

# **Dekoherens i performative rum**

Af Kenneth Hansen

Institut for Kommunikation, RUC.

*Game Approaches / Spil-veje.*

*Papers from spilforskning.dk*

*Conference, august 28.-29. 2003*

Spilforskning.dk 2004.

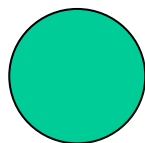
ISBN 87-990066-1-8

## Indledning

Performative rum – betydningsbærende rumlige fænomener som vi selv er med til at skabe - genkender vi intuitivt i vores almindelige verden, det er noget vi kan omtale og har en fornemmelse af. Når vi vil beskrive disse "rum" mere præcist er det straks mere vanskeligt. I dette paper beskriver jeg performative rum på en måde som måske kan være til lidt inspiration. Det er kun en kort teoretisk fremstilling hvor nogle idéer præsenteres og hvor anvendelsen kun antydes gennem nogle enkelte korte eksempler. Fremstillingen er altså mest tænkt som en anledning til diskussion. For en introduktion til arbejdet med at konstruere performative rum på RUC jf. Hansen 2002 og 2003.

## Form

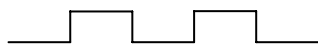
For at formalisere beskrivelsen af et performativt rum kan man med fordel tage udgangspunkt i den britiske matematiker George Spencer-Browns formmatematik (1969). Heri beskriver han hvordan en rumlig form skabes ved at sætte en forskel: "Draw a distinction!" lyder instruktionen. Distinktionen "kløver rummet", som det formuleres, i det som er indenfor distinktionen og det som er uden for. Billedet på det er en cirkel:



$$\text{FORM} = \text{MARKERET} \overline{\text{IKKE}} \text{MARKERET}$$

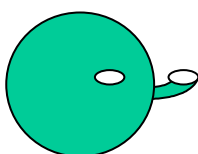
Man sætter altså en forskel i verden (distinktion). Forskellen kaldes en form. Denne forskel har en binær kode. Fx forskellen forbudt/tilladt. Dernæst markerer man den ene af siderne (indikation). Man kan kun markere en af siderne af gangen. Men man kan godt bytte plads over tid. Noget kan fx være forbudt nu men tilladt tidligere, eller omvendt, fx at køre i venstre side af vejen. At skifte side kaldes at krydse ("crossing") og en konstant krydsning frem og tilbage kaldes en oscillering. Den kan tegnes som et bølgetog - en

slags digitaliseret eller samplet sinuskurve hvor den flade streg er markeringen og den lodrette er krydsningen (Spencer-Brown 1969, s. 62-68):



Oscillationen er grundlæggende paradoksal. Det skyldes at de to sider ikke deltager lige meget i skabelsen af formen. Brugen af formen kan kun ske fra én af de to sider for ellers ville det have været unødvendigt at skelne mellem siderne i første omgang. Distinktionen er altså foretaget med intentionen om at markere den ene side og ikke den anden. For at foretage en skelnen først må man altså først have skelnet mellem skelnen og markering. For at skelne må man først have skelnet. Også første gang. Det betyder at det at skelne er selvreferentielt defineret, formen er et paradoks. Der er altså ikke noget formallogisk startsted og derfor starter Spencer-Browns formlogik heller ikke med et aksiom som i klassisk formel logik men med en instruktion. ("Draw a distinction"). Dette svarer så til at starte paradokset. Der er tilsvarende heller ikke noget formallogisk slutsted Derfor sluttes paradokset med en afmontering af paradokset, en deparadoksering. Den eneste måde at deparadoksere formen er at foretage en ny skelnen på 2. ordens niveau, fx ved erkende at der eksisterer en intention. Man kommer først helt ud den selvhenvisende bevægelse ved anvende en sådan ny skelnen. Dette forhold gælder også for hele Spencer Browns kalkyle. Denne slutter derfor med ordene: "This book is not endless, so we have to break it off somewhere. We now do so here with the words - and so on" (s.68). Dette svarer til at stoppe paradokset med et motiv uden for kalkylen. Motivet er at stoppe. Spencer-Browns formlogik er altså spændt ud imellem to intentioner eller motiver, der ligger udenfor logikken.

Hvis man vil opfatte denne form som et rum der bliver til i svingningen mellem de to tilstande, så kan dette rum defineres som en form der udspændt tidsligt mellem den markerede og den umarkerede tilstand af en forskel. For at illustrere svingningen mellem den markerede og den umarkerede side af forskellen tegner Spencer-Brown en tunnel:

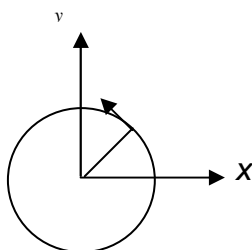


Tunnelen er det rum der opstår når der krydses frem og tilbage over forskellen. En sådan afbildning peger på en 4. dimension ud over bredde, længde og tid. Det vil i dette tilfælde sige dybde. En sådan antydning af dybde forekommer dog ikke tilfredsstillende. Hvad er fx relationen mellem

denne dimension og de tre andre? Det virker ikke klart. Hvordan kan man beskrive dette mere indgående? I det følgende vil jeg argumentere for en anvendelse af begreber fra den klassiske og moderne fysik.

### Oscillationer

Som udgangspunkt kan man kigge nærmere på beskrivelsen af en oscillation. En oscillation kan matematisk afbildes som en cirkel:

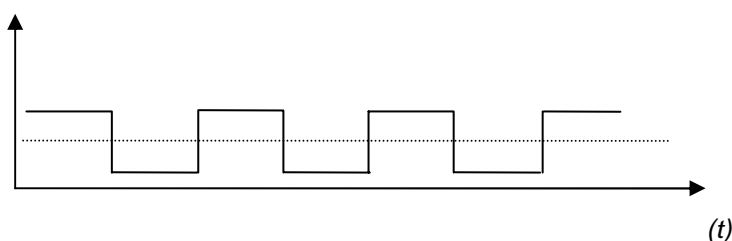


Når man følger bevægelsen af en partikel med konstant fart rundt i cirklen, så vil koordinaten på y-aksen gå op og ned. Den vil oscillere lige som en bølge. Fysikeren Richard Feynman har udtrykt det således:

*"Because uniform motion in a circle is so closely related mathematically to oscillatory up-and-down motion, we can analyze oscillatory motion in a simpler way if we imagine it to be a projection of something going in a circle. In other words., although the distance  $y$  means nothing in the oscillatory problem, we may still artificially supplement Eq. (21.2) [der beskriver cirkelbevægelsen nævnt ovenfor, KH] with another equation using  $y$ , and put the two together. If we do this, we will be able to analyze our one-dimensional oscillator with circular motion, which is a lot easier than having to solve a differential equation".*

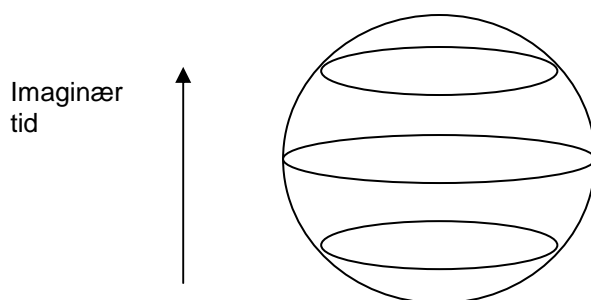
Feynman 1963, 21-4

I formteorien er der som nævnt også tale om en oscillation men det er ikke helt klart hvad forholdet mellem cirkel - her den markerede tilstand - og krydsningen er. Hvis der fx havde været tale om en sinuskurve - hvilket passer til Feynmans beskrivelse - ville det blot have været det punkt i midten hvor de to halvcirkler - bølgetop og bølgedal - mødes. Et punkt har matematisk set ingen udstrækning så der er ikke noget der bliver til overs i beskrivelsen. Sådan er det ikke med den formlogiske krydsning som ser ud til at have en eller anden form for udstrækning i den vertikale afstand mellem markeringerne. Hvordan kan man beskrive dette mere udførligt? Den væsentligste faktor er her tiden. I Spencer-Browns bølgetog er det klart at tiden går på hver sin siden af krydsningen. Det svarer til at sætte oscillationen ind i et koordinatsystem med tiden ( $t$ ) på x-aksen:



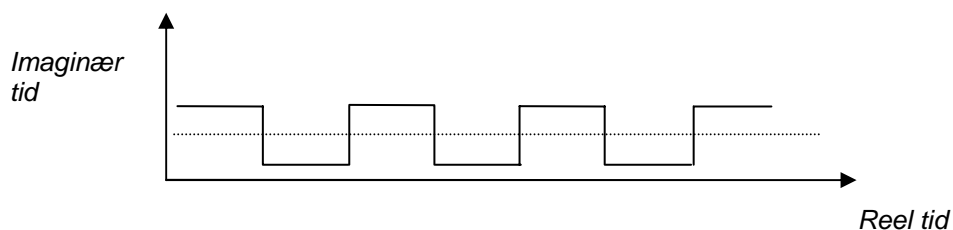
Men hvad så med krydsningen? Foregår den øjeblikkeligt? Det forekommer som en utilstrækkelig forklaring. Der kunne derfor måske være tale om en anden slags tid på y-aksen. En sådan anden slags tid som har en udbredelse ligesom de tre geometriske dimensioner og går vinkelret på den almindelige tid kalder fysikeren Stephen Hawking for imaginær tid (fx Hawking 2002, Pp. 60).

Forestillingen om imaginær tid bruges af Hawking til beskrive universet som en afsluttet sfære. Det starter med at udvide sig fra Sydpolen, når sit maksimum ved ækvator og trækker sig sammen ved nordpolen:



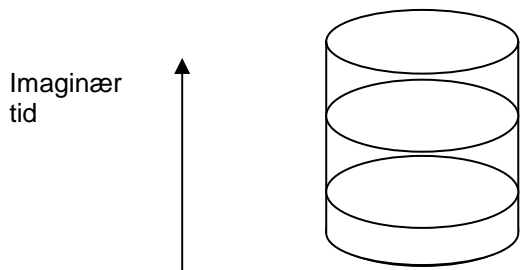
Det betyder ifølge Hawking af den imaginære tid kan aflæses som sfærens breddegrader og at universet start og slutning er to ikke-singulære punkter i realtid. Eller, sagt på en anden måde, de to poler er helt normale punkter, som ikke kræver mere eller mindre mystiske forklaringer. Dette er en beskrivelse af universet som bringer mindelser om klassisk fysik, universet er i sådan en model, i hvert fald principielt, til at overskue og beskrive endegyldigt. Det er naturligvis en radikal påstand som fortjener en nærmere diskussion. Men det falder uden for denne sammenhæng.

I vores tilfælde kan vi bruge Hawkings forestilling om "imaginær tid" til bedre at afbilde den Spencer-Brownske oscillation. Først afsætter vi den imaginære tid vinkelret på oscillationens udbredelsesretning:

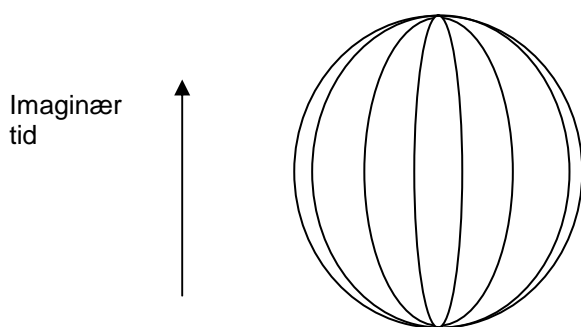


Det ville nu være rart hvis vi kunne fortsætte og afbilde dette ligesom Hawking. Så ville en krydsnings nemlig svare til det halve af en tur rundt om sfæren og vi ville så have fundet vores ækvivalens til den oscillation som Feynman talte om. Det er dog en utilfredsstillende afbildning. Sammenligner

vi nemlig med Hawkings model ville de flade streger i vores bølgetog, markeringerne, svare til universets udstrækning på et givet reelt tidspunkt. Men da der ikke i formteorien er givet betydning til markeringernes amplitude, dvs. deres højde - de er bare lige høje - bliver resultatet en dåse:



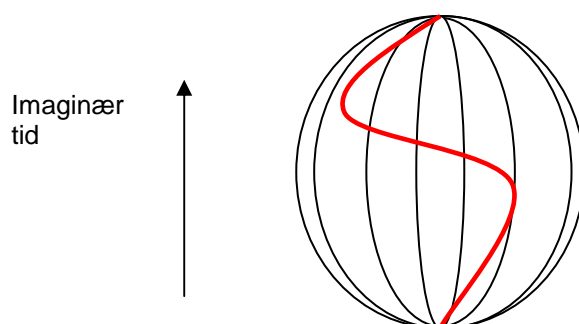
Det er ikke tilfredsstillende fordi det bl.a. ikke kan give anledning til en forklaring af hvordan oscillationen starter. Dvs. det grundlæggende paradoks at der altid allerede er skelnet (jf. ovenfor). For at få afbildet oscillationen som en sfære må vi derfor opfatte krydsningerne som længdegrader:



Man kan nu se at krydsningerne ligesom da de var afbildet som breddegrader kan beskrives som halvcirkler svarende til sinuskurver. At foretage en formlogisk oscillation svarer nu til at bevæge sig horisontalt rundt om sfæren. Herved vil man passere et antal af længdegrader svarende til mængden af krydsninger i oscillationen. Ved polerne passerer man ikke nogle længdegrader og de svarer så til henholdsvis at starte (sydpolen) og stoppe (nordpolen). Sfærens radius beskriver størrelsen på mængden af krydsninger. Dvs. hvor megen reel tid oscillationen varer. Man ser nu at et performativt rum kan beskrives som en formlogisk sfære, uden start og uden slutning.

Hvis man nu prøver at klemme den reelle tid tilstrækkeligt sammen (gående mod uendeligt) bliver der (næsten) kun imaginær tid tilbage. Svarende til en ret lodret linie. Ifølge formlogikken kan man nu have markeret den ene eller den anden ende. Men hvilken kan ikke umiddelbart afgøres. Set i lyset af vores sfæriske model bliver det nu tydeligt at denne diskrete binaritet ikke er

tilfredsstillende. Der er jo som vi så ikke tale om et øjeblikkeligt skift mellem polerne, men snarere om en eller anden form for kurvet rejse:



Hvordan kan man bedre beskrive denne bølgeagtige form i imaginær tid? For at få svar på dette kan man inddrage lidt flere kvanteteoretiske begreber. Det skal fra starten være sagt at der blot er tale om en beskrivelsesmåde. Vi kan ikke meningsfuldt spørge til hvordan det performative rum i virkeligheden "er". Vi kan kun forholde os til om denne beskrivelse virker tilfredsstillende.<sup>1</sup> Det vil altså sige at der ikke her fx hævdes at et performativt rum er et kvantesystem, men blot at det kan beskrives med nogle begreber og en matematik som også bruges til at beskrive kvantesystemer.<sup>2</sup> For at fastholde dette introducerer jeg derfor ikke til kvantemekanik men refererer i stedet i det følgende til en anvendelsen af teorierne i informationsteori og computervidenskab.

### **Kvantecomputere**

Forskningen i nye computersystemer har længe været orienteret mod skabelsen af en såkaldt kvantecomputer. Idéen føres ofte tilbage til Richard Feynmann som i et indlæg på First Conference on Physics of Computation gjorde opmærksom på at det principielt ville være umuligt at simulere udviklingen i et kvantesystem nogenlunde effektivt hvis man blot kunne anvende en traditionel computer. Konferencens noget kryptiske navn afspejler at fysikkerne som generelt arbejder eksperimentielt og empirisk her vender sig mod et nyt område som egentlig mest tilhører matematikerne. Teorien bag vore dages computer beskriver således en generel abstrakt matematisk maskine som eksisterer uafhængigt af den måde den bliver implementeret.

---

<sup>1</sup> Som etnologen Thomas Højrup har anført i en anden sammenhæng så er det arbejdet med at udforske og transformere relationsbestemmelser og ikke tingsbestemmelser, der historisk set igen og igen driver fysikken ud over den hidtidige lærdom. (Højrup 2002, s. 49).

<sup>2</sup> Problemstillingen som kan sammenlignes med fx anvendelsen af René Thom's katastrofeteoretiske topologiske modeller på fx metaforer (Stjernfelt 19??) , interaktive systemer (Bøgh Andersen 19??). eller interaktiv kunst (Kampman Walter 2003)..

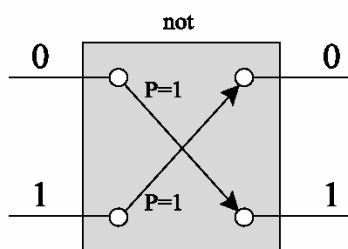
Feynman havde næppe forestillet sig hvor meget computerkraft man kan klemme ud af en computer i dag - hvor det er en ret dagligdags ting, fx ved produktion af nanokatalysatorer i industrien - at simulere udviklingen af mindre kvantesystemer, men principielt set havde han ret. Mængden af information i et kvantesystem vokser eksponentielt, det gør den ikke i en almindelig computer.<sup>3</sup> Udfordringen er derfor at lave en computer som matcher kvantesystemet, dvs. en kvantecomputer.

Det er den engelske matematiker David Deutsch fortjeneste som den første at omsætte denne idé til en formel teori for en kvantecomputer. Det gør han i en artikel fra 1985 som påviste at det matematisk set ville kunne lade sig gøre at konstruere sådan en universel kvantecomputer. Denne kvantecomputer ville have egenskaber som oversteg en traditionel computer, en såkaldt universel Turing-maskine (Turing 1936). Deutsch beviste kort fortalt at en universel kvantecomputer ville kunne simulere en universel Turingmaskine, men ikke omvendt. Artiklens titel er "Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer". I den epokegørende artikel fremsætter Deutsch bl.a. den påstand at en kvantecomputer principielt kan simulere alle fysiske systemer. En påstand som har antændt en del kunstneres forestillingsevne, den mest kendte sandsynligvis filmen "The Matrix". En matrix er en mængde af tilstandvektorer som af en kvantecomputer kan anvendes i beregningen af en simulation. Svaret på filmens ledespørgsmål: "What is the Matrix?" er altså: The Matrix er en kvantecomputer. Personerne går derfor ikke rundt i computergrafik men i en helt anden verden, et simuleret univers genereret af universel simuleringsmaskine.

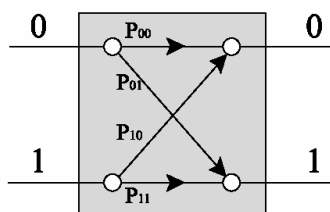
Men hvad var det så egentlig Deutsch helt grundlæggende opdagede? Det kræver lidt forklaring. Som udgangspunkt kan vi tage forskellen mellem 0 og 1. Vi kan nu opfatte et binært skift mellem de to værdier som om der eksisterer en maskine der givet et input (i), for eksempel 0, giver et output (j), for eksempel 1. Det er en simpel operation som vi med det samme genkender fra vores forestilling om en traditionel computer. Den traditionelle computer anvender propotional logik til at lave logiske porte eller døre. Fx vil en NOT port give "negationen" af inputtet, dvs. fx NOT-0, som output.

---

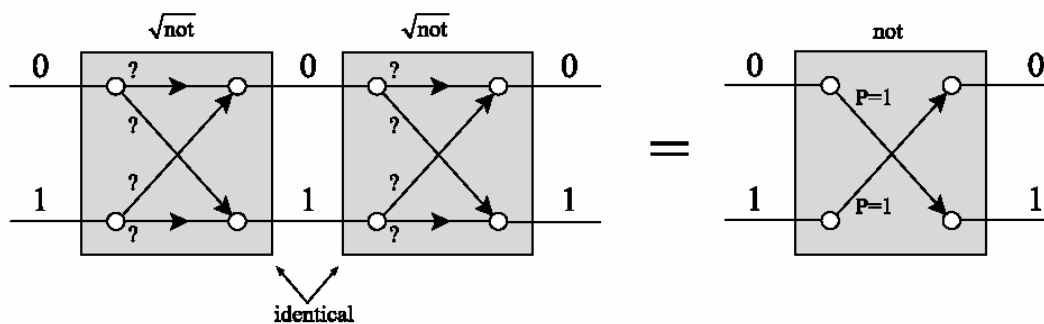
<sup>3</sup> Deutch, Ekert & Lupacchini 1999, s. 12..



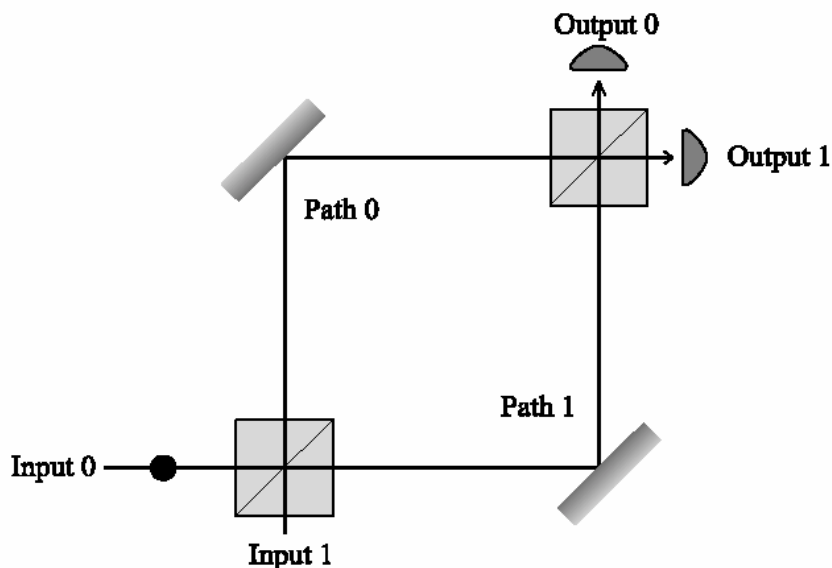
På tegningen herover som, lige som de følgende, er lånt fra "Machines, Logic and Quantum Physics" en forklarende artikel af David Deutsch, og Arthur Ekert og Rosella Lupaccini fra 1999, ser man hvordan NOT-porten virker. Bogstavet P står for probabillity, dvs. sandsynlighed. En sandsynlighed på  $P = 1$  betyder at det sker hver gang. Dvs. et input med værdien 0 giver altid output med værdien 1. Et binært tal, en bit, har altså skiftet værdi fra 0 til 1. En mere generel port er tegnet nedenunder. Den kan give tre slag operationer: ingenting, not og tilfældig. Betegnelsen  $P_{(i,j)}$  viser hvilken sandsynlighed der er for at inputet (i) giver outputet (j):



Ved  $P_{00}$  og  $P_{11}$  sker der ingenting og ved  $P_{01}$  og  $P_{10}$  sker der et værdiskift. Hvis vi nu vil have en tilfældighedsmaskine - en random switch - sætter vi sandsynligheden sådan at  $P_{00} = P_{11} = P_{01} = P_{10} = 0,5$ . Nu skulle man tro at sådan en maskine altid ville give et tilfældigt output, men sådan er det ikke. Hvis man sætter to identiske tilfældighedsmaskiner i forlængelse af hinanden bliver resultatet altid den logiske operation "not". Fordoblingen udligner tilfældigheden:



Der findes ikke i den propotionelle logik en operation som dækker over det som tilfældighedsmaskinerne foretager sig og Deutsch kalder derfor maskinerne for  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskiner. Disse findes på trods af ens intuitive fornemmelse som fysiske maskiner, fx som eksperiment:



I dette klassiske fysikeksperiment er den lille sorte kugle ved "input 0" et foton. Det sendes ind mod et spejl som er beklædt med sølv på en måde så det reflekterer halvdelen af det lys som kommer ind. Men en enkelt foton opdeles ikke. Det tager enten den ene vej eller den anden vej, path 0 eller path 1 og giver så anledning til enten output 0 eller output 1. Læg mærke til at der her er to sølvspejle svarende til de to tilfældighedsmaskiner ved siden af hinanden. Det betyder at fotonet skal igennem to tilfældighedsfiltre. Det vil altid resultere i et not resultat. En foton som kommer ind som input 1 vil altså altid komme ud som output 0.

Dette kan ikke forklares ved hjælp af propotionel logik og heller ikke ved hjælp af almindelig sandsynlighedsregning hvor man bare kan lægge sandsynligheder sammen. I kvantemekanikken hvorfra dette eksperiment kommer regner man derfor både med sandsynlighed og sandsynlighedsfordeling. Richard Feynman udtrykker det således (1965, s.1-10) :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{sandsynlighed} \\
 \Phi &= \text{sandsynlighedsfordeling} \\
 P &= |\Phi|^2
 \end{aligned}$$

Hvilket svarer til at sandsynligheden er kvadratet på den absolutte værdi af det komplekse tal  $\Phi$ .

Når en begivenhed kan ske på flere forskellige måder så er sandsynlighedsfordelingen for begivenheden summen af sandsynlighedsfordelingerne for hver måde betragtet for sig. Der er interferens:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$
$$P = |\Phi_1 + \Phi_2|^2$$

Hvis et eksperiment ligesom det beskrevet ovenfor derimod udføres så det kan afgøres hvad der er tilfældet (1 eller 0, foton eller ikke foton) , så er sandsynligheden for dette tilfælde summen af hvert af tilfældene. Interferensen er tabt:

$$P = P_1 + P_2$$

Om dette bemærker Feynman (samme sted):

*One might still like to ask: "How does this work? What is the machinery behind the law?" No one has found any machinery behind the law. No one can "explain" any more than we have just "explained". No one will give you any deeper representation of the situation. We have no ideas about a more basic mechanism from which these results can be deduced.*

Denne opfattelse er stadig gældende blandt fysikere og matematikere. Vi må derfor bare acceptere at det forholder sig sådan. For at få  $\sqrt{\text{NOT}}$ -maskinerne til at udligne hinanden så det svarer til det empiriske forsøg må man altså regne med sandsynlighedsfordelinger i stedet for sandsynligheder.  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskinerne kan altså kun beskrives ved hjælp af grundprincipperne fra kvantefysikken. Denne konstatering er baggrunden for to nye tværdisciplinære forskningsområder: kvantecomputering og kvante-informationsteori. Det første område beskæftiger sig med problemstillingerne omkring konstruktionen af kvantecomputere, den anden om principielle informationsteoretiske problemstillinger fx kvanteteleportation og kvantekryptering.

Det var et kontroversielt emne i kvantemekanikken historie hvordan interferensen skulle fortolkes. Var der tale om "rigtige" bølger som – ligesom fx i musik – interfererede<sup>4</sup>, eller var der tale sandsynligheder for at finde partikler i et bestemt punkt? Det er en omfattende diskussion som fx kan findes omtalt i bogen Den harmoniske begejstring af Ove Nathan og Henrik Smith (1999). I denne forbindelse må det være nok at sige at en sandsynlighedsfordeling i kvantefysikken ofte fortolkes og behandles som en bølge og at sandsynlighedsfordelingen derfor ofte kaldes for en bølgefunktion. Det er derfor en misforståelse at forestille sig bølgefunktionen

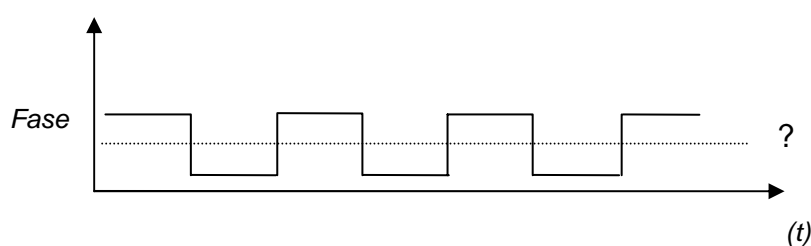
---

<sup>4</sup> Jf Hansen 2002 for en sammenligning mellem denne slags svingninger og Spencer-Browns formlogik.

som en "rigtig" bølge som fx en lydbølge eller andre bølgetyper. En kvantemekanisk bølgefunktion er en matematisk model som beskriver et kvantesystem som en mængde af tilstande. Hvis det skal afbildes kan det gøres i et n-dimensionalt koordinatsystem kaldet et "Hilbert-rum".

### Det performative rum

Hvis vi vender tilbage til diskussion om beskrivelsen af det performative rum kan vi se at vi nu kan beskrive oscillationen i imaginær tid som en kvanteteoretisk sandsynlighedsfordeling. Når vi har tegnet en forskel og sat oscillationen i gang og klemte den reelle tid uendeligt meget sammen kan vi ikke på et givet reelt tidspunkt afgøre hvilken side af forskellen der er markeret. Det svarer til at vi ikke kan afgøre hvilket output, dvs. hvor vi ender, vi får når vi starter med at markere den ene af siderne (hvilket man jo altid gør):



På denne måde kan man sammenligne et performativt rum med en  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskine. Inputtet 0 eller 1 afspejler så bølgetogets fase eller på hvilken side af forskellen der startes. Maskinens tilstand på et givent tidspunkt er ubestemt. Vi kan nu forstå den vertikale dimension på vores model over det performative rum som en sandsynlighedsfordeling (amplitude) for de to sider af krydsningen. I formlogikken notation kunne dette svare til at erstatte den binære forskel  $\square$  med den stående bølge,  $\$$ .

Som antydnet er det dog ret problematisk at behandle sandsynlighedsfordelingen på denne måde. Hvis vi vil finde en mere præcis beskrivelse samtidig med at vi fastholder den sfæriske model kan vi derfor med fordel nu vende os fra sammenligningen med kvantecomputerne til den kvanteteoretiske informationsteori. Her finder vi nemlig en lignende og mere præcis matematisk visualisering.

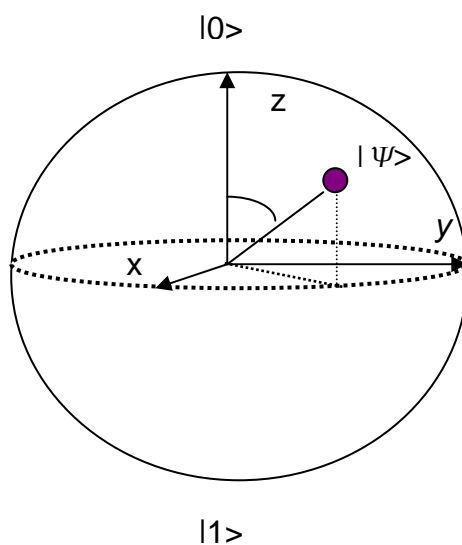
### Blocksfæren

I kvanteinformationsteorien arbejder man ikke med en bit som den fundamentale enhed, sådan som vi kender det fra klassisk informationsteori. Den grundlæggende informationsenhed er her en kvantebit. Hvad er en kvantebit? Lige som en klassisk bit har en tilstand - enten 0 - eller 1 så har en kvantebit også en tilstand. De to tilsvarende tilstande for en kvantebit skrives

almindeligvis  $|0\rangle$  og  $|1\rangle$ . Forskellen mellem almindelige bits og kvantebits er at de sidste kan være en kombination af tilstande. Dette kaldes superposition og skrives fx således:

$$|\Psi\rangle = a|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Det vil sige at sandsynlighedsfordelingen ( $|\Psi\rangle$ ) for en kvantebit er summen af sandsynligheden for at den er i de to tilstande ( $a + \beta$ ). Hvis der havde været tale om en almindelig bit kunne vi have målt på den og afgjort om den var i tilstand 1 eller tilstand 2, dvs. vi kunne have fundet værdierne for  $a$  og  $\beta$ . Det kan man ikke med en kvantebit. Når man måler på en kvantebit får man enten værdien 0 med sandsynligheden  $|a|^2$  eller værdien 1 med sandsynligheden  $|\beta|^2$ . De to sandsynligheder kan som vi så tidligere lægges sammen og giver så 1. Det betyder at en kvantebit kan være i et kontinuum af tilstande indtil der bliver målt på den. Tidligere så vi hvordan et kontinuum af tilstande i imaginær tid for den Spencer-Brownske oscillation kunne illustreres som en stående bølge på en sfære. I kvanteinformationsteorien kan en illustration af en kvantebit mere præcist beskrives som en såkaldt Bloch sfære:



Illustrationen afspejler - lige som den tidligere sfæriske afbildning i imaginær tid - en opfattelse af sandsynlighedsfordelingen som en form der kan beskrives som et punkts bevægelse på en kugleform. Hvis man ifølge Michael Nielsen og Isaac Chuang, de to fysikere som har udviklet denne beskrivelse, fx skal afbilde den  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskine som jeg tidligere har omtalt kan den ses som startende i en tilstand langs x-aksen. Når maskinen starter flyttes kugleskallen så tilstanden  $|\Psi\rangle$  kommer ned til  $|1\rangle$ , herefter spejles den i planet så tilstanden kommer op i  $|0\rangle$  (Nielsen & Chuang s. 19). Bevægelsen bliver altså til ved først en drejning og så en spejling. Tilstanden  $|\Psi\rangle$  kan på

baggrund af den geometriske repræsentation og ved hjælp af trigonometriske formler så også forstås som en sammenlægning af en cosinuskurve for den første tilstand og en sinuskurve for den anden tilstand.

### **Dekoherens**

I arbejdet med at konstruere en konkret kvantecomputer er den største udfordring at fastholde kvantebitten i dens superpositionerede tilstand, dvs. som både i tilstand  $|0\rangle$  og  $|1\rangle$ . I forsøget som blev beskrevet tidligere var det først ved målingen at den kvantemekaniske tilstand i de to  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskiner blev reduceret til den klassiske tilstand i den samlede NOT-maskine. I kvantemekanikken kalder man det fænomen at en sandsynlighedsfordeling af kvantetilstande overgår øjeblikkeligt til en almindelig tilstand for et kollaps. Hvis man vil lave en konkret kvantecomputer ud af opstillingen må man altså sikre sig at de to  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskiner kan fungere uden at blive afbrudt af målingen.

Spørgsmålet om hvordan sådan en udefrakommende påvirkning – en måling eller mere generelt en observation - influerer på kvantesystemet har været en stor udfordring for kvantemekanikken. Jeg skal ikke gennemgå de mange svar på spørgsmålet her men blot nævne at det er i denne diskussion at man fx finder den såkaldte "københavnertolkning" – som i virkeligheden blot siger at systemet kollapse når det iagttages - , fortalere for kollapset foretages af en bevidsthed som vores egen med en speciel evne til "at kollapse" (Penrose 1995), eller at de tilstande som ikke vælges men forsvinder i kollapset eksisterer videre i andre universer (den såkaldte mangeverdens fortolkning, Everett 1957). I dag er kvantefysikkerne dog mest af den opfattelse af der ikke kræves en observatør for at bryde bølgefunktionen. Når kvantesystemerne bliver af en hvis størrelse interfererer deres bølgefunktioner så meget med bølgefunktioner i omgivelserne at det får dem til at kollapse til én, klassisk beskrivbar, tilstand under alle omstændigheder. Også selv om der ikke inddrages en observatør.

Det fænomen at omgivelserne indvirker på et kvantesystem så det tenderer mod at ophøre med at være et sammenhængende eller koherent kvantesystem kaldes dekoherens. I tilfældet med kvantecomputeren så bliver udfordringen derfor at imødegå dekoherens, dvs. at fastholde det koherente kvantesystem i den tilstand som kan beskrives af en bølgefunktion.

Hvis vi som foreslået ovenfor opfatter det performative rum som en del af en bølgefunktion så må dette også være truet af dekoherens. Men det fører til problemer med formlogikken. Til forskel fra den kvantemekaniske matematik så er formlogikken nemlig udformet på en måde så den altid forudsætter en operatør der gør noget, fx at tegne en forskel. Formlogisk må nogen gøre noget for at oscillationen finder sted. Det kræver energi. Da al energi er underlagt entropilovene vil energien gennem oscillationen blive udvekslet til omgivelserne i form af varme. Et performativt rum minder derfor

umiddelbart om en varmluftsballon. Der skal konstant tilføres energi - pustes varm luft ind i - til rummet for at udvide det så oscillationen kan fortsætte. Hvis energien ikke tilføres vil sfæren ikke udvide sig. Den vil dog heller ikke svinde ind idet dens omfang som nævnt beskriver hvor megen reel tid der er blevet brugt. Hvis ikke nogen gør noget, kollapser rummet eller tilfører det mere energi så forandrer det sig ikke. Det ville føre til at performative rum kunne "blive hængende" og man kunne gå til og fra. Det er naturligvis ikke nogen tilfredsstillende beskrivelse. Ser man derimod det performative rum som en kvanteteoretisk model, så vil bølgefunktionen over tid som følge af dekoherens kollapser til en almindelig beskrivbar tilstand. Sfæren ligner derfor mere en sæbeboble. Den pustes op og punkteres ved en udveksling af information med omgivelserne. Enten ved direkte påvirkning eller dekoherens.

Vi har nu en kvanteteoretisk model for et performativt rum. Grundlæggende har det ikke nogen begyndelse eller nogen slutning. Det er en lukket sfære og kan beskrives som en bølgefunktion. En operatør kan starte et performativt rum og lukke det igen. Hvis ikke en operatør lukker det vil det lukke sig af sig selv som en konsekvens af dekoherens.

### **Perspektiver**

Hvad betyder det at lave denne type af sammenligning? Det er et svært spørgsmål at svare på som kræver mere tid og plads end dette paper tillader. Som udgangspunkt kan man bemærke at matematiske beskrivelser af menneskelig kognition og adfærd i hvert fald er ret udbredte. Områder som informationsteori, kybernetik, kognitionsforskning, kognitiv antropologi, dynamisk semiotik og kognitiv semantik er blot nogle få eksempler på dette. Kvanteteoretisk teorien virker også lovende i forhold til at udvikle en ny beskrivelse af kommunikations-forskningen grundlagsproblematik vedrørende den såkaldte transcendentale intersubjektivitet (Jf. Schutz 1945 og 1957, jf. også Zahavi 2003, s. 61-78). Dvs. denne forsknings manglende evne til præcist at beskrive hvad kommunikation egentlig "er".

Det kræver altså en omfattende diskussion at begynde at anvende denne type af sammenligninger. Der er derfor ikke nemt at give et bud på hvordan man kan "anvende" den kvanteteoretiske beskrivelse af performative rum. Men to korte eksempler kan måske antyde nogle perspektiver som er relevant i den forbindelse som dette paper indgår i, nemlig forskning i spil og leg.

### **Dekoherens i spil og leg**

Fænomenet "leg" beskrives ofte som noget der opstår når en fortolkningsramme med indholdet "dette er leg" kommunikerer (fx Jessen 2002). Formlogisk kan "leg" derfor siges at blive skabt af denne indikation som etablerer forskellen "leg" overfor "ikke-leg". Denne form kan spændes ud hvor som helst når helst. Man kan ved hjælp af sin distinktion oprette performative legerum ad hoc og gå ind og ud af dem som man ønsker det. At

kunne dette er en væsentlig del af børns sociale kompetence. En kompetence som er en del af legekulturen. Legen kan udfoldes ved hjælp af specifikke legeredskaber som er en del af en børnekultur. Men den kan sagtens opstå uden disse som en del af en selvstændig legekulturel udfoldelse. Der er altså tre niveauer:: Legen i sig selv, legekulturen og børnekulturen. Legekulturen er altså ikke børnekulturen. Legekulturen findes kun i og med der leges. Hvis man tager legen væk forsvinder legekulturen, men ikke nødvendigvis børnekulturen. Børns leg er altså afgrænset i forhold til omverden gennem en performativ skelnen Man sætter en forskel. Man siger: "Nu leger vi". Forskellen gør det muligt at skabe et rum som man er en del af indtil man vælger at deparadoksere det, fx ved at udføre en ny performativ skelnen i form af en annoncering af legens afslutning: "Nu er legen slut".

Det er vanskeligt at blive ved med at lege. Legen er hele tiden truet af opløsning. Denne tendens kan man så kalde dekoherens. Det kan forstås som en tendens til at legen holder op med at være leg fordi dets performative rum interfererer med omgivelserne. Over tid vil al leg ophøre. Derfor kommer leg ofte med indbyggede forsvarsmekanismer. En af de mest effektive er regelsætning. Ved at sætte nogle regler formaliserer man legen yderligere. Man forstærker grænsen mellem legen og omverden. Prototypen af et regelsæt er skakreglerne. Spillet skak er et formelt system med reglerne som en mængde aksiomatiske teser hvoraf trækkene - teoremerne - i et aktuelt spil kan udledes. Regelsætningen fastholder legen som et spil, men bærer i sig faren for opløse legen. Udvekslinger i leg og om leg trues af at blive erstattet af udvekslinger i spil og om spil. Man holder op med at spille sammen når en ven melder sig ind i en skakklub og begynder at tale om åbningsvarianter og slutspil. Det er ikke sjovt mere. Legen er forsvundet. Som modtræk har man i hvert fald to muligheder. Man kan fx forsøge at finde en skrøbelig balance mellem leg og spil hvor spillet netop beskytter legen ved at give den nogle rammer den kan være i. Det er den slags lege man fx finder i spejderklubber og fritidshjem. Eller man kan give anledning til skabelse af nye legerum inden for de rammer som ødelagde legen. Det er den slags lege man fx finder i skakklubber, modelklubber, syklubber etc. Dette nye performative rum kan man så kalde for et spillerum. Begge dele kan altså forstås som metoder til at imødegå dekoherens.

De performative rum er ikke kun påvirket af omgivelserne i bred forstand. Andre performative rum kan også interferere. I kvanteteorierne taler man om henholdsvis destruktiv interferens og konstruktiv interferens. Destruktiv interferens ses fx når de to  $\sqrt{\text{NOT}}$  maskiner udligner hinandens sandsynlighedsfordeling så resultatet altid bliver NOT, konstruktiv interferens er tilfældet når den superpositionerede tilstand skabes og fastholdes. I leg og spils tilfælde gælder det om at fastholde interferens. At modvirke dekoherens er altså at arbejde for konstruktiv interferens og imod destruktiv interferens.

Hvis nogen vil indføre for mange regler kan det fx opfattes som destruktiv interferens. Man har måske en skjult dagsorden og vil gerne kontrollere legen. Hvis det bliver ført igennem kan det medføre at legen helt stopper og legens rum kollapser. Omvendt kan et bidrag virke konstruktivt ved fx at tilføje en mindre regel som virker interferensielt stabiliserende, eller ved at tilføje energi til legens oscillative fortsættelse. Begge bidrag vil medføre at legen får en større tidsmæssig udstrækning og dermed et større omfang.

Overført til computermedieret leg og spil ses samme mønstre blot forstærket. I medier som fx computerspillene Counter Strike eller Quake, hvor en stor gruppe af deltagere sidder spredt ud over et måske stort geografisk område og skal spille det samme spil, er kravene til konstruktiv interferens udtalte. Skabelsen og fastholdelsen af dette særlige performative rum hviler tungt på en balance .mellem leg og spil, umiddelbar handling og strategi, legerum og spillerum

Dette er kun et par meget sporadiske eksempler på anvendelse af denne type af informationsteori. Generelt kan man måske hævde at det med denne type af beskrivelse af performative rum ser ud til at man kan få kontakt til et nyt syn på fænomener som optager os. De fleste kender fx følelsen af "tømthed" når man har arbejdet længe på nettet eller på sin computer i øvrigt. Med denne teori kan man fremsætte en hypotese om at dette fx kunne skyldes at man i denne situation er alene om at åbne og vedligeholde et performativt rum. Det kræver en vedholdende tilførsel af energi som efterhånden overføres til omgivelserne i form af varme. Da der ikke er andre involverede er det altså en mere krævende proces end når man sammen med andre vedligeholder rummet. Man kan altså være flere om at opretholde rummet, men det er ikke nødvendigt. Tilsvarende ligger der måske her et bud på hvordan man kan lege alene uden at opleve det som ensomt og hvordan man kan opfatte musik som en social aktivitet selv når man lytter til den alene.

### **Afslutning**

I dette paper har jeg introduceret til en kvanteteoretisk beskrivelsen af performative rum. Det er som nævnt ikke muligt her at diskutere alle de mange problemstillinger det fører med sig. Men måske kan man alligevel slutte af med at huske på at kvanteteorien grundlæggende bygger på en empirisk iagttagelse som vi ikke i dag kan forklare yderligere, men blot må godtage som noget der eksisterer. Kvantecomputere er heller ikke kun teoretiske konstruktioner. Tværtimod. De er empiriske fænomener som der bygges på rundt omkring i verdens computerlaboratorier. Kvantetilstandene kan kun opnås i kvantesystemer og disse systemer skal fastholdes et eller andet sted. Blandingen mellem fysiske systemer og informationsteori kan virke mærkelig og mystisk, men den bygger på objektive verificerbare hændelser og principper. Det kan åbne op for helt nye beskrivelsesmåder, også indenfor forskning i spil og leg. Som fysikerne siger: *Der er interferens.*

## Referencer

- Andersen, P. B. (2002): Dynamic semiotics. To appear in *Semiotica*.
- Deutsch, D. (1985): Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer, *Proceedings of the Royal Society, A* vol. 400 (1985), pp. 97-117.
- Deutsch, D., Ekert, A. & Lupacchini, R. (1999): *Machines, Logic and Quantum Physics*.
- Everett, H. (1957): "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics. I: DeWitt, B. (red.) (1973): *The Many-world Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton.
- Feynman, R. P., Leighton, R.B. & Sands, M. (1963): *The Feynman Lectures on Physics. Vol. 1.: Mainly Mechanics, Radiation, and Heat*. Addison-Wesley Publisihn Company, Menlo Park, California.
- Feynman, R. P., Leighton, R.B. & Sands, M. (1963): *The Feynman Lectures on Physics. Vol. 2.: Addison-Wesley Publisihn Company, Menlo Park, California*.
- Feynman, R. P. (1982): Simulating physics with computers, *International Journal of Theoretical Physics*, vol. 21 (1982), pp. 467-488.
- Hansen, K. (2002): Performative rum. Arbejdsrapport fra RUC. Findes på [www.ruc.dk/~keha](http://www.ruc.dk/~keha)
- Hansen, K. (2003): Bevidstgørende design. Artikel under udgivelse i en antologi fra uddannelsen Master of Computermediated Communication på RUC. Redaktion: Simon Heilesen. Samfundslitteratur. Roskilde.
- Hawkin, S. (2002): *Universet i en nøddeskal*. Gads Forlag. København.
- Højrup, T. (2002): *Dannelsens dialektik. Etnografiske udfordringer til det glemte folk*. Museum Tusulanums Forlag. København.
- Jessen, C. (2001): *Børn, leg og computerspil*. Odense Universitetsforlag. Odense.
- Kampmann Walter, B. (2003): *Laterna Magica. På sporet af en digital æstetik*. Syddansk Universitetsforlag. Odense.
- Nathan, O. & Smith, H. (1999): *Den harmoniske begejstring*. Gyldendal. København.

Nielsen, M. A. & Chuang, I. L. (2000): Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, Cambridge.

Penrose, R. (1995): Shadows of The Mind. Vintage Science. London.

Schutz, A. (1945): The Paradox of the Transcendental Ego. In: Schutz 1996, s.190-192.

Schutz, A. (1957): The Problem of Transcendental Intersubjectivity in Husserl. In: Schutz 1975, s. 51-91.

Schutz, A. (1975): Collected Papers III. Kluwer Academic Publishers. Den Haag.

Schutz, A. (1996): Collected Papers IV. Kluwer Academic Publishers. Haag.

Spencer-Brown, G. (1967): Laws of Form. Cambridge University Press. Cambridge.

Stjernfelt, F. (1999): Termodynamiske metaforer. I: Rationalitetens Himmel, s. 260-268. Gyldendal. København.

Turing, A. (1936): On computable numbers with an application to the entscheidungsproblem, Proceeding of the London Methemathical Society, 2 vol 42, pp. 230-265.

Zahavi, D. (2003): Fænomenologi. Samfundslitteratur. Roskilde.