

*Vårt matematiska universum: Mitt sökande efter den yttersta verkligheten*

Max Tegmark. Översättning: Pär Svensson

Volante, 2014. 506 s. ISBN 978-91-87419-27-0

Max Tegmark är fysiker, född 1967 i Sverige och numera anställd vid MIT i Cambridge, Massachusetts. Han har gjort flera uppmärksammade och uppskattade insatser i fysik, men till skillnad från de flesta fysiker ägnar han sig även åt stora och djupa problem som ligger på – eller till och med bortom – gränsen till filosofi. För detta har han fått kritik av andra fysiker. Speciellt har han fått kritik för den här ”bokens bärande idé” (s. 312), nämligen att ”vår fysikaliska värld inte bara kan *beskrivas* med matematikens hjälp, utan att den faktiskt är matematik, närmare bestämt en matematisk struktur” (s. 15) eller ”ett väldigt matematiskt objekt” (s. 312). Denna tanke låter ju väldigt uppseendeväckande och Tegmark har också varnats av kollegor för att den kan ”äventyra hans framtid” som fysiker. (Den kan också påminna lite om den postmoderna tesen att verkligheten endast är språklig.)

Boken har tre delar. Men en viss förenkling kan man säga att den första handlar om kosmologi, den andra om kvantmekanik och den tredje om filosofi. De första två delarna är personligt och elegant presenterade, medryckande och mycket lärorika. För det allra mesta är de också begripliga – eller åtminstone tror man att man begriper. Den filosofiska tredjedelen, som också innehåller vissa inslag av naturvetenskap, är också intressant men mindre övertygande. Det är framför allt här Tegmark argumenterar för att verkligheten är matematisk.

Jag ska här huvudsakligen ägna mig åt de filosofiska inslagen i boken. Även om man kan ha en del kritiska synpunkter på dem, så tycker jag att Tegmark förtjänar beröm, snarare än kritik, för att han till skillnad från andra fysiker även tar upp filosofiska frågor. I en facktidskrift skulle det kanske inte vara så lämpligt, men här är det ju fråga om en populärvetenskaplig bok. Och att det finns samband mellan fysik och metafysik är ju rätt naturligt, bägge har ju att göra med hur verkligheten är beskaffad.

Bokens första kapitel har just rubriken ”Vad är verkligheten?” Det kan inte sägas vara en rent fysikalisk fråga; ”verkligheten” är inte ett fysikaliskt begrepp som t.ex. ”neutron”, ”massa” eller ”gravitation”. Tegmark besvarar den inte heller genom att hänvisa till några fysikaliska experiment, utan genom att helt enkelt definiera verkligheten som ”den yttersta beskaffenheten hos den yttre fysikaliska värld som vi är en del av” (s. 17–18).

Här undrar man: varför bara ”den *yttre* beskaffenheten” (vad nu det betyder)? Och varför bara den ”*yttre*” fysikaliska världen? Och varför

bara den ”fysikaliska” världen? Varför inte hellre helt enkelt säga att ”verkligheten” är ”den värld vi är en del av”? Det får man inte veta.

Vidare innehåller enligt Tegmark ”den värld vi är en del av” inte bara vårt vanliga universum – dvs. ”den del av den fysiska verkligheten som vi i princip kan observera” – utan dessutom flera ”parallella” universum. Närmare bestämt finns det parallella universum på fyra olika nivåer. På nivå I finns det andra universum, med samma fysikaliska lagar som vårt, men bortom vår kosmologiska horisont, så att ljuset därifrån ännu inte har hunnit nå oss. På nivå II finns det andra universum, med delvis andra fysikaliska egenskaper, som är ”evigt onåbara på grund av att rymden mellan oss och dem tänjs ut av den kosmologiska inflationen” (s. 402). På nivå III finns kvantfysikens många världar – enligt flervärlds-tolkningen av kvantfysiken – och på nivå IV finns olika ”matematiska strukturer” (s. 403).

Om allt detta existerar, så tillhör det den fysikaliska verkligheten, helt enkelt därför att ”fysikalisk verklighet” enligt Tegmark definieras som ”allt som existerar” (s. 156). Om matematiska objekt som t.ex. mängder och tal existerar, så ingår de alltså i den fysikaliska verkligheten. Men det betyder att den fysikaliska verkligheten åtminstone delvis är abstrakt, dvs. varken har position, rörelsemängd eller massa. Och då kan det kanske finnas utrymme för den ovanliga uppfattningen att verkligheten är matematik. Men Tegmarks argument för detta inte särskilt övertygande.

#### VERKLIGHETEN ÄR MATEMATIK

På ett ställe säger Tegmark: ”I de två första delarna av boken har vi sett att vår fysikaliska värld kan beskrivas förbluffande väl med matematiska ekvationer, vilket ger hopp om att vi en dag ska finna ekvationer som [...] ger en heltäckande beskrivning av vår yttre verklighet på samtliga nivåer” (s. 301). Det kan låta underligt, men ”vår fysikaliska värld” är tydligen inte detsamma som (det som på s. 156 kallades) ”den fysikaliska verkligheten”, utan syftar nog här bara på den ”yttre verklighet” som han ”anser skulle existera även om vi människor inte funnes” (se s. 303). Vår fysikaliska värld inkluderar inte det han kallar vår ”konsensusverklighet”, som är ”de makroskopiska objektens tredimensionella positioner och rörelser, liksom andra vardagliga verklighetsattribut som vi har en gemensam beskrivning av i termer av den klassiska fysikens välbekanta teorier” (s. 301).

Han säger också att ”fysikens uppgift är att härleda konsensusverkligheten ur den yttre verkligheten” (s. 303). Även detta kan låta lite konstigt, men det betyder antagligen att fysiken ska hitta matematiska ekvationer som förklarar de observationer, i t.ex. experimentsituationer, som kompetenta bedömare kan vara överens om. (Men då krävs väl också lite mer, nämligen någon sorts regler eller antaganden som översätter från mate-

matiskt språk till observationsspråk?) Och hur som helst är detta knappast tillräckligt för att härleda t.ex. beskrivningar av historiska händelser och processer, som andra världskriget eller det senaste riksdagsvalet eller den berömda diskussionen om kvantmekanik mellan Einstein och Bohr. Sådant ska kanske inte räknas till "konsensusverkligheten", men historien inträffar väl ändå i någon sorts yttre verklighet? Eller menar Tegmark att historien – inklusive fysikhistorien – endast existerar i vissa personers "inre verklighet"?

Nej, vad han menar är nog att en så kallad "teori om allt", som förklarar gravitation och kvantmekanik, endast får innehålla matematiska begrepp. Den får inte innehålla något "människt bagage", som han uttrycker det (s. 322ff). Männligt bagage finns däremot i konsensusverkligheten.

Han påstår, gång på gång, att "om man anser att det finns en yttre verklighet oberoende av oss människor, måste man också hålla för sant att vår fysikaliska verklighet är en matematisk struktur" (s. 329). Men varför måste man det?

Hans argument ser ut så här. Det finns en yttre fysikalisk verklighet som är oberoende av oss människor. Men en "fullständig" (?) beskrivning av denna verklighet måste då vara begriplig för andra än människor, t.ex. utomjordingar eller superdatorer, och då får den inte innehålla termer i mänskliga språk ("männligt bagage") som t.ex. "partikel", "observation", osv. *Därför* måste beskrivningen vara "rent matematisk" (se s. 322–26). Och vidare, "om några matematiska ekvationer helt beskriver vår yttre fysikaliska verklighet och en matematisk struktur så är vår yttre fysikaliska verklighet och den matematiska strukturen ett och samma" (s. 353). Med andra ord: "yttre verklighets-hypotesen, som säger att det existerar en yttre fysikalisk verklighet som är helt oberoende av oss människor, implicerar matematiskt universum-hypotesen, som säger att vår yttre verklighet är en matematisk struktur" (s. 441).

Detta argument är ju inte särskilt övertygande. De flesta av oss tror väl att det finns en yttre verklighet oberoende av oss människor. (Man kan dock undra vad som är "oberoende". Himlakropparna är väl det. Kanske också superdatorer, om de har konstruerats av utomjordingar, men knappast om de har konstruerats av människor.) Men det verkar helt omöjligt att vi skulle kunna åstadkomma en beskrivning av något utan att använda ett språk – och de språk vi då kan använda är mänskliga språk med "männligt bagage" (eller möjligen omänskliga språk som kan översättas till mänskliga språk). Hit räknas även vårt matematiska språk. De arabiska siffror och andra, ofta grekiska, symboler vi där använder är nog inte mer begripliga för utomjordingar än t.ex. ord som "partikel" och "massa". Einsteins ekvationer har (oberoende av om de är "oberoende"

av Einstein) formulerats på språk som konstruerats av människor. Vilket inte hindrar att vi tror att det som gör att de är sanna – om de nu skulle vara sanna – är något som är oberoende av oss, nämligen vissa förhållanden i den fysikaliska verkligheten. Men utgör dessa förhållanden en ”matematisk struktur”?

#### VERKLIGHETEN SOM EN MATEMATISK STRUKTUR

Det är tyvärr rätt oklart vad Tegmark menar med ”en matematisk struktur” – trots att han ägnar flera sidor åt att förklara det och trots att han hänvisar till det som ”ett standardbegrepp inom den moderna matematiska logiken” (s. 333), vilket antyder att han helt enkelt syftar på strukturer i mängdteoretisk mening.

Men till att börja med tror jag att man här måste skilja mellan å ena sidan mängdteoretiska strukturer i allmänhet och å andra sidan mängdteoretiska strukturer som enbart innehåller matematiska entiteter och matematiska relationer. En struktur i mängdteoretisk mening är helt enkelt en mängd entiteter i kombination med en uppsättning relationer (som råder mellan vissa av dessa entiteter). Att den fysikaliska verkligheten kan identifieras med en matematisk struktur i denna första mening är kanske inte så konstigt. Det stämmer nog med den vanliga uppfattningen bland folk i allmänhet – även om det förstås kan vara svårt eller kanske omöjligt att identifiera precis *vilken* struktur det är fråga om. Precis *vilka* entiteter och *vilka* relationer finns det i den fysikaliska verkligheten? Redan detta är en fråga som kan göra vem som helst vimmelkantig. Men att den fysikaliska verkligheten dessutom skulle vara en struktur i den andra meningen, dvs. en struktur med enbart *matematiska* ingredienser, låter väldigt konstigt – och det är troligen just detta som Tegmarks kritiker inte vill gå med på.

Vad säger då Tegmark själv om vad en ”matematisk struktur” är? Han säger att den är ”en uppsättning abstrakta entiteter som står i relation till varandra” (s. 328) eller ”en samling abstrakta entiteter som det finns relationer mellan” (s. 334). Detta passar in på mängdteoretiska strukturer. Och att entiteterna ska vara ”abstrakta” tyder på att det är fråga om matematiska strukturer i den andra av de två betydelser jag angett ovan. Detta är emellertid svårt att förena med vissa andra påståenden han gör, t.ex. att de naturliga talen är en struktur (s. 339) eller att en matematisk struktur är ”en ekvivalensklass av beskrivningar” (s. 411). Visserligen är tal abstrakta entiteter och även beskrivningar kan kanske ses som abstrakta entiteter, men beskrivningar är knappast oberoende av oss. Och visserligen står både de naturliga talen och ekvivalenta beskrivningar ”i relation till varandra”, men så länge man inte anger exakt vilka relationer som avses, så är det ju inte heller klart vilken struktur man syftar på. I

bägge fallen finns det obestämt många – och troligen oändligt många – relationer som råder mellan entiteterna. För att identifiera en mängdteoretisk struktur måste man identifiera både entiteter och relationer.

Hur som helst, han säger, rätt kryptiskt, att ”två beskrivningar av matematiska strukturer är ekvivalenta om de motsvarar varandra på ett sätt som bevarar alla relationer” (s. 338). Och, lite tydligare, att ”om det föreligger en isomorfism mellan en matematisk struktur och en annan struktur (en överensstämmelse ett till ett mellan de två som bevarar relationerna) är de ett och samma” (s. 353). Varje struktur är förstås isomorf med sig själv, men Tegmark tycks alltså anse att isomorfa strukturer dessutom är *identiska*, vilket är något helt annat. Det förutsätter en ovanlig uppfattning om vad en struktur är.

Om en *matematisk* struktur (där entiteterna och relationerna är matematiska) är isomorf med en *fysikalisk* struktur (där entiteterna och relationerna är fysikaliska) – vilket verkar fullt möjligt – så är strukturerna ändå *inte* identiska, eftersom de består av olika saker (matematiska i ena fallet och fysikaliska i det andra). Isomorfin består i att entiteterna och relationerna i de bägge strukturerna kan paras ihop på ett sådant sätt att en relation råder mellan entiteterna i den ena strukturen om och endast om motsvarande relation råder mellan motsvarande entiteter i den andra strukturen. Tegmark ger ingen förklaring till sin avvikande uppfattning.

Kanske föresvävar det honom att isomorfa strukturer måste ha något gemensamt och att det är detta ”något”, som är en matematisk struktur i hans mening? Det är ju riktigt att isomorfa strukturer har något gemensamt, men detta något är inte en struktur (i mängdteoretisk mening), utan snarare en *mängd* av (isomorfa) strukturer. Det strukturerna har gemensamt är att de alla är element i denna mängd. Det vill säga, att de är isomorfa.

Som jag redan nämnt är ”bokens bärande idé” (s. 312) att ”vår fysikaliska värld inte bara kan *beskrivas* med matematikens hjälp, utan att den faktiskt är matematik, närmare bestämt en matematisk struktur” (s. 15). Jag kan alltså inte finna att denna ”bärande idé” är fullt begriplig, och inte heller att Tegmark har gett något bra argument för den. Den har också en del egendomliga konsekvenser. Exempelvis anser Tegmark, i enlighet med kvantmekaniken, att en subatomär partikel kan befinna sig på två platser samtidigt. Han uppfattar sådana partiklar som *matematiska* (och därmed abstrakta) objekt, som fullständigt kan beskrivas av sina kvanttal (s. 211). Men hur kan ett matematiskt objekt över huvud taget befinna sig på en plats?

En lite lustig sak med tanken att världen är en matematisk struktur, i den andra av de två tolkningar jag nämnt, är att den tycks eliminera det gamla problemet om hur världen har skapats eller uppstått. Som Teg-

mark själv säger: ”Man kan inte *skapa* en matematisk struktur, den finns bara till” (s. 404). Så någon skapelse av världen kan det inte ha varit fråga om. Simalabim!

Men frågan om *varför* världen existerar finns på sätt och vis kvar. Alla matematiska strukturer existerar i Platons idévärld (åtminstone om de är konsistenta). Men varför existerar just *vår* världs matematiska struktur även i fysikalisk mening? På detta har Tegmark ett svar, nämligen att *alla* matematiska strukturer – eller åtminstone de som är beräkningsbara eller ändliga (se s. 416–17) – existerar i fysikalisk mening, ty ”matematisk existens och fysikalisk existens är samma sak” (s. 402). Det är detta som leder till multiversum IV. Något bra argument för detta har jag dock inte kunnat hitta, trots att Tegmark har ett helt avsnitt som heter ”Varför jag tror på multiversum IV”. På s. 402 hänvisar han till en ”plötslig insikt”. Det hade varit bättre om han hade hänvisat till något som multiversum IV kan förklara, helst något vi kan observera.

#### VERKLIGHETENS STRUKTUR

Man kan för övrigt undra om verkligheten verkligen har – eller är – *en* struktur? Om begreppet struktur uppfattas på vanligt sätt, så kan man urskilja många olika strukturer i verkligheten. Det skulle Tegmark nog hålla med om – han har ju själv gett flera exempel – men hur förhåller sig dessa strukturer till den särskilda struktur som enligt Tegmark är detsamma som verkligheten, den som är ”den yttersta beskaffenheten” hos världen? Några är kanske substrukturer, men många är ju inte matematiska, i den meningen att de bara innehåller matematiska entiteter och relationer, och då kan de inte heller vara substrukturer till en matematisk struktur.

Jag tror att verklighetens struktur för Tegmark är, eller beskrivs av, en eller flera matematiska ekvationer, som binder ihop gravitation och kvantfysik, det han också kallar ”ekvationerna för en sammanhållen teori om allt” (s. 318). Anta att fysikerna till sist hittar dessa ekvationer. De är förstås matematiska. Men är den fysikaliska verklighet de beskriver också matematisk? Det är det Tegmark tycks mena. Men hur jag än letar i boken kan jag inte finna något bra argument för det.

Och även om fysikerna om några år kommer fram till en ”teori om allt” som kan bekräftas empiriskt, så kan man inte *identifera* den (eller motsvarande struktur) med verkligheten. Ty det skulle innebära att fysiken då skulle ha blivit *slutgiltig*, på ett sätt som fysikaliska teorier aldrig tidigare under historien har varit. Man kan nog aldrig utesluta att nya problem dyker upp, som kräver nya och bättre teorier.

## EVIG INFLATION

Vi är nog många som har undrat hur Big Bang uppstod – om vi nu tror att den alls inträffade. Numera anses det att den var resultatet av en oerhört snabb expansion (inflation) av en egendomlig substans, som sattes igång av kvantfluktuationer (s. 144) och som enligt Einsteins gravitationsteori kan växa från subatomär skala till att bli mycket större än vårt observerbara universum under bråkdelen av en sekund (s. 133). Big Bang uppstår när den ursprungliga substansen delvis sönderfaller till vanlig materia. Vi som undrade över Big Bang undrar förstås också varifrån denna substans kom, men inflationshypotesen tycks i alla fall förklara flera observationer som annars är svårförklarliga. Detta visar Tegmark mycket pedagogiskt (s. 140–44).

Inflationen ger inte bara upphov till en Big Bang och vårt multiversum I. Eftersom inflationssubstansen hela tiden expanderar, samtidigt som den endast delvis sönderfaller till vanlig materia, så kommer vid varje nytt sönderfall en ny Big Bang och därmed får vi ett multiversum II (s. 146).

Men om rymden är oändlig och likformigt fylld av materia, vilket förutsågs av inflationshypotesen, så innehåller den inte bara många andra universum, utan faktiskt *oändligt* många (s. 163). Nästan alla inflationsmodeller ger upphov till evig inflation, säger Tegmark (s. 147). Även ”om vi bor i en ändlig rymd formad som en hypersfär finns det åtminstone hundra parallella universum på nivå I”, men att rymden är ändlig ”motsägs starkt av observationer som gjorts på senare år” (s. 166). Och i multiversum II finns i sin tur oändligt många multiversum av typ I (se s. 172). Det är svårt att förstå. Inflationen pågår kanske fortfarande, men den har väl ännu inte pågått oändligt länge, så hur kan den då *redan* ha hunnit producera oändligt många oändligt innehållsrika multiversum? Den eviga inflationen gör visserligen att ”allt som kan hända faktiskt händer” (s. 194), men av detta följer väl inte att allt redan har hänt.

## MULTIVERSUM OCH JAGET

Men ännu konstigare låter kanske idén att varje människa finns i oändligt många olika universum (se s. 159); ”det existerar både flera universum och flera du” (s. 433). Tegmark säger att enligt ”den enklaste och mest populära kosmologiska modellen”, så existerar det ett annat exemplar av mig, en person vars liv är identiskt med mitt åtminstone upp till nu, i en annan galax i ett annat universum oerhört långt härifrån (s. 155) – och om ”nu” är mitt dödsögonblick, så blir ju hela våra liv identiska. Men kan verkligen oändligt många ”identiska” personer leva i olika universum? Strider inte det mot Leibniz princip att om X är identisk med Y, så finns det *ingen* skillnad mellan X och Y? Att leva i olika världar innebär ju en skillnad.

Detta diskuterar inte Tegmark, men man kunde kanske tänka sig en

teori om jaget som gör det hela konsistent. Analogt med det förhållandet att jag finns vid många olika tidpunkter i vår rumtid, så kunde jag finnas i olika universum. Liksom mitt jag är utspritt över många olika tidpunkter, så kunde det vara utspritt över många olika universum. Skillnaden skulle vara att jag är medveten om att jag finns vid många tidpunkter, medan jag är omedveten om att jag (samtidigt?) finns i många universum. Den skillnaden ska man kanske bara vara tacksam för.

Man finns ju dessutom i många olika *versioner* i olika universum. I vissa gör man si, i andra gör man så. I vissa drabbas man av det ena, i andra av det andra. Tegmark säger att han *hoppades* att förlossningen av hans son i maj 1999 skulle gå bra, trots att han visste att den skulle gå både bra och dåligt, i olika universum III (s. 242). Han fick alltså uppleva bägge varianterna, utan att märka det. Men det är mycket man inte märker. Tegmark nämner att Hugh Everett påpekade att man ju inte heller känner att man snurrar runt solen med en hastighet av 30 km i sekunden (s. 242). Man märker inte heller att man mest består av tomrum.

Man kan förstås fråga sig varför vi uppfattar oss själva som lokaliserade i *ett* universum, trots att vi finns i oändligt många. Tegmark gissar att förklaringen är att ”det gynnar oss” (s. 375). Det är ett lovande uppslag, som skulle behöva utarbetas. Men man kan nog anta att det vore odrägligt att vara medveten om att man finns i oändligt många olika universum. Oerhört förvirrande. Det är säkert mycket bättre att omedvetet ha oändligt många medvetandeinnehåll, ett i varje universum där man existerar – analogt till att man har ett medvetandeinnehåll vid varje tidpunkt ett universum. (Har vi också olika kroppar i olika universum? Det är en smaksak, som beror på hur vi definierar ”kropp”. Det vi vanligen menar är väl att en mänsklig kropp bara finns i ett universum, men vi kunde ju också säga att en människas verkliga kropp består av alla de kroppar, i olika universum, som innehåller något av hennes medvetandeinnehåll.)

Kanske måste man också veta mer om vårt medvetande innan man riktigt kan förstå varför vi uppfattar vår existens på ett visst sätt. Och medvetandet vet vi inte mycket om. Men Tegmark ”utgår från påståendet att vår oförmåga att förstå medvetandet inte står i vägen för en full förståelse av den yttre fysikaliska verkligheten” (s. 23). Det kan betvivlas. Om man har en ”full förståelse” av den yttre fysikaliska verkligheten, så inkluderar väl detta också en förståelse av hur denna ger upphov till eller orsakar (och påverkas av) medvetandet.

En intressant konsekvens – som Tegmark inte nämner – av den eviga inflationen och av att man finns i många olika universum (i kombination med min tolkning av detta) tycks vara att man aldrig slutgiltigt dör. När man dör i ett universum finns man ju fortfarande kvar i flera andra, möjligen i evighet, eller åtminstone utan slut, och utan att vara medveten om



att man har dött. Denna form av odödlighet är också tilltalande på så sätt att den inte tycks innebära någon risk för att man ska bli uttråkad eller obehagligt gammal i biologisk mening. Frågan om inflationens existens verkar alltså vara direkt livsviktig!

Tegmark diskuterar på ett ställe något liknande, en ”kvantodödlighet”, som dock tycks medföra att man hela tiden blir äldre och äldre, och som också förutsätter ett oändligt delbart kontinuum i naturen, vilket han inte tror på (se s. 275–78). Så för honom finns ett problem om att lokalisera sig själv på multiversumnivå I, att avgöra vilken av ens kopior som har ens egna subjektiva förnimmelser (s. 285). För min tolkning tycks detta problem försvinna.

#### FYSIKENS KRIS

När man väl har vant sig vid tanken på evig inflation och många parallella världar, så känns den rätt trevlig. Men efter närmare fyrahundra sidor i boken får man veta att det också finns allvarliga problem med detta. Speciellt tycks just antagandet om oändlighet leda till att alla inflationsteorins förutsägelser kullkastas på grund av det s.k. måttproblemet. Vilket ger upphov till vad Tegmark anser vara ”den största krisen för fysiken idag” (s. 395), och som ”väcker frågan om fysiken verkligen kan förutsäga något över huvud taget” (s. 399).

Måttproblemet har att göra med ”vad en typisk observatör bör förvänta sig att mäta” eller vilken metod – vilket ”mått” – man ska använda för att beräkna sannolikheter när oändligheter är inblandade (s. 394). Inflationsteorin förutsäger enligt Tegmark oändligt många observatörer (s. 395) och han tror att måttproblemet bottnar i antaganden om just oändlighet, dels ”att rymden kan ha en oändlig volym” och dels ”att det finns kvantiteter i naturen som kan variera kontinuerligt” (s. 397).

För en oinitierad läsare verkar det naturligt att invända att även om inflationen är ”evig” i den meningen att den inte har något slut, så följer inte att den redan är oändligt stor eller att den redan innehåller oändligt många observatörer (se ovan). Och som Tegmark själv påpekar har det ”spekulerats mycket om huruvida vårt eget universum också uppvisar någon form av diskret indelning av rumtiden på så låg nivå att vi ännu inte har upptäckt den” (s. 407).

Man kan till och med undra om det inte just är idén om att verkligheten är matematisk som leder till problemet: att det i *matematiken* finns aktuella oändligheter är ju allmänt godtagat, t.ex. oändligt många primtal eller oändligt många reella tal mellan 0 och 1, men att det i den fysikaliska verkligheten skulle finnas aktuella oändligheter är mer tvivelaktigt. Att antalet punkter i en matematisk/geometrisk modell av rumtiden är oändligt är en sak, men att det skulle finnas oändligt små och oändligt

stora avstånd i den fysikaliska verkligheten låter väldigt ointuitivt, för att inte säga obegripligt.

#### VETENSKAPLIGHET

Tegmark säger att ”den kunskapsteoretiska gränsen mellan fysik och metafysik går mellan det man kan och det man inte kan pröva i experiment” (s. 158). Det är nog en vanlig uppfattning. Men gränsen är knappast skarp. Hur är det med allt det som enligt Tegmark själv är ”kontroversiellt” i boken? Kan det ”prövas i experiment”? Eller är det metafysik?

Är de mer uppseendeväckande teorierna i Tegmarks bok ”vetenskapliga”? Exempelvis multiversum II, III och IV. Enligt Tegmark är detta inga teorier, utan förutsägelser (s. 197), men detta är nog mest en fråga om ord, ty sådana ”förutsägelser” borde i sin tur också kunna vara empiriskt prövbara.

Men om de har vissa falsifierbara konsekvenser, så kan de dessutom ha konsekvenser som är icke-falsifierbara. Strävan efter en enkel teori kan medföra att även icke-falsifierbara konsekvenser – t.ex. antaganden om oändlighet – slinker med; att eliminera dem i en alternativ formulering kan vara svårt och dessutom göra teorin mer komplicerad. Låt X vara en falsifierbar teori. Då är även X & Y falsifierbar, för vilket metafysiskt Y som helst. Men Y kan ändå sägas bidra till teorins empiriska innehåll, ty om E är en empirisk konsekvens av X, så är implikationen  $Y \rightarrow E$ , som saknar empiriskt innehåll, något som tillsammans med Y har empiriskt innehåll. Och i en komplicerad teori kan det vara svårt att skilja det falsifierbara (X) från det irrelevanta och metafysiska (Y).

Man kan undra om matematiskt universum-hypotesen är falsifierbar. Det anser Tegmark. Han säger: ”Om någon till exempel visade på ett övertygande sätt att naturlagarna har en inbyggd fundamental slumpmässighet (i motsats till deterministisk observatörkloning som bara *känns* slumpmässig subjektivt) skulle detta kullkasta matematiskt universum-hypotesen” (s. 446), ty ”det finns inget slumpmässigt i en matematisk struktur” (s. 426). Men om det skulle vara *omöjligt* att visa att naturlagarna har en inneboende slumpmässighet, så vore det fortfarande möjligt att matematiskt universum-hypotesen *inte* är falsifierbar och att den därmed är ovetenskaplig.

#### FRAMTIDEN OCH LIVETS MENING

I bokens sista kapitel reflekterar Tegmark över universums och den mänskliga civilisationens framtid. Både elegant och förnuftigt. Han har till och med ett avsnitt om livets mening. Vårt universum ger ingen mening åt livet, men livet ger däremot mening åt universum, anser han (s. 490). Han presenterar också en kalkyl som visar att sannolikheten för

att det skulle finnas intelligent liv på någon annan plats i vårt universum är "rätt liten" (s. 495–96).

Med tanke på att "det finns parallella universum där alla möjliga fysikaliska utfall uppträder", så ställer han också den närliggande frågan om varför vi alls ska bry oss om hur det går i vårt eget universum (s. 491). Det är en bra fråga, men hans svar är ganska lamt. Han tycker att "det känns logiskt" att "värna om civilisationen, planeten och det universum de hör till" – och att det är lika logiskt att bry sig mindre om andra universum, eftersom våra beslut inte kan ha någon inverkan på dem (s. 491).

Man kan undra hur det går ihop. Om vår fysikaliska verklighet är en oföränderlig matematisk struktur kan väl våra beslut inte ha någon inverkan på något alls. Men dessutom finns vi ju inte bara i ett universum, utan enligt Tegmark i oändligt många. Alla dessa är "vårt" universum (åtminstone med min tolkning av jagets natur). Vi fattar vissa beslut i vissa universum och andra beslut i andra. Vi fattar väl alla tänkbara beslut, och hur gör man då för att "bry sig om" något? Ja, i bästa fall bryr man väl sig om sitt multiversum.

LARS BERGSTRÖM