

Naturfilosofi

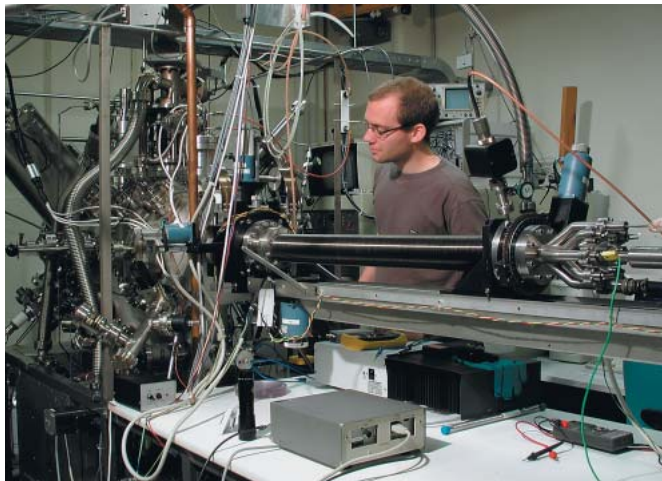
- virkelighedsbegrebet i fysikken

Emnet fysik blev før i tiden ofte kaldt naturfilosofi. Men i dag synes fysikken og filosofien at stå langt fra hinanden. Benny Laustrup forsøger her at samle enderne igen med sit syn på moderne naturfilosofi, illustreret med virkelighedsbegrebet i fysikken.

Af Benny Laustrup

■ Fysikeres indgroede skepsis overfor filosofi udspringer af en dyb forskel mellem to videnskabelige kulturer. Naturvidenskaben insisterer på uophørlig konfrontation mellem måling og model, mens den traditionelle filosofi forsøger at afdække begreber og udforme tankesæt, der ikke umiddelbart er tilgængelige for eksperiment. Fysikeren betragter ofte den traditionelle filosofi som i det store og hele en gang ubrugeligt ævl, en uendelig række af kommentarer til kommentarer. Argumenter synes mest at bestå i at dunke hinanden i hovedet med afdøde filosofers løsrevne bemærkninger, formuleret i en tid og kultur, der overhovedet ikke minder om vores. Den græske filosof Demokrit tages således ofte til indtægt som i den første atomteori, men han *vidste* faktisk intet om stoffets sammensætning. Hans teori var ren spekulation. Først med Perrins eksperimenter i 1908, som gav en præcis bestemmelse af atomernes faktiske størrelse, blev det uomtvisteligt klart, at atomer var virkelige.

Nu skal det tilføjes, at en række moderne discipliner har haft deres udspring i den traditionelle filosofi, for eksempel formel logik og formel sprogteori, ide- og videnskabshistorie, samt videnskabsteori og -sociologi. De formelle discipliner



Beskriver fysikernes teorier og eksperimenter virkeligheden? De fleste fysikeres holdning til virkelighedsbegrebet er faktisk ret uafklaret. Men dybt i fysikernes forestillinger om virkeligheden ligger dog, at den er entydig.

betragtes i dag som en del af matematikken, mens resten er overgået til andre videnskabelige områder med deres eget empiriske grundlag og egne teoretiske metoder, så som historie og sociologi.

Naturfilosofiens genfødsel

Selv om det synes umuligt at pege på et eneste eksempel på, at filosofien har bidraget til fysikken, så er skilsmissen mellem disse discipliner også af forholdsvis ny dato. "Fysik" blev tidligere kaldt "naturfilosofi", men ordet kom dog senere i miskredit på grund af romantikkens sværmerier om "Ånden i

naturen". I den sidste halve snes år er ordet igen kommet til ære og værdighed som betegnelse for et kursus afholdt af biologen Claus Emmeche på Niels Bohr Institutet.

Tanken om, at der kunne findes en form for filosofi, som var mere acceptabel for den moderne hårde naturvidenskab, opstod på den centrale plaza i byen Santa Fe i New Mexico i 1992. Både Claus Emmeche og jeg selv deltog i en tværvideenskabelig konference om kunstigt liv, og vi mødtes tilfældigvis på plazaen, hvor solen skinnede varmt på en junidag. Vi sad længe og talte om, hvorledes

fysikerne på trods af deres benægtelse af filosofiens nytteverdi, alligevel alle måtte bære på filosofiske forestillinger, for eksempel om virkeligheden. Måske var det muligt at få forskerne til at træde et skridt uden for den strenge faglighed og fortælle om, hvordan de forestillede sig tingene dybest set hang sammen.

Jeg inviterede Claus Emmeche til at komme til Niels Bohr Institutet for (ulønnet) at starte et kursus i naturfilosofi, båret af forelæsninger afholdt af det naturvidenskabelige fakultetets egne forskere. Et år senere trådte fakultetet formelt til og har siden forsynet denne aktivitet med de nødvendige midler under betegnelsen *Center for Naturfilosofi og Videnskabsstudier* (med mig som formand for et rådgivende panel).

Virkeligheden i fysikken

Et af de naturfilosofiske spørgsmål, der længe har interesseret mig, er de forestillinger, fysikerne har om *virkeligheden*. Overfladisk vil de fleste fysikere nok hævde, at deres teorier faktisk beskriver virkeligheden og begrunde dette med naturvidenskabens uomgængelige krav om konfrontation mellem teori og eksperiment. Presser man dem en smule og spørger, om de mener, de har fat i *sandheden*, viger de tilbage og siger, at fysik-

ken blot drejer sig om at opstille brugbare modeller, at den sande virkelighed nok ikke er tilgængelig, og at det i øvrigt er ligegyldigt, bare det virker. Men hvis man derpå spørger om, hvad modellerne så er modeller *for*, bliver de mere usikre og vender tilbage til, at det nok har noget at gøre med virkeligheden. Dette blot til illustration af, at de fleste fysikers holdning til virkelighedsbegrebet faktisk er ret så uafklaret.

Dybt i fysikernes forestillinger om virkeligheden ligger, at den er *entydig*. Der er en og kun en virkelighed. Denne forestilling kommer ind på meget fundamentalt plan i fysikken. Lad for eksempel en bestemt iagttager observere en begivenhed - en kinesers eksplosion - og beskrive den ved koordinaterne x , y , z til det punkt i rummet, hvor den finder sted, samt det tidspunkt t , hvor den foregår. Forestillingen om virkelighedens unikke karakter medfører, at enhver anden iagttager i princippet kan observere den *samme* begivenhed. Han tilskriver den måske helt andre talværdier x' , y' , z' og t' , men virkelighedens entydighed sikrer, at der også må findes en entydig matematisk forbindelse, en transformation, mellem de to talsæt, således at det ene kan beregnes ud fra det andet. Denne brug af virkelighedens entydighed ses i alle fysiske teorier, men den har især været central i relativitetsteorien.

Fysikkens paradigmeskift

Mens fysikkens forestilling om virkelighedens entydighed er fasttømt, så er fysikkens modeller for virkeligheden på ingen måde entydige. I Thomas Kuhns analyse af videnskabelige revolutioners struktur indgår det centrale begreb *paradigmeskift*. Kuhn lægger mere vægt på diskontinuiteten i den videnskabelige proces end på den jævne fremadskriden, hvor "sten lægges på sten" i et stort bygningsværk. Kuhn påpeger, at hele den overordnede forståelsesramme, *paradigmet*, som danner det etablerede grundsynspunkt, af og til rives ned, hvorefter en ny



Det betragtes almindeligvis som halsløs gerning at benytte relativitetsteori eller kvantemekanik til at håndtere dagligdagens mekaniske apparater, biler, kraner, skibe mv. Den newtonske mekanik overlever altså i bedste velgående, selvom den i princippet er blevet afløst af både relativitetsteorien og kvantemekanikken.

forståelsesramme, et nyt paradigme, overtager den videnskabelige scene og dens aktører. Noget er der bestemt om sagen. Fysikken har i de sidste tre århundreder gennemløbet adskillige skift i den herskende opfattelse af, hvad der er den "sande" virkelighed bag fænomenerne. De mest radikale nyere skift repræsenteres af Maxwells teori for elektromagnetismen, Einsteins relativitetsteori, og Bohrs kvantemekanik. Alle tre bryder de med det newtonske paradigme for mekanikken (selv om det for elektromagnetismens vedkommende ikke er helt så åbenlyst som for de to andre). Kuhn hævder, at de fysiske begreber i forskellige paradigmer er inkommensurable og ikke formelt kan sammenlignes.

Som eksempel nævner han en partikels masse, der har forskellig betydning i den Newtonske mekanik, hvor den er konstant,

og i relativitetsteorien, hvor den afhænger af hastigheden.

Gamle paradigmer forkastes ikke

Mens fysikken overordnet udvikler sig i overensstemmelse med Kuhns paradigmatheori, så er det ikke dens praksis at forkaste de ældre paradigmer, uanset de formelle kom-mensurabilitetsproblemer en bibeholdelse kan medføre. Den newtonske mekanik overlever i bedste velgående, selv om den i princippet er blevet afløst af både relativitetsteorien og kvantemekanikken. Grunden til, at den klassiske mekanik stadig er en grundpille i fysikken, er, at den har et enormt gyldighedsområde, der især dækker den hverdag, vi mennesker lever i. De nye teorier er kun nødvendige i marginalområderne. Relativitetsteorien kan generelt ignoreres, med mindre objekternes hastigheder når op i

nærheden af lyshastigheden, og kvantemekanikken kan generelt ignoreres, med mindre man interesserer sig for objekter af atomar størrelse. Sådan da. Der findes både relativistiske effekter ved lav hastighed, for eksempel massetabet i kernereaktioner, og makroskopiske kvanteeffekter, som for eksempel superledning og superfluiditet.

Men i almindelighed vil det betragtes som halsløs gerning at benytte relativitetsteori eller kvantemekanik til at håndtere dagligdagens mekaniske apparater, biler, kraner, skibe, flyvemaskiner og så videre. Når fysikeren beskriver en dampmaskines "sande natur" består hans sprog af de begreber, termodynamikken og den newtonske mekanik forsyner ham med. Atomer og andre småting ligger ham uendelig fjernt i denne sammenhæng. Selvfølgelig ved han godt, at der ligger atomer under det hele, men det vedkommer ikke dampmaskinen og hans arbejde med den. Ingen fysiker med sin fornuft i behold vil drømme om at udforske en dampmaskine til en sådan præcision, at atomerne kommer til at spille en rolle.

Lag på lag af paradigmer

En del af kunsten at være fysiker består derfor også i at holde de forskellige paradigmer adskilte fra hinanden med en klar forståelse af, hvor og hvornår hvert enkelt er gyldigt. Det er også grunden til, at fysikstudenter stadig plages med de klassiske discipliner og ikke straks får udleveret den teori, der i dag har det største gyldighedsområde, nemlig den relativistiske kvantefeltteori. Selv om denne teoris gyldighedsområde i princippet også dækker penduluret, vil det være fuldstændig utænkeligt at benytte den til at beregne pendulets svingningstid.

Fysikken taler derfor med mange tunger. Paradigmerne koeksisterer fredeligt og forkastes så godt som aldrig. Det sker dog, når gyldighedsområdet skrumper ind til ingenting som for phlogiston-teorien for varme, eller epicykleteorien for solsystemet. Men ingen kunne drømme om fuldstændig at for-

kaste den klassiske mekanik til fordel for relativitetsteorien eller kvantemekanikken.

Det billede, der bedst beskriver en fysikers virkelighedsopfattelse er derfor snarere en overlejring af let inkommensurable paradigmer end en entydig fokusering på det paradigme, der lige for tiden har æren af at være det "sande". Kun når fysikeren bliver presset, i diskussion eller eksperiment, flytter han sin opmærksomhed fra det paradigme, han mener beskriver fænomenets niveau bedst, til de mere omfattende paradigmer, der beskriver de dybere niveauer. Sandheden er vel derude, men for den pragmatiske fysiker er den, i modsætning til mange filosofers opfattelse, slet ikke entydig.

Det reduktionistiske princip

Forbindelsen mellem de forskellige overlejrrede beskrivelser skabes af forestillingen om *reduktionisme*. Formuleret skarpt i fysikkens sprog betyder dette princip, at *et lukket system er fuldstændig beskrevet ved en opregning af dets bestanddele og deres indbyrdes vekselvirkninger*. Åbne systemer falder ind under denne lov ved at betragte et større system, der indeholder systemets omgivelser. Vekselvirkningerne kan ikke udelades. Nok består makroskopisk stof af atomer, men uden forståelse af vekselvirkningerne mellem atomerne har vi ikke en chance for at beregne stoffets egenskaber. Med reduktionismen i hånden er det altid muligt at splitte et vækkeur ad og samle det igen, når man har forstået, hvorledes tandhjulene griber ind i hinanden. Anvendt på levende systemer, fortæller det os, at der ikke skal andet til end atomer, molekyler og deres vekselvirkninger for at forstå selve livets natur.

Om reduktionismens princip er rigtigt, er et spørgsmål, der kan efterprøves empirisk. Hvis det viser sig, at levende stof kun kan skabes ud fra dødt ved at "inficere" det med allerede levende stof, så kan reduktionismen forkastes. Ligeledes er det blevet foreslået, at formdannelse i naturen er underkastet

et styrende princip, som ikke udspringer af atomernes vekselvirkninger.

Men indtil dato, er der intet som tyder på, at reduktionismens princip ikke skulle være gyldigt. Selv quark-teorien er reduktionistisk på trods af, at de fundamentale partikler ikke kan skilles fra hinanden ved normale temperaturer (men dog i et kort tidsrum efter Big Bang). Reduktionismen som videnskabeligt princip har stået sin prøve gennem tre århundreder uden, at der efter min opfattelse er gået et eneste skår af den.

Reduktionismen tillader os at forstå naturen som et system af kinesiske æsker med strukturer inden i strukturer. Der er heller ikke idag antydning af, at der skulle findes en "bund" i æskerne, en sidste æske med universets ultimative bestanddele.

Hvis den ultimative struktur engang opdages, vil den fundamentale fysik have udspillet sin traditionelle rolle, og den vil formodentlig vende sig mod forståelsen af alle de beskrivelsesniveauer, der hviler på det ultimative niveau. Denne udvikling er allerede i gang, selv om det ultimative niveau stadig er, og nok også forbliver, ukendt. Komplekse systemers fysik, som netop har at gøre med modeller for de systemer og processer, der findes på højere beskrivelsesniveauer, tiltrækker i dag en større og større del af de unge fysikere.

"Omvendt reduktionisme"

Mens vi kan opløse ethvert system i bestanddele og vekselvirkninger, er det langt sværere at forudsige, hvilke helheder et sæt dele og deres vekselvirkninger kan føre til. Denne "omvendte reduktionisme" burde måske benævnes *konstruktivisme*, men ordet bruges desværre allerede til andre formål. Konstruktivisme (i min forstand) er nødvendigvis en *kreativ proces*, fordi vi formodentlig aldrig vil være i stand til at foretage en fuldstændig opregning af, hvad der er muligt på de beskrivelsesniveauer, der ligger over et givet niveau. Det er denne asymmetri, der gør

det svært at forudsige, hvad den million milliarder celler, som udgør et menneske, kan finde på, eller hvad de seks milliarder mennesker, som udgør jordens befolkning, kan bedrive.

En sådan asymmetri mellem modgående retninger bør ikke overraske os. Ligesom det er langt sværere at konstruere end at reducere, er det også langt sværere at sælge end at købe, at skrive end at læse, eller at rejse sig end at falde. Det hævdes ofte, at videnskaben aldrig kunne have forudsagt, at evolutionen ville føre frem til en ko. Det er selvfølgelig korrekt. Med palæontologen Stephen J. Goulds ord er der alt for mange indefrosne tilfældigheder i evolutionen til, at en sådan forudsigelse skulle være mulig. Men når koen nu engang er frembragt af naturen, kan vi "sagtens" splitte den ad og forstå, hvordan den virker. En ko er et muligt kollektivt resultat af atomernes vekselvirkninger. Kollektive egenskaber i systemer bestående af mange "agenter" er velkendte i fysikken og betegnes ofte som *emergente*. En hvirvel i vand kan - til forskel fra for eksempel vandets masse - ikke forstås som summen af vandmolekylernes individuelle hvirvler. Hvirvlen er en egenskab ved kollektivet af vandmolekyler og deres vekselvirkninger. Naturvidenskaben har i flere århundreder arbejdet hårdt på det reduktionistiske projekt og splittet alting ad, men der er grunde til at tro, at den i fremtiden vil koncentrere sig mere om den modsatte retning. En mere systematisk videnskabelig konstruktivisme muliggøres især af de store computere, der i dag tillader os at simulere de kvalificerede gæt, vi har på, hvilken form for organisation der kan findes på højere niveauer end de allerede kendte. Et af de varmeste emner i komplekse systemers fysik angår da også netværks evner til at selvorganisere, lige fra proteinerne biokemiske netværk, der er selve livets grundlag, og hjernens netværk af nerveceller, der er tankens grundlag, til de netværk af computere, som i dag ompænder kloden. ■



Med reduktionismen i hånden er det altid muligt at splitte et vækkeur ad og samle det igen, når man har forstået, hvorledes tandhjulene griber ind i hinanden. Anvendt på levende systemer - som f.eks. en ko - fortæller det os, at der ikke skal andet til end atomer, molekyler og deres vekselvirkninger til for at forstå selve livets natur.



Om forfatteren:
Benny Laurrup er teoretisk fysiker ved Niels Bohr Institutet Blegdamsvej 17 2100 København Tlf.: 3532-5358 E-post: laurrup@nbi.dk