

# Från reduktionism till emergens

## Robert B. Laughlin, *A Different Universe*

Nästan på tröskeln till tryckeriet hittar jag på nätet en ny väsentlig bok, ny också på det sättet att den publicerades för bara ett år sedan, i februari 2005. Det är *A Different Universe*.

*Reinventing Physics From the Bottom Down* av Nobelpristagaren i fysik 1998 Robert B Laughlin, professor vid Stanford University. Att återuppfinna fysiken och därmed få ett annorlunda universum, det visar sig betyda att lämna reduktionismen, som nu anses ha gett sitt, och i stället satsa på – emergens!

Jag beställde boken igår och får den först om en månad, men på nätet finns så mycket material, att det likväl går att presentera den. Särskilt tacksam är en introduktion av Stein Jarving, norsk ”ingeniør, fagbokforfatter, filosof, paganist og hagebruker”, där skribenten finner sina egna ord otillräckliga och i stället väljer att extensivt citera boken själv (<http://www.eutopia.no/DifferentUniverse.html>).

Citaten i fortsättningen härrör därifrån, när inget annat sägs. Laughlin fick Nobelpriset i fysik för en förklaring av ett fenomen som upptäckts av två forskare som samtidigt med honom fick priset. Fenomenet och förklaringen ligger inom den analytisk-reduktionistiska vetenskap, som belönas med Nobelpris, men pekar likväl bortom den. Vad det är fråga om är fall då elektroners laddning inte ändrar sig kontinuerligt utan stegvis, och Laughlins förklaring går ut på att ”elektrongasen” kondenserar till en ”kvantvätska”, där ”kvasipartiklar” kan uppstå ”som ett resultat av elektronernas gemensamma dans i kvantvätskan” (<http://nobelprize.org/physics/laureates/1998/press-sv.html>).

### Reduktionism och emergens

Den stegvisa förändringen och ’elektronernas dans’ pekar utöver den atomism, som reduktionismen mynnar ut i, och några år senare är Laughlin färdig att göra en helomvändning. Först i en uppsats från år 2000 tillsammans med David Pines med titeln ”The theory of everything”, som visar sig resultera i en högst professionell och övertygande demonstration av att ”the Theory of Everything is not even remotely a theory of every thing”. ”Triumfen för reduktionismen från grekerna är därför en pyrrhus-seger.” I förordet till boken konstaterar Laughlin, att det finns ”två motstridiga grundläggande impulser i människans medvetande – en att förenkla någonting till den yttersta grunden, den andra att se genom denna till dess vidare implikationer. [...] Att se vår förståelse av naturen som en matematisk

konstruktion har helt olika följder jämfört med att se den som en empirisk syntes. Det ena synsättet uppfattar oss som universums herrar; det andra ser universum som vår herre.”

Här skall jag klippa in ett stycke från en anmärkningsvärd recension av Laughlins bok i *Nature* (volym 434, april 2005, s 701 f) av Philip W Anderson också han Nobelpristagare i fysik. För det första konstaterar Anderson, att han själv hade tänkt skriva en bok som den recenserade, men han gjorde det inte och ”han kunde inte gärna ha skrivit en som passar så väl för dess målgrupp”. Och så kommer det:

*Bokens centrala tema är emergensens triumf över reduktionismen: att stora objekt sådana som vi själva är produkter av organisationsprinciper och kollektivt beteende, som inte på något meningsfullt sätt kan reduceras till beteendet hos våra elementära beståndsdelar. Stora objekt är ofta mer bestämda av dessa principer än det som principerna agerar på. Fysikens underliggande regler har inget sinne för tiden, ger oss ingen ledtråd vare sig till att mäta eller lokalisera oss själva i rummet, och ingen ledtråd till identitet – vi är alla [enligt dessa elementära regler] gjorda av ingenting annat än vågor i ett icke-existerande medium [...].*

I rubriken på en artikel i *Science* hade Anderson redan 1972 (s. 393) formulerat det kortaste slagordet för de nya insikterna: ”More is different”, mer är annorlunda. I artikeln konstaterar han bl a att ”förmågan att reducera allt till enkla fundamentala lagar innebär inte förmåga att starta med dessa lagar och rekonstruera universum”. För ”det hela blir inte bara mer än summan av delarna utan mycket olikt denna summa”. ”Relationen mellan systemet och dess delar är [därför] intellektuellt en enkelriktad gata”. ”Arrogansen hos partikelfysikern”, slutar han, ”ligger kanske bakom oss [...], men vi måste fortfarande tillfriskna från arrogansen hos vissa molekylärbiologer, som tycks beslutna att reducera allt hos den mänskliga organismen till ren kemi, från vanlig förkylning [...] till religiös instinkt.” Hur känner man inte här igen sig från en svensk molekylärbiolog!

### **Fysikens lagar**

”Fysiska lagar”, konstaterar Laughlin, ”kan i allmänhet inte förutses genom rent tänkande utan måste upptäckas experimentellt, därför att kontroll av naturen uppnås bara, när naturen tillåter detta genom en organisationsprincip.” Kvantmekaniken ”upptäcktes på 1920-talet av fysiker som sökte acceptans för de många sällsamma och högst uppseendeväckande experimentella fakta, som tycktes fundamentalt oförenliga med Newtons urverk [...]. Det är en vacker fallstudie av hur vetenskapen går framåt genom att göra teorier förenliga med fakta och inte tvärtom.”

Newtons lagar är alltså ”felaktiga på atomnivån.” Och de är inte alls fundamentala i meningen grundläggande för andra lagar utan ”en konsekvens av ansamling av kvantmaterial i

makroskopiska flöden och fasta kroppar”. Om Laughlin är kritisk mot vanlig fysik, är han totalt nergörande mot strängteorin. ”Det finns ingen experimentell bevisning för existensen av strängar i naturen, inte heller kan strängteorins speciella matematik göra det lättare att beräkna eller förutsäga beteenden som är kända från experiment.” Strängteorin ”har ingen praktisk användning, annat än för att upprätthålla myten om den yttersta teorin”. – Stort bättre går det inte för nanofysiken.

Fysikens alla lagar har alltså kollektivt ursprung, och tanken att naturen skulle kunna behäskas enbart genom matematik är en myt. ”Vårt herravälde över naturen är i stor utsträckning en bluff – bara tanke och ingen substans [*all hat and no cattle*]. *The frontier* är alltjämt med oss och alltjämt vild.” (Laughlin ser vetenskapen som det stora exemplet i dag på den amerikanska myten om *the frontier*, gränzonen mellan civilisation och vildmark.)

Man skulle kunna rubricera detta ”som slutet på reduktionismen [...], men det skulle inte vara helt riktigt. Alla fysiker är reduktionister i grund och botten, också jag. Jag vill inte bestrida reduktionismen så mycket som bestämma dess rätta plats i det stora hela.”

### **Emergensens tidsålder.**

”Emergens betyder att komplex organisationsstruktur växer fram ur enkla regler. [...]

Emergens betyder oförutsebarhet i den mening att små händelser kan förorsaka stora [...] förändringar i större. Emergens betyder den grundläggande omöjligheten av kontroll.”

”Övergången till emergensens tidsålder leder till slutet på myten om matematikens absoluta makt. Den myten är alltjämt befäst i vår kultur [...] uppmuntrar till sökande efter yttersta lagar som den enda vetenskapliga verksamhet som är värd att ägna sig åt, trots massiva och överväldigande experimentella vittnesbörd om att exakt det motsatta är fallet.” ”När vi går in i emergensens tidsålder, lär vi oss acceptera sunt förnuft, lämnar vi bakom oss vanan att trivialisera naturens organisatoriska under och acceptera att organisation är viktig i och av sig själv – i vissa fall t o m det allra viktigaste.”

”Vi lever inte vid forskningens slut utan vid slutet av reduktionismen, en tid i vilken den falska ideologin om människans behäskande av allt genom kunskaper om det mikroskopiska sopas bort av händelser och förnuft. Det är inte detsamma som att säga, att mikroskopiska lagar är felaktiga eller inte har någon mening utan bara att de i många fall görs irrelevanta genom sina barn och barnbarn, världens högre lagar för organisation.” Mer är annorlunda. ”Så slutar”, kommenterar Stein Jarving, ”denna sällsamma, provokativa och klargörande bok av en av vetenskapens stora andar i vår tid. Boken är ’a must’ för var och en som är intresserad av fysik.”

Laughlin och Anderson är bara två av de många röster som under de senaste decennierna hört av sig om en annan vetenskap. Men de är inte vilka röster som helst. Både Laughlin och Anderson har fått Nobelpriset i fysik, 1998 respektive 1977. Samma år, 1977, fick Ilya Prigogine Nobelpriset i kemi för sin teori om ”dissipativa strukturer”, d v s tanken att i öppna kemiska system långt från jämvikt kan uppstå ordnade system, som är stabila mot störningar. Därmed har han gjort mer än någon annan för att skapa förståelse för hur vår värld byggs upp.

Det börjar bli tätt med Nobelpris hos dem som förespråkar en annan vetenskap. Man kan jämföra med vad som hänt inom filosofin, med alla logiska positivisterna och analytiska filosofer som funnit stugan för trång och lämnat den för vidare och mer fruktbara perspektiv. Efter detta går det inte att avfärda det nya paradigmet som ovetenskapligt eller ohållbart.

Till sist hann jag ändå få Laughlins bok och kan sätta in sidhänvisningar till citaten, vilka visar sig vara väl valda och rättvisande. Och jag kan nu fortsätta läsningen. Förordet är faktiskt en rätt hård nöt att knäcka för den som kommer till det utan att ha läst resten av boken – en inte helt ovanlig komplikation. Den genomgående linjen är ett försvar för den konkreta enskildheten gentemot vetenskapens generaliseringar och abstraktioner. Laughlin berättar om hur han som barn mötte en farbror och tant i Yosemite nationalpark – ett av världens underverk – och konstaterar att de såg frukostbuffén på hotellet men nog inte ett enda vattenfall på nära håll, ”eftersom de hade sett vattenfall tidigare och förstod begreppet”. Själva är han fascinerad redan av vädret, för han menar att det har något att säga oss om mer komplicerade system, inklusive oss själva. Det relativt elementära hos vädret gör det möjligt att *bevisa* att en organisation kan överskrida delarna som det är gjort av och få mening och liv i sig själv. Att helheten är mer än summan av delarna är därför inte bara en abstrakt tanke utan ett fysiskt fenomen. ”Om ett enkelt fysiskt fenomen alltså kan bli effektivt oberoende av de mer fundamentala lagar, som det härrör från, så kan vi det också. Jag är kol, men jag behöver inte ha varit det. Jag har en mening som överskrider atomerna som jag är gjord av.”

Och så konstaterar Laughlin att det väsentliga i detta budskap artikuleras i Ilya Prigogines omfattande författarskap. Och därmed har jag själv så gått hela varvet runt – det var hos Prigogine jag började 1985 och här återfinner jag honom som läromästare till en fysiker av Nobelpris-klass – viktigt nog, eftersom just fysiker ofta har häcklat honom. Loppet är liksom fullbordat och saken klar. Till Prigogines skrifter läggs sedan den tidigare nämnda essän av P W Anderson ”More is different”. Dessa båda ser alltså Laughlin som sin föregångare. Finalen på förordet lyder:

*Den värld som vi verkligen lever i, i motsats till den moderna vetenskapliga mytologins*

*glada idealisering, är fylld med underbara och betydande ting som vi ännu inte har sett, därför att vi inte sett efter [...]. Vetenskapens stora styrka är dess förmåga att genom brutal objektivitet uppenbara sanningar för oss, som vi inte förutsåg. I detta fortsätter den att vara ovärderlig och en av de största av människans skapelser. (xvi)*

I slutet av kapitlet "Principles of Life" gör Laughlin en distinktion mellan tre synsätt, som motsvarar vad jag kommit fram till i kapitlet om Skylla och Charybdis härnedan. Vetenskapens tjurskalliga avvisande av emergens är ett symptom på dess böjelse för reduktionism och rättfärdigas som ett försvar mot mysticism. Det *vetenskapliga synsättet är att livet är kemiska reaktioner och att det djärva och modiga att göra är att identifiera och manipulera dem med enorma mängder pengar och superdatorer. Det motsvarande mystiska synsättet är att livet är något vackert obegripligt, som bara kan snedvridas av människor med alla deras pengar och datorer. Mellan dessa ytterligheter har vi den djupt betydelsefulla men dåligt förstådda tanken att det obegripliga i livet i själva verket kan vara ett fysiskt fenomen. [...] Obegriplighet är något vi ser hela tiden i det icke-levandes värld, och det är inte mystiskt alls. Andra, mer primitiva system, som uppvisar det, har undgått datorlösningar intill nu, och några av oss förtröstar på att de alltid kommer att göra det. [Här är vi alltså nära Wolframs datorövningar i kapitlet om honom nedan.] (173)*

Som exempel tar Laughlin den stora uttorkningskatastrofen i Mellanvästern på 1930-talet. Redan på 1800-talet hade John Wesley Powell insett att en sådan skulle kunna komma, men ingen trodde på honom, utan lagar stiftades som möjliggjorde en extensiv uppodling.

Slutsatsen blir, konstaterar Laughlin, att det inte fungerar att utfärda lagar *som stadgar att fysiska saker inte existerar, när de i själva verket gör det. "Det rätta sättet att ha att göra med skrämmande, farliga ting är att förstå dem grundligt och handskas med dem öppet."*

Men är det inte fel att se på livet på ett så mekaniskt sätt? Jovisst, om man har *ett överdrivet mekaniskt sätt att förstå 'mekaniskt'. Fysiska lagar är underbara och häpnadsväckande skapelser – vida mer imponerande än deras berömda konkurrent, den mänskliga hjärnan. Den största vanvördnad jag kan tänka mig visa deras Skapare är att låtsas att de är mindre kompetenta än de är eller att de inte existerar. Dessutom råkar jag tycka om maskiner och är ganska glad för att vara i deras sällskap. Jag föredrar att bli klassificerad samman med dem än med en massa människor jag känner. (174 f)*

Laughlin är som synes kompromisslös i försvaret av den konkreta verkligheten mot vetenskapens glada abstraktioner. Dock tycks det mig som om ett citat från Eric Hoffer, som han satt som motto för kapitlet, går för långt, när det talar om natur och djur och växter som "självgjorda maskiner". Åtminstone i min uppfattning kan maskiner, i motsats till djur och

växter, *inte* göra sig själva utan är gjorda av människan.

Ironiskt nog, skriver han i slutkapitlet ”The Emergent Age”, har reduktionismens själva succé bidragit till dess tillbakagång. Noggrant studium av mikroskopiska delar har visat att *åtminstone på den mest elementära nivån är kollektiva organisationsprinciper inte bara en kuriös sidoföreställning utan allt – den verkliga källan till fysiska lagar [...]. [Vi kan] förklara sökandet efter den enda, yttersta sanningen för avslutad – men på samma gång för att ha misslyckats, eftersom naturen nu visar sig vara ett enormt torn av sanningar, var och en nedstigande från sin förälder och sedan överskridande denna förälder, när mätskalan höjs. Som Columbus och Marco Polo gav vi oss ut för att utforska ett nytt land men upptäckte i stället en ny värld.*” (208)

När jag nu fått tillfälle att närmare begrunda Laughlins bok, ledde det till något av en uppenbarelse. Boken bygger på två huvudtankar. Å ena sidan kvantmekaniken. Som få har Laughlin trängt in i den och sett att den leder till en ny världsbild och en ny fysik. ”Att återuppfinna fysiken från botten och neråt”, nämligen från botten av den gamla fysiken ner i kvantvärlden. Men där vänder så att säga gången i undersökningen – och det är den andra huvudtanken. Laughlin ser att vetenskapens vanliga sätt att tänka fungerar dåligt på kvantnivå. Ju längre ner vi försöker tränga, desto mer tenderar ”partiklar” att upplösas eller övergå i problematiska enheter: som kvarkar och strängar. Analysen och reduktionen har nått vägs ände.

I stället kommer Laughlin att fokusera på hur från denna dimmiga värld vår egen mer stadigvarande värld *byggs upp*. I centrum kommer *organisationsprinciper*, de principer som gör det stora undret möjligt. Nyckelbegrepp blir *emergens* – rörelsen uppåt från nivå till nivå – och *självorganisation* – konstitueringen av de nya formerna, fenomenen, organismerna. ”Vad vi ser är en världsbildens förvandling, där målet att förstå naturen genom att bryta ner den i allt mindre delar ersätts av målet att förstå hur naturen organiserar sig själv.” (76) ”Några av dessa principer är kända, men den stora majoriteten är det inte.” (xiv) Vi får alltså en fysik som återvänder till vår egen värld. ”Om vi i stället för att spana efter ultimata teorier betraktar världen av emergenta egenskaper – sådana som hårdheten och formen på en kristall, som framgått ur organisationen av ett stort antal atomer – är plötsligt de djupaste mysterierna lika nära som en iskub eller ett saltkorn.” (Omslagsfliken till Laughlins bok) Det är här skiljelinjen går mellan den moderna vetenskapen från 1600-talet och den vetenskap som nu kan ta vid.

Så blir beståndsdelar mindre viktiga än organisationsprinciper, fastän de senare varken går att se eller ta på (något betänkligt, naturligtvis, för den som måste återföra allt på

sinnesintryck). Det finns en beundransvärd förteckning över världens beståndsdelar, nämligen grundämnenas periodiska system. Och bortom dessa ligger de atomer och elementarpartiklar, varav grundämnena består. Men hur främmande är inte allt detta för den värld, där vi själva lever! Och här är jag plötsligt tillbaka på 1950-talet, när jag satt och skrev doktorsavhandling om landskap och natur i *Gösta Berlings saga* och *Nils Holgersson*. Hur skulle jag lägga upp den? Efter det geografiska stoffet? Då kom uppenbarelsen: nej, efter relationerna mellan människa och natur, händelser och landskap. Efter 50 år visar det sig nu vara en upptäckt av generell betydelse. Det är organisationsprinciper, inte beståndsdelar, som konstituerar världar, både fiktiva och reella.