

forstå dannelsen af geologiske formationer og spredning af epidemier. De kan således ses som et generelt mønsterdannende princip, hvor man kan tale om emergens, en tilsynkomst af egenskaber, der netop ikke lå i det foreliggende stof fra starten. Alan Turing sagde selv, at han ligesom Darwin ønskede at "overvinde design-argumentet", med hvilket Thomas Aquinas (1225-74) havde ment at kunne bevise, at der lå en intelligent bevidsthed bag livets form og virke (s. 66). Turings arbejde med Turingstrukturer og de mange efterfølgende modeller for ikke-lineære systemer, dissipative strukturer og autokatalytiske netværk har grundigt udhulet designargumenterne i idehistorien og gjort udviklingsbiologien og kompleksitetsforskningen til veletablerede videnskabelige discipliner, hvor et utal af computermodeller og laboratorieeksperimenter lader mønsterdannelse og selvorganisering finde sted.

Teorier om spil, spas og samarbejde

Mod midten af 1900-tallet begyndte biologer at opdage, at der fandtes endnu et hidtil overset, men meget vigtigt element i udviklingen af den biologiske mangfoldighed, et element, som umiddelbart forekom at være i modstrid med den dominerende forståelse af darwinismen, der fokuserede på konkurrence og de stærkes overlevelse. Dette element var Kooperation. Det vil sige et gensidigt samarbejde, hvor to arter drager fordel af hinanden, ofte i så høj grad, at der udvikles en form for symbiose mellem dem. Det viste sig, at naturen svælger i symbiose og samarbejde, både inden for en art og arterne imellem. Fisk får gratis rengøring af små rejer, der spiser parasitterne på deres hud. Sønemoner giver havdyr et sikkert tilholdssted til gengæld for føde. Med nektar og pollen lokker blomster insekter til, for at planterne kan bestøves. De fleste planter er også afhængige af svampe, der lever af deres rødder, men til gengæld giver dem mineraler og næringsstoffer. Græssende pattedyr ville ikke kunne fordøje deres føde uden bakterier i deres maver. Også mennesker viser sig at være symbiotiske væsner. Bakterier lever i vores hud og i vores indre organer og påtager sig mange gavnlige opgaver: de holder farlige mikrober ude, hjælper med fordøjelsen og producerer vitaminer. Den teoretiske biolog Lynn Margulis (f. 1938) fremsatte i 1967 den teori, at menneskets mitokondrier, og i øvrigt også alle andre eukaryotiske (dvs. kerneindeholdende) cellers mitokondrier, oprindeligt var nogle frit levende bakterier, som på et eller andet tidspunkt i evolutionshistorien gik i symbiose med andre cel-

ler via en arbejdsdeling: mens mitokondrierne forbrændte organisk materiale ved hjælp af ilt, kunne de andre celler producere og fremskaffe føden.

Men hvordan kan det være, at individer, som burde kæmpe mod hinanden for at øge deres chance for overlevelse, indgår i komplicerede samarbejder og symbiose, lader sig udnytte af andre og endda engagerer sig åbenlyst i almenvellet? Igen viste det sig, at matematikken kunne hjælpe i form af den såkaldte matematiske spilteori. Kort fortalt vurderer spilteorien, hvilken strategi en aktør i konkurrence med andre aktører bør benytte for at opnå det bedst mulige resultat. I modsætning til traditionelle evolutionære (og økonomiske) teorier fokuserer spilteorien således på, at den enkelte aktørs optimale strategi i høj grad også er afhængig af de andre aktørers strategier.

Spilteorien blev formelt formuleret for første gang af John von Neumann (1903-57) og Oskar Morgenstern (1902-77) i 1944. I løbet af 1950'erne var det især John Nash (f. 1928), der videreudviklede teorien. Allerede i 1970'erne var den blevet et af de vigtigste redskaber i matematisk analyse, og i løbet af 1980'erne og 90'erne udvidede dens anvendelsesområder sig til en lang række andre discipliner såsom økonomi, biologi – især i forhold til evolution, økologi, antropologi, psykologi og politisk videnskab. Også samfundstænkning i bredere forstand har set muligheder i spilteorien. Allerede i 1651 stillede den engelske filosof Thomas Hobbes (1588-1679) sig selv det åbenlyst spil-teoretiske spørgsmål: “Hvordan kan egoister opnå fred og fremgang?” Eftersom to egoister aldrig kan stole på hinanden, var det tydeligt for Hobbes, at det måtte ende grueligt galt. For egoister, der kun var ansvarlige for sig selv, kunne livet kun være alles kamp mod alle. Men Hobbes så en udvej. Hvis man kunne frembringe en situation, hvor handlinger, der var til skade for andre, var forbundet med sanktioner, kunne man få selv egoister til at opføre sig pænt. Løsningen for Hobbes var oplagt: alle egoister skulle overgive deres frihed til en magtfuld stat. Selvom man kan sige mangt og meget om Hobbes løsningside, sådan som han formulerede den i *Leviathan*, er analysens matematiske kerne spilteoretisk, eftersom den understreger, at den enkeltes optimale strategi afhænger af andre individers strategier.

Praktisk spilteori har dog eksisteret i lang tid før Hobbes. Omkring 500 år f.v.t. havde jøderne i Babylon f.eks. faste regler for, hvordan ægtemænds formue skulle fordeles blandt deres koner i tilfælde af mandens død. Havde en mand efterladt tre koner, og stod der i ægteskabskontrakten, at hans formue skulle deles i forholdet 1:2:3, så foreskrev det religiøse skrift *Talmud*, at

disse proportioner skulle overholdes så præcist som muligt. Ejede han kun 100 penge-enheder, foreslog Talmud dog, at pengene skulle fordeles ligeligt blandt dem alle tre. Men ejede han 200, skulle pengene fordeles efter den mærkelige formel 50, 75 og 75, altså som en lige deling mellem de to sidste koner, mens den første fik en smule mindre. Denne forskrift har forbløffet Talmud-eksperter i over 2000 år. Men i 1985 opdagede nogle matematikere, at Talmuds forskrifter og love forudså resultaterne af den moderne spilteori, idet hver enkelt forskrift minimerer den maksimale dominans af en hvilken som helst koalition blandt konerne.

En underliggende præmis for den matematiske spilteori er altså, at agenter, spillere eller personer, der skal vælge mellem flere handlinger, skal opføre sig rationelt i forhold til et givent sæt af omstændigheder og præferencer. Problemet er dog, at mennesker ikke altid er rationelle. Et andet problem er, at rationalitet i snæver forstand

kan resultere i ganske grusomme konsekvenser. I Hobbes' almægtige stat er resultatet af rationelle argumenter tyranni. Man må derfor være påpasselig med at an-

Frontispice fra Thomas Hobbes' *Leviathan* (1651). Leviathan er den enevældige hersker, hvis symboliske krop udgøres af hele folket. Hobbes' bog er et forsøg på at løse det spilteoretiske dilemma om, hvordan mennesker, der grundlæggende er som "ulv mod ulv" mod hinanden, nogensinde kan leve fredeligt sammen.



vende spilteori i f.eks. politik. Også i spørgsmål omkring miljø, sundhed, risikovurdering og ledelse er spilteori problematisk. Rationel miljøpolitik kunne jo betyde, at man i stedet for at passe på grundvandet blot opstillede flere kemiske rensningsanlæg. Rationelt, billigt, og så kan man svine lystigt videre.

Som man kan se, er mange sociale og individuelle valg betinget af værdier, som ikke kan prissættes i klassisk rationel forstand. Disse såkaldte “eksternaliteter” kan spilteori ikke umiddelbart sige noget fornuftigt om. Men der findes en lang række områder, hvor spilteorien har vist sig at være særdeles anvendelig og meningsgivende. I situationer, hvor man vitterligt kan tale om rationelle agenter, eller hvor det handler om agents “blinde søgning” igennem nogle evolutionære tilpasningsprocesser, har spilteorien fremvist forbavsende resultater. F.eks. formulerede William D. Hamilton (1936-2000) i 1960’erne en evolutionær spilteori, som kunne forklare, hvorfor ellers “selviske” gener i mange tilfælde også engagerer sig i samarbejde, hvis det fremmer deres egen overlevelse. Fænomenet blev kaldt kin-selektion eller “inkludiv fitness” og har at gøre med noget så simpelt som at sprede sine gener mest effektivt. En organismes gener eksisterer nemlig ikke kun i organismen selv, de eksisterer også i dens tvillinger, søskende, fætre og kusiner og så fremdeles ned ad slægtstavlen. At hjælpe sin familie giver således god mening ud fra et genetisk perspektiv. Desuden viste spilteoretikeren Robert Axelrod (f. 1943) i begyndelsen af 1980’erne, at en direkte og vedvarende vekselvirkning mellem to eller flere ellers uafhængige individer sagtens kan medføre et stabilt og tillidsfuldt samarbejde i det lange løb. Og hvis samarbejde virkelig er så fremherskende og fornuftigt, spekulerede Axelrod, er det muligvis blevet indbygget i mennesket som instinkt. En teori om konflikt kan altså også udlægges som en teori om samarbejde.

Den amerikanske biolog Robert Trivers (f. 1943) var også en vigtig skikkelse i den slags anvendelser af den evolutionære spilteori på sociale arters adfærd. Hans teori om den “omvendte altruisme”, der bedst kan karakteriseres som en slags handelsaftale mellem to eller flere parter, kunne give en lang række plausible forklaringer på, hvordan samarbejde kan opstå og manifestere sig i en gruppe af total-egoister. I en verden, hvor der findes utallige venner og fjender, er det vigtigt at danne strategiske alliancer. Den omvendte altruisme viste sig derfor at være en endnu mere sofistikeret variant af kin-selektionen, fordi den var afhængig af vores evne til at forudse og påvirke andres handlinger. Jo mere social fleksibel og vidtskuende et individ

er, jo bedre kan det snyde og modgå snyd fra andre. Og desuden: da den bedste løgn er den, som man selv tror på, har Trivers foreslået, at den naturlige udvælgelse har “designet” den menneskelige hjerne til effektivt at kunne bedrage sig selv.

❖ Fangedilemmaet

To mennesker er mistænkt for et indbrud. De placeres af politiet i to forskellige celler, hvor de ikke kan tale med hinanden. Politiet har ikke nok beviser til at overbevise dommeren om deres skyld og tilbyder derfor hver af dem en handel: hvis du tilstår og vidner mod den anden, kan du gå fri, mens den anden får en lang straf, hvis han vel at mærke intet siger. Hvis ingen af dem tilstår, vil de begge få en mildere straf, og hvis de begge tilstår, vil de få en lang straf, men ikke så lang som i det første tilfælde.

Fangedilemmaet illustrerer kernen i problemet med samarbejde. Lad os gå væk fra fængselsammenhængen og oversætte det til et simpelt spil. Det handler om at få så mange point som muligt:

	<i>Samarbejde</i>	<i>Modarbejde</i>
<i>Samarbejde</i>	3	0
<i>Modarbejde</i>	5	1

Hvis jeg samarbejder, kan du få 3 point, hvis du også samarbejder, men 5 point hvis du ikke samarbejder. Hvis jeg modarbejder, kan du få 0 point, hvis du samarbejder, men 1 point hvis du også modarbejder. Derfor, ligegyldigt hvad jeg gør, er det bedre for dig ikke at samarbejde. Den mest “rationelle” – dvs. den mest sikre strategi – er ikke at samarbejde. Hvis jeg analyserer situationen på samme måde, som du gør, vil vi begge lade være med at samarbejde og begge få 1 point, selvom vi begge potentielt kunne have fået 3 point, hvis vi havde samarbejdet.

Rationel handling fører til et dårligt resultat. Det er dilemmaet.

I det gentagede fangedilemma, hvor det samme spil gentages uendeligt mange gange, ser tingene anderledes ud. Nu kan man udvikle strategier, alt efter hvad den anden gjorde tidligere. I den situation viser det sig, at samarbejde til at starte med opstår som tit for tat (TFT) – det er en strategi, der starter med at samarbejde, men derefter gør mod modstanderen, hvad vedkommende selv gjorde i forrige træk. Den berømte spilteoretiker Robert Axelrod inviterede folk i 1978 til at sende ham forskellige strategier, som så kunne konkurrere mod hinanden på computeren. Tit for tat vandt i flere omgange.

Men TFT har en akilleshæl: den reagerer alt for kompromisløst på fejl. I en realistisk verden vil spil altid indeholde utilsigtede fejl, uheld og misforståelser. I en sådan situation vil TFT langsomt tabe til en generøs udgave af TFT, kaldet GTFT, som har en lille sandsynlighed for samarbejde, selvom modstanderen i forrige træk ikke samarbejdede. Men også GTFT vil langsomt tabe til “win-stay, lose-shift”-strategien (WSLS), som er den ultimative opportunist: “Hvis jeg sidste gang fik mange point, enten tre eller fem point, vil jeg fortsætte sådan. Hvis jeg derimod fik få point, enten nul eller et point, vil jeg prøve noget nyt.” Både GTFT og WSLS kan lave fejl, men kan til gengæld også tilgive (og udnytte) den andens fejl, og de er derfor i det lange løb mere succesrige end alle andre strategier.