



Glas. Alle materialer har tre tilstande: Fast, flydende og gasform. På Roskilde Universitet arbejder forskerne med endnu en dimension. De laver væsker til glas og kalder det:

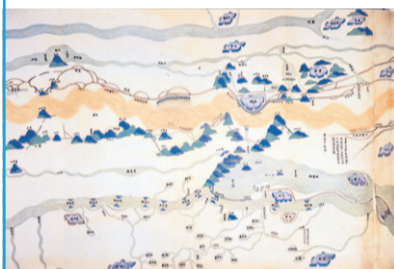
Bæredygtigt?

Det palæogene ler under Femern Bælt granskes Side 2-3



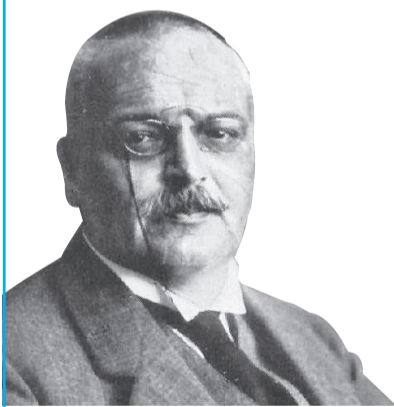
Provokation!

I satiren klædes kongehuset af Side 12



Vandvej

Kanalen, der forenede det kinesiske rige Side 8-9



Alzheimer

Hans sygdom er stadig gådefuld Side 13



FOTO: HANNE ENGELSTOFT

Af RENÉ GUMMER

PROFESSOR Jeppe Dyre er en ualmindeligt glad mand. Det har han også god grund til at være, for hans forskningscenter Glas og Tid har lige fået 30 millioner gode danske kroner til at fortsætte forskningen i, nå ja, glas og tid. Pengene kommer fra Danmarks Grundforskningsfond og er en forlængelse af en tidligere bevilling; man er imponeret over fysikprofessoren og hans forskergruppe, der bliver rost internationalt som nogle af de førende i verden inden for glasforskning. Teknisk set forsker gruppen i, hvad der sker på det molekylære plan, når en væske størkner og bliver til glas. Forskningen foregår på Institut for Natur, Systemer og Modeller på Roskilde Universitet, hvor professor Dyre tager imod i højt humør på sit kontor. Han går lige til sagen:

»Vi arbejder med væsker og tilstande her i forskningencentret. Alle materialer har tre tilstande: Fast, flydende og gas. Vi kender det fra derhjemme, i hanen er vandet flydende, hvis man koger det, bliver det til damp og når man putter det i fryseren, bliver det til is. Det er tre tilstande vi alle sammen kender. Men alle væsker kan faktisk også bringes i en fjerde til-

stand: glastilstanden. Det sker, når væsken ikke får tid nok til at krystallisere under afkøling.«

Der skal dog nogle specielle forhold til at gøre en væske til glas. Professor Dyre forklarer: »Vi arbejder med organiske væsker som for eksempel glycerin. Det er flydende ved stuetemperatur, og så køler vi det ned til minus 100-150 grader, hvor det størkner og bliver til glas. Det kaldes underafkøling.«

Underafkøling er en proces, hvor en væske køles ned til langt under sit frysepunkt uden at fryse til is og krystallisere. I stedet bliver den mere og mere tyktflydende, jo længere temperaturen kommer ned. Fænomenet ses også i naturen, hvor man kan opleve underafkølet vand i form af isslag. Regndråberne er i realiteten under frysepunktet på vej mod jorden, de har bare ikke opdaget, at de burde være iskrystaller og ikke flydende, men når de rammer jorden får de et slag og så vågner de op og krystalliserer til is. I laboratoriet efterligner man selve afkølingsprocessen, der kaldes bratkøling; altså når afkølingen af en væske sker så hurtigt, at der ikke kan nå at dannes krystaller. I princippet kan man bratkøle alle væsker, men nogle har lettere ved at krystallisere end andre, og derfor kan professor Dyre og hans team bedst lide at

arbejde med væsker, der ikke krystalliserer så let. For eksempel glycerin.

»Det, der sker, når man køler en væske ned, der ikke kan lide at krystallisere, er, at den bliver mere og mere sejflydende. Ud fra en termodynamisk betragtning burde den være blevet til krystaller, men den har bare ikke haft tid til at blive det. I stedet bliver den ekstremt sej. Hvis man har et glas fuldt af en væske i den tilstand, vil det tage 30 år at tømme det, hvis man vender bunden i vejret på det, og hvis man sad med det i hånden, ville man ikke sige det var en væske, men et fast stof. Men det er altså stadig defineret som en væske i videnskabelig forstand. Og det er lige præcis i den tilstand, det er interessant for os; lige inden det holder op med at være en væske.«

DER er stor forskel på tilstandene glas og is. »Hvis du ser på molekylerne i is, så sidder de helt regelmæssigt og pænt og det er det, der kaldes en krystal. I en almindelig flydende væske er der uorden i molekylerne. Glastilstanden er en slags hybrid af de to tilstande: Der er stadig uorden i molekylerne som i den flydende

FORTSÆTTES SIDE 4



EN SMAGFULD GAVEIDÉ

Et gavekort i form af en mønt, designet af kunstneren Janis Strupulis. I værdierne 300 kr., 500 kr. og 1.000 kr.

Kan indløses i alle A Hereford Beefstouw-restauranterne samt i vores fem mikro-bryggerier: Apollo (København), Sct. Clemens (Århus), Flakhaven (Odense), Bryggeriet Herning og Godthaab Bryghus. www.bryggeriet.dk



A HEREFORD BEEFSTOUW

Kbh.: Åbenrå 8: 33 11 91 90 og v/Tivoli: 33 12 74 41 Herning: 97 12 35 44 Århus: 86 13 53 25 Kolding: 75 52 00 87 Odense: 66 12 02 22 Aalborg: 98 12 75 22 Skive: 97 52 53 25 v/Kruså: 74 67 30 00 Kastrup: 32 48 31 41 Hong Kong: (852) 2136 0695 Göteborg: (46) 3177 50 441 Nuuk: (299) 32 42 22. www.a-h-b.dk

D en fjerde tilstand

form, men tilstanden har det tilfælles med krystallen, at den er fast, og ikke længere er flydende som vi normalt forstår det. Glas er altså en molekylært uordnet, fast tilstandsform,« fortæller Jøppe Dyre.

Men hvad er det professoren og hans forskerhold får ud af at kigge på væske, når de nærmer sig glastilstanden?

»Alting tyder på, at der sker det samme i alle væsker, når de nærmer sig glastilstanden, det er derfor et universelt fænomen, der er interessant at forstå. For 10-15 år siden blev det udråbt som et af de største uløste spørgsmål i fysikken, og det er stadig ikke besvaret. Der er som sagt tale om en fjerde tilstandsform, men hvordan dannes den og hvilke egenskaber har væsken, før den kommer i glastilstanden? Vi kigger efter generelle egenskaber, hvordan opfører molekylerne sig? Vi vil gerne forstå, hvordan de bevæger sig og hvordan deres egenskaber ændrer sig med tiden. Det er universelle

svar, vi leder efter,« forklarer Jøppe Dyre og uddyber:

»Det, der karakteriserer en væske i glastilstanden – eller lige før – er, at der egentlig ikke sker noget. På den måde er det ufatteligt kedeligt, for molekylerne lægger sig simpelthen til at sove. Det er så heller ikke helt rigtigt, for hvis du venter et år, så sker der lidt, og efter ti år er der sket lidt mere. Det går bare så langsomt, at vi ikke har tid til at vente på det.«

FORSKNINGEN i Glas og Tid gruppen foregår på mange planer. Dyres forskerhold består af både teoretiske fysikere som han selv, der bruger talenterne på et mere abstrakt plan, eksperimentalfysikere, der bruger deres tid i laboratoriet med fingrene på apparaterne, kemikere, der tumler med formler og computereksperter, der laver simuleringer af forsøgene. For professor Dyre er det tværfagligheden, der har givet hans forskningscenter det gode, internationale ry og den eftertragtede bevilling.

»Det er en helt anderledes måde at arbejde på, vi mødes i frokostpauserne og har et to-timers møde om ugen og følger med i hinandens arbejde på tværs af fagene. Nor-

malt ville felterne være skilt meget mere ad, for som for eksempel teoretisk fysiker kan man godt blive lidt låst fast i al teorien. Så er det godt at have nogle praktikere at sparre med. Det er sådan et ping-pong samarbejde mellem de forskellige fagområder.

Kristine Niss og Bo Jäkobsen er to af de eksperimentalfysikere, Dyre ping-ponger med, det er dem, der laver laboratoriarbejdet og de vil hellere end gerne vise isenkrammet frem. Væskeeksperimenterne foregår i en stor, hvid cylindrisk beholder med en række ledninger og kobberør forbundet til toppen. Det er et avanceret køleskab. Kristine Niss klapper på cylinderen og fortæller:

»Hernede i cylinderen er et lille hulrum, som vi hælder væsken i. Rummet er dækket ind i kobber og nedenunder sidder der en kølemaskine. Vi kan styre temperaturen fra stuevarme og ned til omkring minus 270 grader. Lige nu er temperaturen inde i kobberkammeret minus 153 grader. Den kulde, der bliver produceret i kølemaskinen er konstant, så vi styrer temperaturen ved hjælp af en varmetråd, der er viklet rundt om kammeret. Det er lettere på den måde, fordi varmen så bliver reguleret af strøm, som vi

kan styre meget præcist. Man skal virkelig have meget præcist styr på temperaturen under de her forsøg, den skal kunne holdes helt konstant over meget lange tidsrum. De bedste af vores opstillinger kan holde temperaturen konstant over flere uger inden for 1/10000 del af en grad.«

Processen med at lave en væske til glas kan altså ikke ses, da alt er skjult og isoleret inde i den hvide cylinder. Men de to eksperimentalfysikere er ikke blege for at hive IDEERs udsendte med ind i studenterlaboratoriet til en mere prosaisk demonstration. Her er der virkelig gået Georg Gearløsværksted i den. Tøjklammer, sølvpapir, strips og gaffa-tape – masser af gaffa-tape – står hulter til bulter med skoper, stativer med reagensglas og måleinstrumenter. På et lille bord står en termobeholder med flydende kvælstof. Bo Jäkobsen griner:

»Det er jo sådan – vi arbejder. Det, vi laver, er i virkeligheden ikke så langt fra kunst, der er ikke noget, der skal masseproduceres, alt er unik. Det skal dog ikke udstilles, så hvis en opstilling virker med gaffa-tape, er det fint. Bare det virker.«

Og det gør det. Kristine Niss har i løbet af et par minutter hældt en væske i et lille rea-

LAY-OUT: BENTE BRUUN, KORREKTUR:

gensglas, proppet en måler, der er tilsluttet en graf ned i, og kylet det hele ned i den flydende kvælstof. Da hun hiver indretningen op igen, er væsken ganske rigtig blevet til glas. Dog med lidt krystaller i. Niss forklarer:

»Det skyldes chokbehandlingen, hvis vi havde brugt en serviet til at isolere reagensglasset, og havde placeret det i toppen af beholderen og måske brugt fem minutter mere, så havde den været lige i øjet. Men det er i princippet det her vi laver, bare i en mere forfintet form.«

»DETTE er ikke en pibe,« står der under den afløde belgiske maler René Magrittes tegning af, hvad der tydeligvis forestiller en pibe. Et eller andet sted har Magritte selvfølgelig ret, for det er jo netop bare en tegning af en pibe og ikke selve piben, tilskueren betragter. På nogle mennesker virker den slags som ordkløveri, men i en lidt omvendt analogi kan man bedrive forskning med computersimulering efter samme opskrift: Ingen mennesker ved deres fulde fem ville vel påstå, at de tal og tegn, der står på Thomas Schrøders computerskærm er honning. Men det er de altså i Schrøders verden.

Eller i hvert fald en simulering af honning. Schrøder forklarer:

»Det er faktisk ret simpelt. Det, vi simulerer, er ikke en given væske i sig selv. Det er ikke særlig interessant at lave en model, der ligner honning mest muligt. Vi går efter at lave den simplest mulige matematiske model, der opfører sig som honning. Vi er interesserede i dens egenskaber, i essensen af honning – eller en hvilken som helst anden sejtflydende væske, vi arbejder med. Det, vi bruger computeren til, er at undersøge de simple modeller af forskellige seje væsker, for at finde frem til om en teori er holdbar.«

Thomas Schrøder er uddannet som fysiker og datalog. Han råder over landets hurtigste computer, der i virkeligheden er en lang række mindre computere, der er parallelforbundet. Normalt bruges computermøller når laboratorieeksperimenter er for dyre. Sådan er det ikke i Glas og Tid-gruppen.

»Hvis vi vil vide et eller andet om en fysisk egenskab ved et eller andet stof eller væske, så er det faktisk meget nemmere og billigere at måle egenskaben i laboratoriet, end at simulere det på en computer. Så vi bruger computersimuleringerne til at forsøge at forstå, præcis hvad det er, der foregår i laborato-

riet. Vi kan simulere de fleste situationer ved at putte data i computeren: Når vi kender en væskes molekylære struktur, bygger computerberegningerne på Newtons anden lov som siger, at når man kender kræfterne på de her partikler, kan man regne deres acceleration ud, og når man kender den, kan man regne deres hastighed ud. På den måde kan vi tage et lille skridt frem i tiden. Vi rykker alle partiklerne et lille stykke, regner de nye kræfter ud, rykker videre og regner kræfterne ud og så videre. På den måde får vi et billede af, hvordan molekylerne bevæger sig som tiden går. Det tager tid at bedrive forskning i glas. Og ingen er sikker på, hvad resultatet bliver. Men det er netop pointen,« mener Jøppe Dyre.

»DET er først og fremmest sjovt at lave det her, det er vores interesse, men det er klart, at vi ikke får så mange penge for at rende rundt og more os. Det er grundforskning, vi laver, og det er netop defineret ved, at man ikke ved, hvad det kan bruges til. Lad mig give et eksempel: Vi ville ikke sidde her med mobiltelefoner, hvis ikke H.C. Ørsted havde gået og leget med magneter i 1820'erne og Maxwell 40-50 år senere havde lavet sine

ligninger, som byggede på Ørstedes opdagelse af elektromagnetismen. De anede da ikke, at deres arbejde kunne bruges til alt det her elektroniske isenkram. Grundforskning fører som regel til noget, som er helt uventet for forskerne selv. Og lige netop glasforskningen er faktisk ikke så langt fra at kunne bruges temmelig direkte i industrien. Nogle af de teorier vi bruger i vores forskning, blev for eksempel lavet af Ford Motor Company i halvfjerds'erne, fordi de skulle forstå nogle ting i forbindelse med produktion af forrunder. Vores forskning kan så måske bruges af andre, der laver noget helt andet. Vi studerer for eksempel også *aging*, hvordan ting ældes. Hvis du har en gammel skolelineal og måler den op med en ny, kan det sagtens ske, at den gamle mangler en millimeter. Det er, fordi den er ældet, den har trukket sig sammen; molekylerne har omlejret sig ganske lidt og ganske langsomt i løbet af måske 20-30 år. Sådanne fænomener er man også meget interesseret i at forstå i industrien. Så på den ene side er vi grundforskere, som søger ny viden, på den anden side er det, vi laver, når det kommer til stykket ikke så langt fra virkeligheden, som det måske kunne se ud.«