

DAVID BOHM OM KAUSALITET OCH SLUMP

(Föredrag 8 juni 2007 under Filosofidagarna i Umeå)

Inge-Bert Täljedal

I det här föredraget ska jag diskutera David Bohms metafysik. Han var en rätt välkänd teoretisk fysiker som framför allt är bekant för tre saker. För det första skrev han på 1950-talet en klassisk lärobok i kvantfysikalisk teori, "Quantum Theory". Den boken ansluter sig helt till Bohrs klassiska, indeterministiska och närmast instrumentella tolkning av de kvantfysikaliska fenomenen, den s.k. Köpenhamnstolkningen. Einstein menade att det var en välskriven och bra bok i så måtto att det förmodligen var den bästa framställning man kunde göra av en i grunden felaktig teori. För det andra inspirerades Bohm av just Einstein till att börja ifrågasätta Bohr och Köpenhamnstolkningen. Bohm ägnade resten av sitt liv åt att försöka formulera en alternativ tolkning som skulle bevara kausalitet på punkter där Köpenhamnstolkningen inte har utrymme för något annat än icke-kausal slump. Annorlunda uttryckt kan man säga att han försökte formulera en teori som skulle innehålla de dolda variabler bakom slumpfenomenen som Einstein insisterade på måste finnas. Den här ambitionen hos Bohm har inte uppskattats av majoriteten av fysiker och han kan närmast beskrivas som en heretiker i förhållande till den förhärskande ortodoxin. För det tredje har Bohms ställning som ett slags vetenskapsocial outlaw otvivelaktigt förstärkts av hans nära kontakter med New Age-rörelsen, framför allt den indiske gurun Krishnamurti. De två skrev tillsammans en eller ett par böcker. Den här senare sidan hos Bohm är irrelevant för analysen av hans metafysik och jag lämnar den helt åt sidan.

Mitt intresse för Bohm väcktes av att han i sin fysik tog den metafysiska frågan på allvar och till yttermera visso har gjort sig bekant genom att hävda kausalitet där andra inte erkänner någon. I den mer ytliga vardagsdiskursen är han rent av känd som "determinist". En närmare läsning av hans böcker, framför allt "Causality and Chance in Modern Physics" från 1957, visar emellertid snart att hans metafysik ingalunda är så tydligt och självklart deterministisk. På åtskilliga ställen i den boken, liksom i den senare "Science, Order and Creativity" från 1989, argumenterar han engagerat emot en mekanistisk filosofi, som han kallar det, och med det menar han all sådan fysikalisk teoribildning som bygger på en deterministisk metafysik. Var han alltså determinist eller inte? Det är frågan.

Låt mig börja med att presentera vad jag själv uppfattar som kärnan i hans metafysik. Så ska jag därefter lägga ett par enkla synpunkter på hans resonemang.

Bohms metafysiska kärna är att han till synes vill vara determinist och icke-determinist samtidigt! Enligt min uppfattning är både determinism och icke-determinism respektabla hållningar, givet vad vi faktiskt kan veta om tillvaron, men det är omöjligt att inta båda positionerna samtidigt. Om vi med ontologi menar en uppfattning om världen som helhet, kan man inte förena en deterministisk ontologi med en icke-deterministisk. Den ena är negationen av den andra, det kommer man inte ifrån. Att Bohm ändå ibland tycks säga oss att det går, beror på, tror jag, att han med jämna mellanrum blandar ihop epistemologiska frågor med ontologiska.

Hans tänkande tar sin utgångspunkt i att han avvisar Köpenhamnsskolans icke-deterministiska tolkning av kvantfenomenen. Låt oss ta radioaktivt sönderfall som ett enkelt illustrativt exempel. Fastän man kan bestämma halveringstider med stor noggrannhet, kan man aldrig förutsäga när en viss enskild atomkärna ska sönderfalla. Enligt ortodox kvantfysik beror denna oförmåga inte på bristande teknik eller teori utan på att det helt enkelt inte finns några underliggande kausala, dolda orsaker. Det statistiska uppträdandet hos enskilda atomkärnor återspeglar att materiens djupaste egenskaper är slumpvis fördelade i tid och rum. Mot den tanken vänder sig alltså Bohm såväl som Einstein. (BILD 1, se PowerPoint-bildspel)

Men med vilket argument?

(KLICK) Jo, i Bohms fall är det helt enkelt det att icke-determinismen sätter en absolut principiell gräns för vetandet. Den icke-deterministiska ontologin, d.v.s. läran att världen i vissa grundläggande avseenden är inte bara obestämbar utan obestämd, blir till ett slags bestämdhet i kunskapsteorin. Och, tycker Bohm, det strider mot vetenskapens anda att acceptera definitiva barriärer för kunskapen och därför bör man inte göra det om man inte är tvingad till det. Och, menar han vidare, vi är inte tvingade till det. Att se Heisenbergs osäkerhetsrelation som en yttersta gräns för precisionen i vetandet är en dogmatisk hållning, snarare än vetenskaplig. Vetenskapshistorien visar oss nämligen att det är dumt att någonsin känna sig säker på att sista ordet är sagt vad gäller teori- och metodutveckling. Rent konkret föreslår Bohm att framtida analysmaskiner mycket väl kan tänkas utveckla så höga energier att man kommer att hinna med att studera bestämda, kausala förlopp bortom den gräns som

sätts för fenomenens bestämbarhet i den ortodoxa kvantteorin. (KLICK) Han utvecklar också själv en spekulativ teori om en dold variabel som skulle kunna styra elektronerna. Han kallar denna dolda variabel för ”kvantpotentialen” och föreslår att den utgör en konkretisering av en del av kvantfysikens matematiska formler. Idén är helt enkelt att de kvantfysikaliska funktionerna motsvaras av ett fält av tidigare okänd typ och för vilket de enskilda elektronerna är känsliga. På dem verkar därför en kvantkraft som gör att partiklarna ansamlas där kvantpotentialen är störst.

(BILD 3) I ett klassiskt experiment skickar man elektroner genom två spalter eller slitsar i en elektrontät barrirär och iakttar hur de ansamlas i ett typiskt våginterferensmönster på en skärm bakom barriären. Det är framför allt den iakttagelsen som ligger bakom idén att elektronen inte bara är en partikel utan också har vågnatur. Bohms tanke är nu att elektronerna är associerade med en ny typ av fält, kvantpotentialen, och att det är den som utbreder sig vågformigt och styr partiklarna. (KLICK) En datorsimulering av fältet visar ett antal åsar och fåror som utgår ifrån spalterna och alltså fungerar som ett slags kraftlinjer som elektronerna rör sig utefter.

Men Bohm förespråkar inte bara att kvantfenomenen har kausala orsaker. Han menar också att det trots allt finns slump med i spelet.

(BILD 4) I själva verket värjer han sig energiskt mot att bli tillskriven vad han kallar en mekanistisk filosofi, d.v.s. en strikt deterministisk ontologi. (KLICK) Han menar att kvantpotentialen inte ensam räcker för att förklara elektronernas faktiska spridning. (KLICK) Deras väg i rummet varierar slumpvis lite grann runt de banor som kvantpotentialen stakar ut och det beror på att de påverkas av slumpfaktorer som emanerar från, som han uttrycker det, en sub-kvantisk nivå (”the sub quantum mechanical level”). I den här bilden från ”Causality and Chance...” har han illustrerat det med att elektronens väg är en darrig linje istället för en jämn och slät. Världen kan alltså uppfattas som strukturerad i nivåer, där kausalitet på en nivå kan påverkas av slumpfaktorer på en underliggande. (KLICK) Den tanken generaliseras nu i Bohms metafysik till att gälla alla tänkbara fenomen.

(BILD 5) Ett exempel från klassisk fysik på att slump skapar lagbundenhet är allmänna gaslagen för relationen mellan temperatur, volym och tryck hos gaser. Den lagbundenheten förklaras ju vanligen av en statistisk mekanisk teori för hur gasers tryck uppkommer till följd

av molekylernas slumpvisa rörelser och kollisioner med varandra och gasbehållarens väggar. Högre temperatur innebär att molekylerna rör sig fortare och därmed blir kollisionerna häftigare och gasens tryck högre. För att förstå detta samband behöver vi inte kunna beskriva varje enskild molekyls väg enligt någon kausal rörelselag. En rent statistisk betraktelse av slumpens samlade effekter räcker för att skapa den lagbundenhet som avser gasen som helhet.

(BILD 6) Att å andra sidan kausalitet på en nivå kan leda till slumpartade fenomen på en annan nivå, beror på att kausala orsaker, om dom är många och svagt relaterade, tenderar att samverka till en statistisk suddighet, en stor och osystematisk variation, runt ett eventuellt dominerande mönster (KLICK) Typiska illustrationer är sådant som speltärningar och deras modellering i datorernas slumpgeneratorer.

Bohms generaliserade syn på hur slump och kausalitet samspekar i världen formulerar han så här:

(BILD 7) ” [J]ust as a causal law can arise as a statistical approximation to the average behaviour of a large aggregate of elements undergoing random fluctuations, a law of chance can arise as a statistical approximation to the effects of a large number of causal factors undergoing essentially independent motions.”

(BILD 8) ”But we do not assume, as is generally done in mechanistic philosophy, that the whole of nature can eventually be treated completely perfectly and unconditionally in terms of just one of these sides, so that the other will be seen to be inessential, a mere shadow, that makes no fundamental contribution to our representation of nature as a whole.”

Det är här som jag tycker att hans resonemang börjar att bli svårt att följa. Uppenbarligen menar han att vår beskrivning av världen måste innehålla både kausala lagar och slumpfunktioner. Men det tycks mig oklart om denna dubbelhet ska uppfattas som bara ett uttryck för vår kunskapsförmågas begränsningar, eller som ontologiskt mer fundamentalt som en beskrivning av världens faktiska natur. Ibland låter som om han talar om kunskapens karaktär snarare än om världens beskaffenhet, t.ex. när han beskriver kausala lagar som approximationer av slumpfördelningar i enlighet med de stora talens lag, eller beskriver statistiska regulariteter som approximationer av många svagt relaterade, men inte explicit orelaterade, orsaker. Om den nödvändiga kombinationen av kausalitet och slump bara är av

epistemisk natur, kan man knappast säga att denna dubbelhet är motsägelsefull. Eftersom all kunskap är bristfällig, finns det naturligtvis rent logiskt gott om utrymme för att skissa världen på många olika, inkompleta sätt samtidigt, beroende på utsiktspunkter och perspektiv.

Ibland får man emellertid intrycket att Bohm talar om världen och inte bara om vår bristfälliga kunskap. Särskilt intressant är det, när han utvecklar sin teori om att världen har ett outtömligt innehåll av ting och fenomen. Det är då aldrig riktigt klart om han menar att världen faktiskt är oändlig till sitt innehåll, alltså en ontologisk position, eller om han menar att det i vår aldrig fullständiga beskrivning av världen är principiellt möjligt att klyva, kombinera, analysera och syntetisera kunskapens byggstenar på ett obegränsat antal sätt, det vill säga en epistemologisk position. Han uttrycker sin tanke om världens oändlighet på ett par olika vis utan att markera någon skillnad i betydelse mellan dem, och av det får jag intrycket att han inte själv har gjort något riktigt tydlig skillnad mellan epistemologi och ontologi.

(BILD 9) KLICK. På ett ställe skriver han t.ex. om "the notion that nature is inexhaustible in the qualities and properties that it can have or develop". Att vi inte kan uttömma (exhaust) världen på dess kvaliteter kan ju tolkas både som en svagare, epistemologisk, och en starkare, ontologisk, idé. KLICK. Men på ett annat ställe skriver han om "the possibility that nature may have in it an infinity of potentially or actually significant qualities" och det låter ju som en idé om världen själv. KLICK. Liksom formuleringen "the notion of the qualitative infinity of nature".

Slutligen framhåller han just denna idé om världens kvalitativa oändlighet som ett särskilt argument för att vi nödvändigtvis måste tänka oss världen som styrd av både kausalitet och slump.

(BILD 10) "Thus, the notion of the qualitative infinity of nature leads us to the necessity of considering the laws of nature both from the side of causality and from that of chance..."

Den här formuleringen skulle naturligtvis kunna tolkas som att det är fråga om avståndstagande från en strikt mekanistisk filosofi, d.v.s. från determinism. D.v.s. som ett hävdande av att det är världen som är både delvis bestämd och delvis obestämd, inte bara vår kunskap. Jag tror i så fall att Bohm här gör ett misstag, när han menar att denna ontologiska indeterminism skulle följa med nödvändighet från antagandet att världen innehåller ett oändligt antal kvaliteter, eller som han också uttrycker det, typer av ting. Oändlighetens

begrepp är ju på intet sätt oförenligt med strukturbestämthet. Det är lätt att tänka sig iterativa processer som fullständigt lagbundet genererar en aldrig sinande följd av nya egenskaper och kombinationer av egenskaper. Redan en enkel aritmetisk serie, t.ex. serien av alla heltal, kan för övrigt ses som en primitiv illustration till detta. Att vara exempelvis talet åtta, är inte bara att vara någonting kvantitativt annorlunda än talet ett, det är också att inta en unik position i talserien med ett antal därav följande egenskaper.

Kanske har Bohm menat "possibility" snarare än "necessity", d.v.s. att världens kvalitativa oändlighet skulle göra det möjligt att försvara åsikten att den är både bestämd och obestämd. Det förefaller mig i alla fall som en något rimligare tanke. Om nämligen världen inte har någon ontologisk botten, någon lägsta ontologiska nivå, och det dessutom är så att kausalitet på en nivå omväxlar med slump på en annan, då kan det ju te sig omöjligt att hävda att världen ytterst är vare sig kausalt bestämd eller slumpartad. Men det gör det ändå inte korrekt att hävda att världen skulle kunna vara både determinerad och icke determinerad samtidigt. Om genuin slump råder på någon enda ontologisk nivå, så räcker ju det för att all efterföljande lagbundenhet måste vara approximativ snarare än ideal.

Det mest sannolika är därför att även denna passus bör tolkas som ett epistemologiskt och inte ett ontologiskt påstående. Formuleringen "considering the laws of nature both from the side of causality and from that of chance" är visserligen vag, men nog kan den väl också språkligt anses dra åt det epistemologiska hållet genom att handla om vårt begrundande eller betraktande ("considering") av naturlagarna istället för om naturlagarna själva? Om det är vår kunskap som vi nu talar om, så är det ju möjligt att tänka sig tingen och deras relationer som approximativt bestämda eller obestämda. Att något är approximativt slumpmässigt betyder ju att det i själva verket är kausalt bestämt, men på ett så invecklat sätt att det ter sig slumpmässigt i vår observation. Kaosteorin har gett oss en vardaglig förståelse av att sådana situationer är legio. Jag tycker därför inte att det finns någonting i Bohms resonemang som tvingar oss att tolka honom som en sann ontologisk icke-determinist. Hans myckna tal emot den mekanistiska filosofin till trots är det nog främst en epistemologisk övertro på vår förmåga till bestämda prediktioner som han vänder sig emot.

Det bär emot att betrakta någon som icke-determinist om man inte är tvungen till det. Orsaken till det är helt enkelt att icke-determinismen tycks mig som en mindre konsekvent vetenskaplig hållning än determinismen. Vetenskapen är ett sökande efter reala regulatiteter.

Det strider mot förutsättningarna för vetenskapens idé att världen skulle vara i något fundamentalt avseende obestämd. Naturligtvis kan den ändå vara det, men varför frivilligt i onödan postulera något som går emot spelets fundamentala idé? Och varför skulle man tro att Bohm ville göra det, när hans primära heresi gick ut på att rädda just bestämdheten, kausaliteten, där ortodoxin satte en ära i att uppge den.

Min slutsats är därför således att Bohm med ett något oegentligt språkbruk visserligen kanske skulle kunna betraktas som en epistemisk icke-determinist, men att man sannolikt ändå är berättigad att se honom som en sant ontologisk determinist.

(English translation of conclusion:

”So, my conclusion is that by using a somewhat imprecise language one could perhaps label Bohm an epistemic non-determinist. Nevertheless, it is probably justified to consider him a true ontological determinist.”)