

## *Komplementaritetsprincipen*

### 1. Osäkerhetsrelationen

Komplementaritetssidén formulerades av Niels Bohr 1927, först i ett föredrag på den internationella fysikerkonferensen i Como (Bohr 1967, s 14), sedan i en artikel: "Kvantpostulatet och atomteorins senaste utveckling" (aa, s 46–74). Idén framställdes ursprungligen i samband med kvantmekanikens uppkomst och utveckling, i första hand Heisenbergs osäkerhetsrelation. Låt oss därför börja med en kortfattad framställning av denna relation.

1927 publicerade Heisenberg en teori om att mätning av två sk kano-niskt konjungerade mekaniska storheter innehåller ett osäkerhetsmoment som bestäms av verkningskvantum och som beror på att man inte samtidigt kan mäta dem med samma exakthet. Ju exaktare måttet på den ena av parametrarna är, desto mindre exakt är måttet på den andra, och omvänt. Då man t ex mäter en "elementär" partikels, exempelvis elektronens, läge och hastighet, så visar det sig att ju exaktare resultat som uppnås för läge, desto mindre exakt resultat uppnås för hastighet och vice versa.

Den reciproka inexaktheten uppstår inte på grund av ofullständighet i mätningssproceduren. Den beror helt på de objektiva fysikaliska lagar som råder i förhållandet mellan det mätbara mikro-elementet och det mätande makro-objektet.

Vid mätning av elektronens läge och/eller hastighet måste elektronen belysas med en ljusstråle. Ju kortare ljusstråle som används desto exaktare mått på elektronens läge erhålles. Men samtidigt blir måttet på hastigheten mindre exakt. Då man i stället använder en längre ljusstråle får man ett exaktare mått på hastigheten, men på bekostnad av ett mindre exakt mått på läget. Det matematiska uttrycket för detta sakförhållande är:

$$\Delta q \cdot \Delta p = h$$

där  $q$  = rumskoordinat,  $p$  = hastighetskoordinat och  $h$  är Plancks konstant. Ett analogt förhållande äger rum mellan energi och tid:

$$\Delta E \cdot \Delta t = h$$

Formlerna fastställer den största möjliga exakthet med vilken två kanoniskt konjungerade mekaniska parametrar kan på en och samma gång anges.

Den framställda osäkerheten gäller inte bara kvantmekaniken utan också den klassiska mekaniken. Skillnaden är den att i den klassiska mekaniken är växelverkan så stor att man kan bortse från verkningskvantum, och på det viset få bort den osäkerhet som spelar en så viktig roll i kvantmekaniken.

Heisenbergs osäkerhetsrelation (kallad också för osäkerhetsprincip) har framkallat en filosofisk diskussion, som förresten fortfarande pågår, både bland fysiker och bland filosofer. Åsikterna har varierat från extremt subjektivistiska och indeterministiska till realistiska och deterministiska. Den första åsikten representeras av bl a Philipp Frank, den andra av bl a Ingemar Nordin (1980).

Artikelns begränsade ramar tillåter tyvärr inte en detaljerad framställning av diskussionen. Jag skall därför begränsa mig till Franks filosofiska tolkning av Heisenbergs princip. Hans tolkning tycks vara representativ för en stor del positivistiskt påverkade fysiker.

I *Philosophy of Science* (1958, s 215–216) hävdar Frank att det är missvisande att säga att man inte samtidigt kan mäta de atomära objektens läge och hastighet; ty då man mäter läge "förstörs" möjligheten för mätning av momentum, och omvänt. Det missvisande i denna typ av formulering, ofta förekommande i litteraturen, består i att den antyder att det finns "partiklar" som har både "läge" och "hastighet", innan mätningen utförs. Men detta är inte korrekt, eftersom atomära objekt som sådana inte kan sägas ha "läge" och/eller "hastighet". Man kan alltså inte "förstöra" någonting som inte existerar. Enbart inom en given experimentell anordning kan "läge" och/eller "hastighet" för atomära objekt definieras. Det finns dock ingen sådan experimentell anordning inom vilkens ram både läge och hastighet kan mätas och definieras.

Det sist sagda är alldeles korrekt. Det finns faktiskt ingen sådan anordning. Ur detta följer dock inte att atomära objekt saknar vissa objektiva egenskaper, som t ex läge och/eller hastighet som inte existerar oberoende av experimentets villkor. Antaganden om deras existens eller icke-existens oberoende av experimentets villkor eller fysikaliska teorier är av filosofisk natur och hör inte immanent till kvantmekaniken.

Jag för min del är mycket tveksam om en fysiker på allvar tror att läge och/eller hastighet hos atomära objekt inte existerar oberoende av experiment. Det är naturligare för honom att, innan han börjar mäta någonting, antaga att detta någonting (atomära objekt och deras mätbara egenskaper, t ex) överhuvudtaget existerar och kan mätas. Vad han faktiskt tror på när han hävdar att atomära objekt och deras parametrar

inte existerar oberoende av experimentet är att experimentet påverkar och förändrar det mätbara så kraftigt att det verkar meningslöst att påstå att de är oberoende av experimentets villkor. Dessutom är det genom experiment som de mätbara parametrarna överhuvudtaget kan definieras.

Han förkastar alltså inte de facto den ontologiska hypotesen om de atomära objektens objektiva existens. Vad han förkastar, och med rätta, är den form av kunskapsteoretisk realism som påstår att kunskapsobjekt är oberoende av experimentets villkor (i filosofisk jargong: oberoende av subjektet). Att atomära objekt (och detta gäller – tror jag – för makro-objekt likaså) *som objekt för vår kunskap inte är oberoende av subjektet* är kvantmekaniken i allmänhet och osäkerhetsprincipen i synnerhet ett utmärkt bevis på.

Osäkerhetsprincipen har inte bara bevisat att realismen uppfattad som ovan är ohållbar utan också att determinismen definierad i Laplaces anda inte gäller. Enligt antagandena är den teoretiska existensmöjligheten för Laplaces intelligentsia (världsande) betingad av ett optimalt utnyttjande av naturlagar. I överensstämmelse med osäkerhetsprincipen skulle världsanden vara tvungen att bryta mot de gällande naturlagarna för mätning. Hans kunskap om framtiden och det förflutna bygger huvudsakligen på hans kännedom om det mekaniska systemets begynnelsevillkor vid en given tidpunkt  $t$ , dvs på hans fullkomliga kännedom om både läge och hastighet vid denna tidpunkt. Och detta är just vad osäkerhetsprincipen har bevisat är omöjligt. Och eftersom omöjligheten inte beror på ofullständigheten hos mätninginstrument utan på de objektiva fysikaliska mätningsslagarna, så är Laplaces världsande helt enkelt omöjlig.

## 2. Ljusets dualistiska karaktär

Enligt Niels Bohr är de olikheter i exakthet man uppnår vid mätning av två kanoniskt konjungerade mekaniska parametrar *komplementära*: de utesluter ömsesidigt varandra, men kompletterar samtidigt varandra.

Ett liknande komplementärt förhållande äger rum i ljusteori. Sedan Newton och Huygens, har två teorier om ljusets natur konkurrerat med varandra. Den ena hävdade att ljuset har en korpuskelkaraktär (Newton), den andra att ljuset består av vågor (Huygens).

I första halvan av artonhundratalet fick, tack vare Thomas Youngs och Augustin-Jean Fresnels framgångsrika experiment med ljusets diffraktionsfenomen (vågrörelsens avböjning från rätlinjig utbredning vid passage förbi ett hinder), vågteori övertaget över Newtons korpuskelteori (emissionsteori).

Kvantteorins uppkomst (den 14 december 1900, då Max Planck framlade teorin för det Tyska Sällskapet för Fysik i Berlin) och senare utveckling leder till ett återupplivande av den gamla emissionsteorin i en ny form.

En av de tre epokgörande uppsatserna i *Annalen der Physik* (1905, s s 132–148), skrivna av den 26-årige Albert Einstein, handlar om kvantteorin. Newtons korpuskler ersätts av Einstein med fotoner. En foton är ljusets elementära kvantum, och ljuset är en ström av fotoner. Fotonens energi ( $h \cdot \nu$ , där  $h$  är Plancks konstant,  $\nu$  frekvens) motsvaras av våglängden ( $\lambda$ ) hos den elektromagnetiska strålningen, enligt formeln:

$$h \cdot \nu = h \cdot c/\lambda, \text{ där } c \text{ är ljusets hastighet.}$$

Utan att behöva gå in på tekniska detaljer kan fastställas att den kvantteoretiska ljusteorin inte är en upprepning av den gamla emissionsteorin utan en väsentlig fördjupning och utveckling av denna. Det gemensamma för de två teorierna är antagandet av ljusets korpuskelkaraktär.

Som framgår ur formeln  $h \cdot \nu = h \cdot c/\lambda$  kan satser uttryckta i det vågteoretiska språket på ett enkelt sätt översättas till satser uttryckta i det kvantteoretiska språket. Två exempel: i stället för att säga att det synliga spektrat består av vågor i olika längder, kan man säga att det består av fotoner innehållande olika energier; i stället för att säga att en monokromatisk strålning har en exakt bestämd våglängd, kan man säga att den består av fotoner med exakt bestämd energi.

Begreppen "våg" och "våglängd" ersättes alltså med resp "foton" och "fotonens energi". "Samma fenomen" kan således anges i två olika språk innehållande motstridiga begrepp. Uttrycket "samma fenomen" är de facto en grov förenkling, ty den bild av strålningen man får i kvantteorin är helt olik den man får i vågteorin. Syftet med det ovan framställda var att visa att t o m i sådana här grova översättningar framkommer ljusets (strålningens) dualistiska karaktär.

Uppenbarligen intressantare, ur teoretisk synpunkt, är de experimentella data, som t ex den fotoelektriska effekten (frigörandet av en elektron från ytan av t ex en metallplatta som träffas av en foton då fotonens energi förvandlas till rörelseenergi hos den frigjorda elektronen) – som var det verkliga skälet till övergången från vågteorin till kvantteori – vilka strider mot den vågteoretiska uppfattningen. Samma gäller den s k Komptoneffekten (som förekommer i strålningen av mycket korta vågor, t ex vid röntgenstrålning, då en kollision mellan en foton och en elektron i en atoms elektronhölje gör att fotonen böjs av och strålningen får en ny, längre våglängd) och i den analoga Ramaneffekten (som förekommer i strålningens synliga del = 8 000–4 000 Å; 1 Å = 10<sup>-8</sup> cm). I alla de här effekterna uppdragar ljuset sin korpuskelkaraktär. De kan alla förklaras av den kvantteoretiska strålningsteorin.

Däremot är diffraktionsfenomenet obegripligt givet korpuskeluppfattningen, men helt förklarbar inom ramen för vågteorin.

Således framträder ljuset (strålningen) i vissa experiment som om det

bestod av korpuskler, i andra som om det bestod av vågor.

Det bör dock anmärkas att vissa fenomen, t ex Dopplerfenomenet (ändringen av en vågrörelses svängningstal då sändaren eller mottagaren rör sig i förhållande till det medium där vågrörelsen breder ut sig) kan förklaras av både korpuskelteorin och vågteorin. Detta faktum tyder – enligt min mening – på att komplementaritetsbegreppet, då det användes i samband med de två motstridiga teorierna om ljuset, inte har exakt samma innebörd som då begreppet användes i samband med osäkerhetsrelationen. Jag får lov att senare återkomma till detta problem.

I alla händelser kan det numera tas för givet att ljuset har en dualistisk korpuskular-vågkaraktär. Förresten är det inte bara ljuset (strålningen) som har denna dualistiska karaktär, utan också materien. Detta har fått sitt uttryck i Louis de Broglies föreställningar om materievågor, senare framgångsrikt vidareutvecklade av Erwin Schrödinger i den av honom skapade vågmekniken.

Eftersom ljuset i olika experiment uppvisar olika motstridiga egenskaper, så är det helt naturligt att det finns två motstridiga teorier om ljuset, och att dessa teorier ömsesidigt kompletterar varandra.

### 3. Begreppet komplementaritet

Låt oss nu titta litet närmare på innebörden hos begreppet komplementaritet.

Som framställdes i början av artikeln, så har Niels Bohr lanserat komplementaritetssidéen 1927. Idéen har sedan använts och utvecklats av honom i flera arbeten, bl a i dem som är samlade i *Atomteori och naturbeskrivning* och i *Essays 1958–1962 on Atomic Physics and Human Knowledge*.

Med hänsyn till den i den klassiska mekaniken förekommande reciproka symmetrin har Bohr 1929 i artikeln *Verkningskvantum och naturbeskrivningen* (Bohr 1967, s 77) föreslagit termen reciprocitet i stället för komplementaritet. Men som han själv säger, i sin "Inledande översikt" till *Atomteori och naturbeskrivning* (a a, s 21), har det i diskussioner påpekats att beteckningen reciprocitet är vilseledande, ty den användes ofta i de klassiska teorierna "i en ganska annorlunda betydelse".

Termen "komplementaritet" däremot tycks "vara bättre lämpad att påminna om att det är samhörigheten mellan de i den klassiska beskrivningen förenade men i kvantteorin var för sig uppträdande dragen, som i djupaste mening låter denna framträda som en naturlig generalisering av den klassiska fysikens teorier", och den blev därför vedertagen.

Reciprocitet ingår dock på ett naturligt sätt i ett komplementaritetsförhållande. Ett komplementaritetsförhållande karaktäriseras framför allt som ett ömsesidigt uteslutningsförhållande. Detta reciproka uteslut-

ningsförhållande är inte motsägande i den vanliga bemärkelsen, i vilket  $p$  och icke- $p$  motsäger varandra. Just för att understryka att det inte rör sig om motsättningar i vanlig bemärkelse har beteckningen komplementaritet föreslagits av Bohr (1967, s 77). Uteslutningsförhållandet innebär här "att varje given tillämpning av klassiska begrepp utesluter samtidigt användning av andra klassiska begrepp (t ex läge-hastighet,  $Z$   $P$ ), som i andra sammanhang är lika nödvändiga för att belysa fenomen" (aa, s 15).

Resultatet blir att man uppnår "en motsägelsefri tolkning av de kvantteoretiska metoderna".

Låt oss nu återvända till Heisenbergs osäkerhetsrelation. Den säger att en exakt mätning av läge ( $M_1$ ) utesluter en exakt mätning av hastighet ( $M_2$ ), och vice versa.  $M_1$  och  $M_2$  utesluter alltså varandra. Men de negerar inte varandra utan förutsätter tvärtom varandra. De är båda nödvändiga eftersom "taken together, they exhaust all well-defined knowledge about the atomic objects" (Bohr 1963, s 25).

Tagna tillsammans ger de oss inte bara *väl definierad kunskap* om atomära objekt utan också *all kunskap* om dem.  $M_1$  och  $M_2$  "together exhaust all information about the atomic object which can be unambiguously expressed" (a a, s 19).

Det är inte bara så att  $M_1$  och  $M_2$  utesluter varandra; ur epistemologisk och/eller metodologisk synpunkt betingar de också varandra, är nödvändiga för varandra eller kompletterar varandra.

Uttrycket "all information" skall tolkas som all information som är möjlig givet den upptäckta Heisenbergska osäkerhetsrelationen. Och eftersom den fastställer de objektivet uppnåeliga gränserna för information (kunskap), så betyder "all information" här "begränsad information", vilken dock är tillräcklig för att kunna ge en ur den kvantteoretiska synpunkten otvetydig beskrivning av atomära objekt.

Det som ovan sagts om förhållandet mellan  $M_1$  och  $M_2$  gäller likaså förhållandet mellan de i föregående avsnitt beskrivna våg-korpuskelteorierna ( $T_1$  och  $T_2$ ). Till det som skiljer  $M_1$ - $M_2$  förhållandet från  $T_1$ - $T_2$  förhållandet skall jag återkomma senare.

Man har ibland velat tolka komplementaritetens förhållande som ett dialektiskt förhållande och komplementaritetsprincipen som en dialektisk princip. Den som kanske mest envist drivit denna tes var Léon Rosenfeld, en framstående kännare av fysikens och särskilt kvantmekanikens historia. I en rad artiklar har han bl a diskuterat den här analyserade komplementaritetsprincipen. Han konstaterar att "Complementarity denotes the logical relation, of quite a new type, between concepts which are mutually exclusive, and which therefore cannot be considered at the same time because that would lead to logical mistakes, but which

nevertheless must both be used in order to give a complete description of the situation" (1979, s 505).

Denna nya typ av logiskt förhållande mellan begrepp identifieras av Rosenfeld som ett dialektiskt förhållande (jfr bl a s 466, 481, 493). Han beklagar att fysiker som anser sig tillhöra den marxistiska traditionen inte märkt att komplementaritet är "a decisive step in the dialectical unfolding of our knowledge of Nature".

Jag har inte klart för mig hur man skall tolka Rosenfelds påstående. I *Selected Papers* analyseras noga begreppet komplementaritet men inte begreppet dialektik. Och som bekant är dialektikbegreppet rätt mångtydigt. Dess innebörd bestäms alltid av det filosofiska system som det används i. Leszek Kolakowski har fullkomligt rätt då han skriver (1978, s 70) att "the Hegelian dialectic is not a method that can be separated from the subject-matter to which it is applied and transferred to any other sphere". Samma gäller nog även för Marx' och/eller marxistisk dialektik. Dessutom förekommer det inom den marxistiska traditionen ett flertal olika tolkningar av dialektiken. Jag tänker därför inte ge mig in i en diskussion om dialektikbegreppets innebörd.

Jag skall försöka klargöra varför, enligt min mening, de av Rosenfeld åsyftade fysikerna inte "kände igen" komplementaritet som en dialektisk princip.

Det för dialektiken och komplementaritet gemensamma torde vara begreppet motsättning. Men som påpekats ovan är det vad gäller komplementaritet inte fråga om en motsättning i vanlig bemärkelse. Hur det är inom dialektiken går det inte entydigt att avgöra. Ibland tycks det som det vore frågan om motsättningar eller motsägelser (båda termerna används i marxistiska skrifter) just i vanlig bemärkelse. Det räcker att hänvisa till Engels', Lenins och deras lärjungars lustiga exempel med de matematiska symbolerna "+" och "-" för att exemplifiera denna uppfattning. Ibland är det dock fråga om motsättningar av annan art och av djupare innebörd. När marxister t ex talar om motsättningar mellan arbete och kapital, mellan proletariatet och kapitalister, så menar de – såvitt jag förstått – att detta är en motsättning som inte bara innehåller negerande element utan också att dessa element är nödvändiga för varandra, bestämmer varandra. Man skulle kunna tro att en sådan tolkning av "dialektisk motsättning" (jag bortser här helt och hållet från problemet om kamp mellan de motsatta elementen) ligger mycket nära den tolkning av "komplementaritet" som ges inom komplementaritetsbetänkandet.

Det finns dock en väsentlig skillnad dem emellan. Den dialektiska motsättningen förekommer inom en enhet (totalitet). Det är en motsättning mellan element i enheten (totaliteten) som leder till upphävandet

av den ursprungliga motsättningen och till uppkomsten av en ny totalitet som innehåller en ny motsättning eller nya motsättningar.

Den motsättning som det är fråga om i ett komplementaritetsförhållande är en "motsättning" mellan element som inte hör till samma enhet (totalitet) utan till olika system. "Motsättningen" mellan  $M_1$  och  $M_2$  är ett förhållande mellan två differenta mätningsskeden. "Motsättningen" mellan  $T_1$  och  $T_2$  är ett förhållande mellan två olika teorier. Det förefaller således naturligt att de som har totalitet och motsättningar inom totaliteten som utgångspunkt inte kan betrakta komplementaritet som en dialektisk princip.

Dessutom är det så att de fysiker som Rosenfeld åsyftar i det ovan citerade fragmentet, dvs de som anser sig tillhöra den marxistiska traditionen, i regel var determinister. Jag vet inte om det finns något logiskt nödvändigt samband mellan dialektik och determinism, men faktum är att de hårdnackade anhängarna till naturens dialektik i regel var determinister. Förekomsten av komplementära relationer medför nödvändigheten av att använda probabilistiska metoder. Ur komplementaritetsprincipen följer att en fullkomlig kännedom av de sk initialvillkoren är utesluten. Och eftersom "our predictions, hampered by incomplete knowledge of the initial conditions, are always of the statistical type" (Rosenfeld 1979, s 487), verkar likaså determinismen vara utesluten, i alla fall den typ av determinism som Laplace förespråkar.

Att användning av komplementaritetssidan inom fysiken gav positiva resultat råder det ingen tvekan om. Den har skapat en ny metod att tänka. Man ser inte längre på naturen så ensidigt som tidigare. Man ser inte längre lika kritiskt på motstridiga experimentella resultat och/eller motstridiga teorier. Sådana motstridiga experimentella resultat och/eller motstridiga teorier som *formellt utesluter varandra* får accepteras, eftersom de beskriver och förklarar olikartade aspekter på verkligheten. Dualistiskt tänkande – skriver Leopold Infeld (1957, s 49) – har blivit allt vanligare bland fysiker. Dess resultat är oerhört fruktbara. Genom att konfrontera två motstridiga teorier med varandra kan sådana resultat uppnås som är mycket svåra eller överhuvudtaget omöjliga att uppnå, då en av dessa teorier saknas. Genom att konfrontera våg-partikel-teorierna med varandra har man t ex kunnat fastställa värdet för Plancks konstant (jfr i sammanhanget den ovan angivna formeln  $h \cdot \nu = h \cdot c/\lambda$ , där ljusets hastighet i vakuum är känd, diffraktionsfenomenet ger oss möjlighet att experimentellt fastställa vågens längd och det fotoelektriska fenomenet fotonens energi. Det är bara värdet på  $h$  som inte är given, men som nu lätt kan beräknas).

Innan jag går över till nästa avsnitt skulle jag vilja uttrycka en del funderingar om vad som, enligt min mening, skiljer komplementaritet



mellan  $M_1-M_2$  och  $T_1-T_2$ .

$M_1-M_2$  är två olika komplementära mätningsprocedurer, vilka inte kan genomföras samtidigt. Mätningresultat som uppnås för  $M_1$  vid en viss tidpunkt  $t_1$  påverkar inte mätningresultatet för  $M_2$  vid en annan tidpunkt  $t_2$ . De två olika mätningsprocedurerna och deras resp mätningresultat kan inte påverka varandra; de är helt oberoende av varandra. De fastställer alltid olika data vid olika tidpunkter. Det är därför svårt att ens tänka sig en mätningsprocedur ( $M_3$ ) som skulle kunna ersätta både  $M_1$  och  $M_2$ .

$T_1-T_2$  är två olika komplementära teorier, vilka ibland kan användas för beskrivning och förklaring av en och samma fenomen (t ex Dopplerfenomenet). De kan också – som vi såg ovan – framträda i en och samma formel. Det verkar därför inte orimligt att tänka sig möjligheten av en mera allmän teori  $T_3$  som skulle kunna omfatta både  $T_1$  och  $T_2$  även om det för närvarande, då det gäller våg-partikel-teorier, tycks vara något helt spekulativt. Men kanske är det inte så spekulativt vad gäller andra fall där komplementaritetstänkandet kan användas.

I alla händelser verkar det ofrånkomligt att komplementaritet mellan mätningsprocedurer och komplementaritet mellan teorier har sina specifika drag.

#### 4. Komplementaritetsprincipen inom biologin

Niels Bohr framhöll att komplementaritet är något som gäller inte bara inom fysiken utan också inom biologin, psykologin och kulturen.

I varje experiment med en levande organism – hävdade han med rätta – måste förekomma ett visst osäkerhetsmoment i de fysikaliska villkor som organismen är beroende av. Så t ex skulle en exakt utforskning av djurets organ för att kunna fastställa betydelsen av enstaka atomer och deras funktioner i den levande organismen döda organismen. Det är således omöjligt att samtidigt exakt utforska en levande organism och dess fysikaliska villkor. Biologiska regelbundenheter bör därför uppfattas som komplementära lagar i förhållande till de lagar som beskriver egenskaper hos de icke-organiska objekten.

Det komplementära förhållandet mellan de biologiska och fysikaliska lagarna medför att extremt reduktionistiska (mekanistiska, t ex) teorier, som var så populära under 1700- och 1800-talen och som förekommer i olika gestalter även i modern tid, förefaller ohållbara.

Bohrs idé om komplementaritet inom biologisk forskning var stimulerande. Komplementaritet, har det visat sig, förekommer inte bara i förhållandet mellan det biologiska och det fysikaliska utan också, på

olika nivåer, inom biologin själv. Ett av de mest påfallande exemplen på komplementaritet inom biologin är experiment med fysiologiska processer genomförda *in vivo* (innanför den levande organismen) och *in vitro* (utanför organismen). Resultat av experiment *in vivo* utesluter vissa aspekter av processer *in vitro*, och omvänt utesluter resultat av experiment *in vitro* vissa aspekter förekommande *in vivo*, men samtidigt kompletterar de varandra, på samma sätt som när det gäller mätning av atomära objekt.

Intressanta exempel på komplementaritet inom biologin finner vi hos den framstående biologen och vetenskapshistorikern Adolf Meyer-Abich. Han påvisar att komplementaritet inom biologin förekommer såväl mellan dess olika discipliner som inom ramen för en och samma disciplin.

Förhållandet mellan fysiologin och morfologin kan tänkas vara av tre olika slag, nämligen:

- 1) fysiologin kommer att bli en beståndsdel av morfologin;
- 2) morfologin kommer att bli en beståndsdel av fysiologin;
- 3) fysiologin och morfologin kommer att förbli två oberoende men komplementära vetenskaper.

De två första perspektiven förkastas av Meyer-Abich. De konkreta argument han framlagt tänker jag inte ge mig in på. Intresserade läsare hänvisas till hans skrift "The Principle of Complementarity in Biology" (se litteraturlistan i slutet av denna artikel). Det tredje perspektivet är den enda rätta lösningen, ty komplementaritet mellan form (typ) och funktion är enligt honom det första slag av komplementaritet vi finner inom biologin.

Andra slag av komplementaritet finner vi inom disciplinernas inre ramar, t ex vad gäller förhållandet mellan organismens yttre och inre värld (Umwelt–Innenwelt Beziehung, efter J v Uexküll), eller förhållandet mellan ärftlighet och adaptation.

När jag i detta avsnitt hänvisat till biologen Meyer-Abich som påvisat att det på olika nivåer förekommer komplementära förhållanden inom biologin, så har jag inte gjort detta med tanke på de konkreta exempel han tar upp – de och flera till diskuteras även av andra författare – utan därför att han i begreppet komplementaritet lägger in en innebörd som inte finns hos Bohr och som är svår att acceptera.

För Bohr är "komplementaritet" en epistemologisk och/eller metodologisk term. Den uttrycker hur våra mättingsanordningar och deras resultat under bestämda omständigheter förhåller sig till varandra, eller hur våra beskrivningar av eller teorier om verkligheten förhåller sig till varandra. Men den säger ingenting om hur verkligheten "i sig" är.

Meyer-Abich däremot använder termen komplementaritet även i en

ontologisk betydelse. Den uttrycker inte bara en egenskap hos mätning-procedurer eller teorier utan hos verkligheten själv. Han skriver: "If in physics a principle of complementarity already has been proved to be valid, and we discover in biology – and also in psychology of course! – not only one but more and different complementarity-principles, then it is a well-founded and definitely established fact that the logical principle of complementarity is a basic metaphysical character of all reality (a a, s 59).

Det är minst fyra kontroversiella idéer vi finner i det citerade fragmentet. För det första finner vi här en distinktion mellan en logisk komplementaritetprincip och olika konkreta komplementaritetprinciper; för det andra sägs att den allmänna (logiska) komplementaritetprincipen är välgrundad; för det tredje hävdas att den också är slutgiltigt etablerad; och för det fjärde antas att komplementaritetprincipen är en grundläggande metafysisk (i betydelsen ontologisk) faktor eller egenskap hos verkligheten.

Det sistnämnda antagandet tycks vara av störst intresse. De första tre idéerna kan – trots att jag finner dem alla kontroversiella, först och främst på grund av deras tvetydighet – kanske genom en grundlig analys av de ingående termerna och genom en omformulering av påståendena försvagas. Den sista ändrar helt och hållet på komplementaritetprincipens betydelse och status.

Det är kanske värt att här nämna att även hos andra författare syns ibland en tendens till att uppfatta komplementaritet som uttryck för ett ontologiskt sakförhållande (jfr Rosenfeld 1979, s 469). Men för Meyer-Abich har denna ontologisering av komplementariteten en principiell betydelse av, kan man säga, teologisk karaktär. Han avslutar sin artikel om komplementaritetprincipen inom biologin med följande resonemang:

"It is quite possible that some day we will be able to transform some of the actual complementarities of science into new systems of science not foreseen now, *but with absolute certainty we are able to predict now, that new complementarities, also not foreseen now, will appear then* (kursiverat av Meyer-Abich). All this means metaphysically, that reality as a whole is a source of freedom, of creative evolution and of selfresponsibility. Nature is the work of God, not of men" (a a, s 73).

Hur de två sista satserna logiskt hänger ihop med varandra och hur båda tillsammans hänger ihop med resten av citatet är svårt att förstå. En tanke som ligger bakom det här resonemanget är att determinismen i Laplace's version, enligt komplementaritetprincipen, är ohållbar. Denna bakomliggande tanke håller jag med om. Men jag har svårt att fatta hur en vetenskapsman av Meyer-Abichs kaliber på allvar kan dra de

metafysisk-teologiska slutsatser han gör ur tesen om att verkligheten är indeterministisk.

## 5. Synkroni – diakroni som komplementära begrepp

Bohr var den förste som upptäckte att komplementaritet förekommer inte bara inom naturvetenskapen utan också inom humaniora ("kultur" – som han skriver). Och det verkar inte svårt att hitta exempel som bekräftar detta. Bohr själv pekar på att det föreligger ett komplementärt (dvs uteslutnings- och kompletterings-) förhållande när det gäller en medveten analys av varje begrepp och dess omedelbara användning (jfr Bohr 1967, s 78).

Konstigt nog har komplementaritetsprincipen i allmänhet och idéen om komplementaritet i begreppsanalysen i synnerhet föga uppmärksamats av den analytiska filosofin.

En sociologisk undersökning av familjefenomenet kan genomföras på två olika sätt. Utgångspunkten kan vara familjen betraktad som ett mikroelement inom en större social helhet eller familjen betraktad som en självständig helhet bestående av flera enheter (familjemedlemmar). Vi får således två varandra uteslutande utgångspunkter som dock kompletterar varandra på samma sätt som två uteslutande mätningsskeden inom kvantmekaniken utesluter och samtidigt kompletterar varandra. Denna komplementära metod användes rätt ofta inom sociologin (jfr t ex Simmel 1908, första delen) utan att termen komplementaritet nämns. Exempelen kan naturligtvis mångfaldigas. Det sagda får dock räcka för tillfället.

Avslutningsvis hade jag tänkt mig att diskutera förhållandet mellan synkroni och diakroni.

Diskussionen om förhållandet mellan diakroni och synkroni har aktualiserats med anledning av strukturalismens frammarsch inom ämnen som lingvistik, socialantropologi, psykologi och litteraturforskning.

Strukturalister förfäktar tesen om att synkronisk undersökning är grundläggande och att den skall föregå en diakronisk analys. Den diakroniska (genetiska eller historiska) analysen betraktas som sekundär och oviktig. Ett nästan klassiskt exempel som framförs för att illustrera riktigheten i det strukturalistiska tankesättet är schackspel. För en schackspelare är det oviktigt vad bräde och pjäser är gjorda av och varifrån schackspelet ursprungligen kommer. Vad han *måste veta* för att kunna spela schack är spelets struktur (spelregler).

Samma gäller för alla strukturer (språk, samhälle, psyke etc) ur ontologisk aspekt uppfattade som tillhörande den osynliga verkligheten och

ur epistemologisk aspekt uppfattade som teoretiska idealiseringar, modeller av verkligheten.

Både schackspel och idealiserade teoretiska modeller är konventioner. Men de är konventioner av olika slag. Det första skulle jag vilja kalla för explicita konventioner, det andra för implicita konventioner. De skiljer sig både funktionellt och epistemiskt.

De explicita konventionernas funktion är att ge handlingsdirektiv (regler) i ett bestämt syfte, t ex att roa. Sådana konventioner är i regel arbiträra. Det spelar väl ingen roll, vilka de konkreta reglerna är (inom vissa ramar, naturligtvis); följer man dem bara konsekvent, så leder de till de önskvärda syftena. Då en eller flera av de i konventionen angivna reglerna ändras, så ändras resp handlingar utan att i någon mån påverka syftena.

Jag har skrivit att explicita konventioner ”i regel är arbiträra”, detta med tanke på de typer av konventionella handlingsdirektiv som har andra syften än att roa, t ex trafiksignaler, vilka inte är helt arbiträra utan är anpassade till människans reaktionsförmåga.

Implicita konventioner är till för att beskriva och förklara verkligheten. Deras syfte är dessutom att kunna göra prognoser. Naturligtvis kan detta också roa, men för det första är det en annan typ av lust än den man upplever i ett spel, och för det andra är inte lust det syfte man i första hand önskat. Det man strävar efter är att ha en teori om verkligheten som är både epistemiskt och pragmatiskt så effektiv som möjligt.

För exakthetens skull bör det anmärkas att det finns vissa typer av konventioner, t ex sedvänjor, som inte kan betraktas som explicita konventioner utan snarare som implicita konventioner, men vilka dock rätt väsentligt skiljer sig från de implicita konventioner jag är inne på.

Ur de ovan beskrivna funktionella skillnaderna följer uppenbarligen att explicita konventioner inte har sanningsvärde. De är varken sanna eller falska; de är helt enkelt handlingsdirektiv. Däremot har implicita konventioner sanningsvärde. De beskrivningar, förklaringar och prognoser som görs genom implicita konventioner kan vara sanna eller falska.

Med det nyss sagda hänger samman ytterligare en olikhet mellan de två typerna av konventioner, nämligen att explicita konventioner består av en enda konvention; implicita konventioner däremot av flera sådana. De olika konventionerna i en implicit konvention befinner sig på olika nivåer i den teoretiska modellen och är sammanbundna i ett invecklat system med satser av olika generaliseringsgrader som inte är konventioner eller som vanligtvis inte uppfattas som konventioner.

En förändring av en eller flera konventioner i ett sådant system förändrar hela systemet och med detta bilden av verkligheten. Implicita

konventioner kan därför inte vara arbiträra (jfr i sammanhanget Poincaré's intressanta diskussion med LeRoy i Poincare1958, tredje delen).

Med hänsyn till de ovan skisserade olikheterna mellan explicita och implicita konventioner verkar det uppenbart att exemplet med schackspelet som illustration av den diakroniska analysens betydelselöshet är vilseledande. För explicita konventioner (och en sådan är schackspel) är den information man får genom en diakronisk undersökning oväsentlig, ty den behövs inte för att kunna förstå de angivna spelreglerna, dvs för att kunna spela schack. Men är diakroniska undersökningar lika oväsentliga för implicita konventioner? Det tvivlar jag på!

Förresten är strukturalisterna själva ofta medvetna om den diakroniska analysens betydelse, för att inte säga nödvändighet, i förståelsen av den synkroniska strukturen. I *Le Nouvel Observateur*, 115, 25–31/1 1967, publicerade Guy Dumur en intervju med Lévi-Strauss. I denna intervju säger strukturalisten Lévi-Strauss bl a: "Av mina erfarenheter på fältet, under en period då jag huvudsakligen sysselsatte mig med släktskapsproblem, fick jag en mycket stark känsla av att myten inte är en godtycklig fabulering, en fri skapelse av fantasin, utan att den ytterst nära och i alla till synes obetydliga detaljer ansluter till den praktiska verkligheten; och det tycks mig omöjligt att tolka en myt som nedtecknats av andra än mig själv om jag inte känner till landskapen, växterna, djuren, teknologin, och levnadssättet i den trakt där den utformats" (Anward och Olofsson 1969, s 44).

Och i *La Geste d'Asdiwal* (1958), som av Edmund Leach (Anward och Olofsson 1969, s 28) värderas som en av "de mest tillfredställande praktiska tillämpningarna" av en strukturell analys av en myt, börjar Lévi-Strauss med en framställning av "ett antal fakta, som man oundgängligen måste känna till för att kunna förstå myten" (aa, s 47). Det är geografiska, ekonomiska, sociologiska, dvs historiska (ordet "historiska" användes inte i detta sammanhang av den franske antropologen, men de facto är det sådana) fakta som läggs till grund i den senare synkroniska analysen av mytens olika versioner. Efter att ha framställt mytens innehåll i Boas version från 1912 genomförs en analys av fakta på olika nivåer: 1) den geografiska, 2) den ekonomiska, 3) den sociologiska, 4) den kosmologiska och det fastställs att 1)–2) är verkliga; de "översätter exakt verkligheten", dvs överensstämmer med den historiska verkligheten; 3) "sammanflätar verkliga och imaginära institutioner"; 4) "undanflyr" verkligheten (Anward och Olofsson 1969, s 63).

Det vore överflödigt att här ge sig in i en diskussion av hur Lévi-Strauss utvecklar den formalistisk-strukturella analysen. För oss får det räcka med att uppmärksamma det faktum att kännedom om historiska, alltså diakroniska fakta visar sig vara nödvändig och ligga till grund för

den synkroniska strukturella undersökningen. Man skall därför ta strukturalisternas deklaration om att en synkronisk (strukturell) analys bör föregå en diakronisk (genetisk, historisk) analys med en nypa salt.

Får man då säga att den historiska eller genetiska analysen bör föregå en strukturell analys? Inte det heller. Om historiska data får vi kännedom genom olika slags källor: skrivna handlingar, text, eller av människor tillverkade och bevarade föremål. För att förstå dessa data (kunna uppfatta deras historiska innebörd) måste de betraktas i samband med andra data. Med andra ord, historiska data (just därför att de är *historiska!*) kan förstås enbart inom ramen för ett visst system (socialt, politiskt, kulturellt etc).

Det är därför varken så att den diakroniska analysen föregår den synkroniska eller att den synkroniska föregår den diakroniska. De är – enligt min mening – komplementära metoder som samtidigt utesluter och förutsätter (kompletterar) varandra.

## Litteratur

- Bohr, Niels: *Atomteori och naturbeskrivning*, Aldus/Bonniers, Stockholm, 1967.
- Bohr, Niels: *Essays 1958–1962 on Atomic Physics and Human Knowledge*, Richard Clay and Comp., Ltd, Bungay, Suffolk, 1963.
- Anward J. och Olofsson G. (red): *Claude Lévi-Strauss och strukturalismen*, Zenitserien 2, Cavefors, 1969.
- Einstein, Albert: "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt", *Annalen der Physik*, Ser. 4, Bd 17, 1905.
- Frank, Philipp: *Philosophy of Science. The Link Between Science and Philosophy*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1958.
- Heisenberg, Werner: "Über den anschaulichen Inhalt der Quantentheoretischen Kinematik und Mechanik", *Zeitschrift für Physik*, Bd 43, Hf 3–4, 1927.
- Infeld, Leopold: *Nowe drogi nauki (Vetenskapens nya vägar)*, Wiedza Powszechna, Warszawa, 1957.
- Kolakowski, Leszek: *Main Currents of Marxism, Vol. I, The Founders*, Clarendon Press, Oxford, 1978.
- Meyer-Abich, Adolf: "The Principle of Complementarity in Biology" *Acta Biotheoretica*, XI, 1953–1957.
- Nordin, Ingemar: *Determinism och kvantmekanik. En analys av den deterministiska tesens förenlighet med kvantmekaniken*, Lund, 1980.
- Poincaré, Henri: *The Value of Science*, Dover Publications, Inc., New York, 1958.
- Rosenfeld, Léon: *Selected Papers*, ed. by R. S. Cohen and J. J. Stachel, Boston Studies in the Philosophy of Science, Vol. XXI, D. Reidel Publ. Comp., 1979.
- Simmel, Georg: *Sociologie. Untersuchungen über die Formen der Vergesellschaftung*, Duncker und Humblot, Leipzig, 1908.