værket fremstilles han som et helhedstænkende menneske. Dette er velbegrunderet, og biografens forfatter kritiserer med rette tidligere positivistiske Ørstedbiografier, der adskilte de naturvidenskabelige fra de æstetiske, filosofiske og religiøse tanker. Dette er ifølge Christensen et forkert billede af Ørsted. Verden og den menneskelige fornuft hang naturligt sammen for Ørsted, og det gør det også i Christensens fremstilling.

Ørsted beskrives som en frygtindgydende ambitiøs, entreprenant og original skikkelse i dansk forskning og kulturliv. Det samme gælder biografien: Den er et frygtindgydende ambitiøst, entreprenant og originalt bidrag til dansk forskning og kulturliv. Den er et hovedværk, som alle Ørstedforskere i fremtiden må forholde sig til. <

DTU ledes af bestyrelsen og rektor. Bestyrelsen er øverste ledelsesniveau, og den daglige drift varetages af rektor, der leder direktionen. Hvert af DTU's institutter ledes af en institutdirektør.

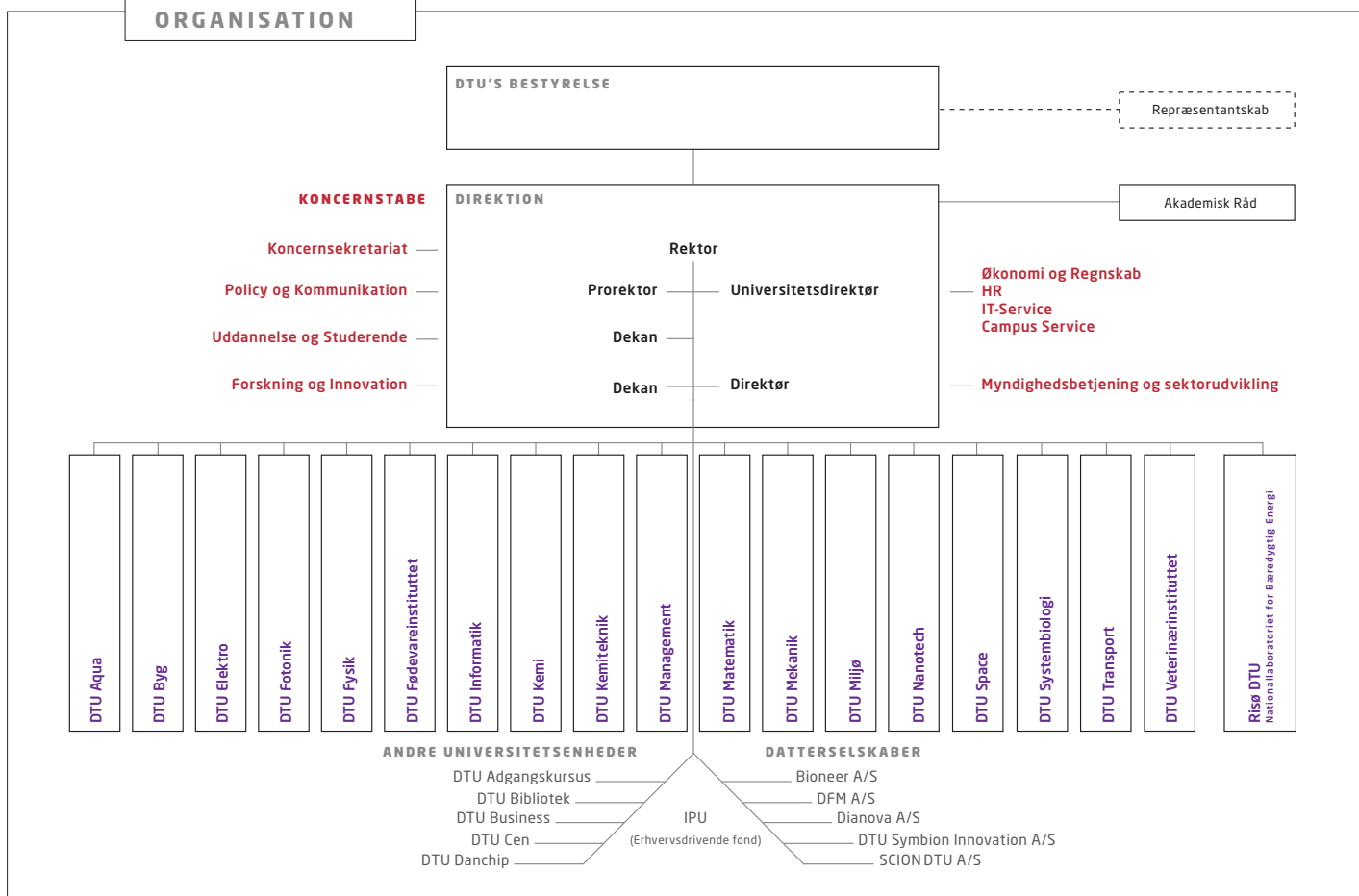
### BESTYRELSE

Sten Scheibye (formand), Daniel Kunisch Eriksen, Anette Frøhling, Greta Jakobsen, Klavs F. Jensen, Erik Bisgaard Madsen, Birgit W. Nørgaard, Rasmus Schmidt Olsen, Ulla Röttger, Peter Szabo.

### DIREKTION

Rektor Lars Pallesen, prorektor Knut Conradsen, universitetsdirektør Claus Nielsen, direktør for myndighedsbetjening og sektorudvikling Niels Axel Nielsen, dekan for kandidat- og ph.d.-uddannelserne samt internationalisering Martin P. Bendsøe, dekan for bacheloruddannelserne og studiemiljø Martin E. Vigild.

### ORGANISATION

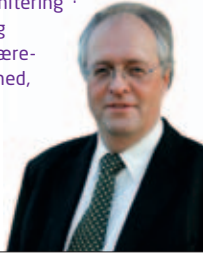




**DTU Aqua** · Institut for Akvatiske Ressourcer

Bæredygtig udnyttelse af havets og de ferske vandes levende ressourcer · Populations- og økosystemdynamik · Monitoring · Bestandsvurdering og -prognoser · Fiskeriteknologi og miljøskånsomme redskaber · Metoder og systemer til bæredygtig akvakulturproduktion · Fiskeprodukters sikkerhed, kvalitet og holdbarhed · Kvalitetssikringsystemer og sporbarhed · Forvaltning af rekreativt fiskeri · Forskningsbaseret rådgivning til Fødevarerministeriet og andre offentlige myndigheder

**FRITZ KÖSTER**, konstitueret institutdirektør  
fwk@aqua.dtu.dk · Tlf. 21 36 28 05

**DTU Fysik** · Institut for Fysik

Eksperimentel overflade- og nanomaterialefysik · Teoretisk atomar-skala fysik · Katalyse og energiteknologi · Biofysik og komplekse systemer · Kvantefysik og informationsteknologi · Optik

**HANS L. SKRIVER**, institutdirektør  
skrivers@fysik.dtu.dk · Tlf. 45 25 31 76

**DTU Byg** · Institut for Byggeri og Anlæg

Bygningsprojektering · Bygningsdesign · Konstruktioner i beton, stål, træ, glas og tegl · Byggematerialer · Geoteknik og ingeniørgeologi · Brandteknik · Bygningsinstallationer, -fysik og -energi · Solvarme · Indeklima · Digitalt byggeri · Arktisk teknologi

**HENRIK STANG**, konstitueret institutdirektør  
hs@byg.dtu.dk · Tlf. 45 25 17 35

**DTU Fødevarerinstitutionen** · Fødevarerinstitutionen

Forskning inden for mikrobiologisk og kemisk fødevarerisiko, fødevarerisiko- og processer, human ernæring, toksikologi samt miljø og sundhed · Risikovurdering og rådgivning for myndigheder og erhverv · Overvågning og diagnostik · Uddannelse og træning · Nationalt og internationalt referencelaboratorium for bl.a. EU og Verdenssundhedsorganisationen · Nationalt fødevarerisikoberedskab

**HENRIK CASPAR WEGENER**, institutdirektør  
hcwe@food.dtu.dk · Tlf. 35 88 77 01

**DTU Elektro** · Institut for Elektroteknologi

Antenner og feltteori · Mikrobølgeteknologi · Fysisk elektronik · Effektelektronik · Automation · Robotteknik · Industriel it · Styling og regulering · Elteknologi · Elektrisk energiforsyning · Medikoteknik · Ultralydbilleddannelse · Akustisk miljø · Audiologi og elektroakustik · Playware

**KRISTIAN E. STUBKJÆR**, institutdirektør  
krs@elektro.dtu.dk · Tlf. 45 25 36 54

**DTU Informatik** · Institut for Informatik og Matematisk Modellering

Scientific computing · Matematisk statistik · Billedanalyse og computergrafik · Intelligent signalbehandling · Software engineering · Indlejrede systemer · System-on-Chip · Sikre og pålidelige it-systemer · Modellering og analyse af it-systemer · Algoritmik, logik og vidensbaserede systemer · Mobilservices · Menneske/maskine-interaktion

**HELLE ROOTZÉN**, institutdirektør  
hero@imm.dtu.dk · Tlf. 45 25 33 70

**DTU Fotonik** · Institut for Fotonik

Kommunikationsteknologi · Billed- og linjekodning samt modulation · Netværk og teletrafikteori · Systemer, optisk kommunikation · Optiske lysledere og specialfibre · Optisk signalbehandling, ulineær optik · Nanofotonik, optisk karakterisering, kvanteoptik · Biomedicinske og industrielle anvendelser af optik · Optiske sensorer og sensorsystemer · Energibesparelser med diodelys · Lasersystemer (diodelasersystemer) · Optiske materialer og tyndfilm

**ANDERS BJARKLEV**, institutdirektør  
aobj@fotonik.dtu.dk · Tlf. 45 25 38 09

**DTU Kemi** · Institut for Kemi

Bæredygtig kemi: katalysatorer, miljøvenlig og ressourceeffektiv kemi ud fra fornybare materialer, organisk syntese · Kemi på grænsen til biologi: metalloproteiner, computermodellering, lægemidler · Kemi i fremtidens energisamfund: brændselsceller, fornybare brændstoffer, brintlagring, røggasrensning · Nano- og femtokemi: elektrokemi og elektronik med enkeltmolekyler, scanning-probe mikroskopi, kemisk dynamik · Analyse: kvalitetssikring, retskemi, proceskontrol

**OLE W. SØRENSEN**, institutdirektør  
ows@kemi.dtu.dk · Tlf. 45 25 24 06



**DTU Kemiteknik** · Institut for Kemiteknik

Kemisk og biokemisk processteknik ·  
 Matematisk modellering og modelanalyse ·  
 Separationsprocesser · Teknisk termodynamik ·  
 Reaktionsteknik · Enzymteknologi · Katalyse og bio-  
 katalyse · Forbrænding og forebyggelse af forurening ·  
 Procesregulering og -simulering · Miljøbeskyttelse ·  
 Polymerer · Olie- og gasteknologi · Design af  
 kemiske og bioteknologiske produkter

**KIM DAM-JOHANSEN**, institutdirektør  
 kdj@kt.dtu.dk · Tlf. 45 25 28 45

**DTU Miljø** · Institut for Vand og Miljøteknologi

Vandressourcer: Hydrologi, geokemi, geofysik, jordforurening ·  
 Vand i byer: vandforsyning, byernes vand, spildevandsrensning ·  
 Residuale ressourcer: fast affald, bioenergi ·  
 Mælkemiljø og miljømikrobiologi: økotoxikologi og mælkemiljø,  
 analytisk mælkemiljø, mikrobiel økologi, nano-risk

**MOGENS HENZE**, institutdirektør  
 moh@env.dtu.dk · Tlf. 45 25 14 77

**DTU Management** · Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse

Innovation · Produktudvikling og konstruktion ·  
 Operationsanalyse · Operationsmanagement ·  
 Byggeledelse · Fremsyn og innovation ·  
 Sikkerhed og pålidelighed · Teknologi,  
 organisation og arbejde ·  
 Bæredygtighed

**PER LANGAA JENSEN**, institutdirektør  
 per.langaa@man.dtu.dk · Tlf. 45 25 60 31

**DTU Nanotech** · Institut for Mikro- og Nanoteknologi

Mikro- og nanoteknologi · Bioteknologi · Processteknologi ·  
 Teoretisk nanoteknologi · Mikroelektromekaniske systemer ·  
 Optiske sensorer · Biosensorer · Mikro- og nanostrukturering  
 af polymerer · Miniaturiserede sensorer og aktuatorer ·  
 Biomedicinske mikrosystemer · Mikro- og nanofluidik

**MOGENS RYSHOLT POULSEN**, institutdirektør  
 mogens.poulsen@nanotech.dtu.dk · Tlf. 45 25 57 57

**DTU Matematik** · Institut for Matematik

Geometri · Dynamiske systemer · Kodningsteori ·  
 Kryptologi · Topologioptimering · Anvendt  
 funktionalanalyse · Computerstøttet undervisning ·  
 Forskningsformidling og didaktik ·  
 MATEMATICUM, det matematiske inspiratorium

**MICHAEL PEDERSEN**, institutdirektør  
 m.pedersen@mat.dtu.dk · Tlf. 45 25 30 45

**DTU Space** · Institut for Rumforskning og -teknologi

Nationalt center for rumforskning, geodæsi og rumfarts-  
 teknologi med tilhørende myndighedsbetjening, især i forhold  
 til Danmarks medlemskab af European Space Agency (ESA) ·  
 Astrofysik og planetfysik · Observation og overvågning af  
 Jorden · Klima og kryosfære · Tyngde- og magnetfelter ·  
 Geodætiske referencemodeller · GPS/GALILEO · GIS ·  
 Satellitmissioner og måleinstrumenter (optisk, radar,  
 røntgen og magnetisk)

**EIGIL FRIIS-CHRISTENSEN**, institutdirektør  
 efc@space.dtu.dk · Tlf. 35 32 57 07

**DTU Mekanik** · Institut for Mekanisk Teknologi

Statik og dynamik · Faststofmekanik og materialer ·  
 Fluidmekanik · Energikonvertering og energisystemer ·  
 Fremstillingsmetoder og -processer · Maskinelementer og  
 konstruktion · Maritime konstruktioner og vandbygning

**HENRIK CARLSEN**, institutdirektør  
 hc@mek.dtu.dk · Tlf. 45 25 41 71

**DTU Systembiologi** · Institut for Systembiologi

Medicinsk biologi · Industriel bioteknologi ·  
 Bioinformatik · Systembiologi · Cellen som kemisk fabrik ·  
 Mikrobiologi · Molekylærbiologi · Kemisk biologi ·  
 Nutrigenomics · Immunologi · Enzymteknologi ·  
 Fødevarerbioteknologi og -sikkerhed · Biobrændstoffer

**OLE FILTENBORG**, institutdirektør  
 of@bio.dtu.dk · Tlf. 45 25 26 20



**DTU Transport** · Institut for Transport

Trafikplanlægning · Transportøkonomi og -politik · Modellering af trafik og trafikantadfærd · Trafiksikkerhed og trafikpsykologi · Beslutningsmodeller og vurderingsmetoder · Logistik og Transportoptimering · Intelligente transportsystemer og Trafikinformatik · Bæredygtig transport · Kollektiv trafik og jernbaner · Netværksdesign og fremkommelighed



**NIELS BUUS KRISTENSEN**, institutdirektør  
nbu@transport.dtu.dk · Tlf. 45 25 65 01

**DTU Bibliotek** · Danmarks Tekniske Informationscenter

DTU's center for videnskabelig informationsforsyning, informationshåndtering og informationskompetencer · Danmarks nationale tekniske informationscenter · Fungerer både som moderne universitetsbibliotek og som center for håndtering af universitetets egen forskningsinformation · Centerets information formidles og håndteres primært i digital form, men også på basis af trykte samlinger.



**MOGENS SANDFÆR**, direktør  
ms@dtic.dtu.dk · Tlf. 45 25 73 11

**DTU Veterinærinstituttet** · Veterinærinstituttet

Forskning og udvikling af diagnostiske tests og vacciner, forskning i sygdomsudvikling, mikrobiologi, immunologi, vaccinologi og epidemiologi · Huser internationalt forskningscenter for veterinær epidemiologi (International EpiLab) · Nationalt og EU/OIE referencelaboratorium for husdyrsygdomme · Koordinerer den nationale overvågning af veterinær medicinanvendelse (Vetstat) · Ansvarlig for det laboratoriemæssige veterinære beredskab



**KRISTIAN MØLLER**, institutdirektør  
krmol@vet.dtu.dk · Tlf. 35 88 61 89

**DTU Business** · DTU Executive School of Business

Innovation · Forretningsudvikling · Lederskab · Corporate entrepreneurship · Kommercialisering · Techno-trends · Teknologiledelse · Strategisk problemløsning · Innovationsøkonomi · Service- og operationsledelse · Forandringsledelse · Virksomhedsudvikling · Globalisering · Værdiskabelse · Action learning · Peer coaching.



**SØREN SALOMO**, direktør  
soren@business.dtu.dk · Tlf. 45 25 61 10

**Risø DTU** · Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi

Forfølger nationale og internationale strategiske mål inden for bæredygtig energi · Klimateknologiske løsninger · Vindenergi · Brændselsceller og brint · Bioenergi og biomaterialer · Drivhusgasser og klimaeffekter · Solenergi · Fusionsenergi · Analyse af energisystemer · FN-center for energi, miljø og bæredygtig udvikling · Nationalt kompetencecenter for strålingsforskning og nukleare teknologier · Medicinske anvendelser af nukleare metoder



**HENRIK BINDSELEV**, direktør  
hebi@risoe.dtu.dk · Tlf. 46 77 46 02

**DTU Cen** · Center for Elektronnanoskopi

Transmissions- og skanning-elektronmikroskopi · Karakterisering af materialer på nanoniveau · In situ eksperimenter · Elektronoptik · Samarbejde med akademiske og kommercielle partnere



**RAFAL DUNIN-BORKOWSKI**, direktør  
rdb@cen.dtu.dk · Tlf. 45 25 64 65

**DTU Adgangskursus** · Adgangs- og Suppleringskurser

Adgangseksamen til ingeniøruddannelserne (et-årig adgangsgivende eksamen i fagene matematik, fysik, kemi, dansk og engelsk) · Supplerings af adgangsgivende eksamen (STX, HTX, HF mv.) i forbindelse med optagelse på en ingeniøruddannelse i fagene matematik, fysik og kemi.



**CHRISTIAN THUNE JACOBSEN**, leder  
ctj@adk.dtu.dk · Tlf. 45 25 56 63

**DTU Danchip** · Nationalt Center for Mikro- og Nanofabrikation

Nationalt rentrumslaboratorium · Mikro- og nanoteknologi · Akademisk og industriel adgang · Forskning og uddannelse · Udvikling og produktion · Teknologioverførsel og -konsultering · Sensorer · Mikro/nano-elektromekaniske systemer · Fluid systemer · Lab-on-a-chip · Optoelektronik



**JÖRG HÜBNER**, konstitueret direktør  
joerg.huebner@danchip.dtu.dk · Tlf. 45 25 57 62



# INGENIØR MED STORT I

FOTO: THORKILD CHRISTENSEN

Jørgen Bardenfleth anser sin ingeniørbaggrund for at være en ubetinget fordel i jobbet som Microsofts administrerende direktør i Danmark. Mød alumnen, der blev kandidat fra DTU for snart 30 år siden.

**METTE DAMGAARD SØRENSEN >**

”Jeg får myrekryb, når jeg hører direktører bryste sig af ikke at have en teknisk baggrund, fordi de så ikke forfalder til at blande sig i det tekniske. Det synes jeg er en lodret forkeret tankegang. Hvis man har den tekniske indsigt, har man også mulighed for at forstå forretningen bedre,” siger administrerende direktør i Microsoft Danmark Jørgen Bardenfleth. Og lad os slå

det fast med det samme: Bardenfleth er ingeniør med et ret stort i. Han bruger sin gamle faglighed til stadighed – både når det gælder udviklingen i eget hus, og når det gælder bestyrelsesarbejdet i f.eks. GN Store Nord. Det gør han blandt andet, når den kommercielle værdi af en ny type høreapparat eller et nyt stykke software skal vurderes. Og det er også her, han er aller-

mest på hjemmebane – i koblingen mellem det it-tekniske og det forretningsmæssige, kaldet commercialization of innovation.

#### **USA tur-retur**

At kandidaten fra DTU ikke skulle være renlivet ingeniør resten af sine dage, opdagede han i USA. Og USA opdagede han allerede i studietiden,

DTU er på rette vej med alumnearrangementerne, siger Jørgen Bardenfleth, der henter en del af sine medarbejdere på DTU.

da han med hjælp fra DTU og udvekslingsorganisationen IAESTE fik snuset til elektronikbranchen i Virginia hos General Electric. En oplevelse, som han er meget taknemmelig for, og som krævede et gensyn. Det fik han efter halvandet år hos firmaet Dansk Radio. Tilfældet ville, at den unge ingeniør under en messe stødte på et par amerikanere, der sagde de forløsende ord: 'Why don't you come over and work for us instead?' Og det gjorde Bardenfleth så. Først i et firma i Silicon Valley – et slaraffenland for en nybagt ingeniør – der fremstillede satellitkommunikationsudstyr. Og senere som udviklingsleder i Varian Associates, et high-tech-firma, der blandt andet udviklede kemiske analyseapparater. Her blev mødet med nogle af firmaets kunder noget af en åbenbaring.

"Jeg var med rundt i USA og møde de helt store firmaer, Monsanto, Eli Lilly, Merck\* og nogle af de andre store kunder. Og her oplevede jeg, at kunderne havde en masse meninger om tingene, og at man kunne være sammen om at definere nye produkter. Det arbejde foregik ovre i marketingafdelingen, så jeg bad om at blive flyttet derover," siger han. Det syntes virksomheden dog ikke var en god ide. Så i stedet valgte han at tage en MBA fra det californiske universitet UCLA, og inviterede derefter sin amerikanske hustru Deanna med hjem til Danmark, hvor han senere fik topstillinger i Hewlett-Packard og Intel. For godt

fem år siden landede han så i førersædet hos Microsoft Danmark.

#### Dit arbejde er ikke dit liv

At arbejde i et firma, som alle kender og næsten lige så mange har en holdning til, kræver sit. Derfor advarer direktøren også nye medarbejdere i Microsoft om, at de vil blive mødt med markante meninger. Om firmaets dominerende stilling på dele af softwaremarkedet eller om Windows Vistas herligheder – eller mangler.

"Man skal ikke være ømskindet her," siger direktøren selv.

Mere overraskende er det nok, at nye ansatte også bliver mødt med chens klare udmelding om, at de ikke skal arbejde for meget. Måske er det en af grundene til, at Microsoft i en årlig konkurrence – der koster firmaet det nette deltagergebyr af 45.000 kroner per gang – i flere omgange er blevet kåret til Danmarks bedste arbejdsplads.

"For sygefraværet er lavt i den danske afdeling," fortæller direktøren, der værdsætter hårdt arbejde; det skal bare ikke kamme over.

"Vi har ingen – ingen – interesse i, at medarbejdere går ned med stress. Det er hverken godt for dem selv, for familien eller for arbejdspladsen, der mister deres arbejdsindsats. Derfor siger jeg til nye medarbejdere, at de skal undgå at arbejde for meget. Også selv om deres arbejde er vanvittig spændende," siger han.

Men er det ikke ofte sådan, at ledelsen kan sige den slags, og alligevel bliver medarbejderne på en eller anden måde belønnet for at løbe lidt stærkere?

"Jo, det kan godt være sådan noget med, at 'det er meget godt, ledelsen siger sådan, men hvordan hænger det sammen i virkeligheden?' Derfor er det også meget vigtigt, at vi hele tiden finder måder at tackle det på, så der bliver balance mellem jobbet og det øvrige liv. Dit arbejde er ikke dit liv," pointerer Jørgen Bardenfleth.

Lederne i Microsoft skal derfor arbejde med at spotte problemerne og coache, behandle medarbejderne som individer med forskellige behov og så lave hyppige forventningsafstemninger.

#### Henter medarbejdere fra DTU

En del af Microsofts medarbejdere er – ikke overraskende – hentet blandt alumnerne fra DTU. Og apropos alumner, så var direktøren selv inviteret til at tale ved det seneste store alumnearrangement, Gensynsdagen 2009 på DTU.

"Jeg forberedte mig altså længe. Det var jeg nødt til, når jeg nu skulle tale for en masse gamle studiekammerater, der ved noget om tingene," siger han.

Men Bardenfleth drillede også DTU med, at han, dengang han selv blev kandidat, blot modtog en brun kuvert med sit eksamensbevis og en invitation til årsfesten – som i øvrigt kun de færreste alumner deltog i. Derfor mener direktøren også, at DTU nu er på

&gt;&gt;

\*) STORE, AMERIKANSK BASEREDE, MULTINATIONALE MEDICINAL- OG BIOTECH-VIRKSOMHEDER.

>> helt anderledes rette vej med sine alumnearrangementer.

”Kombinationen af at vise, hvad ens gamle universitet har gang i, ikke mindst for mulige aftagere af kandidater – og så samtidig lade gamle elever pleje netværk både fagligt og socialt, dét er en god idé,” mener han.

En gang om året mødes han selv med en flok studiekammerater fra dengang, tiden var til hulkort og 16 bit-mikroprocessorer. Nogle af ven-skaberne går helt tilbage til gymnasie-

tiden, hvor de byggede forstærkere sammen.

”Jeg tror faktisk, vi var rimelig flittige dengang på DTU. Jeg husker det som en god tid både fagligt og socialt. Det eneste var det dér med manglen på det modsatte køn på studiet. Det var jeg noget utilfreds med, siger direktøren med et grin. Om kønsfordelingen på studiet er blevet bedre i mellemtiden, kan han så passende spørge sin nevø om. Han læser nemlig også til ingeniør på DTU. <

## ! BLÅ BOG

Jørgen Bardenfleth

- er administrerende direktør i Microsoft Danmark. Har tidligere haft lederstillinger i Hewlett-Packard og Intel (der opkøbte danske Giga).
- uddannet elektronikingeniør fra DTU i 1980. MBA fra UCLA, University of California, Los Angeles i 1989.
- er formand for – eller menigt medlem af – en lang række bestyrelser, blandt andre Symbion, IPtronics, GN Store Nord, COWI, Young Enterprise CPH, Dezide og Landsforeningen til Bekæmpelse af Cystisk Fibrose.
- er 54 år, gift med Deanna og far til fire.



FOTO: THORKILD CHRISTENSEN

## STYRK DIT NETVÆRK MED DTU

– Opdater din profil i alumnenetværket

En opdateret medlemsprofil på [www.alumni.dtu.dk](http://www.alumni.dtu.dk) styrker dit netværk med andre alumner. Og du får adgang til endnu mere målrettet information om faglige og sociale arrangementer på DTU.

I medlemsprofilen kan du skrive oplysninger om dig selv, din uddannelse, din karriere, din virksomhed, og hvilke fonde og bestyrelser du indgår i. Du kan også tilføje billeder og andre oplysninger om dig selv, hvis du f.eks. har udgivet en bog, spiller i et orkester eller lignende.

**Find din medlemsprofil på [www.alumni.dtu.dk](http://www.alumni.dtu.dk)**

## PROFILER DIG SOM INGENIØR FRA DTU

Som en ny gratis service tilbyder DTU nu sine alumner en lifelong e-mail.

En lifelong e-mail er en videre-sendelsesfunktion og kan benyttes til at sende og modtage mails via egen e-mail-udbyder. Det er således en e-mail-adresse, som ikke ændres, selv om man skifter e-mail-udbyder.

Lifelong e-mail er et tilbud til alumner, som i bestemte relationer gerne vil profilere sig som dimitteret fra DTU. Det kan være i forhold til potentielle arbejdsgivere og samarbejdspartnere og i forhold til at finde og/eller holde kontakten til studiekammerater.

For at oprette en lifelong e-mail skal man være medlem af DTU's alumnenetværk.

Er man allerede medlem, kan man via hjemmesiden [www.alumni.dtu.dk](http://www.alumni.dtu.dk) oprette sin lifelong e-mail.

Eksempler på lifelong e-mail:  
 Anders.Andersen@alumni.dtu.dk  
 anneandersen.K69@alumni.dtu.dk

## JUBILÆUMSTRÆF 2010

DTU ønsker at bevare en livslang kontakt med sine alumner. Jubilæumstræffene er et led i denne kontakt.

- 20. maj:** 40-års-jubilæumstræf for årgang 1970.  
**10. juni:** 60-års-jubilæumstræf for årgang 1950.  
**18. november:** 25-års-jubilæumstræf for årgang 1985.

## DIMITTENDRECEPTIONER 2010

Afslutningen på de studerendes uddannelse fortjener fuld opmærksomhed. Ved dimittendreceptionerne fejrer DTU denne begivenhed.

- 11. marts:** Diplomingeniører og levedsmiddelingenører.  
**8. april:** Civilingeniører og engelske masters.  
**23. september:** Diplomingeniører og levedsmiddelingenører.  
**14. oktober:** Civilingeniører og engelske masters.

Receptionerne er for dimittender, deres familier og undervisere fra studiet.

The screenshot shows the DTU Alumni website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'DTU Alumni', 'Hjælp', 'Om os', 'Kontakt', 'Arbejdsgæster', 'Netværk', 'Fakta', and 'Om DTU'. Below the navigation bar, there is a main content area with several news items and sections. The 'Dimittendreceptioner' section lists dates for diploma and civil engineering graduates. The 'DTU Jobbank' section features a 'Søsk job' button. The 'Jubilæumstræf' section highlights the 25th anniversary of the 1985 cohort. The 'DTU Historie' section includes a 'Så så tilbage' button. At the bottom of the screenshot, the website URL 'WWW.ALUMNI.DTU.DK' is prominently displayed in large white letters on a dark background.

### ! DTU ALUMNI

- DTU Alumni er et led i DTU's vision om at være et internationalt universitet i faglig og social kontakt med omverdenen.
- DTU Alumni blev oprettet den 17. september 2004.
- Netværket er platform for ingeniører med en uddannelse fra DTU, DTH eller DIA og ph.d'er med en grad fra DTH eller DTU.
- Formålet er at bevare og udvikle en livslang kontakt mellem DTU og universitetets alumner.

#### Netværket

- 14.908 alumner er p.t. medlemmer af DTU's alumnenetværk.
- 40.000 ingeniører og ph.d'er har en uddannelse fra DTU, DTH eller DIA.
- DTU Alumni er ramme om faglige og sociale netværk. Netværkene drives af medlemmerne selv eller i regi af institutter og centre ved DTU.

#### Løbende arrangementer

- 25-, 40-, 50- og 60-års-jubilæumstræf.
- Dimittendreceptioner for diplom- og civilingeniører.
- Gensynsdag hvert femte år.

! YDERLIGERE OPLYSNINGER

[www.alumni.dtu.dk](http://www.alumni.dtu.dk)

