

# DRAGET FRÅN OÄNDLIGHETEN

vetenskapsfilosofiska vindsvep

© Lennart Nilsson 2001

Till Jenny

## Ur epostlådan

..jag fann den mycket  
imponerande.

En fascinerande vandringsfaerd i graenslandet mellan  
filosofi och fysik, full med originella ideer.

Jag kaenner mig hedrad oever att vara saa omnaemnd i din bok. Lyckoenskingar foer boken  
fraan ett regnigt Philadelphia,

;-)

```
      ////  
      ( O O )  
      | " |  
|-----oooO-----Oooo-----|  
| Prof. Max Tegmark          |  
| Dept. of Physics          |  
| Univ. of Pennsylvania     |  
| Philadelphia, PA 19104-6396 |  
| www.physics.upenn.edu/~max/ |  
|_____|  
  || Oooo.  
  .oooO ( )  
  ( ) )/  
  \ ( (/  
  \ )
```

## Författarens förord

Jag har alltid undrat mycket över svaren på några frågor som varit speciellt efterhängsna sedan jag först ställde dem i lite olika skeden av mitt liv. Jag kommer ihåg att jag tidigt grunnade på tankens substans. Var kom den från? Vad bestod den av? Med tiden ställde jag mig andra frågor. Hur kan man veta vad man vet? Jag började läsa tjocka böcker om medvetandets filosofi och om kunskapsteori. Jag läste också böcker om matematik, eller snarare om meta-matematik. Ögonblicket när jag förstod Cantors diagonalteorem (som visar att ett är mindre än två och framför allt att oändligheter kan ha olika storlekar)<sup>1</sup> glömmer jag aldrig.

När jag lämnade hemmet och började på ett eget livsprojekt kom mer praktiska saker i förgrunden. Hur ska man veta vad man skall tycka? Hur bör man handla? Alla frågor som hade med det motsatta könet inte att förglömma, men det är en helt annan bok än denna. En annan bok än denna är också om det finns kvalitativa skillnader inom konst och musik och estetiska och etiska ideal, eller om det helt enkelt är fråga om mode. Vad denna bok handlar om är en helt annan grundläggande fråga: Vad innebär det att handla och resonera rationellt?

Det kändes tidigt uppenbart för mig att utan rationella argument kan inte kunskap förmedlas och utan rationellt utförda experiment skulle inte vetenskapen ha uppstått. Men det är en sak att få sig förmedlad kunskap om naturlagarna och hur de upptäckts, det är en helt annan sak att förstå dem som fenomen. Till de grubblerier jag hade som barn om tankens substans lades i vuxen ålder grubblerierna om naturlagarnas status. Var kom de från? Vad bestod de av?

---

<sup>1</sup> Se appendix A för en version som visar att punkterna på en linje inte går att räkna även om vi räknar i oändlighet.

Jag har alltid varit otillfredsställd med beskrivningar av naturkrafter med hjälp av kraftfält. När jag hittade kvantmekanikens beskrivning av krafter som ett utbyte av partiklar mellan partiklar kändes marken lite stadigare under fötterna till att börja med. Ju mer jag läste ju mer började dock marken gunga igen. Det som utbyttes var inte vanliga partiklar, utan virtuella partiklar som inte fanns, varken i de partiklar som de utbyttes emellan eller i tiden (och fanns de i tiden gick de bakåt i tiden).

De svar på mina personliga frågor jag ger i den här boken är hämtade från de bästa vetenskapliga och filosofiska hjärnornas böcker och artiklar. Jag har valt att hämta material enbart från det som vetenskapsmän och filosofer och matematiker skrivit själva och inte gått omvägen via populära tolkningar. Tack och lov har allt fler aktiva forskare börjat skriva mindre tekniska böcker för den intresserade allmänheten. Det har starkt underlättat detta projekts genomförande, liksom stödet från förlaget och mina barn. Jag vill här också passa på att tacka Gunilla Forsell för all hjälp under resans gång, samt min pappa som alltid trott att jag skulle skriva en bok någon gång i mitt liv.

Självklart är alla tolkningar ändå mina personliga och läsaren ombeds studera förekommande noter och göra egna djupdykningar med hjälp av bibliografin.

L.N.

Stockholm våren 2001

## **INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

### **INTRODUKTION** **1**

## **FÖRSTA DELEN** **3**

### **FÖRSTA KAPITLET** **4**

**NATURENS SPRÅK** **4**

**ATT SPRÅKA MED NATUREN** **6**

### **INTERMEZZO 1** **30**

Vad tror jag på? 30

Vilka frågor har jag? 31

Hur tror jag frågorna kommer att besvaras? 32

### **ANDRA KAPITLET** **33**

**KULTURVETENSKAP** **33**

Memetik 38

**NATURVETENSKAP** **55**

Reduktionism 56

Fysik 57

Gud är död 61

### **INTERMEZZO 2** **65**

Vad tror jag på? 65

Vilka frågor har jag? 66

Hur tror jag frågorna kommer att besvaras? 66

### **TREDJE KAPITLET** **69**

**STANDARDMODELLEN** **69**

**ONTOLOGI** **73**

Determinismens beroendeställning 73

Beräkningsteorins beroendeställning 74

**KOSMOLOGIN** **74**

Den fria lunchen	75	
Inflation och Big Bang		77
Många världar	81	

---

**INTERMEZZO 3** **88**

Vad tror jag på?	88	
Vilka frågor har jag?	89	
Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?		89

**ANDRA DELEN** 92

---

**FJÄRDE KAPITLET** **93**

**BORTOM STANDARDMODELLEN** **93**

Partiklarnas partikel	96	
Supersträngar och supersymmetri	97	
Calabi-Yau i varje punkt	100	
Det stora är detsamma som det lilla	103	
Jakten på superpartners	105	
M-teori	107	

**KOSMOLOGIER** **116**

Planckbollens cirklar	116	
Före Big Bang	118	
Den tionde dimensionen		119

---

**INTERMEZZO 4** **122**

Vad tror jag på?	122	
Vilka frågor har jag?	122	
Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?		123

---

**FEMTE KAPITLET** **124**

**COMPUTALISM** **124**

Det enklast tänkbara	124	
Omnipotent Omegapunkt		128

---

**INTERMEZZO 5** **132**

Vad tror jag på?	132	
Vilka frågor har jag?	134	
Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?		135

<b><u>SJÄTTE KAPITLET</u></b>	<b>137</b>
<b>NATURENS HÄRSKARE</b>	<b>146</b>
<b><u>EPILOG</u></b>	<b>151</b>
Vad tror jag på?      151	
Vilka frågor har jag? 151	
Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?      151	
<b><u>APPENDIX A</u></b>	<b>154</b>
<b>CANTORS DIAGONALTEOREM</b>	<b>154</b>
<b><u>APPENDIX B</u></b>	<b>158</b>
<b>FORMELLA SYSTEM</b>	<b>158</b>
<b><u>APPENDIX C</u></b>	<b>162</b>
<b>PLANCKENHETER</b>	<b>162</b>
<b><u>ORDLISTA</u></b>	<b>164</b>
<b><u>BIBLIOGRAFI</u></b>	<b>185</b>
<b><u>INDEX</u></b>	<b>187</b>

## Introduktion

Det är en myt att vetenskapen bara frågar hur saker fungerar och inte varför.

Om du får en beskrivning av hur en explosionsmotor fungerar förstår du förmodligen också varför den fungerar, därför att du har lärt dig vissa saker om hur naturlagarna fungerar. Det betyder i sin tur att du kan förklara fenomenet explosionsmotor om du bara har tillgång till en beskrivning av dess konstruktion och bränsletillförsel och tillämpliga naturlagar. Du vet förstås också då, åtminstone i princip, hur och varför explosionsmotorer byggs. Samma sak gäller för en mängd föremål, alltifrån flygplansvingar till fågelvingar.

Men vänta nu. När det gäller en fågelvinge finns en viss skillnad i hur och varför den kommit till. Till skillnad mot en flygplansvinge har den inte konstruerats av någon trots att varför den finns till uppenbarligen är för att få fågeln att flyga. Men den har konstruerats genom det blinda naturliga urvalet under evolutionens gång. Så trots att vi idag förstår hur och varför fågelvingarna får fågeln att flyga och att de är till just för att få fågeln att flyga så vet vi i och med Darwins evolutionsteori att de inte behöver byggas efter någon ritning. Vi behöver ingenjörer för att bygga explosionsmotorer och flygplansvingar men ingen ingenjör har varit inblandad i konstruktionen av fågelvingen. Vi kan förklara inte bara hur fågelvingen är konstruerad utan också varför och varför den fungerar med hjälp av beskrivningar av den och av naturlagar och av naturliga urvalet.

Kan det då vara så att vi kan besvara inte bara frågor om hur naturen fungerar i sina detaljer, och varför dessa detaljer fungerar mot bakgrund av naturlagar, utan också frågan om varför naturlagarna fungerar. Kan man hitta förklaringar som inte inbegriper en allvetande ingenjör? Lagg märke till att i fallet med

fågelvingen kunde man förklara varför den fungerar, med tanke på dess konstruktion och med vetskap om naturlagarna, utan att man behöver veta något om evolutionsteori. Den frågan uppkommer bara därför att vi dessutom vet att fåglar och fågelvingar inte alltid funnits, lika lite som explosionsmotorer.

Naturvetenskapen vet idag så mycket i detalj om hur naturlagarna fungerar att man börjar kunna ställa frågor om vad som krävs för att de ska fungera som de gör, d v s varför de fungerar. Inom tiotalet år tror man sig idag kunna förklara naturlagarna. Inte bara fullt ut hur de fungerar, utan också varför och varför de finns till. Svaren på dessa yttersta av frågor, är naturligtvis något som av hävd varit förbehållet religiösa auktoriteter att uttala sig om. Och mycket riktigt har påven varit ute och hytt med sitt finger. Vissa frågor bör vetenskapen inte forska i har det låtit från det hållet.

För många av oss torde det dock kännas som något av en gudagåva att i vår livstid förmodligen få de vetenskapliga svaren på varför vi finns. Om du käre läsare känner samma berusning inför den tanken så inbjuds du följa med på min färd för att hitta ett så bra utsiktsberg som möjligt för att få en skymt av de yttersta inskriptionerna när de väl avtäcks.

## FÖRSTA DELEN

*”En beprövad strategi för att få grepp om ett förbryllande ämne är att skriva en bok om det.”* David Wick

## Första kapitlet

### **NATURENS SPRÅK**

Jag är en stor beundrare av naturvetenskapen och de briljanta män och kvinnor som utövar den. Men man ska inte tro att vetenskapsmän står över mysticism. Ofta hör man framstående naturvetenskapare säga att ”matematiken är naturens språk”. Varför säger de på detta viset?

Till en del beror det på att matematiken är naturvetenskapens språk. Vetenskapliga teorier sammanfattas i ekvationssystem. Den framstående vetenskapsmannen och popularisatorn Gordon Kane<sup>2</sup> beskriver hur man först gör en modell med hjälp av symboler och en begränsad matematisk formulering. Symbolerna står här normalt för bestämda mätsituationer inom eller utanför laboratoriet. Efter hand kan modellen byggas ut och omfatta allt fler naturfenomen. Det vältestade, slutliga ekvationssystemet kallar vetenskapsmännen en *teori*. En vetenskaplig teori är alltså något helt annat än vad man i dagligt tal menar med teori – någon flummig idé om hur någonting förhåller sig.<sup>3</sup> Vetenskapsmännen är så säkra på sina teorier att de i informella samtal sinsemellan ofta använder ekvationssystemen och strukturerna i naturen som ett och detsamma.

All erfarenhet, sedan den moderna naturvetenskapens genombrott, tyder på att de har rätt i sin förmodan. De flesta av oss är villiga att sätta våra liv på spel i samma förmodan. Annars skulle vi inte våga sätta oss i ett flygplan eller knappast ens vrida om startnyckeln till explosionsmotorn i vår bil. De flesta av oss är

---

<sup>2</sup> Partikelfysiker och författare till de populärvetenskapliga böckerna *The Particle Garden* och *Supersymmetry*

<sup>3</sup> Vetenskapliga teorier är inte *spekulationer* utan *lösningar på problem*

däremot mycket tveksamma till att sätta våra liv på spel för en pedagogisk eller psykologisk skola och inte heller för en ekonomisk eller politisk teori. Och med all rätt! Varför är det så?

Det beror just på matematiken. Den är inte bara naturvetenskapens språk, den är dess gener. Jag lutar mig här mot memetiken<sup>4</sup>, som är en förlängning av genetiken och den biologiska evolutionen in på kulturhistorien. På det hela taget litar vi på våra gener. Under evolutionens gång har en enorm kunskapsmassa om vårt förhållande till omvärlden inkorporerats i våra gener. David Deutsch<sup>5</sup>, ett samtida snille, går så långt som att framhäva omvärldskunskapen som livets mest påfallande egenskap. DNA kopierar sig själv med hjälp av sin omedelbara omgivning, cellen, och med hjälp av den organism, bestående av en eller flera celler, som förökar sig i sin ekologiska nisch. I den mån DNA lyckas kopiera sig beror det på om dess kodade kunskap om omvärlden är ”sann” – dess existens beror på det.

Naturvetenskapliga matematiska teorier är också ”sanna” i samma mening. Motsvarigheten till cellen är här den mänskliga hjärnan, det enda ställe där det matematiska symbolspråket betyder någonting. Hjärnan tolkar symbolspråket som cellen tolkar DNA-koden. Cellerna bygger upp organismer av olika storlek. Naturvetenskapsmän bygger laboriemiljöer där de enorma partikelacceleratorerna motsvarar ett slags dinosaurier. Spridandet av kunskap sker genom lyckade experiment i laborier, eller andra högst kontrollerade miljöer.<sup>6</sup> När de ger resultat som motsvarar den matematiska teorin, gör de att just det ekvationssystemet överförs till andra mänskliga

---

<sup>4</sup> Se avsnittet om Kulturvetenskap

<sup>5</sup> Kvantfysiker och en av den kvantfysikaliska beräkningsteorins grundläggare. Författare till den kunskapsteoretiska boken *The Fabric of Reality*

<sup>6</sup> Det är viktigt att förstå sambandet mellan experiment med speciellt uppfunna konstgjorda situationer och matematiken som allmänt symbolspråk där symbolerna kan ”fyllas” med betydelser från dessa kontrollerade, återupprepningsbara situationer. Betydelsen av detta samband framhölls redan 1967 av Ernest H. Hutten i den vetenskapsteoretiska boken *The Ideas of Physics*. Det är också skälet till att andra idésystem inte ackumulerar kunskap utan antingen slår fram och tillbaka i olika trender eller är konservativt fundamentalistiska.

hjärnor, som bygger nya laboratorier och gör om experimenten o  
S V...

Den ekologiska nischen, slutligen, motsvaras i den här analogin av det teknologiska samhället med dess flygplan och explosionsmotorer och annat som vi dagligen förlitar oss på. Men bara för att kunskapen om de yttersta grunderna för vår existens kommer att ta formen av ett eller annat matematiskt ekvationssystem betyder inte det att matematiken är naturens språk.

Den matematiska teorin är sann i den mån den korrekt representerar sin omgivning. Detta kan jämföras med simulatorer. Dataprogrammet som styr en flygsimulator ska korrekt representera flygplanets uppförande så att piloten får samma upplevelse som i verkligheten när han rör på spakarna. Men väl uppe i luften är det inte dataprogrammet som talar till piloten utan naturlagarna. Lika lite som vi sätter likhetstecken mellan naturlagarna och dataprogram bör vi göra det mellan naturen och de matematiska beskrivningarna av den, även om det i moderna flygplan i mångt och mycket är dataprogrammet ombord som förmedlar kontakten mellan pilot och naturlagarna. I moderna kommunikationsteoretiska termer skulle man säga att programspråket är *kanalen mellan sändare och mottagare*.

Språk är informationskanaler och betyder ingenting utanför denna sin funktion. Att säga att matematik är naturens språk är därför att mystifiera. Matematiken har ingen mening i naturen, utan bara i vårt förhållande till naturen.

## **ATT SPRÅKA MED NATUREN**

Den amerikanske naturvetenskapsmannen och filosofen Charles Sanders Peirce, död 1914, funderade, långt före dataåldern, på vad som krävs för att beskriva kommunikation, för att beskriva språkets funktion, det matematiska eller vardagliga. Språk förutsätter tecken. Du har inte en elefant inne i huvudet när du

tänker på en elefant. Du har ett tecken. Men det Pierce kallar ett tecken är en *triad* som består av ett objekt, ett primärt tecken och en uttolkare.<sup>7</sup> ”Alla som tänker förnuftigt”, säger Pierce, ”måste ha en eller annan generell föreställning om vad det vill säga att tänka förnuftigt, och detta är en teori om logik.”

Vilka logiska lagar gäller då vid användandet av rationella argument och bedömning av vad erfarenheten säger oss, antingen erfarenheten består av vetenskapliga experiment eller naturen talar till oss i mer vardagliga sammanhang? Hur språkar vi bäst med naturen? Finns det en idealmodell för sunt förnuft?<sup>8</sup>

Den amerikanske biltillverkaren Henry Ford sa en gång, att en bra idé är en idé man kan göra en maskin av. Idén om sunt förnuft är en av de svåraste idéerna att automatisera, att göra en programmerbar modell (en maskin) av. I själva verket blir vi ständigt påmind om det kloka i att använda alla former av automatiserat beslutstöd med sunt förnuft och inte med blind tilltro, annars kan det gå riktigt galet. Detta är i själva verket ett av de bästa exemplen på just sunt förnuft.

Men vad jag tjarar om sunt förnuft! Är inte en rationell varelse en som följer logikens lagar, även om de skulle råka strida mot just sunt förnuft? Den deduktiva logiken är förvisso en del i rationalitetsbegreppet, men bara som ett gränsfall. Det följande är ett försök att visa att den behöver utvidgas med någon form av sunt förnuft.

Den deduktiva logiken härrör i sin helhet ytterst från två slutledningsregler:

1. Om det är så att när A är sant så är B sant, så kan man av att A är sant sluta sig till att B är sant.

---

<sup>7</sup> Denna tolkning av Pierce utgår från en framställning av den danske biologen Jesper Hoffmeyer i boken *Livstecken*

<sup>8</sup> Framställningen härifrån till slutet på kapitlet är mycket inspirerad av framlidne fysikern och statistikern E.T. Jaynes och hans efterlämnade utkast till en bok med arbetsnamnet *Probability Theory: The Logic of Science*

2. Om det är så att när A är sant så är B sant, så kan man av att B är osant sluta sig till att A är osant.

Sedan länge finns en fungerande programmerbar modell, Booleansk algebra, som täcker in hela fältet av kombinationer och upprepningar av dessa regler i en formell syntax. Lägg märke till att i en maskin som fungerar enligt denna syntax så orsakar "icke-B" "icke-A" (enligt sats 2), men detta är inget förhållande som en maskin som uppvisar sunt förnuft skulle tillskriva naturliga förhållanden i sin omgivning.

Om A i maskinens omgivning är den fysiska orsaken till B, så är det naturligtvis inte därmed troligt att frånvaron av B skulle orsaka frånvaron av A!

En autonom robot som har att klara sig på egen hand i verkligheten behöver alltså ha betydligt fler verktyg än deduktiv logik till hands. Till att börja med behöver den en modell för sunt förnuft bara för att klara de flesta förekommande situationer där man behöver dra troliga slutsatser av i deduktiv mening otillräcklig information.

Vi behöver en fungerande programmerbar modell för åtminstone tre former av slutledningar som vi dagligen gör med sunda förnuftet:

1. Om det är så att när A är sant så är B sant, så kan man av att B är sant sluta sig till att A är mer sannolikt.

2. Om det är så att när A är sant så är B sant, så kan man av att A är osant sluta sig till att B är mindre sannolikt.

3. Om det är så att när A är sant så är B mer sannolikt, så kan man av att B är sant sluta sig till att A är mer sannolikt.

Som framgår av formuleringarna har vi förflyttat oss från den deduktiva logiken till någon form av sannolikhetslära.

Vilka grundanspråk bör man ställa på en modell för ett idealiserat sunt förnuft?

Man kan som bekant inte jämföra äpplen med päron, såvida man inte jämför dem efter en gemensam skala, t ex deras vikt. Ju mer vi lär oss hur saker och ting hänger ihop, ju fler saker kan vi faktiskt jämföra efter en gemensam skala. Som en första idealisering av det sunda förnuftet antas att allt kan bedömas efter sin rimlighetsgrad och därmed jämföras med avseende på rimlighet.

De associativa och kommutativa reglerna i Booleansk<sup>9</sup> algebra leder emellertid till att om vi vill kunna göra jämförelser av typen "hur rimligt är A givet C" i förhållande till "B givet C" så måste vi kunna åsätta förhållandet ett numeriskt värde, ett sannolikhetsvärde, annars blir sådana jämförelser i förlängningen motsägande. Vi vill också kunna ange rimlighetsgraden på en kontinuerlig skala så att bara en anings högre grad av rimlighet hos ett påstående inte ger mer än en anings större sannolikhet för att påståendet skulle vara sant. Det finns också en fundamental princip som ligger bakom varje korrekt slutledning: Man bör kalkylera sannolikheten för att något är sant med beaktande av all förhandenvarande erfarenhet!

Vi måste kunna lita på vårt idealiserade sunda förnuft. Därför har vi också två grundanspråk på dess "användargränssnitt".

1. En idealiserad modell måste ta med alla tidigare erfarenheter som är relevanta för ett nytt problem, och inte av ideologiska eller andra skäl bortse från viss erfarenhet.

---

<sup>9</sup> För att Booleansk algebra ska fungera krävs naturligtvis vissa konventioner. En är definitionen av den "logiska produkten":  $AB$  betyder att både  $A$  och  $B$  är sanna och att ordningen inte spelar någon roll,  $BA$  betyder samma sak. En annan definition är den "logiska summan":  $A+B$  betyder att åtminstone ett av påståendena  $A$  eller  $B$  är sant, ordningen spelar inte heller här någon roll,  $A+B = B+A$ . Likhetstecknet står här inte för lika numeriskt värde, utan för "lika sanningsvärde" och egenskapen brukar kallas kommutativitet. Det finns en annan viktig kommutativ regel:  $A(BC) = (AB)C = ABC$ . En annan viktig egenskap hos Booleansk algebra är associativitet som ges av reglerna:  $A+(B+C) = (A+B)+C = A+B+C$  och  $A(B+C) = AB + AC$

2. Samma kunskap måste i alla situationer tillmätas samma sannolikhet, d v s en rationellt handlande enhet måste i sina relationer till omvärlden bete sig konsekvent.

Dessa regler tillsammans med konventionen att sannolikheten ( $p$ ) för att A är sant om B är sant skrivs  $p(A|B)$  är allt som krävs för att logiskt härleda Bayes teorem.

Om vi har en hypotes och har samlat in data ( $D$ ) för att undersöka hypotesens giltighet så behöver vi inte bara bedöma sannolikheten ( $p$ ) för dessa data givet hypotesen ( $H$ ) och annan förhandenvarande initial erfarenhet ( $I$ ) -  $p(D|HI)$  - utan också bedöma sannolikheten för dessa data *enbart* givet denna andra förhandenvarande initiala erfarenhet -  $p(D|I)$  - **samt** bedöma sannolikheten också för hypotesen *enbart* givet den initiala erfarenheten -  $p(H|I)$ .

Kvoten av de två första leden i beräkningarna -  $p(D|HI)$  och  $p(D|I)$  - kallas hypotesens "rimlighet" (likelihood). I Bayes teorem fås sannolikheten för att en hypotes är sann givet data och annan förhandenvarande initial erfarenhet (något som kallas dess "posterior", som betyder ungefär *det som kommer efter*, **i logisk mening** inte nödvändigtvis temporärt eller kausalt!) genom att multiplicera "rimligheten" med sannolikheten för att hypotesen är sann *enbart* med avseende på den initiala erfarenheten enligt det tredje ledet i beräkningarna ovan -  $p(H|I)$  - (denna sannolikhet kallas "prior", som betyder ungefär *det som kommer före*, igen **i logisk mening** inte nödvändigtvis temporärt eller kausalt! ). Sannolikheten för *hypotesens* giltighet givet data och initial erfarenhet -  $p(H|DI)$  - ges därför på följande sätt av Bayes teorem:

$$p(H | D, I) = p(H | I) \frac{p(D | H, I)}{p(D | I)}$$

Figur 1 – Bayes teorem

Detta teorem kan utläsas som att den beräknade sannolikheten (posterior) är lika med den initiala sannolikheten (prior) multiplicerad med rimligheten.

Hur man delar upp all förhandenvarande erfarenhet mellan data och annan erfarenhet är egentligen oviktigt eftersom beräkningarna ändå, enligt våra grundanspråk på rationalitet, skall leda till samma resultat.

Det blir mest en fråga om att hitta en uppdelning där vi kan utföra beräkningarna. Att göra rationella slutledningar blir därmed en kreativ aktivitet i utgångsläget. Det är t ex viktigt att hitta en hypotes ( ur mängden av alla tänkbara ) som är rimlig och kan testas och beräknas!

Den deduktiva logikens två slutledningsregler kan i vårt vidgade perspektiv skivas om på följande vis:

1. Sannolikheten för att B är sant givet A gränsar till 1 givet summan av alla våra erfarenheter C.
2. Sannolikheten för att A är sant givet icke-B gränsar till 0 givet summan av alla våra erfarenheter C.

Hela den deduktiva logiken reduceras till dessa gränsfall, där något antingen är helt rimligt eller fullständigt orimligt, medan Bayes teorem är det mest kraftfulla verktyget för alla slutledningar i den meningen att det uttömmande säger vilka sannolikheter man bör räkna med givet viss information.

Bayes teorem garanterar bland annat att alla rationella sätt att nå en slutledning på ger samma resultat (vilket inte hindrar rationella konflikter beroende på olika utgångspunkter!)

Sannolikhetsläran och de därpå grundade statistiska slutledningsmetoderna är en utbyggnad på deduktiv logik och omfattar denna som ett gränsfall. Statistiska resonemang som

anlägger detta synsätt kallas ibland Bayesianisk analys.<sup>10</sup> Att göra Bayesianisk analys är att vara rationell.<sup>11</sup> Inom evolutionen, såväl den biologiska som den kunskapsmässiga fungerar Bayes teorem som en slags gravitationslag, en regel som i det långa loppet är den utslagsgivande. För de som likt Casti<sup>12</sup> inte erkänner evolutionens vetenskapliga status, därför att de inte hittat en matematisk modell motsvarande de matematiska modeller som används inom den övriga naturvetenskapen, är det nu dags att kasta in handduken. Hur Bayes teorem, matematiska modeller och abstrakta idéer i allmänhet knyter ihop idéutveckling med biologisk utveckling återkommer jag till i nästa kapitel.

Statistik handlar oftast om vilka utfall man kan förvänta sig. Den berömda normalfördelningen, formad som en kyrkklocka, visar hur man förväntar sig att t ex längden av alla nyinryckta värnpliktiga fördelar sig när man mäter dem. Sådana sannolikhetsfördelningar förmedlar information, blir en kunskap i sig och är viktiga att hitta. Men för naturvetenskapsmän är det oftast inte att se om data passar med den förväntade fördelningen som är det mest pressande slutledningsproblemet, utan att se om hittade data stöder en viss hypotes, och i så fall med vilken sannolikhet. Sannolikhet blir då en fråga om graden av tilltro till en tes, eller om man så vill, styrkan i kunskapen.

Det blir då också uppenbart att alla sannolikhetsberäkningar är beroende av ingående kunskapsförhållanden (medvetna eller omedvetna förutsättningar). Normalfördelningen är ofta användbar när man inte vet vad man

---

<sup>10</sup> Detta betyder i sin tur att om en utsaga  $A$  är symbolen i en analytisk funktion av  $A$ , så kan alla matematiska trick användas oberoende av vad  $A$  ursprungligen representerar, och att först efter att kalkyleringen är klar så behöver man sätta in den ursprungliga meningen av  $A$ .

<sup>11</sup> Jag kan här inte låta bli att påpeka att Gödels teorem – att inget formellt system kan garantera sin egen motsägelsefrihet, eftersom det är ett elementärt logiskt faktum att  $A$  och icke- $A$  samtidigt implicerar alla påståenden, sanna som falska och att varje implikation i ett formellt system kan härledas från ett formellt system som härbärgerar motsägelser och därför kan ingen implikation bevisa att systemet är motsägelsefritt - inte gäller sannolikhetsläran som utvidgad logik. Sannolikheter kan inte härledas från motsägelsefulla premisser. En dator programmerad med vårt idealiserade sunda förnuft skulle, om sådana funnes, hänga sig!

<sup>12</sup> John L. Casti (matematiker som skrivit många populärvetenskapliga böcker) definierar i sin bok *Searching for Certainty* vetenskap med förklaring genom regler (lagar) och matematik är just det som bäst beskriver alla regelbaserade processer

kan förvänta sig av data. Man kan jämföra resultatet med den som grundförutsättning. Många sådana sannolikhetsfördelningar finns och flera kommer till hela tiden. Det viktiga är att dessa matematiska modeller nu kan ackumuleras och byggas upp till en vetenskaplig kunskapsteori.

Om man gör Bayesiansk analys ”baklänges” kan den också användas för att mäta styrkan i våra uppfattningar i olika frågor. Vilka alternativa uppfattningar kan vi tänka oss om vår favoritkärphäst inte slår in? Jag har i mångt och mycket skrivit den här boken för att reda ut hur mycket tilltro jag ställer till naturvetenskaparnas nyvunna optimism att snart ha svaren på de yttersta frågorna.

Bayesiansk slutledningsteori brukar ibland beskyllas för att vara subjektiv därför att bland all förhandenvarande erfarenhet som måste beaktas finns naturligtvis den subjektiva uppfattningen av situationen. Detta är emellertid styrkan hos Bayesiansk slutledningsteori, vilket i praktiken förvandlar den till en kunskapsteori. Och eftersom Bayesiansk slutledningsteori är en matematisk teori förvandlar den den hopplösa filosofiska grenen kunskapsteori till en vetenskapsgren med potentiellt omvälvande implikationer.

Vilken *objektiv* betydelse den subjektiva uppfattningen av situationen har för olika utfalls sannolikhet belyses kristallkart med följande exempel. Data talar aldrig för sig själva!

För några år sedan diskuterades problemet med bilen och getterna livligt i en del tidskrifter.

Vid en TV-tävling fick den tävlande chansen att vinna en bil om han/hon kunde välja rätt dörr bland tre. Bakom en dörr fanns en bil och bakom de två övriga stod en get. Oavsett vilken dörr den tävlande pekade på så valde tävlingsledaren att öppna en av de två andra - och där stod en get! Han erbjöd därefter den tävlande att hålla fast vid sitt ursprungliga val eller byta dörr och peka på den andra av de två ännu ej öppnade dörrarna.

Problemet är: Kan den tävlande öka sin chans att vinna bilen genom att byta dörr?

Svaret är: Det beror på hur den tävlande subjektivt uppfattar situationen!

Om den tävlande uppfattar programledarens strategi så att han alltid öppnar en ”getdörr” för att kunna öka spänningen i tävlingen genom att ge den tävlande erbjudandet att byta dörr så ökar han/hon sin chans till bilen genom att byta.

Om den tävlande tror att programledaren är en elak typ som bara erbjuder den tävlande att byta dörr om han/hon valt vinstdörren så förlorar naturligtvis han/hon sin chans till bilen genom att byta.

Om den tävlande tror att programledaren är en snäll typ som bara erbjuder den tävlande att byta dörr om han/hon valt en getdörr så vinner han/hon naturligtvis bilen genom att byta.

Om den tävlande tror att programledaren är berusad och slumpmässigt öppnar en av de kvarvarande dörrarna oavsett om där finns en bil eller get bakom, och det därför bara råkade vara en get bakom den öppnade dörren, så spelar det ingen roll om han/hon byter dörr eftersom chansen att det står en bil bakom den slutligt valda dörren förblir densamma.

När man resonerar rationellt måste man ta med i beräkningen all information man har om situationen (inklusive den egna förmågan att intuitivt bedöma andras personligheter) och liknande situationer i det förgångna. Ackumulationen av information genom erfarenhet ger, i bästa fall, den mogna människan den mentala stabiliteten att motstå diverse fantasier.

Samtidigt måste man hålla i minnet att alla erfarna samband inte är orsakssamband och att sådana samband aldrig kan ersätta förnuftigt resonerande. På vad sätt en explosionsmotor kan sluta att fungera vet oftast den som konstruerat den mycket bättre än vad en mängd tester och statistiska beräkningar kan leda till. Den kunskapen skall alltså tas med, liksom kunskap om naturlagar och annat. Slumpmässiga tester är egentligen bäst lämpade för att upptäcka helt oväntade saker.

*Induktionsproblemet:* Vid opinionsundersökningar drar man slutsatser om åsikterna hos människor som inte tillfrågats i en viss undersökning utifrån svaren från de som tillfrågats. På vad

sätt skiljer sig det från att dra slutsatsen att 10 sexor i rad, i en experimentserie där utfallen kan variera mellan 1 till 6, ökar sannolikheten att nästa utfall är just 6?

Det beror på bakomliggande information. Om vi får reda på att det senare handlar om tärningskast och om vi får kontrollera tärningen - och tror att kastaren är ärlig - så drar vi slutsatsen att sannolikheten för 6 i nästa kast är 1 på 6. Om vi inte får kontrollera tärningen kan vi dra den induktiva slutsatsen att något förmodligen systematiskt influerar tärningskastet på samma sätt varje gång och att sannolikheten för 6 i nästa utfall är större än 1 på 6. Om vi får reda på att tärningen består av sex sidor med samma nummer, men inte vilket, är naturligtvis sannolikheten för 6 i nästa kast lika med 1. Om det finns en mekanism som ser till att efter 90 kast så är antalet möjliga utfall exakt 15 av varje, så får vi använda oss av en annan regel för att beräkna sannolikheten för 6 i nästa utfall.

Det finns alltså inte någon generell regel för att göra induktiva slutledningar, utan man får använda olika medel beroende på vilken bakomliggande information man har tillgång till. Men detta är naturligtvis inte detsamma som att induktion är omöjlig, som filosoferna Hume och Popper hävdar.<sup>13</sup>

Induktiva resonemang visar vilka förutsägelser vi kan göra utifrån den information vi väljer att använda vid våra beräkningar. Det kan ofta vara bra att göra beräkningar utifrån hypoteser vi inte tror på, eller till och med är säkra på är fel, för att se vilka förutsägelser de leder till. När man sätter upp ett experiment är det ofta genom att göra sådana beräkningar man kan bestämma vad man ska leta efter och vad man hoppas inte skall dyka upp om de förmodat felaktiga alternativa teorierna är riktiga. Och utan induktiva resonemang skulle vetenskapsmän aldrig veta hur de skulle kunna testa sina teorier.

Om en teori fortsätter att ge förväntade experimentella resultat, d v s göra riktiga förutsägelser, blir vetenskapsmännen mer och mer säkra på att den innehåller mer än ett korn av

---

<sup>13</sup> Och faktiskt också David Deutsch, beroende på en egensinnig definition av begreppet.

sanning, men det är viktigt att inse att lyckade förutsägelser inte leder till någon ny kunskap, bara att man med större tilltro kan planera utifrån en kunskap man redan har.

När förutsägelseerna visar sig vara fel är de som mest användbara! Då är den kunskap vi utgår från fel eller ofullständig och sättet förutsägelsen falsifierades på kan ge ledtrådar till hur kunskapen bör förändras för att bli bättre. Det är ju ingenting i verkligheten som har förändrats utan bara sannolikheterna som representerar vår kunskap.

Att fråga vad sannolikheten är att vissa resultat ska uppkomma är att fråga om sannolikheten för de förhållanden som leder till dessa resultat, och har vi kläm på hela den kausala kedjan under experimentet är det sannolikheten för de olika ingångsförhållandena till experimentet som vi frågar om. Den som vet om att rotationsmomentet bevaras när man singlar slant kan ganska lätt öva upp förmågan att få krona eller klave ”på beställning”!

Men vilka kausala förhållanden leder till ingångsförhållandena? När vi har kläm på det har vi förflyttat frågan om sannolikheten ytterligare en nivå bort. Detta kommer med ökande kunskap att fortgå hela tiden. Det verkar aldrig som vi kommer till en av vår kunskap oberoende sannolikhet! När man formulerar sannolikheten i termer av logik är det just för att undkomma denna regress, allteftersom de olika empiriska vetenskaperna utökar sina kunskapsdomäner.<sup>14</sup>

Men om sannolikheter inte är fysiska av oss oberoende entiteter, hur kan man då använda statistiska metoder för att utvärdera t ex effektiviteten eller biverkningar av medicinska behandlingar? Ja, egentligen vore den enda säkra metoden att följa varje kemisk reaktion i detalj som följer på att inta en viss medicin hos personer i alla tänkbara hälsostadier. Då skulle vi kunna förutsäga vilken effekt medicinen skulle få hos varje ny patient som får den ordinerad. Eftersom detta inte är praktiskt möjligt ger

---

<sup>14</sup> Logik handlar om orubbliga abstrakta världar, även om vår kunskap om dessa världar är lika empirisk som all annan kunskap.

man medicinen till en grupp personer som är tillräckligt stor för att man ska kunna anta att individerna skiljer sig initialt väldigt mycket i relevanta hälsoaspekter. Man noterar så frekvensen som blir hjälpta av medicinen och antar induktivt att om inget oförutsett inträffar håller sig denna relativa frekvens även vid framtida behandlingar. Men om matvanor eller andra livsstilsförändringar inträffar är det mycket möjligt att frekvensen som blir hjälpta går upp eller ner, vilket då blir en indikation på att just levnadsvanor hos allmänheten har ändrats.

Det finns alltid en fysisk mekanism som orsak till att ett fenomen uppträder återkommande. En induktiv hypotes som inte förutsatte det vore inte något annat än ren vidskepelse. Vissa populärvetenskapliga journalister som rapporterar om hur djur ändamålsenligt anpassar sig till sin omgivning tycks inte ha fattat att ett osubstansieellt ändamål naturligtvis inte kan åstadkomma fysiska förändringar i djuret. Man har ställt Darwin på huvudet. Istället uppkommer en mutation i djuret först, som därefter söker upp en miljö där det kan överleva. Bara de som lyckas med detta finns kvar att rapportera om och det ser därför ut som om de varit fantastiska på att anpassa sig till "sin" omgivning.

En sjua och en åtta i en kortlek har lika stor chans att dyka upp i en bridgehand, därför att det bara är de mekaniska krafterna vid blandningen som bestämmer vilka kort jag får i min hand och inte vad som är tryckt på kortet. Vid kortblandning är situationen symmetrisk med avseende på vad som är tryckt på korten, vi kan därför med nästan lika hög säkerhet som vid deduktivt resonerande tro att åttan och sjuan har samma chans att hamna i en bridgehand.

Symmetrier *under situationens förutsättningar* leder till exakta förutsägelser (samma informationsinnehåll skall ge samma sannolikhet) och kan omvänt användas vid experimentella resultat som avviker från dessa förutsägelser för att hitta systematiska förändringar av den fysiska mekanismen bakom de förväntade upprepningarna.

Om vi inte vet tillräckligt om en situation kan vi inte säga att vi kan utesluta okända influenser. Text om vi inte studerat

slanten kan vi bara antaga att det är fifty-fifty om den kommer upp krona eller klave vid första singlar, men efter hand kanske en trend uppkommer som inte stämmer, och vi måste leta efter okända influenser. Symmetriargument är ett sätt att sätta initiala sannolikheter. När vi inte har kunskap om några klara symmetrier är frågan om hur vi sätter initiala sannolikheter öppen från varje speciell situation till nästa. En total okunnighet skulle innebära att man kan använda sig av principen om maximal oordning.

Om jag har en förkunskap måste jag försöka ta med i beräkningen inte bara den, utan också *alla* möjligheter som inte begränsas av denna min förkunskap och erkänna full osäkerhet beträffande dessa. Det ger ett mått på min information om situationen. Den maximala oordningen är den som det absolut övervägande antalet faktiska möjliga "grupperingar" är godtyckligt nära. Shannon, grundaren av informationsteorin, kallar informationsmängden "ett mått på vår osäkerhet". Det är här man ser sambandet mellan statistik, empiriska mätningar och kommunikationsteori. I alla används samma slutledningsprinciper. Varje gång vi använder oss av normalfördelningskurvan för att sätta initiala sannolikheter är det bara en enkel användning av principen om maximal oordning. Principen förhindrar att vi använder initiala sannolikhetsfördelningar som vår kunskap inte berättigar till.

Det är också därför termodynamikens andra sats<sup>15</sup> är så generell. Den har inget med några särskilda fysiska egenskaper hos ingående substanser att göra, utan är en konsekvens av matematiken i sannolikhetsläran som utvidgad logik. Sannolikhetsfördelningen som uttrycker maximal oordning är numeriskt lika med den frekvensdistribution som kan uppnås på flest antal sätt. Denna kommer naturligtvis att visa sig i det övervägande antalet experiment (och det är dessa fördelningar som observeras i naturen).

Graden av osäkerhet är en objektiv funktion av de data som används vid beräkningarna. Om personer kalkylerar med

---

<sup>15</sup> Enligt denna lag går alla energikonserverande system mot maximal oordning.

olika data, leder detta ibland till olika förutsägelser, såvida inte olikheterna härrör från redundanta data. Om extra data är motsägande kan man inte räkna fram en sannolikhetsfördelning alls, men om dessa nya data är varken redundanta eller motsägande får man en ny fördelning som tyder på att de var "användbara", så att vi får en mindre maximal spridning. Så om alla faktiska begränsningar tas med stämmer förutsägelseerna i det övervägande antalet experiment. Skulle de inte göra det, i en rad experiment, är det en ledtråd som säger oss att det finns ytterligare begränsande fakta som vi inte tagit med i beräkningarna. Ofta finns det begränsningar i informationen som gör att man börjar tala om signaler mot bakgrund av brus. Och vi är ofta intresserade av att hitta just signaler, d v s vilka begränsande villkor gäller för att åstadkomma ett sådant dataflöde som vi uppfattar. Det var så kvantmekaniken upptäcktes!

Den tidigare klassiska mekaniken förutspådde konsekvent för hög entropi (oordning) jämfört med den som faktiskt kunde konstateras i vissa fysiska system. Hur vetenskapsmännen utifrån detta resonerade sig fram till kvantmekaniken är ett underbart exempel på rationellt resonering. Vi följer här Greenes<sup>16</sup> framställning. Inom fysiken använder man termen entropi bland annat vid mått på värme. Ju varmare något inneslutet i en behållare är, desto högre entropi sägs det ha. Hur varmt det är inuti t ex en ugn beror i sin tur på energin hos den elektromagnetiska strålningen inuti ugnen. När fysikerna utrustade med ekvationerna från den klassiska mekaniken räknade på energinivån vid olika ugnstemperaturer, fick de alltid det underliga resultatet att den totala strålningsenergin var oändlig! Detta berodde på att man ville räkna ut för varje bestämd ugnstemperatur hur mycket energi varje elektromagnetisk våg inom ugnen måste bidra med. Problemet är bara att antalet vågor med olika vågfrekvens är oändligt, och alltså blir summan av energin oändlig. Men om man

---

<sup>16</sup> Brian Greene är professor i fysik och matematik, en av de stora i utvecklingen av supersträngteori, och författare av boken "*The elegant universe*"

antar att energin bara kan ha diskreta värden, i likhet med t ex pengar, och att vågorna måste lämna ett exakt energibidrag till ugnens temperatur, så kommer inte de vågor med större ”sedlar” än vad de skall bidra med att ”komma på bussen”, och den totala energin som de ”betalande” vågorna bidrar med blir inte längre oändlig. Bara om energi har en minsta ”myntfot” löser man paradoxen. Det visade sig snart att alla energiformer har en minsta ”myntfot”, sin **kvanta**, och kvantmekaniken var född!

I fallet med alltid återkommande oändligheter som resultat av beräkningarna var det uppenbart att experimenterandet inte kunde komma längre om man inte uppfann en helt ny teori att göra beräkningar med som bättre stämde med hur naturen faktiskt fungerade. Men sannolikhetsläran talar i sig inte om när vi ska anse en testserie avslutad, eller vid vilken nivå ett statistiskt urval skall anses var tillfyllest. Till sannolikheterna måste här läggas ett värderande beslut. Vi ska titta närmare på hur beslutsteori relaterar till sannolikhetslära.

Problemet med hur man ska handla utifrån kunskaper om sannolikheter var från början oskiljaktigt från sannolikhetsläran eftersom denna uppstod ur funderingar kring hasardspel. Värderingsprincipen bakom vadslagningsbesluten antogs vara att maximera vinsten utifrån kända sannolikheter och vad man vann om de slog in. Ganska snart kom man fram till att vinstmaximering inte räckte som princip, utan att om man bör anta ett vad eller inte också beror på hur mycket man riskerar. Även om jag vet att det är större sannolikhet att en trea, fyra, femma eller sexa kommer upp vid ett tärningskast än en etta eller tvåa, så satsar jag rimligtvis inte allt jag äger på ett vad att det ska ske.

Man började därför tala om den nytta man har av pengar, och att beslutsprincipen borde vara att maximera den förväntade nyttan. Man kallade nytta ett moralisk värde. Och minsann har det inte vuxit upp en hel moralfilosofisk skola på den principen. Den pessimistiska skolan kallar maximering av förväntad nytta för minimering av förväntad förlust.

Försäkringsbranschen växte som en följd av att människor insåg att de hade nytta av försäkringar i denna omvända (negativa) bemärkelse, samtidigt som försäkringsbolagen hade det i den ursprungliga (positiva) betydelsen.

En grov matematisk formulering av graden av nytta man har av pengar är logaritmen av ens förmögenhet. Alla utom matematiker hatar logaritmer eller är helt oförstående inför dess betydelse. Matematikern Rudy Rucker<sup>17</sup> har uppfunnit ett sätt vi alla kan använda dem på utan att bry oss om de exakta talen. Det visar sig nämligen att ett tals logaritm är *ungefärligt* lika med antalet siffror som krävs för att skriva talet. Logaritmen av 10 är 1, logaritmen av 100 är 2, logaritmen av 1987 (året Rucker skrev boken "Mind Tools") är ungefär 3, logaritmen av 12345 är ungefär 5 o s v. Med hjälp av denna insikt kan alla, utan fickkalkylator, pröva den enda spelstrategi vid rouletteborden som inte leder till ruin i längden. *Man skall sträva efter att maximera den förväntade logaritmiska ökningen av sitt kapital!*

Spelar man på hästar är den optimala maximala ökningen av kapitalet densamma som skillnaden mellan vinnartipsens osäkerhet och den maximala osäkerheten av inga tips alls. Detsamma torde gälla på börsen, det är därför man hör talas om att marknaden avskyr osäkerhet. Beslutsteori har med informationens entropi att göra. Eller med andra ord vilken tilltro vi sätter till informationen, med vilken sannolikhet vi räknar med att den är riktig.

Man kan också manipulera andra människors nytta och därmed maximera sin egen nytta. Detta sker hela tiden med hjälp av belönings- och bestraffningssystem inom affärsvärlden och används av skickliga administratörer för att deras organisation ska fungera så optimalt som möjligt. Det torde vara möjligt att organisera hela samhällen så att människor som handlar för att maximera sin nytta inom de ramar som finns också maximerar

---

<sup>17</sup> Matematiker och författare till boken *Mind Tools* som behandlar matematiken i ett informationsperspektiv.

samhällets nytta, men ingen vet om något existerande samhälle fungerar något åt det hållet, även om det väl är det som nyliberalerna hävdar att det västerländska kapitalistiska samhället gör.

Beslutsteori kräver först en Bayesiansk analys, därefter en listning av alla tillgängliga handlingsalternativ, därefter knyts ett nyttovärde till varje par av sannolikt utfall och handlingsalternativ. Den handling bör väljas som minimerar förlusten eller maximerar nyttan vid multiplicering av sannolikhet med nyttovärde. Men sannolikhetsbedömningar och nyttobedömningar är inget man normalt har så bra koll på. Vad beslutsteorin säger är att du ska besluta som om du hade det!

En rolig tanke: Människor med liknande sannolikhetsbedömningar kommer bra överens, men har man olika (olika övertygelse) går det åt skogen – medan människor med lika nyttobedömningar hamnar i en tävlingssituation medan om de har olika bedömningar av nytta oftast kommer bra överens och kan göra för båda parter gynnsamma affärer, som i exemplet med försäkringsbolaget och dess kunder.

Slutledningsteori är mer fundamental än beslutsteori. Den handlar inte om slump även om den är en sannolikhetsteori. Vad den egentligen handlar om är *optimal hantering av information* (Bayes teorem är den allmänna regeln för ”att lära av erfarenheten”). Denna hantering bör vara oberoende av våra värderingar. Det vi tror på bör vara oberoende av vad vi skulle önska. Vad som är ”nyttigt” är däremot svårdefinierat, även inom rent ekonomiska sammanhang. Medan slutledningsteori klarar sig med en dimension – sannolikhet – så kräver utvecklingen av beslutsteori att vad som är nyttigt representeras flerdimensionellt. Medan beslutsteori handlar om att studera och behandla ”nytta” på ett sammanhängande sätt, handlar slutledningsteori om logisk följdriktighet.

Att upptäcka signaler i brus eller att upptäcka systematiska okända influenser i försöksserier är egentligen ett och samma problem. Det som skiljer är de beslutsregler vi kopplar till uppskattningarna av sannolikheten av signaler eller

systematiska okontrollerade variabler. Detta visar naturligtvis att statistiska signifikansregler är det enda som skiljer statistiska slutledningar från den ”rena” sannolikhetsläran. Och därmed att ”den tredje lögnen” är en del av den utvidgade logiken.<sup>18</sup>

Stokastiska processer (som varierar slumpmässigt) existerar inte oberoende av mänsklig informationsbehandling. Att vara objektiv i slutledningar betyder att använda sig av all den information man har om den verkliga situationen (som alltid är deterministisk); och noggrant undvika fantasier om situationer som inte finns. Signifikansregler utgår från alla möjliga datautfall man *kunde* ha fått i en situation, oftast dock utan att ta hänsyn till hur det faktiska datautfallet ser ut.

Mycket av vanlig statistisk inferens med sina signifikansregler för ”statistisk säkerställning” är rena illusionstricken, vare sig man söker 95-procentig eller 99-procentig ”säkerhet”. Man söker normalt efter en systematisk påverkan, men istället för att öppet redogöra för detta antagande **och** ta med detta vid beräkningarna av förväntade sannolika utfall så antar man en ”nollhypotes” som går ut på att någon systematisk påverkan inte finns. Sedan försöker man förkasta nollhypotesen därför att resultatet visar sig osannolikt.<sup>19</sup> Men detta kan ju aldrig vara ett argument för hypotesen om systematisk påverkan, eftersom vad man gör är att förkasta den enda hypotes man prövar och därmed också de sannolikheter som man beräknade utifrån denna hypotes! Inte så konstigt att man kan bevisa vad som helst med statistik när den används med åsidosättande av elementär logik. Det mest graverande är emellertid när man använder sådana innehållslösa trick för att motbevisa samband som är helt klara för alla inblandade parter utom för statistikern (och de som har betalt denne för att trola bort någon obehaglig sanning).

---

<sup>18</sup> Det finns som bekant lögn, förbannad lögn och statistik. Det är synd på statistiken att dåliga tillämpningar gett den detta rykte, när den egentligen, enligt en viss Persis Diaconis snarare kunde beskrivas som ”siffrornas fysik”.

<sup>19</sup> Alla resultat är osannolika tagna var för sig i relation till allting annat. Det enda som räknas är jämförande sannolikheter under olika hypoteser. Det klassiska statistiska sättet att testa hypoteser kallas Fisherianskt (efter sin upphovsman) och är felaktigt och används i praktiken inte heller av experimenterande fysiker.



Nu tillbaka till frågan om ett idealiserat sunt förnuft. Liksom vid alla vetenskapliga modellbyggen startar man med att modellera enkla förhållanden som sedan, tack vare den matematiska formen, kan byggas på att så småningom omfatta alltmer av verkligheten. Om man antar att vi skulle bygga en robot programmerad med generella principer för att förvandla information den får till numeriska värden i form av initiala sannolikheter och sedan via Bayes teorem och insamlade data omvandla dessa till förväntade sannolika utfall som ett resultat av dessa nya erfarenheter, *samt* dessutom med hjälp av någon nyttofunktion omvandla sannolika utfall till handlingsbeslut – så handlar den ganska rationellt.

Problemet som återstår för att åstadkomma en förenklad modell av sunt förnuft är hanteringen av allt den redan lärt sig. Ju mer den lär sig desto större minnesmängder måste den skumma för att se om den hittar någon relevant information om det problem den är ställd inför för tillfället. Ju erfarnare den blir, ju längre tid tar det. Men människor fungerar inte så, vi kan summera våra tidigare erfarenheter på ett sätt som gör att vi kan glömma detaljerna och bara behöver komma ihåg slutsatsen. Vår robot behöver ett sätt att lagra slutsatser och inte bara isolerade fakta.

Om jag tror att nästa kast av ett mynt som jag inspekterat har sannolikhet  $\frac{1}{2}$  att komma klave upp och jag fortsätter tro det även efter fem kast med bara krona upp så beror

det på att styrkan i min tro på just den sannolikheten är större än styrkan i min tro på exempelvis att sannolikheten för att det en gång funnits liv på mars är  $\frac{1}{2}$ . Om man hittar ett enda fossil på mars har ju den teorin plötsligt sannolikheten 1 (det är alltså fel att teorier bara kan falsifieras).

Det här kan modelleras som ett slags sannolikheter för sannolikheterna. Man kan tänka sig en normalfördelning kring varje sannolikhetsvärde som åsatts varje föreställnings hypotetiska riktighet. Varje gång nya data inhämtas som berör en föreställnings hypotetiska riktighet berörs inte bara den sannolikheten utan också denna "andra" fördelning, som kan vara mer eller mindre "smal" kring toppvärdet med branta "sidor" (då ändras inte vår sannolikhet så mycket av nya fakta), eller "bred" med svagt sluttande "sidor" (då ändras vår sannolikhet inom ett ganska brett fält av nya fakta). Detta förändrade "fördelningsutseende" är då allt vår robot behöver ta hänsyn till utöver den nya informationen. När vi säger att något har en viss sannolikhet givet att nåt annat är sant, så är detta andra (det som sätts sant) något med *mycket* branta sidor. Det är också viktigt att notera att all sannolikhet och all kunskap är just *givet* nåt annat.

Här finns två nivåer. Den första är den där roboten åsätter föreställningar som representerar dess tänkande om den yttre verkligheten sannolikheter, den andra är den där robotens "undermedvetna" åsätter "föreställningar" som representerar dess "tänkande" om den "medvetna" robotens aktiviteter sannolikheter. Naturligtvis kan man bygga nivå på nivå. Det viktiga är att inte sammanblanda nivåerna när man jämför hypoteser.

Inom sannolikhetslära måste jag ange alla antaganden jag finner möjliga som "hypotesrymd" på en viss nivå. Innan detta är gjort har jag inte formulerat en meningsfull fråga att ta ställning till. Därför löser sannolikhetsteori aldrig verkliga problem, utan bara idealiserade problem. Abstrakta modeller är aldrig desamma som den konkreta verkligheten "där ute" de modellerar. Men om idealiseringen är bra gjord kan resultatet vara användbart i den verkliga världen.

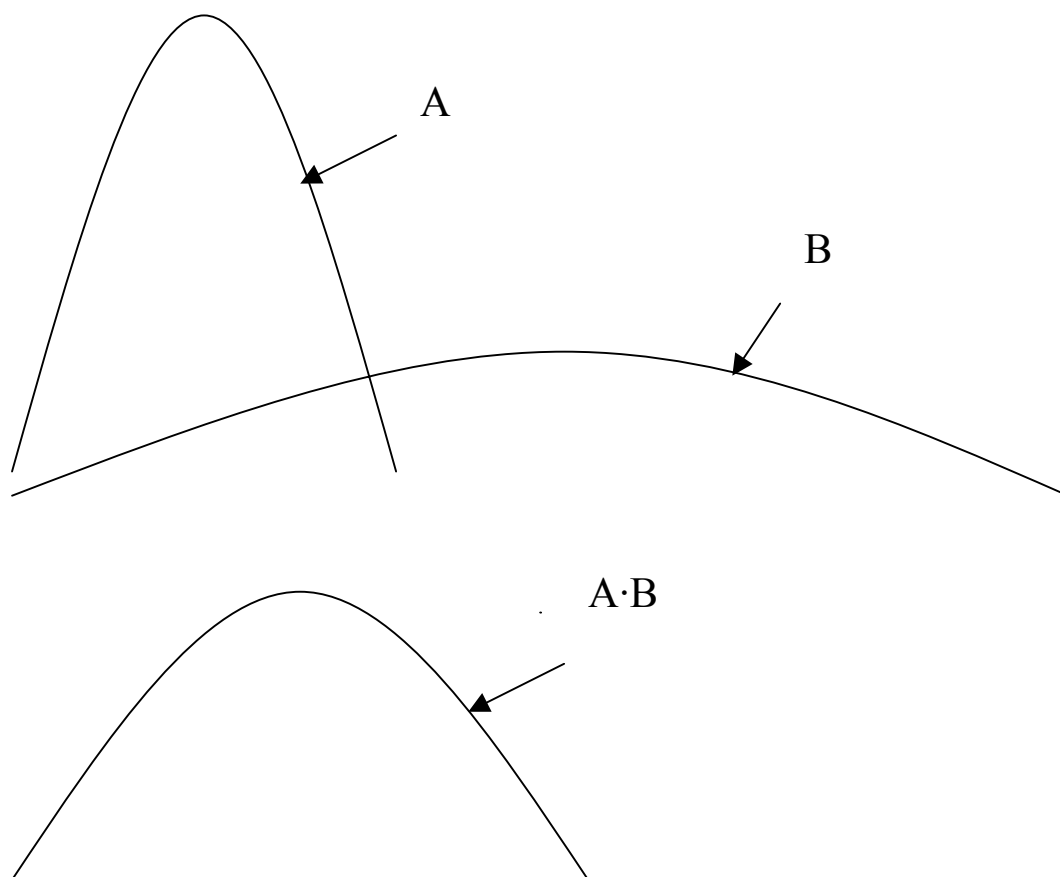
Men detta gäller inte bara abstrakta resonemang. Om någon påstår att han kan sia om framtiden och det visar sig att han har rätt, så har en människa med sunt förnuft ett antal alternativa hypoteser till detta som är *mycket* rimligare än att tro att siaren har parapsykologiska förmågor. Och vår uppfattning om hur världen hänger ihop ändras inte av att spådomen skulle råka slå in. När vi ser någonting drar vi slutledningar av otillräcklig information på precis samma sätt. När hjärnan får intryck via sinnesorganen som inte stämmer med tidigare erfarenhet, *antar* hjärnan att den ser något annat än vad ögat faktiskt registrerar, d v s den använder sig av en rimlig alternativ hypotes. Men även under ”normala” synintryck är det inte vad som registreras på näthinnan vi ser. Långt därifrån! Vi ser med hjärnan, inte med ögonen<sup>20</sup>, och det vi ser är hur hjärnan resonerar.

Nya erfarenheter som inte förändrar vår tilltro (sannolikhetsvärdet) till något kan ändå göra de ovan omnämnda tillhörande sluttningsarna ”brantare” och konfirmerar då vår tilltro, i annat fall är den bara kompatibel med den. Den ”vikt” vi lägger på en erfarenhet är alltså inte om den ändrar vår sannolikhet utan om den gör sluttningsarna så mycket brantare. Om två olika erfarenheter ger olika sannolikhetsvärde men där den ena har väldigt svagt sluttande sidor, så skulle sannolikhetsprodukten vara mycket nära sannolikhetsvärdet med skarp sluttande sidor (se figur 2).

Någon som har kunskap om en fullständig symmetri och någon som är helt ovetande bör åsätta varje utfall samma sannolikhet, men bara inför första testet. Sen ändrar den utan förkunskaper hela tiden sina uppskattningar medan den med symmetrikunskapen i det längsta vägrar att ändra sina eftersom hans ”sluttningsar” är *mycket* branta.

---

<sup>20</sup>Våra ögon är för övrigt så konstruerade att de ständigt ändrar fokuseringspunkt, så det vi ”ser med ögonen” när vi ser ett tapetmönster är mer som ett statistiskt urval av punkter på tapeten och inte alls den tapetvägg som hjärnan resonerat sig fram till och som vi tror att vi ser, som vi upplever som syn! För en uttömmande behandling av hur slutledningar i hjärnan ger illusoriska upplevelser se Daniel C. Dennetts fantastiska bok *Consciousness Explained*



Figur 2

När vetenskapsmän ska förklara varför de väljer den ena eller andra modellen för att beskriva verkligheten brukar de förr eller senare hänvisa till Ockhams rakblad. Ockham var en munk som levde på 1300-talet och som råkade yttra följande som kommit att kallas just Ockhams rakblad: "Entities are not to be multiplied without necessity."<sup>21</sup>

Vetenskapsmän har tagit detta som en grundläggande princip att söka efter det enkla. Tillsammans med den Kopernikanska principen<sup>22</sup> är den en av vetenskapens äldsta och mest beprövade principer.

<sup>21</sup> Förutsätt inte mer än nödvändigt – i fri översättning.

<sup>22</sup> Förutsätt att ditt perspektiv inte är speciellt – i *mycket* fri översättning.

En sammansatt hypotes gör flera antaganden än en enkel. Men när man väljer en förklaringsmodell för att förklara en samling fakta väljer man inte den med det minsta antalet antaganden utan den som har de rimligaste antagandena. Men å andra sidan har en modell med mer sammansatta hypoteser en större rymd av tänkbara alternativ och därför blir den initiala sannolikheten för varje alternativ mindre. Så mer sannolika (rimliga) hypoteser tenderar att vara enklare. På detta sätt kan en hypotes som har färre lika rimliga alternativ sägas vara enklare.

Förhoppningsvis har läsaren nu fått en grund att stå på när det gäller att språka med naturen på naturvetenskaparens vis. Vetenskapsmännen använder matematikens språk. Av alla språkliga kommunikationskanaler är matematiken den som har minst brus. Är kanalen brusig, betyder det att ett skickat meddelande kan komma fram som flera olika budskap! Kunskapens gener skall helst inte ha den egenskapen.

Kapaciteten hos kanalen har emellertid inget med det enskilda budskapet att göra utan är en egenskap beroende på vilka budskap som *kunde* ha skickats. Det övervägande antalet budskap, givet de tecken som får användas i ett överenskommet språk mellan sändare och mottagare, har en teckenfrekvens som är nästan likformig. Sedan Shannon hade formulerat sin informationsteori på 50-talet<sup>23</sup> har många velat tolka information som beroende på okunskapen hos mottagaren om vilket meddelande som skall komma. Men sannolikhetsfördelningen är inte mottagarens utan beskriver kunskapen hos ingenjören som sätter upp kommunikationsapparaturen om vilka meddelanden som ska kunna skickas. Han kan ju inte gärna veta vilka meddelanden som faktiskt kommer att sändas via den.

I princip kan ingenjörens initiala kunskap bestå i att bara budskap med semantiskt innehåll ska kunna sändas. Kunde han så hitta en algoritm som kunde hitta semantisk mening i en korrumpierad signal, så är naturligtvis det en relevant kunskap som

---

<sup>23</sup> Claude E. Shannon grundlade den vetenskapliga informationsteorin i boken *The Mathematical Theory of Communication*

kan användas. Denna typ av korrelation skulle då hjälpa ingenjören att konstruera en så smal kanal som möjligt för att åstadkomma jobbet. Och göra det möjligt för mottagaren att uppfatta rätt signaler oftare.

Informationsteori i formen av kommunikationsteori är inte nödvändigtvis bara syntax. Men vem är ingenjören bakom det matematiska språkets utveckling?

## Intermezzo 1

Vi har alla favorithypoteser, käpphästar, när det gäller hur för oss relevanta delar av verkligheten beter sig i vår vardagliga situation. Vi har dessutom ett antal alternativa hypoteser som också är rimliga. Om vi kunde formalisera en modell som fungerade för denna hypotesmängd, så skulle vi kunna bygga en robot och sätta roboten i samma situation som oss själva och se om den klarade sig. Gjorde den det hade vi en *effektiv*<sup>24</sup> förståelse av situationen.

Alla vetenskapliga teorier är av det slaget. De ger oss en effektiv förståelse av verkliga situationer. Tack vare sin matematiska formulering är de också ackumulativa. De ger oss allt *effektivare* förståelse.

Hela processen kan liknas vid evolutionen. Hur skapa koalabjörnens DNA givet eukalyptusträd? Det kan inte göras i ett steg. Det kräver en omfattande beräkning där varje nytt steg kan bygga på tidigare landvinningar.

Det är en rationell process. Numera finns även vetenskapliga teorier som ger oss en effektiv förståelse av själva vägen till effektivare förståelse. De handlar alla om hur en matematisk modell – Bayes teorem – ska användas i olika situationer och kan sammanfattas under begreppet Bayesiansk analys.

Bayesiansk slutledningsteori sätter en standard för rationellt handlande i den meningen att om man inte följer den standarden och antar ett antal vad kan man förvänta sig att förlora i långa loppet.

### Vad tror jag på?

---

<sup>24</sup> Gordon Kane kallar teorier som har någon form av begränsning i sitt tillämpningsområde för *effektiva teorier* i sin bok *Supersymmetri*

Jag tror att all förståelse kommer av att vi liknar något vid något annat. Alla fysiska strukturer som på något sätt liknar en annan fysisk struktur kan sägas simulera, mer eller mindre lyckat, denna andra fysiska struktur, men inte förrän vi ser denna likhet.

En struktur liknar (simulerar) en annan om de har symmetrier gemensamt. Vet vi symmetrierna i den ena kan vi med statistiska tester jämföra med symmetrierna i den andra (och alla jämförelser liknar varandra, är symmetriska, genom Bayes teorem).

De olika sätt vi växelverkar med en struktur (som kan vara en simulator) motsvaras inom biosfären av en arts utbredningsområde och alla sätt det växelverkar med individerna inom arten. Ju bättre en individ lyckas klara sig inom sitt utbredningsområde desto bättre kan individens gener sägas simulera sin omgivning, d v s organismen liknar sin omgivning (koalabjörnen tycker om eukalyptusträdens löv).

Vi tycker om sådana simuleringar (vi tycker om kunskap), vi är bra på att se dem, vi lever på dem (i minst lika hög grad som koalan lever på eukalyptuslöv) – det är alltså orsaken till att vi finns.

### **Vilka frågor har jag?**

Jag har i början av kapitlet liknat cellernas tolkning av DNA med hjärnors tolkning av vetenskapliga matematiska teorier. Eftersom hjärnor är organ i organismer som byggs upp via cellernas tolkning av DNA kan man undra över vad som skall komma härnäst.

Finns det någonting i de laboratoriemiljöer som byggs upp för att testa vetenskapliga matematiska modeller som kan ta rollen av tolkare på ännu en nivå?

Vilken kod är det i så fall som ska tolkas?

Vilken ny omgivning är det som skall liknas?

## Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?

Världen kan förstås genom beräkningar, genom att simulera allt fler omgivningar. Det kommer att krävas ofattbart omfattande beräkningar för att simulera alla fysiskt möjliga omgivningar.

Av skäl som kommer att bli uppenbara längre fram i texten tror jag att den fysiska simuleringen, inte koden eller hur den upplevs, är tillvarons nav. Det är med andra ord koalabjörnen som är viktig. Tolkningen av dess DNA sker ju i varenda cell i dess kropp. Dess DNA-kod kan muteras; koalans kan få smak för andra löv.

Kvantdatorer tror jag tar över den nya tolkningsrollen så fort de har skapats. Det roliga med dessa tingestar är att inte bara ett antal skarpa hjärnor hos oss måste klura ut hur de ska byggas, utan också, och exakt samtidigt, ett bokstavligen oändligt antal hjärnor på andra ställen (i parallella världar; *mycket* mer om denna nya omgivning längre fram). De får alltså redan vid sin födsel tidigare gigantiska ”organismer” byggda av hjärnor (såsom partikelacceleratorer) att framstå som obetydliga leksaker. Den ”kod” de ska tolka får likaså de hittills mest omfattande dataprogram att bokstavligen framstå som oändligt små i jämförelse. Matematiska bevis kommer att kunna köras på dessa kvantdatorer där summan av logiska steg är större än antalet atomer i vårt universum.

## Andra kapitlet

### **KULTURVETENSKAP**

Om du skulle ge dig på att räkna antalet myror i alla myrstackarna i en skog och rangordna stackarna efter antalet myror skulle du upptäcka att efter den största stacken följer den andra med ungefär hälften så många myror i sig som den första och därefter den tredje med ungefär en tredjedel så många myror och den fjärde med ungefär en fjärdedel så många myror och så vidare. Istället för myror i myrstackar kan du räkna antalet människor i svenska städer. Stockholm är vår största stad medan Göteborg som är vår andra stad har ungefär hälften så många invånare och Malmö som vår tredje stad har ungefär en tredjedel så många invånare som Stockholm. Ännu ett exempel: Omsättningen i Sveriges fyrtioåtta största företag finns listad i När Var Hur Årsbok för 1998. Man kan roa sig med att rangordna deras omsättning efter den första siffran. Antalet ettor var 21, medan antalet tvåor var 13 (ungefär hälften av 21) och antalet treor var 6 (ungefär en tredjedel av 21)!

Börskrascher, trafikstockningar och jordskred följer samma princip, att om de rangordnas efter en bestämd variabel är storleken på denna i grova drag omvänt proportionell mot rangen. Det är ett mycket allmänt förhållande som upptäcktes redan på 30-talet<sup>25</sup>. Det kan tyckas som magi, men när man får det förklarat för sig är det i det närmaste en självklarhet.

---

<sup>25</sup> Förhållandet kallas Zipfs lag, efter sin upptäckare George Kingsley Zipf. ”Enligt Zipfs lag är den storhet som studeras omvänt proportionell mot rangen, det vill säga proportionell mot 1, 1/2, 1/3, 1/4, etc. Benoît Mandelbrot har visat att man får en mer allmän potenslag (den nästan mest allmänna) genom att i tur och ordning genomföra två slags förändringar i denna följd. Den första förändringen är att lägga en konstant till rangen, så att man får 1/(1 + konstant), 1/(2 + konstant), 1/(3 + konstant), 1/(4 + konstant) etc. Den andra förändringen medger att man istället för dessa bråk använder kvadraterna eller kuberna eller vilken potens som helst av dem.” (Gell-Mann, Murray: *Kvarnen och Jaguaren*, ICA-förlaget, Västerås 1994, sid. 125f)

Den vanligaste förklaringen använder sandhögar som exempel. Om du skulle undersöka ett antal sandhögar av olika höjd i en sandöken skulle du upptäcka att de är ungefär koniska och har ungefär lika branta sidor. När vinden avsätter ytterligare sandkorn på högarna blir deras sidor aningen brantare, men snart uppstår skred som återställer lutningen till densamma som tidigare. Detta är naturligtvis beroende på att sandkornens friktion inte kan stå emot tyngdkraften mer än till en viss bestämd gräns. Men beroende på vindar och små skillnader i storlek på sandkorn och deras friktion sker inte dessa skred alltid när samma antal sandkorn överskridit denna gräns. Rangordnar man skreden efter antalet sandkorn innehåller de näst största hälften så många sandkorn som det största, men sker å andra sidan ungefär två gånger så ofta, de närmast största innehåller bara en tredjedel så många sandkorn och sker ungefär tre gånger så ofta som det största o s v. Uppenbarligen blir det samma effekt i det långa loppet som om inga okontrollerade yttre faktorer skulle påverka händelseförloppet och resultatet blir att alla sandhögarna har lika branta sidor.<sup>26</sup>

Jag hoppas att det för läsaren också är uppenbart att sandhögarnas branthet sålunda uppstår ur den symmetri som finns i själva situationen och de spänningar som byggs upp när symmetrin hotas och att det är självklart att det måste gälla alla sandhögarna oavsett storlek. Oavsett skalan, om sandhögarna är de som naturligt finns i jätteöknen Sahara eller små artificiella sandhögar på ett bord hos en experimenterande fysiker, växer samma förhållande fram när sandhögar bildas. De underliggande symmetrierna kan vara oerhört mycket mer komplexa än den mellan friktion och tyngdkraft och de framväxande egenskaperna kan bli väldigt komplexa. Men som framgår av exemplet med

---

<sup>26</sup> Antalet kommuner med ett befolkningstal som är tio gånger mindre (mellan 60000 och 80000) än det i Stockholm (718462) är som väntat ca tio (elva) vid en kontroll i När Var Hur Årsbok för 1988.

sandhögen är det meningslöst att fråga varför den framväxande egenskapen finns.<sup>27</sup>

Principen om att en storhet som studeras är omvänt proportionell mot rangen visade sig vara en självklar statistisk princip inte en mystisk formerande kraft ovanför och utanpå naturlagarna. Lika självklar är evolutionen. Lika lite behövs någon mystisk kraft för att förklara all den underbara design vi ser runt omkring oss, från fladdermössens radarsystem till eleganta matematiska bevis. I exemplet med sandhögarna såg vi att en viss organisation hos sandhögarna, den koniska formen och brantheten på deras sidors lutning, var något som reproducerade sig hos alla sandhögar. Förmågan att konstanthålla en organisationsform vid överföringar från en fysisk struktur till en annan kommer alltid först. Utan denna kan ingen påföljande evolution äga rum. Men sandhögarna i Sahara har inte utvecklat något påtagligt själsliv, så uppenbarligen krävs någonting mer än detta.

En viktig iakttagelse är att sandhögarna själva inte påverkar hur deras organisationsform ser ut. Det spelar ingen roll om de är jättelika eller pyttesmå. Deras speciella organisationsform reproduceras (nya sandhögar växer upp hela tiden i sandöknen) men de är inga reproduktörer. Det krävs en asymmetri i situationen. Sandhögarna skulle behöva en inre struktur som påverkade deras yttre organisationsform i någon mån. Om vi istället för sandhögar i öknen riktar blickarna mot lervallar kring floder hittar vi riktiga reproduktörer – molekyler i inuti lerkristaller. Det finns många varianter av lerkristaller. Även om de bygger på en och samma molekylkedja, där molekyler passar in i varandra som pusselbitar, så uppstår alltid ”fel” här och var i kedjan, som allt som oftast får effekter på resten av kedjan.

---

<sup>27</sup> Som den store evolutionsbiologen, beteendeforskaren och ekologen Richard Dawkins pekar på i sin bok *Livets flod* så kan frågor vara olämpliga i den meningen att man inte kan förutsätta att det ens finns ett svar oavsett hur rätt det kan kännas att ställa dem. Vi kallar naturreligionerna vidskepliga därför att de ställer frågor av typen: "Vilken mening har en solförmörkelse? Vad är månen till för? Varför hemsöker missväxten oss?" Men många "moderna" människor som anser sig stå över den formen av vidskepelse visar sig ofta ha lätt att ställa lika olämpliga och vidskepliga frågor under press: "Varför måste just mitt barn drabbas av cancer?" Med distans till katastrofen kan de flesta trots allt inse att det inte fanns någon orsak som gör en fråga efter "mening" i sammanhanget lämplig. Beklagansvärda religiösa sekter utgör ett undantag.

Sammantaget får olika lersorter olika egenskaper. En viss sorts kristaller kanske gör så att leran lättare fastnar på flodbädden och detta påverkar i sin tur flodådran, med dammar och grunda pölar och nya flöden som följd. Under torrsäsong kan de grundaste pölar helt komma att torka ut och toppskiktet blåser bort i form av damm. Varje litet dammkorn är en kristall med just den defekt som gjort att de formar en lera under fuktiga förhållanden som ”klibbar fast”. Man kan säga att de bär på en ”instruktion” om hur man täpper till floder och skapar dammar och i förlängningen nytt omkringflygande damm som kan hamna i nya floder.<sup>28</sup>

Detta är en självklar process, som i naturen bygger på molekylernas stereospecifika egenskaper. Det var ur en soppa av molekylära reproduktörer som cellens konstruktionsmaskineri växte fram. Men stopp och belägg! Det är en sak att inse att vissa molekyler på grund av den struktur som uppstår när de kedjas samman får vissa egenskaper som gör att de sprids lättare än andra, men det betyder ju bara att processen avstannar så småningom, ungefär som en influensaepidemi. Vad som krävs för en reproduktiv molekyl att inte fastna i en ond cirkel är ett sätt att bygga på tidigare landvinningar. Tänk på hur en hantverkare under ett yrkesliv samlar på sig fler och bättre verktyg i sin verktygslåda. Antag att någon lerkristall råkar inkorporera en bit av en annan molekylkedja. Denna ”grusiga kristall” kanske har ännu bättre egenskaper som reproduktör och sprids i så fall vidare. Tänk nu på ”gruset” i kristallen som början på en verktygslåda. Det kan tänkas att detta första ”verktyg” gör det lättare för ytterligare potentiella verktyg att kopplas till kristallen. Om de blir ”riktiga verktyg” eller inte beror på om kristallen sprids lättare med deras hjälp. Föregångarna till de verktyg livet använder sig av påbörjade sin långa designhistoria på detta sätt. Lägg märke till att ”verktygslådan” också fungerar som ett primitivt minne liksom den gör för en hantverkare som sparar på verktyg som varit användbara i olika sammanhang. Den framväxande verktygslådan

---

<sup>28</sup> Min framställning av lerkristaller som blir fullödiga reproduktörer följer Richard Dawkins framställning i boken *The Blind Watchmaker*

ackumulerar sådant som varit delaktigt i reproduktörens tidigare lyckade reproduceringar av sig själv.

Det var det svåra steget. Därifrån till den mänskliga hjärnan är det, för att göra en lång historia kort, bara en fråga om tid. Allt liv på jorden utgår från molekyler som förmår sin omgivning att reproducera sig själva med en fantastisk uppsättning verktyg. Dessa kallas *gener*. I själva verket består generna av en sekvens mindre molekyler som bildar ”makron” i ”programmeringsspråket” *den genetiska koden*. Under vissa yttre betingelser utförs programmen inom en organisms celler. Resultatet är alltid produktionen av proteiner. I den biologiska evolutionen är översättningsmekanismen från gen till protein fullständigt enkelriktad, strikt irreversibel. Hjärnan, liksom allt annat i vår kropp byggs upp av små kemiska makron. Nivå efter nivå av sådana kemiska lågnivåprogram bygger - genom komplexa feedbackmekanismer - upp hela organismer, instruerar hur organismerna ska överleva, föröka sig och ytterst reproducera nya *gener* och celler som utför programmen på nytt.

Den genetiska koden byggs upp av fyra olika molekyler som brukar förkortas till A,C,G och T. En mer eller mindre lång kedja av dessa molekyler oavsett sekvensens ordning kallas DNA. Bara vissa sekvenser medverkar till att *generna* reproducera sig medan andra sekvenser betecknas som skräp-DNA. Sekvenserna som bygger upp proteinerna inom den biologiska sfären är resultatet av en ”historisk händelse”. Liksom i alla program är det inte sekvensen i sig, utan var den förekommer, som bestämmer dess funktionalitet. En skräpsekvens kan alltså vara identisk med en fungerande sekvens. Detta betyder att den genetiska koden är slumpartad. Den är en nyckel som reproduceras för att användas på sig själv för att bygga upp strukturer som gör en ny nyckel. Men vad passar nyckeln till? Som de flesta idag vet har inte den biologiska evolutionen något mål mot vilken den strävar. Som Monod<sup>29</sup> säger, naturen är objektiv inte projektiv. Däremot blir

---

<sup>29</sup> Jacques Monod, fransk biokemist och nobelpristagare 1965, som sedermera skrev en populärvetenskaplig bästsäljare *Slump och nödvändighet*

strukturerna mer och mer komplexa, allteftersom evolutionen använder sina egna produkter att göra nya produkter med. Den närmsta omgivningen till en gen är oftast andra gener. Den närmsta omgivningen därefter är oftast en cell, därefter en organism, därefter de betingelser organismen lever och förökar sig under.

Den mest komplexa produkt vi känner till i universum är den mänskliga hjärnan. Med hjälp av den kan vi utföra en mängd fantastiska saker, liksom djuren kan med hjälp av sina hjärnor. En sak som vi gör praktiskt taget ensamma i djurvärlden, och definitivt ensamma med den lätthet vi gör det, är att imitera beteenden. Det är detta medfödda beteende som gör våra hjärnor till den nya ”universelle” nyckelsmeden. Nyckeln till att åstadkomma samma sak som min granne är att imitera hans beteende. Detta öppnar dörren till en helt ny värld, kulturens värld, och till en helt ny vetenskapsgren – kulturvetenskap.

## **Memetik**

Naturligtvis påverkar hjärnans biologiskt utvecklade funktion vad som selektivt imiteras, men kultursoppan börjar snart koka av eget liv. Djuren gör många fantastiska saker, som bruket att bygga bäverdammar t ex, och följer uppenbarligen instruktioner i sina hjärnor för att åstadkomma allt detta. Till skillnad från djuren kan vi imitera vad de gör utan att följa samma instruktioner i våra hjärnor. Därmed har vi släppt lös en ny evolutionsspiral ovanpå den biologiska.

Något som med största sannolikhet spreds via imitation var jordbrukskonsten, liksom konsten att tillverka verktyg och konsten att använda språk. Som gryende vetenskapsgren har memetiken antaget begreppet mem för den kultureenhet som överförs via imitering och har använt begreppet till att omfatta allt informationsinnehåll som kopieras på detta sätt, men i så fall är det inte analogt med betydelsen av gener som finns i DNA, utan med en mer allmän definition av gen, som en selektionsenhet som

kan kopieras med varierande sannolikhet beroende på något i dess innehåll visavi omgivningen.

Det som krävs för att imitera beteende är att kunna avgöra vad som ska imiteras och att översätta från den imiterades perspektiv till det egna samt att kunna utföra själva det härmande nya beteendet. Många primater har högt utvecklade motoriska färdigheter motsvarande de vi har i våra händer. De är också intelligenta nog att kunna bryta ut delar av beteenden som de kan välja att härma. De kan simulera händelser i sina hjärnor för att lösa problem, men också för att luras för att skaffa sig sociala fördelar. Det krävdes då inget stort evolutionssteg för att gå från social inlärning till äkta imitation. När memerna på detta sätt väl sluppit loss bildas ett selektionstryck för hjärnor som är allt bättre på att imitera. Det lönar sig att imitera de som är bäst på att imitera och att försöka para sig med dessa. Därav den snabba tillväxten av den mänskliga hjärnan. Generna själva, utan memerna, skulle knappast ha drivit fram denna hjärnstorlek som gör födandet till en både smärtsam och riskabel process. Denna tillväxt har skett för memernas skull, inte för genernas.

När memerna väl finns börjar de naturligtvis att konkurrera om utrymmet i människornas hjärnor. Inte av egen vilja, naturligtvis, men av logisk nödvändighet sprids de som oftast imiteras på korrekt sätt. Ett bra sätt är att imitera bit för bit. De ljud våra förfäder utstötte i olika sammanhang för att varna för faror eller för att förföra imiteras lättare om de styckas upp i ordbitar. Sekvenser av ordbitar imiteras lättare om man anlägger en ”grammatik”, dessutom är de lättare att minnas då, imitationen kan upprepas fler gånger utan att förändras särskilt mycket. De grammatiska instruktionerna korrigerar för fel och gör livslängden och den möjliga spridningen av ett uttryck mycket längre. Allt detta leder med nödvändighet till att den mänskliga hjärnan utbildar en ”instinkt för grammatiskt språk”. Även överlevande jägarfolks språk är lika grammatiskt komplexa som våra moderna språk. Men efter denna utveckling av språket har inte den biologiska evolutionen kunnat hinna med. Den fortsatta mänskliga utvecklingen har skett inom kulturens område. Social inlärning

har fram till dess skett inom varje individ för sig. Även med imitationen på plats har varje generation fått lära sig de sociala färdigheterna på nytt igen, individ för individ. Med språket på plats förändras allt detta. Stora mängder erfarenheter kan överföras direkt från generation till generation med hjälp av berättande.<sup>30</sup>

Vi har väldigt svårt att tänka utan att blanda in ord, som tillhör kultursoppan naturligtvis, så det är svårt att föreställa sig hur mycket djurens värld faktiskt ändå liknar vår. Blackmore<sup>31</sup> berättar om sin katt, som både kan se och höra, springa efter fjärilar, springa upp i träd (vilket kräver enorma perceptuella och motoriska färdigheter), lukta och smaka (och välja kattmat efter smak), hålla uppsikt över ett revir, känna igen individer (både katter och människor), kommunicera med hjälp av rörelse, beröring och ljud, hålla en stor mental karta i huvudet (med hus och gator och trädgårdar), hitta den snabbaste vägen till det rum där hon ser sin matte stå i fönstret, o s v. Så katten har ett rikt liv som innehåller mycket som vi kan känna igen – perception, minne, inläring, nyfikenhet, att ha smak för något i förhållande till något annat, kommunikativa och sociala färdigheter. Men allt detta har katten skaffat sig utan att kunna imitera, och därför kan den heller inte föra vidare det den lärt sig till andra katter med hjälp av imitation.

Katter är inte speciellt intelligenta kanske du tänker. Men alla vet ju att apor apor efter. Varför är deras ”kultur” så fattig jämfört med vår? Bortsett från betingad inläring (Pavlovs berömda hundar) och inläring genom belöningssystem, eller trial and error, så finns hos många djur (och hos oss) också vad forskarna kallar social inläring. Blackmore använder exemplet från England med fåglar som lärde sig att öppna mjölkflaskor som ställdes framför dörrarna på husen innan tetrapacken tog över.

---

<sup>30</sup> Som Richard Dawkins berättar i sin bok *The Blind Watchmaker* skulle man kunna tänka sig att delfiner använde sina uttrycksfulla röstorgan inte bara till att skapa ekon som ger dem en ”radarbild” av omgivningen utan också till att imitera ekon. De skulle i så fall kunna förmedla de egna ”mentala bilderna” till en annan individ. Men detta verkar ligga bortom deras förmåga.

<sup>31</sup> Framställningen följer Susan Blackmores, doktor i psykologi och en aktiv förespråkare för memetiken som vetenskap, framställning i boken *The Meme Machine*

Genom att picka på locket till flaskan kunde en fågel lätt komma åt innehållet. Denna vana spred sig snabbt bland flera fågelarter i England.

Man kan tycka att detta var ett praktexempel på imitation. Men skillnaden var att fåglar som såg andra fåglar picka upp locket på mjölkflaskor för att komma åt grädden blev stimulerade att komma åt belöningen, grädden, genom att använda ett beteende de redan hade nedärvt, att picka efter mat. Liksom apor kan fåglar lära sig saker om sin omgivning som de har bruk av genom att titta på andra, men imitation är till skillnad från denna typ av inläring att lära sig saker om andras beteenden genom att härma dessa.

Lägg märke till att katten liksom vi har känslor. Känslor är inlärd, men inte genom imitation. Det är känslorna som styr våra beslut. Det är med hjälp av dem vi väger vad vi lärt oss av erfarenheten innan vi fattar våra beslut. De är alltså de sannolikhetsfördelningar vi byggt upp i vårt undermedvetna och vars mer eller mindre branta känslbackar hjälper oss att fatta medvetna beslut om hur rimligt och sannolikt det ena eller andra är när vi ställs inför nya problem. Dessa Bayesianska beräkningar på olika nivåer pågår hela tiden i såväl din som kattens hjärna. Det har evolutionen sett till. Man kan säga att Bayes teorem är en framväxande egenskap utan orsak, som all evolution frambringar förr eller senare. Det är en ”organisationsprincip” utan organisatör som är oberoende av om evolutionen har biologisk grund eller inte. Att den skulle stiga upp också ur kultursoppan var bara att vänta, men vägen dit har varit krokig med många snedsteg.

Varför är skillnaden mellan människan så avgrundsdjup mot de andra djuren? Därför att det är så förbaskat svårt att imitera. Och det gör vi med lätthet. Även små barn gör det, och tycks njuta av att göra det. Varför är det så svårt? Jo, man skulle kunna jämföra det med omvänd ingenjörskonst. Anta att en industrispion lyckats få tag på en ny japansk elektronisk uppfinning. När han lämnar över den till ”sina” ingenjörer tar de isär den och försöker lista ut vilken funktion alla delarna har. Lyckas de med det kan det spionerande företaget bygga sin egen

version utan att behöva betala royalties. Vi gör samma sak när vi imiterar någons beteende, t ex en kock som lagar någon ny maträtt. Vi måste välja ut de saker i hela hans agerande i köket som är de som är värda att imitera. Vi måste tänka oss in i hans situation och översätta den till vårt perspektiv för att kunna utföra samma saker i en fungerande imitation.

Vi människor lär oss en massa saker genom imitation, bland annat språket. Detta är en komplicerad imitation där barnet måste kunna lära sig skilja ut orden från en sammanhängande ljudmatta. Detta gör barnet med hjälp av en medfödd ”grammatik” som gör det lättare att utföra felkorrigeringar och, för att översätta det barnet hör till instruktioner i dess hjärna som får barnet att återupprepa vad det hört. Vi är födda med en generell översättningsmekanism för att fånga upp och imitera beteenden.

Sumer i Mesopotamien uppfann skriftspråket för ungefär fem tusen år sedan i form av ett bokföringssystem för får och säd. Man kan se detta som en följd av evolutionen av teknikuppfinningar som bygger på varandra i små steg (till skillnad från t ex mode som bara går runt i cirklar). Alltifrån imitering av hur man gör en stenxyxa till hur man brukar jorden och skaffar sig husdjur till funktionellt uppdelade samhällen och uppfinningen av skriftspråk. Med språk och skriftspråk på plats fortsätter utvecklingen allt snabbare mot ett generellt kopieringssystem som motsvarar den biologiska sfärens DNA-baserade system som tycks kunna producera ett oändligt antal arter. Denna utveckling sker nu snabbare än evolutionen och förläggs utanför hjärnan.

I den biologiska evolutionen är översättningsmekanismen från DNA till protein fullständigt enkelriktad, strikt irreversibel. Inom memernas värld är det tvärtom, det mesta är reversibelt *utom* matematiken. Men att använda sig av matematik på ett otvunget sätt är som de flesta vet av egen erfarenhet mycket svårare än att imitera i allmänhet. Vår hjärna tycks inte vara speciellt väl utvecklad för det. Med hjälp av talang och träning lyckas dock en liten grupp människor i varje generation med den konsten och blir matematiker och

vetenskapsmän. Därmed kan delar av matematiken fungera som gener, eller memers i egentlig betydelse. De övriga memerna är egentligen bara replikatörer, i betydelsen allt som kan imiteras med den mänskliga hjärnan. Hur har vi kommit från kulturursoppan till det vetenskapliga och teknologiska samhället? Genom att imitera varandra naturligtvis!

Man skulle kunna säga att bland alla kulturyttringar som skapats medelst imitation så är just matematiken pudelns kärna. Med hjälp av matematiken kan vi länka samman alltfler saker med vår förmåga att imitera. Så blir matematiken memernas DNA.<sup>32</sup>

Kunskap ackumuleras i vetenskapliga matematiska teorier som omfattar allt mer. Kunskapens innehåll är i allmänhet mer omfattande än vad vi i förstone föreställer oss.

Man kan säga att en gen lyckas återskapa sig själv i den mån den har kunskap om sin samlade omgivning. Det är genens nisch. En sådan nisch är i själva verket den mängd mer eller mindre varierande omgivningar där genen skulle lyckas med sitt återskapartrick. Den exakta utformningen hos en gen kan ofta inte variera mycket utan att den skulle misslyckas med att återskapa sig själv i större delen av sin nisch. Ju mindre variation som tillåts ju bättre anpassad är den till sin nisch. Hur genvarianter som skulle kunna existera skulle förhålla sig i omgivningar som också skulle kunna existera i genens nisch är *lika mycket en del av genens kunskapsinnehåll som att den faktiska genen lyckas återskapa sig i en viss omgivning.*

Datorsimuleringar av verkligheten (virtuell verklighet) kan verka mer eller mindre verklighetstroga. Graden av verklighetstrohet hos exempelvis en flygsimulator beror inte bara på hur den reagerar på faktiska kommandon utan lika mycket på hur den skulle reagera på kommandon som skulle kunna inträffa och är *lika mycket del av kunskapsinnehållet i*

---

<sup>32</sup> Blackmore förutsäger att språkens evolution kommer att leda fram till ett generellt språk för memetisk utveckling som motsvarar DNA för biologisk utveckling, men tycks inte inse att matematiken fått just den rollen.

*datorsimuleringsprogrammet som en faktiskt genomförd simulering.*

Detta underliga beroende generna såväl som datorprogrammet står under är ingen ytlig likhet utan en direkt följd av att båda *behandlar sin omgivning med kunskap*.<sup>33</sup> Vi gör samma sak i hjärnan när vi tänker oss följderna av olika handlingssätt innan vi bestämmer oss för en av många möjliga handlingar. Ju bättre vi är på det ju bättre är vår chans att få behålla vår kunskap. Vi överlever. Datorprogrammets simulering "hänger sig" inte. Genen lyckas återskapa sig själv.

Men vad i all sin dar betyder det att behandla något med kunskap? Det låter ju som magi. Här ska vi ta hjälp av en fabel fritt efter Dennet.<sup>34</sup>

Det var en gång det fanns två svarta lådor. De var sammankopplade med en ledning av inkapslad koppartråd. På den ena lådan, låda A, fanns två knappar märkta Alfa och Beta. På den andra lådan, låda B, fanns tre glödlampor. De var målade i tre olika färger - rött, grönt och gult.

Vetenskapsmän som studerade de två lådorna fann att när man tryckte på Alfaknappen på låda A så lyste strax den röda lampan på låda B. Om man däremot tryckte på Betaknappen på låda A så fick man den gröna lampan på låda B att lysa. Den gula lampan på låda B tycktes dock aldrig lysa. Som goda vetenskapsmän upprepade de försöken många gånger (några miljoner gånger faktiskt) och under olika förhållanden och tyckte sig därmed kunna fastställa två orsakssamband. Varje tryck på Alfaknappen orsakar att den röda lampan på låda B tänds. Varje tryck på Betaknappen orsakar att den gröna lampan på låda B tänds.

Dessutom kunde vetenskapsmännen fastställa att orsakssambandet på något sätt var kopplat till kopparledningen mellan lådorna eftersom man aldrig kunde få lamporna på låda B

---

<sup>33</sup> Detta samband mellan evolutionsteori, beräkningsteori och kunskapsteori utvecklas av David Deutsch i boken *The Fabric of Reality*

<sup>34</sup> Fabeln förekommer i Dennets underbara bok *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*.

att lysa om man klippte av kopparledningen, medan man däremot alltid kunna upprätthålla de funna orsakssambanden med en hel kopparledning oavsett hur mycket man i övrigt avskärmade de två lådorna från varandra. Det verkade troligt att två olika signaler skickades genom kopparledningen beroende på vilken knapp på låda A som man tryckte på. Man bestämde sig därför att avlyssna signalen i kopparledningen.

Det visade sig då att förklaringen inte var riktigt så enkel. Oavsett vilken knapp man tryckte på på låda A så skickades en lång ström av pulser, en del med höga volt och en del med låga volt genom kopparledningen, motsvarande ettor och nollor i ett binärt språk. Meddelandenas längd var alltid 10000 bitar (ettor och nollor) men mönstret av ettor och nollor var alltid olika!

Eftersom man inte kunde se något mönster beroende på om man tryckte på Alfaknappen eller Betaknappen på låda A men låda B alltid tycktes kunna göra det och lysa med röd respektive grön lampa bestämde man sig för att öppna lådan. Inuti låda B fanns en supersnabb dator med en massa minneskapacitet som körde ett jättestort program, allt i vanlig maskinkod av ettor och nollor. När en sträng ettor och nollor anlände via kopparledningen som ett resultat av att någon tryckt på Alfa- eller Betaknappen på låda A så startades sekundsnabbt några miljoner operationer i datorn som alltid avslutades med en etta (som tände den röda lampan) eller en nolla (som tände den gröna lampan). Det var aldrig exakt samma operationer som utfördes i datorn eftersom minnet ändrades efter varje körning.

Eftersom det var ännu mer komplicerat att utfinna ett mönster bland alla dessa operationer på ettor och nollor i datorn i låda B så vände vetenskapsmännen åter sitt intresse mot de inkommande strängarna av ettor och nollor, men denna gång gick man experimentellt tillväga. Man registrerade ett stort antal "röda" strängar orsakade genom att trycka på Alfaknappen på låda A och "gröna" strängar orsakade genom att trycka på Betaknappen på låda A. Sedan kopplade man bort låda A och kopplade istället in sin egen dator där man registrerat strängarna. Allt betedde sig till en början som man hade anledning att antaga. När man skickade

en "röd" sträng genom kopparledningen till datorn i låda B så tändes den röda lampan på låda B och när man skickade en "grön" sträng så tändes den gröna.

Man började sedan enligt planerna att ändra lite i strängarna man skickade till datorn i låda B för att se om man den vägen kunde komma fram till exakt vad det var i strängarna som gjorde dem "röda" respektive "gröna". Det var då man gjorde en olustig upptäckt: Nästan alltid när man ändrat - om än aldrig så lite (en etta här till en nolla där) - i en "röd" eller "grön" sträng så fick det den *gula* lampan på låda B att lysa! Det var som om datorn i låda B kunde avgöra att det inte var en "äkta" sträng (genererad av ett knapptryck på låda A) som skickades till den och reagerade genom att tända den gula lampan.

Efter några miljoner tester med slumpmässiga förändringar på de 10000 bitar långa strängarna så kunde vetenskapsmännen fastslå att antalet "gula" strängar av alla möjliga strängar på 10000 bitar var långt fler än antalet "röda" och "gröna" strängar. I själva verket var nästan alla strängar "gula". Trots mycket nedlagd möda kunde vetenskapsmännen själva inte se någon skillnad på strängarna som kunde förklara varför datorn i låda B nästan aldrig (i genomsnitt en gång på miljonen) tvekade om strängen var "artificiell" - och tände den gula lampan - eller om den var "äkta" - och tände den röda eller gröna lampan.

Då bestämde sig vetenskapsmännen att öppna låda A. Där fann man precis som i låda B en mycket kraftfull dator, även om den var av ett annat märke och programmet den körde var ett annat om än lika stort. Vetenskapsmännen upptäckte snart att så fort man tryckte på Alfaknappen så skickades en sträng med åtta ettor till datorns processor och när man tryckte på Betaknappen så skickades åtta nollor samma väg. Oavsett vilket så startades miljontals operationer, men den första var alltid att datorn läste av sin klocka. Det visade sig snart att denna rutin gjorde att de vidare instruktionerna för minnesåtkomst i praktiken blev slumpmässiga, men det hindrade inte att datorn i låda A varje gång Alfaknappen trycktes kunde skicka iväg en sträng ettor och nollor som datorn i

låda B avläste som en "röd" sträng och varje gång Betaknappen tryckts skicka iväg en "grön" sträng!

I själva verket hände det ungefär en gång på miljonen att ett tryck på Alfaknappen orsakade en ivägskickad sträng som datorn i låda B avläste som en "grön" och omvänt vid ett tryck på Betaknappen blev strängen "röd" en gång på miljonen. Denna ytterst lilla irregularitet bara ökade vetenskapsmännens lust att få en förklaring på gåtan.

Förklaringen är ganska enkel om man lyfter blicken en aning.

Det visade sig att programmen i de två datorerna i lådorna var skapade av en svensk AI-forskare (låda A) respektive en amerikansk AI-forskare (låda B). Medelst två olika programmeringsspråk hade de två forskarna oberoende av varandra skapat var sitt "expertsystem". Expertsystem kallas en grupp datorprogram inom AI-området som egentligen består av en stor databas och kopplat till den en "slutledningsmodul". Databasen består av ett antal "sanna påståenden" och "slutledningsmodulen" beräknar implikationer utifrån dessa. Expertsystem är vanligast som hjälpmedel inom medicinsk diagnosticering. Men även mer generella expertsystem finns som innehåller all möjlig kunskap. Det var sådana "encyklopediska expertsystem" som våra forskare konstruerat.

Vad som hände när någon tryckte på Alfaknappen på låda A var att dess datorprogram valde ut ett slumpmässigt påstående eller implikation som enligt programmet var sant, översatte det till vanlig engelska som de två AI-forskarna valt som gemensamt språk för kommunikation mellan sina datorers olika Lispprogram, och skickade iväg alltsammans som vanlig ASCII-kod genom kopparledningen åtföljt av slumpmässiga bitar så att den totala strängen blev 10000 bitar. Datorprogrammet i låda B i kraft av att också vara ett "encyklopediskt expertsystem" av all jordens kunskap bedömde nästan alltid samma påståenden sanna som datorprogrammet i låda A och tände därför sin röda lampa. När någon tryckte Betaknappen på låda A genererade programmet en falsk implikation utifrån några slumpmässigt valda påståenden

och datorprogrammet i låda B gjorde nästan alltid samma bedömning och tände den gröna lampan. Båda programmen krävde för sina bedömningar "välformade" strängar av det engelska språket, d v s inga typografiska felaktigheter godtogs. Icke välformade strängar (frånsett från den slumpmässiga svansen naturligtvis) fick alltid dataprogrammet i låda B att tända den gula lampan. Detta förklarar galant varför praktiskt taget varje förändring av strängen ettor och nollor som skickades från låda A resulterade i gult sken från låda B. Den som däremot vet att det är en ASCII-kod av vanlig engelska som skickas genom kopparledningen kan lekande lätt (även sexåringar) förändra i meningen utan att välformigheten försvinner och skapa "röda" och "gröna" strängar efter behag!

Detta visar att orsakssambandet styrs av strängarnas *semantiska* budskap och inte av deras typografiska utformning. Så enkelt uppstår *mening* i en mekanisk process. Innehållet, idéerna, är inte väsensskilda från de vanliga fysiska förhållandena. De existerar inte för sig i något ingenmansland *bakom* materiens skepnad!

Filosofer och andra felinformerade personer som inte *tror* på AI (artificiell intelligens) kan försöka rädda sig från det uppenbara i exemplet ovan genom att hävda att den "ursprungliga (och därmed enda reella) mening" som finns i exemplet är de två programkonstruktörernas och att deras idéer är lika immateriella som alltid.

De mer flexibla av dessa felinformerade personer (och det är sällan filosoferna) inser snabbt sitt felslut om fabeln ändras en aning, så att det istället för de två stationära datorprogrammen inuti lådorna sitter två robotar som innan de kröp in i lådorna tillägnat sig all kunskap genom att interagera med den verkliga världen. Man behöver inte ens föreställa sig att robotarna gör detta medvetet utan bara mekaniskt (instinktivt) följer sina respektive program för att samla in all världens kunskap, därefter leta upp varandra, sätta samman lådorna enligt experimentets föreskrifter, hoppa in i lådorna och vänta på att någon trycker på Alfa- eller Betaknappen.

Vissa filosofer envisas med att framhålla att någon medveten person konstruerade robotarna och deras programinstruktioner för att samla på sig kunskap. Den enda verkliga mening som robotarna framför är den som kan härledas indirekt som meningen bakom programinstruktionerna.

Detta är ett absurt resonemang som bygger på samma felslut som extrema sociobiologer använder för att härleda alla våra beteenden som indirekt styrda av våra själviska gener. Xenofobi (=avsky för främlingar) skulle bero på en xenofobigen.

Antag att du av någon anledning vill uppleva framtiden. Antag vidare att du är beredd att låta dig frysas ned under några hundra år i en kapsel som automatiskt tinar upp och väcker dig igen ett visst av dig på förhand bestämt år och klockslag. Vi ska se vad du behöver tänka på (också detta fritt efter Dennet<sup>35</sup>).

För att kunna hålla dig nedfrusen under hundratals år behöver kapseln tillförsel av energi. Du kan knappast lita på ett kontrakt med dagens människor på elverket att försörja kapseln med el i hundratals år. Det bästa vore om kapseln själv kunde försäkra sig om energin.

Ett alternativ vore att leta upp en plats med riklig tillgång till sol, vatten och annat som din kapsel kan tänkas omvandla till den energi den behöver för att fullgöra sitt uppdrag och hyra platsen under några hundratals år. Din kapsel skulle i princip fungera som en växt. Det kan fungera om ingen exproprierar marken någon gång i framtiden och gör så att din kapsel inte längre kommer åt sin energi.

En säkrare teknik vore att utrusta kapseln med något sätt att förflytta sig och med "känselforgan" för att leta upp energikällor och för att upptäcka fara. Med andra ord bygga en jättelik robot med kapseln (och dig) inuti sig. Förutom att göra robotens yttre starkt måste du försöka programmera den så att den reagerar på inkommande data via dess "känselforgan" på det sätt som du bedömer bäst gynnar hela projektet. Din överlevnad till ett

---

<sup>35</sup> Daniel C Dennet: *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*.

framtida årtal är ju själva orsaken (den indirekta meningen) till att du måste överlämna den direkta kontrollen över vad som händer till en programmerad robots kontrollsystem.

Eftersom du inte vet vad som kommer att hända roboten under de hundratals år den ska utföra sitt uppdrag måste du programmera in en "planeringsmodul". Utifrån sina två mål, att försvara sig (och dig) och söka upp nya energikällor, måste roboten självständigt och fortlöpande välja sitt beteende med hjälp av den modulen. Att programmera en sådan modul vore svårt men inte helt utom räckhåll för dagens teknik. Och i naturen klarar naturligtvis varje insekt (och alla andra djur) av det.

Emellertid är din programmeringsuppgift svårare än så. För om du har valt att ge dig in på ett sådant här projekt varför skulle inte också andra göra det? Din robot kan alltså räkna med att stöta på andra robotar som är ute för att bevara sina skapares kroppar till ett framtida datum. Dessa robotar kan ha konstruktioner (och instruktioner) mycket olika vad den egna roboten är utrustad med. Vissa robotar kanske är ute för att lura andra robotar att motverka sina egna (och sina skapares syften) allt enligt *sina* skapares instruktioner. Eftersom det är dyrt att bygga dessa komplicerade robotar kanske några i brist på pengar valt att konstruera ett slags "parasitrobotar" som är instruerade att hitta konstruktioner av mer komplicerat slag och utnyttja dess utrustning som sin egen. Å andra sidan kanske det kan löna sig för din robot (och dig) att i vissa lägen göra gemensam sak med andra robotar. Bygga kolonier som skydd mot lömskare robotar till exempel. Analogin med biosfären och alla djurarter börjar nu bli uppenbar.

Liksom hos naturliga arter måste dessa konstruerade arter nöja sig med ändliga program med icke ofelbara instruktioner för att växla från ett beteende till ett annat samt med ändlig inlärningsförmåga och ändliga minnesutrymmen. Med andra ord; eftersom du har ändliga resurser (och kunskaper) till ditt förfogande kan du inte detaljstyra allt som händer i roboten under alla möjliga omständigheter den kan hamna i, alltså måste du överlämna mycket av kontrollen till roboten själv. Du måste

programmera in ett sätt för roboten att "se över" de mål som planeringsmodulen skapar åt den. Jämför här med sättet att lagra bedömningsgrunder i form av "känslor" från första kapitlet, som ett slags slutsatsminnen. Roboten måste kunna ombilda dessa mål utifrån det övergripande målet att slutföra hela projektet. Den kanske inte kommer att slutföra projektet exakt som du har tänkt dig - det kanske inte är möjligt i en avlägsen framtid - men får som en autonom agent göra det bästa av situationen. Dess "nyttofunktion" är din överlevnad, men i vissa avlägsna situationer kanske den av dig helt konstruerade och instruerade roboten kommer att planera projekt som du skulle ha avrått ifrån ifall du hade kunnat förutse dem. Det kan till och med tänkas att din robot av andra robotar kan fås att delta i rena självmordsuppdragen! Eller kanske samhällen av robotar börjar planera för sin *egen* framtid istället för din och kropparna inuti de andra robotarna.<sup>36</sup>

Liksom vi kan sätta oss över generna (som programmerar oss för sin egen överlevnad) – genom memerna som programmerar oss för sin! – så kommer dessa autonoma robotar att kunna sätta sig över sina skapares (som de bär med sig) intentioner. Att säga att mekaniska artefakter inte kan skapa sig en egen mening utanför sina naturliga skapares ursprungliga andemening blir uppenbart lika absurt som att säga att alla våra kulturella handlingar bara ska ses som indirekta uttryck för våra geners ursprungliga instruktioner.

Kan artefakter ha medvetanden? Enligt Dennet så är medvetandet först och främst en förväntningsgenerator.<sup>37</sup> Med hjälp av nya erfarenheter och ackumulerade erfarenheter skapar medvetandet förväntningar på vad som ska ske och handlar sedan rationellt på basis av dessa. Förhoppningsvis ringer det nu en massa igenkännande klockor i huvudet på läsaren. Vad passar som hand i handske till denna beskrivning? Bayes teorem naturligtvis

---

<sup>36</sup> Det har på största allvar framkastats tankar om att det är troligast att vi först stöter på ett *maskinellt liv* ute i kosmos.

<sup>37</sup> Dennet använder denna metafor i boken *Kinds of Minds*

och vår gamla vän från första kapitlet, roboten som handlar med sunt förnuft.

Ovanpå våra biologiska medvetanden, med våra geners maximala spridning som nyttofunktion, som exekverar evolutionär logik genom att följa känslor som utvecklats för att fatta de beslut som sannolikt bäst gynnar generna så utvecklas i och med memerna en ny nivå av medvetande och logik och med känslor kopplade till beslut som bäst gynnar memerna.

Språket är här drivande. Memer i språkdräkt sprids lättare än memer utan. Dessutom sprids vissa språkliga memer lättare med hjälp av en därtill utvecklad verkstygslåda. Liksom den molekylära verkstygslådan i en evolutionsspiral utvecklade cellen och dess förmåga att skilja sig själv från omvärlden genom att göra situationen mellan sig och omvärlden ytterst osymmetrisk, så utvecklar analogt memerna en kulturell cell – jaget. Jaget tillskrivs egenskapen att ha fri vilja, att kunna styra den biologiska organismen som det ”bor” i. Vi sprider mycket hellre idéer, d v s memer, vi själva tror på eller känner för, än andra memer som våra jag inte skaffat sig något känslomässigt samband med. Memer knutna till jaget sprids alltså lättare och därmed av nödvändighet också ”memet om jaget”, eller snarare det komplex av memer som bygger upp jaget. Inom memetiken kallas ett komplex av memer för ett memplex, och följaktligen kallas i memetisk jargong det memplex som jaget kopplas till för jagplex.

Om vi bortser från jargongen kan vi se hur ett jagplex kan tänkas byggas upp av språkliga metaforer.<sup>38</sup> En metafor är ett sätt för oss att känna oss förtrogna med något nytt på basis av något välkänt, därmed kan känslan vi förknippar med det välkända överföras på det nya. Ett begränsat antal termer kan med hjälp av metaforer fås att omfatta ett obegränsat antal erfarenheter. Denna sammankoppling av erfarenheter kan sedan som ett nytt

---

<sup>38</sup> Vi följer här tankegångar som först utvecklades av psykologen Julian Jaynes i boken *The origin of consciousness in the breakdown of the bicameral mind*

mem spridas mer eller mindre framgångsrikt och påverka hela den memetiska sfären.

Om jag berättar att jag gick ut tidigt en vintermorgon och såg hur snön som fallit under natten täckte husen och bilarna och trädgårdarna där jag bor som en stor vit fluffig filt, så överförs förhoppningsvis till dig kära läsare en känsla av hur allt i kvarteret liksom skyddades och värmdes av en metaforisk filt. Kanske du kommer att tänka på morgnar som barn, när din mor kom och stoppade om dig om du hade sparkat av dig täcket under natten och hur varmt och tryggt det kändes. Och nu kommer det viktiga! Du *överför* dessa känslor på marken och husen som täcktes av snön jag berättade om. Dessa känslor har naturligtvis inget där att göra. Marken kan inte känna trygghet och värme. Men har du väl gjort denna koppling kan du börja associera till mark i allmänhet. Du kanske vill bygga ett staket runt tomten för att marken där du bor ska kunna fortsätta att känna sig trygg även när den inte täcks av snö.

Tänk dig nu att det inte är marken som får all uppmärksamhet, utan det lilla spädbarn du en gång var. En massa saker som inte rimligen kan finnas inuti det spädbarnets hjärna eller hjärta *överförs* på barnet av människor i omgivningen som inte kan finna tillräckligt många ord för att beskriva det ena eller andra hos det lilla spädbarnet. När du senare börjar tillägna dig språket sammankopplar du en massa känslor som du har redan som spädbarn med dessa föreställningar om dig som din omgivning använder när de talar om dig. Föreställningen om en egen inre värld byggs upp, med staket och hus i form av memer och memplex där ditt jagplex styr och ställer. Denna illusion benämner vissa filosofer med det latinska ordet *qualia*, den subjektiva fenomenvärlden.

Jagplexets värld måste som alla andra framgångsrika reproduktörer omfatta för jagplexet nyttig kunskap om omvärlden. Ett av memerna som handlar om jagplexet liknar det vid en person som i sin värld av memer kan flytta omkring dessa som man flyttar omkring saker. Liksom bokföring uppstod för att hålla reda på vilka personer som skulle kopplas till vilka saker i den yttre

världen uppstår genom metaforisk överföring en bokföring i den ”inre” världen. Ett symbolspråk utvecklas där man kan räkna såväl får som memetiska ägodelar. Att sköta saker på ett visst sätt i den fysiska världen får en motsvarighet i den virtuella, där jagplexet lär sig skyffla abstrakta symboler enligt bestämda regler. Det är inte så konstigt eftersom vi redan tillägnat oss en förkärlek för grammatiska regler i och med språket.

Men det finns en stor skillnad mellan i att lära sig räkna, vilket förmodligen var det första ett symbolspråk användes till, och att använda språk. Överförda meningar, som i sin tur ger upphov till nya sammankopplingar, får inte förekomma vid vare sig bokföring, logik eller matematik. Vi vill se samma resultat varje gång vi räknar fingrarna, oberoende av om vi börjar med vänster hand eller höger hand! Matematik är ju som vi sett svårt för hjärnor att hantera. Instruktionerna måste vara tydliga. Ett steg mot irreversibilitet blir att kopiera instruktioner snarare än resultat. Det var därför författaren själv alltid valde att ha så många mattetimmar på gymnasiet som möjligt i förhållande till andra ämnen. Jag insåg att man slapp lära sig en massa saker utantill. Det räckte med att man lärde sig instruktionerna.

Detta att kunna jämföra resultatet oberoende av utgångspunkt om man håller sig till uppställda axiom och regler är matematikens styrka och innebär att man kan göra modeller av delar av jagplexens omvärld som kan utvecklas allteftersom vår erfarenhet ökas. Det gör det också möjligt att bygga datorer och skriva datorprogram som inte bara kan reagera på semantisk mening, som vi såg ovan, utan också göra enkla (än så länge) jämförelser, som i sin tur styr sökandet efter förväntade nya samband, d v s en analogi till överförda meningar i språkets metaforiska värld.<sup>39</sup>

Matematiska teorier har alltså uppstått som ett bihang till jagplexen men har fått rollen som ”memernas gener”, som ger för jagplexen användbar kunskap att sortera bort falska memplex

---

<sup>39</sup> Långtgående forskningsprojekt av Fluid Analogies Research Group finns beskrivna av ledaren för gruppen, den kände AI-forskaren, Douglas Hofstadter i boken *Fluid Concepts & Creative Analogies*

och sprida det vetenskapliga memplexet ("det memetiska immunförsvaret") vidare. I slutet av kapitlet ska vi se hur kunskap om naturlagarna kan rensa bort det religiösa memplexet. Lite bekymmersamt för jagplexet är naturligtvis att det självt inte är ett sant memplex i egentlig, utan bara överförd, mening!

## **NATURVETENSKAP**

Om matematik tillhör kulturvetenskaperna eller naturvetenskaperna är en knepig fråga. Dess uppkomst tillhör definitivt kulturvetenskapen men dess användning och fundamentala ställning inom fysiken har gjort att den brukar räknas till naturvetenskapen. Den lärs också ut vid naturvetenskapliga fakulteter. Men det är intressant att notera att det inte finns något nobelpris i matematik.

Vid nobelprisceremonin ges alltid priset i fysik ut före priserna i kemi och medicin. Det är inte så konstigt när man betänker att en av fysikens stora upptäckter, elektromagnetismen, står för nästan allt av vikt för oss här på jorden. Genom elektromagnetismens vågor får vi all energi från solen. Våra sinnen, vår ämnesomsättning, biologiska och kemiska processer, liksom friktion mellan kroppar är allt resultat av elektromagnetiska krafter.

Men naturvetenskapen studerar mycket mer än elektromagnetismens lagar. Dess mål är att förklara inte bara vad som händer här på jorden, utan också vad som händer t ex i solens inre och vad som händer vid universums uppkomst. Till och med den store teoretiske fysikern Stephen Hawking har dock tvingats konstatera: "Det visar sig vara mycket svårt att hitta på en teori som beskriver hela universum i ett enda svep. Vi delar istället upp problemet i småbitar och uppställer ett antal delteorier."<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Citatet är hämtat från Stephen W. Hawkings berömda bok *Kosmos – En kort historik*

## Reduktionism

Härska genom delning är naturvetenskapens styrka. Att naturvetenskapen är analytisk och inte holistisk till sin grundinställning behöver emellertid inte betyda att det inte finns användning för holistiska grepp. Antagandet om en genetisk kod har haft en positiv betydelse för såväl utvecklingen av evolutionsbiologin som för knäckandet av koden i sig. Antagandet om den Kopernikanska principen, att det inte är något speciellt med oss och vår plats i universum, har gång på gång visat sig vara en fungerande slagruta i fysikens historia.

Kort och gott kan man beskriva den analytiska metoden inom studiet av naturen som att man letar efter periodiska signaler. När man lyckas beskriva ett fysiskt fenomen som en uppsättning periodiska signaler, regelbundenheter, kan man enkelt beräkna dess dynamiska beteende med hjälp av matematiska modeller för linjära relationer. I sådana system är det hela helt enkelt summan av sina delar, d v s oavsett hur komplext systemets beteende är kan det reduceras till sina ingående delar. Värmeflöden, spänningar i material, elektromagnetism och svaga gravitationsfält, spridning av gaser och vätskor och en lång rad andra saker kan reduceras på detta sätt. Ingen väsentlig information går förlorad när systemen representeras med enkla matematiska modeller.

En annan sida av reduktionismen är att dela upp verkligheten i effektivt åtskilda komponenter av sådana linjära system. Samband där vissa system ingår som delar i andra system kan bli mycket rekursiva men är ändå hanterbara. Jämför här med succén för objektorienterade programmeringsspråk för datorer.

Det brukar tillskrivas reduktionismen att den tar bort rollen för den fria viljan och att fysiken som den vetenskap som bäst lyckats reducera sitt ämnesområde står i motsättning till liv och humanitet. Detta är inte sant, men förklaringen är sammansatt och när vi återkommer till frågan en sista gång i slutet av boken har förhoppningsvis grunden lagts för en bättre förståelse av såväl frågan om den fria viljans plats som svaret. Men det är sant att

fysiken är den mest anspråksfulla av alla vetenskaper, den omfattar allt som är fattbart och har som princip att allt är fattbart i princip!

## Fysik

Den mest allomfattande observation som kan göras i ett enda svep om naturen i sin helhet är förmodligen att allt förändras. Det finns rörelse överallt. Inget verkar beständigt. Allt som händer kan sammanfattas med begreppet rörelse. Men djävulen finns som bekant i detaljerna. Redan de gamla grekerna hade börjat studera hur man kunde precisera begreppet rörelse, och studiet kallades fysik.<sup>41</sup>

Hela den klassiska fysiken är ett skolexempel på hur man använder den analytiska metoden för att precisera begreppet rörelse alltmer genom att studera exempel på rörelse och därmed bygga upp en kunskapsbank om vad som händer i naturen. De generaliseringar som *därefter* kan göras ger oerhört mycket mer insikt än de skulle gjort om man hade börjat med att generalisera om rörelse i allmänhet.

De exempel fysikerna studerar analyseras med avseende på olika tillstånd hos dynamiska system vid olika tidpunkter. Tanken är att alla dynamiska system har en nivå där deras minsta delar är ogenomträngliga och därför bara kan finnas en och en på samma positioner vid samma tidpunkter. Detta gör beskrivningar av rörelsen motsägelsefria och formaliserbara i matematiska modeller. Den egenskap hos rörelsen vi kallar hastighet kan nu studeras i detalj. Det visar sig att olika hastigheter kan urskiljas, att hastigheter har en riktning och att summan av olika hastigheter inte är mer än sina delar!

En särskilt betydelsefull klass av dynamiska system i fysikens historia är klockor därför att de bestämmer vad tid är. Tid är det man läser av på en klocka varken mer eller mindre. Klockan

---

<sup>41</sup> Enligt Christoph Schiller i *Motion Mountain*

går, men tiden rör sig inte ur fläcken.<sup>42</sup> Tidpunkter följer den gamla kortspelsregeln: Lagt kort ligger! Avstånd mellan positioner i rummet kan också mätas med hjälp av klockor. Om något rör sig med en bestämd hastighet mellan två tidavläsningar på klockan vet vi hur långt detta något har rört sig.

Man brukar beskriva rörelse som positionsförändring över tid även om både relativ position och relativ tid bestäms av rörelsen hos en klocka. Rörelsen hos en klocka är förhoppningsvis av konstant hastighet. Med hjälp av att införa tal som rums- och tidskoordinater kunde fysikerna trots den cirkulära beskrivningen<sup>43</sup> lyfta sig själva i håret och beräkna förändringar i hastighet. Begreppet acceleration var fött! Nu kunde man tackla nya problem, som att förstå varför du aldrig kan vara snabbare än din skugga! Skuggor gör inget motstånd och skulle i princip kunna accelerera hur snabbt som helst. Men du kan inte få en skugga att röra sig genom att sparka till den. Massa definieras i den klassiska fysiken med hjälp av acceleration. Nu kunde man plugga in siffror för massa och fann att summan av alla produkter av massa och hastighet förblev konstant. Man hade funnit en symmetri likt den för lutningen på sandhögar. Rörelsemomentet förblir detsamma under ett dynamiskt systems hela historia.

Det stämmer inte med vår vardagliga erfarenhet. När vi rullar iväg ett klot stannar det så småningom även om det inte stöter på något hinder. Men det beror på friktionen mot underlaget. Och vad är då friktionen? Det är omvandlingen av rörelsemomentet i klotet till mer oordnade partikelrörelser, värme, som inte alla drar åt samma håll men tillsammans har samma rörelsemoment. Rörelsens kvantitet förblir densamma.

Om du står på ett underlag utan friktion, en helt perfekt plan is, kan du inte röra dig framåt eller bakåt, men du kan börja

---

<sup>42</sup> Det behövs inget "tidsflöde" för att säga *när* någonting händer, lika lite som det behövs ett "rumsflöde" för att säga *var* någonting händer.

<sup>43</sup> Fysikern Gerard O'Neill sa en gång att om vi mötte rymdvarelser som insisterade på att alla beskrivningar måste ske utifrån en säker grund, så kunde vi vara rätt säkra på att vi stött på en ras av planetboende varelser. Varelser som bodde på strukturer byggda ute i rymden däremot visste att strukturer kan vara utan stöd, om man bara snurrar på dem uppstår gravitation i alla fall!

snurra genom att bara vifta med armen över huvudet. Rotationens rörelsemoment, det s k rotationsmomentet, bevaras genom att kroppen börjar snurra.

Om du står på en sluttande is utan friktion kommer du däremot inte att kunna undgå att röra dig, men om du rör dig framåt eller bakåt beror på hur du vänder dig. Det här rörelsemomentet beror på din kontakt med jorden som helhet medan friktionen handlar om kontakten på molekylär nivå. Fysiken kallar kontakten för krafter. I friktionen är det den elektromagnetiska kraften som verkar och i kontakten med jorden som helhet är det naturligtvis gravitationens kraft som verkar.

Krafter fyller på eller tappar av rörelsemoment mellan kroppar. När jag går upp i hopptornet fyller jag på det rörelsemoment jag kan använda mig av vid simhoppet. Hur många saltomortaler jag kan göra innan jag slår i vattenytan är ett uttryck för denna rörelsepotential (kinetisk energi) som snabbt töms i friktionen mot vattnet. På vägen ner upprätthålls balansen genom att man inför begreppet potentiell energi kopplat till gravitationen. Summan av den kinetiska energin och den potentiella energin är hela tiden samma. Rörelsens kvantitet i mig, hopptornet och simbassängen sammantaget förblir densamma. Den rörelse som tycks uppstå och försvinna är bara en effekt av växelverkan mellan olika organisationsnivåer av ”rörliga bitar”. Att energin bevaras är detsamma som att den är symmetrisk över tid och att rörelsemomentet bevaras är detsamma som att det är symmetriskt över avstånd. Einstein upptäckte att rörelse har ett naturligt mått, ljushastigheten, och att energi aldrig kan transporteras snabbare än ljuset.<sup>44</sup>

Massan hos kroppar har definierats med hjälp av den kraft som krävs för att få kroppar att accelerera oavsett var kraften kommer ifrån. Att kroppars tröghet och vikt alltid är detsamma är därför bara ytterligare ett självklart symmetrifaktum även om det tog en Einstein att upptäcka det.

---

<sup>44</sup> Men ljus transporterar inte bara energi utan med den också information och genom att förutspå vilken information som skall komma närmast på grundval av redan mottagen information kan kommunikation snabbare än ljuset simuleras.

Liksom Einstein i sin speciella relativitetsteori gav rörelse en måttstock en gång för alla gav han i sin allmänna relativitetsteori vila en slutgiltig beskrivning. Vila, motsatsen till rörelse, är fritt fall! Den enda rörelse vi kan mäta är allt som inte är fritt fall. I fritt fall faller alla kroppar oavsett storlek, form, färg eller andra egenskaper lika fort, ingen relativ rörelse kan mätas. I fritt fall väger inte kroppar någonting. Men om de inte föll parallellt, om rummet de föll genom på något sätt var krökt, så att de alla föll mot samma punkt så skulle de accelerera mot varandra. I den allmänna relativitetsteorin faller de genom den fyrdimensionella rumtiden som kröks av allting som transporterar energi i en eller annan form. Krökning av rumtiden *är* helt enkelt acceleration. Det är den elegantaste beskrivningen av rörelse som finns. Den gamla beskrivningen av rörelse mot bakgrund av ett absolut rum och en absolut tid fungerar bra i de flesta fall därför att hela vår galax befinner sig i praktiskt taget fritt fall, liksom alla övriga galaxer.

Om vi kan beskriva ett dynamiskt system i ett ”fruset ögonblick” vad avser position, massa, energinivåer som ingår i systemets rörelseekvationer är systemets historia från början till slut determinerad. Beräkningarna kan vara oöverskådliga, men varje pusselbit har sin plats i bilden av systemets hela historia antingen vi hittat den eller inte. Detta är en konsekvens av att det finns ett entydigt sätt att beskriva ett systems *verkan* från ett ögonblick till nästa.<sup>45</sup> Den som använder en klocka är en determinist antingen han är medveten om det eller inte. Analogin mellan naturens reproducerbarhet och klockans regelbundna gång möjliggör såväl fysiken som den vardagliga användningen av begreppet tid. Det finns inte ett enda ”gap” i naturen där man skulle kunna plugga in ett mirakel istället för en siffra! Detta är reduktionismens stora seger. Det är i själva verket en seger för

---

<sup>45</sup> En matematisk modell för att entydigt beskriva alla rörelseekvationer används idag av såväl teoretiska fysiker som ingenjörer och kallas lagrangianska funktionen efter sin upphovsman Lagrangia. Lagrangianska funktioner kan användas för att beskriva all rörelse om man anlägger ett tillräckligt mikroskopiskt perspektiv.

tanken. Utan symmetrierna skulle inga tankar kunna formuleras och ingen kommunikation vara möjlig.

På tal om klocka, om man kunde fästa en klocka på en ljusstråle skulle den stå still – tala om vila! - ljus och annan elektromagnetisk strålning befinner sig nämligen *alltid* i fritt fall i vakuum.<sup>46</sup>

## **Gud är död**

Påven sa till Stephen Hawking<sup>47</sup> att den katolske guden lämnat tiden efter Big Bang för vetenskapsmännen att studera och själv enbart dominerar tiden före inflationen. Hur inflationen och Big Bang är relaterade i standardkosmologin ägnas ett längre avsnitt i tredje kapitlet. Här ska bara sägas att i universums tillblivelse övergår inflationsperioden i fortsättningen av standardkosmologins Big Bang.

Orsaken till att påven ger sig in på dessa marker måste vara att enligt den gängse teorin blir all eventuell struktur och information från tiden före utplånad av inflationen. Påven måste, när han hörde detta blivit mer än förtjust, *äntligen* fanns en plats där Guds ansikte aldrig kunde ses, där han kunde få ha Honom för sig själv utan att klåfingriga vetenskapsmän klampade in och förstörde den himmelska friden.

Men mycket har hänt sedan standardmodellen för universums tillblivelse tillkom. I och med de nyligen upptäckta symmetrierna inom supersträngteorin hamnar alla försök att undanhålla någon liten del av universums hela förlopp för en skapare, av vilket slag det vara månne, ut för seriösa problem. Supersträngteorin och supersymmetrier behandlas i kapitel fyra, liksom M-teori som ger så djupa insikter i naturens gåtor att alla gudar med lite förutseende borde ha stoppat vetenskapsmännen innan de redan hade M-teorin i sina knän. Med M-teorin har

---

<sup>46</sup> Det finns faktiskt materia som ständigt befinner sig i fritt fall också, nämligen materien i ett svart hål.

<sup>47</sup> Och till ett antal andra deltagare i en konferens om kosmologi som beviljats audiens hos påven 1981.

naturvetenskapen kommit så nära de yttersta svaren att gudarna må blekna.

Påvens hållning är för övrigt ett typexempel på ett dåligt argument. De flesta dåliga argument kan kännas igen på att de inte ger en bättre förståelse än de förklaringar vi redan använder trots att de kommer med nya oförklarade påståenden. Alla argument som sätter gränser för rationaliteten - hit men inte längre kan man argumentera rationellt - är dåliga argument i just den bemärkelsen eftersom de bara kan förstås mot bakgrund av det vi redan förstår plus att de påstår - utan förklaring - att det finns den ena eller andra godtyckliga gränsen för vetenskaplig kunskap.

På tal om förklaringar vi redan använder, så är det en relativt ny upptäckt att redan den uppsättning symmetrier som är etablerad inom huvudfåran i fysiken räcker för att ta loven av alla tankar om ett planerat/uttänkt universum.<sup>48</sup>

Många - även framstående - vetenskapsmän, har förundrats över sina egna beräkningar och mätresultat och tyckt sig se en intelligent design bakom alltihop. Ännu fler, icke vetenskapligt skolade, har tagit för givet att naturlagarna, som gör allt vi upplever möjligt, måste ha utformats med stor beräkning. Alltså kan inte naturvetenskapens grundtes att naturen är ateleologisk, utan avsikt, vara sann. Ju mer kunskap om naturen som ackumulerades, ju mer verkade finstämdheten och precisionen tyda på att allt har en mening och att det ligger en övermänsklig beräkningsförmåga och design i slutet av vår kunskapssträvan.

Inte minst nu i newage-erans mörka tidsålder är det därför av yttersta vikt att kommentera dessa invändningar genom att lyfta fram en av de största upptäckter som gjorts de senaste decennierna inom naturvetenskaperna - *Om de fundamentala naturlagar som upptäckts av naturvetenskapen är giltiga kan det inte finnas någon bakomliggande uträkning av verkligheten.*

---

<sup>48</sup> Vic Stenger, pensionerad elementarpartikelfysiker, är den som varit mest vältalig i denna fråga och har startat ett diskussionsforum på internet, [avoid-l@hawaii.edu](mailto:avoid-l@hawaii.edu). Den som vill ta del av denna pågående diskussion kan begära av Vic Stenger själv att få vara med på adressen [vstenger@mindspring.com](mailto:vstenger@mindspring.com)

Ett annat sätt att uttrycka detta är, *att tro på Guds existens är inte i överensstämmelse med vår erfarenhet av naturlagarna*. Och detta inte bara i den banala meningen att Gud i så fall måste kunna sätta sig över naturlagarna, vilket de flesta religiösa människor ser som en grundtes (och religiösa vetenskapsmän fram till bara något decennium sedan kunde rättfärdiga sin samtida Gudstro och studier av naturlagarna med), utan i den mycket djupare meningen att *vår kunskap om naturlagarna motbevisar Guds existens*.

Som vi ska se i fjärde kapitlet som handlar om den ännu nyare fysiken bortom Standardmodellen så uppvisar verkligheten vid *gränsen* för det mätbara en spegelsymmetri mellan det stora och det lilla samt en odifferentierbarhet mellan icke-existens och existens. Men även *inom* det mätbara området, där allt som existerar *är* beräkning, uppvisar verkligheten en symmetri som matematiskt representeras med en Poincaré grupp och som i det här sammanhanget står för att det inte finns några särskilt utmärkande platser eller riktningar i rumtiden.

Den verkligt märkliga upptäckten var dock att denna symmetri, denna avsaknad av regler (det finns inga; "Om här, flytta dit!") leder till ett universum där per definition(!) våra kända naturlagar - där lagen att energi varken kan skapas eller förstöras eller lagen att energin är lika med massan multiplicerad med ljushastigheten i vakuum i kvadrat kanske är de mest kända - måste gälla! De är nämligen de självklara symmetrierna hos det perfekta tomrummet. I tomrummet kan inga riktningar urskiljas vare sig i rum eller tid. Likaså kan inga positioner eller avstånd och inga ögonblick eller tidsintervaller urskiljas. Slutligen kan inte vila skiljas från rörelse och inte likformig rörelse från accelererad rörelse.

Dessa självklara förhållanden som måste gälla i ett absolut intet har visat sig gälla på ett bakomliggande plan också för vår vanliga verklighet. De är bara omskrivningar för rörelsemomentets och rotationsmomentets konstans, för energins bevarande och den speciella och allmänna relativitetsteoris principer. Alla upptäckta naturlagar kan härledas till

bakomliggande symmetrier och strukturlöshet. Våra naturlagar är inget annat än uttrycket för verklighetens totala avsaknad av design. Total avsaknad av design kan definieras med dem!

Naturlagarna, och deras underliggande symmetrier, är alltså inte en del av verklighetens struktur, de är en manifestation av *avsaknaden* av struktur så när som på lokala öar i universum, där symmetrierna är brutna. Även om dessa lokala brott är mycket viktiga för oss, eftersom alla naturkrafter (till skillnad från naturlagar), all struktur och allt levande är ett resultat av symmetribrott (och den därpå byggande evolutionen), så är alla symmetribrott spontana i den meningen att de inte föredrar någon speciell "riktning".

## Intermezzo 2

Framväxande egenskaper som beror på tillfälliga situationers inneboende symmetrier, och därför inte kan härledas ur allmänna förhållanden, kan bilda fundament för förklaringar på allt högre nivåer. Om den yttre muren i en gammal fästning är två meter tjock beror det på att de som lät bygga muren en gång i tiden var rädda för att fiendearméer skulle tränga sig in. ”Rädsla” och ”fiendearméer” är framväxande egenskaper som fasthålls med hjälp av den memetiska evolutionen. Medan rädsla kan härledas bakåt till generna är begreppet fiendearméer enbart en kulturell enhet. För att förklara hur atomerna som bygger upp stenen i muren hamnat där i sådana mängder att muren är två meter tjock krävs därför mycket mer än kunskap om naturlagar.

Selektionseffekter uppkommer emellertid även inom fysiken. Om man sätter ut råttfällor för att fånga råttor är det knappast förvånande att man inte fångar större råttor än de som kan krypa in i fällan. På samma sätt är det föga förvånande att när kolbaserat liv i form av astronomer tittar ut i universum så ser det ett universum som kan producera kol. Om detta är en fundamental organisationsform för varje universum, eller resultat av spontana symmetribrott, framväxande egenskaper och evolution är däremot inte helt självklart.

Vad som är klart är att *kombinationen* av framväxande egenskaper, selektionstryck och naturlagar räcker för att förklara oss själva, våra gener och memer, matematiska modeller och vetenskapliga teorier.

### Vad tror jag på?

Memetisk ogräsbekämpning är en del av det vetenskapliga projektet: Vi lever av kunskapens grödor och har inte råd att låta vidskepliga växter frodas hur som helst.

## **Vilka frågor har jag?**

Redan som ung grubblare förstod jag att den medvetna simulering som är närvarokänsla närmast är att se som ett ingenjörskonststycke som väntade på att skapas i artefakter. Först då skulle man kunna förstå vad som krävs för att skapa närvarokänsla. Men först måste man kunna bygga in perception och mening i dessa artefakter.

Kan man kopiera närvarokänsla i maskiner genom imitering av genetiska och memetiska instruktioner?

## **Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?**

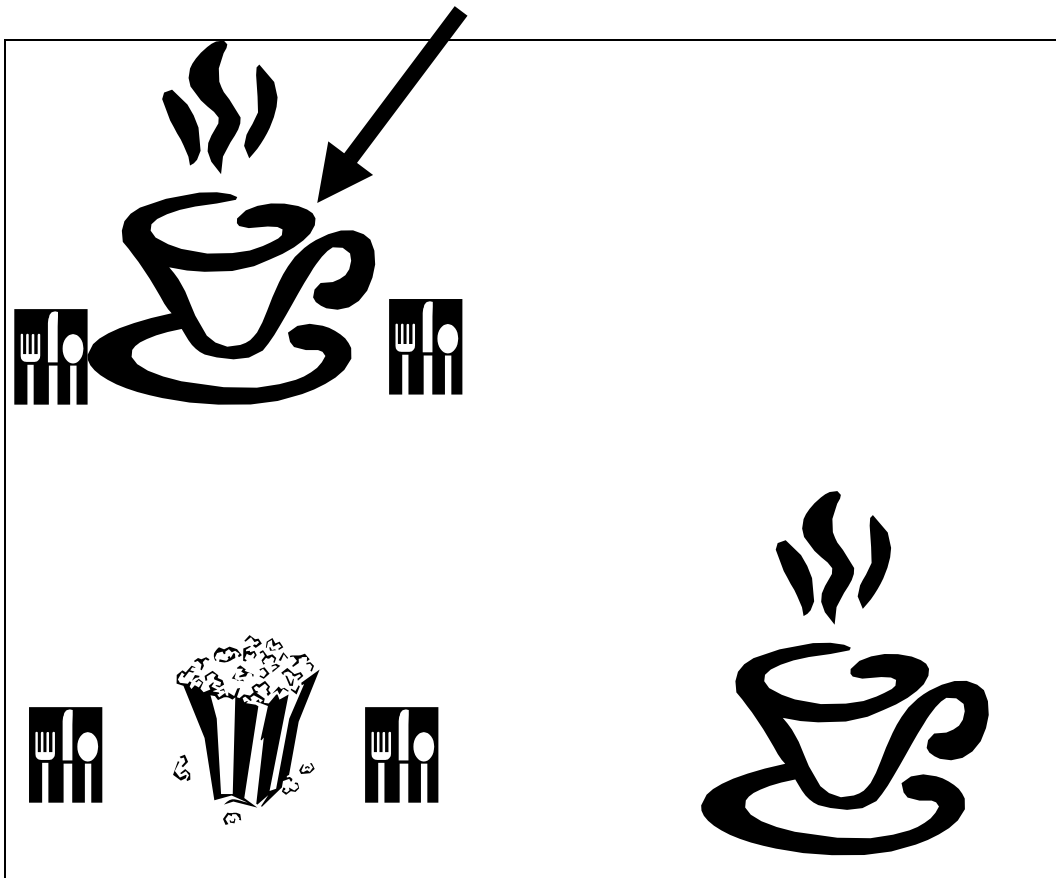
Svaret på frågan är självklart ett rungande ja. Om inte så vore fallet skulle det kvarstå ett mysterium, ett "mirakel", ett "gap" i verkligheten. Däremot verkar det mesta av AI-forskningen hamnat i återvändsgränder.

De intressantaste angreppssätten är i mina ögon de som växte fram i en grupp kring Douglas Hofstadter i mitten av 1990-talet, som anknyter till Jaynes tankar från mitten av 1970-talet om metaforer och språkliga överföringar. Hofstadter utgår från analogier som grundläggande för all perception, och därmed närvarokänsla, och inte bara i metaforisk, språklig mening.

Ett av projekten i gruppen var att skapa ett dataprogram som kunde reagera på en handling vid ett virtuellt kaffebord som liknade mänsklig imiteringsförmåga. Den som körde programmet kunde peka på en sak på det virtuella kaffebordet och utmana programmet genom kommandot: "Gör så här!"

Programmets uppgift var nu att peka på en sak på kaffebordet som översatte handlingen till det egna perspektivet.

Den som kör programmet har sin virtuella plats här.



Programmet har sin virtuella plats här.

Figur 3

Lägg märke till att det i ovanstående exempel (som är mitt eget) inte finns något "rätt" svar. Skulle du kära läsare peka på popkornspåsen, eller skulle du peka på kaffekoppen på programmets sida av bordet? Förhoppningsvis pekar du inte på samma kaffekopp som den som kör programmet pekar på!

Men har detta med närvarokänsla att göra? Som påpekats i kapitlet är känslor inte inlärd medelst imitation. Ett Bayesianiskt topologiskt landskap torde behöva bära upp det hela. Bayesianiska "övertygelsenätverk" är en stor del av många AI-

projekt. Här kan många fruktbara överkopplingar förhoppningsvis göras inom en nära framtid.

## Tredje kapitlet

### **STANDARDMODELLEN**

Vad är världen gjord av och vad håller ihop den? Den s k standardmodellen i fysik svarar på ett fullständigt och exakt sätt på den frågan. Standardmodellen delar upp värden i ett antal mindre bitar, 61 stycken för att vara exakt.<sup>49</sup> Ett allestädes närvarande brus i alla sammanhang där vi försöker uppfatta eller hålla kvar en signal är i sig ett argument för att världen måste ha minsta beståndsdelar. Våra minnen är dessutom bevis för att vi själva liksom världen omkring oss består av ett stort antal av dessa delar. Jag återkommer strax till detta, men vill först röja undan ett missförstånd om den nya *kvantfysiken* som är allmänt förekommande.

I vardagliga sammanhang och i klassisk fysik skiljer vi på föremål med hjälp av storlek, färg, form o s v, men vi kan också skilja på föremål som har samma utseende men som vi kan följa efter olika banor, som biljardbollar t ex. Mikroskopiska partiklar kan också skiljas med hjälp av egenskaper som massa, elektrisk laddning, spinn, men partiklar som är lika i dessa avseenden kan inte skiljas på med hjälp av att följa deras rörelser och riktning som vi kan göra med biljardbollar. De är fullständigt utbytbara och oskiljaktiga (uppvisar permutationssymmetri) och beskrivs inom kvantfysiken som kvanta i ett fält som består av en oerhörd stor mängd sådana identitetslösa partiklar och rör sig tillsammans som en våg. Kvantmekaniken bygger alltså på att rörelse hos partiklar måste beskrivas som en utbredningen av en vågfunktion och att infångandet av en partikel vid en mätning kan vara vilken som av partiklarna i vågen men man kan inte i förväg avgöra vilken. Detta innebär *inte* att verkligheten är slumpmässig i

---

<sup>49</sup> Enligt nobelpristagaren Murray Gell-Mann i *Kvarken och jaguaren*

mikroskopisk skala. De oskiljaktiga små partiklarna rör sig helt deterministiskt i en samlad vågrörelse. Så länge de rör sig i vakuum och inte stöter på omgivningen i form av mätapparatur och annat så är de exempel på ett naturligt system som visserligen består av delar, kvanta, men inte är delbart. Om så bara en enda av de oräkneliga små delarna fångas upp så upphör hela fenomenet. Kvantmekanikens ekvationer visar sig vara allmänna verktyg för att kalkylera med problem där kontinuerliga fenomen bara kan uppfattas som om de har diskreta sannolikheter. Abstrakta symmetrier, permutationssymmetrier, härledda ur fysiska förhållanden uppträder som logiska relationer.

*Alla* slumpfenomen i kvantfysiken är att härleda till kontakten med den klassiska omgivningen.<sup>50</sup> Kvantsystemet är odelbart och deterministiskt. Att omgivningen är klassisk betyder i det här sammanhanget att den är termodynamisk, med små urskiljbara delar. Bara ett system av en större mängd sådana delar är tillräckligt icke-reversibelt för att kunna lagra information, och därmed för att mäta eller uppfatta något över huvud taget.

Det påstås i en del litteratur att mätningar av kvantsystem leder till paradoxer på grund av deras odelbarhet. Om man väljer att se hela proceduren som ett system med ett kvantsystem och ett klassiskt system<sup>51</sup> så lagras information på ett visst sätt som sammanflätar de två systemen. Det är inte konstigare än att om jag vet att en viss tankspridd professor alltid har en röd och en blå strumpa på sig, så kan jag av att få syn på den röda strumpan på hans ena fot omedelbart förutsäga att han har en blå strumpa på den andra. Det är mina tidigare möten med professorn som gör min förutsägelse gångbar. Naturligtvis kunde historien varit en annan. Jag kanske hade sammanträffat med professorn under en

---

<sup>50</sup> Att det s k sannolikhetspostulatet i kvantmekaniken inte hör dit utan till beslutsteori har visats av David Deutsch i *Proceedings of the Royal Society* **A455**, 3129-3197 *Quantum Theory of Probability and Decisions* (1999)

<sup>51</sup> Med klassiska system menas för att vara noggrann *approximativt* klassiska system. *Alla* fenomen är egentligen kvantmekaniska. Det approximativt klassiska systemet är en del av en större verklighet som lämpar sig särskilt väl för informationsöverföring.

period i hans liv när han var gift och alltid hade samma färg på sockorna.<sup>52</sup>

Den klassiska mekaniken har alltså ersatts med kvantmekaniken som under tjugonde århundradet gav oss en fullständig lista över alla de egenskaper som bygger upp världen vi har omkring oss. Alla makroskopiska egenskaper är kombinationer av de mikroskopiska partiklarna och de värden de åsatts på egenskaperna massa, elektrisk laddning, spinn, arom, färg och olika spegelsymmetrier. Arom- och färgegenskaperna har inget med vad vi menar med de orden i vanliga fall att göra, utan är en sorts laddningar vid sidan av elektrisk laddning. Det finns sex aromer och tre färger fördelade på arton kvarkar, de elementarpartiklar som bygger upp alla atomkärnor i hela universum. Genom att dessa kvarkar utbyter åtta olika gluoner på ett sätt som beskrivs i kvantkromodynamiken utövas den starka kärnkraften. Det finns tre olika elektroner. Dessa påverkas inte av färgkrafterna i kärnan utan av den elektromagnetiska kraften via utbyte av fotoner (ljus) enligt kvantelektrodynamikens lagar. Men liksom kvarkarna förekommer i två olika aromer för varje färg har de tre elektronerna också var sin neutrino, som är oladdade partiklar som inte bryr sig om vare sig färg- eller elektrisk laddning men som har en arom som skiljer sig från elektronernas. När kvarkar tillsammans med elektroner och deras arompartners ändrar arom sker radioaktiva processer som brukar kallas svag växelverkan. Både den elektromagnetiska kraften och den svaga kraften varierar med arom och på sextiotalet formulerades ett slags kvantaromdynamik som kommit att kallas den elektrosvaga kraften och som sker genom utbyte av tre så kallade vektorbosoner. Gluonerna och fotonen tillhör också familjen bosoner. De är intermediära, kraftförmedlande partiklar till skillnad från fermionerna som är de partiklar man förknippar med materien. Varje fermion har en anti-partikel, som kan uppfattas som samma partikel som rör sig baklänges i rum och tid. Totalt

---

<sup>52</sup> Att det inte finns någon spöklig ögonblicklig verkan på avstånd, som Einstein trodde och därför var emot kvantmekaniken ända till slutet, har David Deutsch entydigt visat i *Proceedings of the Royal Society A456*, 1759-1774 *Information Flow in Entangled Quantum Systems* (2000).

finns då 48 fermioner och 12 bosoner. Dessa tillhör den egentliga standardmodellen, men för att tilldela alla partiklar sin massa, eller energiekvivalent, postulerar man ytterligare en partikel, Higgs partikel, som för närvarande jagas i partikelacceleratorer för att göra standardmodellen slutligt empiriskt belagd och komplett. Mer om detta i avsnittet partiklarnas partikel i nästa kapitel.

Allt detta kanske låter förvirrat och av föga intresse för oss vanliga dödliga, men i själva verket ger kombinationer av dessa partiklar alla makroskopiska egenskaper vi känner till. De bestämmer föremåls form, storlek, täthet, styvhet, färg och arom (i vanlig betydelse), varför vatten rinner i rumstemperatur, varför guldet blänker, varför dina muskler fungerar som de gör och alla fysiska, kemiska och biokemiska processer och tillstånd över huvud taget. Och de gör det med en precision som är oöverträffad i vetenskapens historia. Standardmodellen verkar ge mer exakta svar än vad som är möjligt att mäta med dagens teknik. I själva verket ger kvantfysiken oss också en *minsta möjliga mätbara längd*. Den kallas Plancklängden. Den gör att vi aldrig ens i princip samtidigt kan mäta en partikels hastighet och dess position exakt. Ett annat sätt att uttrycka det är att vi bara kan observera, mäta, diskreta tillstånd – såsom rörelsemängd och position – men inte rörelsen själv. Däremot innehåller teorin en matematiskt exakt beskrivning av rörelse som en våg som utbreder sig kontinuerligt i ett matematiskt rum med ett oändligt antal dimensioner. Vissa beräkningar av mätbara storheter utifrån denna våg ger kontinuerliga värden andra enbart diskreta, men orsaken till att kvantfysiken kallas just kvantfysik är att alla observerbara variabler bara kan mätas i ett givet experiment på ett ändligt antal diskreta sätt, på ett partikulärt sätt. Summerar man nittonhundratalets fysik på kortast möjliga sätt verkar man kunna fastslå, att kan vi observera det är det en partikel och kan vi beskriva det är det en beräkning.

## ONTOLOGI

Som vi upptäckte i första kapitlet är allt vi har mer eller mindre väl grundade förväntningar om beroende av andra grundade förväntningar. Vi ska nu se lite på beroendeförhållanden som fysiker normalt talat tyst om, men som är viktiga att dra fram i ljuset när vunna kunskaper tillämpas på kosmologiska frågor som universums uppkomst och öde. Därefter avslutas kapitlet med några kosmologiska modeller som kan härledas ur just standardmodellen och tolkningar av den.

Vilka grundläggande (ontologiska) antaganden om världen ligger bakom den summeringen av kvantfysiken jag gjorde i slutet på avsnittet om standardmodellen?

### Determinismens beroendeställning

Det är intressant att konstatera att rörelsens kontinuitet *förutsätts* i den nya fysiken trots att den enligt densamma aldrig kan observeras. Någon kanske drar sig till minnes Zenos paradox: Om man börjar förflytta sig mot ett mål måste man först förflytta sig halva vägen och sedan halva vägen av den återstående halva vägen och därefter halva vägen av den återstående fjärdedelen av den ursprungliga vägen. Är världen kontinuerlig skulle denna process pågå i evighet, tänkte sig Zeno, och därför är rörelse omöjlig! Men ett oändligt antal vägstuppar behöver inte resultera i en oändligt lång väg. Oändliga serier har ofta ändliga gränsvärden. Summan  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2}$  är 0,75. Summan  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2}$  är 0,875. Summan  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2}$  av  $\frac{1}{2}$  är 0,9375. Ju längre man gör denna serie med summeringar av hälfter av hälfter ju mer närmar sig summan talet 1. Gränsvärdet vid en oändlig serie är just 1. Om inget oförutsett ska kunna hända när man tar diskreta steg gång efter gång *förutsätter* det en underliggande kontinuitet. Detta betyder att om du vill att sekundvisaren på din klocka ska kunna ticka fram en sekund utan att det ska behöva krävas ett mirakel så är det nog

bäst att den underliggande verkligheten är kontinuerlig. Jag har tidigare hävdad att den som använder en klocka måste bekänna sig till determinismen för att vara konsekvent (och bekänna sig till en modell för sunt förnuft där konsekvent beteende är rationellt och önskvärt).

Förutsättningen av ett omätbart kontinuum bakom standardmodellens partikelflora är alltså självklar i all den stund man inte vill förlita sig på mirakler.

### **Beräkningsteorins beroendeställning**

Beräkningsteori har vuxit fram som vetenskaplig disciplin i och med datorernas intåg. Digitaliserad informationsbehandling hade ju emellertid uppfunnits långt innan av den biologiska evolutionen med sin digitala DNA-kod. Att naturen tillhandahöll diskreta och varaktiga byggstenar var naturligtvis en ännu mer grundläggande förutsättning. Men hur har denna digitalisering uppkommit när naturen är kontinuerlig till sin grund. Det är en ganska remarkabel upptäckt som gjorts vad gäller elementarpartiklar att även om de är oskiljbara så är de räknebara, det har i sin tur att göra med att de är utbytbara, har permutationssymmetri, vilket i sin tur är ett annat sätt att säga att de har spinn. Spinn är nämligen liksom all rotation utbyte av positioner mellan delar av ett system. Både kvantifieringen i sig och det statistiska uppträdandet av partiklar härrör således från en fundamental rörelseform som för övrigt är fundamental också i den allmänna relativitetsteorin. Det är kanske inte så konstigt att naturen beter sig som vi beskriver den i standardmodellens och relativitetsteorins beräkningar.

### **KOSMOLOGIN**

Det kanske verkar underligt att standardmodellen för elementarpartiklar och deras växelverkan skulle ha någon som helst betydelse för det kosmologin studerar, nämligen alltihop på

en gång, hela universum. Men studiet av det största växelverkar på ett mycket fruktbart sätt med studiet av det minsta. I en av meningarna i beskrivningen av standardmodellen råkar jag nämna att det finns tre elektroner. Någon läsare reagerade säkert på detta. Det finns tre elektroner i den meningen att det finns två partiklar som är identiska med elektronen så när som på deras massa. Det är myonen och taunen. Deras arompartners heter myonneutrino och tauneutrino för att skilja dem från den vanliga neutrino som är elektronens arompartner. Man kan tala om tre familjer av elektronliknande partiklar. Även på kvarkarnas område finns det tre familjer. Det är bara uppkvarkar och nerkvarkar som finns i vanliga protoner och neutroner. Men det finns två kärnpartikelfamiljer till. En som består av särkvarkar och charmkvarkar och en som består av bottenkvarkar och toppkvarkar. Visserligen är den vanliga materien på jorden begränsad till den första familjen, både vad gäller elektroner och kvarkar, men i andra delar av universum och då speciellt vid dess heta början kanske det inte var på det sättet. Och eftersom det gick hetare till i universums begynnelse än vad det gör i fysikernas partikelacceleratorer kanske det inte räcker med tre familjer. Men det visar sig att det gör det och att det kan beläggas med astronomiska observationer.

Det visar sig att de mängder helium, deuterium och litium som förekommer i universum står i en relation till varandra som *kräver* att det bara finns tre neutriner i naturen.<sup>53</sup> Slutsatsen är att det inte finns fler än tre familjer elementarpartiklar. Men bortsett från sådana samband mellan stort och smått har man också använt sig av standardmodellens sätt att beskriva elementarpartiklarnas tillstånd för att beskriva hela universum. Hur går det till?

## Den fria lunchen

---

<sup>53</sup> Här ser man tydligt styrkan hos matematiken. En matematisk modell för de minsta partiklarna medger en beräkning som kan bekräftas med astronomiska observationer.

Det förhållande att man inte kan mäta en partikels läge och rörelsemängd exakt samtidigt, gör att partiklen kan befinna sig i ett oändligt antal *kvanttillstånd*. Om man nu har t ex två elektroner och bestämmer sig för att följa den ena av elektronerna säger man att man ”summerar över” alla lägen och rörelsemängder för den andra elektronen och den situation som då erhålles kallas ett ”blandat kvanttillstånd”. Universum som helhet däremot kan befinna sig i ett ”rent kvanttillstånd”. Gell-Mann<sup>54</sup> liknar detta tillstånd vid en bok som innehåller svaren på alla frågor. Det gäller bara att lära sig ställa frågorna.

En sådan fråga är: Hur uppkom universum? Det brukar sägas att det inte finns några fria luncher, men om frågan om universums uppkomst över huvud taget ska ha någon mening måste universum självt vara den ultimata fria lunchen. Universum har vi fått för ingenting! Det vill säga vid sin början bör universum ha uppkommit ur *absolut ingenting*. Med det menas inte något tomt rum. Det får inte ha funnits något rum. Med det menas heller inte att själva rummet uppkommit vid en viss tidpunkt. Det får inte ha funnits någon tid. Kan man föreställa sig en början utan en början?

Om man heter Stephen Hawking och är vår tids störste kosmolog och har jämförts med Einstein kan man det och har skrivit en av vår tids mest spridda populärvetenskapliga böcker om det.<sup>55</sup> Vågfunktionen för ett vanligt kvanttillstånd inom kvantmekaniken beskrivs med en berömd ekvation som kallas Erwin Schrödingers ekvation efter sin upphovsman. Det finns en omformning av denna ekvation som först skrevs ner av de amerikanska fysikerna John A. Wheeler och Bryce S. DeWitt som beskriver vågfunktionen för universums rena kvanttillstånd. Ekvationen innehåller en övergångsfunktion som ger sannolikheten för att bestämda förändringar ska äga rum i universums rena kvanttillstånd.

---

<sup>54</sup> Murray Gell-Mann *Kvarken och jaguaren*

<sup>55</sup> Stephen W, Hawking *Kosmos – En kort historik*

Det är nu lämpligt att dra sig till minnes att tid är det man mäter med någon form av klocka. Ett pendelurs visare talar om hur många gånger pendeln har svängt. I universums historia finns många naturliga ”pendlar” som kan användas för att hålla reda på hur en särskild konfiguration av universums kvanttillstånd ”ligger till i tiden” i förhållande till andra. Man kan tänka sig bilden av en kortlek med en tidstämpel på varje hjärterkort. De tre övriga färgerna får representera de tre dimensionerna i rummet. Det intressanta är nu att när vi går bakåt i tiden och närmar oss universums början är det som om tidstämpeln blir suddigare och suddigare och vi har till sist bara kortlekens vanliga figurer att sortera den efter. Även hjärterkortet representerar nu en rumsdimension. Att fråga efter tiden blir då som att fråga efter vad som ligger norr om nordpolen. Det fina i kråksången är emellertid att vi med hjälp av Wheeler-DeWitt-ekvationen fortfarande kan hitta övergångsfunktionen som ger sannolikheten för att universum ska övergå från ett tillstånd till ett annat. I vår dubbla analogi är det som att hitta sannolikheten för att ”kortlekens nordpol” ska uppkomma från intet. Den klumpiga dubbla analogin står för att kvantfysikens universum visserligen har uppkommit med en viss förväntad sannolikhet som vi kan beräkna, *men* det finns inget skapelseögonblick och heller inte någon skapelsepunkt!

### **Inflation och Big Bang**

De flesta har idag hört talas om den modell för universums utveckling som fysikerna kallar Big Bang. Modellen beskriver att galaxer ska röra sig bort från varandra (som russin i en jäsande deg) med en hastighet som är proportionellt större ju längre ifrån varandra de är. Denna förutsägelse är själva orsaken till namnet och har bekräftats i ett otal observationer. Den korrekta förutsägelsen, av mängden lätta element (helium, deuterium och litium) i universum, har redan beskrivits. Enligt modellen ska hela universum också uppfyllas av ett bad av kosmisk

bakgrundsstrålning som är en historisk rest av kärnreaktioner i universums heta början. Vilken temperatur och andra egenskaper detta strålningsbad bör ha kan beräknas utifrån standardmodellen för elementarpartiklarna som ingick i kärnreaktionerna. Bakgrundsstrålningen observerades först 1965 och dess temperatur överensstämde med den beräknade. De övriga egenskaperna hos bakgrundstrålningen kunde mätas först med satelliten COBE (Cosmic Background Explorer). De överensstämde så förbluffande väl med förutsägelseerna att upptäckten kablades ut över världen 1992 under rubriker som ”Den största vetenskapliga upptäckten genom tiderna”. Det var i vilket fall som helst en strålande bekräftelse på såväl standardmodellen för elementarpartiklarna som standardmodellen för universums utvidgning.

Från att ha varit en teori bland många är nu Big Bang den allmänt accepterade modellen för universums utveckling från det att universum var en sekund gammalt fram till idag. Men teorin kan inte förklara varifrån energin kom som gjorde att det ”small” någonstans där inom den allra första sekunden. Modellen kräver också att vissa parametrar var mycket fininställda vid tidpunkten för den stora smällen för att universum ska se ut som det gör idag. Tjugo år före millennieskiftet lanserade fysiker i USA, dåvarande Sovjetunionen och Japan oberoende av varandra en teori som både gav smällen sin energi och inte krävde att universum började på något speciellt sätt bland mer eller mindre sannolika konfigurationer. De beskrev alla en modell där universum genomgår en period som kommit att kallas *inflationistisk*.

Om du tänker dig en skrynklig ballong som du blåser upp (inflate = blåsa upp) så försvinner alla skrynkligheter och om du kunde blåsa upp den riktigt stor blir dess krökning allt mindre dessutom. Om du nu undersöker en liten, liten del av ytan på den uppblåsta ballongen är den platt (så gott som) och utan varje spår av information om ballongens storlek, skrynklighet eller krökning innan du började blåsa upp den. På motsvarande sätt suddar den inflationistiska perioden i det tidiga universum helt bort spåren



miljoner miljoner miljoner miljoner miljoner miljoner<sup>56</sup> partiklarna i det observerbara universum. Det observerbara universum är ett klot med oss i mitten med ungefär femton miljarder ljusårs radie. Den del av det expanderande universumets vars signaler hunnit fram till oss sedan fasövergången. Men inflationen blåste upp en mikroskopisk skärva till en storlek som redan före fasövergången var mycket större än vårt observerbara universum femton miljarder år senare.

Det som ibland brukar kallas det synliga universum, eller helt enkelt universum i vanligt tal även bland astronomer, är alltså försvinnande litet i totaliteten. Att kalla det synligt visar sig också vara en sanning med mycket stor modifikation. En av konsekvenserna av dess inflationistiska början är att huvuddelen av materien i vårt synliga universum är osynlig, mörk materia. Det kanske inte låter så märkligt. Det finns ju en massa stenbumlingar där ute i rymden som inte lyser som stjärnor precis. Men *vanlig* materia byggd på protoner och neutroner står tillsammans med strålning som vi kan observera för mindre än 5% av den totala energin i universum enligt nuvarande uppskattningar. Så vårt vanliga universum förminskas alltmer i jämförelse.

<b>Strålning</b>	<b>0,005%</b>
<b>Vanlig synlig materia</b>	<b>0,5%</b>
<b>Vanlig ickestrålande materia</b>	<b>3,5%</b>
<b>Mörk exotisk materia</b>	<b>26%</b>
<b>Mörk energi</b>	<b>70%</b>

Tabell 1. Procentuell andel av olika uppskattade energiformer i universum i en artikel av Ostriker och Steinhardt i januari numret av *Scientific American* 2001

---

<sup>56</sup> En etta följd av åttio nollor. Antalet är en uppskattning av Hawking i *Kosmos – En kort historik*

De senaste versionerna av inflationsteorin åstadkommer ytterligare en perspektivförflyttning åt det tillnyktrande hållet. Det visar sig, när alla symmetrier som är inbyggda i standardmodellen för elementarpartiklar tas med i beräkningarna, att det med största sannolikhet inte är allt falskt vakuum som hinner övergå i sant vakuum, utan att området med falskt vakuum expanderar exponentiellt runt om det område som bildar det universum där vårt synliga universum bara är en pytteliten del. Dessutom upprepas denna bild, ett ”vanligt” universum omringat av ett vilt expanderande falskt vakuum, som en oändlig holografisk självgående process.

I nästa avsnitt tar jag med läsaren på ytterligare ett steg som till synes förintar varje tanke på vår egen betydelse. Det ska emellertid, hoppas jag, visa sig vara tvärtom. Det finns många fler världar.

## **Många världar**

Som anmärkts tidigare använder sig kvantfysiken av en matematisk beskrivning av rörelse som något som pågår i en rymd av oändliga dimensioner. Den fysiska tolkningen av denna abstrakta rymd har inte bekymrat partikelfysikerna särskilt mycket, men desto mer kosmologerna. Vad den berömde kosmologen Lee Smolin kallat den ”konventionella tolkningen inom kosmologin”<sup>57</sup> är att det finns ett oändligt kontinuum av universa och att det abstrakta matematiska rummet i själva verket representerar ett multiversum. Vi måste vara noga med att hålla det oändliga antalet universa i den holografiska inflationen skild från det oändliga antalet universa som så att säga existerar parallellt med varje annat universum i den bilden.

Vad ryms inom denna större verklighet? Jo det finns en oändlig mängd parallella världar till vår egen. Och då menas exakta kopior ner till minsta elementärpartikel av hela vårt

---

<sup>57</sup> Lee Smolin *Three Roads to Quantum Gravity*

universum! Sedan finns det en oändlig mängd världar som skiljer sig från vårt universum bara med positionen hos en enda elementarpartikel. Sedan finns det en oändligt mycket större oändlig mängd andra världar som skiljer allt från två elementarpartiklars läge till total oigenkännlighet visavi vårt universum. *Men alla dessa världar följer kvantmekanikens rörelselagar.*<sup>58</sup>

Ett universum med ett speciellt värde på en viss egenskap existerar alltså i en oändlig mängd. Denna mängd är ändock en otroligt liten del i den oändligt mycket större mängden - multiversum. Andelen är dock inte noll utan ett bestämt värde, men ett värde som till skillnad från alla mätbara värden förändras kontinuerligt. Det finns inga mätbara kontinuerliga övergångar. Det gäller inte bara numera välkända förhållanden, som att ljuset inte är en kontinuerlig ström utan består av fotoner, utan också sådant som avstånd – d v s fysiskt, mätbart avstånd till skillnad från abstrakta avstånd i abstrakta rymder. Inom varje universum kan ingenting anta en oavbruten räckvidd av värden utan endast diskreta värden - men ingenting förändras från ett diskret värde till ett annat! Det är enbart andelen världar där något antar det ena värdet eller andra som förändras med kontinuerliga (oavbrutna, utan "hopp") värden tillgängliga. Och i inget universum registreras "själva hoppet".

Varje partikel i ett universum finns i ett oändligt antal identiska kopior i multiversum som är utbytbara i den mening vi beskrivit tidigare, vilket alltså innebär att multiversum i någon mening roterar medan varje observatör i något av de ingående universumen bara kan registrera rörelse som statistiskt fenomen. Den rörelse som kan härledas till påverkan från andra universa inskränker sig dessutom till interferens mellan praktiskt taget identiska parallella sådana. Det betyder att 99,999999999999.....99% (till ett näst intill obegränsat antal decimaler) av multiversum är principiellt omöjligt att observera.

---

<sup>58</sup> En mycket upplysande artikel i ämnet skriven av de två fysikprofessorerna Max Tegmark och John A Wheeler återfinns i februariumret 2001 av *Scientific American*

Vi verkar ha nått en nivå av fundamental obetydlighet. Inget som händer oss är ursprungligt, utan en illusion av statistisk karaktär. Ställ detta emot hur de gamla grekerna tänkte. Aristoteles försökte urskilja en fundamental fysisk egenskap hos livet som skilde ut det från icke-levande materia, nämligen ursprunglig rörelse.

Vi vet idag att det är fel. Tunga atomkärnor kan vara oförändrade i miljarder år för att sedan, utan yttre stimulus, plötsligt falla samman i vad som i Aristoteles mening måste betecknas som en ursprunglig rörelse. Men ingen skulle komma på tanken att tillskriva dem liv. I själva verket kommer knappast några moderna tänkare på tanken att tillskriva livet någon fundamental fysisk egenskap över huvud taget. Alla egenskaper hos liv kan finnas i död materia och tvärtom.

Men Aristoteles hade rätt! Det finns en fundamental fysisk egenskap som urskiljer levande materia från allt annat. Men inte förrän många-världar tolkningen av kvantmekaniken fanns tillgänglig gick det att bestämma denna fysiska egenskap.

Ett sätt att beskriva idén om parallella världar är att tänka sig att varje universum kan beskriva ett oändligt antal historier. I vissa världar inbegriper historien biologiskt liv byggt på reproduktion av DNA. Det har ganska nyligen upptäckts att generna är mycket utspridda och att det mesta av DNA är ”skräp”, men att ”skräpet” kan ses som ett ”historiskt arv”. I varje universum förändras molekyllängderna i DNA slumpmässigt genom mutationer. Ofta finns identiska sekvenser på olika ställen på kedjan, men bara en fungerar som gen. I världar som liknar vår finns levande organismer parallella till våra egna i liknande miljöer. Om vi kunde titta på sekvenserna i deras DNA skulle vi upptäcka att av två identiska sekvenser i vårt exempel av fungerande *gen* och skräp kan vi bara återfinna den fungerande delen. Skräpsekvensen är genom mutationseffekter slumpmässigt olik i alla andra världar än vår egen.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> Det finns fysiker som hävdar att bara fotoner kan befinna sig i flera olika världar samtidigt och att alla spekulationer om många världar för biologiska varelser är nonsens. Men idag är det få

Det naturliga urvalet har behållit den fungerande sekvensen på sin rätta plats i alla närbesläktade världar, medan skräpsekvensen speglar de olika historiska tillfälligheterna i parallella historier i parallella världar. Den fungerande gensekvensen är däremot en mellanuniversell kristall! Detta är livets *fysiska* egenart och ett unikum i multiversum.<sup>60</sup> Långt ifrån att vara ett obetydligt kemiskt skum i ett obetydligt universum på en obetydlig planet som det i vissa naturvetenskapliga kretsar varit fashionabelt att försöka chockera meningslängtande människor med att människan är, så är vi en del av den mest storskaliga av alla strukturer som skulle kunna upptäckas av ett magiskt teleskop riktat mot multiversum.



---

unga fysiker som tvivlar i och med att de empiriska bevisen hopas. Förutom fotoner har man experimentellt lyckats visa att atomer kan hållas åtskilda i olika världar. Interferensfenomenen som resulterar har också upprepats med molekyler, t o m med komplexa kolsammansättningar. En forskargrupp i Wien planerar nu att göra experiment med virus. Skulle de lyckas är tolkningen många världar/många medvetanden av kvantfysiken närmast oundviklig (åtminstone om man antar att virus har ett slags rudimentärt medvetande).

<sup>60</sup> Denna koppling mellan evolutionen och kvantteorin beskriver David Deutsch i *The Fabric of Reality* som en av de mest förvånande upptäckter han gjort. Den som vill diskutera dessa frågor på internet kan göra det genom att skicka ett blankt meddelande till adressen [Fabric-of-Reality-subscribe@egroups.com](mailto:Fabric-of-Reality-subscribe@egroups.com)

Det finns de som hävdar att man inte bör tolka den matematiska konstruktionen på detta påtagliga sätt, men det hindrar naturligtvis inte de som redan försöker göra teknik av den. Jakten på att bli först med en kvantmekaniskt fungerande dator - där olika beräkningarna görs i ett oändligt antal parallella världar för att i slutändan återförs till ett och samma resultat i alla dessa världar - är redan igång och är ett sätt att tekniskt försöka utnyttja denna underliga beskaffenhet hos världen.<sup>61</sup>

Inte minst militären tar detta på stort allvar. Alla säkra metoder för att kryptera meddelanden bygger idag på antagandet att det är omöjligt att faktorisera de stora tal som används som nycklar i dessa meddelanden. Dessa metoder har ansetts säkra därför att för att faktorisera ett tal med 250 siffror skulle krävas att man kunde koppla ihop 10 upphöjt i 500 datorer. Då ska man veta att det bara finns 10 upphöjt till 80 atomer i hela det synliga universum!

En kvantmekaniskt fungerande dator har emellertid ett oändligt antal kopior av sig själv att dela beräkningarna med och faktoriseringen av stora tal blir en barnlek och samtidigt beviset på att de parallella världarna existerar - för var skulle annars alla dessa beräkningar äga rum?

Men även om det inte existerar fullt utbyggda kvantmekaniska datorer än så existerar motsvarigheter till vissa av de delar en vanlig dator är uppbyggd av, logiska portar. Det är bara det att en kvantmekanisk logisk port utnyttjar att det finns flera världar. En typisk logisk port i en vanlig dator är en som alltid omvandlar en inkommande signal till sin motsats. Anta att jag kastar en slant och får upp ”signalen klave”. Jag har anställt en person som ska simulera en port av ovannämnda slag. Han plockar upp slanten, vänder på den så att ”krona” kommer upp, och skickar den tillbaka till mig. Hade jag fått upp ”krona” skulle han ha vänt upp ”klave” naturligtvis. Om jag kastade slanten väldigt många gånger och min anställde gjorde sitt jobb felfritt

---

<sup>61</sup> Föga förvånande visade det sig vid en informell opinionsmätning bland deltagarna på en konferens om kvantdatorer vid Isaac Newton institutet i Cambridge 1999 att en övervägande andel av deltagarna ansåg att många världar tolkningen av kvantfysiken var den enda tänkbara.

skulle den slant han skickade vidare i 50% av fallen ha "krona" upp och i 50% av fallen ha "klave" upp.

Om min gode anställda istället skickade vidare slanten till en tvilling till mig som hade anställt en tvilling till min anställda som skulle upprepa hela proceduren och skicka tillbaka slanten till mig och vi upprepar denna procedur tillräckligt många gånger så är det väl uppenbart att den slant jag fick mig tillskickad i 50% av fallen fortfarande skulle ha "krona" upp och i 50% av fallen "klave" upp. Däremot skulle jag inte längre kunna förutsäga krona eller klave som slutresultat i de enskilda fallen. Om de istället för att vara "seriekopplade" till oss använde en egen slant och utförde hela processen parallellt så skulle sannolikheten för antalet "krona" upp eller "klave" upp på slantarna tillsammans fortfarande vara densamma, 50% av vardera. Och jag skulle bara kunna förutsäga att min egen slant hade fått omvänd "signal", men inga korrelationer med parallellfallet.

Men om man kunde använda *samma* slant i parallellfallet? Detta är vad som händer i en kvantdator med denna typ av logisk port. När samma slant singlar i två parallella världar, är det inte bara våra tvillingar, utan identiska kopior till mig själv och min anställda som singlar respektive vänder på slanten. Fortfarande blir resultatet detsamma. Men om vi låter även "seriekopplingen" ske parallellt med samma slant och med identiska tvillingkopior så uppstår förstärkningar när processen är i fas och utsläckningar när den är i helt motsatt fas. Den underliga effekten blir att i varje parallell värld är det *alltid* på det sättet att när jag kastat "krona" och slanten fått gå hela vägen genom min anställdes och tvillingarnas hantering så skulle jag få tillbaka den med "klave" upp och tvärtom, "krona" om jag kastat "klave". I motsvarande figuration av logiska portar i en vanlig dator har jag ingen aning om vilken signal jag får tillbaka, även om jag vet vilken signal jag skickar in, bara att det är lika stor chans för bägge. Exemplet visar att det finns informationsvinster att göra redan vid rudimentärt fungerande kvantdatorer.

Försök är på gång som visar att t ex budgivningen i bridge skulle kunna ge spelarna betydligt mycket mer information

om varandras händer med samma antal bud om bara spelarna hade tillgång till var sin kvantdator. Det vore inte fusk. Spelarna kunde fortfarande bara ge signaler till varandra genom normal budgivning. Däremot skulle det se ut som tankeläsning!

### Intermezzo 3

När jag sitter vid köksbordet och dricker en kopp te sammanflätas mina faktiska handlingar med min upplevelse av dem på så sätt att jag skulle svara att jag sitter och dricker te om någon frågade. I själva verket är mitt multiversella jag inblandat i ett otal olika, men var och en på sitt håll, lika verkliga situationer. I en del världar dricker jag kaffe. I en del världar gör jag helt andra saker. Det är kvantfysikens lagar som gör att verkligheten skiktat sig i parallella historier. I varje historia korresponderar upplevelserna (åtminstone approximativt) med den bakomliggande fysiska verkligheten, medan vi inte upplever alls de andra historierna med sina upplevelser som korresponderar med deras fysiska verklighet.

Det är detta som motiverar att vi pratar om varje skikt som ett universum, och om de andra skikten som parallella universa.

Men vad händer där system inte är sammanflätade. Där oskiljaktiga små partiklarna rör sig helt deterministiskt i en samlad vågrörelse. Så länge de rör sig i vakuum och inte stöter på omgivningen i form av mätapparatur och annat (sinnesorgan t ex) så skiktat sig inte verkligheten på detta parallella sätt utan man bör enligt Deutsch istället för parallella universa där tala om multipla universa.

Den fundamentala insikten vad gäller multiversum är att det på samma sätt som standardmodellen inte kan beskrivas enbart med hänvisning till antalet punktpartiklar (i multiversum kan ju varje universa uppfattas analogt med en punkt i ett kontinuum), så kan multiversum inte beskrivas med hänvisning enbart till ett antal universa utan det har en hel del struktur utöver summan av alla universa. Som Deutsch säger så är kvantteorin just en teori för fysiken i multiversum.

### **Vad tror jag på?**

De olika världarna i kvantteorin har samma ontologiska och epistemologiska status som standardmodellens kvarkar t ex. De är precis lika verkliga och de ingår lika oundgängligt i kvantteorin och kan inte plockas bort utan att man överger den framgångsrikaste fysikaliska teori som någonsin upptäckts.

### **Vilka frågor har jag?**

Om det nu är så att min biografi bara är en bland en massa andra mer eller mindre parallella historier, hur kommer det sig då att mina bekanta tycks leva i samma historia som jag? (De flesta av dem vill säga. En del, särskilt de kvinnliga, verkar leva i en annan värld!)

### **Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?**

Svaret har att göra med informationsspridning. Olika universa kan "korsa" varandra i den meningen att de i vissa stycken delar på samma information. Men varje parallellt universum är ett skikt med inom sig optimal informationsspridning. David Deutsch modellerar detta med hjälp av nätverk av tänkta kvantdatorer. Det har därmed också att göra med Bayes teorem, som vi såg i första kapitlet. Det har att göra med någonting kvantteoretikerna kallar "mått".

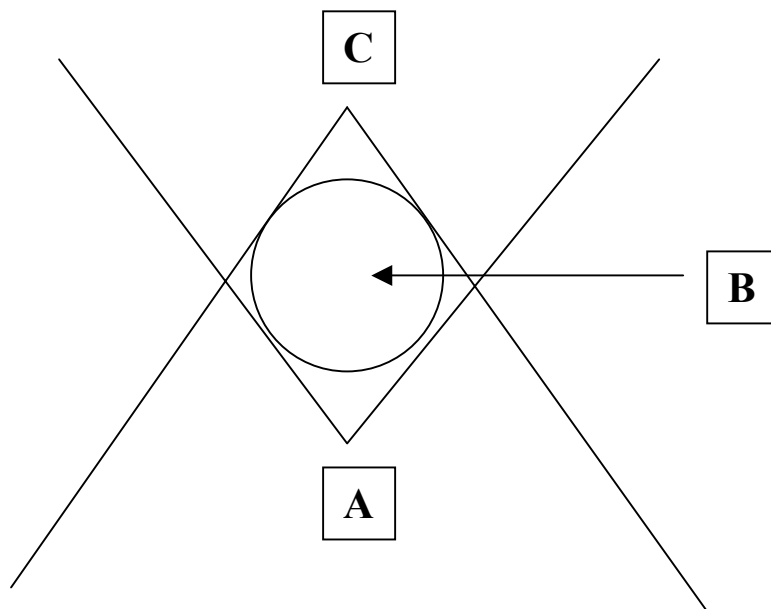
Jag och mina bekanta befinner oss på en "gren" av multiversum med approximativt identiska historier. Tack vare "tjockleken" på grenen, dess "mått", är sannolikheten, beräknad med Bayes teorem, försvinnande liten att inte jag och mina dubbelgångare och mina bekanta och deras dubbelgångare skulle uppleva "samma" universum.

Som den noggranne och eftertänksamme läsaren inser av detta är det under förutsättning att medvetandet också mångdubblas och inte bara dess informationsunderlag. Men som

vi sett är det bara approximativt klassiska termodynamiska fysiska system som kan lagra information. Är då medvetandet fysiskt?

Ett problem är själva frågan. På svenska betyder medvetande detsamma som både det engelska *mind* och *consciousness*. I den bokstavliga betydelsen av att vara något som innehåller vetande, är det klart att medvetandet sitter i hjärnan och följer alla kvantfysikens lagar. Men i betydelsen *närvarokänsla*, att inte bara uppleva den blodröda solnedgången utan också att uppleva att man upplever den, är det till synes inte lika självklart.

Filosofen Michael Lockwood menar att i den mån *närvaro* kan påverka någonting har det en fysisk position. Energi kan bara transportera information med som högst ljusets hastighet. Man pratar därför om ljuskoner. Jag kan bara påverkas av det som ligger inom min ljuskon och jag kan i min tur bara påverka sådant som har mig inom sin ljuskon. Om korrelationen av två fysiska händelser beror på min *närvaro* kan den närvaron, oavsett vad den består av, låsas in mellan två koner.



Figur 4. Ljukonerna till händelserna A och C som är korrelerade genom den ”andliga” händelsen B låser in B till en fysisk position någonstans inom cirkeln.

Deutsch tror att en bättre förståelse även av medvetandets *närvarokänsla* kräver en bättre förståelse av hur kvantteorin och den allmänna relativitetsteorin kan uppfattas mot en gemensam bakgrund även om hjärnan i sig bara är att funktionellt betrakta som ett klassiskt termodynamiskt system.

## ANDRA DELEN

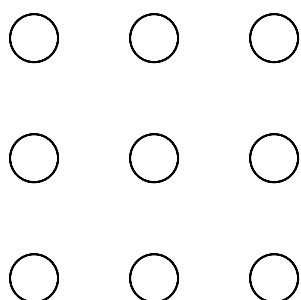
*"Mänskligheten synes mig vara en strålande början men inte sista ordet."* Freeman Dyson

## Fjärde kapitlet

### ***BORTOM STANDARDMODELLEN***

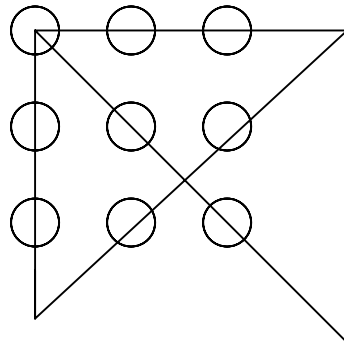
Om nu standardmodellen tillhandahåller alla legobitar vi behöver för att bygga upp den verklighet vi känner till så kan man undra varför naturvetenskapen fortsätter att pröva sig fram med nya legoset. Det viktigaste skälet är att den inte tycks gå att förena med den allmänna relativitetsteorin. Den allmänna relativitetsteorin är den andra pelaren vilken den moderna naturvetenskapens hela byggnad står och faller med. Pelarna stöder två tämligen fristående delar av byggnaden. Det innebär att i de fall man behöver standardmodellens beräkningar kan man bortse från effekter som enbart kan beräknas med den allmänna relativitetsteorins ekvationer och tvärtom. Varför då bråka? Varför göra om fundamentet om byggnaden är stabil?

Det finns två skäl. Det ena är estetiskt. Det andra är praktiskt. Vi börjar med estetiken. Anta att någon ber dig rita räta linjer genom all nio cirklarna på figuren nedan utan att lyfta pennan. Hur många räta linjer behöver du använda?



Figur 5

Om du inte ställts inför detta problem tidigare svarar du förmodligen fem. Men visst vore det kittlande att kunna göra det med färre linjer? Det finns en vacker lösning med bara fyra linjer (se Figur 6). Det som krävs för att se den är att gå bortom den figur som tycks tränga sig på av själva arrangemanget av cirklar. På analogt sätt finns det en tänkbar lösning på problemet att sammanföra relativitetsteorin och standardmodellen om man går bortom standardmodellens synbara begränsning. Lösningen innebär att man använder sig av en i standardmodellen hittills oanvänd symmetri. Jag återkommer till detta.



Figur 6

Det praktiska skälet är att det finns ett naturfenomen vars beskrivning inte medger att man bortser från någondera av de två fundamentala teoriernas representationer av verkligheten. Det handlar om beskrivningen av svarta hål. I andra sammanhang är objekt som har tillräckligt stor massa för att den allmänna relativitetsteorins beräkningar ska krävas för beskrivningen av dess beteende så stora att standardmodellens beskrivningar av dess minsta delar kan bortses från. Men i det svarta hålet samlas massan i en så försvinnande liten del att detta inte är möjligt, samtidigt som massan är så stor att tyngdkraften hindrar t o m ljuset att tränga sig ut. Om vi inte vill lämna insidan av svarta hål till vilda spekulationer krävs därför att den allmänna

relativitetsteorin och standardmodellen kan förenas i en teori där deras respektive beskrivningar inte motsäger varandra.

Till avdelningen vilda spekulationer kan möjligen hänföras teorin om det kosmologiska naturliga urvalet.<sup>62</sup> Teorin bygger på likheter mellan svarta hål och förhållandena vid Big Bang. Vårt universum skulle så att säga vara ett svart hål sett från andra sidan. Varje svart hål skulle skapa ett nytt universum ”på andra sidan” med kanske små variationer i elementärpartiklarnas massor och naturkrafternas styrkeförhållanden. Eftersom detta i sin tur innebär att de nya universumen får olika tendens att inom sig bilda svarta hål så uppstår en situation där ett universum som har lätt att bilda svarta hål har större chans till en stor ”avkomma” och ett naturligt selektionstryck uppkommer.

Fysiker har ofta pekat på det faktum att de fundamentala fysiska konstanterna i vårt universum - som man "för hand" sätter in i beräkningarna med naturlagarna och som gör att resultaten stämmer med de empiriska observationerna - är så infernaliskt finstämt inställda att minsta avvikelse leder till ett universum där ingenting intressant (som oss själva) skulle kunna inträffa. Men detta skulle elegant kunna förklaras med ovensagda selektionstryck. Vi hänger upp alltsammans på något som är nödvändigt både för den biologiska utvecklingen och för uppkomsten av svarta hål - grundämnet kol. Svarta hålen kan vara födelseplatser för nya universa där de fysiska konstanterna skiljer sig en aning och på ett slumpartat sätt från värdet på de fysiska konstanterna i det universum som ger upphov till det svarta hålet. De universa som (utan orsak) råkade ha fysiska konstanter som ökade chanserna för svarta hål att uppkomma (däribland hög förekomst av grundämnet kol) skulle *ipso facto* ge upphov till fler nya universa som i sin tur skulle ge upphov till fler universa o s v. Detta leder automatiskt (d v s helt mekaniskt utan mening) till att andelen universa i multiversum som har för oss gynnsamt inställda fundamentala fysiska konstanter hela tiden ökar och därmed sannolikheten att vi befinner oss i ett sådant! Det

---

<sup>62</sup> Denna teori lanserades av Lee Smolin i boken *The Life of the Cosmos*

intressanta med teorin är att den, förutom att verka stämma med fakta, gör förutsägelser som gör att den kan falsifieras.

### Partiklarnas partikel

I standardmodellens partikelflora framstår det faktum att all materia är uppbyggd av tre familjer av elektroner och kvarkar, varken mer eller mindre, som underligt. Speciellt som dessa familjer är identiska så när som på olika massa. De underliga massrelationerna ( se tabellen nedan) gör inte saken bättre.

Familj A		Familj B		Familj C	
Partikel	Massa	Partikel	Massa	Partikel	Massa
elektron	0,0054	muon	0,11	tau	1,9
elektron neutrino	$<10^{-8}$	muon neutrino	$<0,0003$	tau neutrino	$<0,33$
upp kvark	0,0047	charm kvark	1,6	topp kvark	189
ner kvark	0,0074	sär kvark	0,16	botten kvark	5,2

Tabell 2. Partikelmassorna är angivna som multipler av protonmassan

Förklaringen till fenomenet ligger i att partiklarna inte äger massa, utan får massa på samma sätt som du upplever det jobbigare att springa i vatten än i luft. Det överallt förekommande Higgsfältet med sin massiva Higgspartikel bryter upp den underliggande symmetrin där alla de övriga partiklarna är masslösa. Det är Higgspartikeln som gör standardmodellen komplett, men det är samtidigt en udda best som pekar fram mot en ny typ av fysik bortom standardmodellen.

Det som skiljer ut Higgsfysiken är att det som gäller för alla andra fysiska system, lättjefullhetens princip, att de strävar mot sitt lägsta energikrävande tillstånd, ställs på huvudet i Higgsfysiken. När Higgsfältet når sitt lägsta tillstånd *tillför* det energi till alla de andra fälten, bryter spontant symmetrin och tilldelar de andra fältens partiklar massor.

Vi som tycker att materiepartiklar utan massa vore som kärlek utan kyssar tar lätt denna partiklarnas partikel till våra hjärtan. Fysiker brukar däremot tala om den som festförstöraren, eftersom den bryter upp den vackra underliggande masslösa symmetrin i standardmodellen.

### **Supersträngar och supersymmetri**

Alla materiepartiklar, elektronfamiljerna och kvarkfamiljerna, är egentligen en och samma partikel, en elektron som i olika sammanhang är bärare av olika sorters laddningar. De fält dessa laddningar ger upphov till, elektromagnetiska, starka och svaga kärnkraftsfält, har alla kvanta, som egentligen bara är variationer av det elektromagnetiska fältets kvantum, fotonen. Denna långtgående reduktion av verklighetens delar inom modern fysik pekar alltså ut den elektriska laddningens bärare och vanligt ljus som är fundamentala för allt liv som fundamentala också för allt annat.

Någon minnesgod läsare kanske kommer ihåg att symmetri i det första kapitlet illustrerades med den mekaniska blandningen av en kortlek som gör att det som hamnar i en hand efter given är fullständigt symmetriskt i förhållande till vad som är tryckt på korten. Eller med andra ord, det är lika stor chans att jag får en sju i spader som att jag får en åtta i hjärter, de är utbytbara utifrån givmekanismens perspektiv. Anta att kortens valörer får representera elektronens olika variationer och att kortens färger får representera fotonens olika skepnader. Det perspektiv där till och med elektronen och fotonen är utbytbara och kan betraktas som en enda partikel kallas supersymmetri.

För att få en känsla av hur stort steg detta är ber jag läsaren påminna sig att materiepartiklarna, elektronen och dess kusiner, är ogenomträngbara och alltså inte kan befinna sig på samma plats samtidigt, medan fotonen och dess kusiner gladeligen kan gå rakt igenom varandra och komma ut på andra sidan utan att ha förändrats ett dugg. Det är en skillnad som är lika stor som kroppen och dess skugga. Du låter gärna någon sparka så hårt han kan på din skuggas skenben, men knappast på din kropp, men ur supersymmetrimekanismens perspektiv är det samma sak!

Ett annat sätt att få grepp om hur stor skillnaden är mellan strålning och massiva partiklar är att man påminner sig att en klocka på en ljusstråle skulle stå still. Nu kan man naturligtvis inte fästa en klocka på en ljusstråle. Men för alla massiva objekt som accelererade upp mot ljusets hastighet skulle den förflutna tiden gå mot noll, det skulle inte finnas någon tid att göra något, som att ticka fram nästa sekund, eller att åldras. Ljusstrålen åldras inte heller<sup>63</sup>, men den består av masslösa fotoner som ”kan” göra saker, som att rotera sin polarisation!

En foton kan t ex ha cirkulärpolarisation vänster eller höger, beroende på dess spinn. Till skillnad från vad vi menar med rotation i allmänhet sker det kvantmekaniska spinnet inte i rumtiden, utan i en abstrakt superrymd, utan utsträckning, men med fyra dimensioner. Eftersom alla partiklar enligt standardmodellen har spinn började fysikerna fundera på om inte dessa extra dimensioner kunde användas för att jämställa elektronen (och dess kusiner) med fotonen (och dess kusiner). Tanken var att man genom att förflytta en partikel, inte bara i rumtiden utan också i superrymden, skulle hitta en supersymmetri där ”positionsförändringen” omvandlade elektronen och fotonen till varandra. De är bara två olika ”projektioner” av ett och samma objekt. Men hur kan någonting som är så olika på ytan ha samma inkråm, bestå av samma skrot och korn?

---

<sup>63</sup> Den *kan* helt enkelt inte åldras. Einsteins geniala insikt var att allting i universum rör sig med ljusets hastighet, men fördelat på fyra dimensioner. När förflyttningen över rumsdimensionerna är liten sker den mesta förändringen i tidsdimensionen. Men när hela rörelsen är förlagd till rummet finns inte utrymme för rörelse i tiden. Ljuset kan alltså inte åldras.

Supersträngteorin, som fått sitt namn just av att den är supersymmetrisk, ger ett underbart svar på den frågan. Antag att partiklarna i själva verket är små strängar. När man knäpper på en spänd sträng uppstår vid vissa vibrationer resonans, som vi uppfattar som toner. Elektronen och fotonen (och alla andra partiklar) är helt enkelt olika toner ur samma sträng.

Det mest underbara med supersträngteorin är att det är den första teori som, åtminstone i princip, kan *förklara* partiklarnas egenskaper och deras uppdelning i familjer och de olika naturkrafterna. Laddning och massa är bara uttryck för olika vibrationsmönster. Naturens krafter uppkommer inte via utbyte av ”virtuella” partiklar mellan ”riktiga” partiklar, utan små öglor av strängar går ihop och bildar en sammanslagen sträng med ett nytt vibrationsmönster för att sedan dela upp sig i två öglor återigen. Det som motsvarar de virtuella partiklarna i standardmodellen är att strängarna kan gå ihop och dela på sig igen ett antal gånger innan de skiljs åt mera permanent.

Ännu en styrka hos supersträngteorin är att den bara har en enda justerbar parameter. Det är hur hårt de fundamentala strängarna som spelar upp den kosmiska symfonin är spända. När den bestämts är alla andra mått (alla standardmodellens justerbara parametrar) bestämda: De följer med nödvändighet av de matematiska sambanden i supersträngteorin när man väl har ”stämt” dess strängar. Hur hårt är de då spända?

Otroligt hårt. De har en spänning som motsvarar ca 1000 miljarder miljarder miljarder miljarder ton, den så kallade Planckspänningen. Den bestämmer också deras storlek. Eftersom strängarna i supersträngteorin är små öglor drar de ihop sig och blir mindre och styvare ju större spänningen är. Planckspänningen anger att de är i samma storleksordning som Plancklängden. Man säger därför att supersträngteorin är en teori i Planckskala. Planckskalan vore oåtkomlig för vetenskapliga experiment om det inte vore för att supersträngteorin är supersymmetrisk. Hur det går till återkommer jag till. Jag ska först avhandla den del av supersträngteorin som förmodligen är mest känd för den

intresserade allmänheten. Supersträngarna vibrerar inte bara i de vanliga tre rumsdimensionerna utan i sex rumsdimensioner till.

### **Calabi-Yau i varje punkt**

Jag har själv alltid haft svårt att föreställa mig vad en dimension egentligen är. Därför är jag oerhört tacksam för Greenes<sup>64</sup> klara framställning av hur man kan tänka för att få en intuitiv känsla för hur ytterligare dimensioner än höger-vänster, bak-fram och upp-ner kan vara verkliga och inte bara matematiska abstraktioner. Om jag inte lyckas förmedla denna känsla i det här avsnittet rekommenderas läsaren att gå direkt till källan.

Som alla vet räknas efter Einstein även förflutet-framtida som en dimension. När något händer är en position i tiden och var det händer är en position i rummet. När någonting förflyttar sig kan det ske på mer eller mindre krokiga sätt, men åtminstone jag tänker mig själva rumsdimensionerna som raka linjer som ligger som tre möjliga riktningar i rummet, liksom tiden är en rak linje som det inte ens är möjligt att göra krokar kring. Det mentala steg man behöver ta för att hitta nya riktningar i rummet är att tänka sig de nya dimensionerna som krökta. Om det fanns en dimension som inte var som en rak linje utan som en cirkel så kunde vi prata om förflyttningar medurs-moturs i den dimensionen. I en sådan värld kunde jag t ex beskriva en position relativ där jag stod som upp ett steg till vänster och ett steg medurs rakt framåt. Har man kommit så långt är det lättare att gå vidare och tänka sig att nya dimensioner inte bara kan vara cirkulära i en riktning, utan i alla riktningar. Resultatet blir en sfär, och vi kunde, liksom sjöfarten på jorden, kalla dess dimensioner latituder och longituder.

Om vi dessutom kunde använda ubåtar och rymdraketer på den nya sfären så har vi hastigt och lustigt fördubblat antalet rumsdimensioner från tre till sex. Men man behöver inte stanna

---

<sup>64</sup> Brian Greene är professor i fysik och matematik, en av de stora i utvecklingen av supersträngteorin, och författare av boken ”*The elegant universe*”

där. Varför inte tänka sig dimensionen upp-ner i den nya sfären som en cirkulär dimension? Och varför ens stanna där? Man kunde, även om det börjar bli *mycket* svårt att haka på den intuitiva känslan nu, tänka sig en tvådimensionell sfärisk utsträckning av latituder och longituder i höjdriktningen. Om även dessa höga latituder och longituder kunde ha ytterligare en djupdimension är vi framme vid totalt nio rumsdimensioner. Enligt supersträngteorin bildar de extra rumsdimensionerna en sexdimensionell "sfär" av en speciell form som kallas Calabi-Yau, och inte nog med det, varje punkt i rummet har denna form!

Varför märker vi då inte dessa extra dimensioner? Därför att de är så krökta att "radien" kan vara så kort som Plancklängdens storleksordning. Det enda vi känner till som är tillräckligt litet för att utnyttja de extra frihetsgrader som de extra dimensionerna ger är supersträngarna. De vibrerar i alla nio dimensionerna hela tiden.

Våra tre vanliga rumsdimensioner skulle faktiskt också kunna vara krökta. Men om de bildar cirkulära dimensioner så är radien så stor att vi inte märker det, de verkar raka på samma sätt som jordytan verkar platt. Ingen vet hur det förhåller sig med den saken. Dessutom har det spekulerats i att det kunde finnas mer än en tidsdimension. Vi har bara hittills inte märkt den därför att den skulle vara krökt liksom de pyttesmå extra rumsdimensionerna. Ett tidsförlopp skulle inte vara som att slå i en spik utan mera som att skruva i en skruv. Lagg för övrigt märke till den uppenbara analogin mellan små strängöglor som vibrerar och krusningar på hopkrökta cirkulära pyttedimensioner. Det kommer att visa sig att detta är mer än en ytlig analogi.

Men varför är nio dimensioner i rummet det rätta antalet? Jo, om läsaren kommer ihåg första kapitlets resonemang om att sannolikheter alltid är beroende på initiala bedömningar, så är strängteorins utveckling mot nio dimensioner ett bra exempel på just detta. Sannolikheter måste ju definitionsmässigt ligga mellan 0 och 1, alternativt mellan 0 och 100%. Problemet med försöken att räkna fram sannolikheter där man tog med både standardmodellens krafter och gravitationen var att före

strängteorin blev resultatet oändliga ”sannolikheter”. Med strängteorin försvann dessa anomalier, men istället fick man negativa ”sannolikheter” såvida inte supersträngteorin formulerades i nio rumsdimensioner och en tidsdimension.

Eftersom de extra sex dimensionerna är så ofattbart små kunde man tänka sig att även om strängarna vibrerar i alla dimensioner skulle bara det som händer i våra vanliga tre utsträckta dimensioner ha någon märkbar betydelse. Men strängarnas vibrationsmönster påverkas precis som vågor som går in i trånga kanaler. I grunda trånga kanaler kan man t ex ganska enkelt framkalla något som är omöjligt i öppen sjö, solitära vågor. De är som en puckel som rör sig över vattenytan utan att ändra formen. Som den berömde fysikern och popularisatorn Paul Davies sagt kan man uppfatta hela elementarpartikelfloran som solitära vågfenomen (solitoner) i standardmodellens kraftfält. Eftersom strängarnas vibrationsmönster är det som ligger bakom såväl kraftfält som partiklar kan vi nu se att den exakta utformningen av de pyttesmå extra dimensionerna har den största betydelse för hur vår vanliga verklighet ser ut.

Antalet möjliga matematiska sätt att ”vika ihop” sex dimensioner är oändligt, men även den form, Calabi-Yauformen, som supersträngteorin föreskriver finns i tiotusentals varianter. Många av dessa varianter ger inte upphov till en verklighet som den vi upplever, liksom många kanalbildningar inte ger upphov solitära vågor.

En viktig karaktäristik av Calabi-Yauformer är antalet ”hål” de innehåller. Hur kan dimensioner ha hål? Det är kanske enklast att tänka sig i två dimensioner. Ytan på en sfär är som vi sett tvådimensionell, den kan bestämmas med två tal, longituder och latituder. Men det finns fler tvådimensionella ytor. Ytan på en kringla är också tvådimensionell, men till skillnad från sfären har kringlan ett eller flera hål. Calabi-Yauformer kan ha upp till 480 hål, men bara Calabi-Yauformer med tre hål ger upphov till de tre familjerna elementarpartiklar som finns i vårt universum! Supersträngteorin ger alltså svar på frågan varför det finns tre partikelfamiljer. Det beror på universums geometri.

En stor upptäckt som gjorts inom strängteorin är att universums exakta geometri är flexibel. En Calabi-Yauform består av sex ihoprullade dimensioner och tre hål kan uppkomma på flera sätt, men antalet partikelfamiljer är detsamma oberoende av den exakta utformningen. Det finns hela familjer av ”spegelvända” Calabi-Yauformer (med avseende på antalet hål i udda respektive jämna dimensioner) som ger upphov till exakt samma fysiska verklighet. Det finns också kontinuerliga transformationer från vilken Calabi-Yauform som helst till vilken annan Calabi-Yauform som helst. Det betyder att supersträngarnas vibrationsmönster i de Calabi-Yauformer som ger upphov till vårt universum kan ses som en evolutionsform av en bakomliggande verklighet. Mer om detta i avsnittet om M-teori.

### **Det stora är detsamma som det lilla**

Vi snuddade vid det i presentationen av supersträngteorin i ett tidigare avsnitt. Nu ska vi uppehålla oss vid ett av supersträngteorins märkligaste resultat - att det stora är detsamma som det lilla. Det har att göra med att vi aldrig (ens i princip) kan mäta något som är mindre än Plancklängden.

Varför skulle det finnas en minsta storlek? Enligt Einsteins allmänna relativitetsteori är det inte så, där kan rum, tid och massa sammanfalla i singulariteter. Men bortom Plancklängden har vi ingen möjlighet att beskriva den kvantfysikaliska verkligheten. Där kan vi inte ens skilja på något och intet!

Supersträngteorin, som är den enda teori som på ett konsistent sätt kan omfatta både kvantmekaniken och den allmänna relativitetsteorin, visar på en möjlig väg ur det här dilemmat. Det har att göra med att alla partiklar ytterst är små, små sammanhängande strängar (en bra analogi är små gummisnoddar) som kan komprimeras, tänjas och vibrera på olika sätt. Varje sätt motsvarar en elementarpartikel.

Till skillnad från den gamla typen av elementarpartikel som antogs äga alla sina fysiska attribut - såsom massa, elektrisk laddning o s v - i en enda punkt och därför kunde tänkas komprimeras till en enda punkt, kan dessa små gummisnoddar inte tryckas ihop till mindre än en snoddsamlingsfär av Plancklängd. Det verkar inte lösa vårt dilemma. Men supersträngteorin visar oss att fysiken inom denna Plancklängdssfär är exakt densamma som fysiken i större dimensioner!

Hur går det till?

Det visar sig att begreppet längd inte är entydigt. Man kan inte alltid mäta längd på samma sätt. När vi läser av ett streck på en mätsticka använder vi oss t ex av ljusets fotoner. Men om strecket vore tillräckligt tunt kunde vi inte göra det eftersom ljusets minsta delar (fotonerna) är relativt stora (för att vara elementarpartiklar). Vi kan se betydligt mindre saker med elektronmikroskop än med vanliga mikroskop just därför att elektronerna är så mycket mindre än fotonerna.

Generellt kan vi säga att för att utforska den fysiska världen tittar vi efter hur partiklar reflekteras av det objekt vi studerar. En "lättare" partikel reflekteras av en större, trögare partikel. Om vi stöter en biljardboll rakt på en annan biljardboll rullar den träffade bollen bort och den vi stötte stannar i den bollens läge. Om vi inte kunde se vad som hände på biljardbordet, utan vore hänvisade till att känna när vår boll kom tillbaka i rännan, kunde vi inte veta om vår boll verkligen träffat den andra bollen eller bara fortsatt och rullat ner i ett hål på andra sidan bordet. Detta i analogi till varför vi inte vet om vi träffat något eller inte vid Plancklängden! Våra sonderingspartiklar har samma energi som målet för utforskning!

I supersträngteorin får emellertid partiklarna sin energi på två olika sätt. Ett sätt motsvarar den energi du känner som ett tryck mot fingret när du ringlar om en gummisnodd flera gånger runt ett finger, ett annat är den uniforma energin hos en supersträng som rör sig fritt utan att vara "omsnodd" någonting. Den senare visar sig vara omvänt proportionell mot den förra. Det

är som om du hade tillgång till ett ihåligt biljardklot som du använde när du ville stöta rakt på det andra klotet och ändå få tillbaka ditt klot.

För att göra begreppet längd entydigt måste vi ge den operationella definitionen att vi alltid använder den "lätta" sonderingspartikeln vid våra mätningar. Effekten blir att våra längdmätningar tycks "studsas" vid Plancklängden, från att ha gått från det större till det mindre går vi nu från det mindre till det större. Men det är samma fysiska verklighet vi utforskar. Om vi kunde fortsätta att använda den "tungas" sonderingspartikeln bortom Plancklängden skulle vi se samma fysiska attribut hos verkligheten som vi gör när vi byter till den "lättare" - *fast vi skulle befinna oss i ett pyttelitet universum som drog ihop sig istället för ett stort universum som utvidgar sig!*

### **Jakten på superpartners**

Supersymmetrin infördes som en tänkbar symmetri i den fysiska verkligheten när strängteoretikerna utvidgade den ursprungliga strängteorin. Ursprunget var den starka kärnkraften mellan kvarkarna som håller ihop dem tre och tre i de stabila konfigurationerna protoner och neutroner. Strängteorin uppkom när man började modellera det starka kärnkraftsfältet efter analogin att kvarkarna satt ihop med något som liknade gummisnoddar. De partiklar som förmedlar krafter kallas ju bosoner med ett gemensamt namn, så de första strängteorierna kallades bosoniska strängteorier. För att få med partiklar som bildar materien, fermioner, var man tvungen att upptäcka supersymmetrin, där strängarnas vibrationsmönster alltid kom i par. Det ena mönstret i varje par motsvarade bosonerna och deras kraftfälts vågrörelser i rummets dimensioner<sup>65</sup>. Det andra mönstret

---

<sup>65</sup> Som Lee Smolin påpekar i sin bok *Three Roads to Quantum Gravity* så är vår uppfattning av rummets dimensioner bara ett resultat av att allt vi ser kommer till oss genom att fotoner som träffar våra ögon kan färdas genom ett transparent rum. Det vanliga rummet är som ett ledande medium för strålning av olika slag.

kunde uppfattas som vibrationsmönster i nya fermioniska dimensioner.

Nu motsvarade inte de nya vibrationsmönstren i supersträngteorin några av de vanliga partiklarna i standardmodellen. Istället visade det sig att varje partikel i standardmodellen hade en partner, en superpartner. Snart kom fysikerna att tala om partiklar och spartiklar. Liksom partiklarna bygger upp materien bygger spartiklarna upp smaterien. Det är inte så konstigt som det låter. När kvantmekaniken skulle inkorporera den speciella relativitetsteorin så krävde de matematiska modellerna att varje partikel hade en anti-partikel och att det förutom materia fanns anti-materia. Detta har sedan belagts i experiment trots att anti-partiklar är väldigt flyktiga, minst sagt, i en omgivning av materia och därför inte hade upptäckts innan man visste vad man letade efter. Standardmodellen med alla sina partiklar och anti-partiklar har efter upptäckten av supersymmetrin omvandlats till den supersymmetriska standardmodellen som också innehåller spartiklar till alla partiklar<sup>66</sup>.

De spartiklar man nu postulerar sönderfaller alla spontant från tyngre till lättare varianter, men sönderfallet avstannar vid den lättaste superpartnern, som kallas LSP, kort och gott. Det skulle alltså finnas en partikel, eller spartikel snarare, som likt neutrino fyller upp hela rymden. Både LSP och neutrino anses vara en del av den mörka materien, de ”känner” bara av den svaga kraften och gravitationen men inte den starka kraften och elektromagnetismen. Liksom jakten pågår att detektera Higgs partikel i de största partikelacceleratorerna idag, men alla resultat hittills är osäkra, så kommer jakten på superpartners att kunna nå säkra resultat först med den generation partikelacceleratorer som nu är under byggnad.

---

<sup>66</sup> Partikelfysikern Gordon Kane säger att fysikerna lärt sig prata ett nytt språk. För varje elektron finns det en selektron, för varje kvark en skvark. Toppkvarken kallas sålunda stoppkvarken o s v. När det gäller bosonerna har man valt att lägga till *ino* på slutet istället. Det finns numera inte bara fotoner utan också fotinos. Till och med Higgs partikel har fått sin superpartner, Higgsinon.

Upptäckten av superpartners skulle ge belägg för att världen verkligen är supersymmetrisk, vilket i sin tur skulle vara goda nyheter för de som söker efter den storförenade teori som omfattar allt. Skälet till det är att man med hjälp av upptäckter på den energinivå där de nya acceleratorerna kan utföra experiment med hjälp av supersymmetrimodellerna kan räkna fram hur verkligheten måste bete sig på den ofantligt mycket högre energinivån där supersymmetrin är obruten och supersträngarna härskar. Utan supersymmetri och spartiklar skulle svaren på de yttersta frågorna för alltid förbli spekulation utan empirisk förankring. Med supersymmetri blir även dessa frågor tillgängliga för vetenskapliga svar och enligt flera framstående vetenskapsmän skulle då den slutliga teorin kunna formuleras och testas inom ett par årtionden. Att hitta en superpartner är förmodligen den viktigaste träff någon kan ha i början på det nya årtusendet.

## M-teori

De mest grundläggande av alla egenskaper som kan mätas är tyngd (massa) och avstånd (i rum och tid). Det märkliga som händer vid Plancklängden är att tidsavstånd blir oskiljaktiga från avstånd på längden. Tid och rum förenas vid korta avstånd! Tyngd mäts genom avstånd på någon slags våg. Vid Plancklängden kan man inte skilja på att väga och på att mäta rums- eller tidsavstånd. Det kan visas att alla egenskaper i vår fysiska verklighet kan härledas från massa och avstånd i rum och tid. Eftersom dessa sammanblandas vid Plancklängden kan vi kanske förenklat säga att det som mäts i alla fall är "någonting" till skillnad från "ingenting".

Då händer det mest ofattbara av allt som händer vid Plancklängden. Inte nog med att avstånd vid Plancklängden kan beteckna massa, längd eller tid och uppgår till något gemensamt "existensavstånd", det visar sig också att det är omöjligt att mäta avståndet mellan "existensavstånd"; det kan lika gärna vara ett "existensavstånd" som *inget avstånd alls*.

Vid Plancklängden kan man inte skilja på något och intet!!

Svaret på den gamla frågan om varför det finns någonting snarare än ingenting tycks vara att *det är samma sak*. Vad ligger då bortom tid och rum? Om man där inte kan skilja på ett avstånd och inget avstånd alls måste det vara en värld där avstånd inte har någon betydelse. Inom supersträngteorins senaste utskott M-teorin har man med hjälp av en ny matematisk gren icke-kommutativ geometri (en geometri där just avstånd saknar mening) börjat göra beräkningar som visar att nolldimensionaliteter genom fasförändringar i denna underliga geometri kan bilda endimensionella supersträngar som bygger upp tid och rum och vars olika vibrationer i denna egenskapade miljö motsvarar alla fysiskt möjliga partiklar och i förlängningen alla våra beräkningar.

Men låt oss ta det från början. Partiklarna i standardmodellen har ansetts så små att deras storlek är försvinnande, som i en punkt. När supersträngteorins små öglor introducerades ansågs deras tjocklek vara försvinnande. Vad innebar det för deras dimensionalitet? Här ska jag ta hjälp av Greene igen.

Anta att vi har en sfär. Ytan på en tredimensionell sfär är som vi vet tvådimensionell. Varje punkt på ytan kan anges med två koordinater, trots att de i själva verket alla ligger på samma avstånd från ytterligare en punkt i den tredimensionella världen. Analogt skulle vi kunna tänka oss en tvådimensionell sfär med en endimensionell ”yta” där varje punkt ligger på samma avstånd från en punkt i en tvådimensionell värld. En sådan tingest är vad vi vanligen kallar en cirkel naturligtvis och vi brukar beteckna koordinaterna på dess endimensionella ”yta” med grader. Med lite fantasi kan man nu ta ett steg till. Anta en endimensionell sfär, alltså en där alla punkter på dess ”yta” låg på samma avstånd från en punkt i en endimensionell värld, en linje. En sådan ”yta” skulle visserligen ha två punkter men vara nolldimensionell, d v s avståndet mellan punkterna saknar mening på ”ytan”.

Supersträngarnas tjocklek ansågs vara en sådan yta, där avstånd saknade mening. De ansågs därför länge endimensionella, som oändligt tunna gummisnoddar, snarare än som små uppblåsta cykelslangar vars yta har två dimensioner. Med M-teorin ändrades allt detta. Supersträngteorin formulerades i tio dimensioner men M-teorin krävde elva. Den elfte dimensionen gav strängarna en tjocklek. Varför räckte det inte med tio dimensioner?

Det har att göra med supersymmetrin. De matematiska operationer som krävs för att binda ihop alla partiklarna i den supersymmetriska standardmodellen, som också inkluderar gravitoner för gravitationen, bildar maximalt åtta steg. Det visar sig emellertid att dessa operationer kan göras i ett enda steg i en elvdimensionell värld. Enklare än så kan det inte bli. Det betyder också att elva dimensioner är det största möjliga antalet i en supersymmetrisk verklighet.

Strängteoretikerna hade länge känt sig illa till mods över att supersträngteorin inte utnyttjade supersymmetriens alla tillåtna dimensioner, utan bara nio rumsdimensioner och en tidsdimension. De kände sig emellertid ännu sämre till mods över att supersträngteorin i dessa tio dimensioner kunde formuleras på fem motsägelsefria sätt, utan att ge någon ledtråd till vilken av teorierna som borde väljas som den som representerar vår verklighet. Det var visserligen ett framsteg mot de hundratusentals sätt supersträngteorier kunde formuleras på ett konsistent sätt i vanliga tre rumsdimensioner och en tidsdimension, men det var ändå inte bra för en teori som försöker förena allt. Vid sidan av supersträngteorin försökte dessutom vissa fysiker formulera en  $s_k$  supergravitationsteori, som försökte förena alla krafter till en enda i elva dimensioner.

I mitten av 1990-talet inträffade så något som kommit att kallas ”den andra supersträngrevolutionen”. Teoretiska fysiker lyckades visa att de fem olika supersträngteorierna *och* supergravitationsteorin kunde förenas i en enda teori i elva dimensioner, nämligen just M-teorin. De är alla lågenergigränssnitt till denna bakomliggande teori.

Inom fysiken är högre energi detsamma som mindre avstånd, på så sätt att det krävs mer energi för att studera allt mindre avstånd. De partiklar som fysikerna från början antagit vara punktlika, och som är punktlika i alla experiment, även i de största och mest energiframkallande partikelacceleratorerna, skulle när energierna närmade sig Planckskalans visa sig vara små öglor av supersträngar. Men inte nog med det, ju närmare Planckenergin man kom, desto ju mer i detalj man skulle kunna studera dessa små små strängar, ju mer detaljer skulle framträda, strängarna skulle få en tjocklek. Observera att detta inte förtar resonemanget om att bara vibrationer i nio rumsdimensioner ger icke-negativa sannolikheter. Strängarna vibrerar fortfarande bara i nio dimensioner, de ser bara lite annorlunda ut.

Men varför stanna där? Tvådimensionella strängar har ju gott om utrymme i en värld med sammanlagt tio rumsdimensioner och en tidsdimension. Mycket riktigt visar det sig att den nya M-teorin bara kan beskrivas på ett motsägelsefritt sätt om man tillåter fundamentala ”membran” i alla dimensioner som har plats att vibrera i tillgängliga rumsdimensioner, nämligen nio. Vid de allra högsta energierna, på de allra minsta avstånden, synes alla olika membran ha samma status, ingen form är mer fundamental än någon annan. På engelska pratar man om *p*-branes, där *p* står för de variabla dimensionerna och brane är en förkortning på membrane. Lägg märke till att *p*-brane uttalas på samma sätt som pea-brain (= ärthjärna).

Den mest fundamentala och skarpsinniga och heltäckande teori för hela vår verklighet som fysikerna någonsin gett sig på att konstruera förvandlar de till en teori om ”ärthjärnor”. De är galna dessa vetenskapsmän! Vad de till yttermera visso upptäckt var att alla dessa ”ärthjärnor” visserligen var fundamentala men samtidigt kunde uppfattas som sammansatta, som en slags solitära vågor (solitoner) mot bakgrund av de elva dimensionerna.

Man kan då fråga sig vad som händer om man tar bort dimensionerna. Kan man ta bort dimensioner? Vad är

dimensioner? Ett svar som kosmologen Lee Smolin<sup>67</sup> ger är att man ska se dem som något ytterligt osannolikt. Bakom dimensionerna skulle enligt dennes teori ligga ett slags fundamentala händelser. Liksom det finns fundamentala ljusenheter, odelbara fotoner, så skulle det finnas ett slags enklast tänkbara odelbara händelser. När dessa arrangeras på ett särskilt organiserat sätt, som atomerna arrangerar sig i en metall som därmed blir elektriskt ledande, uppstår dimensioner. Att det skulle uppstå dimensioner som tillåter ljus att färdas fritt och avstånd att mätas skulle vara som att det ur alla tänkbara sätt de enkla händelserna kunde arrangeras på så uppstod det inte bara ett slags "metalliskt rum" utan också ett som var supraledande. Om man bara tänker sig en händelse där alla atomer skulle rada upp sig som en metall från ena änden av universum till den andra förstår man hur osannolikt det är (och här har vi att göra med ett slags noder som det ryms ca 8 miljarder av inuti en atom!).



Smolin, tror att dessa noder är noder i s k spinnätverk, ett för varje möjligt kvanttillstånd i de geometrier som leder fram till M-teorin. Vid tillräckligt små avstånd, vid tillräckligt höga energinivåer, går inte bara de olika krafterna ihop till en enda (det

<sup>67</sup> Fysikprofessor och författare av böckerna *The Life of Cosmos* och *Three Roads to Quantum Gravity*

gör de för övrigt bara om världen är supersymmetrisk!) utan själva ”bakgrundsväven” (tid- och rumsdimensioner) upplöses.

De två stora fysikaliska teorierna under förra millenniets sista århundrade, kvantfysiken och den allmänna relativitetsteorin, hade båda redan förberett för detta steg. Heisenbergs osäkerhetsprincip inom kvantfysiken säger att något som befinner sig i ett orörligt tillstånd är omöjligt, eftersom vi då vet både dess absoluta position och dess rörelse (att den inte har någon), vilket inte möjligt enligt denna princip. Allmänna relativitetsteorin säger att det absoluta rummet och tiden aldrig kan vara en fix bakgrund heller, rummet består inte av punkter utan dynamiska förhållanden mellan kraftfält.

Inom supersträngteorin är krafter och partiklar bara olika vibrationer av små snoddar av hårt spända strängar. Men själva deras harmoniska vibrationer skapar den bakgrund mot vilken allt annat händer. Vid ännu närmare inspektion, d v s när hela M-teorin tas med i beräkningen finns flerdimensionella ”membran”. Geometrin i rum och tid antas kunna ha genomgått olika faser. Den stora smällen (Big Bang) ses i det perspektivet som en punkt på hela denna karta som också omfattar faser ”före” smällen. Den stora smällen är snarare ”den stora utfrysningen”, där våra dimensioner blev ”supraledande” för urkrafterna, precis som en metall blir supraledande i närheten av den absoluta nollpunkten. Detta betyder att inte ens dimensionerna är fixa, men att förändringar i dem numera är *mycket* långsamma. Att de skulle var fixa är däremot en illusion. Tänk på filmrutorna som utgör en film. De är inte fixa. De försvinner så småningom med tidens tand. De är bara en illusion som fångar den rörliga verkligheten och återger den när filmen spelas upp.

Men detta är bara ett sätt att beskriva det hela, det visar sig att det finns ett annat, likvärdigt sätt, där Heisenbergs osäkerhetsprincip generaliseras och dimensioner inte är kommutativa, d v s om jag beskriver en position längs en riktning, kan jag inte beskriva den efter en annan samtidigt. I denna värld saknar begreppet punkt mening. Detta betyder, bland annat, att vår värld inte kunde förutses, inte är förutbestämd, lika litet som

människan är förutbestämd i evolutionen. Det betyder också att det vi kallar rum och tid inte kan uppfattas som bestående av små hinkar som kan fyllas med saker eller händelser, inte ens som illusoriska, långsamt söndervittrande sådana. På de kortaste avstånden upphör skillnaden mellan form och innehåll.

Någon eftertänksam läsare kanske undrar vad som händer med dualiteten mellan det stora och det lilla. Det var ju inte meningsfullt att tala om avstånd mindre än Plancklängden! Nej, det är riktigt, när vi pratar om dimensioner, men nu börjar matematiken kunna beskriva något bortom allt vad former i tid och rum heter. Hur går det till?

Vill man finna en teori för kvantgravitationen är problemet inte att vi har många olika möjligheter att välja mellan. Svårigheten är att över huvud taget finna någon logiskt hållbar idé. En enda teori har visat sig stå rycken: strängteorin. Och har vi väl släppt in strängarna så gör matematiken resten. Vi hamnar obehagligen i M-teorins elva dimensioner. Supersymmetrin spelar här en viktig roll.

Både Greene och Smolin använder språket som metafor. Anta att man vet att en serie bokstäver innehåller tre y:n men inget mer. Det är då omöjligt att säga nåt mer om bokstavsserien. Ett oändligt antal olika tänkbara serier motsvarar den beskrivningen. Greene ger exemplet *mvcføjziyxidqfzzyydi* som tänkbart. Men om bokstavsserien måste vara ett engelskt ord och dessutom det kortaste ordet med tre y:n så leder det oss obehagligen till en enda bokstavsserie: *syzygy* (det kortaste engelska ordet som innehåller tre y:n). Med hjälp av kravet att världen ska vara supersymmetrisk (motsvarande kravet på engelska) har naturvetenskapen kunnat hitta exakta lösningar på supersträngteorins ekvationer för ”lägsta möjliga masstillstånd” (motsvarande kravet på kortaste ordet) och därmed med automatik obehagligen letts till M-teorin.

Som vi såg i avsnittet om Guds död kan fullkomligt självklara symmetrier leda till stora upptäckter (speciella och allmänna relativitetsteorin t ex). Supersymmetrin verkar i förstone inte lika självklar men ”förklarar” egentligen varför det finns fermioner och inte bara bosoner, med andra ord varför det finns

objekt i tomrummet. Det märkliga med supersträng/M-teorin är att alla dessa symmetrier, även de "självklara", är *konsekvenser* av dess matematiska struktur och kunde ha upptäckts genom att studera denna struktur även av varelser som inte själva hade någon erfarenhet vare sig av tid eller rum, objekt eller tomrum. Smolins språkmetafor går ut på att en mening kan bestå av subjekt och predikat, men att dessa inte har någon existens om man tar bort orden i meningen. De kan däremot användas för att förklara ett främmande språk i samband med att man ges ett ordförråd i det språket. Finns det något som liknar subjekt och predikat för symmetrier?

Flera forskare tror att någon form av holografisk princip är grundläggande för allting annat. En ledtråd är att olika delar av den matematiska kartan över M-teorin beskriver samma underliggande fenomen dels i ett språk där de kvantmekaniska effekterna är starka och dels i ett där dessa till stor del kan bortses från. Man talar om M-teorins inneboende kvantmekaniska symmetrier.

Heisenbergs osäkerhetsprincip är fundamental för den kvantmekaniska beskrivningen av verkligheten. Den gäller inte bara omöjligheten av orörliga positioner utan också omöjligheten att samtidigt ange ett elektromagnetiskt fälts magnetiska och elektriska styrka exakt, dessa måste ständigt fluktuera, även i ett energilöst absolut tomrum. Sådana *kvantfluktuationer* är inte bärare av någon energi och kan därför inte uppfångas i någon mätapparat som sätts upp för att fånga in dem, *om inte mätproceduren tillförs energi genom att befinna sig i acceleration!*

En termometer i ett accelererande rymdskepp i tomma intet skulle uppmäta en temperaturhöjning till följd av slumpmässiga träffar från fotoner härrörande från sådana energilösa kvantfluktuationer. Men varför skulle temperaturen höjas av energilösa fotoner? Jo, förklaringen är denna. De fotoner som utgör ett elektromagnetiskt fält uppträder parvis med korrelerade egenskaper. Vid accelerationen träffar bara den ena fotonen termometern medan den andra i varje korrelerat par

hamnar bortom ”händelsehorisonten” och blir oåtkomlig. Den resterande del av den information som bärs av det korrelerade fotonparet blir därmed otillräcklig för att förutsäga fotonernas uppträdande, deras rörelse blir slumpmässig, och slumpmässig rörelse är definitionsmässigt vad värme är, vad en termometer mäter.

Vad som händer vid acceleration är att det uppstår en ”yta” mot en del av verkligheten som man rör sig bort ifrån och från vilken viss information aldrig hinner komma ifatt det accelererande objektet, till skillnad från åtminstone i princip åtkomlig information. Mängden sådan oåtkomlig information är proportionell mot ytans storlek. Den har faktiskt kunnat beräknas till en informationsbit per två gånger två Plancklängder. Ytan kan alltså ses som en informationskanal med en viss kapacitet. Vetenskapsmännens språkliga metaforer när de talar om dessa fundamentala saker visar sig då ytterst välfunna. Som vi såg i första kapitlet är ju språk just informationskanaler. Begreppet yta kan då ses som språkets kapacitetsmått, speciellt det matematiska språket.

Den holografiska principen kopplar samman allt detta. *Allt* är yta. Det finns ju inget sätt att komma åt informationen bakom dessa ytor, så att postulera att det finns något bakom är redundant. Allt som mäter är också yta. Ett bra exempel är en fotografisk plåt. Det märkliga är att yta, areal, sedan länge kunnat ges en exakt matematisk beskrivning, medan det till synes enklare begreppet avstånd inte kan fångas på ett matematiskt oomkullrunkeligt sätt.<sup>68</sup>

Att säga att allt är yta är kanske som att inte se skogen för alla träden. Bortom tid och rum fungerar ytor som logiska portar för ytor som fungerar som logiska portar för ytor som fungerar som.....<sup>69</sup>

---

<sup>68</sup> Den som först visade detta var den polske matematikern Stefan Banach. Matematiker säger därför att det finns ett Banachmått i två dimensioner, men inte i en dimension (för längd) och inte i tre dimensioner (för volym). Till ytter mera visso finns ett Banachmått med säkerhet bara för helt plana ytor och inte för krökta.

<sup>69</sup> Det påminner mig om den mytologiska historien som cirkulerar inom vetenskapskretsar om gumman som sa till en astronom att allt han sa var struntprat. I själva verket är världen en platt

## **KOSMOLOGIER**

Standardkosmologin är mycket välbelagd med empiriska mätningar. När jag skriver detta våren 2001 har det amerikanska fysikersällskapet just haft ett möte i Washington där fyra olika forskargrupper rapporterat om sina oberoende mätningar av den kosmiska bakgrundsstrålningen. Alla resultat pekar mot att teorin om den *inflationistiska* utvecklingen av universum bråkdelen av en sekund efter Big Bang är riktig. Det betyder att hela universums historia från en trilliontedels trilliontedels sekund (en trilliontedel =  $1/1000000000000$ ) efter Big Bang är beskrivet med en vetenskaplig teori som knappast kommer att förändras mycket i sina huvuddrag i framtiden.

Men som påpekats tidigt i framställningen. Fysiker är inte nöjda förrän de kan förklara *allt*. Sträng/M-teorin har kapacitet, till skillnad från standardmodellen, att driva förklaringarna ända in i den återstående trilliontedelen av en trilliontedel av en sekund efter Big Bang, ja t o m ta oss till eran *före* Big Bang (stackars påvedöme).

### **Planckbollens cirklar**

Standardmodellen bryter samman vid gränsen för Big Bang därför att universum då skulle försvinna i en punkt med oändlig täthet och oändlig temperatur. Detta öde drabbar emellertid icke sträng/M-teorin. Som vi sett i avsnittet om dualiteten mellan det stora och det lilla är det inte möjligt att trycka ihop strängarna (eller membranen) till en mindre storlek än en Planckboll (Plancklängden är en miljontedel av en miljarddel av en miljarddel av en centimeter!). Temperaturen stiger då till sitt maximala värde Plancktemperaturen (=1,4 gånger

---

skiva som vilar på en jättelik sköldpaddas rygg. Vad vilar sköldpaddan på, frågade astronomen. Ni är en listig ung man, sa gumman, men det är sköldpaddor hela vägen ner.

10 upphöjt i 32 grader kelvin) vid vilken solens inre skulle verka vara rena absoluta nollpunkten i jämförelse. Temperaturen är maximal eftersom alla dimensioner värme skulle kunna mätas i "smälter" vid överskridande av denna temperatur.

Strängteorins variant av Big Bang ser därför ut så här. Vid Big Bang var alla dimensionerna hopknökta till en Planckbolls storlek med hög men ändlig täthet och temperatur. Symmetrin mellan alla dimensioner är total. Själva Big Bang är i själva verket det första stora spontana symmetribrottet, där tre rumsliga dimensioner expanderar medan de övriga förblir tätt, tätt ihoprullade. Dessa tre dimensioner börjar efter en trilljontedels trilljontedels sekund expandera *inflationistiskt* och standardmodellen tar vid. Man kan då fråga sig varför just tre dimensioner bryter sig ur symmetrin och vad som driver deras vidare expansion.

Det hänger samman med en knepighet i strängteorin som låter strängar vira sig runt små cirkulära dimensioner likt gummisnoddar kring en cykelslang. Alla dimensionerna är som små cykelslangar vars inre tryck hålls i schack av att de alla är omvirade av supersträngar. Men som vi vet motsvaras strängarna av partiklarna i standardmodellen och den supersymmetriska standardmodellen, och alla partiklar har antipartiklar. Antipartiklarna har motsvarigheter i strängvärlden, antisträngar. Dessa antisträngar är virade runt dimensionerna i *motsatt* riktning. Nu är strängarna inte bara virade runt dimensionerna med en viss kraft och riktning, de rör sig utefter "cykelslangarna" också, och kan alltså stöta på varandra. Det som händer då är att de virar upp sig till en sträng som *inte* går runt sin dimension. Om tillräckligt många råkar vira upp sig på detta sätt från en dimension förmås inte längre dimensionen hållas i tukt och förmaning utan blåses upp till oanad radie.

Det visar sig nu att sannolikheten för att sträng-antisträng paren ska mötas och vira upp sig är som störst i tre (eller färre) rumsdimensioner och en tidsdimension. Ju fler antal dimensioner ju mindre sannolikt blir det. Den höga temperaturen gör att alla dimensioner strävar efter att expandera medan de

omvirade strängarna trycker tillbaka dem till sin minsta storlek. När tre dimensioner samtidigt lyckats ”blåsa upp sig en aning” kan det då hända att sträng-antisträng kollisioner gör att det blir färre strängar kvar som trycker tillbaka dem. De kan då fortsätta sin expansion ytterligare, vilket gör det svårare för strängar att ånyo omvira sig runt desamma. De strängar som är kvar möts ånyo i sträng-antisträng kollisioner, ännu fler strängar virar upp sig, och de tre dimensionerna som lyckades blåsa upp sig en aning samtidigt till en början kan fortsätta att växa, medan de övriga visserligen försöker vrida sig ur greppet med konvulsioner i Calabi-Yauformen, men dessa avtar alltmer när de tre dimensionerna blir allt större och universum svalnar.

### **Före Big Bang**

Inte nog med att supersträng/M-teorin har bra förklaringar på vad själva Big Bang kan ha varit och att universums geometri kan ha en utvecklingshistoria, den kan också ge scenarier för eran *före* Big Bang. Dessa skiljer sig åt på flera olika sätt, men gemensamt tycks vara att eran kan ha dominerats av en oändlighet och kyla.

Ett sätt att tänka sig det hela är som en platt yta , som, trots att den är oändlig, börjar utvidga sig rasande snabbt. Ungefär som man halkar på en matta så rullar då ytan ihop sig. Resultatet blir en millimeterstor boll som motsvarar universum som det ser ut *efter* den inflationistiska eran i standardmodellen. Men hur skulle någonting över huvud taget kunna hända i ett kallt statistiskt universum?

M-teorins ”upptäckare”, Edward Witten från Princeton i USA, har också varit med att utarbeta något som kallas heterotiska M-teorin. Som nämnts tidigare kunde M-teorins elfte dimension ses som att supersträngarna fick tjocklek. Ett väldigt hårt hoprullat membran i en cirkel ser ju ut som en sträng. Denna typ av sträng kan matematiskt lika väl (ekvivalent) beskrivas som heterotiska ”strängar”. Istället för ett tunt hoprullat membran i elfte dimensionen som vibrerar i de övriga dimensionerna blir den

heterotiska analogin två multidimensionella "väggar" ett tuppfjät från varandra i den elfte dimensionen. Membran kan nu "skalas" av från "väggarna" och röra sig i denna elfte dimension över till den andra "väggen". Anta nu att den platta, kalla ytan som nämnts ovan är en av dessa väggar – "vår" vägg. Ett avskalat "flak" från den andra väggen kolliderar med "vår" vägg. Den överföring som nu sätter igång utvecklingen i "vår" vägg kallas *instanton* i en slags analogi till soliton. Solitoner är ju solitära vågor utan utbredning "sidlänges" i rummet. Jag tror Paul Davies en gång sa att man kunde tänka på instantoner som solitoner, fast tvärtom – utan utsträckning i tiden.

### Den tionde dimensionen

Supersträng/M-teorin har i ett kvartsekel givit oss det största hoppet att förstå allting på ett djupare sätt än någonsin tidigare. De extra dimensionerna gör att man kunnat göra beräkningar som ger nya kosmologiska strukturer.

Enligt en av de senaste supersträngkosmologierna<sup>70</sup> är den tionde dimensionen (den "fjärde" rumsdimensionen) trots allt inte ihopkrympt, utan är av ofantliga mått (sannolikt oändlig) och bildar tillsammans med våra tre vanliga dimensioner ett fyrdimensionellt rum som härbärgerar allt (de övriga dimensionerna förblir hopkrökta).

En sfär är tredimensionell men dess yta är som vi sett tvådimensionell. Det är därför vi kan lokalisera varje punkt på jordens yta med bara två tal - longituder och latituder. Den nya kosmologin tänker sig att det vi upplever som vår värld bara är en tredimensionell "yta" (geometri) av en fyrdimensionell "sfär".

Inte nog med det. Vår värld är bara en av många sådana fyrdimensionella sfärer som rör sig i det fyrdimensionella rummet. På ytan av dessa sfärer kan finnas andra världar! Det enda sätt vi kan känna av dessa andra sfärer är genom

---

<sup>70</sup> Framförd av fysikprofessorn Lisa Randall vid Princetonuniversitetet 1999

gravitationen från materien som är bunden till ytan på dessa andra världar.

Man kan koppla detta till vetenskapen om att ca 95% av all gravitation härör från vad som hittills kallats mörk materia, eftersom vi bara märker av den genom gravitation. Den nya kosmologin ger alltså svaret på vad denna mörka materia är. Det är materien i andra världar!

Eftersom gravitationen är en attraherande kraft så skulle stora materiesamlingar i vår värld motsvaras av stora materiesamlingar i närliggande andra världar och sålunda skapa parallella galaxhopar i parallella universa i ett gigantiskt megaversum.

Orsaken till att vi bara kan känna av de andra världarna genom gravitationen är att partiklarna som bär den - gravitoner - är små slutna strängar som inte sitter fast med någon ände på ytan av de fyrdimensionella sfärerna, vilket strängarna som genererar alla andra partiklar och krafter gör.

Ljus kan sålunda inte lämna ytan och röra sig i den fjärde dimensionen. Gravitonerna kan däremot flyta ut i hyperrymden. När de gör en sådan resa blir de också mycket tyngre. Och även om fysiker inte kan spåra gravitoner i en högre dimension skulle de indirekt kunna upptäcka de energiförluster vid partikelkollisioner som skulle vara klart mätbara till följd av att tunga gravitoner försvann ut i hyperrymden.

Det är inte så många gravitoner som flyter iväg därför att den sfär vars yta vi bebor kröker den omgivande rymden så att de flesta gravitoner faller tillbaka in mot ytan. Lustigt nog förklarar samma fenomen varför gravitationen är en så svag kraft. Den fyrdimensionella hyperrymden som vi och andra sfärer flyter omkring i är extraordinärt mycket krökt kring en "modersfär" som därmed håller fast de flesta gravitonerna som finns i hela megaversum. Detta lämnar bara ett fåtal gravitoner som kan bära den gravitationella kraften till mer perifera sfärer som vår egen.

Den förklarar också de mystiska konstanter som Standardmodellen är fylld av. De olika världarna speglar på sina tredimensionella ytor de generella lagarna i den fyrdimensionella

världen - alla utifrån sitt perspektiv och med sina lokala konstanter.

Men liksom man väl kan återge tre dimensioner i tvådimensionella teckningar om man bara känner till lagarna för perspektivteckning så skulle våra tredimensionella perspektivlagar väl kunna användas för att utforska de generella lagarna i det fyrdimensionella megaversumet.

## Intermezzo 4

Fysiker brukar säga att svarta hål inte har något hår, eller åtminstone ingen frisyr som skiljer dem åt. Svarta hål är identiska så när som på enkla fundamentala egenskaper, såsom massa, laddning och spinn.

Det är naturligtvis samma egenskaper som skiljer standardmodellens (supersymmetrisk eller inte) partiklar åt. Men kom ihåg att standardmodellens partiklar är masslösa om det inte vore för Higgsfältets inverkan. Det märkliga är att supersträngteoretikerna lyckats räkna på en fasövergång där svarta hål förvandlas till masslösa partiklar. Det mest massiva och det masslösa verkar vara två sidor av samma sak. Det är bara ytterligare ett exempel på extremers identitet som vi sett exempel på i det föregående kapitlet.

Det stora är detsamma som det lilla. Fenomen med starka kvantmekaniska effekter är symmetriska med fenomen som nästan helt saknar dessa effekter. Innehåll är yta.

### Vad tror jag på?

Vår inre upplevelse är vår yta mot det yttre. Det är i det mest subjektiva som vi är närmast en direktkontakt med den objektiva yttre verkligheten. Det betyder inte att vi ska överge naturvetenskapens sätt att studera verkligheten och ägna oss åt introspektion, det betyder att kvantfysikens resultat är direkt tillämpliga på den subjektiva upplevelsen.

### Vilka frågor har jag?

Kan man lära sig något av principen om extremers identitet? Kan den principen vara slagruta för fortsatta vetenskapliga framsteg på

samma sätt som principen om det naturliga urvalet, eller Ockhams rakblad och den Kopernikanska principen?

**Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?**

Det har föreslagits att principen om extremers identitet är ett generellt sätt att hantera selektionseffekter. De fysiska termodynamiska system vi använder för att hålla kvar information gör att informationsinnehållet tenderar att sammanfalla vid såväl oerhört liten som oerhört stor skala.

## Femte kapitlet

### COMPUTALISM

#### Det enklast tänkbara

Som framhölls redan i upptakten är en teori inom fysiken en uppsättning ekvationer som simulerar en struktur i verkligheten så bra att den matematiska strukturen och den fysiska strukturen är närmast oskiljaktiga. Fysiker tror sig dessutom om att vara nära att hitta en matematisk struktur som förklarar allt. Men även om de lyckas tycks det som om ett mysterium återstod: Varför simulerar just dessa ekvationer verkligheten och inte andra? Frågan ställdes av en av förra århundradets mest berömda fysiker, John Wheeler, och en ung fysiker som kanske blir en av detta århundrades mer berömda, Max Tegmark<sup>71</sup>, har försökt sig på ett svar på den frågan.<sup>72</sup>

Att vissa matematiska strukturer har fysiska motsvarigheter har varit uppenbart länge. Vad Tegmark föreslår är att *alla* matematiska strukturer har fysiska motsvarigheter. För att förstå Tegmarks svar måste vi först bättre definiera vad en matematisk struktur är för något.

Alla matematiska strukturer kan beskrivas med formella system. Formella system består av tre saker. En samling symboler och regler för att forma strängar av dessa symboler samt regler för att bestämma vilka strängar som är satsen i just det formella systemet, eller med andra ord vilka beskrivningar som är tillåtna.<sup>73</sup> En matematisk struktur är inte detsamma som en formell

---

<sup>71</sup> Svensk kosmolog verksam i USA

<sup>72</sup> Hans svar har startat en livlig diskussion på internet. Den som vill vara med skickar en epost med "subscribe" som ämne till adressen [everything-list-request@eskimo.com](mailto:everything-list-request@eskimo.com).

<sup>73</sup> För en något utförligare beskrivning hänvisas den intresserade till Appendix B

beskrivning. Det finns alltid flera möjliga sätt att formellt beskriva en och samma matematiska struktur. På samma sätt har vi sett att det i M-teorin finns flera olika matematiska sätt att beskriva samma bakomliggande fysiska verklighet. Formella beskrivningar som beskriver samma struktur kallas ekvivalenta. Bakom varje samling ekvivalenta formella beskrivningar finns en struktur som sägs ha matematisk existens. Alla ekvivalenta formella beskrivningar beskriver helt enkelt enligt Tegmark en objektiv bakomliggande verklighet. En existens som är oberoende av sin beskrivning låter onekligen som det vi brukar mena med den yttre verkligheten.

Man skulle kunna jämföra med olika nischer i det ekologiska systemet som om och om igen fylls ut under evolutionens gång trots katastrofer och arters undergång.<sup>74</sup> Arterna som fyller ut en ekologisk nisch är då motsvarigheter till olika formella beskrivningar av nischen.

Här kan man dra många trevliga analogier. Generna hos varje individ inom en art skiljer sig från varje annan men själva genuppsättningen är gemensam för arten. På samma sätt följer alla de många världarna i ett multiversum samma fysiska lagar, men med individuella olikheter. Detsamma gäller de olika världarna i den evigt pågående inflationistiska modellen eller de olika 4-dimensionella ”sfärerna” i supersträngkosmologin. De är som olika arter som fyller upp en nisch.

Vad Tegmark säger är att man kan ta det här ett steg längre, att även andra nischer kan tänkas existera där helt andra naturlagar gäller. De är yttre verkligheter med helt andra inre beskrivningar än de vi hittills antaget simulerar en yttre verklighet. Det är alltså inte så att de ekvationer fysikerna hittat att beskriva verkligheten med är så speciella. De passar alltid någon verklighet och fysikerna är som klädförsäljaren som hittar rätt plagg till rätt kund! Tegmark anser att man kan använda

---

<sup>74</sup> Så har t ex däggjurens utveckling lett fram till livsformer som ockuperar motsvarande nischer som tidigare utdöda kräldjur. Flygande Pterosaurier har ersatts i sin ekologiska nisch av fladdermöss, växtätande Triceraptos av noshörningar, köttätande Tyrannosaurus av lejon och i havet Ichthosaurier av tumlare. Detta beskrivs väl i Jesper Hoffmeyers bok *Livstecken*

Bayesiansk analys för att testa denna teori likaväl som alla andra teorier. Hur går det till?

Som jag försökt visa i tidigare kapitel har de symboler och regler som evolutionen givit oss i form av gener gjort oss kapabla att skapa förväntningar på basis av omedvetna beräkningar enligt Bayes teorem. Vi är alltså själva ett exempel på ett formellt system med matematisk existens. Ett subsystem i hela strukturen har dessutom en stark förväntan (för det mesta) på sin egen fortsatta existens.

Förhållandet mellan framgångar inom matematik och fysik har ofta varit att en matematisk struktur hittats som skulle kunna beskriva en av oss oberoende existens, men det har krävts många år av hårt arbete och genialitet från fysikernas sida att tolka hur den matematiska strukturen skulle upplevas av självmedvetna subsystem från ”insidan”. Hur kvantfysikens sannolikhetsfördelningar för förväntade experimentella resultat kan ses som ”perspektivet från insidan” om vi levde i en matematisk struktur bestående av en deterministisk vågekvation i ett oändligt Hilbertrum är något som fysikerna fortfarande utmejslar 70 år efter kvantfysikens födelse, även om det stora genombrottet kom med Everett<sup>75</sup> redan på 50-talet.

De många världarna bakom kvantfysikens formalism är enligt Tegmark en av många ”öar” i en skärgård av matematiska strukturer som kunde befolkas av självmedvetna subsystem. Den Bayesianska analysen måste därför initialt ge en sannolikhet för att vi befinner oss i en viss struktur och inte i en annan med hänsyn taget till allt vi observerar.<sup>76</sup> Det är uppenbart att vi inte vet exakt hur den matematiska strukturen ser ut som vi upplever inifrån, i så fall skulle vi redan ha en färdig teori för kvantgravitation. Därför, säger Tegmark, ska vi inte utgå från att

---

<sup>75</sup> Hugh Everetts doktorsavhandling 1957 visade att varje sannolikt utfall skulle ses som ett relativt tillstånd, där varje tillstånd var en av många möjliga världar.

<sup>76</sup> Solomonoff, Kolmogorov, Hutter och andra utvecklar en teori som kan göra just detta. Solomonoff menar att en komplett slutledningsteori som använder Bayes teorem är möjlig om man åsätter varje tänkbar formell struktur en initial sannolikhet enligt principen att strukturer med korta och/eller många olika beskrivningar ges högre sannolikhet än andra.

vi med säkerhet vet vilka matematiska strukturer som vi *a priori* kan bortse från som en yttre verklighet.

Detta är god Bayesiansk rationalitet naturligtvis och bör påverka våra förväntningar när vi gör experiment, även om det finns stora problem med att uppskatta vilka matematiska strukturer som kan innefatta självmedvetna subsystem till att börja med. Men de praktiska problemen bör inte skymma det faktum att det är en enklare hypotes.

Sammanfattningsvis säger Tegmark att den enklast tänkbara teori vi kan omfatta är att *alla* matematiska strukturer har *samma* ontologiska status. I en sådan teori finns inga fria parametrar med det ena eller andra oförklarade värdet eller oförklarbara förutfattade meningar om vilka matematiska strukturer som kan tänkas representera en fysisk verklighet och vilka som inte kan det. I själva verket innehåller en teori som ger alla matematiska strukturer samma status praktiskt taget informationsmängden noll<sup>77</sup>, medan däremot att välja ut specifika matematiska strukturer kräver allt fler axiom och initial information.

Den matematiska formalismen är som alla formella system naturligtvis diskret, även om det den beskriver ofta är icke-diskreta strukturer. Oändliga strukturer kan beskrivas med ändliga algoritmer som förutsätts utföras ett oändligt antal gånger. Till skillnad från Tegmarks antagande om oberoende matematiska existenser finns det ett antal datavetenskapliga forskare som väljer att utgå från alla möjliga beskrivningar. Skillnaden mellan de bakomliggande strukturerna och beskrivningarna av desamma är enligt denna skola, ofta kallad computalism, inte absolut utan relativ. Frågan om en beskrivning har en reell motsvarighet blir då en fråga om *precision*. Computalisterna svarar ja på frågan om existensen kan beskrivas. Det är möjligheten att kunna beskriva

---

<sup>77</sup> Enligt den matematiska teorin för att beräkna informationsmängd, den algoritmiska informationsteorin, är informationsinnehållet proportionellt till längden av den kortaste beskrivningen. Att beskriva en särskild matematisk struktur, som t ex ett bestämt positivt heltal, kräver oftast en längre beskrivning än hela mängden. Alla positiva heltal kan beskrivas mycket kort enligt *induktionsaxiomet*: Om 1 tillhör en mängd och att  $n$  tillhör samma mängd implicerar att också  $n+1$  tillhör samma mängd, så har vi att göra med mängden positiva heltal.

något som gör det reellt. Detta får långtgående konsekvenser, som vi ska se i nästa avsnitt.

### **Omnipotent Omegapunkt**

Att beskriva något innebär helt enkelt att vi kan lista alla våra relationer till detta något. Relationerna kan vara direkta, som att nicka en fotboll, men de kan också involvera komplexa matematiska beräkningar och komplicerad mätutrustning. Vi kan då indirekt skaffa oss kunskap om alla möjliga omgivningar, t o m vad en observatör skulle ha observerat vid tiden alldeles efter Big Bang.

Det computalisterna säger är alltså att det är möjligt att beskriva alla fysiskt möjliga omgivningar. Kruxet är att beskriva omgivningarna så naturtroget som möjligt. Beräkningar som simulerar verkligheten (virtuell verklighet) kräver naturligtvis kunskap om verkligheten och omvänt är en god simulering just vad kunskap kan definieras med. Det märkliga är att den kvantmekaniska beräkningsteorin säger att det är möjligt att designa (beräkna) ett avgränsat fysiskt objekt som kan simulera med obegränsad naturtrogenhet varje annat fysiskt objekt eller process. Alla fysiska lagar kan alltså innefattas i ett enda fysiskt objekt. Att det är möjligt att förena hela existensen på detta sätt gör det också möjligt att förstå den!

Någonstans i multiversum är detta ett fysiskt faktum och objektet framför in i minsta detalj hela multiversums repertoar!

För att existensen skall vara begriplig och självförklarande krävs alltså att det existerar ett avgränsat fysiskt objekt som helt naturtroget kan återge hela multiversum. Som alla kunskapsbärande strukturer av nämnvärd omfattning måste den äga intelligens och kreativitet men även utsättas för rationell kritik

i ett sammansatt rollspel.<sup>78</sup> Denna ofattbart innehållsrika struktur kan vi med anslutning till teorin om Omegapunkten<sup>79</sup> kalla Omegastrukturen.

Vilken roll kan vi spela i multiversum med vår mer begränsade kunskap och intelligens? Vi kan spela en helt fundamental roll! Det krävs oerhört mycket för att Omegastrukturer skall kunna uppkomma. För det första måste beräknings-/energi- och minneskapaciteten vara obegränsad inom en ändlig struktur. Det kan tyckas omöjligt, men den omnämnda teorin om Omegapunkten som utarbetats av kosmologen Frank Tipler har visat på en sådan möjlighet. Mycket förenklat går det i korthet ut på följande:

Universa i multiversum antas ha en tredimensionell sfärgeometri - analogt till hur ytan på ett tredimensionellt klot har en tvådimensionell sfärgeometri. I några sådan geometrier kan ett universum vara ändligt och försvinna i en punkt. Man brukar tala om den Stora Krossen i analogi med den stora ursmällen (The Big Bang).

I vissa beräkningar av vad som kan hända när ett universum närmar sig Stora Krossen förändras geometrin så att analogin till det sfäriska klotet ovan upphör till förmån för ett ellipsformat klot. Om vi tänker oss det ellipsformade klotet som en deformationerad sfär i en viss riktning skulle deformationen först öka och sedan minska och sedan öka igen med större hastighet i en annan riktning. Dessa svängningar skulle öka i både hastighet och frekvens utan gräns (ett oändligt antal beräkningssteg) fram till den Stora Krossen där allt upphör. Rumsgeometrins deformationer skulle ge upphov till oändliga energimängder före slutet. Under dessa extrema förhållanden kan bara gravitationsfält (med oändlig minneskapacitet) och elementarpartiklar existera (ett

---

<sup>78</sup> Dessa förutsättningar för kunskap omsatta till det multiversella perspektivet och till det kvantmekaniska beräkningsperspektivet är det bidrag David Deutsch ger till Poppers kunskapsteori.

<sup>79</sup> Teorin om Omegapunkten innefattar en teknologi som blivit allvetande, allestädes närvarande och med makt att skapa alla omgivningar efter behag. Jag följer här David Deutsch i hans framställning av tankarna i Frank Tiplers bok *The Physics of Immortality*

avgränsat fysiskt objekt). Här finns alltså alla de fysiska förutsättningarna för uppkomsten av en Omegastruktur, men finns intelligensen?

Det visar sig att den måste finnas om strukturen ska finnas. De allt snabbare svängningarna utan gräns som är förutsättningen för alltihop är ett instabilt förlopp som av sig själv skulle "gå ur spår" och slutet skulle komma redan efter ett ändligt antal *om* förloppet inte styrdes av intelligenta manipuleringar av gravitationsfälten över hela det återstående universum. Förloppet blir dessutom alltmer instabilt ju närmare slutet det kommer och kraven på manipuleringar och kunskap allt större utan gräns.

I själva verket skulle hela detta universum fungera som en kunskapsproducerande enhet som i allt snabbare takt (utan gräns) producerade mer och mer kunskap för att rädda sig själv från undergång.

Intelligensens roll i multiversum är att någonstans åstadkomma detta. Om det blir vi eller någon annan intelligens i multiversum kan vi inte aldrig veta. Men det är vår roll att försöka. För att kunna lyckas måste vi sprida ut oss i universum. Först och främst måste vi lämna solsystemet innan solen dör om så så där fem miljarder år. Alternativt kan vi skapa tillräckligt mycket kunskap och teknik fram till dess som gör att vi kan kontrollera solen så att den inte växer ut till en jättelik röd jätte som bränner upp oss. Så småningom måste vi ändå kunna kolonisera hela Vintergatan och sedan den närmaste galaxhopen och slutligen hela universum. Som framgått av de extrema förhållandena i Omegastrukturen måste vi också ha lärt oss att överföra vår intelligens till helt andra fysiska strukturer än nuvarande sköra biologiska.

Teorin om Omegapunkten verkar för vårt universums del vara utesluten i och med den nyligen gjorda upptäckten att vårt universum expanderar i en accelererande takt. Det är emellertid bara antagandet som Tipler gör att *alla* universa i multiversum konvergerar mot denna punkt som inte verkar stämma. Principen om en Omegastruktur som gör verkligheten beskrivbar och därmed begripbar kräver egentligen bara att den

förverkligas åtminstone någonstans i multiversum. Dessutom kanske en Omegapunktteknologi kan utvecklas i ett oändligt accelererande universum också. Accelerationen möjliggör att en allt högre ordning kan upprätthållas lokalt. Till slut kunde en sådan lokal struktur kunna innehålla all kunskap.

På ett eller annat sätt är intelligens och fysiska strukturer som bärare av kunskap fundamentala egenskaper i multiversum. Har computalisterna rätt hänger *allt* (bokstavligen) på att vi eller några andra intelligenser lyckas. Alla måste göra sitt bästa!

## Intermezzo 5

Inom fem miljarder år måste vi lämna solsystemet eller lära oss kontrollera solen innan den förvandlas till en röd jätte. Solens framtida färg är alltså beroende på vad som händer med intelligent liv på jorden och vad det bestämmer sig för att göra.

Solens framtida färg är därmed beroende av politik och ekonomi likaväl som gravitationen och kärnkrafter. För många år sedan skrev Paul Davies en underbar bok<sup>80</sup> om sökandet efter superkraften i elvdimensionell supergravitation. Den verkliga superkraften kan som vi sett visa sig vara intelligensen.

### Vad tror jag på?

Det som är möjligt för en människa med tillräckligt avancerad teknik att uppleva är det som existerar. Det betyder att det måste vara möjligt att simulera på en begränsad yta. Detsamma gäller naturligtvis för upplevelsen. Men eftersom existensen inte är beroende av upplevelsen, men möjliggör upplevelsen, och eftersom upplevelsen är möjlig att simulera på samma sätt som existensen, *är* existens, syns det som om en upplevelse finns även när vi slutat uppleva den.

Hur går det till?

När en fysiker ser på en matematisk formel som beskriver en del av den fysiska verklighet han studerar gör han i själva verket en simulering av den i sin hjärna med hjälp av de matematiska instruktionerna. Men det fungerar naturligtvis bara om världen är beräkningsbar. Turingprincipen<sup>81</sup> säger att beräkningsbarheten är universell för *alla* fenomen, antingen de är skapade av oss (som när vi beräknar hur fort vi kan ta bilen

---

<sup>80</sup> *Superforce – The Search for a Grand Unified Theory of Nature*; Paul Davies 1984

<sup>81</sup> I själva verket en naturlag enligt *Deutsch*, utan vilken såväl fysik och biologi som kunskapsteori skulle få skrivas om; se *Fabric of reality*

genom nästa kurva eller räknar fram ett större primtal än någon annan hittills gjort) eller inte. Beräkningar är detsamma som simuleringar och simuleringar är alltid fysiska. Simuleringar är dessutom alltid multiversella, även mycket blygsammare simuleringar än de som kan göras med Omegapunktteknologi.

Vårt ”grannområde” i multiversum har helt andra stjärnbilder än ”våra”.<sup>82</sup> Mina läsare och jag ser ut från parallella ögonpar framför parallella hjärnor från ett parallellt Tellus, men de stjärnbilder som syns är alla olika. Om vi kunde höja oss upp till det multiversella perspektivet skulle det vara lika svårt att avgränsa stjärnbilder från varandra som det är att avgränsa gener från skräp-DNA i vår skiva av multiversum. Men lika lätt som vi upptäcker stjärnbilder i ”vårt” universum, lika lätt skulle en gen upptäckas i det multiversella perspektivet som den uppmärksamme läsaren numera vet.

Koalabjörnen är en fysisk simulering, som jag använt som exempel tidigare, och skulle upptäckas lika lätt i båda perspektiven. Det skulle även teknologiska simuleringar som stjärnkikare. I den mån en idé har en fysisk struktur i hjärnan skulle den också finnas multiversellt även om den vore betydligt svårare att studera (liksom den är ”för oss”). Är det en ”bra” idé så tenderar den att sprida sig i multiversum i form av simulerad fysisk upplevelse i allt fler hjärnor som befinner sig längre och längre bort från ”grannområdet”. I det multiversella perspektivet kan upplevelsen alltså finnas långt efter det att ”vi” slutat uppleva den.

Bra idéer är odödliga och leder fram till Omegapunktteknologin.

---

<sup>82</sup> Att Stora Björns stjärnbild finns i ett mycket smalare band universa i multiversum än en så utrotningshotad björnart som Koalabjörnen t ex beror på att stjärnkonstellationerna är ett resultat av de mikroskopiska tillstånd galaktiska gasmoln som formade dem befann sig i från början. Dessa är dramatiskt olika mellan olika universa och instabiliteter under formeringens gång förstärker dessa initiala skillnader ytterligare, i bjärt kontrast till hur Koalabjörnens gener (till skillnad från skräp-DNA) fasthålls på samma plats i ett brett band universa genom evolutionen.

## Vilka frågor har jag?

Som efterföljd till ett tankeexperiment som lanserats av Max Tegmark har frågan om kvantteorin i sin ”många världar”-tappning innebär att vi har ett evigt liv tagits upp. Max Tegmark själv är skeptisk, men medger att frågan besvärat honom.

Tegmarks tankeexperiment var egentligen avsett att visa att det är möjligt att empiriskt få belägg för att de andra världarna i multiversum är lika verkliga som den värld vi känner oss hemtama i.

Tanken är att den djärve experimentatorn sätter sig framför en pistol som är riggad så att dess avskjutningsmekanism är kopplad till en bifurkation i multiversum, en händelse där identiska tillstånd delas i två separata universa. En sådan koppling kan i princip göras redan med dagens teknik. Utfallet av experimentet blir att i den ena grenen i det nydelade multiversumet avfyras pistolen och experimentatorn dör. I den andra grenen avfyras däremot inte vapnet och experimentatorn pustar ut. Detta bevisar naturligtvis ingenting eftersom chansen att han skulle överleva hur som helst var 50%.

Men nu kommer det fina i kråksången. Experimentatorn gör om experimentet som han sitter. Överlever han gör han om det igen. Och igen. Efter så där en tio experiment är han, tänkte Tegmark, förmodligen övertygad om att det alltid finns någon gren i multiversum där han överlever. Hur många gånger han än gör experimentet kommer han alltid att uppleva en värld där han överlever alldeles oavsett hur många världar som finns där han inte överlever (och därför inte upplever att han inte överlevt).

Hur har tanken på evigt liv uppkommit ur detta experiment? Om experimentatorn fortsätter sina experiment kommer han visserligen alltid att befinna sig i en värld där han överlever, men alltid något äldre än han var före det senast utförda experimentet.

Men å andra sidan är alla händelser kvantmekaniska även om vi inte upplever dem så, vilket innebär att när experimentatorn blir så gammal (i de världar han överlevt) att han

dör av ålderssvaghet, så bör det även då finnas ”en dörr ut” i en värld där han överlever ett litet tag till. Väl där finns ännu ”en dörr ut” o s v i all oändlighet. Ergo evigt liv!

Det kanske inte låter som något evigt liv att eftersträva, men man ska inte dra förhastade slutsatser. Teknologiska framsteg kanske gör att livet kan fortsätta i robustare former än våra åldrande kroppar. Detta kan hända fortare än vi tror, som vi ska se i nästa kapitel.

Så är det något fel på resonemanget att alla kommer att uppleva evigt liv?

### **Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?**

Bortsett från det tråkiga i att alla som redan dött i några universa verkar leva vidare i andra i ett allt sämre tillstånd så finns ett uppenbart problem i definitionen av den egna identiteten.

På det första problemet har föreslagits två lösningar. Den ena av Omegapunktteorins upphovsman, Tipler. Han tänker sig att en Omegapunktteknologi gör det möjligt att ”återuppväcka” tidigare medvetna liv och placera dem i en ”himmelsk tillvaro”, något som han tänker sig att varelsena som besitter denna teknologi kommer att vilja göra för att uppväga tidigare lidande.

Den andra lösningen går ut på att i någon väldigt liten portion av alla universa sker en oväntad omkastning av degenereringsprocessen (som när någon efter årtal av liv ”som grönsak” vaknar upp från ett tillstånd av koma). Max Tegmark menar att detta är en tänkbar lösning, men att den normala förväntningen bör vara ett långsamt utslocknande av medvetande och liv.

Problemet med identiteten kvarstår dock. Anta att vi känner igen oss själva genom våra minnen. Det betyder att vi bara kan leva vidare i de lösningar av multiversums vågfunktion som är approximativt kronologiska. Multiversums totala vågfunktion är förmodligen statisk, medan det vi upplever är en approximativ

yta av orsak-och-verkan-förhållanden. Fysikens lagar på dessa ytor verkar inte tillåta evigt liv.

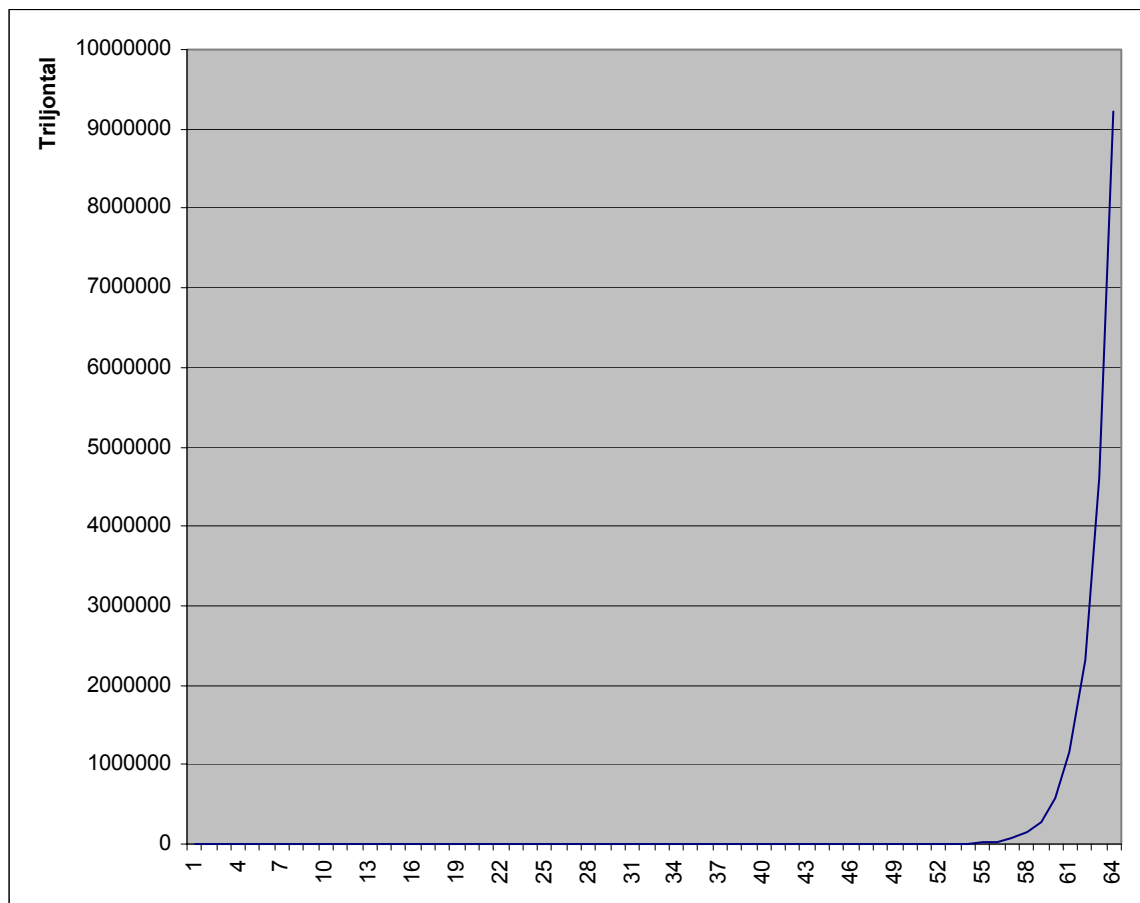
Å andra sidan finns det ett oändligt antal sådana ytor i multiversum vilket bör betyda att den del av min hjärnstruktur som gör att jag definierar mig själv som mig själv i varje ögonblick bör återfinnas hos andra kroppar i en del av dessa ytor. När en döende person tappar medvetandet finns ännu en stor del information lagrad i hjärnan. Denna lagrade information måste återfinnas i ett oändligt antal andra hjärnor på dessa ytor. En del av dessa återfinns i unga kroppar. I det här perspektivet är knappast den personliga identiteten strikt bevarad, men en del av den sprids vidare i multiversum.

Hur vi kan bevara den personliga identiteten kommer knappast att få något svar förrän vi kan tillverka robotar som tillräckligt naturtroget simulerar våra upplevelser.

## Sjätte kapitlet

Moore's lag<sup>83</sup> säger att det sker en fördubbling av processorkapaciteten i datorer var 18-24 månad. Denna "lag" har hållit i 30 års tid. Vad händer om den håller i 30 år till?

Det teknologiska samhället skulle bli alltmer avancerat så klart. Men det finns tecken som tyder på att det skulle hända mycket mer än så. En del framtidsforskare har börjat tala om en teknologisk singularitet. Med begreppet menas att de teknologiska



Figur 7

<sup>83</sup> Gordon Moore var med och grundade företaget Intel 1969.

förändringarna plötsligt accelererar så snabbt att allting vid jämförelse kan sägas ha stått still.

Det gamla pedagogiska knepet att lägga ett riskorn på den första rutan i ett schackbräde och sedan dubblera antalet riskorn för var och en av de 64 schackrutorna ger en uppfattning om hur någonting som synes öka tämligen linjärt (se figur 7) helt plötsligt accelererar explosionsartat.

Som figur 7 visar sker egentligen inget dramatiskt förrän vid 55:e dubblingen (med den valda skalan). De sista 10 dubblingarna förändrar skalan totalt och antalet riskorn ökar snabbt från under 10000 triljoner riskorn till strax under 10 miljoner triljoner.

Så vad händer om Moores lag håller i 30 år till. En viss doktor Kurzweil<sup>84</sup> har gjort följande spådomar (publicerade i *Psychology Today*) om en närstående framtid:

- År 2020 kommer en persondator som kostar under 10000 kronor att ha tillräckligt med processorkraft för att kunna göra 20 miljoner miljarder beräkningar per sekund, vilket är detsamma som den mänskliga hjärnans kapacitet.
- År 2030 kommer samma persondator att ha en beräkningskapacitet som motsvarar de mänskliga hjärnornas sammanlagda kapacitet i ett helt litet samhälle.
- År 2050 kommer vår billiga persondator att kunna göra lika många beräkningar per tidsenhet som alla mänskliga hjärnor på hela jorden.
- Redan år 2030 kommer man att kunna scanna alla funktionella delar i en mänsklig hjärna och återskapa dess design elektroniskt.
- Redan år 2030 kommer man också att kunna svälja eller injicera miljarder små nanorobotar som via

---

<sup>84</sup> Ray Kurzweil, författare till boken *The Age of Spiritual Machines: When Computer Exceed Human Intelligence*

blodsystemet kan inta sina programmerade positioner i hjärnan. På grund av att dessa nanorobotars intelligens ökar exponentiellt medan vår naturliga intelligens i jämförelse står stilla, så kommer snabbt den övervägande delen av vårt själsliv att vara artificiellt.

- Eftersom den resterande lilla delen av "naturligt" själsliv kan scannas och installeras i en artificiell hjärna kommer alla under det första århundradet på det nya årtusendet att få evigt, om än artificiellt, liv!

Det här påminner lite om frimuraren som insåg att framtidens byggteknik skulle komma att göra det möjligt att både snabbt och enkelt bygga kyrktorn. Alltså förutspådde han att man före förra millenniets utgång skulle ha byggt kyrktorn som var högre än en engelsk mil. Felet var att han inte insåg hur snabbt värderingar som motiverar människors handlande skiftar med ökad kunskap.

Det är också problemet när vi försöker använda samtida värderingar för att förstå historiska händelser. Frågan är om det skulle göra så stor skillnad ens om vi kunde förflytta oss bakåt i tiden och studera en historisk händelse på plats.

Lustigt nog skulle vi inte bryta mot någon känd fysisk lag om vi kunde det. Hur går det till?

Varje tidpunkt är en del av helheten. I den kvantfysikaliska verkligheten är helheten uppdelad i ett oändligt antal universa. Om varje universum liknas vid en punkt, är *tidpunkter* de specialfall som lokalt kan åsättas ordningstal. De bildar en sekvens. Observera att detta inte är en generell egenskap hos verkligheten (multiversum) utan en lokal approximation.

Tiden är ingen (yttre) referensram som verkligheten kan uttryckas i. Moment betyder beståndsdel. Och där tidsmoment uppkommer - där verkligheten kan uppfattas sekventiellt - är de bara en liten del av verkligheten.

Verkligheten kan varken uppkomma vid en viss tidpunkt eller upphöra vid en annan tidpunkt eftersom verkligheten är större än tiden och tiden är en del av verkligheten. Det som gör denna tanke svår att förstå är "sunda förnuftets" uppfattning av tiden som något som "går" oberoende av en yttre verklighet.

Denna uppfattning är i grunden falsk och irrationell. När vi säger att något hände vid en viss tidpunkt tänker vi oss att tiden därefter på något sätt rört sig därifrån och till den tid där vi nu befinner oss. Det är lika tokigt som att tänka sig att bara för att något händer på en viss plats rör sig rummet därifrån till den plats där vi råkar befinna oss. Lika lite som det finns en objektivt särskilt utvald plats att befinna sig på som rummet kan förhålla sig till, lika lite finns det ett objektivt särskilt utvalt "nu" som tiden kan förhålla sig till. Tiden varken rör sig till nuet, bort från nuet eller i nuet. Nuet är en subjektivt uppfattad tidpunkt, men alla tidpunkter är objektivt lika verkliga. Och ingen tidpunkt befinner sig i rörelse.

Tid är bara ett approximativt sätt att lokalt ordna moment där varje moment är ett "fruset" universum - en stillbild av ett universum. *Med andra ord är andra tider bara specialfall av andra universa.*<sup>85</sup>

Ett sätt att få grepp om vad det skulle innebära att hamna i ett universum som ligger bakåt i tiden är att studera vad som skulle krävas av en virtuell verklighetssimulering för att övertyga oss om att vi förflyttats bakåt i tiden. En sådan studie har gjorts av David Deutsch<sup>86</sup> och jag följer här hans resonemang så gott som jag förstått det.

En virtuell verklighetssimulering av en historisk tid och plats kan tänkas simulera verkligheten naturtroget, men kan den också ge en naturtrogen respons (som en flygsimulator gör när jag drar i spakarna)? Om jag i den virtuella verkligheten talar med en historisk person och ber honom reagera på information jag bär

---

<sup>85</sup> Denna formulering (från 1983) tillskrivs av *David Deutsch* kollegorna *Don Page* och *William Wothers*

<sup>86</sup> Kapitel 12 i *Fabric of Reality*

med mig från min tid tycks det som om det uppstår en situation i den virtuella verkligheten som inte längre överrensstämmer med den historiska personen.

Den virtuella verklighetssimulatorens lösning på detta dilemma genom att skapa flera kopior av den förflutna verkligheten, sådan den skulle ha sett sig om jag funnits där och handlat på olika sätt. Det betyder också att den måste skapa virtuella naturtroga kopior av mig. Som vi sett i inledningen av kapitlet är det troligt att det blir teknologiskt möjligt inom en inte alltför avlägsen framtid.

Här följer nu det underbara tankeexperimentet av David Deutsch.

Vi börjar med att förenkla situationen så mycket som möjligt för att inte förlora oss i detaljerna, men den virtuella verkligheten skall ändå upplevas som en reell situation. Vi tänker oss ett kallt rum med en svängdörr, en klocka (som visar 12.00) över svängdörren och en lapp med instruktioner bredvid svängdörren. Detta är mycket enkelt att simulera. Vi tänker oss också att jag upplever mig själv som varande i rummet, och att jag går fram och läser på lappen. Detta är svårare att simulera, men långt ifrån principiellt omöjligt.

I instruktionerna läser jag (allt detta är nu virtuell verklighet) att om jag går in i det högra bäset av svängdörren och fortsätter runt så att jag kommer ut i rummet igen på den vänstra sidan så har jag förflyttats lika många minuter bakåt i tiden som det tagit mig att läsa instruktionerna, vilket jag uppmanas kontrollera genom att avläsa tiden på klockan över svängdörren, dels när jag går in i den och dels när jag kommer ut ur den igen.

Vid sidan av svängdörren finns också en omkopplare där man kan välja läge "Påverkan Av" eller "Påverkan På". I utgångsläget står den i läget "Påverkan Av". Det betyder att om jag går runt i svängdörren kan jag inte påverka den förflutna tid jag kommer till, bara studera den.

Jag går in i svängdörren 12.05. Vad ska jag förvänta mig se när jag kommer ut?

Så snart jag stiger (virtuellt) ut ur svängdörren börjar den virtuella verklighetssimulatorens spelning av

allt jag gjort (virtuellt) hittills, med början 12.00. Med andra ord ser jag mig själv stående vid svängdörren. Klockan över den står på 12.00 och kopian av mig läser instruktionerna vid sidan av dörren. Efter ett tag (fem minuter) går min kopia in det högra båset av svängdörren och försvinner. Eftersom påverkansläget är ”Av” så kunde jag se kopian av mig hela tiden, men den kunde inte se mig, eller påverkas av vad jag än hade gjort.

Men vad skulle hända om jag följde efter ”mig själv” in i svängdörren? Vad ska jag nu förvänta mig när jag kommer ut?

Naturligtvis att klockan igen är 12.00, trots att den enligt min subjektiva upplevelse borde vara 12.10 vid det här laget. Dessutom finns det nu *två* kopior av mig själv i rummet. Den ena tycks inte se någon av oss andra två, medan den andra studerar den första kopian på det sätt jag kommer ihåg att jag gjorde för fem minuter sedan. Ingen av dem ser mig eller påverkas av någonting jag gör. Det här experimentet kan upprepas tills svängdörren inte kan ta fler av mig samtidigt. När den är full av kopior av mig själv kan jag inte längre komma tillbaka till rummet exakt klockan 12.00. Jag kan alltså inte gå tillbaka i tiden hur som helst även med omkopplaren i ”Påverkan Av”-läget. Den kanske viktigaste iakttagelsen är att jag inte kan gå tillbaka till förfluten tid i rummet förrän den märkliga svängdörren installerats.<sup>87</sup>

När denna del av experimentet var slutfört skulle den virtuella verklighetssimulatorens ha inspelat ett antal versioner av vad som hände mellan 12.00 och 12.05 i rummet, som *parallella historier*, även om min subjektiva upplevelse skulle vara av en enda *sekventiell* historia där jag tittade på allt fler kopior av mig själv.

Vi börjar den andra delen av experimentet nästa dag klockan 12.00 med att jag ställer (virtuellt) omkopplaren i läget ”Påverkan På”. Vad händer då?

Genast kommer en eller flera kopior av mig själv ut genom svängdörren på vänster sida. Det är framtida kopior av mig

---

<sup>87</sup> Detta tar loven av ett argument mot tidsresor som framförts av Stephen Hawking, nämligen att det skulle krylla av turister från framtiden om sådana resor vore möjliga. Vi ser nu att de inte är möjliga förrän vi har konstruerat en tidsmaskin själva.

som gått genom svängdörren 12.05 och som måste få chansen att påverka sitt förflutna nu när omkopplaren står i "På"-läget. Deras förflutna är ju mitt nuläge. Och enligt de nya förutsättningarna kan de påverka mig och jag kan se dem. Det verkar upplagt för alla möjliga paradoxer!

Bara en sådan här sak: Hur kan den virtuella verklighetssimulatorens veta vad dessa besökare från framtiden ska göra? Det finns ju ännu ingen inspelning av vad jag har gjort mellan 12.00 och 12.05 med omkopplaren i sitt nya läge. Det enda sättet är att den har en modell för alla möjliga sätt en människa med min hjärnstruktur kan bete sig i denna märkliga situation. Mina kopior får till en början slumpmässigt bete sig enligt några av dessa sätt.

Mitt mål med denna del av experimentet är att avslöja att dessa kopior av mig inte kan vara *framtida* kopior av mig. Jag gör det enklast genom att gå runt i svängdörren själv. Jag kontrollerar sedan dels om den kopia som står där beter sig som jag kommer ihåg att jag gjorde för fem minuter sedan, dels om *jag själv* beter mig som jag kommer ihåg att kopian gjorde!

Det är därefter en barnlek för mig att bestämma mig för att inte bete mig så och att få kopian att inte bete sig så som jag gjorde heller. Slutsatsen verkar vara att man inte kan simulera resor bakåt i tiden om man tillåter en interaktiv virtuell verklighet. Därmed skulle det vara bevisat att *verkliga* resor bakåt i tiden är omöjliga också. Men icke!

Jag kan visserligen säga till min kopia att han definitivt inte är en kopia från *min* framtid. Han kan dessutom säga till mig att jag inte är en kopia av hans dåtid, eftersom jag handlar på ett sätt han inte kommer ihåg att han gjorde för fem minuter sedan. Men detta borde vid det här laget inte förvåna. Den virtuella verklighetssimulatorens har simulerat ett lokalt multiversum. De tidsmoment som vi upplever som sekventiella är i själva verket parallella universa (såsom den virtuella verklighetssimulatorens skulle uppleva dem) liksom alla övriga parallella universa som vi inte upplever därför att de händer *samtidigt* med vår upplevelse.

Om verkliga resor bakåt i tiden är möjliga ger de inte upphov till paradoxer eftersom jag skulle hamna i ett förflutet som den speciella kopian av mig inte hade upplevt. Jag hamnar i en parallell historia och förändrar därmed inte framtiden i den historien jag utgick från heller. Som vanligt när det gäller att förstå något gäller det att hitta en fungerande bakgrund som inte leder till paradoxer. I det multiversella perspektivet är det till och med svårt att åstadkomma en paradox med tidsresor även om man försöker.<sup>88</sup>

På experimentets tredje dag (klockan 12.00) har jag bestämt mig för att jäklas riktigt ordentligt. Jag bestämmer mig i förväg, att om det kommer ut någon kopia av mig genom svängdörren när jag ställer omkopplaren i ”På”-läget (vilket jag skulle förvänta mig om jag går in genom svängdörren om fem minuter), så stannar jag bara kvar i rummet och går inte ens i närheten av svängdörren. Om det däremot inte kommer ut någon från svängdörren så väntar jag i fem minuter och så svänger jag runt i den. Med ett jävulusiskt flin ställer jag omkopplaren till ”Påverkan På”.

Vad händer? Kommer det ut någon ur svängdörren eller inte?

Det beror på vilken historia den virtuella verklighetssimulatorens bestämmer sig att berätta för mig. Anta att ingen kommer ut ur dörren. Jag väntar mina fem minuter och går sen runt i den. När jag då kommer ut i rummet är klockan 12.00 igen och en kopia av mig står där och väntar. Eftersom han hade gjort upp samma plan som jag i förväg, och jag nu kom ut ur svängdörren, så handlar han som jag skulle ha gjort i det fallet. Han stannar kvar i rummet med mig. Rummet jag lämnade förblir tomt, eftersom jag aldrig kom tillbaka till *det* rummet.

Ingen av historierna för de båda rummen är motsägande. Det enda som har hänt är att jag och mitt alter ego har upplevt två skilda historier, varav ingen heller är motsägande. Den enda fråga

---

<sup>88</sup> För att undersöka studieområdet detaljerat måste man naturligtvis, som alltid i vetenskapliga sammanhang, göra det mot bakgrund av den matematiska formalismen.

som återstår är hur den virtuella verklighetssimulatorens väljer historia att upplevas av mig.

Den har en identisk (virtuell) kopia av mig till hands. Eftersom den är identisk med mig är min upplevelse i början av experimentet inte olik om jag vore ensam. Genom en slumpgenerator bestäms så vilken historia jag får uppleva och vilken som tilldelas kopian. Det betyder att om jag gör om experimentet flera gånger får jag spela olika roller i genomsnitt varannan gång.

En tillräckligt avancerad virtuell verklighetssimulator kan alltså fullständigt naturtroget försätta mig i förfluten tid. Finns svängdörrar till förfluten tid, till parallella universa av ett speciellt slag, även i verkligheten?

Förvånande nog gör det nog det. Ekvationerna i Einsteins allmänna relativitetsteori har många lösningar som tycks vara ett slags svängdörrar till förfluten tid. Före den moderna förståelsen av kvantfysiken (med många-världar) ignorerades alla sådana funna lösningar därför att man trodde att tidsresor skulle leda till paradoxer. Som vi sett gör de inte det.

Sådana resor kanske kan vara möjliga i närheten av massiva roterande objekt, såsom svarta hål. Kandidater till en förenande kvantgravitationsteori verkar också peka på att det i Planckskalperspektivet uppstår små svängdörrar överallt som loopar bakåt i tiden. I analogi till supersträngteorins små hopkrökta rumsdimensioner och utsträckta vanliga dimensioner som mycket väl kan vara jättelika cirklar, så kan man spekulera om att vår vanliga tidsuppfattning kanske också kan göra mycket större loopar bakåt i tiden.

Om vi kan bygga fungerande tidsmaskiner eller hitta platser i universum som fungerar som svängdörrar till historisk tid har vi skapat förutsättningar för en feedback-mekanism som kan leda direkt till en Omegapunktteknologi. Hur går det till?

## **NATURENS HÄRSKARE**

I sommarnumret (juli/augusti) 2001 av tidskriften *Science & Spirit* berättar den berömde amerikanske AI-forskaren Douglas Hofstadter att IBM håller på att bygga en superdator som ska simulera hur protein veckar sig i komplexa strukturer i vår kropp. Det kommer att ta superdatorn ett helt års körtid att simulera bara veckningsproceduren hos ett enda protein. Det säger lite om hur komplexa samband som byggts upp under evolutionen mellan DNA-sekvenserna av aminosyror och de stereospecifika proteinegenskaperna.

Sådan komplexitet kräver en lång historia naturligtvis. Detsamma gäller kunskapen. Den moderna vetenskapen har funnits i ca 400 år, men det är inte förrän de sista 40 åren som vi kunnat förklara världens komplexitet med hjälp av standardmodellen. Men anta nu att vi lyckas skapa en tidsmaskin.

Filosofer lägger ofta stor vikt vid orsakssammanhang för att skilja tidens framåtriktning från dess bakåtriktning. Men som Stephen Hawking påpekat i sin essäsamling *Black Holes and Baby Universes and Other Essays* så tror man inom fysiken att lagar entydigt bestämmer universums utveckling. Så om tillstånd A utvecklades till tillstånd B skulle man kunna säga att A förorsakade B. Men man kan lika gärna titta i andra tidsriktningen (fysikens lagar är tidssymmetriska) och säga att B förorsakade A. Kausalitet definierar inte någon tidsriktning. Men byggande av en tidsmaskin orsakar definitivt en riktad förändring!

I den gren av parallella universa som vi befinner oss kommer från och med den dag vi lyckats bygga en tidsmaskin ett antal olika historier utspela sig som alla har ett identiskt universum med vårt som byggt en tidsmaskin som utgångspunkt. Besökare från allt längre fram i tiden kommer från och med den dagen att återkommande besöka någon av dessa identiska universa med sina nybyggda tidsmaskiner.

Dessa besökare kommer inte att kunna berätta hur *vår* framtid kommer att se ut, eftersom de inte kommer från den, men de kommer att kunna berätta om *sin* framtid. Denna framtid har

utvecklats från ett identiskt universum som vårt vilket naturligtvis gör deras historia mycket intressant. Vi får t o m möjlighet att jämföra olika historier som alla utgått från ett identiskt universum som vårt och vi kanske väljer att försöka fatta samma beslut som de människor gjort som i våra ögon verkar ha lyckats bäst i framtiden.

Vi kan också ta del av vetenskapliga resultat, ny teknologi o s v utan att behöva upptäcka den själva. Inom vetenskapen används argument till att övertyga om att en viss framlagd förklaring är den bästa som står till buds. Inte att sagda förklaring är sann eller ens kommer att vara den bästa förklaringen särskilt länge. Bara att förklaringen för tillfället ger oss bättre förståelse än andra kända förklaringar. Här skulle vi plötsligt få tillgång till kunskap som bygger på för oss ännu okända förklaringar. Samtidigt kanske vi upptäcker saker som vi kan dela med oss till andra universa som ännu inte gjort dessa upptäckter. Det betyder att från den tid tidsmaskiner finns uppstår en ”kunskapshandel” mellan universa som skulle få såväl de gamla sjöfartshandelsbolagen som moderna globaliseringsekonomer gröna av avund.

Kunskaps- och teknologiutbytet blir transuniversellt. Men hur vet vi att detta leder mot en Omegapunktteknologi? Och hur vet vi att detta ens är önskvärt? Det vet vi inte. Dessutom kommer en Omegapunktteknologi att göra misstag *on par* med sin förmåga att fatta beslut med ofattbara konsekvenser.

De ättlingar till oss som lever i universa som lyckats utveckla och använda denna mäktiga teknologi utan att förinta sig själva kan tänkas vilja hälsa på sina *kopior* från tidigare skeden och försöka påverka dem att göra intelligenta val för framtiden.

Vad innebär det att göra intelligenta val i det multiversella perspektivet? Jo, för det första, om jag väljer att göra X, så gör flera kopior av mig i andra universa samma sak. För det andra kan jag hoppas att val som bygger på samma tankegångar som mitt val X upprepas oftare i multiversum än val som bygger på andra (mindre intelligenta) tankegångar.

Är det då en fråga om tur?

Inom kvantmekaniken händer allt som kan hända och allt som är fysiskt möjligt finns. Vi ska använda oss av en kraftigt förenklad modell av världen för att visa vad tur betyder.

Antag en värld som bara består av två personer vid ett spelbord. Den ena personen, Kastaren, slår vad med den andra personen, Spelaren, om utfallet av ett myntkast blir krona eller klave och kastar därefter myntet. Vi antar att världen är ytterligare idealiserad så att myntet aldrig kan ställa sig på tvärcant.

Enligt kvantmekanisk teori händer allt som kan hända. D v s att Kastaren och Spelaren efter kastet tittar på en krona och att Spelaren vunnit vadet **och** att Kastaren och Spelaren efter kastet tittar på en krona och att Kastaren vunnit vadet **och** att Kastaren och Spelaren efter kastet tittar på en klave och att Spelaren vunnit vadet **och** att Kastaren och Spelaren efter kastet tittar på en klave och att Kastaren vunnit vadet.

Efter kastet har vi alltså fyra parallella världar. I två av dem har Spelaren vunnit vadet. I två har han förlorat. Kastaren och Spelaren i de fyra parallella världarna är helt omedvetna om existensen av mer än av den av de fyra världarna de för tillfället upplever. I var och en av de fyra världarna slår nu Kastaren vad på nytt med Spelaren om utfallet av ett nytt myntkast. Allt som kan hända händer igen och vi har nu sexton världar.

Proceduren kan upprepas ett godtyckligt antal gånger men oavsett hur många parallella världar vi har i slutändan så har *i någon* av dessa världar Spelaren vunnit vadet varje gång och i flera andra har Spelaren vunnit vadet nästan varje gång. Kastaren i dessa världar tillskriver Spelaren egenskapen att ha tur.

Proceduren återupprepas ytterligare ett antal gånger och *i någon* av de världar som är avläggare till de världar där Kastaren har tillskrivit Spelaren egenskapen att ha tur så har Spelaren återigen vunnit samtliga vad. Kastaren *i denna speciella värld* är nu empiriskt övertygad om att Spelaren verkligen har tur.

Om Kastaren kunde se in i de andra världarna och summera över hur många gånger Spelaren vunnit vadet respektive förlorat vadet skulle han sett att dessa utfall var jämt fördelade

över alla världarna, vilket är den kvantmekaniska definitionen av slump.

Men om allt som kan hända händer, och tur bara är frågan om slump, vad återstår då för möjligheter till intelligenta val?

I det multiversella perspektivet ger det här faktiskt lika lite upphov till paradoxer som tidsresor. Jag ska för det första kunna välja. Det betyder att jag, utifrån den person jag är och den situation som föreligger, bestämmer mig för att göra något. Anta att jag väljer handling X. I det multiversella perspektivet betyder, som redan nämnts, detta att *om* jag väljer att göra X, så gör flera kopior av mig i andra universa samma sak.

Att välja innebär också att jag skulle ha kunnat göra på ett annat sätt. I det multiversella perspektivet bestämmer sig några kopior av mig att handla på ett annat sätt. Hur stor proportion som väljer annorlunda är beroende på min personlighet. Det är inte konstigare än skillnaden mellan utfall av kast med en viktad tärning och utfall av kast med en "ärlig" tärning. Den viktade tärningen har mer personlighet. Den gläder sin Fiaspelande ägare med att oftare ge sexor t ex.

Om valet är ett bra val bör det upprepas oftare i multiversum än ett dåligt val. Om det blir så är en ren följd av hur spridd min personlighetstyp är i multiversum. Om jag är duktig på att göra bra val beror på hur ofta jag gör dem i proportion till mindre bra val, d v s hur "viktad" min personlighet är.

I varje parallellt universum där "informationshandel" bara sker inom det egna skiktet har verktygslådor med användbar kunskap byggts upp med hjälp av evolutionen till väl fungerande personligheter. Hur spridda personlighetstyperna är i multiversum har dock varit omöjligt att utröna och fram till byggandet av en tidsmaskin har deras spridning undandraget sig evolutionistisk ackumulering.

Med tidsmaskiner i bilden startas däremot bygget på en ny verktygslåda som styr "kunskapshandeln" med ackumulation av bättre och bättre val.

Att hävda mänskliga rättigheter är förmodligen ett bra val som sprids lättare än andra val inte bara vid kontakter mellan länder på jorden utan också vid kontakter med framtiden.

## **Epilog**

Det finns många fler ögonblick än de som ligger bakom dig och framför dig. Det är bara det att du inte upplever de som ligger vid sidan av dig. Men du upplever många av dessa i parallella biografier med dig själv som stjärna. Du kan tänka på dem som historier som virtuella kopior av dig själv genomlever.

### **Vad tror jag på?**

Vi är automater av samma skrot och korn som resten av världen. Men vi är autonoma och intelligenta automater. Vi behandlar världen med kunskap. Vi har fri vilja. Vi hävdar moraliska värderingar i ett universum som tycks vara gigantiskt likgiltigt för våra göranden.

Detta har vi gjort sedan länge, men det är inte förrän kvantteorin fanns på plats med dess multiversum som ersätter den gamla teorins enda orubbliga blockuniversum som våra strävanden kan ges en möjlig mening utan att ta till vidskepligheter som ligger utanför naturlagarna.

### **Vilka frågor har jag?**

För att saker och ting ska bli riktigt intressanta krävs att vi kommer att bygga tidsmaskiner. Men är det möjligt att liv kan förflytta sig i kraftfält som är så starka som de som finns i närheten av svarta hål? Det verkar hur som helst krävas för att vi ska slunga oss tillbaka i tiden.

### **Hur tror jag frågorna kommer att besvaras?**

Det verkar rimligt att framtidens tidsmaskiner kommer ta formen av en ”verkstad” där man sätter ihop kopior av framtidens människor utifrån signaler med detaljerad information om hur

kopian fungerar. Signalerna kommer till oss genom en slags konstruerad ”svartahålsvängdörr”.

Det kommer förmodligen inte att vara att ”läsa av” all informationen och skicka signalerna som är det svåra: Det svåra kommer att vara jobbet i ihopsättningsavdelningen. Hofstadters exempel med superdatorn som behöver ett helt år att simulera veckningen av ett enda protein visar på svårigheterna.

Men varför måste datorsimuleringen återge ett proteinbaserat liv och medvetande? Funktionerna måste väl vara oberoende av den substans som uppbär dem?

I slutändan är det säkert så, annars skulle inte Omegapunktteknologin vara möjlig, och då är inte heller Turingprincipen hållbar och då måste det mesta av naturvetenskapens framgångar lämpas av båten. Inte för att det skulle hjälpa, för i så fall skulle vi ändå sjunka.

Men i det korta perspektivet är det svårt att se hur vi kan återskapa något som liknar närvarokänslan utan att simulera biologiskt liv. Som funktionalisten Dennet erkänner<sup>89</sup> så har det autonoma nervsystemet ”nyckel-nyckelhåls”-funktioner speciellt avpassade till det egna och omgivande materialet på praktiskt taget varje punkt. Detta gör det inom överskådlig framtid praktiskt taget omöjligt att skilja närvarokänslan från det material som evolutionen använt sig av.

Å andra sidan har Hofstadter offentligt låtit sig imponeras av ett datorprogram som kallas *Emmy*<sup>90</sup>. Programmet kan analysera kompositioner av t ex Beethoven, Mozart, Chopin, och Joplin och sedan själv komponera musik med omisskännliga drag av dessa kompositörers stil och anda. Han säger sig förbluffad av att så känslös musik kan åstadkommas av något som aldrig hört en ton eller upplevt ett ögonblick av liv. Då ska man veta att Hofstadter är vida berömd inom AI-kretsar och inte låter sig imponeras i första taget.

---

<sup>89</sup> Daniel C. Dennet; *Kinds of Minds – Toward an understanding of consciousness*

<sup>90</sup> Egentligen EMI, som i sin tur är en förkortning av *Experiments in Musical Intelligence*

Vi vet ju också redan att evolutionen hittat känslorna i komplicerade Bayesianska nätverk med Bayes teorem som en matematisk grundstruktur. Likt alla matematiska strukturer kan de beskrivas i formella system och automatiseras.

Vi vet också att den som återskapas i ett tidigare ögonblick återfinner sig i ett som ligger *vid sidan av* det han/hon kommer ifrån. Ögonblicken vi har befunnit oss i kan vi aldrig ändra.

Vi söker skönhet. Det gör vi rätt i för alla ögonblick är för evigt.

## Appendix A

### *Cantors diagonalteorem*

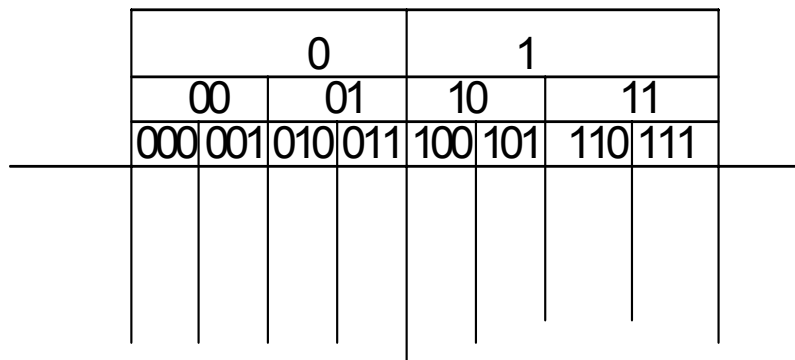
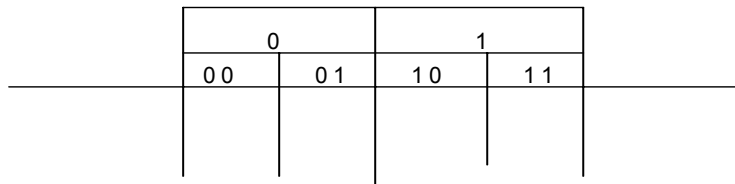
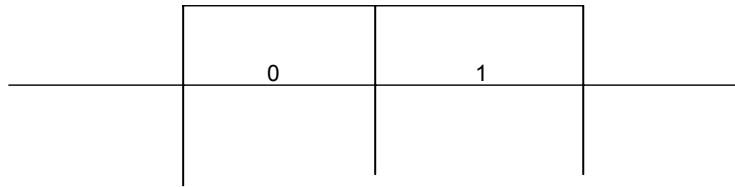
Anta vi skär en linje på två godtyckliga ställen som i nedanstående figur.



**Figur A1** Ett godtyckligt linjesegment

Vi skär sedan detta godtyckliga linjesegment exakt i mitten och kallar det vänstra linjesegmentet 0 och det högra 1. Proceduren kan upprepas inom varje nytt segment med konventionen att lägga till en nolla i varje block till vänster och en etta i varje till höger. Vi får då ett antal boxar enligt figurerna på nästa sida.

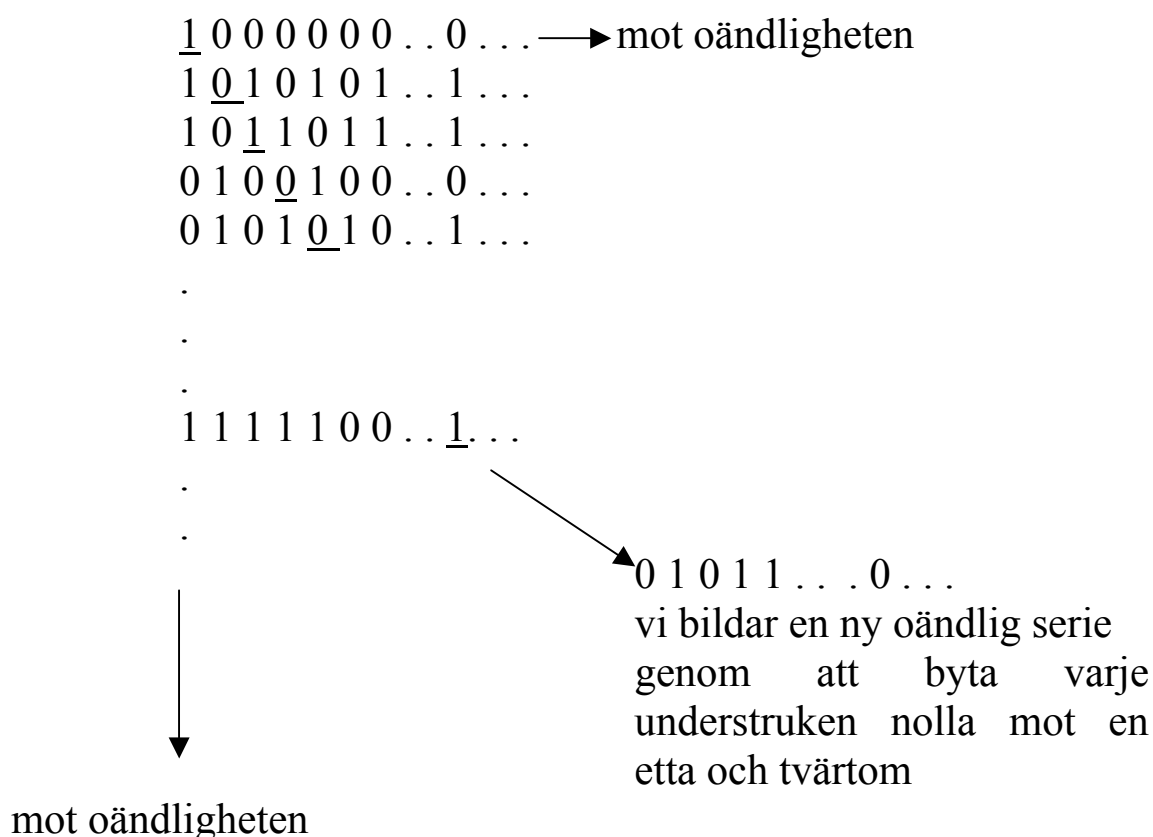
**Figur A2-4 Kortare och kortare linjesegment ges benämningar**



Även om det är uppenbart att vi inte kan fortsätta rita fler och fler figurer i all oändlighet är det lika uppenbart att vi kan göra det som ett tankeexperiment. Reglerna för benämning av de allt kortare segmenten på linjen är klara. De första tre upprepningarna av proceduren ger åtta segment unikt benämnda med nollor och ettor. Skulle vi fortsätta göra om proceduren ett oändligt antal gånger skulle segmenten bli oändligt små och med oändligt långa serier av ettor och nollor som "namn". Tanken är förstås att man kan ge all punkter på linjen en unik benämning så att de går att räkna. Cantors diagonalteorem visar att detta är omöjligt. Antalet punkter på ett godtyckligt linjesegment är fler än ett oändligt antal!

Vi tänker oss att vi listar hela den oändliga raden av oändliga serier av nollor och ettor. De motsvarar alla ett oändligt litet unikt segment på linjen. Vi kan lista alla möjliga kombinationer av ettor och nollor som i figuren.

**Figur A5**



Det intressanta med den nya serie ettor och nollor som vi bildar genom att omkasta hela serien i diagonalen är att trots att den unikt motsvarar en punkt (eller snarare ett oändligt litet segment) på linjen så finns denna serie inte med i den oändliga listan av alla möjliga serier, eftersom den skiljer sig på åtminstone ett ställe från alla serier i listan. Antalet unikt identifierbara ställen på linjesegmentet är alltså fler än vad som går att räkna; vilket skulle bevisas.

## Appendix B

### **Formella system**

Formella system är uppbyggda i tre nivåer.

- Tecken som t ex  $\rightarrow$ ,  $\sim$  eller  $X$  som kan sättas samman i strängar, t ex  $\sim\sim X \rightarrow X$  eller  $XXXXXXXX$
- Regler som bestämmer hur strängar kan sättas ihop och som därmed är *välformade strängar*
- Meta-regler som bestämmer vilka av de välformade strängarna som har en särskild status, som är det formella systemets satser (=teorem)

Vi exemplifierar med ett mycket enkelt formellt system som hittats på av Hofstadter.<sup>91</sup> Här följer definitionen:

- Tecken som används är p, q och –
- Välformade strängar är strängar som innehåller tre grupper av tecknet – åtskiljt av exakt ett p och ett q (exempelvis – p – q – –)
- Särskild status som axiom har alla strängar av formen  $x p - q x -$  där x står för ett eller flera – och en enda *produktionsregel* ger alla övriga teorem.

### **Produktionsregeln**

---

<sup>91</sup> Se Douglas R. Hofstadters berömda bok *Gödel, Escher, Bach: An eternal golden braid* för fler underbara exempel.

Om  $x p y q z$  är ett teorem, där  $x$ ,  $y$  och  $z$  står för ett eller flera  $-$ , så är också  $x p y - q z -$  ett teorem.

Hofstadter hittade på just detta formella system för att simulera addition av två positiva heltal. Var och en kan försäkra sig om det genom att producera teorem och tolka dem på detta sätt:

Tecknet  $p$  utläses som plus.

Tecknet  $q$  utläses som "är lika med" (engelskans *equal*).

Tecknet  $-$  utläses som ett.

Teckensträngen  $--$  utläses som två.

Teckensträngen  $---$  som tre,  $----$  som fyra osv

Vårt exempel på en välformad sträng (som också råkar vara ett teorem såsom varande ett axiom)  $- p - q --$  utläses alltså; ett plus ett är lika med två.

Men observera! Strängen  $- p - p -- q ----$  som du kära läsare säkert nu lätt översätter till ett plus ett plus två är lika med fyra, finns inte med som teorem, varken som axiom eller härledd via axiom och aldrig så många upprepningar av produktionsregeln. I själva verket ser vi det direkt, eftersom den strängen inte ens är välformad enligt systemets regler (det får inte finnas mer än *ett*  $p$ ).

Med den tolkning av symbolerna i systemet som vi anlagt är det uppenbart att det finns många strängar som skulle vara korrekta men som helt enkelt inte är med i systemet.

Det är meta-reglerna som gör formella system intressanta. Det finns ett formellt system, Booleansk algebra, som har en speciell status i den oändliga mängden formella system. Vi bygger upp det med hjälp av de nu välkända tre nivåerna på följande vis:

- Tecken som används kan vara  $\sim$ ,  $\forall$ ,  $[$ ,  $]$  samt vissa bokstäver exempelvis  $x, y, z$  som benämns *variabler*
- Regler som bestämmer hur strängar kan sättas ihop som *välformade strängar* är för det första att en ensam *variabel* är en välformad sträng, samt, för det andra att om strängarna  $S$  och  $T$  är välformade strängar så är strängarna  $[\sim S]$  samt  $[SVT]$  också välformade strängar.
- Meta-reglerna ger vissa välformade strängar enligt ovan en särskild status som teorem, dels genom att lista fyra strängar som systemets *axiom*, och dels genom *substitutionsregeln* och regeln för *modus ponens*

Naturligtvis kan andra tecken användas. Det går t ex att klara sig med färre tecken med hjälp av förkortningar. En praktisk variant är att förkorta en sträng som  $[\sim x]\forall y$  till  $x \rightarrow y$ . Med dessa noteringar kan Booleansk algebra ges följande definition på metanivån.

### **Axiom**

1.  $[[x\forall x] \rightarrow x]$
2.  $[x \rightarrow [x\forall y]]$
3.  $[[x\forall y] \rightarrow [y\forall x]]$
4.  $[[x \rightarrow y] \rightarrow [[z\forall x] \rightarrow [z\forall y]]]$

### **Substitutionsregeln**

Om strängen  $S$  är en välformad sträng och strängen  $T$  är ett teorem som innehåller en variabel, så är också den sträng om erhålls om man byter ut variabeln mot  $S$  ett teorem.

## Modus ponens

Om strängen  $[S \rightarrow T]$  är ett teorem och  $S$  är ett teorem, så är  $T$  ett teorem.

Booleansk algebra är ett *komplett* formellt system, vilket innebär att för varje välformad sträng,  $S$ , kan antingen  $S$  själv eller  $[\sim S]$  härledas. Dessa två strängvarianter tolkas därför vanligtvis som motsatser. Att systemet är komplett betyder också att lägger man till andra välformade strängar som axiom kan de antingen redan härledas och är därför onödiga, eller så kan de inte härledas vilket också innebär att *både*  $S$  och  $[\sim S]$  kan härledas. I det senare fallet tappar hela systemet i tolkningsmöjligheter och kollapsar till de båda första nivåerna. Meta-regeln blir då att *alla* välformade strängar är teorem. Däremot kan ytterligare axiom hänförande till nyinförda tecken och produktionsregler användas för att bygga upp alla de vanliga logiska och matematiska strukturerna.

## Appendix C

### Planckenheter

**Plancks konstant:**  $h=6,6260755*10^{-34}$  Js.

**Plancks konstant på rotationsform:**  $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05457*10^{-34}$  Js.

Detta värde ger tillsammans med  $c$  (ljushastigheten) och  $G$  (gravitationskonstanten) övriga Planckenheter enligt nedan.

**Plancktiden:**  $t_{PW} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 5,39056*10^{-44}$  s.

**Plancklängden:**  $s_{PW} = t_{PW} \cdot c = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,61605*10^{-35}$  m.

**Planckkarean:**  $A_{PW} = s_{PW}^2 = \frac{\hbar G}{c^3} = 2,61162*10^{-70}$  m<sup>2</sup>.

**Planckvolymen:**  $V_{PW} = s_{PW}^3 = \left(\frac{\hbar G}{c^3}\right)^{\frac{3}{2}} = 4,22050*10^{-105}$  m<sup>3</sup>.

**Planckfrekvensen:**  $f_{PW} = \frac{1}{t_{PW}} = \sqrt{\frac{c^5}{\hbar G}} = 1,85509*10^{43}$  Hz.

**Planckenergin:**  $W_{PW} = \hbar f_{PW} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} = 1,95633*10^9$  J ( $1,22105*10^{19}$  GeV).

**Planckmassan:**  $m_{PW} = \frac{W_{PW}}{c^2} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2,17671 \cdot 10^{-8} \text{ kg.}$

**Planckdensiteten:**  $\rho_{PW} = \frac{m_{PW}}{V_{PW}} = \frac{c^5}{\hbar G^2} = 5,15747 \cdot 10^{96} \text{ kg/m}^3.$

**Planckkraften:**  $F_{PW} = \frac{W_{PW}}{s_{PW}} = \frac{c^4}{G} = 1,21056 \cdot 10^{44} \text{ N.}$

**Plancktemperaturen:**  $T_{PW} = \frac{W_{PW}}{k} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{k^2 G}} = 1,41694 \cdot 10^{32} \text{ K.}$

**Planckflödet:**  $\Phi_{PW} = B_{PW} A_{PW} = B_{PW} \sqrt{\frac{\hbar G}{2\pi c^3}} \pi ? = ? = 2 \cdot 10^{-15} \text{ Wb.}$

## **Ordlista**

### **absolut nollpunkt**

Den lägsta möjliga temperaturen.

### **acceleration**

Vid acceleration uppstår ”ytor” mot resten av verkligheten. Detta beror på att ”krökningen” av rumtiden, vilket *är* acceleration enligt den allmänna relativitetsteorin, gör att det uppstår ”händelsehorisonter”.

### **algoritmiskt informationsinnehåll**

Den kortaste beskrivningen av en struktur är dess algoritmiska informationsinnehåll.

### **analytisk metod**

Att använda sig av en analytisk metod innebär att studera hanterbara exempel på en större helhet för att gradvis kunna öka precisionen i beskrivningen av helheten.

### **antipartikel**

Varje partikel har en antipartikel som har samma massa men med motsatta laddningar. Partiklar utan laddning är sina egna antipartiklar.

### **antropiska principen**

Finns i olika varianter. Men alla utgår från att universum på något sätt kan bestämmas utifrån det faktum att vi finns här som observatörer.

## **axiom**

Av alla teorem som tillhör ett formellt system är axiom en speciell klass som inte härleds genom produktionsregler, utan förutsätts och används som utgångspunkter för att härleda nya teorem.

## **Banachmått**

Ett tal som kan anges som yta för en mängd punkter vilken som helst i ett plan.

## **Bayes teorem**

Detta teorem är en ”organisationsprincip” som gäller såväl vid evolution i allmänhet som vid kunskapsinhämtning.

## **beräkningsteori**

Detta studiefält har vuxet fram som vetenskaplig teori i och med datorernas intåg. Beräkningsteorin anger gränser för vad som är möjligt att beskriva.

## **Big Bang**

”Den stora smällen” vid universums början.

## **Booleansk algebra**

Denna formella struktur är utgångspunkten för alla matematiska strukturer. Booleansk algebra är ett *komplett* formellt system, vilket innebär att för varje välformad sträng,  $S$ , kan

antingen  $S$  själv eller  $[\sim S]$  härledas. Dessa två strängvarianter tolkas därför vanligtvis som motsatser.

## **bosoner**

Bosoner kallas alla partiklar som har heltalspinn  $(0, 1, \dots)$ . De är *kvanta* i standardmodellens kraftfält.

## **Calabi-Yau**

Enligt supersträngteorin finns det sex tätt ihoprullade extra rumsdimensioner i varje punkt i det vanliga tredimensionella rummet. De bildar en sexdimensionell "sfär" av en speciell form (vars geometri utarbetades av matematikerna Eugenio Calabi och Shing-Tung Yau) som kallas Calabi-Yau.

## **Cantors diagonalteorem**

Om man fortsätter att räkna 1, 2, 3, 4 o s v i all oändlighet har man fått en mängd som betecknas med den grekiska bokstaven omega,  $\omega$ . Mängden av alla punkter på en linje betecknas med  $c$  (första bokstaven i engelska *continuum*). 1873 bevisade matematikern Georg Cantor att  $c$  är större än  $\omega$ . Cantors bevis har kommit att kallas Cantors diagonalteorem. Förklaringen finns att få i appendix B. I korthet går det ut på att visa att 2 upphöjt till ett godtyckligt tal  $(0, 1, \dots, \omega)$  alltid är större än det talet. 2 upphöjt i 0 är 1 (1 är större än 0), 2 upphöjt i 1 är 2 (2 är större än 1) o s v tills, slutligen, 2 upphöjt i  $\omega$  är  $c$  ( $c$  är större än  $\omega$ ).

## **computalism**

Om det finns en nivå där varje fenomen är utbytbar mot en beräkning som kan utföras av en på den nivån lokaliserad dator (det må vara bakom pannbenet eller hela universum), så betyder det att *allt* är duplicerbart. Skillnaden mellan "verkligheten" och

dubletterna är enligt denna skola, som kallas computalism, inte absolut utan enbart relativ.

### **dekoherens**

Det specifikt kvantfysikaliska fenomenet *interferens* är under normala förhållanden ytterst svårupptäckt på grund av att varje process vi studerar är sammanflätad med omgivningen på så ofantligt många sätt att vi bara kan hoppas att det jämnar ut sig. Processerna *dekoherar* och kan i praktiken beräknas oberoende av varandra.

### **determinism**

Determinism är tanken att det inte finns ett enda ”gap” i naturen där man skulle kunna plugga in ett mirakel istället för en beräkning.

### **dimensioner**

Hur många dimensioner som finns tillgängliga för ett fysiskt objekt har att göra med hur det är begränsat. En biljardkula på ett carambolebord, där det inte finns några hål att stöta ner kulan i, är begränsat till planets två rörelseriktningar, medan kulan på ett vanligt biljardbord kan frigöra sig från planets begränsningar och röra sig även i en tredje dimension när den droppar ner i något av hålen.

### **DNA**

Kommer av engelskans *Deoxyribo Nucleic Acid* som är den kemiska beteckningen på ämnet för arvsmassan.

### **ekologisk nisch**

En ekologisk nisch är en av de ekologiska villkoren dikterat, mer eller mindre bestående, förhållningssätt i ekosystemet som arter, som kommer och går, tvingas anpassa sina roller efter.

### **ekvivalenta beskrivningar**

Formella beskrivningar som beskriver samma struktur kallas ekvivalenta. Matematiker talar om ekvivalensklasser.

### **epistemologi**

Epistemologi betyder studiet av kunskap och processerna som leder till kunskap.

### **experiment**

Inom experimentell vetenskap är experimentet en *kritisk metod* med vars hjälp teorier kan rationellt kritiseras.

### **expertsystem**

Expertsystem kallas en grupp datorprogram inom AI-området som består av en stor kunskapsdatabas (oftast sammanställd genom intervjuer med experter inom det område programmet ska tjäna) kopplat till en ”slutledningsmodul”.

### **fermioner**

Fermioner kallas alla partiklar vars spinn inte är heltal ( $1/2$ ,  $3/2$ ...). De är alla antingen kvarkar eller leptoner, d v s materiepartiklar.

### **formella system**

Alla formella system består av symboler och regler för hur man formar strängar av dessa symboler. Varje enskilt formellt

system har dessutom regler för vilka strängar som skall räknas som satser i just det formella systemet.

### **framväxande egenskaper**

Nya egenskaper som växer fram till följd av kollektiva effekter. Man talar om *emergerande organisation* som uppstår spontant utan planering eller organisatör.

### **friktion**

Friktion är omvandlingen av en relativt sammanhållen rörelse till en mer oordnad rörelse med rörelsemoment åt olika håll. Omvandlingen sker på molekylärnivå till följd av elektromagnetiska effekter. Utan friktion vore inte liv möjligt.

### **fundamentala händelser**

Begreppet står för enklast tänkbara odelbara händelser bortom tid och rum. Liksom de odelbara fotonerna bildar ljus skulle dessa *händelsekvanta* bilda själva dimensionerna där allt annat händer, enligt en teori av kosmologen Lee Smolin.

### **funktion**

Synonymer till funktion är avbildning eller transformation. Matematiskt är en funktion en regel som till varje element i en mängd ordnar ett element i en annan mängd. Ofta används ordet funktion i betydelsen design eller ordning för ett syfte.

### **fysiskt möjligt**

Till skillnad från vad som är logiskt möjligt är det som är fysiskt möjligt bara sådant som faktiskt existerar någonstans i multiversum.

## **förväntningsgenerator**

Filosofen och kognitionsteoretikern Daniel C. Dennet har myntat detta uttryck som en metafor för medvetandet.

## **geodetisk bana**

Kortaste vägen mellan två punkter.

## **grammatik**

Grammatik är egentligen syntaxregler, men den mänskliga hjärnan antas utvecklat en ”instinkt för grammatiskt språk” som gör det lättare att komma ihåg sekvenser av ord och ordbitar. Dessa grammatiska ”instruktioner” korrigerar för fel och gör att livslängden och att den möjliga spridningen av ett talat uttryck förlängs dramatiskt.

## **gravitoner**

Partiklar med heltalspinn (2) som förutsägs i den supersymmetriska standardmodellen och i supersträngteorin och som antas vara gravitationens *kvanta* i en färdig teori för kvantgravitation.

## **gränsvillkor**

Tanken att universum är ändligt, men inte har några gränser.

## **Gödels teorem**

Matematikern Kurt Gödel lyckades 1931 med något som kommit att kallas *ofullständighetsbeviset*. Det är ett rigoröst matematiskt bevis på si så där 100 sidor. Den mest lättförståeliga förklaring av vad beviset egentligen säger har givits av fysikern och statistikern E. T. Jaynes, det låter kortfattat så här: Inget

formellt system kan garantera sin egen motsägelsefrihet, eftersom det är ett elementärt logiskt faktum att A och icke-A samtidigt implicerar alla påståenden, sanna som falska och att varje implikation i ett formellt system kan härledas från ett formellt system som härbärgerar motsägelser och därför kan ingen implikation bevisa att systemet är motsägelsefritt.

## **Heisenbergs osäkerhetsprincip**

Heisenbergs osäkerhetsprincip inom kvantfysiken säger att något som befinner sig i ett orörligt tillstånd är omöjligt, eftersom vi då vet både dess absoluta position och dess rörelse (att den inte har någon), vilket inte är möjligt enligt denna princip. Heisenbergs osäkerhetsprincip är fundamental för den kvantmekaniska beskrivningen av verkligheten. Den gäller inte bara omöjligheten av orörliga positioner utan också omöjligheten att samtidigt ange ett elektromagnetiskt fälts magnetiska och elektriska styrka exakt, dessa måste ständigt fluktuera, även i ett energilöst absolut tomrum.

## **Higgsfysik**

Det som skiljer ut Higgsfysiken är att det som gäller för alla andra fysiska system, lättjefullhetens princip, att de strävar mot sitt lägsta energikrävande tillstånd, ställs på huvudet i Higgsfysiken. När Higgsfältet når sitt lägsta tillstånd *tillför* det energi till andra de andra fälten, bryter spontant symmetrin och tilldelar de andra fältens partiklar massor.

## **holism**

Uppfattningen att man inte utifrån de lagbundenheter som gäller för de enskilda delarna kan härleda de lagbundenheter som gäller för helheten (efter Hoffmeyer).

## **holografisk princip**

Flera forskare tror att någon form av holografisk princip är grundläggande för allting annat. En ledtråd är att olika delar av den matematiska kartan över M-teorin beskriver samma underliggande fenomen dels i ett språk där de kvantmekaniska effekterna är starka och dels i ett där dessa till stor del kan bortses från. Man talar om M-teorins inneboende kvantmekaniska symmetrier.

### **hypotesrymd**

Alla antaganden man finner möjliga som svar på en konkret frågeställning; eller snarare, det är genom dessa antaganden frågeställningen blir konkret.

### **icke-kommutativ geometri**

En form av geometri där avstånd saknar mening. Används inom M-teori för att beskriva tillstånd bortom rums- och tidsavstånd.

### **induktion**

Det finns inte någon generell regel för att göra induktiva slutledningar, utan man får använda olika medel beroende på vilken bakomliggande information man har tillgång till. Induktiva resonemang visar då vilka förutsägelser vi kan göra utifrån den information vi väljer att använda vid våra beräkningar.

### **inflationsteorin**

En kosmologisk modell där universum alldeles i sin början genomgår en period av oerhört snabb utvidgning (på bråkdelen av en sekund dubblas universums storlek 167 gånger). Alla resultat pekar mot att teorin om den *inflationistiska* utvecklingen av universum bråkdelen av en sekund efter Big Bang är riktig. Det

betyder att hela universums historia från en trilliontedels trilliontedels sekund (en trilliontedel =  $1/1000000000000$ ) efter Big Bang är beskrivet med en vetenskaplig teori som knappast kommer att förändras mycket i sina huvuddrag i framtiden.

### **information**

Skillnaden mellan min kunskap om en situation och alla möjligheter i situationen som inte begränsas av denna min förkunskap är ett mått på min information om situationen. Shannon, grundaren av informationsteorin, kallar informationsmängden ”ett mått på vår osäkerhet”. Information är alltså skillnaden mellan vad vi vet och inte vet och mäts i *informationsbitar*; en *bit* är åtskillnaden mellan två möjligheter, ett ja-/nejsvar på en fråga.

### **interferens**

Partiklar i parallella universa ”ingriper” i varandras historier. Detta kallas interferens. Denna belyses oftast med hjälp av det berömda diffraktionsexperimentet. Fotoner skickas en och en mot en dubbelspalt varvid en diffraktion uppstår som om en våg träffat dubbelspalten. ”Vågen” består av fotoner i parallella universa som påverkar de enstaka fotonerna i vårt skikt av multiversum.

### **intuitionism**

En doktrin som säger att matematiska begrepp bara bör användas om de är baserade på direkt och självklar intuitiv förståelse. En matematikerversin av solipsism.

### **instanton**

Ett slags pseudopartikel som motsvaras av kvantfysikaliska processer i imaginär tid. Begreppet instanton har också fått stor betydelse i moderna kosmologiska teorier.

### **instrumentalism**

En skola som hävdar att ändamålet för vetenskapliga teorier enbart är att förutsäga resultatet av experiment och inte att förklara verkligheten.

### **jagplex**

Ett komplex av *memer* knutna till ett illusoriskt jag.

### **kaos**

Kaos kallas den instabilitet i ett händelseförlopp som gör att initialt små skillnader växer explosionsartat.

### **komplexitetsteori**

En gren av datavetenskap som behandlar vilken resursmängd, såsom tid, minneskapacitet, energi o s v, som behövs för att utföra en given klass beräkningar.

### **kontrafaktiska villkorssatser**

Detta är satser av typen; *om* Hitler hade vunnit andra världskriget, så skulle..... Vi förstår intuitivt vad som menas, men deras logiska status är problematisk.

### **Kopernikanska principen**

Denna princip, som säger att det inte är något speciellt med oss och vår plats i universum, har gång på gång visat sig vara en fungerande slagruta i fysikens historia.

## **kosmologi**

Kosmologi är studiet av hela universum, dess egenskaper och ursprung.

## **kvanta**

Alla energiformer har sina minsta odelbara enheter, *kvanta*. Med andra ord är allt mätbart kvantifierat.

## **kvantteorin**

En teori för fysiken i multiversum. Detta är David Deutsch koncisa och eleganta formulering. Denna teori föddes ur Heisenbergs och Plancks mondäna principer.

## **Köpenhamnstolkningen av kvantteorin**

Skolbokstolkningen av kvantteorin som håller fast vid ett enda universum genom att döma ut alla de övriga som aldrig existerande, även de som bidraget till utfallet av en observation. Man har lärt en generation fysikstuderande att man aldrig får fråga om verkligheten mellan observationer.

## **LSP**

Enligt supersymmetriska teorier, som supersträngteorin och den supersymmetriska standardmodellen, har alla partiklar en superpartner. Dessa s k *spartiklar* sönderfaller alla till den lättaste superpartnern, som kallas LSP.

## **mem**

Mem är ett begrepp som hittades på av den kände evolutionsbiologen Richard Dawkins som benämning på en kulturenhet som överförs via imitering.

### **memetik**

Memetiken är en förlängning av genetiken och den biologiska evolutionen in på kulturhistorien.

### **metafor**

Ord eller uttryck hämtade från ett annat sammanhang som används för att beskriva någonting med hjälp av en liknelse. En del metaforer blir språkligt permanenta, t ex *bordsben*.

### **metaforisk överföring**

En metafor är ett sätt för oss att känna oss förtrogna med något nytt på basis av något välkänt, därmed kan känslan vi förknippar med det välkända överföras på det nya. Ett begränsat antal termer kan med hjälp av metaforer fås att omfatta ett obegränsat antal erfarenheter.

### **Moore's lag**

Gordon Moore är känd för ett yttrande han gjorde 30 år före millennieskiftet om datachips där han förklarade att antalet transistorer på kretsarna fördubblas var 18:e månad. Det betyder att datorn blir dubbelt så snabb med 1,5 års intervaller. Fram till idag har denna förutsägelse stämt väl överens med verkligheten, därför har den kommit att kallas Moore's lag.

### **M-teori**

I mitten av 1990-talet lyckades teoretiska fysiker visa att de fem olika supersträngteorierna *och* supergravitationsteorin

kunde förenas i en enda teori i elva dimensioner, nämligen just M-teorin. De är alla lågenergigränssnitt till denna bakomliggande teori.

### **multiversum**

Enligt en växande skara teoretiska fysiker finns det inte ett universum; det finns många. Fysikerna kallar det multiversum. Inom denna större verklighet finns en oändlig mängd parallella världar till vår egen och allt som kan hända händer eller har hänt.

### **mörk materia**

Vanlig synlig materia utgör mindre än en procent av alla energiformer i universum. Vanlig ickestrålande materia utgör mindre än fyra procent. Mörk exotisk materia (inklusive mörk energi) utgör hela 96% av allt som finns.

### **nanorobotar**

Nano står för miljarddel. Robotar i storleksordningen miljarddels meter med motorer stora som en molekyl är ingen utopi längre. Nanotekniken är en prioriterad teknik på nationell prestig nivå.

### **naturalagar**

De senaste decennierna har en omvälvande förståelse vuxit fram inom naturvetenskapen; att alla upptäckta naturalagar kan härledas till de bakomliggande självklara symmetrierna och strukturlösheten hos det perfekta tomrummet. De förhållanden som måste gälla i ett absolut intet har visat sig gälla på ett bakomliggande plan också för vår vanliga verklighet.

### **negativt tryck**

En egenskap hos ett tillstånd som fysikerna kallar *falskt vakuum* som i praktiken fungerar som *antigravitation*.

## **nyttovärde**

Inom beslutsteori åsätts varje par av sannolikt utfall och handlingsalternativ ett nyttovärde. Den handling bör väljas som minimerar förlusten eller maximerar nyttan vid multiplicering av sannolikhet med nyttovärde.

## **Ockhams rakblad**

En vetenskaplig tumregel som säger att man inte ska göra fler (rimliga) antaganden än nödvändigt. Ett annat sätt att uttrycka samma sak är; man bör välja en hypotes som har få (rimliga) alternativa hypoteser framför en som har många.

## **Omegapunktteknologi**

En teknologi som kan återskapa alla omgivningar.

## **ontologi**

Läran om varats beskaffenhet.

## **oåtkomlig information**

Information som ligger bortom ett objekts händelsehorisont.

## **permutationssymmetri**

Det är en ganska remarkabel upptäckt som gjorts vad gäller elementarpartiklar att även om de är oskiljbara så är de räknebara, det har i sin tur att göra med att de är utbytbara, har permutationssymmetri, vilket i sin tur är ett annat sätt att säga att

de har spinn. Spinn är nämligen liksom all rotation utbyte av positioner mellan delar av ett system.

## **Planckenheter**

Planckenheter fås genom att kombinera de tre grundläggande enheterna ljushastigheten, gravitationskonstanten och Plancks konstant. Bland Planckenheter finns t ex Plancktemperaturen som den mindre kända motpolen till den absoluta nollpunkten, nämligen den högsta möjliga temperaturen. För exakta värden på Planckenheter se appendix C.

## **Plancks kvantum-princip**

Tanken att all energi bara kan utsändas eller absorberas i avgränsade kvanta.

## **Plancktemperaturen**

Den högsta möjliga temperaturen.

## **positivism**

En extrem form av instrumentalism som hävdar att alla påståenden som inte är beskrivningar eller förutsägelser av observationer är meningslösa. Detta positivismens grundpåstående är enligt sin egen utsago meningslöst.

## **qualia**

Filosofiskt begrepp för den subjektiva fenomenvärlden, t ex det onda när man känner smärta, det röda när man ser en solnedgång, det sträva när man dricker ett glas vin.

## **rationalitet**

Givet samma information måste alla rationella sätt att göra en slutledning på ge samma resultat.

### **realism**

En filosofisk ståndpunkt att det finns en yttre fysisk verklighet som påverkar oss genom våra sinnen.

### **rumtiden**

En approximation av en del av verkligheten (multiversum), där rum och tid ses som ett fyrdimensionellt block.

### **smateria**

På samma sätt som materia är uppbyggt av partiklar är *smateria* uppbyggd av *spartiklar* (se ovan under LSP).

### **solipsism**

En filosofisk uppfattning som går ut på att det bara finns det egna medvetandet och att allt som händer i den yttre verkligheten bara är en dröm i detta medvetande.

### **soliton**

Begreppet myntades på 1960-talet för solitära vågor p g a deras ”partikelkaraktär”.

### **spinn**

En inre konstant egenskap hos partiklar. Ett stationärt tillstånd, som är släkt med rotation men som till skillnad från rotation inte stannar av med tiden.

### **Standardmodellen**

Standardmodellen ger den mest exakta, empiriskt belagda, beskrivning av världens fysiska tillstånd och processer i vetenskapens historia.

## **Stora Krossen**

Stora Krossen (Big Crunch) är ett tänkt slutscenario - och analogi till Stora Smällen (Big Bang) - för ett universum (multiversum) som försvinner i en punkt.

## **supergravitationsteori**

En vidarebyggnad på Einsteins allmänna relativitetsteori som försöker förena allt genom supersymmetri och elva dimensioner.

## **supersträngteori**

Förenar kvantmekaniken och den allmänna relativitetsteorin genom att ersätta partikelfloran med strängar i olika vibrationsmönster. En konsekvent genomförd strängteori tycks kräva supersymmetri.

## **SUSY**

Vanligt förekommande förkortning på supersymmetri.

## **supersymmetri**

En kvantmekanisk utvidgning av rummet möjliggör denna symmetri; som kan ses som det kvantmekaniska spinnets särskilda rotationssymmetri.

## **svart hål**

Kosmiska svarta hål är objekt med så mycket massa samlad inom en begränsad volym att tyngdkraften hindrar t o m ljuset att tränga sig ut.

### **symmetribrott**

I supersträngteorin är själva Big Bang ett spontant symmetribrott, där våra tre vanliga rumsliga dimensioner skiljer ut sig från att ha varit ”jämställda” de övriga sex rumsdimensionerna som supersträngteorin innehåller.

### **tid**

Tid är det man läser av på en klocka. Klockan går men tiden rör sig inte ur fläcken. Tidens ”flöde” är en illusion.

### **teknologisk singularitet**

Termen har kommit att användas för den förmodat explosionsartade acceleration av teknologiska förändringar som väntas följa på de första autonoma artificiellt intelligenta datorerna, eller vad som också kallats datorernas uppvaknande.

### **Turingmaskin**

En idealiserad generell beräkningsmaskin som kan skriva, läsa och rätta i sitt minne. Tack vare att minnet antas oändligt stort kan denna enkla maskin utföra alla beräkningsuppgifter som alla standarddatorer kan utföra.

### **Turingprincipen**

Det finns en *universell* Turingmaskin (UTM) som, om den byggdes, skulle kunna simulera beteendet hos varje fysiskt objekt eller process.

## **universa**

Pluralis av universum. När fysikerna insåg att vårt universum blott är ett av ett oräkneligt antal universa beslöt man ändå behålla termen universum för det vi hittills trott vara allt som finns.

## **virtuell verklighet**

Datorsimuleringar är inte det enda exemplet på virtuell verklighet. Alla beräkningar som simulerar verkligheten är också virtuella verkligheter. Allt vi upplever är neuroner som simulerar delar av verkligheten. Simuleringar kräver kunskap om verkligheten och omvänt är en god simulering just en bra definition på kunskap.

## **virtuella partiklar**

I standardmodellen uppkommer naturens krafter via utbyte av ”virtuella” partiklar mellan ”riktiga” partiklar. Inom supersträngteorin är det som motsvarar de virtuella partiklarna i standardmodellen att strängarna kan gå ihop och dela på sig igen ett antal gånger innan de skiljs åt.

## **välformade strängar**

Teckensträngar som är sammansatta i enlighet med reglerna i ett formellt system kallas välformade.

## **xenofobi**

En fobi som uttrycker sig som avsky för främlingar.

## **Zenos paradox**

Zeno tänkte sig att rörelse är omöjlig. Om man börjar förflytta sig mot ett mål måste man först förflytta sig halva vägen och sedan

halva vägen av den återstående halva vägen och därefter halva vägen av den återstående fjärdedelen av den ursprungliga vägen. Är världen kontinuerlig skulle denna process pågå i evighet, tänkte Zeno och därför är rörelse omöjlig trots att vi uppenbarligen rör oss; alltså en paradox. Att oändliga serier ofta har ändliga gränsvärden var okänt på Zenos tid, så Zenos resonemang innebär ingen paradox trots allt.

### **åtkomlig information**

Information som ligger inom ett objekts händelsehorisont.

## Bibliografi

- Barrow, John D.: *Universums födelse*, Natur och Kultur, Stockholm 1995
- Blackmore, Susan: *The Meme Machine*, Oxford University Press, New York 1999
- Casti, John L.: *Searching for certainty*, Scribners, London 1992
- Close, Frank: *Lucifer's Legacy*, Oxford University Press, New York 2000
- Davies, Paul: *Superforce*, Unwin Paperbacks, London 1985
- Davies, P.C.W.; Brown J. (eds.): *Superstrings - A Theory of Everything?*, Cambridge University Press, Cambridge 1988
- Dawkins, Richard: *The Blind Watchmaker*, Penguin Books, London 1988
- Dawkins, Richard: *Livets flod*, Natur och Kultur, Stockholm 1996
- Dennet, Daniel C.: *Consciousness Explained*, Penguin Books, London 1992
- Dennet, Daniel C.: *Darwin's Dangerous Idea*, Touchstone, New York 1996
- Dennet, Daniel C.: *Kinds of Minds – Toward an Understanding of Consciousness*, BasicBooks, New York 1996
- Deutsch, David: *The Fabric of Reality*, Penguin Books, London 1997
- Gell-Mann, Murray: *Kvarken och Jaguaren*, ICA-förlaget, Västerås 1994
- Greene, Brian: *The elegant universe*, W.W. Norton & Company, New York 1999
- Guttmann Y.M.: *The concept of probability in statistical physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1999
- Hawking, Stephen W.: *Kosmos - En kort historik*, Rabén Prisma, Stockholm 1992
- Hawking, Stephen W.: *Svarta hål och universums framtid*, Rabén Prisma, Stockholm 1994
- Hoffmeyer, Jesper: *Livstecken*, Bonnier Alba, Stockholm 1997
- Hutten, Ernest H.: *The Ideas of Physics*, Oliver & Boyd, Edinburgh, 1967
- Jaynes, Julian: *The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind*, Houghton Mifflin Company, Boston 1982
- Livio, Mario: *The Accelerating Universe*, John Wiley & Sons, New York 2000
- Monod, Jacques: *Slump och nödvändighet*, Aldus/Bonniers, Stockholm 1972
- Smolin, Lee: *Three Roads to Quantum Gravity*, Weidenfeld & Nicolson, London 2000
- Wick, David: *The Infamous Boundary*, Springer-Verlag, New York 1995

## Artiklar

- David Deutsch: *Comment on "Many Minds' Interpretations of Quantum Mechanics by Michael Lockwood"*, British Journal for the Philosophy of Science **47** 222-8 (1996)
- David Deutsch: *Proceedings of the Royal Society A455*, 3129-3197 *Quantum Theory of Probability and Decisions* (1999)
- David Deutsch: *Proceedings of the Royal Society A456*, 1759-1774 *Information Flow in Entangled Quantum Systems* (2000)
- David Deutsch, Artur Ekert, Rossella Luppachini: *Machines, Logic and Quantum Physics*, *Bulletin of Symbolic Logic* **3**, 3 (September 2000)

David Deutsch: *The Structure of the Multiverse*, opublicerad artikel som blev framsidesstoff i New Scientist (14 Juli 2001)  
Horava & Witten: *Eleven-dimensional supergravity on a manifold with boundary*, Nucl. Phys. **B475** (1996)  
Khoury, Ovrut, Steinhard, Turok: *The Ekpyrotic Universe: Colliding Branes and the Origin of the Hot Big Bang*, arXiv:hep-th/0103239 (Mars 2001)  
Tegmark & Wheeler: *100 Years of the Quantum*, Scientific American (Februari 2001)  
Max Tegmark: *Is "the theory of everything" merely the ultimate ensemble theory?*, *Annals of Physics* **270**, 1-51 (November 1998)  
Michael Brooks: *Enlightenment in the barrel of a gun*, The Guardian (1997)  
Anne Runehov: *Mind, Brain, Quantum & Time: A Lockwoodian perspective*, Magisteruppsats vis Stockholms Universitet Filosofiska Institutionen (1999)  
Steane & van Dam: *Quantum entanglement looks like telepathy when three physicist get together on a game show*, Physics Today 35-39, (Februari 2000)

### **Webbpublikationer**

E. T. Jaynes: *Probability Theory: The Logic of Science*, fragment till ett bokmanuskript från Juni 1994, PDF-format på webbadressen bayes.wustl.edu (Augusti 2001)  
Christoph Schiller: *Motion Mountain – Hiking beyond space and time along the concepts of modern physics*, lärobok i fysik under utarbetande, PDF-format på webbadressen dse.nl/motionmountain/welcome.html (Augusti 2001)

## INDEX

---

### A

absolut nollpunkt · 164  
abstrakta resonemang · 26  
abstrakta världar · 16  
acceleration · 58, 60, 114, 115, 164  
ackumulation · 149  
AI · 47, 48, 54  
algebra · 8, 9  
algoritmiskt  
  informationsinnehåll · 164  
alla möjliga omgivningar · 128  
Allt är yta · 115  
alternativa hypoteser · 26, 30, 178  
analogier · 66, 125  
analytisk · 12, 56  
analytisk metod · 164  
antigravitation · 178  
anti-materia · 106  
anti-partikel · 71, 106  
antipartiklar · 117, 164  
antisträngar · 117  
antropiska principen · 164  
användargränssnitt · 9  
approximation · 139, 180  
argument · ii, 7, 23, 62, 69, 142, 147  
Aristoteles · 83

arom · 71, 72  
artefakter · 51, 66  
artificiell intelligens · 48  
asymmetri · 35  
autonom robot · 8  
autonoma · 51  
avbildning · 169  
axiom · 54, 127, 158, 159, 160, 161, 165

---

### B

bakgrundsstrålning · 78  
bakgrundsväven · 112  
Banachmått · 115, 165  
Bayes teorem · 10, 11, 12, 22, 24, 30, 31, 41, 51, 89, 126, 153  
Bayesiansk analys · 12, 13, 22, 30, 126  
Bayesiansk slutledningsteori · 13, 30  
Bayesianska nätverk · 153  
beräkningsbar · 132  
beräkningskapacitet · 138  
beräkningsteori · 44, 165  
Beräkningsteori · 74  
beslutsteori · 20, 22, 70, 178  
betingad inlärning · 40

Big Bang · 61, 77, 78, 79, 95,  
112, 116, 117, 118, 128, 129,  
165, 172, 181, 182  
Big Crunch · 181  
biosfären · 50  
Blackmore · 40, 43, 185  
bokföring · 53, 54  
Booleansk algebra · 9, 159, 160,  
161, 165  
bosoner · 71, 105, 113, 166  
bridgehand · 17  
brus · 19, 22, 28, 69

---

## C

Calabi-Yau · 100, 101, 166  
Cantor · 166  
Cantors diagonalteorem · ii,  
154, 156, 166  
cell · 38, 52  
cirkulära dimensioner · 117  
cirkulärpolarisation · 98  
computalism · 127, 166, 167

---

## D

data · 10, 11, 12, 13, 18, 24, 25,  
49  
Davies · 102, 119, 132, 185  
Dawkins · 35, 36, 40, 176, 185  
de fundamentala fysiska  
konstanterna · 95  
de generella lagarna · 120, 121  
deduktiv · 8, 11  
dekoherens · 167  
den "lätta" sonderingspartikeln ·  
105

den absoluta nollpunkten · 112  
den algoritmiska  
informationsteorin · 127  
den allmänna relativitetsteorin ·  
60, 74, 79, 91, 93, 95, 103,  
112, 164, 181  
den andra  
supersträngrevolutionen · 109  
den biologiska evolutionen · 5,  
37, 39, 42, 74, 176  
Den elfte dimensionen · 109  
den fysiska verkligheten · 103  
Den genetiska koden · 37  
Den holografiska principen ·  
115  
den kosmiska symfonin · 99  
den lättaste superpartnern · 106  
den memetiska sfären · 53  
den mänskliga hjärnan · 5, 37,  
38, 39, 43  
Den stora smällen · 112, 165  
den stora utfrysningen · 112  
den subjektiva fenomenvärlden.  
· 53  
den supersymmetriska  
standardmodellen · 106, 109,  
117, 170, 175  
den yttre verkligheten · 25, 125  
Dennet · 44, 49, 51, 152, 170,  
185  
design · 35, 62, 64, 169  
det kosmologiska naturliga  
urvalet · 95  
det matematiska språket · 115  
det multiversella perspektivet ·  
133, 144, 147, 149

det naturliga urvalet · 123  
det perfekta tomrummet · 63,  
177  
det teknologiska samhället · 6  
determinerad · 60  
determinism · 167  
Deutsch · 5, 15, 44, 70, 71, 84,  
88, 89, 91, 129, 132, 140, 141,  
175, 185, 186  
diffraktion · 173  
diffraktionsexperimentet · 173  
dimension · 22  
dimensioner · 72, 81, 98, 100,  
101, 102, 103, 104, 105, 109,  
110, 112, 113, 115, 117, 119,  
121, 167, 177, 181  
diskreta värden · 20, 82  
DNA · 5, 30, 31, 32, 37, 38, 42,  
43, 74, 83, 167  
dualiteten · 113  
dynamiska system · 57

---

## *E*

effektiv förståelse · 30  
effektiva teorier · 30  
egenskaper · 18, 36, 60, 69, 71,  
72, 78, 83  
Einstein · 59, 60, 71, 76, 100  
ekologisk nisch · 125, 167, 168  
ekvationssystem · 4, 6  
ekvivalensklasser · 168  
ekvivalenta formella  
beskrivningar · 125  
elektromagnetiska effekter · 169  
elektromagnetism · 56

elementarpartikel · 82, 103, 104  
elementarpartiklar · 71, 74, 75,  
81, 178  
emergerande organisation · 169  
en fyrdimensionell "sfär". · 119  
en kvantmekaniskt fungerande  
dator · 85  
en objektiv bakomliggande  
verklighet · 125  
en tionde rumsdimension · 119  
endimensionell sfär · 108  
energi · 19, 49, 55, 59, 60, 63,  
78, 79, 80, 97, 104, 110, 114,  
129, 171, 174, 179  
energiformer · 20  
energilösa fotoner · 114  
entropi · 19, 21  
epistemologi · 168  
erfarenhet · 4, 9, 10, 11, 13, 14,  
26, 42, 54, 58, 63  
ett fyrdimensionellt rum · 119  
evigt liv · 134, 135  
evolution · 35, 41, 43, 65, 165  
evolutionen · 12, 30, 35, 38, 41,  
42, 64, 65, 84, 113, 126, 133,  
146, 149, 152, 153  
evolutionsteori · 1, 2, 44  
existens · 5, 6, 63  
existensavstånd · 107  
experiment · ii, 5, 7, 15, 18, 19,  
72, 84, 99, 106, 107, 110, 127,  
168, 174  
expertsystem · 47, 168  
explosionsmotor · 1, 14

---

## F

fabel · 44  
faktorisera · 85  
falskt vakuum · 79, 81, 178  
favorithypoteser · 30  
feedbackmekanismer · 37  
fenomen · 17, 56, 70, 79, 82  
fermioner · 72, 105, 113, 168  
fermioniska dimensioner · 106  
flygplansvingar · 1  
flygsimulator · 6, 43, 140  
formell · 8  
formell struktur · 126  
formella system · 124, 127, 153, 159, 168  
Formella system · 124, 158  
formellt system · 12, 126, 158, 159, 165, 171  
fotoner · 71, 82, 98, 104, 105, 106, 111, 114  
framväxande · 34, 36, 41  
framväxande egenskaper · 65, 169  
frekvensdistribution · 18  
fri vilja · 52, 151  
friktion · 34, 55, 58, 59, 169  
fundamentala egenskaper · 131  
fundamentala händelser · 111, 169  
funktion · 6, 12, 38, 41, 169  
fysiska system · 19  
fysiskt möjligt · 169  
fågelsingar · 1, 2  
färg · 60, 69, 71, 72  
förklaringsmodell · 28

förväntningsgenerator · 51, 170

---

## G

galax · 60  
Gell-Mann · 33, 69, 76, 185  
gemensam skala · 9  
gen · 37, 38, 43, 83, 133  
generellt språk · 43  
genetiken · 5, 176  
geodetisk bana · 170  
godtyckliga linjesegment · 154  
grammatik · 39, 42, 170  
gravitation · 56, 79  
gravitationskonstanten · 162, 179  
gravitationslag · 12  
gravitoner · 109, 120, 170  
Greene · 19, 100, 108, 113, 185  
gränsfall · 7, 11  
gränsfrihetsvillkor · 170  
Gud · 61, 63, 79  
gudagåva · 2  
Gödels teorem · 12, 170

---

## H

hastighet · 57, 58, 72, 77  
Hawking · 55, 61, 76, 80, 142, 146, 185  
Heisenbergs osäkerhetsprincip · 112, 114, 171  
heterotisk sträng · 118  
heterotiska M-teorin · 118  
Higgs partikel · 72, 106  
Higgsfysiken · 97, 171  
Higgsfältet · 96, 97, 171

hjärnstorlek · 39  
Hofstadter · 54, 66, 146, 152,  
158, 159  
holism · 171  
holistisk · 56  
holografisk princip · 114, 172  
hyperrymden · 120  
hypotes · 10, 11, 12, 17, 23, 26,  
28  
hypotesrymd · 25, 172  
händelsehorisonten · 115  
händelsehorisonter · 164  
händelsekvanta · 169

---

*I*

icke-kommutativ geometri ·  
108, 172  
idealisering · 9  
imitation · 38, 39, 40, 41, 42,  
43, 67  
imitera · 38, 39, 40, 41, 42, 43  
implikation · 12, 47, 171  
induktion · 15, 172  
induktionsaxiomet · 127  
Induktionsproblemet · 14  
inflationen · 61, 79, 81  
inflationsteorin · 81, 172  
information · 8, 11, 12, 14, 15,  
18, 22, 23, 24, 26, 28, 56, 59,  
61, 70, 78, 86, 89, 90, 115,  
123, 127, 136, 140, 151, 172,  
173, 180  
informationsbehandling · 23, 74  
informationsbit · 115  
informationsbitar · 173

informationsinnehåll · 17, 38  
informationskanaler · 6  
informationsspridning · 89  
informationsvinster · 86  
initial information. · 127  
initial sannolikhet · 126  
instanton · 119, 173, 174  
instruktion · 36  
instrumentalism · 174, 179  
interferens · 82, 167, 173  
intuitionism · 173  
irreversibel · 37, 42  
irreversibilitet · 54

---

*J*

jagplex · 52, 53, 174  
Jaynes · 7, 52, 66, 170, 185, 186  
justerbara parametrar · 99

---

*K*

Kane · 4, 30, 106  
kaos · 174  
kapacitetsmått · 115  
Kausalitet · 146  
klassiska mekaniken · 19, 71  
klassiska system · 70  
kollektiva effekter · 169  
kommunikation · 6, 47, 59, 61  
kommunikationsapparaturen ·  
28  
kommunikationsteori · 18, 29  
kommutativa · 9, 112  
komplett formellt system · 161,  
165  
komplexitet · 146

komplexitetsteori · 174  
konstant · 33, 58  
konstruktion · 1, 2  
kontinuitet · 73  
kontinuum · 74, 81, 88  
kontrafaktiska villkorssatser ·  
174  
Kopernikanska principen · 27,  
56, 123, 174  
kosmologi · 61, 175  
kraftfält · iii  
kristaller · 36  
kryptra · 85  
kulturenhet · 38  
kulturvetenskap · 38  
kunskap · ii, 5, 10, 12, 14, 16,  
18, 25, 26, 28, 31, 43, 44, 47,  
48, 49, 53, 54, 62, 63, 65, 128,  
129, 130, 131, 139, 147, 149,  
151, 168, 173, 183  
kunskapsbärande strukturer ·  
128  
kunskapshandel · 147  
kunskapsteori · ii, 13, 44, 129,  
132  
kvanta · 20, 69, 97, 166, 170,  
175, 179  
kvantaromdynamik · 71  
kvantdatorer · 32, 85, 86  
kvantfluktuationer · 114  
kvantfysik · 72  
kvantfysiken · 69, 70, 72, 73,  
81, 112  
kvantfysikens formalism · 126  
kvantgravitation · 126, 170  
kvantgravitationen · 113

kvantgravitationsteori · 145  
kvantkromodynamiken · 71  
kvantmekaniken · 19, 70, 71,  
76, 83, 103, 106, 148, 181  
kvantmekaniska symmetrier ·  
114, 172  
kvantsystem · 70  
kvantteorin · 84, 88, 89, 91,  
134, 151, 175  
kvanttillstånd · 76, 77, 111  
kvarkar · 71, 75, 89, 96, 168

---

## *L*

leptoner · 168  
likelighet · 10  
linjära relationer · 56  
liv · 4, 25, 37, 38, 40, 56, 71,  
79, 83  
ljushastigheten · 59, 63, 162,  
179  
ljuskoner · 90  
Lockwood · 90, 185  
logaritmer · 21  
logik · 7, 8, 11, 12, 16, 18, 23,  
52, 54  
logiska portar · 85, 86, 115  
logiskt möjligt · 169  
loopar bakåt i tiden · 145  
LSP · 106, 175  
lågenergigränssnitt · 109, 177

---

## *M*

masslösa partiklar · 122  
matematiken · 4, 5, 6, 18, 21,  
28, 42, 43, 75, 113

matematisk existens · 125, 126  
matematisk formulering · 4, 21  
matematisk struktur · 124, 126  
matematiska strukturer · 124,  
126, 127, 153, 165  
matematiska teorier · 5, 31, 43  
matematiskt rum · 72  
materia · 61, 80, 83, 96, 106,  
120  
materiepartiklar · 97, 168  
medvetande · 52, 84, 90, 135,  
152, 180  
medvetandet · 51, 136, 170, 180  
medvetandets filosofi · ii  
megaversum · 120  
mekanism · 15, 17  
mem · 38, 53, 175  
membran · 110, 112  
memet om jaget · 52  
memetik · 176  
memetiken · 5, 38, 40, 52  
mempex · 52, 53, 54  
mening · 5, 6, 8, 10, 28, 35, 48,  
49, 51, 54, 55, 62, 66, 76, 82,  
83, 95, 108, 109, 112, 114,  
172  
metafor · 51, 52, 113, 170, 176  
metaforer · 52, 66, 115, 176  
metaforisk · 53, 54  
metaforisk överföring · 176  
metalliskt rum · 111  
Meta-regler · 158  
modell · 4, 7, 8, 9, 12, 24, 28,  
60, 74, 75, 77, 78  
modus ponens · 160  
Monod · 37, 185

Moore's lag · 137, 138, 176  
motsatser · 161, 166  
M-teori · 103, 107, 116, 172,  
176  
M-teorin · 61, 108, 109, 110,  
111, 112, 113, 114, 116, 118,  
125, 172, 177  
multipla universa · 88  
multiversum · 81, 82, 84, 88,  
89, 95, 125, 128, 129, 130,  
131, 133, 134, 136, 139, 143,  
147, 149, 151, 169, 173, 175,  
177, 180, 181  
mutation · 17  
mysticism · 4  
många världar/många  
medvetanden · 84  
mörk energi · 177  
mörk materia · 80, 120, 177

---

## N

nanorobotar · 138, 177  
naturens språk · 4, 6  
naturlag · 132  
naturlagar · 1, 14, 62, 63, 64,  
125, 177  
naturlagarna · 1, 2, 6, 35, 55, 62,  
63  
naturliga urvalet · 1, 84  
naturvetenskapen · 4, 12, 55, 56,  
62  
Naturvetenskapen · 2  
naturvetenskapens språk · 4, 5  
negativt tryck · 79, 177  
nisch · 5, 43

nolldimensionaliteter · 108, 111  
nollhypotes · 23  
Normalfördelningen · 12  
nuet · 140  
nytta · 20, 21, 22  
nyttofunktion · 24, 51, 52  
nyttovärde · 22, 178  
närvarokänsla · 66, 67, 90, 91  
närvarokänslan · 152

---

## O

oberoende existens · 126  
objektiv funktion · 18  
observation · 57  
Ockhams rakblad · 27, 123, 178  
odifferentierbarhet · 63  
ofullständighetsbeviset · 170  
Omegapunktteknologi · 131,  
133, 135, 145, 147, 178  
Omegapunktteknologin · 133,  
152  
Omegastrukturen · 129, 130  
omgivning · 5, 6, 8, 17, 37, 41,  
43, 44, 53, 79  
omvänd ingenjörskonst · 41  
ontologi · 178  
oordning · 18, 19  
operationer · 45, 46  
ordningstal · 139  
organisationsform · 35  
organism · 5, 38  
orsaken till att vi finns · 31  
orsakssammanhang · 146  
osäkerhet · 18, 21  
osäkerhetsprincip · 112, 171

oåtkomlig information · 115,  
178  
oändlig minneskapacitet · 129  
oändliga serier · 156  
oändligheten · 156  
oändligt · 19, 42, 72, 73, 76, 81,  
82, 83, 85, 102, 109, 113, 126,  
127, 156, 157

---

## P

paradox · 144, 149, 183, 184  
paradoxer · 70, 143, 144, 145  
parallella historier · 84, 88, 89,  
142  
parallella universa · 88, 143,  
145, 146  
parallella världar · 32, 81, 83,  
84, 85, 86, 177  
parametrar · 78  
parapsykologiska förmågor · 26  
parasitrobotar · 50  
partikelacceleratorer · 32, 72,  
75, 106  
p-branes · 110  
perception · 40, 66  
permutationssymmetri · 69, 74,  
178  
perspektiv · 11, 39, 42, 60  
perspektivet från insidan · 126  
perspektivlagar · 121  
Planckarean · 162  
Planckdensiteten · 163  
Planckenergin · 110, 162  
Planckenheter · 162  
Planckenheterna · 179

Planckflödet · 163  
Planckfrekvensen · 162  
Planckkraften · 163  
Plancklängden · 72, 99, 103,  
104, 105, 107, 108, 113, 116,  
162  
Planckmassan · 163  
Plancks konstant · 162, 179  
Plancks kvantum-princip · 179  
Planckskalan · 99, 110  
Planckspänningen · 99  
Plancktemperaturen · 116, 163,  
179  
Plancktiden · 162  
Planckvolymen · 162  
position · 58, 60, 72  
positionsförändring · 58  
positivism · 179  
posterior · 10, 11  
potenslag · 33  
principen om extremers identitet  
· 122, 123  
prior · 10, 11  
produktionsregel · 158  
programmeringsspråk · 47, 56  
pseudopartikel · 174  
påven · 2, 61

---

## Q

qualia · 53, 179

---

## R

Randall · 119  
rangordna · 33  
rationalitet · 11, 127, 179

rationell · 7, 12  
rationell process · 30  
realism · 180  
reduktionismen · 56  
redundanta data · 19  
regress · 16  
relativt tillstånd · 126  
reproduktörer · 35, 36  
rimlighetsgrad · 9  
ritning · 1  
robot · 24, 25, 49, 50, 51  
rotation · 74, 98, 179, 180  
rotationssymmetri · 181  
rumtiden · 60, 63, 98, 164, 180  
rörelseekvationer · 60  
rörelsemoment · 58, 59, 169  
rörelsemängd · 72, 76  
rörelsen · 57, 58, 72

---

## S

sannolika utfall · 23, 24  
sannolikhet · 9, 10, 12, 13, 16,  
17, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 38,  
77, 81, 126, 178  
sannolikhetsfördelningar · 12,  
13, 18, 41, 126  
sannolikhetslära · 8, 20, 25  
sannolikhetspostulatet · 70  
sannolikt · 8, 22, 41, 52  
Schiller · 57, 186  
sekvens · 37, 139  
selektionseffekter · 123  
Selektionseffekter · 65  
selektionsenhet · 38  
selektionstryck · 39, 65, 95

semantiskt innehåll · 28  
 siffrornas fysik · 23  
 signifikansregler · 23  
 simulator · 31  
 simuleringar · 31, 133  
 självmedvetna subsystem · 126,  
 127  
 skapelsepunkt · 77  
 skapelseögonblick · 77  
 Skolbokstolkningen av  
 kvantteorin · 175  
 skräp-DNA · 37, 133  
 skräpsekvens · 37  
 slump · 22, 149  
 slumpartad · 37  
 slumpmässiga · 46, 47  
 slutledningsregler · 7, 11  
 slutledningsteori · 13, 22, 126  
 slutsatser · 8, 14, 24  
 smateria · 180  
 Smolin · 81, 95, 105, 111, 113,  
 169, 185  
 social inlärning · 39, 40  
 solipsism · 173, 180  
 soliton · 180  
 solitoner · 110  
 solitära vågfenomen · 102  
 solitära vågor · 102, 110  
 spartiklar · 106, 107, 175, 180  
 specialfall · 139, 140  
 spegelsymmetri · 63  
 spinn · 69, 71, 74, 98, 168, 179,  
 180  
 spinnätverk · 111  
 spontana symmetribrott · 65  
 Standardkosmologin · 116  
 standardmodellen · 61, 72, 73,  
 74, 78, 81, 88, 93, 94, 95, 96,  
 97, 98, 99, 106, 108, 116, 117,  
 118, 183  
 Standardmodellen · 63, 69, 72,  
 106, 116, 120, 180, 181  
 stationärt tillstånd · 180  
 Statistik · 12  
 Statistiska resonemang · 11  
 Stenger · 62  
 Stokastiska processer · 23  
 Stora Krossen · 129, 181  
 Stora Smällen · 181  
 strålningsenergin · 19  
 sträng · 45, 46, 47  
 sträng-antisträng kollisioner ·  
 118  
 strängar · 45, 46, 48, 103, 120  
 substitutionsregeln · 160  
 sunda förnuftet · 8, 9  
 sunt förnuft · 7, 8, 9, 24, 26, 52,  
 74  
 supergravitationsteori · 181  
 supergravitation · 132  
 supergravitationsteori · 109  
 supergravitationsteorin · 109,  
 176  
 superpartner · 106, 107, 175  
 superrymden · 98  
 supersträngar · 108, 110, 117  
 supersträngteori · 181  
 supersträngteorin · 19, 61, 99,  
 100, 101, 102, 103, 104, 106,  
 109, 112, 166, 170, 175, 182,  
 183

Supersträngteorin · 61, 99, 102,  
103, 109, 119  
supersymmetri · 97, 98, 107,  
181  
supersymmetrin · 105, 106, 107  
Supersymmetrin · 105, 113  
supersymmetrisk · 99, 107, 109,  
112, 113  
supraledande · 111, 112  
SUSY · 181  
svarta hål · 94, 95, 122, 145,  
151, 182  
symbolspråket · 5  
symmetribrott · 64, 182  
Symmetrier · 17  
systematisk påverkan · 23  
systematiska förändringar · 17

---

## T

tankeexperiment · 156  
Tegmark · i, 82, 124, 125, 126,  
127, 134, 135, 186  
teknologisk singularitet · 137,  
182  
teorem · 10, 11, 12, 158, 159,  
160, 161, 165  
teori · 4, 5, 7, 13, 15, 20, 55, 61,  
78, 95, 99, 103, 107, 109, 110,  
111, 113, 116, 124, 126, 127,  
169, 170, 173, 175, 177  
teorin om Omegapunkten · 129  
termodynamikens andra sats ·  
18  
termodynamiska system · 123  
termodynamiskt system · 91

tid · 24, 37, 57, 58, 59, 60, 63,  
71, 76, 77, 98, 103, 107, 108,  
112, 113, 114, 115, 137, 140,  
141, 142, 145, 147, 169, 174,  
180, 182, 184  
tidpunkt · 76, 139, 140  
tidsflöde · 58  
tidsmaskin · 142, 146, 149  
tidsmaskiner · 145, 147, 149,  
151  
tidsmoment · 139  
tidsresor · 142, 144, 145, 149  
tidsriktning · 146  
tiodimensionella ”väggar” · 119  
Tipler · 129, 130, 135  
transformation · 169  
trend · 18  
Turingmaskin · 182  
Turingprincipen · 132, 152, 182  
tvådimensionell sfär · 108  
täthetsfunktion · 25

---

## U

undermedvetna · 25, 41  
universa · 81, 82, 88, 89, 95,  
120, 130, 133, 134, 135, 139,  
140, 143, 146, 147, 149, 173,  
183  
universum · 32, 38, 55, 56, 62,  
63, 64, 65, 71, 75, 76, 77, 78,  
79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88,  
89, 95, 98, 102, 103, 105, 111,  
116, 118, 129, 130, 133, 139,  
140, 145, 146, 147, 149, 151,

165, 166, 170, 172, 174, 175,  
177, 181, 183  
utbredningsområde · 31  
utbytespartikel · 99  
UTM · 182

---

## *V,W*

variabler · 23, 72, 160  
verkligheten · 6, 8, 16, 24, 25,  
27, 30, 43, 56, 62, 63, 69, 74,  
94, 105, 107, 112, 114, 115,  
124, 125, 128, 130, 139, 140,  
141, 145, 164, 166, 171, 174,  
175, 176, 180, 183  
verktyg · 8, 36, 37, 38, 70  
vetenskapen · 1, 2  
vetenskaplig teori · 4, 116, 165,  
173  
Vetenskapliga · 4  
vetenskapsgren · 13, 38  
Wheeler · 76, 77, 82, 124  
vikt · 9, 26, 55, 59, 62  
vinstmaximering · 20  
virtuell verklighet · 43, 128,  
141, 143, 183  
virtuell verklighetssimulator ·  
145  
virtuell verklighetssimulering ·  
140  
virtuella partiklar · iii, 183  
Witten · 118, 186

välformade strängar · 48, 158,  
160, 161  
växelverkan · 59, 71, 74

---

## *X*

Xenofobi · 49

---

## *Y*

yta · 108, 109, 115, 118, 119,  
120, 122, 132, 136, 165  
yttersta av frågor · 2  
yttre verklighet · 125, 127, 140

---

## *Z*

Zenos paradox · 73

---

## *Å*

åtkomlig information · 115, 184

---

## *Ä*

ändliga program · 50  
ärthjärnor · 110

---

## *Ö*

överföring · 54  
överlevnad · 49, 51  
översättningsmekanism · 42