

1. INLEDNING

Goodman (1955) tänkte sig att berättigandet av induktion kräver en explicit redogörelse för de allmänna principer som åberopas i induktiva slutledningar. Dessa principer berättigas i sin tur genom utvecklingen av det han kallar för ett reflektivt jämviktstillstånd, då enstaka fall av prima facie plausibla induktiva slutledningar prövas mot prima facie plausibla generella slutledningsregler. Om de enstaka fallen inte faller under de allmänna reglerna måste prima facie bedömningarna modifieras. Enstaka fall överges till förmån för mer komplexa slutledningar som verkligen faller under reglerna eller så anpassas reglerna. Intuitioner lockar fram flera fall, som inordnas i det systematiska synsätt som är under utveckling. När allmänna regler och speciella fall till slut passar ihop och motspänstiga exempel inte längre dyker upp kan man tala om att det har uppstått ett reflektivt jämviktstillstånd. Då skulle man kunna hävda att induktion är berättigad. Huruvida Goodman på detta sätt lyckades berättiga induktion med hjälp av sin uppfattning om predikat etablerat i vårt språk vill jag inte gå närmare in på här. Men det finns ett annat vetenskapsteoretiskt problem där Goodmans strategi tycks tillämplig, nämligen reduktion, som jag tänker ta upp här.

För några decennier sedan var det en självklarhet att reduktion diskuterades i termer av Ernest Nagels analys (Nagel 1961, kap. 11). När den neopositivistiska hållningen kom att ifrågasättas inom kropp-själfilosofin och biologins filosofi argumenterade man mot s.k. broprinciper av formen $\forall x(Mx \equiv Fx)$, som uttrycker en ekvivalens mellan predikat. Alltså, man argumenterade att reduktion inte gäller i ett visst område genom att hålla sig till den innebörd av reduktion som Nagel lagt i begreppet. Samtidigt som några upprätthållit Nagels analys för att möjliggöra denna typ av kritik har andra ifrågasatt den, ibland i syfte att ifrågasätta reduktion i ett visst område, men även för att försvara reduktion i ett visst område. I det senare fallet har man tänkt sig att reduktion faktiskt lyckats, men att detta inte framgår, eller inte framgår på rätt sätt, genom en tillämpning av Nagels

analys, vilket föranlett andra analyser av reduktionsbegreppet. Här skymtar vi Goodmans strategi. Enstaka fall av reduktion konstateras, men de passar inte in under Nagels allmänna framställning, och alternativa allmänna sett att se på reduktion utvecklas.

Det som vanligen betraktats som paradigmfall av reduktion, som vilken som helst allmän analys måste anpassa sig till, är tesen att värme är lika med medelvärdet hos molekylernas kinetiska energi och "Vatten är H_2O ". I en tidigare artikel (Needham 2004) har jag diskuterat det första av dessa förmenta paradigmfall angående reduktion av värme. Några för- och nackdelar med Nagels analys samt ett metateoretiskt grepp där det är tänkt att Nagels broprinciper ersätts av ett utbyte av begrepp sanktionerat på en metateoretisk nivå eller genom en "identifiering av predikat" diskuteras också. Ett problem för argument av ovannämnda slag mot broprinciper framgår av den diskussionen. Det är svårt att motivera andra krav på en broprincip än det att den är en sats innehållande begrepp från både den reducerade och den reducerande teorin som möjliggör slutledningen.¹ Då är invändningen mot en ekvivalens inte avgörande, dels därför att en ekvivalens i allmänhet är orimligt stark, vilket torde underlätta invändningen men gör att den är av föga värde, dels därför att det inte utesluter eventuella andra broprinciper. Några andra punkter från denna tidigare diskussion nämns senare. I den här artikeln vill jag ta upp det andra förmodade paradigmfall som gäller vatten och sedan några mer allmänna synpunkter på reduktion. Liksom med temperatur (graden av värme) så har jag svårt att se att fallet med vatten uppvisar de tydliga drag på reduktion till mikrostruktur som en del ser i exemplet. Detta samt problem med formuleringen av allmänna principer gör det tämligen svårt att extrapolera från vad som gäller inom fysik och kemi till andra områden, särskilt där mänsklig handling berörs. Med tanke på den plats som reduktion har tagit i den senare tidens filosofiska diskussion hoppas jag att det kan vara av intresse att problematisera temat även om jag inte presenterar någon enkel lösning.

2. VATTEN OCH ANDRA SUBSTANSER

När det gäller temperatur finns det motexempel som talar mot den oinskränkta tesen att graden av värme kan identifieras med medelvärdet hos molekylernas kinetiska energi. Även i det enkla fall av en idealgas

¹ Med den *reducerade* resp. den *reducerande* teorin menas den teori som är reducerad resp. den teori till vilken den reducerade teorin reduceras. Termerna ska förstås så att reduktionen inte nödvändigtvis genomförs; den reducerade teorin kan vara en kandidat till reduktion till den reducerande teorin.

som Nagel diskuterade är existensen av ett medelvärde hos molekylernas kinetiska energi bara ett nödvändigt villkor för att gasen ska ha en temperatur. Det är inte tillräckligt. Gasen måste också vara i jämvikt, vilket innebär att energin är fördelad över gasmolekylerna i enlighet med Maxwell-Boltzmann-fördelningen. Med tanke på att temperatur används för att beskriva denna fördelning, och att den makroskopiska definitionen av temperatur används i dess härledning, är det minst sagt oklart på vilken grund man kan hävda att temperatur på något sätt är beroende av det som gäller på mikronivån.

Det råder en viss analogi mellan dessa omständigheter och hur det står till med tesen "Vatten är H_2O " (som den formulerats i rubriken i Putnam 1992 och Kripke 1980, s. 116). Men tesens förespråkare tycks ha en väldigt vag uppfattning om vad " H_2O " innebär (eller skyddar det som en välbevarad hemlighet i den bästa alkemiska traditionen). Detta tolereras inte här utan lämpliga tolkningsinriktningar föreslås. Med tanke på hur dessa exempel lättvindigt extrapolerats i allmänna diskussioner om reduktion är det på sin plats att påpeka att vatten är krångligare än temperatur, och att komplikationerna inte kommer att minska när biologin kommer in i bilden.

En allmän diskussion av reduktion av kemiska substansbegrepp skulle kunna uppdelas i två inte helt oberoende frågeställningar:

- R1 Kan det makroskopiska substansbegreppet (kemiskt ämne) reduceras till kemins klassiska mikroskopiska begrepp (molekyl, jon, ...)?
- R2 Kan kemins klassiska mikrostrukturbegrepp reduceras till kvantmekaniska beskrivningar av elektroner, protoner och neutroner?

Det påpekas att den s.k. Aufbau-principen för den periodiska tabellen inte bygger på någon allmän regel baserad på kvantmekaniska principer, utan varje grundämne behandlas för sig med approximationer, som betraktas som adekvata när den beräknade elektronstrukturen överensstämmer med spektroskopiska och kemiska egenskaper. Kvantkemisterna Hans Primas och Guy Woolley har i en rad artiklar ifrågasatt att den klassiska idén om molekylstruktur (-form) har någon grund i kvantmekanik. Tillämpningar av kvantmekaniken på molekyler i t.ex. tolkningen av spektroskopiska resultat förutsätter att molekylstrukturen införs, som Woolley (1978, 1988) säger, "för hand". Bekymmer av detta slag problematiserar den andra frågeställningen, men diskuteras inte utförligare här.² Det bör dock påpekas att detta utgör ett hinder för en återföring av makroskopiska substansbegrepp till kvantfysik. I detta av-

² För en översikt, se Hendry (1998) och van Brakel (2000, kap. 5).

snitt fokuseras diskussionen på den första frågeställningen. Det är den som berörs av maken till tesen att temperatur är medelvärde hos molekylernas kinetiska energi, nämligen tesen att vatten är H_2O .

Diskussionen av temperatur vägledades av det faktum att begreppet bestäms inom termodynamiken, även om man kan tala om en utvidgning av begreppet under vissa omständigheter, för att t.ex. omfatta negativ temperatur. Kemiskt ämne är ett mer invecklat begrepp som bestäms med inslag från olika håll, vilket gör tillämpningen av reduktionstanken på kemiska ämnen, t.ex. vatten, besvärligare än den motsvarande diskussionen om temperatur. Men man kan tala om ett klassiskt begrepp, som inte ger upphov till de problem som uppstår sedan gummi och nylon kom att betraktas som ämnen under 1920- och 1930-talen, eller sedan man började undersöka species som uppstår under väldigt korta tidsintervall. Vatten är onekligen ett sådant klassiskt kemiskt ämne. Liksom med temperatur kan man också tala om en historisk utveckling av begreppet kemiskt ämne, som renodlades och förfinades inom klassisk termodynamik.

Det leder direkt till ett första problem med hur Kripke och Putnam förstår tesen att vatten är H_2O . Termen "vatten" är tänkt som ett rent vardagligt begrepp och kontrasteras mot termen " H_2O ", som är tänkt att representera ett naturvetenskapligt förfinat begrepp. Vidare uppfattas " H_2O " som en beskrivning av vattens mikrostruktur. Även om tesen framförs som vagt formulerad tycks makroskopisk teoribildning inte tillmätas någon betydelse. Frågan är om det är begripligt hur tesen kan preciseras i linje med deras utgångspunkt.

Vatten förstår vi, säger Putnam, i termer av en vardaglig stereotypisk beskrivning "vätska som är färglös, genomskinlig, smaklös, törstsläckande, ...". Men vi får aldrig reda på vad det obligatoriska "... " betyder. Är det tänkt att denna beskrivning skulle kunna förfinas för att komma i närheten av ett nödvändigt och tillräckligt villkor? Eller är det tänkt att Kripkes tes (1980, s. 121) att något som inte faller under denna beskrivning kunde vara vatten och något som inte är vatten möjligen kunde falla under denna beskrivning, hur den än utvecklas i icke-mikroskopiska termer? För att kunna svara på denna fråga måste man veta om beskrivningen är tänkt att gälla allt vatten eller något vatten, eller allt vatten vid något (möjligt) tillfälle, eller under olika omständigheter av temperatur, tryck, kontakt med andra ämnen, osv.

Vatten i tillräckligt stora mängder är inte färglöst utan blå-grönt. Det ser man i havsvatten (som inte färgas av saltet). Å andra sidan, är vattenmängder som är för små för att ses färglösa? 18 gram (ca 0,2 dl.) vatten innehåller i storleksordningen 10^{23} vattenmolekyler. En miljontedel av detta är knappast synlig, men innehåller ändå cirka 10^{17} molekyler, och

är att betrakta som en makroskopisk mängd som bär makroskopiska egenskaper. Vilken färg har vattnet i en kopparsulfatlösning? Kopparsulfatet gör lösningen blå, men vad innebär det för färgen hos vattnet i lösningen? Man borde kanske diskutera huruvida de ursprungliga ämnena finns i en lösning eller inte enligt den vardagliga uppfattningen. De antika atomisterna och stoikerna hade denna uppfattning om blandningar, medan Aristoteles var av den motsatta åsikten. Ytterst är det frågan om vilka förändringar bevarandet av substansegenskapen tolererar. En koboltkloridlösning är röd, så om vattnets färg i en kopparsulfatlösning är blå är den annorlunda i en koboltkloridlösning. (Man skulle kunna tala om vattens färg [smak, ...] i tomater, gurkor, sallad, blod, etc. för att få en känsla av vardagen.) Det förefaller rimligast att säga att vattens färg beror på omständigheterna, som man borde redogöra för i ett någorlunda hyfsat försök till en karakterisering av vattnets vardagliga utseende. Av någon anledning tycks sådana projekt fullständigt ointressanta för dem som intresserar sig för Putnams stereotyper. Men utan en sådan nyansering är det trivialt och inget annat att de predikat som nämns i Putnams lista varken är nödvändiga eller tillräckliga för att vara vatten. Således ger inte Kripkes tes någon motivering alls för att endast mikroskopiska egenskaper kan ge en adekvat karakterisering av ämnet vatten. Fältet lämnas öppet för att explicit överge nolltolerans för variation i egenskaper med varierande omständigheter till förmån för en systematisk formulering av t.ex. kokpunkt eller färg som en funktion av tryck, koncentration osv. Men ett sådant systematiskt tillvägagångssätt är förstås början till vetenskap och skulle äventyra den kontrast Kripke och Putnam tänker sig mellan vardaglig och vetenskaplig begreppsbyggnad.

Det antyds ibland att de vattenegenskaper det är frågan om är egenskaper hos rent vatten (då variation med koncentration inte skulle vara relevant). Men eftersom ingen stöter på rent vatten till vardags kan man undra om det är det vardagliga beskrivningar handlar om. Jessica Brown (1998, s. 280–83) menar att detta drabbar både Kripkes och Putnams analyser. Enligt Kripkes analys innebär inte att vara samma slags substans att ha några vardagliga egenskaper gemensamt, och analysen gäller enbart materiemängder som inte är blandningar av olika ämnen. Då hamnar större delen av världens vatten, som faktiskt är blandat med andra ämnen, utanför extensionen av Kripkes vatten. Men den grundläggande frågan är om det inte, som jag kommer att hävda, är just i termer av makroskopiska egenskaper som man kan åsidosätta Aristoteles uppfattning att homogen materia består av ett enda ämne och skilja rena ämnen från blandningar som t.ex. havsvatten. Brown menar att Put-

nams analys klarar vatten,³ men tillämpat på "rubin" innebär den att något är rubin om och endast om det är av samma fasta slag som det mesta av det stoff som talare har kallat för rubin. Eftersom rubiner till största delen består av aluminiumoxid blandad med mindre mängder orenheter, skulle då "rubin" syfta på något som (i andra omständigheter) saknar den karakteristiska röda färgen (och inte skiljer sig från det som "safir", som också till största delen består av aluminiumoxid, skulle syfta på). En del efterdyningar i litteraturen efter Chomskys inbrott i vattendebatten (Chomsky 1995) kretsar kring vilken koncentration av vatten som krävs för att något enligt vardagligt bruk bör kallas vatten. Vissa saker, som t.ex. barn, kycklingar och tomater, som inte till vardags beskrivs som vatten, sägs innehålla en högre procent av vatten än det som finns i the Great Salt Lake – vilket kallas vatten. Abbot (1999) menar, i motsats till LaPorte (1998), att "vatten" syftar på en äkta del av dessa kroppar, vilket tillåter att de kan beskrivas som bestående till största delen av vatten. Men vilket ämne som utgör den största delen i en blandning kan bero på huruvida proportioner mäts i vikt- eller molenheter. Och innebörden av alternativen beror på innebörden av substansbegreppet, som förutsätts snarare än bestäms av detta tillvägagångssätt.

Browns eget lösningsförslag är att kriteriet på tillämpningen av ett vardagligt substansbegrepp är substansens utseende. Detta innebär inte att den som behärskar begreppet kan åtskilja ämnet ifråga från alla andra ämnen (s. 286), men väl en medvetenhet om att det som bestämmer att något är ett visst slags substans är dess "fundamentala egenskaper" (s. 287), information om vilka skulle kunna åsidosätta bedömningar av samma substans baserade på utseende. Men hennes påpekanden att förslaget tillåter möjligheten att urskilja salt i en blandning p.g.a. dess smak och inte innebär att "rubin" syftar på aluminiumoxid säger inget om vilken tolerans ett utseendekriterium har för förändring. Tvärtom säger hon (s. 297) att vi inte skulle vänta oss att den som enbart har tillgång till orena prov av en substans som inte uppvisar ämnets ytliga (vardagliga) egenskaper skulle utveckla en förmåga att igenkänna denna substans. Detta tyder på att kännetecknande utseenden i Browns mening har väldigt lite tolerans för förändring (möjligen en variation i intensitet). Hennes utgångspunkt är att utseendekriterier används i "ett samhälle som inte känner till den korrekta vetenskapliga uppfattningen om substanserna ifråga" (s. 276), vilket är ett uttryck för Kripkes och Putnams antagande att det finns en klar gräns mellan vardagliga och vetenskap-

³ Antagligen genom att bortse från allt vatten blandat i mindre proportioner, t.ex. det i alkoholvatten-blandningar, vars alkoholandel inte kan ökas genom ytterligare destillation.

liga beskrivningar. Är det inte rimligare att tänka sig att förmågan att igenkänna substanser utvecklas i ett samhälle allteftersom behov av distinktioner uppkommer, och så småningom omfattar enkla mätningar – t.ex. smält- och kokpunkter – och sedan mer systematiska hänsynstaganden? Kanske hör inte egenskapen att koka vid 100°C till utseendet hos detta vatten vid 20°C . Frågan är om en principiell skillnad mellan vardagliga och vetenskapliga beskrivningar kan upprätthållas.

I fortsättningen betraktas vatten som en makroskopisk egenskap, nyanserad och preciserad i enlighet med makroskopisk teoribildning, och frågan om huruvida dessa drag hör till dess utseende lämnas därhän. Hur är förhållandet mellan vatten och ett lämpligt mikroskopiskt begrepp? Till att börja med är det frågan om ett predikat. Ibland sägs det att påståendet ”vatten är H_2O ” är en identitet, i enlighet med vilken termen ”vatten” betraktas som en benämning på ”världens vatten” eller det mereologiska summan av alla vattenpölar. Det är klart att det finns objekt om vilka predikatet ”är vatten” är sant, och det finns bestämda mereologiska summor av sådana vattenmängder. Men med tanke på att vatten hela tiden skapas och förstörs i olika kemiska reaktioner (neutralisering av syror med baser respektive fotosyntes, t.ex.)⁴, är det tämligen oklart vilket föremål som avses med uttrycket ”världens vatten”. Det hindrar inte att en precisering, med därtill hörande konsekvenser, är möjlig. Men då måste man räkna med att en mereologisk summa bestäms av ett predikat. Den är nämligen summan av alla mängder materia som satisfierar ett visst predikat.⁵ Och när det gäller kemiska substanser, åtminstone när det gäller föreningar, är det motsvarande predikatet tidsbestämt, dvs. det är ett tvåställt predikat som är tillämpligt på en mängd materia och en tid. Då kan man meningsfullt tala om identitet mellan ett objekt (en mängd materia) som är vatten och ett objekt som satisfierar ett annat predikat. Vilket är det andra predikatet?

Predikatet ”är H_2O ” kan inte betyda ”är en vattenmolekyl” om det

⁴ Tillkomst och försvinnande av vatten innebär att relationen $S(x, y)$ för ” x är samma substans som y ” inte uppfyller villkor analoga till rigiditetsvillkoren: $S(x, y) \supset \Box S(x, y)$ och $\sim S(x, y) \supset \Box \sim S(x, y)$. Dvs. en mängd materia av samma substans som x är inte nödvändigtvis av samma substans, och en mängd materia som inte är av samma substans som x är möjligen det.

⁵ I standardmereologi finns det ett axiom som garanterar existensen av ett objekt bestämt av en godtyckligt predikat φ :

$$\exists x \varphi(x) \supset \exists y \forall z (z | y \equiv \forall x (\varphi(x) \supset z | x)),$$

vilket, med hjälp av de andra axiomen, kan bevisas vara unikt. (” $z | y$ ” betyder att z är separat från y , dvs. att z inte har någon del gemensam med y .) Då införs den mereologiska summan, $\Sigma x \varphi(x)$, av alla objekt som är φ , per definition.

ska gälla något som är vatten. En vattenmolekyl är inte vatten. Vatten karakteriseras av en smältpunkt, en kokpunkt, osv. (preciserat i enlighet med makroskopisk teoribildning), vilket är makroskopiska egenskaper som inte tillkommer enstaka molekyler. Termen "H₂O" är egentligen en sammansättningsformel som anger förhållandet mellan hur mycket väte och syre det finns i vatten, på ett sätt som gör det möjligt att säga att det finns lika mycket väte i vatten som det finns i svavelväte, med sammansättningsformel H₂S, trots att viktförhållandet mellan väte och syre i vatten är 1 : 8 och viktförhållandet mellan väte och svavel i svavelväte är 1 : 16. Man måste tränga betydligt längre in i kemin innan en beskrivning av mikrostrukturer är motiverad.⁶

Om man vill fortsätta med analogin med temperatur skulle en rimligare utgångspunkt för en diskussion av R1 vara någonting i stil med

- (1) $\forall x$ (x är vatten $\equiv x$ består av sammanfogade partiklar av ett visst eller vissa slag),

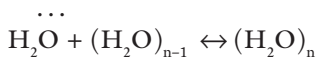
där identitet råder mellan vilken som helst mängd materia som är vatten och ett föremål som består av partiklar av ett visst eller vissa slag. Om detta ska få ett bestämt innehåll måste det utredas vilka slags partiklar det är frågan om och även hur de är sammanfogade för att bilda en vattenmängd. En klass smälter inte vid någon temperatur. Det ligger närmare till hands att tolka variabeln x i (1) som en mereologisk summa, men inte en godtycklig sådan, av vattenpartiklar.

Detta bestämda innehåll är vad man syftar på när man talar om vattens struktur, om vilket en erkänd expert säger "[b]land alla kända vätskor är vatten sannolikt den mest studerade och minst förstådda" (Franks 1972, s. 18). Läget har inte uppklarats under de senaste tre decennierna: "[a]tt förstå strukturen hos vattenvätska blir förvisso inte enklare. Det tycks finnas lika många olika modeller som författare som skrivit om ämnet" (Jeffrey 1997, s. 140). För att antyda vad komplexiteten går ut på, finns det två processer som verkar i olika riktningar. Dels pågår en kontinuerlig dissociation av vattenmolekyler och återförening av joner:

⁶ Att vatten kännetecknas av dess änessammansättning, vilken anges av formeln H₂O, är riktigt. Så man skulle kunna säga att $\forall x(x \text{ är vatten} \equiv x \text{ är H}_2\text{O})$ är riktigt. Men vatten som inte har flera isomerer är ett undantag. I allmänhet är änessammansättningen i bästa fall ett nödvändigt villkor för att vara ett visst ämne (om vi bortser från berthollider, som till skillnad från daltonider inte består av bestämda proportioner). T.ex. har alkohol (dvs. etanol) och dimetyleter en gemensam sammansättningsformel, C₂H₆O. Det gäller inte att $\forall x(x \text{ är alkohol} \equiv x \text{ är C}_2\text{H}_6\text{O})$. Även för vatten gäller det, som påpekats i texten, att påståendet $\forall x(x \text{ är vatten} \equiv x \text{ är H}_2\text{O})$ inte säger någonting om vattens mikrostruktur.



Dels bildas större enheter genom s.k. vätebindningar, som också ingår i ständiga processer av dissociation och återförening:



Dessa processer är sammanlänkade, så att joner hakar på större enheter. Och processerna påverkas av omständigheter som t.ex. temperatur, tryck och närvaron av andra ämnen. Problemet med vattens struktur är att säga exakt hur de enheter som bildas i vatten ser ut och hur förändringarna sker. Det är detta problem som de nyss citerade kommentarerna av Franks och Jeffrey syftar på.

Vad är det som säger att olika konstellationer av partiklar av sådana föränderliga typer bildar mängder av materia av samma slag? Experterna tycks inte veta. Som vi har sett, så kan de inte ge en exakt beskrivning av vattens struktur i alla fall. Men det innebär inte att de inte vet om det är samma substans som undersöks i olika undersökningar. Varför knyts den enorma variationen i mikrostruktur till en och samma slags substans, snarare än till ett genus av relaterade ämnen? Det är därför att makroskopiska kriterier bestämmer vad det innebär att vara av samma slag. Sådana kriterier hämtats framförallt från termodynamiken, som just är ”oberoende av finstrukturen hos materia” (Denbigh 1981, s. 4).

Utän att gå in på detaljer kan man säga att tillämpningen av termodynamik på kemin i hög grad härrör från den amerikanska fysikern Willard Gibbs’ banbrytande arbete ”*On the equilibrium of heterogeneous substances*”, vilket publicerades under 1870-talets senare hälft och spelade en viktig roll i etablerandet av fysikalisk kemi. Det handlade om villkor för jämvikt hos ett system som beskrivs i termer av en storhet U , systemets interna energi. Den interna energin är en funktion, $U(S, V, N_1, \dots, N_r)$, av entropin, S , volymen, V , och för de r substanserna i systemet, ett mått, N_j , av hur mycket det finns av den j :te substansen, $1 \leq j \leq r$. Givet att de olika substanserna i en kropp, som kan vara väldigt heterogen med många homogena delar, påverkar de storheter som bestämmer jämvikt, avspeglas likheter och olikheter mellan substanser i teorem som härleds ur teorin. Ett sådant är Gibbs’ fasregel. En mängd materia kan bestå av olika mekaniskt åtskiljbara delar i kontakt med varandra, som t.ex. en gas, olika vätskor som inte uppgår i en enda homogen vätska, samt olika fasta delar, som liksom vätskorna inte är av samma slag. Varje sådan del är homogen. De maximala homogena delarna (som t.ex. hela

gasmängden, eller all den vätska vars delar kan mekaniskt separeras från varje annan del av systemet men inte från varandra) kallas *faser*. Antag att f är antalet faser och c är antalet substanser fördelade över dessa faser när hela systemet är i jämvikt. Hur mycket kan omständigheterna variera utan att dessa tal påverkas? Om t.ex. temperatur eller tryck varieras, bevaras alla faser, uppstår nya eller upplöses några? Det antal oberoende intensiva variabler som bestämmer systemets tillstånd kallas för systemets *varians*. Gibbs' fasregel säger att variansen är lika med

$$c - f + 2,$$

vilken tydligen måste vara större än eller lika med noll.

Vad säger fasregeln om möjligheten av att en heterogen blandning (olika faser) består av en enda substans? Joseph Blacks uppfattning att förändringen av is till vatten är en kemisk reaktion då ett ämne förvandlas till ett annat (jfr Needham 2004, s. 81) är ett uttryck för den gamla aristoteliska synen att vatten väsentligen är en vätska, och att fast materia är ett annat ämne. Den moderna uppfattningen, att kemiska substansbegrepp egentligen är oberoende av fasbestämningar, blir tydlig i tillämpningen av fasregeln. Om det bara finns en substans ($c = 1$), behöver inte f också vara lika med 1. Den begränsning som fasregeln sätter är då att $f \leq 3$. Om f är lika med 3 så är variansen lika med $1 - 3 + 2 = 0$, och vatten i fast, flytande och gasform kan förekomma tillsammans i jämvikt. Eftersom variansen är lika med 0 kan det då inte förekomma någon variation i temperatur eller tryck, utan alla tre faserna förekommer vid det som kallas för vattens trippelpunkt (0.01°C , $4,58$ mm. Hg). Detta sätt att bestämma en unik temperatur används för bestämningen av skalenheten i den absoluta temperaturskalan.

Fasregeln utesluter att samma ämne kan uppträda i fyra olika faser i jämvikt med varandra. Det finns flera faser av is – ett ämne som fysikern Bridgman, känd för lanseringen av begreppet operationell definition, undersökte – och det finns flera trippelpunkter mellan olika fasta faser. Men flera fasta faser kan inte förekomma tillsammans med vattenvätska och vattenånga i jämvikt. Om däremot två faser förekommer tillsammans (is och vattenånga eller vattenvätska och vattenånga, t.ex.) så är en viss variation i omständigheterna möjlig. Tillämpningen av fasregeln innebär att variansen är lika med $1 - 2 + 2 = 1$, då t.ex. vatten och vattenånga kan vara i jämvikt i en sluten behållare vid olika temperaturer. Men trycket på vattenången ovanpå vattnet är bestämt av temperaturen. Om man med hjälp av en pistong ökar volymen av behållaren vid konstant temperatur, så omvandlas vattenvätska till vattenånga för att upprätthålla trycket vid denna temperatur. Till slut övergår all vätska till gas-

fasen, och det finns bara en fas. Variansen = $1 - 1 + 2 = 2$, och temperatur och tryck kan variera oberoende av varandra, precis som gaslagen föreskriver: $PV = nRT$, där nR är en konstant.

Det finns komplikationer som kräver nyanseringar av kriterier utformade från den allmänna teori om substanser vilken termodynamiken utgör, vilka inte diskuteras här. Men det som just beskrivits är ett allmänt beteende som kännetecknar en mängd materia såsom bestående av ett enda ämne. De specifika detaljerna (temperatur och tryck vid trippelpunkt, de numeriska värdena av trycket som en funktion av temperatur hos ett tvåfssystem, osv.) skiljer olika substanser åt.

Det har redan nämnts att som kemisk formel anger "H₂O" grundämnessammansättningen i vatten och har en helt makroskopisk innebörd. Det kan nu tilläggas att denna innebörd är oberoende av fasegenskaper (dvs. tolererar fasförändring). När Lavoisier utförde det experiment som tolkades som en analys av vatten i dess beståndsdelar kokade han vatten och reducerade vattenånga över glödhett kol. Det var alltså vattenånga som delades och inte vattenvätska i det experiment som visade vattens sammansättning. Upptäckten att vatten inte är ett grundämne utan en förening av väte och syre i ett bestämt viktförhållande fordrar en fasoberoende syn på kemiska föreningar. Vad skulle det betyda att säga att vatten (t.ex. vatten som inte är vattenånga) består av vätgas och syrgas? Vatten är fortfarande i fast form eller vätska när dessa grundämnen övergår till gasform vid stigande temperatur. Således är det sant att vattenvätska är H₂O, men falskt att H₂O är vattenvätska (dvs. att allt H₂O är vattenvätska). Både is och vattenånga är H₂O. Man kan med rätta hävda att $\forall x(x \text{ är vatten} \equiv x \text{ är H}_2\text{O})$. Men då betyder inte "vatten" vattenvätska utan det fasoberoende begreppet vatten – det som is, vattenvätska och vattenånga alla är, vilket överensstämmer med det genom fasregeln bestämda begreppet.⁷

Sammanfattningsvis är det klassiska kemiska ämnesbegreppet liksom temperatur ett makroskopiskt begrepp som har karaktären av ett masspredikat vars innebörd bestäms av kriterier som vilar på makroskopisk teoribildning, framförallt termodynamik, vilken systematiskt skiljer mellan blandningar och materia bestående av ett enda ämne. Är man intresserad av en reduktionstes av typ R1 måste tesen att vatten är H₂O omformuleras i linje med (1). Vad som menas med vattens mikrostruktur är vilka partikelbildningar som finns i vatten och hur de ändras med tiden och påverkas av omständigheter. Detta är fortfarande föremål för

⁷ Putnam talar om kriterier som bestämmer att någonting är samma *vätska* som vatten på jorden och på tvillingjorden. Rymdfarkoster utformade för att leta efter vatten på Mars är förberedda för att upptäcka is.

vetenskapliga undersökningar. Det är dock klart att det finns stora skillnader mellan vatten i fast fas, vätskefas och gasfas, och att temperatur, tryck och närvaron av andra ämnen starkt påverkar mikrostrukturen. Även i en viss fas vid bestämd temperatur och bestämt tryck är inte vattnets mikrostruktur statisk, utan skulle kunna beskrivas i termer av olika genomsnittliga egenskaper, beroende på hur långt tidsintervall det är frågan om. Vad är det som bestämmer att alla dessa olika strukturer är mikrostrukturer hos ett och samma ämne? Det är den makroskopiska begreppsbildningen som ger kriterier för att vara av samma slag (samma substans).

3. ELIMINATION OCH ONTOLOGISK REDUKTION

Kanske tycks motexemplen mot tesen att temperatur är medelvärdet hos molekylernas kinetiska energi (se Needham 2004) och vattnets varierande mikrostruktur illustrera en omtalad tes i själslivets filosofi och biologins filosofi om flerfaldigt förverkligande. Här är tanken att olika förekomster av ett fenomen består av olika underliggande fysiska omständigheter. Den likhet som gör att de olika fenomenen beskrivs som varande av samma slag motsvaras inte av en likhet i de underliggande fysiska omständigheterna. Ett ofta förekommande biologiskt fenomen som beskrivs på ett teleologiskt sätt i termer av en funktion realiserar på många kemiskt skilda sätt. Detta är ett vanligt sätt att invända mot broprinciper som uttrycker en ekvivalens i ett reduktionsargument. Det har lett till tal om superveniens, där den enhetliga beskrivningen sägs supervenera på de olika fysiska omständigheterna. En diskussion har sedan uppkommit om hur superveniens kan adekvat definieras, där ett kriterium på adekvans som ibland framförs är att definitionen bör avspegla ett asymmetriskt beroendeförhållande. Tanken är att den supervenienta egenskapen är beroende av de olika fysiska omständigheterna men inte tvärtom. Hur kan ett sådant krav motiveras? Finns det något fog för detta i vad som här sagts om temperatur och kemiska ämnen?

I biologins filosofi har superveniens hyllats som ”det slutgiltiga slaget mot vitalism” (Kincaid 1990, s. 591). Sober menar att

Supraveniensen av fitness och andra evolutionära egenskaper förklarar varför evolutionsteorin står i motsättning till vitalism utan att för den skull kunna reduceras till någon fysisk teori. ... Enligt vitalismen finns det, utöver alla fysiska egenskaper (inklusive relationsegenskaper) som en organism kan ha, ytterligare en ingrediens ... [vilken] omvandlar den materia av vilken en organism är gjord till en biologisk entitet. Om det verkligen funnes en sådan extra ingrediens borde det vara möjligt för två fysikaliskt identiska system att skilja sig med avseende

på dessa biologiska egenskaper. Ett system skulle kunna ha denna undflyende blandning, medan det andra saknar den. Emellertid kommer vitalism att komma till korta om biologiska egenskaper supervenerar på fysiska egenskaper, eftersom superveniens följer den fysikaliska doktrinen ”ingen skillnad utan en fysisk skillnad”. (Sober 1984, ss. 49–50)

Supervenienstanken som Sober formulerar den här, att ingen skillnad förekommer med mindre än att det finns en fysisk skillnad, är trivial. Tillämpad på våra två exempel temperatur och vatten, skulle principen kunna översättas så här: ingen makroskopisk skillnad utan en skillnad på mikronivån. Även i fallet med två mängder idealgas med samma volym och vid samma temperatur och tryck, är det högst osannolikt att de är exakt lika på mikronivån. Man kan bortse från sådana skillnader genom att använda en lämpligt vald statistisk egenskap, men det hindrar inte att de finns. På samma sätt är två makroskopiskt lika vattenmängder olika i några avseenden på mikronivån. Att de inte heller är lika när de är makroskopiskt olika är således inget att förvånas över. Frågan är om principen kan räddas genom att man i stället talar om mikroskopiska egenskaper av ett visst slag utan att förutsätta en korrelation med makroskopiska egenskaper som superveniensidén var tänkt att ifrågasätta.

Men detta är inget bekymmer för den som ogillar vitalism. Vitalism kan avfärdas på grund av allmänna metodologiska överväganden, vilket nog kan förklara varför läran aldrig fått någon stor uppslutning bland vetenskapsmän. Broad (1925, s. 57–8) nämner tre sådana överväganden: (i) Till skillnad från kemiska grundämnen, har inte någon élan vital (enteleki) någonsin isolerats, vilket gör det till ”en *rent* hypotetisk entitet”. (ii) Visserligen har vissa kemiska grupper som ingår i kemiska föreningar aldrig isolerats. Men de är kända sammansättningar av grundämnen snarare än ”mysteriösa enkla entiteter”. Dessutom är det faktum att de inte förekommer i det isolerade tillståndet en integrerad del av en teori om valens. Medan de överförs från ett ämne till ett annat på systematiskt vis i kemiska reaktioner, har man aldrig lyckats överföra en enteleki från en levande varelse för att få liv i en död kropp. (iii) Det är oklart huruvida en enteleki, som skiljer sig från materia, intar någon plats i rummet, vilket gör det svårt att förstå vilken slags förening mellan materia och enteleki en levande kropp skulle vara, och omöjligt att ge någon detaljerad beskrivning av hela komplexet.

Motsvarande invändningar kan anföras mot dualism av traditionellt cartesianskt slag. Superveniens behövs inte för att avvisa sådana icke-materialistiska teorier. Supervenienstanken kan knappast motiveras ge-

nom en speciell kritik av ointressanta teorier som redan är avvisade på andra grunder.

På samma sätt tycks föreställningen om ett asymmetriskt beroendeförhållande inte få något stöd från det faktum att olika temperaturbärare kan ha olika fysiska beskaffenheter. Snarare tycks det som om man vill behålla en uppfattning som en lyckad reduktion möjligen skulle ha berättigat, nämligen att temperaturbegreppet återförs till mikroskopiska egenskaper eller, som t.ex. Spector menar, till och med elimineras:

... vi kan numera tala om *medelvärdet av molekylernas kinetiska energi* i stället för *temperaturen* hos en gasmängd. Detta kan med större kraft uttryckas genom att säga att temperatur inte existerar, *med vilket menas* att den klassiska dynamiken plus "atomteorin" kan konstateras vara helt adekvat för att beskriva det fenomen för vilka begreppet temperatur användes förut – termodynamikens gamla domän. (Spector 1978, s. 60)

Men även om reduktion lyckas är det inte så klart vad det är som elimineras. Ett predikat som visar sig kunna definieras kan elimineras genom att inte förekomma i en annan teoriformulering med samma kraft. Om detta betyder att begreppet inte förekommer är långt ifrån självklart – det kan ju definieras! Vidare är inte den ontologiska innebörden av en definition "ontologisk elimination". Hamilton gav en definition av imaginära tal i termer av reella tal som är berömd för att den tog bort mystiken med $i = \sqrt{-1}$. Men den innebär inte att imaginära tal eliminerades. Detta skulle kräva en teori som inte tillåter existensen av lösningar på ekvationer som t.ex. $x^2 + 1 = 0$. Goodman och Quine (1947) eliminerade verkligen tal i sin redogörelse för aritmetiska förhållanden. Det som brukar anföras mot den är att den del av talteorin de lyckades redogöra för är så fattig att det är svårt att motivera en vetenskaplig hållning som begränsar sig till just denna teori (Quine 1960, s. 269).

Ontologi handlar om det som existerar, och existenspåståenden uttrycks i termer av predikat. Utan elimination av ett predikat P kan inte det motsvarande existenspåståendet $\forall xP(x)$ elimineras heller. Organismer eller personer, som beskrivs med hjälp av funktionella eller mentala predikat, finns, och det finns bärare av temperatur, om inte predikaten i fråga eliminerats genom reduktion. Det bringar ingen klarhet att döma sådana saker till en skärseldsliknande tillvaro i ett ontologiskt mellanläge som "inget annat än" något som beskrivs med favoriserade "basegenskaper".⁸

⁸ Och på vilken grund ska vissa baspredikat favoriseras? Atomer består av elektroner, neutroner och protoner. Och dessa består i sin tur av mer "elementära" partiklar. Om man slår in på denna bana, kan man räkna med att någon slutgiltig bas av elementära partiklar verkligen existerar?

Spectors formulering av eliminationen av termodynamikens ontologi skapar oklarheter när han säger ”temperatur existerar inte”. Om han menade att det finns en fråga om huruvida universaliala existerar eller inte (till skillnad från att predikat förekommer i en teoriformulering eller inte) som bör beaktas, så borde han ha sagt det. Frågan är om det finns klara och tydliga skäl att tala om ontologisk reduktion.

Ontologisk elimination kan man å andra sidan tala om när den teori som införde entiteterna i fråga överges. Ett tydligt exempel är kalorik, som infördes (inte utan konkurrens från en alternativ värmeteori) i kraft av principen att värme bevaras. När den principen övergavs i ljuset av evidens som stödde termodynamikens första lag (energikonserveringsprincipen) eliminerades ämnet kalorik. (Filosofisk spekulation som inte på detta sätt bygger på evidens, som t.ex. att det som faller under s.k. folkpsykologiska begrepp kommer att elimineras till förmån för neurofysiologiska beskrivningar, är något annat.) Det är svårt att se hur ontologisk reduktion skulle kunna vara en följd av en strategi som bevarar en teori eller uppsättning påståenden.

Davidson hävdar en ontologisk reduktion av mentala entiteter (Davidson 1995, s. 231) trots avsaknad av laglika ekvivalenser mellan predikat, som skulle tillåtit reduktion av mentala predikat. Men det gör han i kraft av sitt välkända argument för att mentala händelser är identiska med fysiska händelser. Man kan förvånas över hur lätt Davidson tycks tro det är att bevisa en sådan tes. Men huvudsaken är att poängtera behovet av något sådant argument för ontologisk reduktion i avsaknad av en vetenskapligt motiverad elimination.

Sahotra Sarkar (1998) är också tveksam till de ontologiska teser som många filosofer tycks se i reduktionsförhållanden eller snarlika förhållanden. Men hans utgångspunkt bryter på ett radikalt sätt med både Nagel och det icke-reduktionistiska supervenienstänkandet med en uppfattning om reduktion som han menar överensstämmer bättre med ”det som brukar betraktas som reduktion” (s. 36). Reduktion antas åberopa faktorer från en lägre, mer fundamental, nivå i en hierarki som ger en förklaring av det reducerade fenomenet. I det starkaste fallet handlar förklaringsprinciper i den lägre nivån i hierarkin om entiteter som är rumsliga delar av entiteter vars beteende utgör det reducerade fenomenet. Helheten förklaras i termer av sina delar. Det är denna typ av reduktion det är fråga om inom molekylärbiologi, och den liknar försök under 1800-talets senare hälft att reducera termodynamiken till kinetisk teori, menar Sarkar. Tvärtemot den numera vanliga icke-reduktionistiska uppfattningen inom biologins filosofi, menar han att den i många fall har lyckats.

Reduktion uppfattad på detta sätt som förklaring är, menar Sarkar, en epistemologisk snarare än en ontologisk fråga. Ontologisk och epistemologisk reduktion är oberoende av varandra. Någon som förnekar "möjligheten av en fysikalisk förklaring av biologiska fenomen" utan att acceptera vitalism är, enligt Sarkar, ontologisk reduktionist utan att vara epistemologisk reduktionist (1998, s. 22). Att vara epistemologisk reduktionist är att acceptera en förklaring av ett visst slag utan att det medför ontologiska förpliktanden. Detta tillåter möjligheten av "epistemologisk reduktion" utan ontologisk reduktion, vilket Sarkar motiverar på följande sätt:

Nog måste man väl anta att de entiteter och egenskaper som förekommer i explanans existerar och att de ger upphov till dem som finns i explanandum? Frågan är inte fullt så enkel. Vanligtvis involverar förklaringar approximationer och idealiseringar, av vilka några, i sin tur, involverar kontrafaktiska antaganden ... Om en mycket bra förklaring (som ger väldigt exakta förutsägelser) av växelverkan mellan ett DNA-segment och ett protein fordrar att atomer betraktas som rigida bollar, förutsätter då godtagandet av denna förklaring en verklig förbindelse med uppfattningen att det finns atomer av detta slag, och att detta är vad systemet består av? Antagligen inte, därför att atomfysiken (dvs. kvantmekaniken tillämpad på atomer) förnekar möjligheten av att sådana atomer existerar. Att anta rigida sfäriska atomer i förklaringen är, allra minst, en kontrafaktisk approximation. (Sarkar 1998, s. 22)

Här berörs tema R2. Sarkars utgångspunkt är att allt som är oförenligt med den kvantmekaniska läran om atomer är rätt och slätt falskt. Men det är ytterst tveksamt om kemisterna i gemen håller med.

Ett rimligare sätt att förstå hur kemister argumenterar är följande: i den mån man kan förklara reaktioner med hjälp av stereokemin tror man att förklaringarna bygger på något som i huvudsak är sant – något som måste bevaras i varje nyansering av de grova förklaringarna. Manen som införde begreppet kovalent bindning i kemin, G. N. Lewis, kritiserade Bohrs symmetriska atommodell i början av 1900-talet för att den inte gav någon som helst grund för att förklara molekylstrukturer. Och under större delen av seklet har skeptiska kemister ställt kravet att kvantkemin måste förklara molekylstrukturer om den ska kunna bidra till ämnet. Naturligtvis har man varit medveten om mikropartiklarnas icke-klassiska beskaffenhet. Sarkar överdriver när han talar om förklaringar som fordrar att atomer betraktas som rigida bollar. Att de delar av leksaksliknande molekylmodeller som står på ett skrivbord är rigida innebär inte att de representerar tros ha precis samma egenskaper. Sådana modeller har inte ens den flexibilitet som fordras i de enklaste

mekanismer där konfigurationen hos en central kolatom förändras.⁹ Ända sedan Pauling införde leksaksmodellerna på 1940-talet har en teori om atomernas riktade valenser i molekyler lärts ut som i någon mån bygger på kvantmekaniska insikter. Förhoppningarna om en kvantitativt adekvat teori har under senare decennier börjat gå i uppfyllelse. Man har ifrågasatt om dessa teorier verkligen är "ab initio" och verkligen utgör en lyckad reduktion till kvantmekaniken. I den mån det isolerade system som betraktas vid tillämpningen av Schrödinger-ekvationen i kvantmekaniken inte tycks rymma kemistens molekylstruktur (som Woolley och Primas argumenterat) är detta ett problem för tillämpningen av kvantmekaniken som måste hanteras, inte ett avgörande argument för att förklaringar av kemiska reaktioner är rena fiktioner.

Man skulle kunna mistänka att Sarkars tes om reduktionens oberoende av ontologi är allt annat än ontologiskt neutral och egentligen bygger på en långtgående ontologisk reduktionstes som favoriserar elementära partiklar inom fysiken. Approximationer i förklaringar som innebär avsteg från fundamentala fysiska lagar är avsteg från sanningen. Hur som helst har jag svårt att förstå vad det är som motiverar synen att man kan göra anspråk på att förklara utan att göra anspråk på att det som förklarar är sant och därmed medför ontologisk förpliktande i form av existenspåståenden, även om man inte är partikelfysiker.

4. KRITISK GRANSKNING

Det påpekades i början att vissa argument mot bestämda reduktionstester förutsätter att det i stort sätt är Nagels reduktionsbegrepp som argumentet bygger på. Invändningar mot broprinciper som uttrycker en ekvivalens mellan predikat illustrerar detta grepp. Anklagelser för cirkularitet tycks också bygga på samma förutsättning. Argumentet mot tesen att temperatur kan reduceras till medelvärdet hos molekylernas kinetiska energi även när temperaturbäraren är en idealgas var av detta slag. Om vattens mikrostruktur inte kan avgränsas och specificeras utan att hänvisa till vatten som ett mikroskopiskt begrepp får vi ytterligare ett argument av samma slag. I den mån sådana argument tycks rimliga ger de stöd åt Nagels analys. Hur kan man annars förstå cirkularitetskritiken om det inte är fråga om en slutsatsdragning?

Analysen av reduktion, som innebär att begrepp som är främmande för den reducerande teorin helt enkelt ersätts av andra begrepp, undanröjer möjligheten av kritisk granskning av detta slag. Att det dessutom

⁹ Se förklaringen av S_N2 -reaktioner under "stereokemi" i *Nationalencyklopedin* (Höganäs, 1995), Bd 17, s. 240.

är oklart vad det är tänkt att "vatten" i makroskopisk teoribildning ska ersättas med i avsaknad av en specifikation av högerledet i (1) gör inte saken lättare.

Medveten om att hans syn på reduktion är mycket mer liberal än den traditionella, poängterar Sarkar att reduktion i hans tappning mycket väl kan vara föremål för kritisk granskning. När han argumenterar mot den gängse uppfattningen i biologins filosofi enligt vilken genetik inte kan reduceras till molekylärbiologi (s. 151ff), medger han att programmet långt ifrån är genomfört. Och han diskuterar det av Mendel upptäckta fenomenet att vissa egenskaper är dominanta i förhållande till motsvarande recessiva egenskaper, i syfte att visa att det inte har fått någon förklaring inom molekylärbiologin (s. 168ff.; se också s. 66). Men hans syn tycks vara främmande för en viss typ av kritik som framförts av reduktionen till statistisk mekanik av termodynamik, vilken han jämför med reduktionen inom molekylärbiologin:

Många av reduktionerna kommer att vara försök till förklaringar av egenskaper hos komplexa helheter i termer av deras beståndsdelar. Detta slags reduktion förväntades inom 1700-talets mekaniska filosofi, antingen i fysikens eller i biologins rike. Det var motiveringen bakom formuleringen av den kinetiska teorin om materia och de välkända försöken att reducera termodynamiken till kinetisk teori under sista hälften av det senaste århundradet. Det är denna typ av reduktion som förmodas förekomma inom molekylärbiologin när biologiska fenomen som ursprungligen studerades "klassiskt" förklaras på basis av molekylära mekanismer. (Sarkar 1998, s. 40)

Hur framgångsrikt har det varit att förklara helheten i termer av delarna?

Termodynamiken kompletterar klassisk mekanik med en entropiprincip som ursprungligen motiverades av värmefenomen, bl.a. av att olika temperaturer har en tendens att inte bestå utan att utjämna sig. Frånvaron av en sådan utjämning vore förenligt med mekaniska principer. Principen är tidsasymmetrisk: jämna temperaturer blir aldrig spontant ojämna. Boltzmanns ursprungliga tanke var att återföra termodynamiken till rent mekaniska principer verkande på mikronivån, naturligtvis med hjälp av rent matematiska standardverktyg inklusive sannolikhetsläran. Detta angreppssätt kom att betraktas som utsiktslöst, bl.a. på grund av Loschmidts invändning, att tidsasymmetrin i entropiprincipen omöjligt kan erhållas enbart ur mekanikens och sannolikhetsens satser, som inte innehåller någon asymmetrisk princip. Tidsasymmetrin och närmanden av jämviktstillstånd som är karakteristiska för termodynamikens entropiprincip förekommer på mikronivån i statistisk mekanik genom att en viss begränsning av sannolikheter av de

s.k. initialtvillkoren hos mikrotillstånden läggs till. Men en sådan begränsning saknar motivering i den mekaniska synen på världen. Tvärtom brukar mekanik presenteras så att mekaniska lagar bestämmer hur ett initialtillstånd vilket som helst vid en tidpunkt utvecklas vid alla andra tider, men inte vilka initialtillstånd som uppkommer. Den teori om tidens riktning som Reichenbach och Grünbaum utvecklade gick ut på att sådana initialvillkor tillfälligtvis råkar vara fördelade som de är i vår värld. Men mot detta invänds att de fenomen som den andra lagen (entropiprincipen) redogör för har en laglik karaktär och inte inträffar av en händelse. Lieb och Yngvason (1999) t.ex. säger att inget skulle "bemötas med mer skepsis" (s. 4) än ett påstått brott mot den andra lagen, och tillägger att dess reduktion till statistisk mekanik "hittills undgått de djupsinnigaste tänkare" (s. 5).¹⁰ Även om man kan komplettera med principer som räcker för att erhålla den andra lagen är det ingen reduktion till andra genuint oberoende principer.

Att ändå försvara reduktionsanspråken genom att åberopa Sarkars idé om förklaring av egenskaper hos helheten i termer av dess delar förefaller dogmatiskt, eller som termen ibland används, rent metafysiskt. Det är ingen tvekan om att makroskopisk materia består av mikropartiklar av något slag. Men därav följer inte något asymmetriskt beroendeförhållande. Statistiska beräkningar av entropi kompletterar de termodynamiska lagarna i en sammanhängande, berikad bild av naturen. Även på den makroskopiska nivån kompletteras de termodynamiska lagarna med s. k. konstitutiva principer som t. ex. idealgaslagen som säger något om beskaffenheten hos de föremål de termodynamiska lagarna tillämpas på. Varför skulle utvidgningen av detta förfarande i mikroskopiska termer betraktas som mer fundamental?

Spector motiverar sitt grepp genom uttalanden som "Ingen tvivlar på att gaser består av molekyler i rörelse, även utan fullständig härledbarhet av lagar" (1978, s. 38). Men att konstatera vad något består av är inte att slutföra en reduktion. Utan att man visat att gasens egenskaper kan återföras på egenskaperna hos beståndsdelarna är ingen reduktion utförd. Att på så sätt börja med ontologiska slutsatser från vad något består av är att spänna vagnen för hästen. Papineaus (2000) "induktiva argument" för fysikens fullständighet kompletterar åtminstone antagandet att allting

¹⁰ Dessa författare förnekar inte att termodynamikens lagar har ett begränsat tillämpningsområde. Kvantmekaniska effekter ogiltiggör deras tillämpning på system av godtyckligt liten storlek, och gravitationseffekter ogiltiggör principer som bestämmer extensiva och intensiva storheter. Makroskopiska system får inte vara vare sig för stora eller för små. Men inom dessa gränser finns det inga undantag.

består av mikropartiklar med påståendet att fysikens lagar, och bara fysikens, är autonoma och universella. Att de är autonoma innebär att de formuleras utan hjälp av predikat från andra vetenskaper och inte innehåller *ceteris-paribus*-villkor som stavas ut (i den mån de kan stavas ut) i termer av predikat från andra vetenskaper. Att de är universella innebär att de täcker alla (icke abstrakta) entiteters beteende. Men att generalisera från Helmholtz' forskningsprogram, som han gör, är för enkelt. De negativa svaren på frågeställningarna R1 och R2 måste tillbakavisas om förklaringen inte ska förstås som ett gemensamt företag med inslag från olika håll.

I det område som Sarkar främst intresserar sig för är det ingen tvekan om att kemin förklarar. Men den breda motiveringen från mekanistisk filosofi som han åberopar tycks inte hålla måttet. (Den fungerade inte för elektromagnetisk strålning heller.) Sarkars fokusering på kemiska mekanismer ger intryck av att reduktion i det här speciella fallet rör sig om kausala förklaringar. Då väcks frågan om huruvida alla relevanta omständigheter omnämns i dessa förklaringar, och med tanke på det som nyss sagts om termodynamik undrar man om de verkligen utgör en reduktion. Det tycks som om Sarkar med sitt reduktionistiska grepp skiljer sig skarpt från den mer vanliga icke-reduktionistiska linjen inom biologins filosofi. Men han är på många punkter överens med icke-reduktionister. Framförallt ifrågasätts inte flerfaldiga förverkliganden, vilket anti-reduktionister tar som argument mot möjligheten av broprinciper. Sarkar säger bara att det är irrelevant för reduktionsfrågan. Då är det oklart vad det finns för substans i denna skillnad. Snarare tycks det som om anti-reduktionisterna förutsätter Nagels reduktionsbegrepp i sin kritik, men att Sarkar räddar reduktionen genom att ge begreppet en helt annan tolkning.

5. AVSLUTNING

Diskussionen har inte lämnat mycket kvar att tillämpa Goodmans strategi på. De två speciella fall mot vilka allmänna analyser av reduktionsbegreppet skulle prövas är inte alls de självklara paradigmfall av reduktion som en del har tänkt sig. Som vi såg, menar Sarkar att hans exempel från biokemi "brukar betraktas som reduktion". Men detta strider mot den gängse uppfattningen hos dem som specialiserar sig på biologins filosofi, och hans allmänna idé om hur helheten förklaras i termer av delarna är inte övertygande. Jag har i alla fall försökt visa att föreställningen om ett asymmetriskt beroendeförhållande mellan makro- och mikronivån inte bygger på någon övertygande argumentation utan sna-

rare direkt förutsätter det som skulle bevisas. Men i den mån reduktionsanspråk kritiseras p.g.a. cirkularitet är det svårt att förstå att något som liknar Nagels modell inte förutsätts som måttstock. Den kritiserar ofta för att den medför orealistiska krav på formalisering av teorier. Men om sådana krav ställs när helst enkla logiska principer åberopas skulle vardaglig argumentation helt haverera. Det är klart att det är kritiken av Nagels analys utifrån sådana överdrivna krav som är orealistisk och skjuter över målet. Vidare måste Nagels analys luckras upp på samma sätt som Hempels DN-förklaringsmodell luckrats upp när den vidgats till den s. k. covering-law modellen, där även approximativa argument accepterats. Som det påpekades i Needham (2004, s. 76–7) innebär detta en väldig försvagning av reduktionsanspråken, då transitiviteten i reduktion äventyras av det faktum att rimligheten hos premisserna i approximativa argument vanligtvis är begränsad till speciella omständigheter. Eventuella vagheter i analysen till följd av dessa försvagningar gör knappast att den överträffas av precisionen i någon annan allmän analys av reduktion, i alla fall inte av någon som uppmärksammats här. Det återstår visserligen att se om något speciellt fall av reduktion faller under den. Men ett stort problem är att förstå varför den ursprungliga reducerande teorin tillsammans med alla broprinciper inte bör uppfattas som en utvidgning av den ursprungliga teorin snarare än en reduktion till den.¹¹

¹¹ Jag vill tacka Jan Österberg för hjälp med språkgranskning.

LITTERATUR

- Abbot, Barbara. 1999. "Water = H₂O", *Mind* 108, s. 145–8.
- Broad, C. D. 1925. *The Mind and its Place in Nature*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Brown, Jessica. 1998. "Natural Kind Terms and Recognitional Capacities", *Mind* 107, s. 275–303.
- Chomsky, Noam. 1995. "Language and Nature", *Mind* 104, s. 1–61.
- Davidson, Donald. 1995. "Davidson, Donald", i *A Companion to the Philosophy of Mind*, red. Samuel Guttenplan. Oxford, Blackwell.
- Denbigh, Kenneth. 1981. *The Principles of Chemical Equilibrium*, 4th. ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- Franks, Felix, ed. 1972. *Water, A Comprehensive Treatise. Vol. 1: The Physics and Physical Chemistry of Water*. New York: Plenum Press.
- Goodman, Nelson. 1955. *Fact, Fiction and Forecast*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Goodman, Nelson och W. V. Quine. 1947. "Steps Toward a Constructive Nominalism", *Journal of Symbolic Logic* 12, s. 105–22.
- Hendry, Robin Findlay. 1998. "Models and Approximations in Quantum

- Chemistry”, i *Idealization IX: Idealization in Contemporary Physics*, red. Niall Shanks. Amsterdam: Rodopi, s. 123–42.
- Jeffrey, George A. 1997. *An Introduction to Hydrogen Bonding*. Oxford: Oxford University Press.
- Kincaid, Harold. 1990. ”Molecular Biology and the Unity of Science,” *Philosophy of Science* 57, s. 575–93.
- Kripke, Saul. 1980. *Naming and Necessity*. Oxford: Blackwell.
- LaPorte, Joseph. 1998. ”Living Water”, *Mind* 107, s. 450–5.
- Lieb, Elliott H. och Jakob Yngvason. 1999. ”The Physics and Mathematics of the Second Law of Thermodynamics”, *Physics Reports* 310, s. 1–96. Erratum 314, 669.
- Nagel, Ernest. 1961. *The Structure of Science*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Needham, Paul. 2004. ”Om reduktion”, *Sats – Nordic Journal of Philosophy* 5, s. 69–91.
- Papineau, David. 2000. ”The Rise of Physicalism”, i *The Proper Ambition of Science*, red. M. Stone och J. Wolf. London: Routledge.
- Putnam, Hilary. 1992. ”Is It Necessary That Water Is H₂O?” i *The Philosophy of A. J. Ayer*, red. Lewis Edwin Hahn. La Salle, Illinois: Open Court, s. 429–54.
- Quine, W. V. 1960. *Word and Object*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Sarkar, Sahotra. 1998. *Genetics and Reductionism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sober, Elliott. 1984. *The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Spector, Marshall. 1978. *Concepts of Reduction in Physical Science*. Philadelphia: Temple University Press.
- van Brakel, Jaap. 2000. *Philosophy of Chemistry: Between the Manifest and the Scientific Image*. Leuven: Leuven University Press.
- Woolley, R. G. 1978. ”Must a Molecule Have a Shape?”, *Journal of the American Chemical Society* 100, s. 1073–8.
- Woolley, R. G. 1988. ”Must a Molecule Have a Shape?”, *New Scientist* 120 (22 Oct.), s. 53–7.