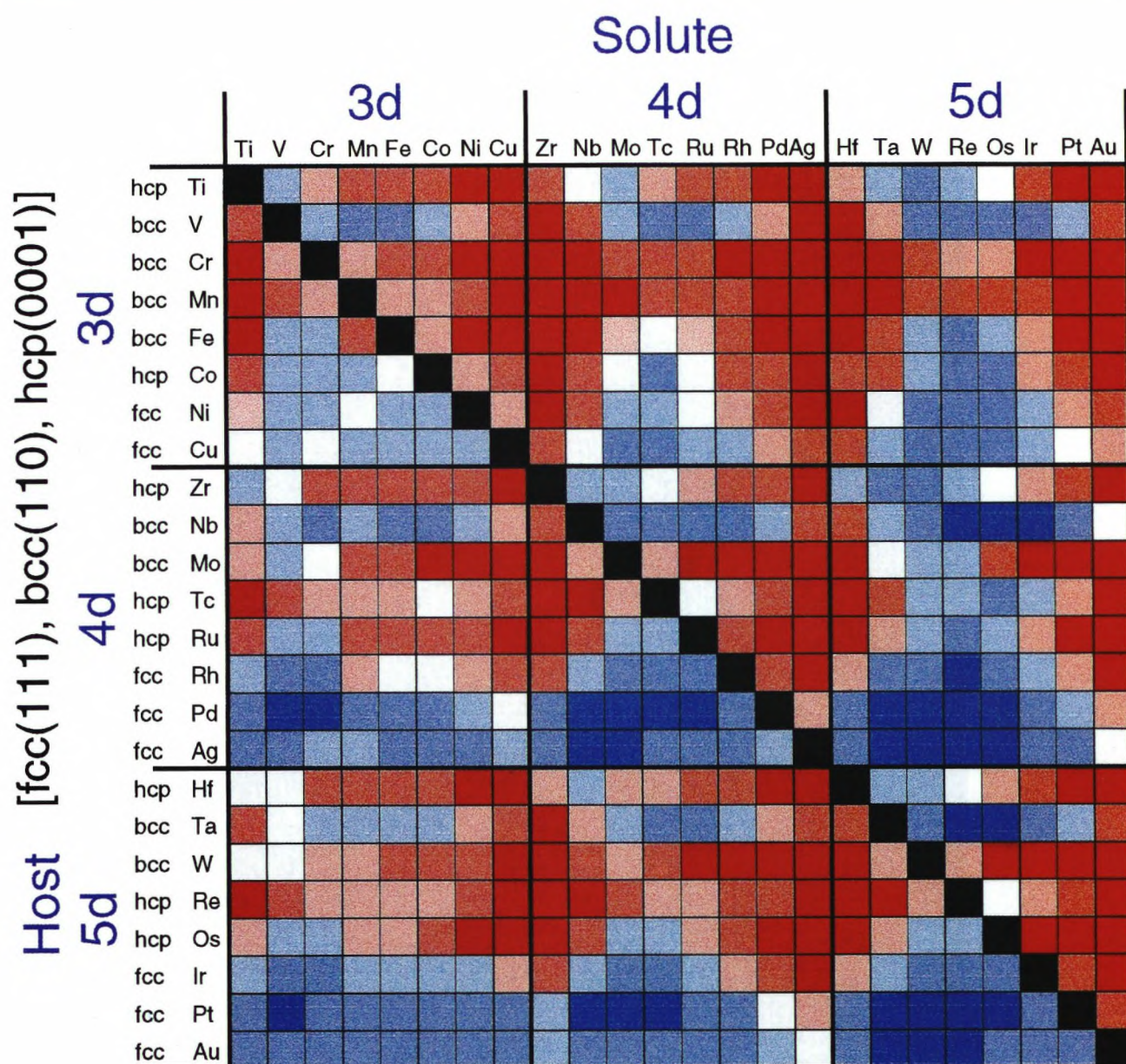




• TAK • METALOVERFLADER • TIDENS VÆSEN •

• KOSMOLOGISKE PROBLEMER • DANSK NATURVIDENSKABSFESTIVAL •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Fysisk Tidsskrift

c/o Ørsted Laboratoriet
Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Telefax : 35 32 04 60
E-mail : kvant@nbi.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af

Dansk
Fysisk
Selskab

Selskabet for
Naturlærens
Udbredelse



Redaktion

Mads Hammerich (ansv.)
Experimentarium
Britt Larsen
Torsten Freltoft
NKT Research Centre
Jørgen Friis Bak
Naturvidenskabeligt fakultet, ÅU
Jørn Christiansen
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, KU
Finn Berg Rasmussen
Ørsted Laboratoriet, KU
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

KVANT udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år (i Danmark).

Annoncepriser

1/1 side	3000 kr
1/2 side	1600 kr
1/4 side	1000 kr
Farvetillæg	1800 kr

Priserne er excl. moms og gælder for reproklart materiale. Henvendelser om annoncer til Mads Hammerich, Gersonsvej 40, 2900 Hellerup, telefon 39 61 27 30.

Oplag: 2000

Tryk: P.J.Schmidt, Vojens

ISSN 0905-8893

Indhold:

Tak

Mads Hammerich 1
Den gamle radaktør benytter lejligheden og bladets bedste plads til at takke af

Metaloverflader

Hans L. Skriver 2
Beregningsmetoderne for metaller er efterhånden blevet så gode at overfladespændinger og tendens til segregering kan beregnes i stor detalje.

Tempus

Simon Rebsdorf 9
Vores opfattelse af tid har ikke været genstand for overvældende mange betragtninger. Måske er det for svært? Simon Rebsdorf giver sig i kast med Henri Bergsons tanker om emnet.

Den kosmologiske standardmodels problemer

Kay Akselbo 18
Gravitation er det anisotropifelt, som ved lokal anisotropi opretholder universets globale isotropi, og ligningernes eneste kosmologiske løsning er en model, hvori ekspansionen er en jævn bevægelse. Den reviderede model har ikke den hidtidige standardmodels problemer.

Forsiden:

Skrivers segregeringsenergidiagram. Små mængder af et overgangsmetal opløst i et andet, vil have en tendens til at blive i opløsning (blå felter) eller til at vandre ud til overfladen, segregere. Jo rødere felter, jo hellerere segregerer metallerne. Læs artiklen side 2.

Tak.

Mads Hammerich, redaktør.

Hvis du har bladret lidt i KVANT gennem de sidste fem år ved du at jeg ikke plejer at lægge beslag på mange ord i bladet. Og da slet ikke på dette sted. Nu synes jeg alligevel at anledningen er der til at takke læserne og forfatterne og annoncørerne og ikke mindst de utrættelige hjælpere i redaktion, administration og medarbejderne på trykkeriet. Anledningen er at KVANT har fået en ny ansvarshavende redaktør. Fra næste nummer vil Jens Olaf Pepke Pedersen stå for bladet.

Jeg synes at der har været mange gode diskussioner med forfatterne og redaktører i de forløbne år. Det har været rart at komme så langt omkring i forskellige hjørner af vores fag. Nu synes jeg så at det er rart at se noget andet.

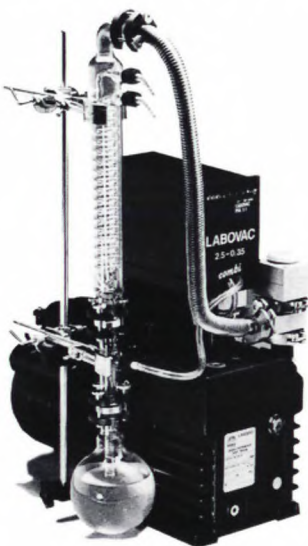
Jeg ved at der er mange der ligger inde med ideer og skitser til artikler til KVANT, jeg har talt med nogle om det, og der er sikkert flere der har noget i skuffen. Jeg vil ønske at I vil give Jens Olaf en god start som redaktør. Bare giv ham godt med materiale at arbejde med. Godt materiale! Husk at godt materiale for en redaktør *ikke* behøver at være en fuldstændig færdigstiv afhandling med et omhyggeligt

noteapparat. Vi redaktører synes at vi skal have lov til at mene noget om artiklernes facon og læsbarhed. Så: Selv om du ikke synes at det er helt færdigt, det du har, så ring eller skriv til Jens Olaf. Som altid kan han nås med e-post på KVANT@nbi.dk. Eller skriv til Jens Olaf Pepke Pedersen, DCESS, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.



Mads Hammerich, afgående redaktør for KVANT. Videnskabelig medarbejder ved Experimentarium.

MODERNE VAKUUMTEKNIK TIL FORSKNING OG INDUSTRI



SASKIA HOCHVAKUUM- UND LABORTECHNIK GmbH i ILMENAU er et succesrigt resultat af øst-vest genforeningen i Tyskland. SASKIA's et- og to-trins finvakuumpumper fra 4 til 200 m³h⁻¹ har rotor-skiver af et nyt PTFE materiale som sænker støjniveauet med ca. 3 dBA og tillader pumperne at arbejde konstant ved højt tryk eller med aggressive gasser. Med en frekvensregulering kan pumpehastigheden fordobles, så man f.eks. hurtigt kan evakuere et anlæg og derefter anvende pumpen som holdepumpe ved lav hastighed. SASKIA's kemisk resistente membran-pumper har liniærdrevne membraner, hvilket sikrer en lang levetid og lavt effektforbrug. En membranpumpe på ca. 30 W kan med de store afgifter på brugsvand hurtigt tjene sig ind, hvis den erstatter en vandstråle-pumpe. SASKIA's TOWER pumpestande er kemipumpestande kombineret med kondensatorer og med instrumentering for indstilling af trykket. SASKIA leverer oliefri pumpestande kombineret med turbomolekularpumper i et handy design og rootspumpestande op til 20.000 m³h⁻¹.

ALLE FORMER FOR OLIEFRI & OLIESMURTE ROTATIONSVAKUUMPUMPER • FEDTSMURTE TURBOMOLEKULAR- SPIRO- & HYBRIDPUMPER • DIFFUSIONS- & CRYOPUMPER • VAKUUMMÅLEINSTRUMENTER, VENTILER, HV & UHV FITTINGS • HELIUMLØKSØGERE & MASSESPEKTROMETRE • SPUTTER- ELEKTRONKANON & ÆTSEANLÆG • RF & HV STRØMFORSYNINGER • RUSTFRI SPECIALKAMRE & DELE • OMBYGNING AF VAKUUMANLÆG

WENZEL VAKUUM TEKNIK APS • NYBROVEJ 283 • DK-2800 LYNGBY • TLF. 45 87 97 35
SHOWROOM, SERVICE, LAGER • NYBROVEJ 193 • BIL 30 42 63 00 • FAX 45 93 32 93

Metaloverflader

Hans L. Skriver

Eriksen's sætning

Lektor Eriksen, min fysiklærer i gymnasiet, påstod altid, at fysik var en eksperimentel videnskab. Denne tilsyneladende selvindlysende sandhed, som jo ikke er opdaget af lektoren alene, har afstedkommet mangt et overbærende smil blandt eksperimentister, særligt når teoretikere har forsøgt at efterrationalisere dette eller hint måleresultat. En rigtig teori skal forudsige noget og "bagudsigelse" virker ærligt talt patetisk. De nye superledere med høje overgangstemperaturer blev jo heller ikke fundet på baggrund af systematiske elektronstrukturberegninger. Hvis man vil vide noget om et materiales egenskaber, er det derfor bedst at måle dem.

Overfladespænding

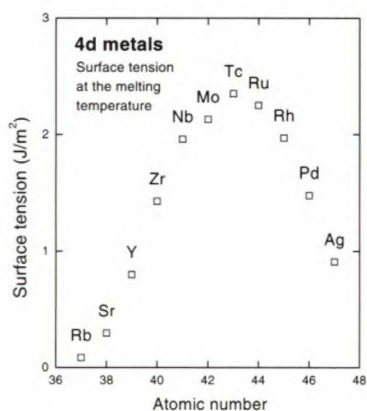


Figure 1: Overfladespænding for 4d metallerne målt ved smeltepunktet.

Hvad nu hvis de egenskaber, man ønsker viden om, er vanskelige, eller måske endda umulige, at måle? Lad os som eksempel se på den energi, der kræves tilført for at skabe en kvadratmeter overflade på et stykke metal. Størrelsen af denne energi, som vi her kalder overfladespændingen, er nøje knyttet til de særlige bindingsforhold, som optræder ved en overflade, hvor det enkelte atom jo har mistet nogle af sine nærmeste naboer. De samme ændrede bindingsforhold spiller også en afgørende rolle for alle andre overfladeegenskaber, og overfladespændingens størrelse vil derfor være et godt mål for de fysiske, mekaniske og kemiske egenskaber, man vil kunne finde på overfladen af et fast stof.

Det er forholdsvis nemt at måle en væskes overfladespænding, når man kender faconen på en dråbe af væsken. Et eksempel på resultatet af sådanne målinger, hentet fra Alonso og March ¹, er vist på figur 1. Der er

dog et enkelt metal i den viste 4d serie, nemlig technetium, hvor man ikke har målt overfladespændingen, simpelthen fordi technetium er radioaktivt, og grundstoffet må fremstilles kunstigt. I dette tilfælde er værdien på figuren derfor resultatet af et informeret gæt.

Det næste problem, der viser sig, betår i at bestemme, hvad overfladespændingen er ved 20 C, hvor det smeltede metal er blevet fast. Der findes ganske vist metoder til at måle overfladespændingen i et fast stof, men de er yderst usikre og anvendes kun i få tilfælde. Man er derfor henvist til at reducere de eksperimentelle værdier i figur 1 ved hjælp af en målt temperaturafhængighed. For alle 4d metallerne anvender man samme temperaturafhængighed, så også denne procedure er behæftet med fejl af en ukendt størrelse. I denne situation er det så, at man overvejer om ikke det var bedre at beregne overfladespændingerne.

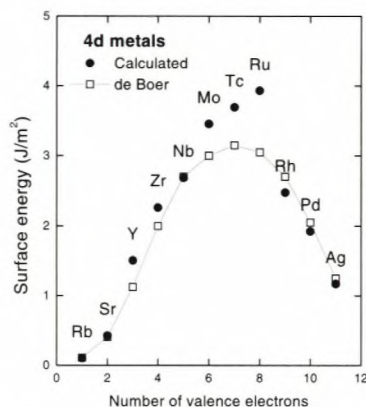


Figure 2: Beregnet overfladeenergi for 4d metallerne sammenlignet med overfladespændingerne på figur 1 reduceret til 0 K ³. Beregningerne er foretaget for den tættest pakkede overflade, der findes i hvert af metallerne.

Overfladeenergi

På figur 2 er vist et sæt overfladespændinger beregnet af Vitos *et al.* ² ved 0 K - de kaldes derfor i det følgende for overfladeenergi - sammen med dataene fra figur 1 nu reduceret til 0 K. At foretage denne reduktion kræver også en vis teoretisk forståelse ³, så at kalde disse overfladeenergi eksperimentelle er lidt af en tilsnigelse.

Vi ser med det samme på figuren, at for nogle metaller er der næsten perfekt overensstemmelse mellem de to sæt data. Vi tager dette som udtryk for gyldigheden af målingerne og den følgende reduktion til 0 K samt af nøjagtigheden af de beregnede værdier. I betragtning af at det væsentligste input til beregningerne er metallernes atomnummer, må man vel sige, at teorien her har en vis success. På den anden side, er det også tydeligt, at der

TopoMetrix er en af de førende producenter af **Scanning Probe Microscopes** i Silicon Valley, USA. **TopoMetrix** har været på forkant med udviklingen lige siden starten.

Flexibilitet er nøgleordet blandt ingeniørerne hos **TopoMetrix**. Det modulære design gør det muligt for brugeren at tilpasse software og hardware til egne nutidige og fremtidige behov. Dette indebærer en optimal udnyttelse af investeringen.

Fordele ved SPM: Mulighed for af se prøver ned til atomar størrelse. 3D-forstørrelse. Kan arbejde under vakuum, atmosfærisk tryk og i væsker. Ved SPM kræves der ingen forberedelse af prøverne.

Anvendelses områder: Biologiske undersøgelser under fysiologiske betingelser. Udvikling af mikroelektronik, elektrokemiske undersøgelser af materialer i deres oprindelige miljø. Materialeforskning, hvor der ses på fibre, ultraflade overflader, evaluering af overfladebehandling, etc.

AFM billede af multilags semi-conductor taget med TopoMetrix Voyager.

E-mail: dkbuchol@ibmmail.com **Buch & Holm A/S**

Marielundvej 36 - 2730 Herlev ☎ 42 91 75 11 Fax 44 92 31 00

er afvigelser mellem de to sæt data, så hvilket skal man anvende?

Det er en kendsgerning, at de reducerede eksperimentelle data stammer fra målinger på en væske, og at de af den grund ikke kan indeholde information om den krystalstruktur, som det størknede metal antager. De såkaldte eksperimentelle data refererer derfor til et isotropt materiale. På den anden side er beregningerne foretaget for overflader skåret i bestemte krystalretninger. De indeholder derfor information om både det pågældende metals krystalstruktur og om overfladens orientering i forhold hertil. For eksempel skyldes det store spring mellem Ru og Rh, at krystalstrukturen ændrer sig fra heksagonal i Tc og Ru til kubisk fladecentreret i Rh. Med andre ord, de beregnede overfladeenergier indeholder information, som ikke findes i de eksperimentelle data, og som vanskeligt kan fremskaffes eksperimentelt. Man har i dette tilfælde derfor ganske enkelt ikke noget valg, hvis man har brug for viden om bestemte krystalorienteringers overfladerenergi. Man er tvunget til at benytte de teoretiske data!

Den egentlige pointe, som bør anføres her, og som er baseret på utallige totalenergiberegninger analoge til dem, vi har præsenteret i det foregående, er imidlertid langt mere vidtrækkende: Selv om man havde kunnet

måle overfladeenergien af en bestemt metaloverflade med stor nøjagtighed, ville den målte værdi ikke have afvejet væsentligt fra den beregnede. Læg dertil at det ikke er noget problem at beregne overfladeenergien andre overfladeorienteringer end dem, der er vist på Figur 1. Mon ikke man står sig ved at benytte de teoretiske data?

Friedel

Vi har nu konstateret, at en teoretisk beskrivelse af metaloverflader ikke alene kan føre til overfladeenergier, der er i overensstemmelse med virkeligheden, men også kan levere data, som det vil være yderst vanskeligt at fremskaffe eksperimentelt. Spørgsmålet er nu, hvad vi har lært, ud over den indlysende kendsgerning, at den underliggende kvantemekaniske beskrivelse er korrekt. Svaret er: Ikke ret meget! Med andre ord, vi behøver en simpel model for at kunne håndtere både de eksperimentelle og de teoretiske resultater.

Der findes faktisk en simpel model for totalenergien i et fast krystallinsk metal. Denne model, der skyldes J. Friedel⁴, bygger på en detaljeret viden om elektrontilstandene i en krystal og på en simpel beskrivelse af deres tilstandstæthed. Modellen har haft stor betyd-

ning for forståelsen af overgangsmetallernes fysiske egenskaber. Friedel tager sit udgangspunkt i totalenergien, som beskrives alene ved énelektronbidraget fra d -elektronerne, dvs.,

$$E_{tot} \approx \int_B^{E_F} (E - \epsilon_d) D_d(E) dE, \quad (1)$$

hvor $D_d(E)$ er tilstandstætheden, B bunden af valensbåndet, ϵ_d tilstandstæthedens tyngdepunkt, som sættes lig med det atomare d -niveau og E_F Fermienergien, der er energien af den øverste énelektrontilstand, der kan besættes ifølge Pauliprincippet. Et eksempel på en tilstandstæthed er vist i figur 3. I Friedels model karakteriseres et overgangsmetal endvidere ved antallet n_d af d -elektroner eller ved fyldningsgraden

$$f = \frac{n_d}{10} = \frac{1}{10} \int_B^{E_F} D_d(E) dE, \quad (2)$$

af d -båndet defineret til at være 0 for et tomt bånd, dvs. $E_F = B$, og 1 for et fuldt bånd, dvs. $E_F = A$. For Rh på figur 3 er f beregnet til at være 0.75.

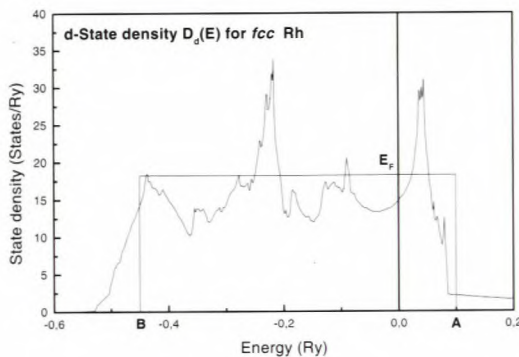


Figure 3: Tilstandstætheden for $4d$ -elektroner i Rh. Energiskalaen er forskudt, så Fermienergien, E_F , er nul. I Friedels model tilnærmes tilstandstætheden med det viste rektangel.

Friedels ide er nu at tilnærme tilstandstætheden med et rektangel, der normeres således, at det kan indeholde 10 elektroner ligesom et fuldt d -bånd, dvs.,

$$D_d(E) = \begin{cases} \frac{10}{W} & \text{for } B \leq E \leq A \\ 0 & \text{ellers,} \end{cases} \quad (3)$$

hvor $W = A - B$ er båndbredden. Integralerne (1) og (2) kan nu nemt udregnes, og man finder, at totalenergien, som i dette tilfælde er den kohesive energi, dvs., den energi, der vindes ved at danne et metal ud fra en samling frie atomer, kan skrives

$$E_{coh} = 5Wf(1 - f). \quad (4)$$

Som funktion af fyldningsgraden er dette en parabel med toppunkt for $f = 0.5$, hvilket udtrykker det faktum, at grundstofferne i midten af overgangsserien danner de

mest stabile metaller, hvis fysiske egenskaber det er vanskeligt at ændre ved ydre påvirkninger såsom træk og tryk. Disse metaller har de mindste gitterkonstanter og sammentrykkeligheder, de højeste mekaniske brud- og slidstyrker, de mest stabile krystalstrukturer og de højeste overfladeenergi.

I den såkaldte tight-binding teori for énelektrontilstande i faste stoffer fremgår det, at båndbredden W , som indgår i udtrykket for den kohesive energi, varierer som $\sqrt{z}$, hvor z er koordinationsstallet, dvs. antallet af nærmeste naboer. For et atom dybt inde i en fladecentreret kubisk krystal af for eksempel Rh er koordinationsstallet 12 mens z for et atom ved eksempelvis (100) overfladen kun er 8. Derved falder båndbredden for et atom i overfladen til $W\sqrt{8/12} \approx 0.8W$, og den kohesive energi mindskes derved til 80 % af værdien for et atom midt i krystallen. Forskellen i kohesiv energi for de to typer af atomer kaldes overfladeenergien γ , og den er derfor ca. 20 % af den kohesive energi,

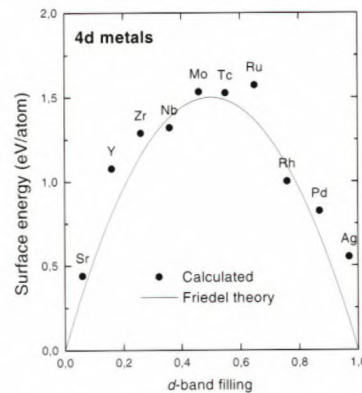


Figure 4: De beregnede overfladeenergi for $4d$ metallerne omsat til [eV/atom] og sammenlignet med Friedels parabel, $E = Wf(1 - f)$, hvor f er fyldningen af d -båndet og W d -båndbredden, her 6 eV.

$$\gamma = Wf(1 - f). \quad (5)$$

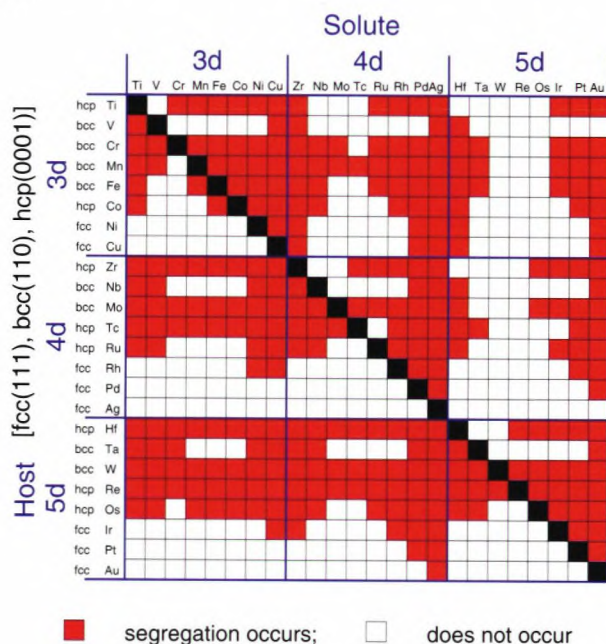
På figur 4 er vist de beregnede overfladeenergi for $4d$ -serien - plottet i (eV/atom) og som funktion af d -båndsfyldningen - sammen med Friedels parabel (5) for et realistisk valg af d -båndbredde. Vi ser tydeligt forbindelsen mellem de beregnede overfladeenergi, Friedels model og de "målte" værdier på figur 2. Vi konkluderer, at den rektangulære tilstandstæthed fører til en korrekt beskrivelse af overfladeenergiens variation gennem $4d$ overgangsserien. En lignende konklusion finder man for de to andre serier af overgangsmetaller.

Overfladesegregering

I praksis er det naturligvis sådan, at en metaloverflade ikke normalt vil være helt ren. Derfor kan svaret på spørgsmålet om sammensætningen af de yderste overfladelag i et metal indeholdende urenheder være af stor betydning. Vi vil altså gerne vide, hvilke urenheder, der i et givet metal vil segregere til overfladen, og hvilke der vil forblive i det indre. Den fysiske størrelse, som kan give svaret på

dette spørgsmål er segregeringsenergien, dvs., forskellen i opløsningsenergi af en urenhed B i overfladen eller i det indre af en vært A .

På samme måde, som det er tilfældet med overfladeenergien, er en nøjagtig segregeringsenergi vanskelig at bestemme eksperimentelt. Derimod kan den findes direkte ved hjælp af totaleenergiberegninger. Resultatet af sådanne beregninger, foretaget af Christensen *et al.* ⁵, er vist på figur 5. Der findes flere klare tendenser på figuren, men først og fremmest hæfter vi os ved, at de tre diagonalblokke, dvs., $3d$ - $3d$, $4d$ - $4d$ og $5d$ - $5d$, er næsten ens.



Figur 5: Fortegnet for de beregnede segregeringenergi i de tre overgangsserier. Et gråt felt betyder negativ segregeringsenergi, dvs., den opløste urenhed vil segregere til overfladen.

Friedel igen

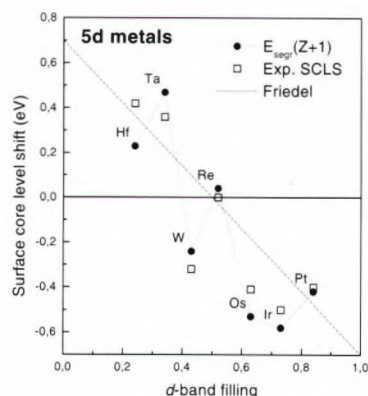
I den simpleste tilnærmelse er segregeringsenergien lig med overfladeenergien af urenheden B minus overfladeenergien af værten A . Benytter vi nu igen Friedels model, finder vi at

$$E_{segr.}^{(B \rightarrow A)} = \gamma(f^B) - \gamma(f^A), \quad (6)$$

hvor γ er overfladeenergien taget fra (5) med $f^{A(B)} = n_d^{A(B)}/10$. Det er nu en let sag at konstruere et segregeringsskema for $4d$ -metallerne. Vælg f.eks. Zr som urenhed B . Vi ser da på figur 6, at værterne $A = Nb, Mo, Tc, Ru$ og (Rh) alle har en højere overfladeenergi end Zr. Følgelig er segregeringsenergien negativ, og Zr vil segregere til overfladen af disse værter. Til gengæld har Pd og Ag lavere overfladeenergi end Zr, og i disse værter vil Zr forblive i det indre. Det ses også på figuren, at Ag vil segregere til overfladen af snart sagt hvad som helst.

Hvis vi nu sammenligner det ideelle segregeringsskema figur 6 med det beregnede figur 5, ser

vi klare ligheder mellem de to, især hvad angår diagonalblokkene. Vi konstaterer også, at det brede gab i segregeringen for $5d$ -metaller i $3d$ og $4d$ -metallerne skyldes, at $5d$ -metallerne har den største d -båndbredde. De har derfor også de største overfladeenergi, hvilket undertrykker tendensen til overfladesegregering. På den anden side fremmer den store d -båndbredde overfladesegregeringen af $3d$ og $4d$ i $5d$ -serien, som det også fremgår af figur 5. Vi konkluderer derfor, at Friedels simple model fører til en korrekt generel beskrivelse af overfladesegregeringen i de tre overgangsserier.



Figur 7: Målte surface core level shifts for $5d$ -metallerne sammenlignet med beregnede segregeringsenergi. Hine svarer i $Z+1$ tilnærmelsen til: Ta i Hf, W i Ta, Re i W, Os i Re, Ir i Os, Pt i Ir og Au i Pt. De eksperimentelle værdier for Hf og Ta er målt på polykrystallinske prøver mens resten er målt på eenkrystaller.

På $5d$ - $5d$ segregeringsskemaet i det nederste hjørne af figur 5 finder vi følgende afvigelser fra den ideelle opførsel: 1) Hf i Ir, 2) Re, Os og Ir i Hf samt 3) Ir og Pt i Ta. Af disse er Hf i Ir et grænsetilfælde med lav segregeringsenergi og udgør derfor reelt ikke et brud på den ideelle opførsel. Se f.eks. Rh i Zr på figur 6. De andre afvigelser skyldes krystalstrukturens indflydelse på segregeringsenergien. Når Re opløses i Hf, øges fyldningen af d -båndet lokalt til en værdi svarende til Ta. I omegnen af et enkelt Re atom opløst i Hf burde krystalstrukturen derfor være bcc som i Ta. Nu er strukturen af Hf imidlertid hcp , og det koster derfor mere energi at opløse Re i det indre af Hf end på overfladen. Altså segregerer Re til overfladen, selv om det ikke skulle forventes ifølge Friedels model. Samme argument kan bruges på Os og Ir i Hf. På den anden side, når Ir opløses i Ta burde krystalstrukturen lokalt være bcc som i W. Det er den imidlertid også, så her kan det bedst betale sig at opløse Ir i det indre af en Ta krystal. Derfor segregerer Ir og Pt ikke til overfladen af Ta.

Eksperimentelle segregeringsenergi

Det ser ud til at være næsten umuligt at måle segregeringsenergi direkte. Der findes imidlertid en fysisk effekt -

Melles Griot makes OPTICS, OPTO-MECHANICS, LASERS, INSTRUMENTS, *and* FIBER OPTICS



Contact Melles Griot for a fast response to your photonics needs. Our vast product selection described in our detailed product literature will provide solutions for a successful product or experiment.

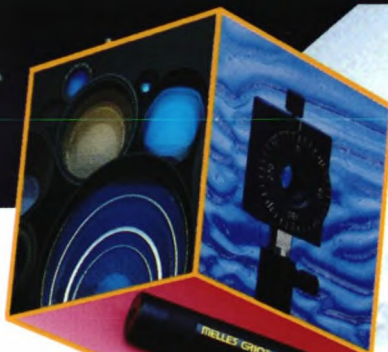
Whether you need a single lens, or thousands of laser assemblies, Melles Griot is ready to deliver. From a single prototype to full-scale production, we can ship to your schedule. Melles Griot has earned a 25 plus year reputation as a quality manufacturer of optics, opto-mechanics, lasers, instruments, and fiber optics.

We have facilities in North America, Europe, and the Asia Pacific staffed with applications engineers ready to fulfill your requirements. You can reach us by phone, FAX, or the INTERNET.

From simple lenses to advanced fiber optics — Melles Griot is your *first choice* in photonics!

**Call, FAX, or E-mail us today
for your photonics solutions!**

Melles Griot Danmark
Stenagervej 13 • DK-4100 Ringsted
Phone: 53 61 50 49 • Fax: 53 61 60 49
E-mail: 101456.567@compuserve.com



■ OPTICS

- Beam Expanders
- Beamsplitters
- Coatings
- Custom OEM Optics
- Custom Optical Assemblies
- Cylindrical Optics
- Diode Laser Optics
- Filters
- Invaritar Lenses
- Lenses
- Micro Optics
- Mirrors
- Optical Design Software
- Polarizers
- Prisms
- Shutters & Irises
- YAG Lenses

■ OPTO-MECHANICS

- Breadboards
- Optical Tables & Isolators
- Opto-Mechanical Mounts
- Positioning Equipment
- Workstations

■ LASERS

- Diode Lasers & Assemblies
- Helium Neon Lasers

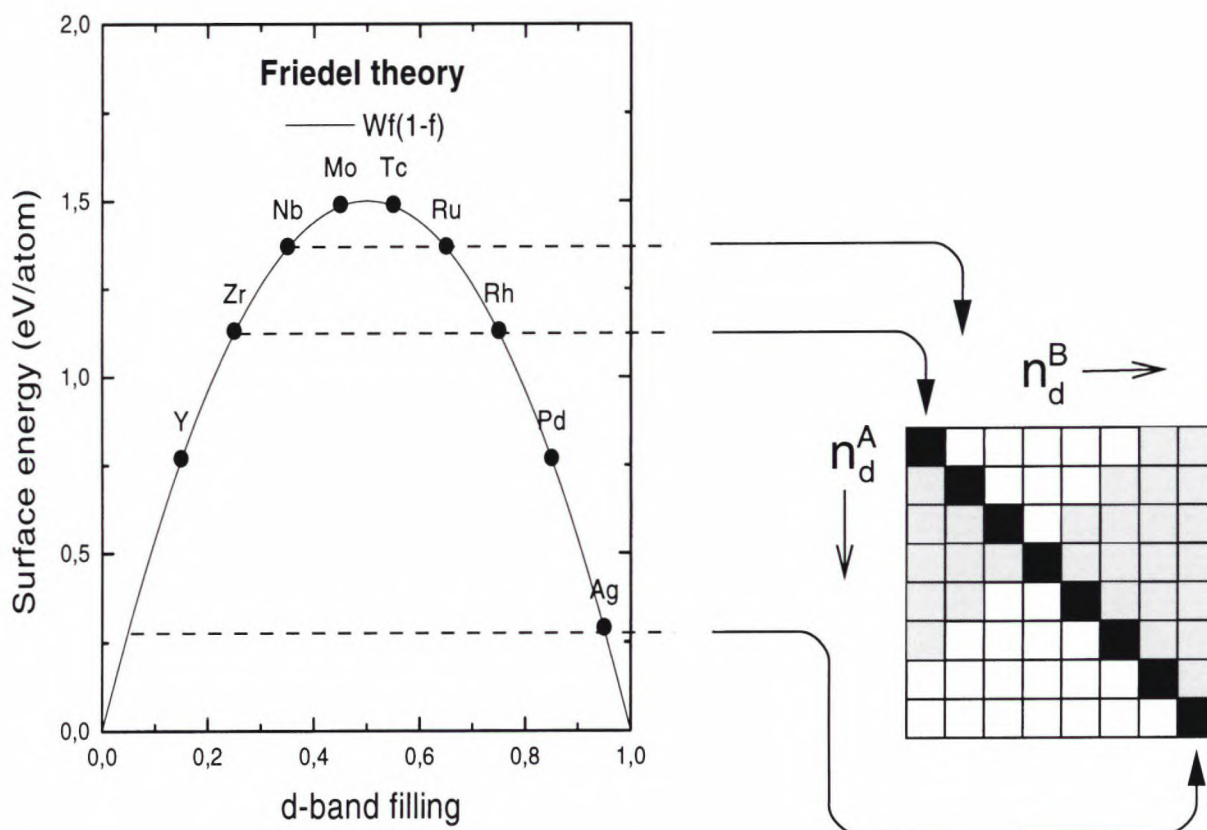
■ INSTRUMENTS

- Amplifiers
- Beam Position Measurement
- Beam Profilers
- Diode Laser Drivers
- Diode Laser Controllers
- Optical Spectrum Analyzers
- Power & Energy Meters
- Power Supplies
- Wavefront Analyzers

■ FIBER OPTICS

- Reflective Fiber Gratings
- Circulators
- Isolators
- Tree Couplers
- Attenuators
- Fiber Collimators

MELLES GRIOT



Figur 6. Konstruktion af et segregeringsskema for overgangsmetaller på basis af Friedelmodellen

på engelsk kaldet *surface core-level shifts* (SCLS)- som bygger på den kendsgerning, at de atomare energiniveauer afhænger af atomets omgivelser. Der kan derfor være et ikke ubetydeligt skift i disse niveauer, afhængig af om atomet befinder sig i det indre eller på overfladen af en krystal. Et sådant skift kan måles nøjagtigt, og da det kan relateres til segregeringsenergien for en $Z+1$ urenhed i en vært med atomnummer Z , har vi en mulighed for at kontrollere i det mindste nogle af resultaterne på figur 5. Figur 7 viser en sådan sammenligning mellem målte SCLS og beregnede $Z+1$ segregeringsenergies. I betragtning af, at de eksperimentelle værdier burde korrigeres med op til 0.1 eV for SCLS i det andet overfladelag, kan vi konkludere, at man kan beregne segregeringsenergies med stor nøjagtighed.

Friedel atter en gang

Antager vi, at segregeringsenergies for $Z+1$ i Z kan beskrives ved hjælp af Friedels model finder vi

$$E_{segr.}^{Z+1 \rightarrow Z} = \gamma(f^{Z+1}) - \gamma(f^Z) \approx \frac{d\gamma}{df} \frac{df}{dn_d} \quad (7)$$

$$= \frac{W}{10}(1 - 2f),$$

Ligningen beskriver den rette linie indtegnet på figur 7 med en d -båndbredde på 7 eV. Vi ser endnu en gang, at Friedels model giver en god beskrivelse af de generelle tendenser for segregering og SCLS, og som før skyldes afvigelserne krystalstrukturens indflydelse på segregeringsenergies.

Afslutning

Under et foredrag om supraledning fremsatte Bernd Matthias for ca. 20 år siden den påstand, at en teori ikke er en teori med mindre, den kan forudsige noget. Denne påstand provokerede Fred Müller og andre elektronstrukturfolk til at vædde 100 \$ om, at inden for de næste 10 år ville en ny supraleder blive fundet ved hjælp af elektronstrukturberegninger. Sådan gik det som bekendt ikke, og Fred tabte sit væddemål. På den anden side peger resultaterne af mange års totalenergiberegninger - heriblandt grundlaget for nærværende artikel - på, at det, man på engelsk kalder *computational physics*, har nået konfirmationsalderen. Det betyder, at man med en vis sikkerhed kan benytte beregnede fysiske størrelser som rettesnor i design af materialer med forbedrede egenskaber.

Forfatteren takker Asbjørn Christensen, Levente Vitos og Andrei Ruban, som har foretaget de beregninger, der ligger til grund for denne artikel.

5) A. Christensen, A.V. Ruban, P. Stoltze, K.W. Jacobsen, H.L. Skriver og J.K. Nørskov, Phys. Rev. B **56**, 5822 (1997).

Referencer:

- 1) J.A. Alonso og N.H. March, *Electrons in Metals and Alloys*, Academic Press (1990).
- 2) L. Vitos, A.V. Ruban, H.L. Skriver og J. Kollár, Surface Science, submitted.
- 3) F. R. de Boer, R. Boom, W. C. M. Mattens, A. R. Miedema, and A. K. Niessen, *Cohesion in Metals* (North-Holland, Amsterdam, 1988).
- 4) J. Friedel, in *The Physics of Metals*, edited by J. M. Ziman (Cambridge University Press 1969), p. 494.



Hans L. Skriver er professor i teoretisk materialefysik ved Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby og tilknyttet Center for Atomic-scale Materials Physics (CAMP)



Anvendelse:

- ★ Kvalitetskontrol
- ★ Forskning og udvikling
- ★ Analyseudstyr
- ★ Høj -og ultrahøjvakuum

Læksøger på heliumbasis

Hvilke krav stilles der?

- ★ Hurtig
- ★ Nem og entydig betjening
- ★ Oliefri indsugning
- ★ Robust
- ★ Enkelt service
- ★ Prisbillig

Leybold ApS
Roskildevej 342A
2630 Tåstrup
Tlf.: 43996444
Fax: 43996544



Tempus

Simon Rebsdorf, Københavns Universitet, NBI/AFG

Og hvad er så tid? Hvis ingen spørger mig, ved jeg hvad det er. Hvis jeg vil forklare det til den der spørger, ved jeg det ikke.

Augustin,
år 403.

Indledning

Jeg vil i dette naturfilosofiske essay undersøge spørgsmålet: Hvad er tid? Slår man op i et leksikon vil man møde forklaringer som denne¹:

Punkter i eller dele af en ikke rumlig rækkefølge;
fortsat forløb af tilstande eller begivenheder.

Dette tidsbegreb viser sig imidlertid at have vanskeligt beskrivelige egenskaber, som Augustin² rammende indser det. Men hvorfor er det overhovedet vanskeligt at besvare spørgsmålet, når man betænker tidsbegrebets universelle karakter? Tiden er et ord man danner mens tiden går og tidsbegrebet homogeniseres af praktiske årsager, i de sociale omgivelser, gennem det sansende menneskes opvækst. Tiden forlenes med en retning, opdeles i successive øjeblikke. Bogholderiet over tiden kaldes en kronologi der etableres af en standardiseret kronograf, der dikterer en kontinuert flydende, objektiv og kosmisk tid, og tidslængder kategoriseres som korte og lange. Vi undrer os følgelig når vi med alderen sammenligner erindringer om barndommens tidsoplevelser med erindringen om oplevelser af tiden i den nærmeste fortid, og på trods af kronografens stædige objektivitet erkender, at et år for eksempel forekommer kortere nu end dengang. Tiden subjektiveres således tilsyneladende i en eller anden grad og der viser sig et væld af snurrige vanskeligheder i de begrebsdefinitioner, der skal til for at beskrive tiden fyldestgørende og modsigelsesfrit; og det vil snart klares, at en tidsbeskrivelse hænger uløseligt sammen med en beskrivelse af rummet. Det vil vise sig, at beskrivelsen er nært forbundet med det store spørgsmål: Hvorfor er tid ikke rum?

Rum og tid

Alle fysiske love forudsætter i deres formulering begreberne om rum og tid; det antages normalt at rum- og tidsbegreberne er velkendte og veldefinerede virkelige entiteter, i hvilke alting sker. Anslået af det venlige spørgsmål fra en kammerat: "Kan fysikken overhovedet bruges til fastlæggelse af tidsbegrebet?" lyste det, at her var der et grundlæggende spørgsmål, som næsten aldrig behandles i fysikfaglige kredse. Fysikkens grundlæggende formuleringsforudsætning om kendskab

til tiden, samt ovennævnte spørgsmål er motivationen for dette essay. Af årsager, som forhåbentlig senere vil klares, vil jeg dog for en gangs skyld ikke behandle fysikkens undersøgelsesresultater, teoretiske såvel som empiriske, af tidens beskaffenhed, men kun meget blidt skitsere disse undertemaer. Jeg vil heller ikke behandle det interessante spørgsmål om tidens topologi: om tiden er lineær, cirkulær, endelig eller ej etc.

At den fysiske behandling af tidsproblemet er utilstrækkelig, fremgår allerede deraf, at det ikke kun er fysiske ting og begivenheder, der er underlagt tiden. Også det psykiske er tidsligt bestemt: erfaringer, oplevelser, stemninger, følelser, tanker, alle psykiske hændelser og processer mangler den 'rumlighed', der er så velkendt fra det fysiske. For eksempel er det langt fra klart, i hvilket domæne vore bevidste tanker hører til. Temaet vil altså være den menneskelige bevidstheds perception af tiden og artikulation af tidsoplevelsen, og ikke matematiske formuleringer af en kvantitativ tid.



Henri Bergson.

Inspireret hovedsagelig af den stadig aktuelle franske filosof Henri Bergsons arbejde om "Det umiddelbare i bevidstheden"³ fra 1889, og Poul Lübckes metafysiske essay "Tidsbegrebet"⁴ vil jeg efter en overfladisk gennemgang af fysikkens beskrivelse af tidens beskaffenhed definere begreberne statisk og dynamisk tid, to afgørende forskellige tidsbeskrivelser, som går igen i de fleste

filosofiske afhandlinger om tiden. De to indbyrdes relaterede tidsideologier afføder efterfølgende spørgsmål af dybere psykologisk og mere fundamental karakter om sindets indre tilstande og det vil forhåbentlig blive klart, at Augustin virkelig må tages bogstaveligt: at sproget, der i selve sin tendens til at opdele alting, modarbejder erkendelsen af, at vi faktisk oplever en indre kvalitativ tid som et ubrudt forløb, og ikke den af tidsmåleren kvantificerede tidslinie, som fysikken, med rette, gør brug af. Lad mig afslutte kapitlet med Frederik Dessaus finurlige tidsdefinition⁵:

Tiden er naturens metode til at forhindre alting i at ske på samme tid.

Kan tiden tænkes?

Tempus betyder tid på latin. Ordet 'tid' stammer blandt andet fra det oldengelske 'tide', tidevand, der er fremkommet blandt sømænd i tidernes morgen; hvornår det så end var? Jeg vil ikke dvæle ved oprindelsen af ordene for tid, men blot forbinde ordet med en periodisk bevægelse i naturen, idet tiden er i nær familie med rumlig periodicitet, som vi snart vil se. Tiden indgår problemfrit i dagligsproget. Mode kan siges at være tidløs og alle tiders, en bevægelse kan siges at komme i tide og til tiden, staklen i tidsnød mangler tid, og tiden siges at sætte sine spor. Denne nøgterne anvendelse af begrebet til trods, skal vi se, at det vitterligt volder problemer, at beskrive tiden modsætningsfrit.

Man kan tænke sig tiden manifesteret på mange måder, og det er interessant at foretage nogle appetitvækkende tankeeksperimenter med det mål for øje, at indse hvilke størrelser og ideer vi i dagligdagen stiltiende tager for givet. Inspireret af Albert Einsteins relativitetsteori skrev Alan Lightman i 1993 romanen "Einsteins Drømme"⁶, som rummer forskellige forestillinger og hypoteser om tidens mulige værensmåder i fantasiens lande. Visse af ideerne viser sig nu, ikke nødvendigvis kun at være forvist til forestillingernes domæner, men faktisk at være i tilnærmelig overensstemmelse med flere tidsopfattelser, om end de i romanen er ganske karikerede. En række af tankespindene parafraseres herunder:

Forestil dig der ikke var tid. Hvad ville rummet da være andet end koagulerede billeder? Hvad ville lys da være? Og bevægelse? Eller forestil dig at vi ingen erindring havde. Da ville vanen ikke findes til at sløve vor dagligdag. Presset mellem benene ville hver gang være lige velkomment, og forelskelsen evig ung. Forestiller vi os, at livet kun varede et soldøgn, idet Jorden tænktes at rotere langsommere end det faktisk er tilfældet, da ville et barns fødselstidspunkt angives ved tidspunktet på døgnet fremfor på året; det blev et nattebarn. Hvis tiden var en sans og alle havde deres egen tidsopfattelse ville Hr. Sloth måske se frøken Pace ile forbi sig på gaden med hurtige insektlignende bevægelser mens hun måske ville opleve Sloth som et langsomt drivende dovendyr. Tiden som en sans opfatter jeg ikke meget fjern fra min egen psykiske oplevelse af tiden, og den yderste konsekvens

af den almene relativitetsteori viser sig også at fremstille lignende situationer, hvilket jeg vender tilbage til. Forestil dig at mennesket ikke kunne forestille sig fremtiden, og hvert øjeblik således ville være det sidste, apokalypsen! Eller hvis tiden var rigoristisk fastlagt på forhånd, hvis hvert øjeblik var et indrettet værelse, og fremtidens værelser også var indrettede, men blot ikke besøgte endnu. Den fri vilje ville da være indeburet, og fatalisten ville være en ansvarsløs tilskuer til sit eget liv. Eller hvis tiden var umålelig, da ville toget først afgå når alle kupéer var fyldt op! Overflødigt tankespind kunne man indvende, men jeg appellerer til at vente med slige domme indtil 'tidsskriftet' her er læst til ende.

Fysikkens tid

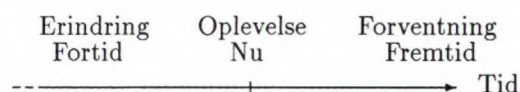
Tiden opfattes i fysikken som en lineær kvantificeret størrelse. Tidspunkter og tidsrum fastlægges ved en sammenligning med periodiske bevægelser i rummet; indtil 1967 ved hjælp af astronomiske iagttagelser af himmellegemernes bevægelser. Kalenderen var bogholder, og tidens yderligere opdeling klaredes med svingende penduler, med afpassede længder i forhold til tyngdeaccelerationen. I 1967 definerede man det objektive sekund ved svingninger i et atom, nemlig 9.192.631.770 hyperfinstruktur-elektronovergange i et cæsium-133 atom. Frem til begyndelsen af dette århundrede troede naturvidenskaben på en absolut tid, altså at enhver begivenhed kan påtegnes med et tal på en entydig måde, det vil sige at alle ure så at sige er lige gode, hvordan de end bevæger sig indbyrdes. Rømers opdagelse af lysets tøven og den senere erkendelse af at lysets fart er ens for alle observatører, uanset deres bevægelser i forhold til hinanden, førte til Einsteins specielle relativitetsteori i 1905, og man måtte som en nødvendig konsekvens heraf opgive forestillingen om den absolutte tid. Enhver observatør har sit eget tidsmål, angivet af et medbragt ur, og tidsbegrebet blev således mere personligt. Den specielle relativitetsteori gjorde også op med samtidighedsbegrebet. To begivenheder, der i et henførelsessystem finder sted samtidig, kan i et andet inertialsystem ske efter hinanden, mens det dog stadig er de samme begivenheder. I den almene relativitetsteori fra 1916 sammenføjede Einstein de to begreber, geometri og energi, i sine feltligninger, og i denne gravitationsteori gives rumtidssingulariteten, Big Bang, som en mulig løsning til ligningerne. Det er i denne kosmologiske standardmodel en hovedantagelse at der findes en kosmisk tid, i hvilken universets udvikling i princippet kan måles. Det empiriske resultat, at universet udvider sig, forsyner tiden med en retning i hvilken ekspansionen finder sted; dette kaldes den *kosmologiske tidspil*.

Termodynamikkens anden lov siger at entropien, et abstrakt mål for ordenens størrelse, altid vil vokse med tiden i et lukket system. Termodynamikken tilordner således også tiden med en retning: *termodynamikkens tidspil*. I forsøget på at danne en forenet kvantegravitationsteori må man indføre en imaginær tid. Om dette er en uvirkelig matematisk abstraktion eller ej vil kun tiden vise. At

tiden er forlenet med en retning kan synes som en triviell sandhed for selvfølgelig er der stor forskel på fremtid og fortid: Vi husker fortiden men ikke fremtiden, men hvorfor egentlig? Bevidsthedens tidslige orientering i form af forventning og erindring kan også anskues som en retningskabende faktor i tiden, en *psykologisk tidspil*. Men hvori består denne forskel på hvad der har været og hvad der kommer; og hvordan graves dagens sanseoplevelser, i et evigt varierende nu, ned i erindringen? Denne mystiske overgang fra fremtid over nutid til fortid vil vi se nærmere på i det følgende.

Temps et durée

Der er klare forbindelsesled mellem begrebet tid, og en mængde andre begreber så som bevægelse, kausalitet, rum, ændringer, entropi, menneskelig handlen, bevidsthed og meget andet. Jeg har allerede antaget forhåndskendskab til de fleste nævnte begreber for at kunne udtrykke mig sprogligt. På grund af tidens abstrakte karakter, danner vi på naturlig, men misvisende måde, billeder til beskrivelse af tiden. Disse billeder er analogier til håndgribelige rumlige dagligdagsbegreber. Tiden opfattes fx gerne som en flod, der løber forbi os, og begreberne fortid og fremtid visualiseres herved i form af bestemte vandmængders rumlige placering. Men dette billede kræver jo opkomsten af en ny tid, i hvilken den første tid, floden, kan løbe! Tiden opfattes også gerne som en linie, en endimensional mængde af punkter som står i indbyrdes transitive og asymmetriske relationer til hinanden mht. til 'førend', 'samtidig med' og 'efter' ⁷ kap. 3). Liniens punkter ordnes kvantitativt, således at der til hvert punkt på linien på entydig måde knyttes et og kun et reelt tal fra talrækken. Tidslinien anskues som kontinuert, uendelig og med en retning, thi kun med et retningsbestemt tidsbegreb kan vi tale om før og efter. Tiden kan, som hos fx Lübcke (⁴ s.43-48), også tænkes som en beholder, og det bliver således muligt at skelne mellem tiden selv, beholderen, og det der er 'i' tiden, indholdet.



Figur 1. Kontinuert, uendelig og retningsbestemt tidslinie.

Ifølge Newton-Smith må vi tænke os ud af disse billeder⁷. Det sidste billede viser sig nok at være det bedste bud på en modsætningsfri anskuelse af tidens væremåde. Tiden tænkes altså at være opsplittet i en eller anden forstand, men hvilken? De fleste filosoffer, der har beskæftiget sig med tidsbegrebet, har ifølge Lübcke øjeblikkelig set denne temporale dualisme, og den vil vi i de følgende fire kapitler se nærmere på.

Newton-Smith definerer to mængder, historiemængden og tidsmængden, i hvilke tidens tvedragt mani-

festeres (⁷ kap. 1):

- *Historiemængden* er mængden af alle ting i tiden, der er sket, sker eller vil ske. De ordnede elementer i denne mængde, de *temporale konnektiver*, er begreber som førend, samtidig med, efter, tidligere og senere end, imens, dernæst etc. Bergson anvender til disse begreber det franske ord for tid, *temps*, kvantitativ tid og fysikkens tid; men jeg vil, som Lübcke, hovedsagelig kalde denne tidsopfattelse statisk tid. Jeg ser nemlig et problem i dette udsagn om tidens ontologi¹², idet vi fra den specielle relativitetsteori ved, at tidspunkter kun er ordnede i forhold til den *lokale* referenceramme. Samtidighed er kun veldefineret lokalt, og kan som nævnt 'bryde sammen' når to iagttagere fx sammenligner klokkeslættene for en følge af successive begivenheder.
- *Tidsmængden* er mængden af objekter, under hvilke tingene i tiden hænder. De ordnede elementer i denne mængde, de *temporale objekter*, er begreber som øjeblikke, intervaller, perioder, fortid, nutid, fremtid m.fl.. Bergson bruger, til beskrivelsen af de temporale objekter, det franske ord *durée*, som kan oversættes med varen. Han benytter også ordene kvalitativ og psykisk tid. Her vil vi også anvende Lübckes begreb om disse objekter, den dynamiske tid.

Spørgsmålet er nu, hvordan vi sonderer mellem de to mængder: hvordan forholder de temporale objekter sig til konnektiverne? Forskellen mellem den psykiske tid og den tid, fysikeren arbejder med er væsentlig, og ligger til grund for tankegangen i nærværende essay, ligesom det var tilfældet for Bergson i "Det umiddelbare i bevidstheden". Faktisk mente Bergson, at den kvantitative tid, *temps*, slet ikke fortjener navnet 'tid'. Før vi forsøger at skelne mellem *temps* og *durée* må vi føle lidt på begreberne, og vi lægger ud med den statiske tid.

1 - Statisk tid

Man er tilbøjelig til at betragte den endimensionale entitet tid og den tredimensionale entitet rum, som to adskilte enheder, der eksisterer uafhængigt af hinanden, selv om alt eksisterende, der opfattes, bevæger sig eller forandrer sig med tidens gang. Begrebet *bevægelse* i fysisk forstand, giver dårligt mening uden *både* rum og tid. Tid og rum danner sammen en ramme for alle bevægelser og forandringer, og selv om man teoretisk kan forestille sig tid uden rum, og rum uden tid, har disse begreber ingen værdi i den fysiske virkelighed.

Rumtiden

En måde hvorpå vi kan samle rum og tid er ved definition af et firedimensionalt rum, rumtiden. I stedet for at anskue et rumligt udstrakt objekt, fx en rosenknop, som en tredimensionel entitet, der i en tidsstrækning udfolder sin

rumlige form og forandrer sig til en udsprunget rose, kan vi opfatte tiden som en fjerde dimension og referere til rosen som en firedimensional entitet. Derved kan vi på tidsneutral måde referere til det firedimensionale geometriske objekts *historie* under ét (⁴ s.77). Det giver nu ingen mening at hævde, at rosen i sin egenskab af firedimensional entitet skulle kunne ændre sig, da selve begrebet om forandring end ikke er defineret i vor nye firedimensionale rumtid. Det er fysikkens bestilling, at angive lovene for objekter i dette rum-tids-kontinuum, og det lykkes med stor overbevisning og akkuratelse lige fra klassisk, newtonsk mekanik over relativitetsteorien til kvantemekanik. Dog lider visse dele af fysikken af beskrivelsesproblemer. Den almene relativitetsteori bryder sammen i rumtidssingulariteten, Big Bang, der af naturvidenskaben synes nedskrevet og vedtaget som skabelsesspørgsmålets endegyldige svar ⁸ og kvantemekanikken har stadig sit velkendte måleproblem. Fysikkens virkelighedsbeskrivelser antager begrebet statisk tid; og særlig i kosmologiens standardmodel er eksistensen af en kosmisk tid den ene hovedantagelse. Den kosmiske tid, der i den matematiske formulering af universets faktiske udvidelse fungerer som 'despotisk liniedømme', er den tid, til hvilken alle rumtidsforandringer refererer. Ifølge Peder Voetman Christiansen er de kosmologiske modelleres tid dog en død abstraktion, som skaber et falsk indtryk af, at vi behersker tiden og rummet⁹! At fysikeren - som her a priori antages at have foretaget en konceptuel separation af rummet og tiden - beskæftiger sig med rummets epistemologi¹² giver sig selv, men forholder hun sig også epistemologisk til tiden?

Verdenslinien

Denne statiske tid der er forenet med rummet er altså af objektiv art. Det interessante ved rumliggørelsen er, at de temporale objekter, fortid, nutid og fremtid bliver eksisterende i den firedimensionale rumtid. En persons hele liv bliver til en firedimensional *verdenslinie*: Den kurve et stofligt objekt gennemløber i rumtiden, (begrænset af en firedimensional kegle, som følge af lysets endelige, konstante hastighed). udspændt mellem fødsel og død, hvilket ifølge Voetman Christiansen udelukker enhver forestilling om fri vilje eller udvikling af noget nyt (⁹ s.33 og ³ kap. 3). Derfor må man fristes til at spørge om der da kun eksisterer et kosmisk nu, en universel samtidighed. At den firedimensionale verdenslinie i sig selv skulle implicere denne her påståede fatalisme er mig meget tvivlsom. Måske er problemet her i virkeligheden ikke *hvordan* verdenslinien manifesteres (fx med Voetman Christiansens tab af den fri vilje som konsekvens af verdensliniens determinerende egenskaber), men snarere *om* tiden overhovedet kan spatialiseres (og udspændes som rumlig analogi) når vi vil tale om psykologiske begreber som vilje og oplevelse af nu'et. Denne 'sindets verdenslinie' kendes jo kun retrospektivt (i erindringen); at have tegnet verdenslinien for en given rumtidsudvikling, fx et menneskes liv, er vel ikke ensbetydende med at staklen var uansvarlig og uden fri

vilje til at træffe sine personlige valg, thi hans død er fortid, før vi overhovedet er i stand til at tegne linien! Den opmærksomme læser vil her bemærke at jeg her stiltiende tilskriver fortiden en eksistens, nemlig i erindringen. Mit bud er derfor, at Voetman Christiansen blander inkommensurable begreber sammen.

Vi bringes således hen i den dynamiske tidsopfattelse, den psykiske tid. Men inden vi når så langt må vi definere hændelsesbegrebet.

Hændelsen

De temporale konnektiver, som udgør mængden af alle ting i tiden, førend, samtidig med og efter, refererer alle til hændelser; men hvorledes skal man forstå ordet 'hændelse'? Hvor lang tid varer en hændelse i den statiske tid? Hvis tidslinien er en kontinuert mængde af ordnede punkter, kan vi til ethvert tidspunkt parre dette med et andet tidspunkt og få et såkaldt interval. Dette temporale objekt kan i kraft af kontinuiteten mindskes i det uendelige (Medmindre der virkelig *findes* en nedre grænse for tidslig opdeling (Plancktiden?)). Vi kan altid dele intervallet i to. Uden at ende i Zenon fra Eleas berømte paradoks om Achilleus og Skildpadden noterer vi blot, at hændelsen er vanskelig at definere, medmindre man nøjes med at tillægge ordet mening inden for et bestemt gyldighedsområde. En hændelse er kun en hændelse inden for det tilladte måleinterval af klokkeslættet for hændelsen. Vi må undersøge hvad begrebet hændelse har med den tidslige enhed at skaffe.

2 - Tidspunktets opløselighed og dynamisk tid

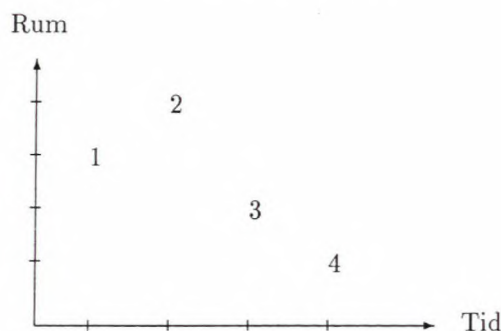
Begrebet tidspunkt er en dagligdags nødløsning, thi hvordan kan tidspunktet tillægges en udelelig egenskab? Tænk hvis fx det danske ord 'nu' var på femten stavelser. Da måtte vi, som frøken Klokken, advare om nu'ets komme i den lykkelige forventning, at det vitterligt *ville* komme, og markere dette nu med en kortere varende lyd efter advarslen. Men i hvor kort tid skulle denne lyd da vare. Hvad er en enhed i det hele taget? Bergson undersøger talbegrebet idet han hævder en vis samhörighed mellem talbegrebet og rumbegrebet, og med dette som brændsel tænder op under sin dualistiske tidsopfattelse.

Bergson tæller får

Lad os, som Bergson gør det i sin diskussion ¹³, betragte halvtreds får! De halvtreds får er ikke identiske, men opfylder et mindstekrav om lighed via artens særegne form og pels. De halvtreds får er altså *næsten* identiske. Stiller vi dem op på en række og tæller dem, et efter et, tillægger vi hvert får tallets enhed, symbolet for ettallet, og vi når til tallet 50. Dette tal bærer et navn, 50, et symbol, og samtidig indeholder det et antal skelnelige dele eller enheder. Tallet er sammensat, en syntese af det enkelte og det mangfoldige. Enkelt, fordi vi betragter det ved en enkelt anskuelsesakt, idet vi ser det arabiske symbol '50'. Mangfoldigt, fordi det indeholder de skelnelige dele. Talbegrebet forudsætter altså en enkelt anskuelse af en mang-

foldighed af dele, der er absolut lig med hinanden, og dog må enkeltdele alligevel være skelnelige i en eller anden henseende, siden de ikke sammensmelter til een, fx i det mindste med hensyn til den plads, enheden udfylder i rummet, dvs. fårets placering på græsmarken. Vi foretager således en sidestilling i forestillingen (fårestillingen ;-) af enhederne, fårene.

Når vi gennem livet lærer at benytte talbegrebet, antager det forskellige former. Først er tallet måske angivet ved kugler på en snor, dernæst er det punkter på en tavle og endelig er det tallet selv, symbolet.



Figur 2. Fåretællinger

Idet fårene tælles successivt med en pegende finger, tælles de samtidigt i sindet. De successive led behøver ikke vente på sine efterfølgere; man har tilsyneladende vænnet sig til at tælle i tiden og ikke i rummet. Den fremadskridende tælling sker på denne måde i en strøm af nutid, så at sige, i den psykiske tid, sindets dynamiske tid. Der foregår her ingen sidestilling i rummet (eller i sindets forestilling af rummet), idet nutidens oplevede øjeblik under tællingen griber det næste ved den stadige tællen. Det anvendte talsystem er så tilstrækkeligt velfunderet i hjernen, at vi i princippet kunne fortsætte med at tælle fra nu og til dommedag, eller indtil erindringen nødvendigvis måtte tages i brug for at huske det forrige tal. Man har i tællingen af fårene i en vis forstand snarere talt øjeblikkene i den dynamiske tid, end man har talt punkter (får) i rummet. Der findes her to typer af enheder: Den sidste atomare enhed, der danner et tal ved at føje sig til sig selv, fåret; og en foreløbig enhed (det dannede tal), der i sig selv er en mangfoldighed, og som låner sin enhed fra den udelelige akt, ved hvilken den opfattes af tanken.

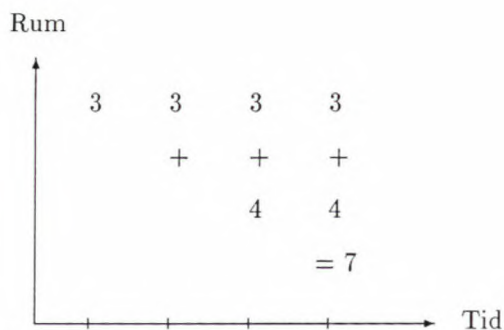
Det er nu hundredkronersspørgsmålet, om det overhovedet er muligt for bevidstheden at tænke det udelelige, den sidste atomare enhed. Jeg tror, vi måske blot er vænnet til at abstrahere fra enhedens foreløbige egenskab i den aktuelle målestok, ved hvilken vi finder det praktisk, at anvende den pågældende enhed. Naturvidenskaben er ikke nået til nogen udelelig stofpartikel endnu, selv om den, hver gang et nyt underliggende niveau af stof opdages, ikke kan undslå sig sine paradigmatiskke briller og føle sig sikker i sin foreløbige sag - og tålmodigt vente på den næste afvigelse.

(Redaktøren har her det problem at han ikke ved hvor-

dan man skulle kunne bevise at en given partikel er udelelig. Selvom CERN og andre centre bestemt hverken er tålmodige eller afventende er det bedste man kan sige vel at det aldrig er lykkedes at finde struktur i elektronen eller kvarkerne. Red.)

Så længe man arbejder med enheder, kan de opfattes som atomare; men de kan sandelig altid deles i det uendelige, idet de opfattes som rumlige objekter.

Når vi danner et tal af atomare enheder, fungerer disse enheder som uopløselige elementer, men når det dannede tal ønskes opløst, kan det gøres på mangfoldige måder: Tallet, der er dannet efter en ganske bestemt lov, kan så at sige opløses efter en hvilken som helst lov, eller: enheden er kun uopløselig, så længe man tænker den. Det er således vigtigt at skelne mellem den enhed, man tænker, og den enhed, man ophøjer til en ting, efter at have tænkt den! Der sker nemlig en objektivisering under dannelsen af tallet, fra den fundamentale enhed til det færdige tal, som efterfølgende synes deleligt i det uendelige. Men hvad med enheden som vi begyndte med? Her må vi igen huske på sprogets begrænsninger: Hvorledes forstås overhovedet ordet *enhed*?



Figur 3. Rumlig sidestilling af elementer der opfattes samtidig.

Melodien

Lad os nu addere to tal, 3 og 4. Vil denne simple operation da også ske i den dynamiske tid? Sindet må foretage en rumlig sidestilling af de to tal, idet sidestilling af de to sammensatte enheder altid, naturligt, vil foregå i rummets domæne. Hvis 3 kun var et øjeblik i den dynamiske tid for derefter at blive erstattet af noget andet, hvorledes skulle det da kunne vente på 4, så de to tal kunne blive sidestillet og adderet? Hvordan skulle 3 kunne vente, hvis vi ikke lokaliserede det i rummet, eller i forestillingen om rummet? Svaret er altså, at al addition nødvendigvis må forudsætte en mangfoldighed af dele, der opfattes samtidigt, idet vi nødvendigvis må have forestillet os tallene ved en rumlig sidestilling. Forestiller vi os nu, at sanserne udsættes for flere efterfølgende, udefra strømmende påvirkninger, fx en melodi. Da kan vi i tankens behandling af perceptionen, ifølge Bergson, gøre mindst to ting: Trods påvirkningernes successive ankomst, og den efterfølgende perception af disse, kan hver enkelt af de successive fornemmelser fastholdes, så

de kan indgå i en organisation med de øvrige og danne et hele, dvs. en melodi. Eller de successive påvirkninger kan udførligt tælles, ved en udskillelse af de enkelte fornemmelser, som således bliver berøvet alle kvaliteter, ud over den kolde identificering: En påvirkning (her en tone). Denne udskillelse må foregå i et homogent medium, i hvilket påvirkningerne efterlader spor, der er identiske. Nu kan et øjeblik i tiden ikke gemmes, og senere føjes til andre øjeblikke, og således må denne påvirkningernes eller fornemmelsernes adskillelse under tællingen foregå i rummet eller den rumlige forestilling, ifølge tidligere argumenter om addition af atomare eller sammensatte enheder. Bergson bruger her tonestrømmen som eksempel på at bevidsthedstilstande gennemtrænger hinanden, og kompletterer hinanden og den organiske helhed. De hænger ikke sammen som punkter på en tidslinie, men som toner, et musikstykke. Den enkelte tones virkning afhænger af de andre, af forløbet, helheden, mens denne omvendt dannes gennem de enkelte toner. Tonerne kan ikke udskiftes, uden at helheden forandres. Stykket forløber gennem de enkelte toner, som hver især har deres særlige kvalitet, og det netop i deres indbyrdes forhold.

Bergsons ontologiske tidstese

Lad os nu se på Bergsons endelige tese, der skummer fløden af de ovenstående argumenter og formulerer hans dualistiske tidstese. Denne tese lægger grunden for hans kritik af fysikkens statiske tidsbegreb samt hans angreb på psykisk determinisme, og argumenter for menneskets frie vilje. At påstå følgende rimelige udsagn: 'To legemer kan ikke på samme tid udfylde samme rum' er, ifølge Bergson, ækvivalent med en samhørighed mellem rumbegrebet og talbegrebet. Al denne tale om tal er således legitimeret, hvis læseren skulle nære mishag ved fåretællingerne. Det er nu spørgsmålet om såkaldte indre tilstande, som følelser, fornemmelser og forestillinger, som alle i en vis grad trænger ind i hinanden, kan tælles. Hvis de kan, må prisen være rumlig sidestilling, dvs: betingelsen er, at bevidsthedsfænomenerne der skal tælles, repræsenteres ved homogene enheder (rumlige forestillingssymboler), som indtager afgrænsede pladser i rummet; altså enheder, der følgelig ikke trænger ind i hinanden. Der foregår således en projektion af den indre psykiske tilstand, det indre bevidsthedsfænomen på rummet, under artikuleringen af bevidsthedsfænomenet. Denne projektion udmunder i en navngivning af sindsfornemmelsen, en udskilning; ja, en ny form træder frem. Bergson konkluderer således (³ s.68):

- "Dersom tiden er et medium, i hvilket vore bevidsthedstilstande efterfølger hinanden klart adskilte (så de kan tælles direkte), og dersom talbegrebet på sin side medfører, at hvad der kan tælles direkte, spredes i rummet; da er tiden ikke andet end rum (i betydningen af et medium i hvilket man skelner og tæller)."

Bergsons pointe er altså, at det *ikke* forholder sig således,

altså at tiden *ikke* er rum, og at den følgelig heller ikke er et medium, i hvilket bevidsthedstilstandene kan adskilles.

Bergson lagde altså grunden til den såkaldte 'platonismens ontologiske tidstese' (I modsætning til 'reduktionismens ontologiske tidstese' (Leibniz). Se ⁷ s.6-10.), der af Newton-Smith formuleres, som:

- Tidsmængdens elementer *er*, uafhængigt af historiemængdens beskaffenhed.

Tesen skal forstås derhen, at den dynamiske tid, *durée*, eksisterer, uafhængig af den statiske tids art, *temps*. Men er den dynamiske tid således i en vis forstand 'mere fundamentalt' end fysikkens tid, kunne man spørge:

3 - Kan temps reduceres til durée?

Forudsætter statisk tid den dynamiske tid? Hvad betyder det, at statisk tid logisk set forudsætter det dynamiske tidsbegreb? Spørgsmålet er ensbetydende med, at vi kan definere historiemængdens temporale konnekter 'førend', 'samtidig med' og 'efter', ved hjælp af tidsmængdens temporale objekter 'fortid', 'nutid' og 'fremtid', mens det omvendte ikke er tilfældet. I denne definitionsakt løber man imidlertid panden imod sin egen nakke; definitionen viser sig at blive cirkulær!



optilas

Optilas Danmark, den lokale internationale leverandør med specialer indenfor:

Optik og lasere til forskning og industri

Continuum, Inc. - Corion Corp. - CVI Laser Corp. - Ion Laser Technology, Inc. - Labsphere, Inc. - Laservision - Optical Surfaces Ltd. - Physical Optics Corp. - Research Electro Optics - Santa Fe Laser Co. - Synrad, Inc. - m.fl.



Spektroskopisk udstyr

Chromex, Inc. - McPherson Milton Roy - Photek Ltd. m.fl.



Elektronik

Directed Energy, Inc. - Maxwell Laboratories, Inc. - Quantum Design, Inc. - Stanford Research Systems, Inc. - Trek, Inc. - m. fl.

Optilas Danmark

Billedvej 2

DK-2100 København Ø

Telefon: 3543 0133

Fax: 3543 8334

E-mail: optilas@inet.uni-c.dk

Lad os først definere 'samtidig med' og 'efter' ved hjælp af 'førend', dette er uproblematisk: Hvis A og B er hændelser, dvs. tidspunkter, definerer vi følgende: B er efter A hvis og kun hvis A er førend B; og A er samtidig med B hvis og kun hvis A hverken er før eller efter B. Vil vi nu forsøge at definere 'førend' vha. de temporale objekter. For at tage hensyn til, at A er førend B, når en af hændelserne er nutidig, når A er fortidig og B fremtidig samt når både A og B tilhører fortiden (henholdsvis fremtiden), må vi på en eller anden måde ty til at tale om, at A er 'mere' fortidig (hhv. mindre fremtidig) end B. For eksempel er albigenserkorstoget mere fortidigt end stormen på Bastillen. Problemet med anvendelsen af det temporale hændelsesforhold 'mere fortidig end' er, at det netop kun kan være det statiske begreb om 'førend'. Vi definerer altså et begreb vha. begrebet selv, og definitionsforsøget er fejlslagent! Lad os se mere indgående på det dynamiske tidsbegreb.

Det kvalitative tidsbegreb har en indbygget modsætning, idet det på den ene side foretager en adskillelse af hændelser, der tilhører fortiden, nutiden og fremtiden, mens det samtidig postulerer, at alle hændelser i en vis forstand har alle tre tider 'i sig':

- er A fortidig, var den tidligere nutidig og endnu tidligere fremtidig
- er A nutidig var den tidligere fremtidig og bliver engang fortidig
- er A fremtidig, bliver den engang nutid og fortid.

Trods begrebstriadens indbyrdes logiske adskillelse af tiderne hævder det dynamiske tidsbegreb samtidig, at enhver hændelse tillægges alle tre begrebselementer. Hændelsen er enten det ene eller det andet eller det tredje, og er samtidig alle tre! For ikke at opgive det dynamiske tidsbegreb kan man kritisere problemet derhen, at selv om det er umuligt, at en hændelse kan være for-, nu- og fremtidig på én gang, så kan vi jo blot sige, at hændelsen har været fremtidig, er nutid og vil blive fortidig. Desværre har vi således blot forlenet udsagnet med de samme vanskeligheder, som vi forsøger at modbevise, idet talen om at have været etc. er ensbetydende med ytringen: Hændelsen er fremtidig på et tidspunkt i fortiden, er nutidig på et tidspunkt i nutiden og er fortidig på et tidspunkt i fremtiden! Vi har altså igen tilordnet hændelsen alle tre egenskaber, og kan på denne vis fortsætte til den yderste dag! Finder vi ikke en udvej til opløsning af paradokset må vi opgive det dynamiske tidsbegreb som selvmodsigende, og implikationen heraf er, at det dynamiske og statiske tidsbegreb ikke har noget med hinanden at gøre. Det er så kun den statiske tid, vi modsigelsesfrit kan betragte. Eller måske er det kvantitative tidsbegreb i virkeligheden en eksistensbetingelse for den kvalitative tid, og ikke omvendt.

4 - Kan durée reduceres til temps?

Selv om man synes at enes om de temporale objekter i dagligdags sproget kunne det vel tænkes, at denne dynamiske beskrivelse er reducibel, den subjektive status

til trods. Hvis dette lod sig gøre ville vi også have genetableret en relation mellem de to tidsopfattelser. Den subjektive tidsstruktur ville så bare være et 'appendiks' til den objektive, 'kolde', kosmiske tid. Det er nu opgaven at definere de temporale objekter ved konnektiverne.

Hvis en faldskærmsudspringer, idet han klokken 13:13:13 i flyvemaskinen mærker instruktørens klap på sin skulder og råber: "Nu springer jeg!", da synes det klart, at hans udsagn er sandt hvis og kun hvis det følgende udsagn er sandt: Faldskærmsudspringeren springer klokken 13:13:13 ud ad flyet. Udspringeren benytter det kvalitative tidsobjekt 'nu', mens det andet udsagn anvender konnektivet "samtidig", i sin tidsangivelse af springet. Denne oplagte og nøgterne reduktion kunne for så vidt være udgangspunktet for begge disse reduktionsforsøg, den ene og anden vej, idet den ikke får essensen med! De to udsagns postulerede ensbetydende karakter er i virkeligheden en hævde af *nutidighed*, som er et objektivt træk ved begivenhedernes ontologi. Desuden er det i høj grad diskutabelt, i hvor høj grad vi kan anvende formel logik i disse ovenstående kvasibevise for en indbyrdes relation, eller et ontologisk hierarki, mellem temps og durée. Det er endvidere oplagt at spørge, hvor veldefinerede historiemængden og tidsmængden egentlig er. Alle de anvendte mængdebegreber er i en vis grad kvantitative størrelser - om ikke andet gennem sproget, men essensen er ifølge Bergson den fundamentale *nutidige* eksistens; begivenheden *nu*.

Begivenhedens ontologi

En begivenhed indgår i bestemte tidslige relationer til andre begivenheder, idet den er førend, samtidig med eller efter andre begivenheder. Begivenhedens ontologi, eller måden, hvorpå den eksisterer, er derimod ikke en relationel egenskab ved begivenheden, men en værensmåde: Fortidig, nutidig eller fremtidig eksistens. "Nu springer jeg!" siger ikke alene noget om hændelsernes indhold, som finder sted 'nu', men tilskriver også nutidig eksistens til det tidspunkt, hvor springeren springer. Hvorledes skal begivenhedens skift fra fremtid til nutid, og fra nutid til fortid nu forstås?

Vi må søge et kriterium, som kan lade os afgøre, om en begivenhed er fortidig, nutidig eller fremtidig. Det er nærliggende at betegne fremtiden som mulighedernes rige, dvs. det ubestemte, fortiden som det bestemte, og nutiden som overgangen fra det ubestemte til bestemt. Fatalisten ville nok kunne bruge denne definition på kvalitativ tid, men er man tilhænger af ideen om sindets frie valg er den ikke brugbar. Hvis et valg nemlig er frit, er dette et træk ved valgets forhold til begivenheder, der er førend valget, men dette siger intet om, hvorvidt valget foretages i fortiden, nutiden eller fremtiden.

Indtil videre har vi betragtet begivenhedernes indhold og indbyrdes relationer, men ikke skelnet mellem fortidig, nutidig og fremtidig eksistens. Hvordan erfarer vi, at noget opnår nutidig eksistens? Ifølge Lübeck og

Bergson kan svaret findes i den menneskelige selvbevidsthed. Det er altså ikke ytringers semantiske forhold til faldskærmsudsagnenes ensbetydende art, vi skal spørge om, men i stedet troen på vor viden om, at springet er samtidig med min egen øjeblikkelige mentale hændelse: Bevidstheden om, at jeg erfarer springet - erfaring uden selvrefleksion og stillingtagen. Kun herved opnår vi en modsætningsfri nutidsdefinition. At vi ikke umiddelbart ender i fuldstændig epistemologisk subjektivism kan anskueliggøres derved, at eksistensen af samtidigheden af min bevidste erfaren og en anden hændelse, rimeligvis ikke kun gælder for mig, men er en universel eksistens, og således kan du og jeg stadig synkronisere vore svingende kvartsure efter fælles nedtælling, og erkende, at vi sagde "Nu!" samtidig.



Figur 4. Kvaliteten kvantificeres.

Subjektiv tid

Jeg har i denne tekst peget i retning mod den bergsonske anskuelse af bevidstheden og fænomenerne som en altid skiftende foranderlighed og den umiddelbare tidsoption, som kvalitativ forandring, der går forud for forstandsaktiviteten. Om jeg i teksten er kommet meget videre i forståelsen af den komplicerede relation: øjeblikkets berøring med det næste, må være op til læseren. Tidsbegrebet synes at have 'ålede' egenskaber, og diskussionen er forrykket henimod spørgsmålet om hvorvidt det er muligt at videregive sanseerfaringer samt hvordan enheden egentlig kan forstås. Der findes tilsyneladende ikke en én til en korrespondance mellem symbol (fornemmelsesartikulering) og temporalt objekt (fornemmelsen eller bevidsthedstilstanden). Sproget synes at gradbøje kvalitet og sproget er et handlingsredskab. Når jeg-tilstanden ytrer en mening sker der en kvalitetskvantificering; fornemmelsen berøves sin kvalitet, men vinder til gengæld et semiotisk tegn. Denne 'koagulering' af den flydende og levende ånd til fast, død materie er en følge af praktiske konventioners hensyn og dog en nødvendig betingelse for al kommunikation mellem mennesker.

Ifølge Nina Rosenstands indføring i Bergsons tekst³, er hans begreb om en indre tid, den psykiske tid, blevet velkendt "i filosofi såvel som litteraturanalyse også herhjemme, men de konsekvenser for tænkningen, Berg-

son mente, at en forståelse af *durée* ville medføre, lader stadig vente på sig" (³ s.8). Bergson kritiserede den tendens, at den såkaldte ydre verden, som oprindelig skabtes af den indre, er blevet den autoritet, hvorefter den indre bedømmes. Vi lader denne ydre autoritet råde, og glemmer, at vi i en vis forstand selv har skabt den som ydre, en slags selvforskyldt fremmedgørelse. Samtidig vil naturvidenskaben naturligvis indvende, at den ydre verden er præmissen for den indre, men med 'indre verden' mener Bergson nok i højere grad vore kvalitative psykologiske fornemmelser, og ikke veldefinerede fysiske entiteter. En konsekvens af Bergsons opfattelse af den kvalitative forskel på bevidsthedstilstande, som følger efter hinanden, er, at den enkelte tilstand ikke på forhånd kan udledes af de foregående. Bevidsthedstilstande er så at sige en stadig tilblivelse af noget nyt. Eller sagt metaforisk: At forudsige et portræt inden det bliver malet, ved hjælp af kendskab til lærred, pensel, farver og lyssætning, er det samme som at frembringe det, før det er frembragt (¹⁰ s.287). Essensen er altså forskellen på den tid, som er forløbet, og den tid der forløber. Bergson søger gennem dette tidsperspektiv at opløse frihedsproblemet. Ifølge Bergson er vi frie, når vore handlinger udtrykker hele vor personlighed. Friheden er ikke givet, som en ting er det. Vi kan ikke forudsige en tilstand *før* vi har gennemlevet den, og er således frie for determinisme. Jeg vil ikke gå ind i hans frihedsdiskussion her, men kan henvise til bl.a. ¹⁰ og³.

Udledning

Bergsons bidrag til det 20. århundredes franske filosofi formuleredes omkring 1889, og blev dengang kaldt *den nye filosofi*. Den nye filosofi var et traditionsopgør, en kritik af den filosofiske tradition, hvor man glemte den egentlige *kvalitative* forskel ved at gøre denne til en blot *kvantitativ*. Som ved et gentaget teaterbesøg har man jo *levet* i mellemtiden, mellem teaterforestillingerne. Selve forskellen i tid betyder, at den gentagne erfaring (teaterforestillingen) er anderledes end den oprindelige (da man så stykket første gang), eller at tidsforskellen er en *væsensforskell* og ikke en *gradforskell*. Det egentlige tidsfænomen er ikke tiden som en målelig størrelse, men tiden som den er oplevet, *tiden der leves*. Bergson indlemmedes senere i den såkaldte klassiske filosofiske tradition, som man efter den nye filosofi gjorde op med gennem en vending mod *det konkrete*. Læs mere herom i bl.a.¹⁰ s.294.

Nok er Bergsons tidsdualisme ikke en revolution i dag, men den bidrager dog til at belyse et begreb, som efter min mening er omgærdet med megen mystik. Øjeblikkets uudgrundelige enhed og nu'ets kompleksitet er nogle af tidens gådefulde elementer. Set i relativistisk lys opdukkes der også et interessant spørgsmål: Er nu'et kun defineret lokalt? Hvad mener man i øvrigt med tidernes morgen? Hvis rummet skabtes ved et stort brag, således gjorde også tiden, men skabelse er en proces, og hvorledes forstås dette ord, proces, uden tiden? Hvad er en proces? Hvad ligger der i ordet 'skabelse'?

Inddelingen i fortid, nutid og fremtid er altså ifølge bl.a. Bergson et produkt af menneskets bevidsthed, og denne tanke ligger ifølge Daisaku Ikeda tæt på buddhismen. Tid opfattet ud fra et fysisk objektivt synspunkt er fortid. Modsat er strømmende tid bevidsthedens strøm eller selve livet. I bund og grund er der ingen sondring mellem fortid, nutid og fremtid, idet de skabes af bevidsthedsstrømmen. Det udelelige bliver først delt i vores bevidsthed (¹¹ s. 76).

Afslutningsvis bør det nævnes, at vi stadig mangler klare definitioner på størrelser som tidserfaring, selvbevidsthed og fri vilje. Andre begreber, til hvilke jeg igennem teksten har taget kendskab for givet, er sindets erindring og forventning, to begreber, som kognitionsforskningen stadig kun har begrænset viden om. Yderligere er samtidighedsbegrebet heller ikke særlig veldefineret. Diskussionen har gennemgående gået på forholdet mellem på den ene side tanker og sansningen, og på den anden side beskrivelsen af disse. Det er derfor nærliggende at spørge: Kan vi med vor tankekraft alene mærke at tiden flyder?

The eye sees only what the mind is prepared to comprehend.

Henri Bergson

Referencer:

- 1) *Gyldendals Tobindsleksikon*. Nordisk Forlag A/S, København, 1982.
- 2) Augustin. *Confessions*. Henry Regnery, Chicago.
- 3) Bergson, H. *Det umiddelbare i bevidstheden* Vintens Forlag, København, 1980 (opr. 1889) (Findes også under titlen *Den rene bevidsthed*).
- 4) Lübeck, P. *Tidsbegrebet. Et metafysisk essay*. Gads Filosofi-serie. G.E.C. Gads Forlag, 1981.

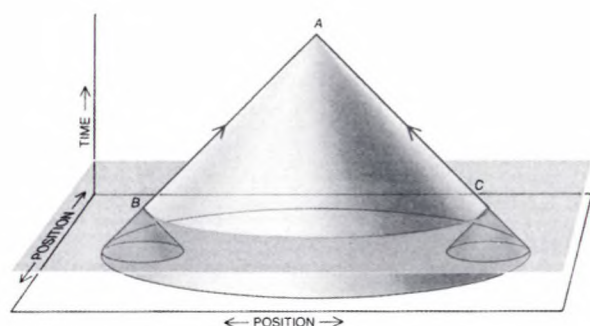
- 5) *Brøndums Encyklopædi*. Aschehoug, 1994, 1. udg.
- 6) Lightman, A. *Einsteins Drømme*. Samleren, 1993.
- 7) Newton-Smith, W.H. *The Structure of Time*. Routledge & Kegan Paul Ltd, London, 1980.
- 8) Penrose, R. *Gravity and quantum mechanics*, fra *General Relativity and Gravitation 1992*, Institute of physics publishing Ltd., Bristol and Philadelphia, 1993. Side 179-191.
- 9) Voetman Christiansen, P. *Har universet en tid?*, fra tidsskriftet *Paradigma*. 1. årg, nr. 2 1987.
- 10) Lübeck, P. (red.) *Vor tids filosofi*. Politikens Forlag, København, 1982.
- 11) Ikeda, D. *Liv, Univers uden grænser*. Reproset, København, 1994 (opr. 1982).
- 12) *Ontologi* er læren om alt værende, alt eksisterende, for så vidt som det er, tænkt i al almindelighed. *Epistemologi* er menneskets beskrivelse af alt eksisterende.



Simon Rebsdorf er B.S. i fysik ved Københavns Universitet. Han påbegynder snart sit speciale ved Institut for de Eksakte Videnskabers Historie i Århus.

Den kosmologiske standardmodels problemer

Kay Akselbo



Figur 1. Horisontproblemet: Sættes lyshastigheden $c = 1$, afbildes lysstråler i dette tredimensionale tid-rum ved rette linier med 45 graders hældning. Iagttagere kan altså kun modtage signaler fra områder indenfor deres "horisont", dvs. lyskeglen under dem. Det store brag tænkes begyndt på forskellige steder til tiden nul (den nederste vandrette plan), og baggrundsstrålingen at være frigjort nogen tid senere (den grå plan). Problemet er nu, at den stråling, som vi i A modtager fra modsatte retninger (områderne B og C) har samme temperatur, skønt B og C jo ligger langt udenfor hinandens horisont og således ikke synes at kunne være synkroniseret.

Referat

Standardmodellen fremkommer ved løsning af Einsteins feltligninger med det kosmologiske princip, dvs. den universelle isotropi, som betingelse. Dens problemer skyldes, at man herunder anvender absolut tid. Dette kan kun undgås ved en sådan revidering eller "renormalisering" af feltligningerne, at disse selv omfattes af isotropien, som da er principiel. Gravitation er så det anisotropifelt, som ved lokal anisotropi opretholder universets globale isotropi, og ligningernes eneste kosmologiske løsning er en model, hvori ekspansionen er en jævn bevægelse. Den reviderede model har ikke den hidtidige standardmodels problemer.

Standardmodellen

Ved "Standardmodellen" forstås "Big-Bang"-modellen; altså det univers, som tænkes opstået ved det store brag for måske 15 milliarder år siden. Her behandles fortrinsvis den del af den, som vedrører universets geometrodynamiske struktur. Skønt modellen på mange måder er ret tilfredsstillende, og som bekendt har vundet stor tiltro, er den behæftet med mange fundamentale problemer, som fx følgende:

Horisontproblemet

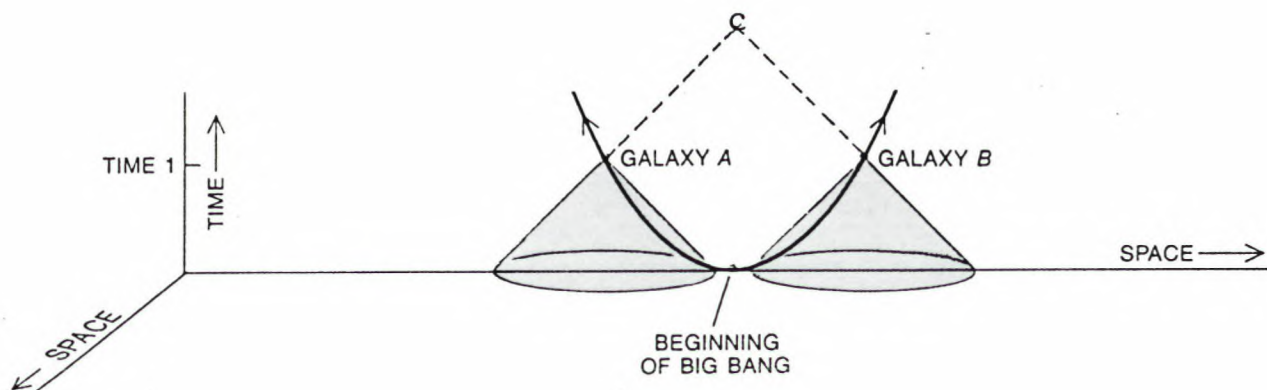
I overensstemmelse med "Det kosmologiske princip" er universet i stor ("kosmologisk") målestok ens overalt i alle retninger. Specielt er temperaturen af den kosmiske baggrundsstråling den samme, og der må derfor være udvekslet information imellem alle områder. Dette kan ikke ske med hastigheder større end lysets, og problemet opstår dels ud fra en forestilling om, at det store brag kunne have fundet sted på forskellige steder og tidspunkter; og dels en forestilling om, at rummets ekspansion skulle kunne være så hurtig, at lyset ikke har kunnet følge med (figur 1 og 2). Områder, der således ikke har kunnet nå at meddele sig til hinanden, siges at ligge udenfor hinandens horisont.

Fladhedsproblemet

Antager man, at universet ved sin "selvgravitation" virker nedbremsende på sin egen ekspansion, vil dennes hastighed aftage desto stærkere, jo større universets masse-tæthed (energitæthed) er. Hvis ekspansionshastigheden netop er lig med frigørelses-hastigheden, kaldes tætheden "kritisk". Dette svarer i relativitetsteorien til, at rummet er "fladt" (dvs. det har krumningen $k = 0$ og er altså euklidisk). Ved underkritisk tæthed er krumningen negativ ($k = -1$: universet er "åbent") og ved overkritisk tæthed positiv ($k = +1$: universet er "lukket"). I sidstnævnte tilfælde går ekspansionen i stå, og universet styrter sammen. Der er her tale om de 3 Friedmannske standardmodeller, som udledes af "Friedmanns ligning"^{1,2}. Observationer, æstetiske og teoretiske overvejelser kunne lade formode, at rummet var fladt, men hvis tætheden skal være kritisk, mangler der over 90% af den nødvendige masse. Dette er iøvrigt tæt nok på den kritiske tæthed til, at afvigelsen fra denne (og altså også fra en øjeblikkelig sammenstyrtning) umiddelbart efter det store brag nærmest har været vilkårligt lille uden dog at være nul, hvilket indebærer den selvmodsigelse, at sandsynligheden for at ramme den kritiske tæthed nøjagtigt har været vilkårligt tæt på 1 uden dog at være 1!

Glathedsproblemet

De stærkt nedkølede rester af den varme kosmiske baggrundsstråling, som frigjordes, da stof og stråling i det tidlige univers kobledes fri af hinanden ved afkølingen, er isotrope i så høj grad, at man ikke hidtil har kunnet finde afvigelser fra en temperatur på 2.74 K. Man forstår ikke, hvordan der har kunnet dannes "buler" i "glatheden" som galakser, uden at isotropien er ødelagt. I områder med større tæthed end gennemsnittet, vil gravitationen nemlig stjæle energi fra den udadgående stråling, som derfor må forekomme relativt kold. Tilsvarende må områder med



Figur 2. Horisontproblemet: Rummets ekspansion er her vist ved de to galakser A og B, der fjerner sig fra hinanden med en aftagende hastighed, som i begyndelsen synes at være større end lyshastigheden. Da deres lyskegler først senere overlapper, kan de endnu ikke have modtaget information fra hinanden, men lyset fra dem, som når iagttageren i C, har samme temperatur.

lavere tæthed forekomme varmere. Skal galaksedannelsen imidlertid kunne komme i gang, må der i det mindste have været en struktur af kvantefluktuationer i starten, men på grund af strålingens bombardement af stoffet, kan gravitationen først få en virkning efter frikoblingen, og skal fluktuationerne derefter ved lokal gravitation danne proto-galakser uden at forstyrre isotropien, skal det ske så langsomt, at vore dages galakser ikke ville være dannet endnu. Det kunne derfor antages, at der enten måtte eksistere en eller anden form for stof, som kan præstere lokale sammentrækninger ved gravitation tidligere end normalt stof, eller at gravitation ikke er den eneste mekanisme, der kan føre til galaksedannelse.

Foranlediget af sådanne problemer opsendtes i 1989 COBE-satellitten (Cosmic Background Explorer) med to hovedformål. For det første ønskede man at få bekræftet baggrundsstrålingens natur som sortlegemestråling, idet man forudsætter en sådan ved den teoretiske behandling af universets udvikling. For det andet håbede man endeligt at finde sådanne afvigelser i baggrundsstrålingens isotropi, at en begyndende galaksedannelse ved gravitationel sammentrækning i det mindste var sandsynliggjort.

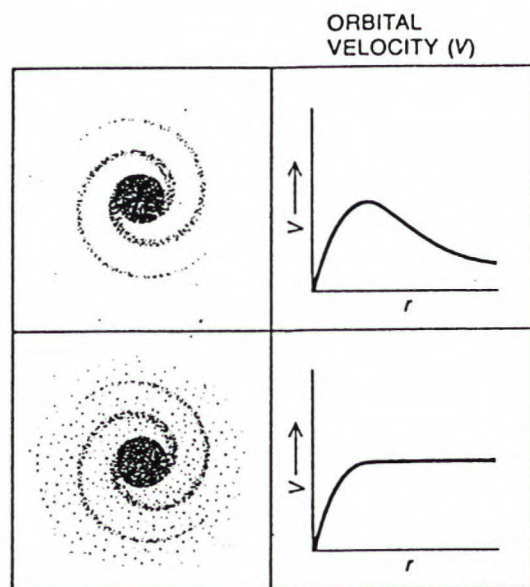
Den første opgave løstes i 1991 til fuldkommenhed, idet den målte "Planck-kurve" for temperaturen 2,74 K var som fotograferet i en lærebog.

Eftersøgningen efter temperaturforskelle viste i 1992 så utroligt små ujævnheder som 10^{-5} K i gennemsnitsstrålingens 2,74 K (figur 6). Om dette kan fortolkes som begyndende galaksedannelse diskuteres stadig.

Problemet med det mørke stof

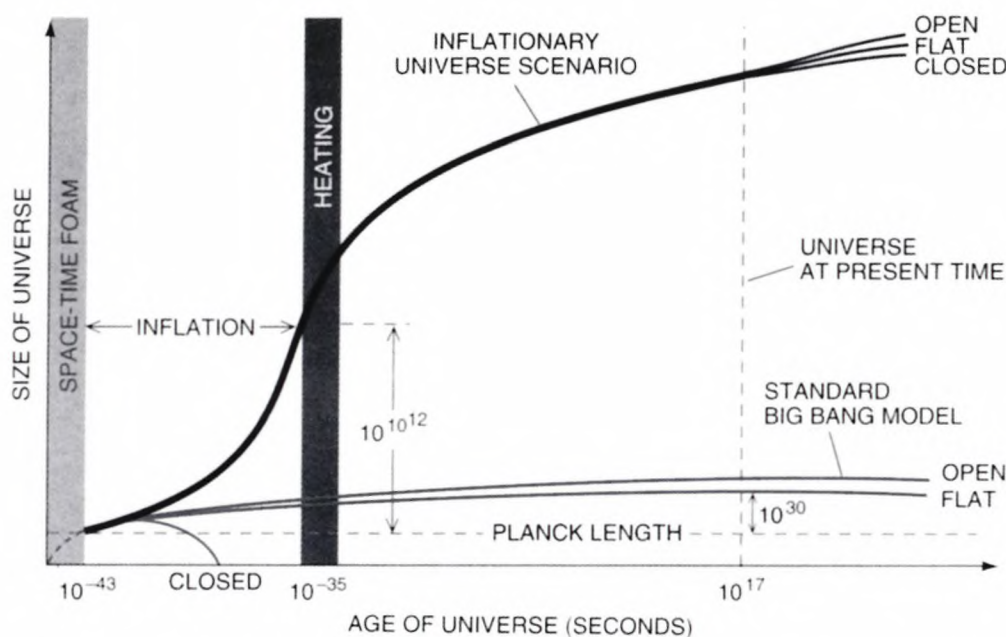
Den ovenfor omtalte manglende masse kan ikke bestå af almindeligt (baryonisk) stof, da det dels ville resultere i en nukleosyntese dvs. produktion af lette elementer som deuterium, lithium og helium ved det store brag, som ikke stemmer med de faktiske mængder, og

dels som nævnt ville gøre galaksedannelsen uforenelig med baggrundsstrålingens isotropi. Den søges derfor som en mystisk, ikke nærmere defineret "dark matter", som man hidtil ikke har fundet spor af.



Figur 3. Flade rotationskurver: Den øverste galakse (vist i negativ) har kun en yderst fortyndet "halo", og dens omløbshastighed, V , aftager derfor ifølge Keplers love stærkt med voksende radius, r , udenfor den lysende skive. Den nederste galakse har en tæt "dark halo" langt ud over den lysende skive, hvorfor dens omløbshastighed holder sig konstant udenfor denne. Dette medfører iøvrigt aftagende vinkelhastighed udefter, således at dele, som på et vist tidspunkt har samme omløbshastighed langs en radius, lidt senere vil ligge på en spiral af netop den form, vi kender hos galakser.

Det mørke stof tages iøvrigt til indtægt for det fænomen, at galaksernes rotationskurve er flad, dvs. at omløbshastigheden af det yderste, ikke lysende stof i en



Figur 4. Det inflationære univers. Dette er vist i forhold til standardmodellen, som her styrter sammen straks ved begyndelsen, hvis rummet ikke er absolut fladt.

galakse er konstant ved voksende radius, skønt den burde aftage stærkt, hvis galaksemassen fortrinsvis udgøres af den lysende skive (figur 3). I nogle tilfælde synes massen at måtte være mindst 10 gange denne, og stoffet at strække sig som et mørkt hylster, en såkaldt "dark halo", helt ud til 5 gange den lysende skives radius (dette gælder fx for Mælkevejen)^{3,4,5}

Monopolproblemet

Den store succes for elementarpartikelfysikkens standard-model har inspireret til opstilling af såkaldte "grand unified theories" (GUT), som forsøger at sammenfatte mikrofysikkens vekselvirkninger (den stærke, den svage og den elektromagnetiske) i én stor symmetri ved de meget høje energier umiddelbart efter det store brag - eventuelt under inddragelse af gravitationen ved en kvantisering af denne. Disse teorier forudsiger eksistensen af nogle supertunge (10^{16} gange protonens masse) "magnetiske monopoler", dvs. partikler, som består af en enkelt magnetisk pol (syd- eller nord-). Man er aldrig stødt på sådanne i praksis.

Aldersproblemet

Ifølge Hubbles lov flygter galakserne fra os med hastigheder, v , der er proportionale med deres afstande, d , dvs. $v = H \cdot d$, hvor H er "Hubbles konstant". Heraf kan man, for bestemte værdier af H , når man kender ekspansionen som funktion af tiden, beregne universets alder. I nogle tilfælde viser universet sig derved at være yngre end nogle af sine ældste objekter, som fx nogle meget gamle stjerneho-

Problemet om den kosmologiske konstant

De før omtalte "grand unified theories" forudsætter et "vakuum" ved universets begyndelse af meget stor energitæthed (Higgs feltet)⁶. Dette må have en supplerende indflydelse på tid-rummets geometri og nødvendiggør derfor et ekstra led i form af en "kosmologisk konstant"⁷ på højre side af feltligningerne¹. Hvis man sammenfatter feltligningerne i formelningen:

$$K = \kappa \cdot M$$

som udtryk for, at tid-rummets krumning, K , bestemmes af dets masse/energi-indhold, M , skal de efter tilføjelsen være:

$$K = \kappa M + 8\pi G\rho$$

hvor ρ er vakuets energitæthed, og G er Newtons gravitationskonstant. En sådan virkning er ikke konstateret, skønt universet skulle være trukket sammen til omkring en fodbolds størrelse. Fejlen er på mellem 50 og 100 størrelsesordener.

Gravitationsproblemet

Forsøget på at kvantisere gravitationen og inddrage den under GUT er ikke lykkedes. Medens mikrofysikkens forskellige vekselvirkninger menes "udfrosset" af en fælles symmetri ved den faldende temperatur under ekspansionen, idet partiklerne herunder får deres masse ved en kobling til Higgs feltet, synes gravitationen at ville holde sig helt udenfor dette system.

Inflation som løsning

Vi skal se lidt på det mest spektakulære forsøg på at løse de omtalte problemer, nemlig de senere års store mode, det "inflationære" univers^{8,9} (figur 4). Pointen i dette



Vacuum Generators NEW 'TRANSAX' bridges gap

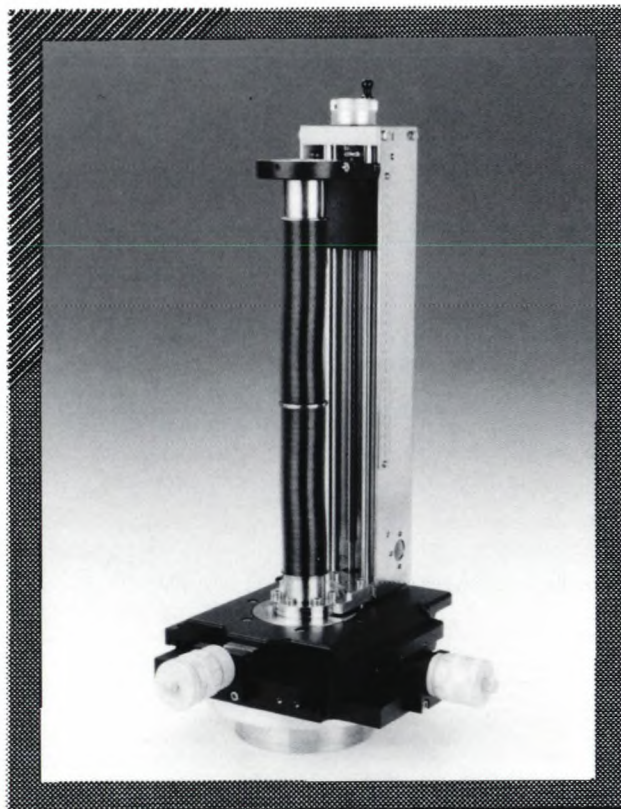
Vacuum Generators has introduced the TRANSAX'XYZ translator to bridge the gap between their user friendly HPT and the very high stability Omniax. The Transax is a fully UHV compatible double bellows translator constructed following the principle of the Omniax but providing a more cost effective solution where large capacity and extreme stability are not necessary. The basic Transax combines a linear Z-slide with an XY-table joined by a rigid interface that eliminates strain from the mating flanges of the Z-slide.

The design is thermally matched to allow repeated bakeout to 230°C in any orientation and has a support and guidance system that stabilises the sample and damps vibrations. Available with three standard Z travels with X and Y movements up to ± 25 mm the Transax is designed to accept the RD1 and RD2 rotary drives offered by Vacuum Generators and their range of sample handling equipment instrumentation and motorisation options.

For further information please contact Jonas Fång at

Thermo Instruments Nordic AB,

Gårdsfogdevägen 16, S-168 66 BROMMA, Sweden.
Tel. +46-8-629 24 00 Fax. +46-8-627 52 20, e-mail: jonasf@thinab.se



er, at man ganske kort tid (Planck tiden $\sim 10^{-45}$ s) efter big bang lader rummet indenfor et meget lille område (Planck længden $\sim 10^{-35}$ m) i løbet af meget kort tid (10^{-35} s) undergå *inflation*, dvs. udvide sig til $10^{10^{12}}$ gange sin oprindelige udstrækning (et ettal efterfulgt af en billion nuller). I forhold til denne størrelse er det observerbare univers, der kun måler $\sim 10^{26}$ m, forsvindende. Ved denne voldsomme udvidelse bliver rummets krumningsradius så stor, at ethvert observerbart område vil forekomme fladt (på samme måde, som jorden, lokalt, er "flad"). Derved er fladhedsproblemet løst, og horisontproblemet løses ved, at alle områder af universet er kausalt forbundne, da de jo har været klemte sammen på et så lille område, at de har kunnet udveksle enhver information og således er i indbyrdes ligevægt (se boks: Planck skalaen).

Glathedsproblemet løses på samme måde: De omtalte inhomogeniteter på kvanteniveau forstørres ved inflationen til astronomisk skala længe før frikoblingen.

Modellen er nu iøvrigt understøttet med et antal udskiftelige parametre, så den hurtigt kan ændres, hver gang den viser sig at være forkert. Dette er sket nogle gange. Efter den første udgave kom således "Den ny inflationære model", derefter den dobbelte og senere den kaotiske model. Teoriens ophavsmand⁹ forudsiger iøvrigt

den eventuelle fremkomst af en "udstrakt", en "naturlig" og en "hybrid" model.

Desværre medfører modellen selv et nyt problem, som man ikke søger at løse, men tværtimod accepterer som selve dens motor: Inflationen iværksættes ved hjælp af *negativt tryk* (se boks). Havde man for et par generationer siden bedt en fysiker definere negativt tryk, ville vedkommende uden tvivl blot have defineret begrebet tryk for derved at have vist, at der ikke eksisterer negativt tryk. Men det viser sig, at ikke så få i dag er i stand til at tage noget sådant og iøvrigt hele modellen alvorligt.

Friedmanns løsninger

Friedmann løser Einsteins feltligninger i den almene relativitetsteori¹ med universets isotropi (Se boks: RW-metrikken.) som betingelse. Herved reduceres ligningernes antal til 2:

$$\frac{2\ddot{R}}{Rc^2} + \frac{\dot{R}^2}{R^2c^2} + \frac{k}{R^2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\dot{R}^2}{R^2c^2} + \frac{k}{R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3c^2} \quad (2)$$

Hvor prik over R betyder differentiation med hensyn til tiden. Ved blot at trække ligningerne fra hinanden kan vi eliminere de relativistiske termer, lyshastigheden, c , og rumkrumningen, k .

Vi får:

$$\frac{\ddot{R}}{R} = \frac{4\pi G\rho}{3}$$

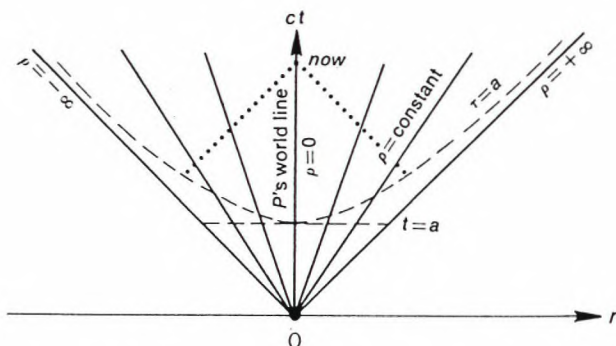
som integreres til:

$$\dot{R}^2 = \frac{2GM}{R} + C$$

hvor C er en integrationskonstant, og $M = 4\pi\rho R^3/3$, det vil sige det konstante masse/energi-indhold i et kugleformet udsnit, der ekspanderer med universet. I stedet for det konventionelle udtryk for Friedmanns ligning:

$$\dot{R}^2 = \frac{2GM}{R} - kc^2$$

har vi altså her denne i Newtonsk form, nemlig som den Newtonske mekaniks energisætning².



Figur 5. Revideret model. Den lodrette akse er verdenslinien for vores galakse, P, i dette todimensionale tid-rum, (ct, r) , medens verdenslinierne for de øvrige galakser, udgående fra det store brag, O, viser hastigheder (hældning), som vokser med deres afstand fra P og for de fjerneste nærmer sig lysets (45 grader). Enhver vandret linie, $t = a = \text{konstant}$, repræsenterer et kort over universet i P's euklidiske koordinatsystem til tiden t . I dette er universet altså en endelig kugle med radius ct . Transformerer vi nu fra P til de andre galakser, hvis ure på grund af deres hastighed går langsommere end P's, ved hjælp af Lorentz-transformationen, kommer galakser med samme "kosmiske tid", τ , til at ligge på et "opadbøjet" kort (Lorentz-hyperblen $c^2t^2 - r^2 = a^2$). I dette system er rummet uendeligt, da hyperblen jo ikke skærer sine asymptoter. Lader vi dette medfølgende koordinatsystem udvide sig sammen med universet ved at give galakserne konstante rumkoordinater (på tegningen betegnet ρ), bliver dets metrik RW-metrikken med $R = ct$. Da enhver ret linie med 45 graders hældning (lyshastighed) skærer samtlige verdenslinier, er alt i kausal kontakt med alt, dvs. universet har ingen horisont.

Det betyder, at de 3 Friedmannske standardmodeller i stedet for rummets ekspansion beskriver galaksernes flugt *igennem* et i forvejen eksisterende absolut rum og eventuelle sammenstyrtnings til en "klump" midt i dette.

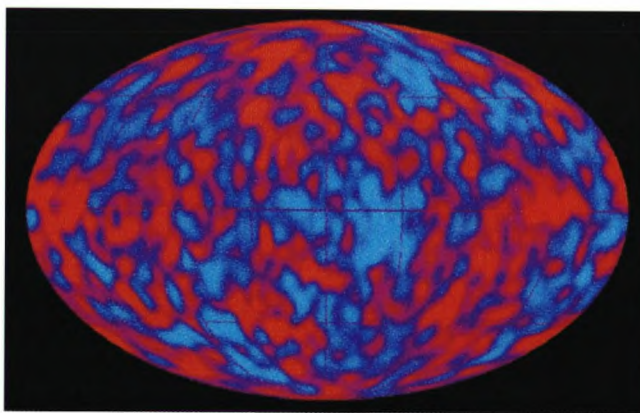
Friedmann bevarer de relativistiske termer ved kun at anvende ligning (2).

Kosmisk tid

I sine bestræbelser på at beskrive universets egenbevægelse, den isotrope ekspansion, har Friedmann stået overfor det paradoks, at skulle anvende det ekspanderende univers selv som koordinatsystem, da der ikke findes nogen "yderste" baggrund ud over dette - dvs. bevægelsen skal beskrives ved sig selv. Dette kunne vel synes at være en umulighed, men der er faktisk en enkelt undtagelse: Betragtet som et koordinatsystem er et ur et tid-rum, som beskriver sin egen bevægelse, idet rumkoordinatens tilvækst (viserens bevægelse) jo *definerer* den tilsvarende tilvækst i tidskoordinaten - og vice versa.

Analogt kan ekspansionen kun beskrives, hvis den definerer tilvæksten i tid, altså hvis $R(t) = ct$, hvor c er en proportionalitetskonstant. Ekspansionen er således det ultimative ur, og det kunne allerede Friedmann have indset ved følgende ræsonnement: Løsningerne tillader ekspansionen uden nogen form for lokal bevægelse. Da der altså ikke behøver at eksistere ure, må tiden måles på ekspansionen.

Friedmann opfinder RW-metrikken som et koordinatsystem, der følger med i ekspansionen, men gør den ikke færdig. Kun *rumdelen* ekspanderer med universet, medens den "kosmiske tid" forbliver en uafhængig variabel. Den ses defineret lidt famlende i litteraturen som en verdensomspændende rækkefølge af øjeblikke, som er puttet ind i teorien med hånden! Forståeligt nok en vanskelig mundfuld, for det vil jo sige uforfalsket absolut tid!



Figur 6. COBE-satellitten havde til opgave at finde sådanne uregelmæssigheder i baggrundsstrålingens temperatur, at en begyndende galaksedannelse kunne sandsynliggøres. På dette billede af himlen viser de lysere områder en højere temperatur end gennemsnittet; de mørkere en lavere. Afvigelsen fra temperaturen 2.74 K er kun 10^{-5} K.

Relativitetsteoriens symmetri mellem rum og tid som ligeberettigede koordinater er brudt, og feltligningerne giver derfor Newtonske resultater. Men det er altså let at genoprette symmetrien, eftersom den eneste mulighed er at

sætte $R(t) = ct$. Derved er tiden fra at have været galaksernes (absolutte) egentid gået over til at være ekspansionens egentid, dvs. den universelle tid; gensidigt sammenknyttet med rummet, således som relativitetsteorien forlanger det. Ekspansionen er altså en jævn bevægelse, dvs. der er ingen global gravitation, som kan nedbremse den, og tidrummet er altså fladt i kosmologisk målestok. Gravitationsfeltet må da være et anisotropifelt; nemlig den virkning, som ved lokale anisotropier opretholder universets globale isotropi². Feltligningerne kender imidlertid ikke i deres konventionelle form et globalt gravitationsfrit univers, som ikke er tomt, og de må derfor underkastes en revision¹. Ved denne falder gravitationsleddet i det konventionelle udtryk for Friedmanns ligning bort og k antager værdien -1. Tilbage har vi:

$$\dot{R}^2 = c^2,$$

og altså som feltligningernes eneste kosmologiske løsning:

$$R = ct.$$

Inflationsproblemet

Vi er nu i stand til at betragte inflationen som et problem i sig selv: Modellen anvender - som standardmodellen - tiden som uafhængig variabel. Når dette rettes, går "gassen" af inflationen.

Gensyn med problemerne

Standardmodellens problemer tager sig nu noget anderledes ud:

Horisontproblemet forsvinder, da den nye model ikke har nogen horisont, idet den kommer af en punktsingularitet, $R = 0$, og ekspanderer med lyshastighed, så alt har været i berøring med alt, og alle områder er kausalt forbundne (figur 5). Beregnet ud fra RW-metrikken med $R(t) = ct$ og $k = -1$ bliver horisontens radius for en vilkårlig iagttagelse uendelig.

Fladhedsproblemet falder bort, fordi begrebet "kritisk massetæthed" bliver irrelevant, da der åbenbart ikke er nogen global gravitation, der nedbremser den jævne ekspansion. Det er altså i virkeligheden *tid-rummet*, der er fladt (gravitation er en krumning af tid-rummet) og ikke, som konventionelt antaget, 3-rummet.

Glathedsproblemet: Hvis COBE-satellitens billede af himlen (figur 6) er et korrekt, synligt udtryk for baggrundsstrålingens anisotropi, har den løst sin opgave.: Ved afkølingen af det isotrope plasma af stof og stråling kobles disse fri af hinanden, og den termodynamiske forklaring på uregelmæssigheder i strålingen er så begyndende galaksedannelse; altså uregelmæssigheder i stoffordelingen. Hvis vi nu kunne sige "og vice versa", var vi færdige,

men skønt stoffet i plasmaet jo er lige så isotropt fordelt som strålingen, findes der ikke også en termodynamisk forklaring på begyndende uregelmæssigheder i dette.

Som tidligere vist² er der imidlertid ikke behov for en sådan, idet den reviderede model er principielt galaktisk. Der er tale om en matematisk restriktion som et udtryk for ikke-absolutheden af tid og rum.

Det mørke stof: Når "kritisk massetæthed" bliver irrelevant, bliver "mørkt stof" det også. Der er ikke brug for større massetæthed end den kendte, som svarer til produktionen af lette elementer. Der ses ikke herefter at være noget i vejen for, at galaksernes ekstra masse kan være baryonisk, idet den kosmologiske tæthed, selv når denne medregnes, ligger indenfor nukleosyntesens rammer.

Magnetiske monopoler er defekter i geometrien og skulle, hvis de fandtes, søges, hvor der er diskontinuiteter i denne, dvs. hvor man ikke kan transformere kontinuert fra et snit (en flade) i rummet til et andet. Men det er netop karakteristisk for en homogen, isotrop og jævnt ekspanderende model, at den er helt igennem kontinuert - bortset fra singulariteten ved det store brag.

Aldersproblemet: Når ekspansionshastigheden er jævn, bliver Hubbles konstant lig med den reciproke af universets alder. Den hidtil gængse værdi 55 km/s/Mpc giver en alder på 18 milliarder år, hvilket giver god plads for selv de ældste objekter. Det bør dog nævnes, at aldersproblemet måske er løst ved den korrektion af afstande, hastigheder og stjernebobenes alder, som Hipparco-satellitens resultater menes at kunne nødvendiggøre.

Problemet med **den kosmologiske konstant** bunder i den inkonsistens, at feltligningerne i deres konventionelle udformning ikke tager hensyn til, at tid-rummet ikke har selvstændig eksistens uafhængigt af sit indhold, idet de tillader et tomt univers, ($M = 0$). En eventuel ekstra energitæthed skal søges i tid-rummet selv og altså være indeholdt i M og deltage i dennes fortynding ved ekspansionen. Ironisk nok består den revision, som samtidigt gør feltligningerne konsistente og isotrope, i tilføjelsen på højre side af et led A^1 , som formelt er nøjagtigt lig med den problematiske kosmologiske konstant, nemlig $8\pi G\rho$. Her er ρ imidlertid ikke en reel energi, men en variabel parameter, hvis størrelse til enhver tid er lig med den kosmologiske energitæthed (med modsat fortegn) og altså sikrer, at tid-rummet er fladt, selvom det ikke er tomt. Skønt der således under kosmologiske forhold formelt er nul på begge sider af lighedstegnet, bliver feltligningerne ikke herved overflødige, da den kosmologiske energitæthed er forsvindende under lokale forhold.

Gravitationsproblemet forsvinder, fordi gravitation er et anisotropifelt, hvorved universet bevarer sin globale isotropi ved lokal anisotropi, og derfor ifølge sagens natur er fraværende i GUT-symmetrien.

Box 1: Planck skalaen

Antager man, at man i nærheden af det store brag kan komme ned under en skala, hvor en kvantisering af gravitationen kan komme på tale, og hvor kvantemekanik og relativitetsteori "smelter sammen", kan man ved en dimensionsanalyse over de tre naturkonstanter Planks virkningskvantum, h , lyshastigheden, c , og Newtons gravitationskonstant, G , komme frem til følgende:

Planck tiden:

$$\sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 10^{-45} \text{ s}$$

Planck længden:

$$\sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 10^{-35} \text{ m}$$

Planck energien:

$$\sqrt{\frac{c^5 h}{G}} = 10^{28} \text{ eV}$$

Hvis gravitation imidlertid er et anisotropifænomen, og universet således under hensyn til det kosmologiske princip ikke har nogen global gravitation (selvgravitation), bliver gravitationens kvantisering og Planck skalaen irrelevante (G falder bort i analysen). Der er da ikke andre nedre begrænsninger i anvendelsen af relativitetsteorien end dem, som Heisenbergs usikkerhedsrelation sætter.

Box 2: Negativt tryk

Hvis vi i det ekspanderende univers foruden dettes almindelige masse-energitæthed, ρ , også har et tryk P , vil dette udføre et arbejde under ekspansionen med et tilsvarende energitab til følge. Tænk vi os et kugleformet udsnit med volumen, V , og altså energiindhold $c^2 \rho V$, som følger med i ekspansionen, vil trykkets arbejde på stoffet udenfor kuglen være PdV , hvor dV er kuglens volumenforøgelse. Vi kan så opstille følgende energiligning:

$$d(c^2 \rho V) = -PdV.$$

Hvis trykket er negativt, vil det udføre et negativt arbejde med en energiforøgelse til følge. Der opstår masseenergi, så tætheden kan holdes konstant trods ekspansionen, og det er denne mekanisme, man bruger i den inflationære model umiddelbart efter det store brag i det såkaldte "Higgs felt", som netop har konstant energitæthed, idet tilvæksten fortrænges udad ved ekspansionen. At denne bliver voldsom, kan vi vise ved følgende beregninger:

Når energitætheden er konstant, ændres den ovenfor opstillede energiligning til:

$$c^2 \rho dV = -PdV,$$

således, at trykket altså bliver $P = -c^2 \rho$. Den samlede kilde til gravitation i et isotropt og homogent medium er $\rho + 3P/c^2$, hvori sidste led er trykkets masse-energiækvivalent. Indsættes $-c^2 \rho$ for P , fås da den samlede størrelse -2ρ , altså negativ gravitation; dvs. frastødning i stedet for tiltrækning. Ved indsættelse af denne konstante værdi for den samlede energitæthed i den konventionelle Friedmann-ligning fås da følgende udtryk for ekspansionen:

$R(t) = e^{Ht}$, hvor H er Hubbles konstant. Det er denne eksponentielle ekspansion, man kalder inflation.

Box 3: RW-metrikken

Forestiller vi os universet som et isotropt, Newtonsk koordinatsystem med "fundamentalpartiklerne" (idealiserede jævnt fordelte galakser) anbragt i koordinatnetets skæringspunkter, har vi for afstanden ds mellem 2 vilkårlige fundamentalpartikler iflg. Pythagoras:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2.$$

Hvis det ekspanderer, skal vi multiplicere med en "skalaparameter" $R(t)$, som angiver, hvordan afstande vokser som funktion af tiden:

$$ds^2 = R^2(t)(dx^2 + dy^2 + dz^2),$$

eller i polære koordinater:

$$ds^2 = R^2(t)(dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)),$$

hvor t i begge tilfælde er absolut tid. Da denne er egentiden på ure hos de enkelte galaktiske iagttagere, kan vi konstruere det firedimensionale udtryk:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2(t)(dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)),$$

hvor c er lyshastigheden og ds/c måler egentiden.

Hvis rummet ikke er Newtonsk, skal vi indbygge et udtryk for dets krumning, som under hensyn til isotropien må være den samme overalt og kan vises at være k , når metrikken ændres til følgende:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2(t) \left(\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \right),$$

Dette udtrykker matematisk det kosmologiske princip for et ekspanderende rum og er den såkaldte RW-metrik efter Robertson og Walker (1935), skønt Friedmann opfandt den allerede 1922.

Men læg mærke til, at tiden stadig er absolut. Skalaparameteren, $R(t)$, beskriver ekspansionen som funktion af tiden uden betingelser, dvs. af tiden som *uafhængig variabel*. Derved er relativitetsteoriens fornemste egenskab, symmetrien mellem rum og tid som ligeberettigede koordinater, brudt.

Referencer:

- 1) Kay Akselbo: Nogle problemer i tid og rum. KVANT, november 1992.
- 2) Kay Akselbo: Kan naturlove begrundes? KVANT, oktober 1996. (Trykfejl i formel, side 12, spalte 2, foroven: GM skal være GM/R).

Iøvrigt anbefales:

- 3) Charlotte Fløe Kristjansen: "Dark matter" og partikelfysik. GAMMA, nr. 75, november 1989.
- 4) Lawrence M. Krauss: Dark Matter in the Universe. Scientific American, December 1986
- 5) Vera C. Rubin: Dark Matter in Spiral Galaxies. Scientific American, June 1983.
- 6) Martinus J.G. Veltman: The Higgs Boson. Scientific American, November 1986.

- 7) Larry Abbott: The Mystery of the Cosmological Constant. Scientific American, May 1988.
- 8) Alan H. Guth and Paul J. Steinhardt: The Inflationary Universe. Scientific American, May 1984.
- 9) Andrei Linde: The Self-Reproducing Inflationary Universe. Scientific American, November 1994.



Kay Akselbo

DFS-kontingent 1998

Det er igen tid til opkrævning af kontingent til Dansk Fysisk Selskab og individuelt medlemsskab af European Physical Society. Kontingentsatserne er uændrede fra sidste år, dvs. ordinært DFS medlemsskab samt firmaer/institutter koster 325 kr., mens kandidat- og Ph.D.-studenter samt pensionister slipper med 75 kr. Dertil kommer 270 kr., hvis du ønsker at være individuelt medlem af EPS.

Desværre er der en del af vores medlemmer, der ikke overholder betalingsfristerne. Det betyder en del unødvendigt ekstraarbejde for os med at rykke for betalingen og fører i sidste ende til sletning af medlemsregisteret. Dermed mister man jo så også abonnementerne på Kvant og Europhysics News, som automatisk følger med medlemsskab. Det vil gøre det sikrere og lettere for alle parter, hvis I vil tilmelde jeres DFS betaling til automatisk overførsel via PTG eller PBS.

I den forbindelse vil jeg gøre opmærksom på, at hvis I betaler manuelt, SKAL det udsendte girokort benyttes. Visse universiteter (f.eks. KU og DTU) har fået for vane at sende penge til os via samlergirering og undlade at medsende alle de nødvendige oplysninger til identifikation af medlemmet. Det har tidligere ført til et STORT detektivarbejde for os. Vi vil derfor ikke i fremtiden kreditere indbetalinger på anden form end de udsendte girokort.

På de udsendte girokort eller månedsopgørelser fra PTG/PBS er anført din medlemskategori samt hvilke sektioner, du er tilmeldt. Er der fejl heri, bedes du give mig besked, gerne via e-post. Det er også vigtigt, at I meddeler adresseændringer, så vi ikke hver gang får en stak Kvant retur, blade som I kunne have haft glæde af at læse. Dette gælder specielt ved flytning til og fra udlandet.

Bjarne Andresen - registerfører Ørsted Laboratoriet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø tlf. 35320470, fax 35320460, e-post andresen@fys.ku.dk

Abonnement på KVANT

koster 135 kr for en årgang og vil blive opkrævet pr. giro. Nye abonnenter vil modtage eventuelle tidligere numre af den løbende årgang. Medlemmer af Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærers Udbredelse vil modtage bladet som et medlemsblad.

Hvis du mener at du har abonnement, men ikke får bladet – har du nok glemt at melde flytning af bladet hos dit lokale postkontor, eller måske har du ikke betalt. Bemærk at flytning af KVANT skal meddeles postvæsenet eksplicit!

Abonnement tegnes ved at skrive til

Lene Körner, Matematisk Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø, e-mail: koerner@math.ku.dk

Dansk Naturvidenskabsfestival 1998

I efteråret 1998 vil hele landet danne arena for Danmarks første festival for naturvidenskab og teknik. Det sker, når Dansk Naturvidenskabsfestival løber af stabelen fra d. 28. september til d. 4. oktober 1998.

Kemiske forsøg i supermarkedet, stjernekiggeri på byens torv, særudstilling på biblioteket, naturvidenskabelig brevkasse i lokalavisen, åbent hus på elektronikfabrikken og meget meget mere.

Mulighedeme er mange, når Dansk Naturvidenskabsfestival går i luften til efteråret 1998.

Alle er med
Naturvidenskab og teknik favner bredt, og det skal Dansk Naturvidenskabsfestival også gøre. Festivalen er derfor åben for en meget stor del af det danske samfund, fx:

- Folkeskoler og gymnasier, der kan lave temauger, besøgsarrangementer, forsøg og forestillinger på byens torv etc.
- Universiteter og højt specialiserede forskningsinstitutioner.
- Erhvervsvirksomheder, der dagligt anvender naturvidenskab og teknik som grundlag for deres produktion.
- Museer, attraktioner og biblioteker, der formidler naturvidenskabelig viden, og organisationer, der arbejder med fx miljø og natur.
- Kommunemes tekniske forvaltninger, der gennem Dansk Naturvidenskabsfestival får en lejlighed til vise deres lidt "usynlige" aktiviteter frem for kommunens borgere.



Listen er lang og alle er velkomne til at deltage med aktiviteter af naturvidenskabelig og teknisk karakter.

Det er op til de lokale arrangører selv at finde på aktiviteter - gerne i form af utraditionelle samarbejder, fx mellem erhvervsliv, skole og bibliotek. Det gælder om at få videnskaben ud af sine vante rammer og ud, hvor almindelige danskere færdes - fx på gågader, i butikker eller på biblioteker. Det optimale er en blanding af synlighed, fagligt indhold og underholdningsværdi.

Formidling via internettet
Information om Dansk Naturvidenskabsfestival findes på adressen

www.experimentarium.dk/dnf.

Der er stor interesse for sideme, der besøges af over 2000 hver uge.

På nettet findes gode ideer til aktiviteter, information & nyheder samt en særlig kontaktdatabase, hvor arrangører kan finde hinanden, og på den måde koordinere deres aktiviteter.

Yderligere information:
Dansk Naturvidenskabsfestival
Tuborg Havnevej 7
2900 Hellerup
Telefon 39 27 33 33
Fax 39 27 33 95
E-mail: dnf@experimentarium.dk
www.experimentarium.dk/dnf