

Det er ikke nemt at finde ud af hvilken rejserute, der er kortest, hvis man skal igennem en række byer. For bare syv byer er antallet af ruter lig $7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 5040$. For 67 byer ville hele universets regnekraft ikke række til at tjekke dem alle sammen.

Hvis et NP-komplet problem kan vises at være af typen P, så betyder det, at held alligevel kan undværes i matematikken, og at den eneste hindring for, at vi mennesker kan løse verdens værste matematiske gåder, er vores inferiøre intellekt.

Men det omvendte spørgsmål er lige så interessant: findes der NP-komplette problemer, som garanteret ikke er af typen P? I så tilfælde ville de filosofiske implikationer være mindst lige så betydningsfulde. Så ville vi endelig vide, at selvom der findes simple løsninger til svære gåder, kan de end ikke principielt findes ad rationel vej. Vi kan kun håbe på heldet. Fremtidens matematiske vil ikke længere være nødvendighed, men kompleksitet og tilfældighed, og troen på den grænseløse erkendelse vil gå tabt endnu engang. Men foreløbig er der ingen, som har bevist hverken det ene eller det andet, for selvom der findes et utal af NP-komplette problemer, har man ikke fundet nogen effektiv løsningsformel for et eneste af dem.

Universet som laptop

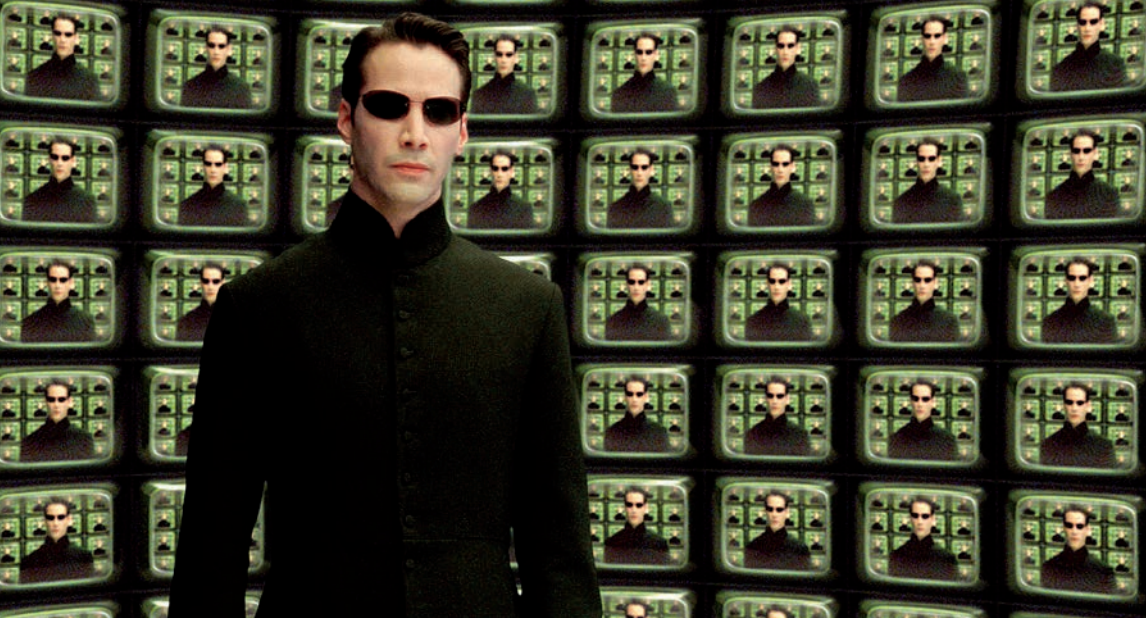
Man kan forsøge at komme med et estimat af, hvad man i det hele taget kan regne på, hvis hele universets masse og energi blev brugt til kun det formål. Vi kan med andre ord forestille os, at vi prøver at finde den optimale processorhastighed af hele universet. Til at starte med må vi kende massen af universet. Ifølge Big Bang-teoriens beregninger, som også medregner den del af universet, som ikke kan ses, er den totale masse af universet $6 \cdot 10^{52}$ kg. Massen kan så omregnes til universets totale energi via Einsteins formel $E = mc^2$. Men da vi er interesseret i antallet af bits, som universet kan be-

regne pr. sekund, må vi tage højde for kvanteeffekter, som kan ødelægge informationen. Derfor må man bruge Heisenbergs usikkerhedsrelation, der angiver en nedre grænse for produktion af en stabil bit pr. energi- og tidsenhed (hvilket er Plancks konstant h). Hokusfokus bliver det maksimale antal bits pr. sekund for universet til ca. 10^{100} . Et ettal med hundrede nuller, præcis dér, hvor moderne lommeregnere holder op med at fungere (tallet kaldes også en gogol, hvorfra navnet Google er taget).

Det var oprindeligt den tyske matematiker Hans-Joachim Bremermann (1926-96), som lavede den slags ad hoc beregninger i 1965. Hvis man forestillede sig, at hele jordklodens masse siden dens dannelse for 3,8 milliarder år siden var blevet brugt til at regne med, ville den ikke have nået mere end 10^{93} operationer, hvilket kaldes for Bremermanns grænse. Alle problemer, som kræver mere end 10^{93} regnetrin, er derfor "transberegnelige". De er hinsides klodens formåen. Det morsomme er, at der findes masser af praktiske problemer i dagligdagen, som kræver flere regnetrin end dette. For eksempel er testning af alle kombinationer på en integreret strømkreds med 308 input og et output langt mere omfattende, ligesom det er tilfældet med beregning af den optimale rute for ovennævnte handelsrejsende, når han skal igennem blot 67 byer.

Eksisterende computere er selvfølgelig langt under Bremermanns grænse, fordi de endnu ikke er designet til at udnytte atomare kvantetilstande for informationslagring og informationsoverførsel. Desuden er de begrænset af termodynamiske varmemprocesser. Men overslagsberegningen af universets regnekapacitet kan alligevel bruges til en række interessante konceptuelle og filosofiske overvejelser. F.eks. fortæller den, at universet ikke kan prædetermineres af nogen instans i universet selv, fordi der ikke kan være noget *i universet*, som kan beregne universet. Universet er måske deterministisk i den forstand, at fysikkens love sætter grænser for, hvordan materien udfolder sig i rum og tid, men der er ikke nogen mulighed for at opnå et forhåndskendskab til konsekvenserne af udfoldningen. Med andre ord: determinisme er ikke ensbetydende med forudsigelighed – en pointe, der vil blive behandlet yderligere om lidt, i forbindelse med selvorganiserende systemer, kaos og den ikke-lineære dynamik.

Nyere tids erfaringer med problemløsning, bevisførelse af teoremer, mønstergenkendelse, proteinfoldning, neurale netværk osv. peger alle i den samme retning: det er svære problemer. Der findes ikke nogen nem



I science fiction-filmen *The Matrix – Reloaded* taler helten Neo med “Arkitekten”; den mand, som har bygget hele denne verdensomspændende simulation, der bliver kaldt The Matrix. Arkitektens eneste irritation er, at han ikke kan forudse konsekvenserne af menneskers frie viljer og valg. Og det er derfor, at der altid er nogle få mennesker, der vælger at bo i den underjordiske by Zion, der repræsenterer virkeligheden, som den i virkeligheden er. Men som vi har set, kan Arkitekten faktisk ikke engang forudse resultatet af en trafikprop, endsiges en organismes udvikling og vej. Det er emergente egenskaber, komplekse strukturer, der opstår irreducibelt og derfor i detaljen uforudsigeligt. Det eneste, Arkitekten ville kunne gøre, er at manipulere med blændværk og udøve magt. Den perfekte Matrix er kun verden selv.
© WV Films III LLC. All Rights Reserved.

løsning, når naturvidenskaben bevæger sig uden for de snævert definerede opgaver og ind i komplekse sammenhænge, hvor mange elementer påvirker udfaldet. Frygten fra begyndelsen af 1900-tallet, hvor man troede, at den kolde, rationelle naturvidenskab ville blotlægge alle rester af naturens og menneskets adfærd, har derfor vist sig at være ubegrundet. Det ubeskriveligt enorme antal af muligheder i udfaldsrummet for atomare og molekyllære tilstande kan nemlig ikke løses ved ren regnekraft. Det samme gælder for genetiske, emotionelle, psykologiske, sociale, organisatoriske, politiske og historiske tilstande. Hvis vi vil øge vores erkendelse om verden og om os selv, må vi derfor fortsat gribe til kvalitative smutveje, til sindrige ideer og fornuftens brogede effektivitet, sådan som man ikke kun kender dem fra de store naturvidenskabelige forskere, der får geniale ideer, men også fra humanvidenskaberne. Computeren vil være til stor hjælp, ingen tvivl om det, men når det kommer til de principielle spørgsmål, vil computeren blive ved med at være lige så langsom, som den er nu.