

9 Det evolutionære verdenssyn

Intellektuelle fremskridt sker sjældent ved, at én part i en faglig konflikt får ret, og den anden får uret. Som regel sker de ved en gradvis opløsning af selve konflikten, ved at man mister interessen for kombattanterne og spørgsmålene, der begynder at virke støvede og ligegyldige. En virkelig ny ide er nemlig ikke bare en abstrakt logisk kategori, som man kan tilskrive en større sandhedsværdi end den forrige. Den er et helt nyt perspektiv, der efterlader de gamle spørgsmål irrelevante og afslører dem som forkeret stillede eller som behæftede med fordomme og vaner. Det evolutionære verdensbillede, der udvikledes i kølvandet på Darwins (1809-82) publicering af *Arternes oprindelse* i 1859, resulterede i nok den hidtil største opløsning af samtidens vaner og forestillinger. Bogens første oplag var udsolgt på førstedagen, og de kontroverser, der fulgte, eksisterer stadig den dag i dag.

Der var to centrale ideer i Darwins bog, som hver for sig skabte omfattende teoretiske forgreninger. Den ene var ideen om, at alle levende organismer er et produkt af en biologisk evolution, altså af en historisk proces, hvor organismer nedarver egenskaber fra fælles forfædre, og hvor modificerede varianter kan opstå. Denne ide om, at evolution var en naturlig proces på linje med diffusion og tyngdekraft, var ny for mange. Godt nok var tidligere varianter af evolutionstanken allerede blevet formuleret af bl.a. franskmannen

Georges Buffon (1707-88), der i 1779 foreslog, at Jorden kunne være så meget som 168.000 år gammel, og især af Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), hvis ide om, at erhvervede egenskaber kan nedarves til den næste generation,

◀ Siden Darwin har biologer lært meget om, hvordan levende organismer fungerer og udvikler sig. Det har ført til mange nye erkendelser om menneskets oprindelse og evolution og gjort vores forståelse af biologien meget mere kompleks. Her ses resultatet af nogle transponer, også kaldet jumping genes, der kan få majs til at se broget ud · Alamy Images.

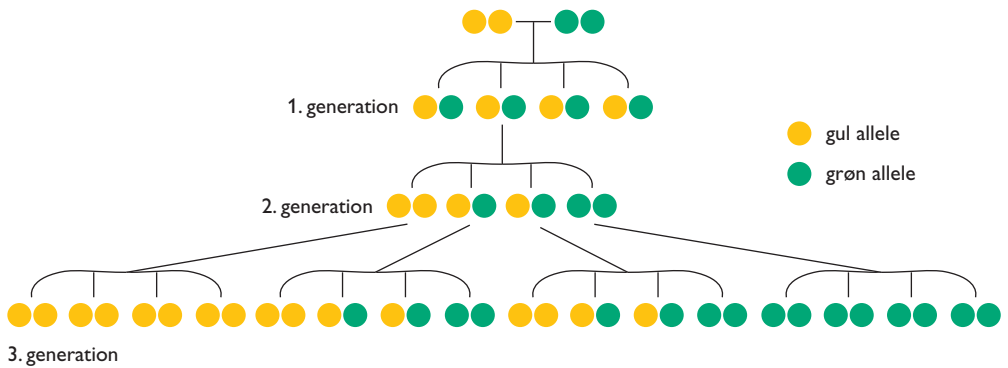
var et populært samtaleemne blandt naturalisterne i midten af 1800-tallet – men den store opmærksomhed omkring Darwins teori var en udfordring for mange, idet den øjensynligt ikke opererede med et “formål” – hverken i form af Guds vilje eller aristoteliske finale årsager – og derfor var krænkende for den tusinde år gamle tradition om at tænke verden som et statisk og formålsbestemt sted.

Darwins anden ide var, at mekanismen bag evolutionen er den naturlige udvælgelse. For at en art kan overleve i det lange løb, bliver de individuelt nedarvede træk i den delmængde af populationen, der er bedst tilpasset til den historiske situation, automatisk – dvs. “naturligt” – udvalgt. På denne måde udvikler populationer sig, og nye arter kan opstå. Denne naturlige udvælgelse var Darwins virkelig originale ide, fordi han hverken kendte til gener, kromosomer eller DNA og derfor heller ikke kunne påvise en detaljeret mekanisme for processen. Darwin troede selv på en variant af lamarckismen (s. 185), som han kaldte for “pangenese”, og de faktorer, der skulle videreføre den arvelige information, kaldte han for pangener. Først efter at August Weismann (1834-1914) i 1883 havde foreslået, at kønsceller kan videregive deres arvemateriale til kropsceller, men ikke omvendt, og først efter at biologerne havde genopdaget Gregor Mendels (1822-84) ærteeksperimenter i år 1900, begyndte man at kalde arvemateriale for “gener”, og man lærte langsomt at tage afsked med den simple lamarckisme.

Men vejen fra Darwins første formuleringer af den naturlige udvælgelse til nutidens meget komplekse forståelse af evolutionen har været fyldt med idehistoriske kampe og nybrud. Dette kapitel vil derfor opridsede de vigtigste stadier i denne proces, startende med nogle af de mange naturalistiske og forsimplende fejlslutninger, som darwinismen førte med sig, over de afklaringer og afgrænsninger den moderne syntese definerede, og frem til de mange nye videnskabsgrene, der har bidraget til den evolutionære teori med væsentlige teoretiske nybrud i form af molekylærbiologi, dynamiske systemer, samarbejde, palæobiologi og evolutionær psykologi.

Det eugeniske program

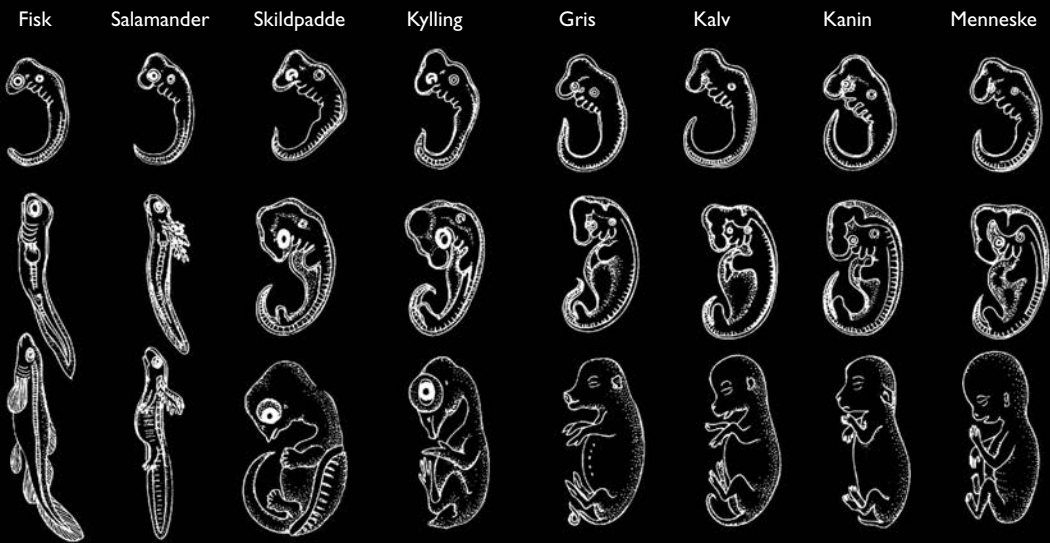
Slutningen af 1800-tallet og første halvdel af 1900-tallet var kendetegnet ved store ideologiske tilpasningsvanskeligheder over for Darwins ideer. Gennem flere årtusinder havde Europa været styret af politiske systemer,



som opdelte mennesker ved hjælp af hudfarve, social arv og religion. Darwins teori og hans afsløring af menneskets nære slægtskab med visse pattedyr blotlagde, hvor arbitrære og “videnskabelige” disse opdelinger var. Og da det var de videnskabelige triumfers tid, blev der derfor brugt mange kræfter på at finde nye “videnskabelige” argumenter for opdelingernes beståen.

Mellem 1870 og 1920 var troen på en såkaldt ontogenetisk rekapitulation f.eks. det vigtigste “videnskabelige” argument for racetænkningen. Det var ikke noget, Darwin havde fundet på, men var et forsøg på at koble den gammeldags racelære med den “moderne” darwinisme. Rekapitulationsteorien, der i 1866 var blevet fremsat af den tyske zoolog Ernst Haeckel (1834-1919), antager fejlagtigt, at embryoer gennemgår evolutionens tidligere stadier, sådan at hver baby i maven stiger op igennem evolutionstræet endnu engang og populært sagt udvikler sig fra fisk til menneske. Følgelig mente en af teoriens senere tilhængere, amerikaneren Daniel G. Brinton (1837-99), at det voksne menneske, der har bibeholdt de børne-lignende egenskaber, står lavere end et voksent menneske, som har “udviklet sig væk fra dem”. “Målt med disse kriterier,” skrev Brinton, “står den hvide europæer på toppen af listen, hvorimod den sorte afrikaner står ved dens fod.” Mange valgte at abonnere på teorien, fordi de kunne lave socialpolitik med den, enten som Haeckel, Darwins mest kendte talerør, der brugte teorien til at angribe adelens krav på specielle fortrin, eller som Rudyard Kipling (1865-1936), der brugte den til at retfærdiggøre den engelske imperialisme, eller som Richard Wagner (1813-83) og

Den tjekkiske biolog og præst Gregor Mendel opdagede via sine ærteforsøg i løbet af 1860'erne, at når man krydser grønne og gule ærter, vil den første generation af afkom altid have gule frø, mens de følgende generationer i snit har et 3:1-forhold af gule og grønne frø. Derudfra sluttede Mendel, at arvelige træk kan være knyttet til kombinationen af to gen-varianter, kaldet alleler, hvor den ene er dominant og den anden recessiv. I figuren vil ærter, bestående af gul/gul og gul/grøn derfor altid være gule, og kun grøn/grøn være grønne. Så selvom den dominante form bestemmer farven, kan den recessive nedarves uændret.

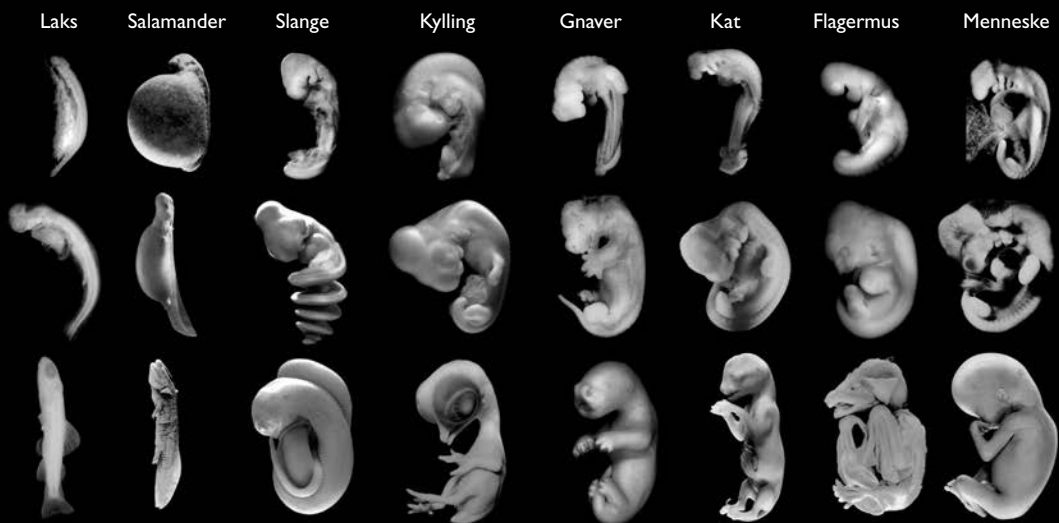


I 1866 brugte Ernst Haeckel tegninger af embryos udviklingsstadier til at argumentere for rekapitulationsteorien (denne side). I 1998 fotograferede en gruppe af forskere Haeckels embryos (modstående side), som viste betydelige forskelle fra tegningerne. Haeckel mente bl.a. at menneskefostret gennemgår et stadium med gællespalter. Det viste sig ved nærmere eftersyn ikke at være tilfældet. Der var i stedet tale om begyndelsesstadiet til den såkaldte pharynx, overgangen mellem mund og hals, hvor igennem både mad og luft skal passere. M. Richardson og R. O'Rahilly.

Houston Stewart Chamberlain (1855-1927), der brugte den til at argumentere for den ariske races overlegenhed i forhold til især jøderne.

Men da rekapitulationsteorien mistede sit videnskabelige grundlag på grund af mere præcise anatomiske studier og genopdagelsen af Mendels arbejde, betød det ikke, at de racistiske argumenter blev forladt. Tværtimod blev raceteorierne tilpasset de nyeste fortolkninger af darwinismen. En af de vigtigste nye fortolkninger blev kaldt "Neoteni-teorien". Den blev første gang formuleret af

den hollandske anatom Louis Bolk (1866-1930) i 1926 og argumenterede ret beset stik modsat rekapitulationsteorien. Neoteni-teorien påstod, at mennesker i stigende grad bibeholder deres embryoniske træk, således at de voksne træk langsomt forsvinder i løbet af menneskets historie, og at vi i stigende grad kommer til at ligne børn. Som bevis for teoriens gyldighed brugte Bolk menneskets storetå som eksempel: ligesom abebørn – men til forskel fra voksne aber – bibeholder den sin parallelle orientering i forhold til de andre tæer. Bolk viste også, at mennesker har en relativ stor kranie størrelse i forhold til voksne aber; relativt små kæbepartier, relativ hårløshed osv. – alt sammen mere barnlige træk. Hvor rekapitulationsteorien argumenterede for, at de ældre og mere udviklede træk havde en højere evolutionær



værdi, mente Bolk modsat, at det var positivt, at det var kommer til at ligne vores børn mere og mere. Til sidst kunne Bolk derfor helt medmenneskeligt konkludere, at “det er muligt for alle andre racer at nå til toppen af denne udvikling, som nu er besat af den hvide race.” Teorier forgår, men racetænkningen består.

Som det fremgår, bliver naturvidenskabelige data meget ofte tolket i henhold til en bestemt ideologi. Argumenterne er måske ikke helt logiske, men de virker. Eksemplerne var, og er stadig, talrige: positiv eugenik, racelære, frenologi, kranologi, pop-ethologi, kriminalistisk antropologi, IQ-tests osv. Denne historiske udviklings absolutte nulpunkt findes i Hitlertyskland under Anden Verdenskrig. Wannsee-konferencen i 1942 skulle afgøre “Die Endlösung der Judenfrage”, og resultatet blev det systematiske mord på millioner af jøder. Kernen i Wannsee-protokollens racehygiejniske argument var ordene “naturlig selektion”. For Hitler var drab på 6 millioner jøder nemlig ikke nok. Hvis nogle tyskere havde for meget jødisk blod i sig fra deres forfædre, skulle de også sendes i gaskamre. Wannsee-protokollen gennemgår minutiøst, hvad man skal gøre med disse “Mischlinge”, dvs. personer af blandet herkomst: halv-jøder ansås som jøder, kvart-jøder som tyskere. Halv-jøder kunne dog undgå døden, hvis de giftede sig med en tysker og fik børn, hvorefter de skulle steriliseres. Hvis de ikke havde fået børn, skulle de dø. Kvart-jøderne kunne også dræbes, hvis de 1) var gift med andre kvarte eller halve blandinger, 2) så alt for jødiske ud, 3) havde en

Übersichtstafel, betreffend die Zulässigkeit der Eheschließungen zwischen Ariern und Nichtariern.					
R.Bu.G. = Reichsbürgergesetz. G.Sch.d.Bi. = Gesetz zum Schutze des deutschen Blutes und der deutschen Ehre A.V.O. = Ausführungsverordnung.					
	bedeutet: Staatsangehöriger deutscher oder arischer Abstammung		von 2 jüdischen Großeltern abstammender jüdischer Mischung		
	von 1 jüdischen Großeltern abstammender jüdischer Mischung (1/2 i.V.O. R.Bu.G.)		von 3 oder 4 jüdischen Großeltern abstammender Jode (1/4 d. i.V.O. R.Bu.G.)		
Nr.	Blutsverhältnis Ehepartner	Zulässigkeit der Ehe	Nr.	Blutsverhältnis Ehepartner	Zulässigkeit der Ehe
Gruppe I:			Gruppe II:		
1		zulässig	9		nur bei Nr. 3
2		zulässig	10		nur bei Nr. 1
3		a) zulässig mit beschränkter Generationenzahl, § 3 AVO G.Sch.d.Bi.	11		zulässig (in AVO G.Sch.d.Bi. nicht erörtert)
		b) verboten in den Sondergesetzen d. Bi. d. 15 (1) d. i.V.O. R.Bu.G.	12		zulässig aber der jüdischen Mischung nach Juden n. § 2 (1) d. i.V.O. R.Bu.G.
4		verboten § 2 AVO G.Sch.d.Bi.			
Gruppe III:			Gruppe IV:		
5		nur bei Nr. 2	13		nur bei Nr. 4
6		ist nicht geschlossen worden, § 4 AVO G.Sch.d.Bi.	14		nur bei Nr. 6
7		a) zulässig mit beschränkter Generationenzahl, § 3 AVO G.Sch.d.Bi.	15		nur bei Nr. 12
		b) verboten in den Sondergesetzen d. Bi. d. 15 (1) d. i.V.O. R.Bu.G.	16		verboten
8		verboten § 2 AVO G.Sch.d.Bi.			

I de såkaldte Nürnberger-love fra 1935 blev man klassificeret som jøde eller ikke-jøde ud fra sine bedsteforældre. Havde man f.eks. mere end to jødiske bedsteforældre, var man jøde. Dette kort fra 1936 er en oversigt over "tilladeligheden af ægteskab mellem ariere og ikke-ariere". De hvide cirkler repræsenterer "rene tyskere", cirklerne med sort indikerer graden af "jødisk blod". Tilladelig var et ægteskab mellem f.eks. en "ren arier" og kvart jøde. Ikke tilladt var et ægteskab mellem f.eks. en kvart jøde og en trekvart jøde.

forkert politisk holdning eller 4) var forbrydere.

Men eugenisk tænkning har altid eksisteret i Europa. Danmark bedrev således aktiv racehygiejne til langt efter Anden Verdenskrig, og i perioden 1929-67 tvangssteriliseredes 6000 danskere på grund af deres mangelfulde intelligens og iboende tendens til at "forure-

ne og degenerere" befolkningskvaliteten. Det var ikke fordi, nazismen lurede under overfladen af dansk politik, men fordi der eksisterede en helt anden grundforståelse af, hvad samfundets og individets rolle var i forhold til forplantningen. Det var en holdning, som gik ud på at sige, at samfundet har et ansvar for dets børn. Det var ikke bare den enkeltes privatliv, det drejede sig om, tværtimod havde man en fælles pligt til at sørge for, at samfundet og befolkningskvaliteten var i orden. Racehygiejne nød bred offentlig accept helt frem til 1960'erne, og det var de socialdemokratiske partier i Danmark, Sverige og Norge, der var førende på området. Deres arvehygiejniske forplantningsprogrammer var tænkt som et vigtigt og positivt led i velfærdspolitikken. Den praktiske racehygiejne i Europa var blevet inspireret af USA, hvor man i en række delstater havde iværksat en arvehygiejnisk sterilisationslovgivning allerede i 1907. Kun menneskerettighedskonventionens vedtagelse og ratificering i midten af 1950'erne og den gradvis stigende fokusering på individets selvbestemmelse i løbet af 1960'erne bevirkede, at man i offentligheden ikke længere kunne tale om "minusmennesker", "undermålere" og "åndssvage" med alvor i stemmen.

Perioden mellem 1960 og 1989 var således præget af stærk kritik over

for eugenisk tankegods, især hvis det kom fra en formynderisk stat. Men opfindelsen af nye forplantningsteknikker og en meget mere individualistisk præget samfundsideologi efter Berlin-murens fald genåbnede muligheden for at bedrive eugenik. Denne gang var det ikke formuleret som statsstyret racehygiejne, men som personlige servicetilbud. Ulykkelige par kunne få befrugtet deres æg i en glasskål, og i løbet af kort tid kunne man vælge mellem en hel række yderligere screenings- og forplantningsteknologier, såsom fosterscanninger, præimplantationsdiagnostik, sædinjektion, ægdonation, ægsortering og nedfrysning af æg og sæd. I begyndelsen af det 21. århundrede var antallet af nyfødte reagensglasbørn verden over steget til 100.000 årligt, med en stærkt stigende tendens.

Eugenik var igen blevet ukontroversielt. Så længe det handlede om familiære og individuelle valg, var der intet kendt skrækscenarium, ej heller en overbevisende morallære, som kunne sætte en kæp i hjulet på udfoldelsen af denne fagre nye verden. Design-baseret genterapi er sandsynligvis det næste skridt på vejen, først i form af udryddelsen af arvelige sygdomme og reparation af skadelige mutationer, den såkaldte negative eugenik, men hurtigt efterfulgt af positive eugenik, æstetisk udvælgelse på basis af individuelle valg.

Den moderne syntese

På Darwins tid kendte man kun til æstetisk udvælgelse af husdyr. I løbet af det 20. århundrede blev Darwins teori bekræftet med det ene eksperiment efter det andet. Darwin havde selv opbygget et hav af empirisk materiale i form af fossiler, geografiske fordelinger af arter, anatomiske studier og omfattende data om domesticerede dyr og planter. Alle viste de effekten af den naturlige udvælgelse og bidrog til oprettelsen af en lang række nye forskningsgrene, såsom komparativ morfologi, deskriptiv



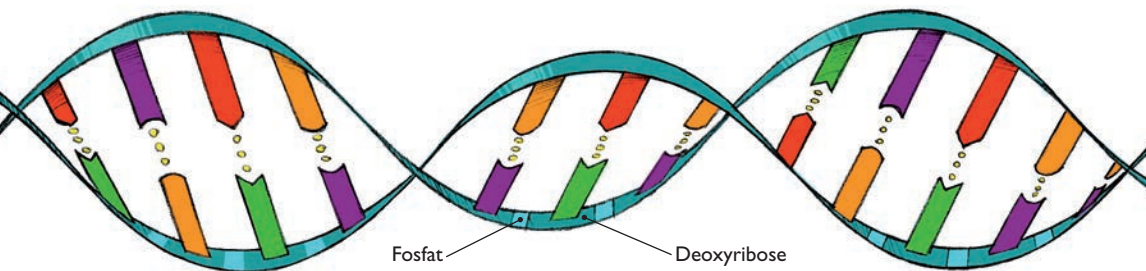
Da Louise Brown blev født den 25. juli 1978 som det første reagensglasbarn i verden, startede det en regulær revolution inden for fertilitetsbehandlingen. I 2007 blev Brown selv mor til en velskabt pige. "Vi var heldige, at jeg kunne undfange ad naturlig vej ... så det var klart lettere for os, end det var for mor og far", udtalte hun til *Daily Mail*. Courtesy Louise Brown/Martin Powell Communications.

embryologi, palæontologi, biogeografi, systematik og genetik. Men der var også områder af Darwins teori, som måtte revideres fundamentalt, f.eks. hans tro på at de arvelige informationer blandes, således at bestemte egenskaber – f.eks. farver eller unikke former – må blive til en mellemting i næste generation.

Genopdagelsen af Mendels ærteeksperimenter viste, at arvematerialet er en slags udødelige “atomer”, dvs. gener, som bliver rekombineret for hver ny generation, således at de unikke egenskaber ikke behøver at forsvinde. I 1908 lagde englænderen Godfrey H. Hardy (1877-1947) og tyskeren Wilhelm Weinberg (1862-1937) så grundstenen til populationsgenetikken ved at vise, at der faktisk kan være mange former for ligevægt mellem de forskellige genetiske varianter i en population. Variationer og tilfældige mutationer kunne med andre ord sagtens bestå. Men det var først i 1930, at man fik det hele til at stemme overens, og det skete primært ved hjælp fra englænderen Ronald Fishers (1890-1962) matematiske analyser i hans bog *The Genetical Theory of Natural Selection*, der blev efterfulgt af uddybende teoretiske værker af blandt andet John B.S. Haldane (1892-1964) og amerikaneren Sewall Wright (1889-1988). Deres bidrag blev hjørnестenen for den moderne eller “neo-darwinistiske” syntese, der har præget biologien lige siden. Blandt deres vigtigste resultater var statistiske analyser af, hvordan negative mutationer kunne holdes i skak, mens fordelagtige mutationer kunne spredes i en population, og hvordan arter kunne udvikle sig, ikke kun via den naturlige udvælgelse, som Darwin havde beskrevet, men i lige så høj grad via tilfældig genetisk drift og neutrale mutationer, som i det lange løb, over mange millioner år, kunne resultere i anatomiske forskelle, specialisering, reproduktiv isolation og til sidst til udviklingen af nye arter og alle de højere taksonomiske niveauer af liv (slægt, familie orden etc.), som var blevet klassificeret af svenskeren Carl von Linné (1707-78) allerede i midten af 1700-tallet.

Den store fortælling om livet på Jorden, “the great chain of being”, var blevet kortlagt og forklaret, følte mange. Man havde godt nok reduceret alt levende til en abstrakt punktmængde af biologiske egnethedsværdier – eller “fitness”-værdier – i et sæt differentiallyigninger, men det var en lille pris i forhold til teoriens enorme udsigelseskraft, der potentielt kunne sige noget meningsfuldt om alt fra søpølsers form til menneskers komplicerede sociale samspil. Kronen på værket kom i 1953, da James D. Watson (f. 1928)





DNA, eller deoxyribonukleinsyre, er en såkaldt polymer, som ved hjælp af fire slags nukleotider gemmer den genetiske information. Alle kendte levende organismer på Jorden er opbygget via DNA. Det er opdelt i segmenter, hvoraf nogle er gener, som bruges til at konstruere andre stoffer såsom proteiner og RNA-molekyler, der kan udføre bestemte funktioner i kroppen.

og Francis Crick (1916-2004) fremlagde deres model for arvematerialets struktur – DNA-strengen – på baggrund af bl.a. Erwin Chargaffs (1905-2002) og Rosalind Elsie Franklins (1920-58) forarbejde. Opdagelsen af

DNA var ikke kun et bevis for arvelighedens molekylære basis. DNA-dobbeltspiralen viste sig i selve sin visuelle, lynlås-agtige form at være en opskrift på, hvordan genetiske instruktioner lagres og kopieres. Det var en kæmpe succes for den teoretiske biologi.

Den moderne neo-darwinisme var en kraftig kæberasler for de få vitalister, der var tilbage, f.eks. den tyske biolog Hans Driesch (1867-1941). Man kunne måske ikke fuldkomment redegøre for alle de biologiske fænomener, der fandtes, men man havde byggestenene, og man havde forstået de vigtigste principper for deres organisering. Dengang dette ikke var tilfældet, som da man f.eks. 100 år tidligere havde spekuleret over, hvordan respiration fungerer, var det meget oplagt at ty til en vitalistisk forklaringsmodel: man antog blot, at der fandtes et bestemt livgivende princip, der gjorde, at man kunne ånde. Det samme gjaldt for forståelsen af arveprocessen: man mente, at der fandtes en livskraft – et *élan vital*, som Henri Bergson (1859-1941) udtrykte det – der var immateriel og blev podet ind i den nyfødte krop.

Efter 1930 var stort set alle biologer enige om, at der fandtes en anden og bedre hypotese: at levende organismer, inklusive menneskene, bedst kan anskues som værende meget komplicerede klumper af organisk stof, der er opstået gennem en lang udviklingshistorie, og som er underlagt tilfældige variationer, genetisk reproduktion og naturlig udvælgelse. På Darwins tid blev de gamle teorier som rationel teologi, vitalisme og kreationisme stadig anset som plausible og tilgængelige for videnskabelig analyse. Men i midten af 1900-tallet var der samlet så megen empiri og opdaget så meget nyt,

at deres forsvar var blevet umuliggjort. Ikke desto mindre har vitalismen stadig stor appel, især i USA, hvor den med ca. 20 års mellemrum dukker op i nye gevandter, bl.a. under betegnelsen “intelligent design”, og forsøger at udfordre darwinismen på forskellige punkter. Trods dette har Darwins analyser stået distancen forbløffende godt.

Økologi og bioteknologi

Omkring 1900 dukkede der en række videnskabelige synspunkter og værker op, der anlagde et nyt syn på liv og natur. De var helhedsorienterede – holistiske – og forsøgte at anskue naturprocesser i et andet perspektiv end det mekanistiske. Den romantiske naturopfattelse blev spaltet i to dele: den rent “religiøse” og den mere “videnskabelige”. På baggrund af empiriske studier havde geografen Alexander Humboldt (1769-1859) allerede midt i århundredet i storværket *Kosmos* fremlagt en lang række naturfænomener, der pegede på, at naturen var et komplekst fungerende system, der ikke kun kunne forstås som en avanceret maskine. På den ene side var Humboldt empiriker, der observerede og målte, på den anden side var han optaget af ideer om naturens enhed og altings komplekse samspil – en meget æstetisk holdning til naturen, der betonedede naturens harmoni, snarere end kausale sammenhænge eller kampen for overlevelse. Humboldt var især fokuseret på at forstå samspillet imellem organismer og deres miljø.

Få år senere formulerede Ernst Haeckel et økologisk naturbegreb – faktisk var det ham, der konstruerede ordet “økologi” (dvs. “læren om levesteder”). Han var ikke kun forsker, men også ideolog, dvs. han ønskede på basis af videnskabelige teorier at udvikle en mere generel livs-, menneske- og samfundsopfattelse. Der skulle ikke kun skabes en videnskab, økologi, om samspillet mellem organismer og deres miljø, men også en grundholdning, økologisme. Haeckels grundlæggende opfattelse var, at naturen var en enhed, og at det derfor var forkert f.eks. at sondre mellem det åndelige og sjælelige på den ene side og det fysiske eller materielle på den anden. Haeckel var således monist. Han afviste også antropocentrismen, dvs. opfattelsen af, at mennesket var altings centrum og mål. Alle organismer i naturen var ligeberettigede og havde krav på respekt for deres egenart. Det betød også, at det var meget problematisk at betragte naturen som et forråd bestemt for mennesket. Han ville derimod udvikle “husholdningsprincipper”, der base-

rede sig på naturens egne principper, ikke menneskets “røveri” og udbytning. Haeckel var overbevist darwinist og troede på udvikling og fremskridt. Men det skulle ikke være et fremskridt, der ødelagde naturens balance og sammenhæng – vækst skulle være vækst i organisk forstand.

Flere forskere arbejdede med at realisere Haeckels ideer om en videnskabelig økologi, f.eks. den danske botaniker Eugen Warming (1841-1924), der studerede planters samspil med deres omgivelser og opfattede dem som elementer i et sammenhængende samfund. Han udgav i 1896 bogen *Plantesamfund*, som i 1909 blev udgivet på engelsk med titlen *The Ecology of Plants*. Warming betragtede her udviklingen af plantesamfund som stræbende imod en økologisk ligevægt, et synspunkt, der næsten reintroducerede Aristoteles’ forskellige betragtningsmåder. Senere fik ideerne om økologiske systemer og stabile tilstande stor betydning, og amerikaneren Frederic Clements (1874-1945) formulerede i 1920’erne og 30’erne en række synspunkter på vækstsamfund, som han forstod som en højere ordens organisme. Prærien f.eks. var i sig selv en sammenhængende helhed, en organisme, og skulle forstås som sådan. Når prærien blev opdyrket af mennesket, var det ikke en situation, der skulle forstås ud fra menneskets synsvinkel, men som et led i en helheds-organismes udvikling. Allerede filosofen Herbert Spencer (1820-1903) havde i slutningen af 1800-tallet arbejdet med sådanne udviklingsideer, men havde ikke sammentænkt teorier om organismer i biologisk forstand med teorier om samfunds udvikling. Ved at anlægge en helhedsbetragtning blev samspillet mellem mennesker og miljø afgørende, og mennesket en del af en større levende helhed. Mennesket kunne eksistere i flere forskellige typer af samspil med det øvrige miljø. Indianerens forhold til prærien var således et helt andet end nybyggerens.

Samtidig med disse videnskabelige ideers udvikling skete der også en ændring i synet på naturen. 1800-tallet havde i forbindelse med udviklingen af det industrialiserede samfund set naturen som en ressource, der skulle udnyttes, eller et system – næsten et uhyre – der skulle underkues, besejres og kontrolleres; naturen var vildmarken, der skulle underkastes civilisering, gøres til kultur. Nu opstod forestillinger om, at man skulle bevare naturen, at den var værdifuld i sig selv og skulle plejes “på dens egne præmisser”, og at brugen af den ikke skulle ske på menneskets præmisser, men på naturens egne eller ud fra en betragtning af den større helhed, som menneske og natur tilsammen udgjorde. Amerikaneren John Muir (1838-1914) formulerede



Max Peintner (f. 1937): *Die ungebrochene Anziehungskraft der Natur* ("Naturens vedvarende tiltrækningskraft"), 1970/71.

sådanne ideer omkring år 1900 og arbejdede for at realisere dem, f.eks. i arbejdet med de store

nationalparker, hvor naturen skulle stå urørt. I mange lande vandt disse ideer gehør, og der opstod bevægelser for naturbevaring og -fredning.

Der var tale om en ny naturetik, et nyt syn på det moralske forhold mellem mennesket og dets omverden, dets "miljø". En anden amerikaner, Aldo Leopold (1887-1948), formulerede i løbet af 1930'erne og 40'erne en ny miljøetik, hvor alle elementer i det biologiske fællesskab var ligeberettigede, og hvor mennesket ikke havde nogen særstilling i universet, ingen særlige rettigheder frem for andre aktører i det økologiske fællesskab. Hans posthumt udgivne værk *A Sand County Almanac* fra 1948-49 bidrog til at formulere en ny miljøetik, baseret på fællesskabstanken, og den fik uhyre stor betydning for den bredere miljøbevidsthed, der slog igennem i 1960'erne. Et vigtigt element i dette gennemslag var dokumentationen af de flere og flere problemer, der opstod ved brugen af kemikalier, sprøjtemidler og tilsætningsstoffer inden for industri og landbrug. Rachel Carsons (1907-64) bog fra 1962, *Silent Spring*, om konsekvenserne ved den udstrakte brug af DDT er her et godt eksempel, ligesom James Lovelocks (f. 1919) "Gaiateori" om, at hele plane-

Amerikansk reklame for DDT fra *Time Magazine*, 30. juni 1947. DDT blev i starten brugt som insektmiddel, og efter at den schweiziske kemiker Paul Hermann Müller (1899-1965) fik nobelprisen i fysiologi/medicin i 1948 for sin "opdagelse af DDT's høje effektivitet", blev DDT introduceret som det første moderne pesticid og brugt i stor skala i landbruget.

ten Jorden er én enkelt organisme, er det.

Udviklingen af et nyt moralsk naturbegreb er således gået hånd i hånd med udviklingen af nye teoretiske forståelsesrammer. Mennesket ses ikke længere som en ekstern observatør, der alene med sin krop deltag

tager i naturen, men som helt og fuldt – også som erkendende væsen – indlejret i en levende helhed. Naturen opfattes ikke som et dødt mekanisk system, hvor komplekst det end kan være, men som et levende og kreativt system, der udvikler sig også på andre måder end ved blind kausalitet. Tidligere tiders – bl.a. renessancens og romantikkens – forestillinger om naturen som et levende væsen, som noget, der ikke kunne forstås eller beskrives uden at inkludere mening og formål, blev på denne måde moderniseret.

Darwins mange små børn

De største udfordringer for darwinismen og neo-darwinismen kom aldrig fra folk, som ønskede sig tilbage til en vitalistisk og dualistisk verdensopfattelse, hvor krop og ånd var adskilt i to sfærer. De kom som oftest fra biologer,

"DDT is good for me-e-e!"

The great expectations held for DDT have been realized. During 1946, exhaustive scientific tests have shown that, when properly used, DDT kills a host of destructive insect pests, and is a benefactor of all humanity.

Pennsalt produces DDT and its products in all standard forms and is now one of the country's largest producers of this amazing insecticide. Today, everyone can enjoy added comfort, health and safety through the insect-killing powers of Pennsalt DDT products . . . and DDT is only one of Pennsalt's many chemical products which benefit industry, farm and home.

GOOD FOR STEERS—Heef grows measier nowadays . . . for it's a scientific fact that—compared to untreated cattle—beefsteers gain up to 50 pounds extra when protected from both flies and many other pests with DDT insecticides.

GOOD FOR THE HOME—helps keep your family free from dangerous insect pests. Use and Sprays as directed . . . than watch the bugs "bite the dust".

GOOD FOR FRUITS—Ripen apples, peaches, plums that are free from smoky worms . . . all benefits resulting from DDT dusts and sprays.

GOOD FOR SOW CROPS—25 more barrels of potatoes per acre . . . actual DDT tests have shown crop increases like this! DDT dusts and sprays help along to you.

GOOD FOR DAIRIES—Up to 30% more milk . . . more butter . . . more cheese . . . tests prove a greater milk production from the annoyance of many insects with DDT insecticides like Knox-Out Stock and Barn Spray.

GOOD FOR INDUSTRY—Food processing plants, laundries, dry cleaning plants, hotels . . . dozens of industries gain effective bug control, more pleasant work conditions with Pennsalt DDT products.

PENN SALT CHEMICALS
 97 Years' Service to Industry • Farm • Home
PENNSYLVANIA SALT MANUFACTURING COMPANY
 WIDENER BUILDING, PHILADELPHIA 7, PA.

der definerede sig selv som darwinister, og som ønskede at forfine, udvide og nuancere teorien.

Blandt dem kan man f.eks. nævne japaneren Motoo Kimura (1924-94), som i løbet af 1960'erne havde regnet sig frem til, at neutrale genetiske mutationer – der ikke ændrer selve funktionaliteten af en organisme, men blot ophobes i en population – kan have en langt større evolutionær betydning end den naturlige udvælgelse. Det skyldes, at neutraliteten kan fungere som et slags surfbræt på de stadig foranderlige omverdensbetingelser. Hvis der opstår en pludselig ændring i livsbetingelserne, vil en population med mange selektivt neutrale mutanter meget hurtigt kunne tilpasse sig den nye situation. Som en analogi kan man forestille sig, at populationer af arter lever i et alpelandskab af livsudfordringer. Hver bjergtop udgør en specialiseret evne, og jo bedre man er tilpasset, jo højere oppe er man på bjerget. Men problemet er, at landskabet ændrer sig løbende. Uden variation og neutrale mutationer vil en art sidde fast på den lokale bjergtop, som i mellemtiden er blevet til en lille bakketop. Men med neutrale mutationer i artens population vil der løbende være en slags motorveje gennem landskabet, og arten vil have lettere ved at flytte sig over på en tilstødende bjergtop, som er højere. Højere variation betyder derfor større plasticitet og hurtigere tilpasning.

I et idehistorisk perspektiv var dette af stor betydning, for nu var det ikke blot “de bedst tilpassede”, der var afgørende for overlevelsen, men selve mangfoldigheden og plasticiteten, det vil sige populationens evne til at bevæge sig sammen med landskabets gradvise forandringer.

Den slags sekundære effekter og dynamiske fænomener har også til en vis grad rehabiliteret lamarckismen. I mange lærebøger i dag ses det stadig som fundamentalt forkert at tro, at en organisme kan erhverve egenskaber fra sin omverden og nedarve dem til sit afkom. Men den skotske embryolog Conrad Waddington (1905-75) kunne i 1942 beskrive en proces, som til forveksling ligner en lamarckistisk mekanisme, selvom den faktisk er fuldt kompatibel med neo-darwinismen. Den kaldes for “genetisk assimilation”, “Baldwin-effekten” eller “kanalisering” og viser, hvordan populationers plasticitet medfører, at nogle individer er bedre til at tilpasse sig end andre, således at de har en lille reproduktiv fordel, hvilket igen kan oversættes til en højere frekvens af afkom med samme evner. Det kunne være nogle bestemte psykologiske kendetegn, nogle fordelagtige fysiske træk eller sociale egenskaber. Til

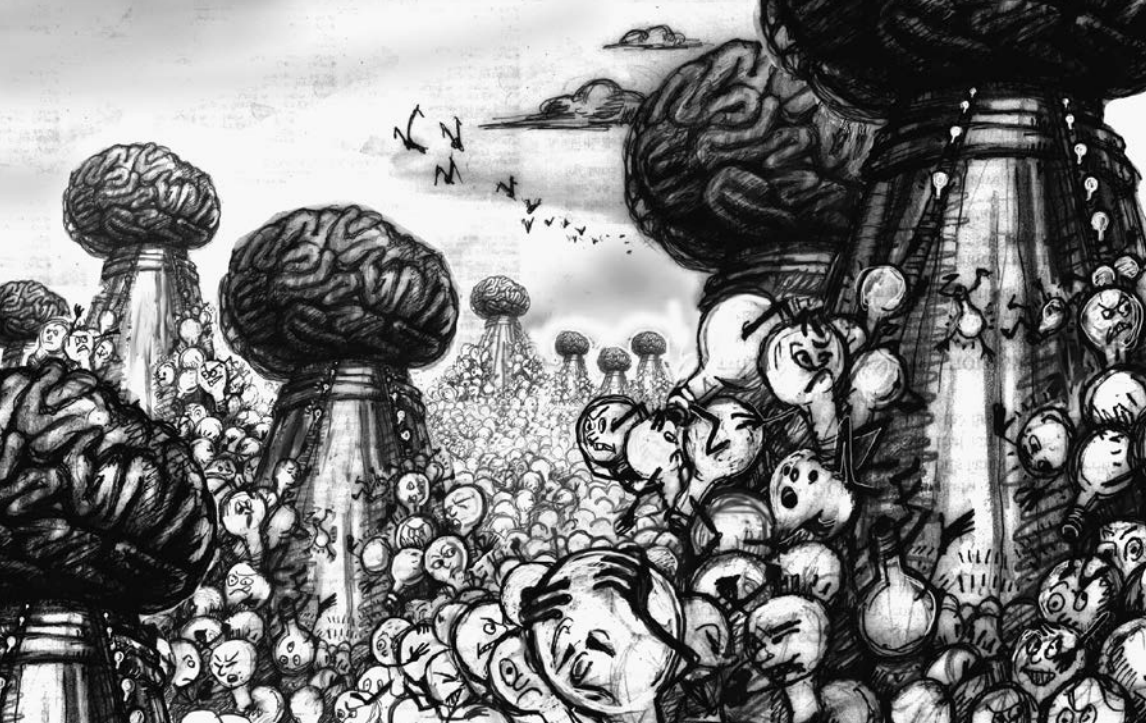


at starte med nedarves de primært via kulturel læring, men given tilpas tid og ro vil der være en god chance for, at organismen erstatter den plastiske mekanisme med en genetisk mekanisme. Hvad der tidligere var tillært, er nu blevet instinktivt.

I løbet af 1980'erne og 90'erne har et utal af eksperimenter bekræftet ideen. Man har endda kunnet vise, at det i høj grad er plasticiteten selv, der udvælges i form af en slags instruktionsmanual, som fortæller generne, hvornår, hvor og hvor meget de skal aktiveres. Disse såkaldte epigenetiske instruktioner aktiveres af ganske bestemte påvirkninger fra omverdenen og repræsenterer derfor en meget bredere og mere læringsorienteret form for arvelighed end den rent genetiske. Og det har stor betydning for evolutionen. I og med at de epigenetiske faktorer kan tændes og slukkes uden først igen at skulle "opdages" igennem tilfældige mutationer, vil den evolutionære hastighed, hvormed organismer tilpasser sig, øges gevaldigt. Ændringerne i instruktionsmanualen skaber igen en slags motortrafikvej for udvælgelse og tilpasning i forhold til de snørklede grusveje, som gængs naturlig udvælgelse bevæger sig på.

Der har også vist sig at være en række yderligere teknikker, som orga-

I et fitnesslandskab kan det være svært at komme over på en bedre tilpasset bjergtop, hvis ikke en lille del af populationen får lov at boltre sig andre steder. Men tit vil en population alene ved hjælp af neutrale mutationer kunne finde et højere bjerg, lidt ligesom når bjergbestigere ofte kan finde et bjergpas, der leder til en anden top, så de ikke behøver at gå igennem dalen.



“Forestil dig en verden fuld af hjerner og langt flere memorer end steder at bo.” Tegning af Pat Linse til en coverillustration i *Skeptic Magazine*, 1997 · www.skeptic.com.

nismerne og arterne bruger til at sætte fart på tilpasningen. Én af dem blev opdaget af den amerikanske molekylærbiolog Barbara

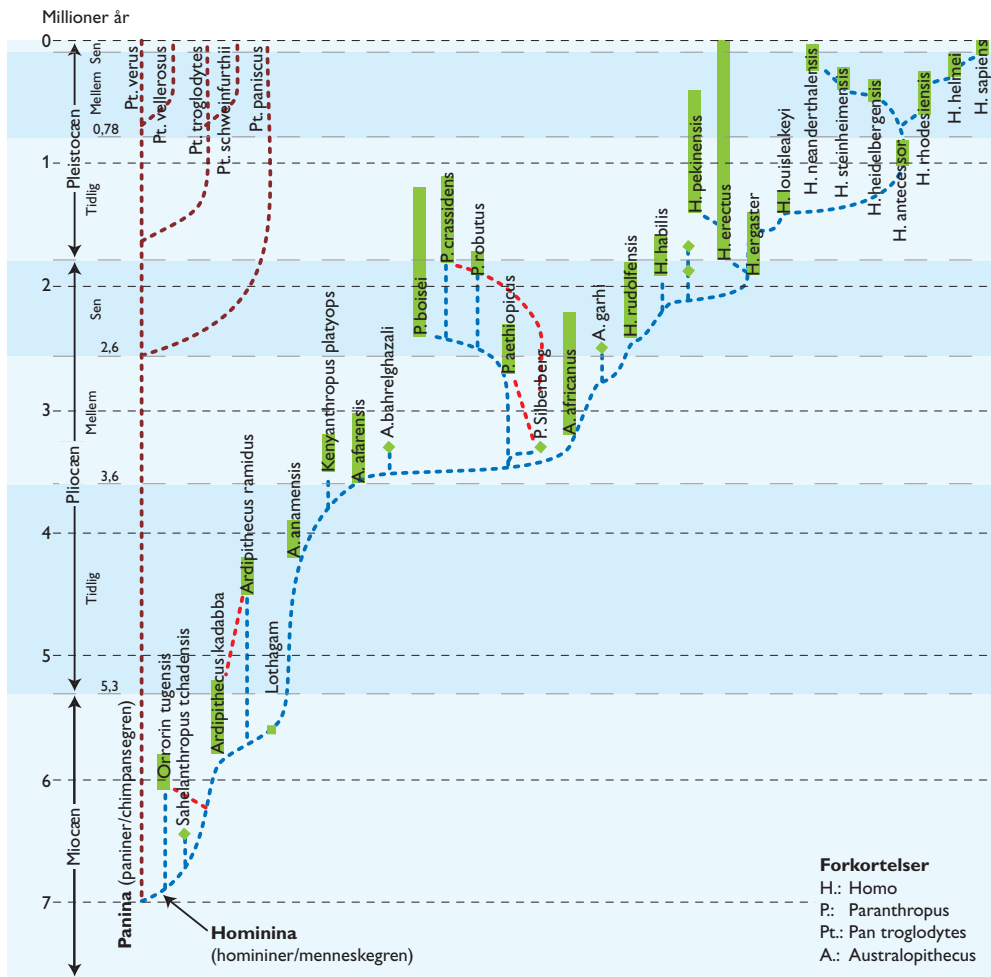
McClintock (1902-92). Hun fandt, at majsplanter havde nogle mobile genetiske elementer, som kunne hoppe frem og tilbage i kromosomerne (se billede s. 342). Disse “jumping genes”, eller “transposoner” – er en slags faldskærmstroppe, der kan kile sig ind mellem andre gener og på den måde tænde og slukke for bestemte funktioner, det ellers ville være umuligt at have en mere fleksibel kontrol over. En anden meget effektiv teknik er den såkaldte horisontale gen-overførsel, der blev beskrevet af den tyske biolog Peter Gogarten (f. 1953), men som først for alvor blev kendt, efter at de første genomer – dvs. arvemasser – var blevet kortlagt i 1990’erne. I den proces overføres ikke kun en mutation eller to, men hele DNA-stumper fra en organisme til en anden, både vertikalt, dvs. til eget afkom, og horisontalt, dvs. til helt andre organismer og arter. Processen kendes især fra resistensudvikling i bakterier, men den har også vist sig til en vis grad at foregå i planter og insekter. Horisontal gen-overførsel udfordrer dermed igen ideen om, at biologiske arter er stabile og autonome enheder, der kun konkurrerer via tilfældige mutationer og naturlig udvælgelse. Der findes tværtimod en stor basar af mere direkte

udvekslingsmuligheder, som benytter sig af alle mulige tricks – lige fra øgede mutationsfrekvenser i de enkelte aminosyrer over større udskiftninger af DNA-stumper til kæmpe omstruktureringer i hele genomet.

Også den kulturelle læreproces er typisk lamarckistisk, eller i hvert fald “Waddingtoniansk”. Mennesker lærer f.eks. at betjene en telefon efter ganske få opringninger, forældre lærer deres børn at børste tænder osv. Menneskets adfærd og kultur er således ikke kun et resultat af blinde evolutionære kræfter, der virker på *Homo sapiens sapiens*, men også et resultat af de aktive valg, vi mennesker foretager os. Og det er måske først i nyere tid, at disse valg, i hvert fald for menneskets vedkommende, er blevet til bevidste valg. Den engelske biolog Richard Dawkins (f. 1941) har f.eks. leget med tanken om, at der findes en enhed, hvormed kulturel læring overføres, som han i 1976 kaldte en “meme”. Eksempler på memer er talte og skrevne sætninger, f.eks. slogans, men også billeder, musik, teater, film, sociale koder osv. Tanken er, at jo mere en bestemt færdighed bruges, jo mere pres vil der komme på en genetisk udvælgelse, der fremmer denne færdighed. Nogle af de ældste meme-teknologier, som f.eks. gestikulation og sprogfærdigheder, er ifølge den amerikanske lingvist Steven Pinker (f. 1954) blevet delvist instinktive i løbet af de sidste par millioner år.

Out of Africa

Allerede Darwin havde ment, at mennesket måske stammede fra Afrika, men det var først i 1950'erne, at palæoantropologer fandt tilstrækkeligt med fossiler til at kunne bekræfte hypotesen. Indtil da havde man haft mere tillid til Ernst Haeckels teori om, at menneskets oprindelse snarere skulle findes i Asien, hvilket løbende var blevet bekræftet af flere fossilfund, f.eks. fundet af “Pekingmanden” af arten *Homo erectus* omkring 1930 i nærheden af Beijing. Men i 1959 fandt Louis S.B. Leakey (1903-72) og Mary Leakey (1913-96) en 1,75 millioner år gammel hjerneskal i Tanzania fra en ukendt menneskeart. Vedkommende havde haft en stor hjerne og fremstillet forskellige værktøjer af sten. Han blev døbt *Homo habilis* og bekræftede en tidligere teori fra 1924 om, at afrikanske fund måske bedre kunne indgå som det bindeled, “missing link”, mellem abe og menneske, man stadig manglede. Men det var klart, at den populariserede “missing link”-ide i høj grad baserede sig på en misforståelse af primaters udvikling. Selvom biologer konstruerer idealtypiske



artsbetegnelser, som f.eks. *Australopithecus africanus* eller *Homo ergaster*, ud fra nogle statistiske betragtninger om forskelle og ligheder imellem morfologiske og geografiske kendetegn, så er der ikke tale om “overgangsformer” fra abe til mennesker, men om en bred vifte af kendte og endnu ukendte fælles forfædre, som mennesket har sammen med andre primater, menneskeaber og abemennesker. Man vil altså ikke kunne finde forstenede mellemformer imellem chimpansen og mennesket af den simple grund, at de har udviklet sig hver for sig fra en fælles stamform.

I 1975 viste de to amerikanske biologer Mary-Claire King (f. 1946) og Allan Wilson (1934-91), at menneskets DNA er identisk med chimpansernes DNA med 98,5 procents nøjagtighed. Det vil sige, at kun 1,5 procent af vores genetiske materiale adskiller mennesket fra dets nærme-

◀ At argumentere for et “missing link” som en mellemting mellem en abe og et menneske er som at argumentere for en luftbro mellem de forskellige grene på denne illustration. Nogle forskere mener, at adskillelsen mellem de store aber og “homininerne” sandsynligvis skete for ca. 7 millioner år siden. De ældste fossiler af arten *Homo sapiens sapiens* er ca. 120.000 år gamle.

ste slægtning, chimpansen. Ved hjælp af Motoo Kimuras hypotese om, at organismers samlede genetiske mutationsrate er mere eller mindre konstant igennem evolutionshistorien, kaldet “det molekylære ur” betyder det, at tidspunktet, hvor *Homo sapiens* og chimpansers evolutionære veje skiltes, muligvis befinder sig ca. syv millioner år tilbage i tiden. Hvilke omverdensomstændigheder, der gjorde, at Homo-slægten udviklede sig i retning af mennesket,

er svært at finde ud af, men den dag i dag finder forskere stadig nye underarter og forgreninger i vores stamtræ.

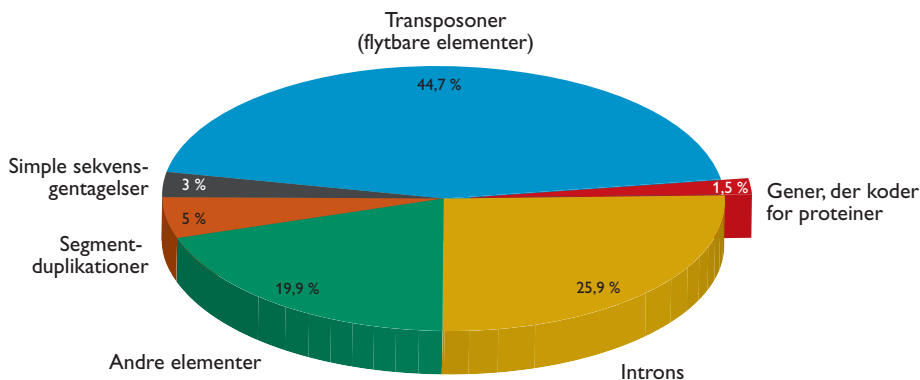
Man mener, at alle levende mennesker i dag er efterkommere af blot en enkelt gren i den store busk af menneskelignende og abelignende arter, der er opstået og har levet på jorden de sidste mange millioner år. Det anatomisk moderne menneske opstod for omkring 40.000 år siden, ca. samtidig med at neandertalerne langsomt var ved at forsvinde, og Cro-Magnon-kulturen opstod. En ret sandsynlig hypotese for det anatomisk moderne menneskes oprindelse er, at det nedstammer fra en enkelt population på måske kun 200.000 individer, der levede på den afrikanske savanne for ikke mere end 100-50.000 år siden. Derefter bredte den sig til forskellige egne af kloden, først Asien og derefter Europa, Australien og Amerika, hvor den fortrængte og udkonkurrerede alle andre efterkommere af *Homo erectus*, inklusive neandertalerne. En konkurrerende teori, kaldet den multiregionale model, går ud fra, at de regionale befolkninger udvikledes parallelt i forskellige dele af verden og blandede sig hyppigt med hinanden, hvilket forhindrede afgørende forskelle i den samlede population, og derfor kom alle mennesker på jorden mere eller mindre til at ligne hinanden.

Man kan endda iagttage en lang række ændringer i det anatomisk moderne menneske, der er resultatet af den naturlige selektion. Der er store forskelle på f.eks. kindtænderne, og vi har i dag en meget mindre robust kropsbygning end tidligere. Det anslås, at ansigtet, kæbepartiet og tænderne på mennesker for blot 10.000 år siden i gennemsnit var 10 procent mere robuste, mens mennesker fra palæolitisk tid, dvs. for ca. 30.000 år siden, var 20-30 procent mere robuste. De australske aboriginals har f.eks. mere arkaisk udseende tænder, mens de mindste tandstørrelser i dag kan findes i områder, hvor levnedsmiddelforarbejdende teknologier har været brugt i længst tid.

Her er der vel at mærke tale om geografiske variationer, og ikke om racer. Nye genetiske data fra det Internationale Humane Genom Projekt gendriver enhver ide om, at der findes reelle menneskeracer, forstået som genetisk adskilte populationer. Der synes ganske enkelt ikke at eksistere nogen genetisk variant, som besiddes af alle individer i én population, men som er ukendt i en anden. Derfor kan man heller ikke trække nogen skarp grænse mellem populationsgrupperne. Der findes forskellige frekvenser af genetiske variationer, som f.eks. visse gen-varianter, der sænker sandsynligheden for alkoholisme, og som synes at være mere hyppige i østasiatiske populationer end i de europæiske eller afrikanske populationer. Men bortset fra sådanne undtagelser findes langt størstedelen af menneskets genetiske variation i den fælles genetiske "pool", hvilket heller ikke er overraskende i lyset af den relative korte tid, det anatomisk moderne menneske har levet uden for Afrika.

I 2001 var de internationale medier fyldt med historier om det Humane Genom Projekt, der havde kortlagt den menneskelige arvemasse. Men det var kun en råskitse, man havde fået lavet, og først i 2003 var 99,9 procent af det totale humane DNA blevet sekvenseret og offentliggjort. På trods af de store overskrifter om det kommende genteknologiske århundrede var det slet ikke klart hvilke nye erkendelser, de nye informationer umiddelbart kunne føre til. Hvad kunne den eksakte sammensætning af menneskets genetiske kode egentlig fortælle om vores plads i dyreriget og om vores udvikling igennem evolutionshistorien? Hvordan kunne de tænkes at bidrage til at udvikle ny medicin og måske en mere individualiseret sygdomsbehandling? Og hvilken betydning ville det have for samfundsudviklingen?

Det blev hurtigt klart, at antallet af gener, der kodede for proteiner, var meget lavere end tidligere antaget. Det viste sig, at det humane genom består af ca. 24.000 gener, dvs. kun dobbelt så mange, som der er i en bananflue. Det var en overraskelse for mange, fordi det tydeliggjorde, at levende organismer måtte forstås som en udfoldning af et generelt organiserende og meget komplekst program, hvor ikke alle livsfunktioner og egenskaber er kodet af specifikke gener, men i høj grad af genernes indbyrdes vekselvirkninger, af epigenetiske faktorer (dvs. dem, der er udenfor selve DNA'et), af morfologiske dynamikker, og af en meget indflydelsesrig omverden, som organismen øjensynligt hurtigt reagerer tilbage på. Troen på hurtigt at kunne udvikle specialiserede genterapier for specifikke sygdomme måtte derfor skrues til-



bage til et mere beskedent niveau, indtil man vidste mere om proteinstrukturer og deres interaktioner.

En anden vigtig evolutionær erkendelse var, at nye gener i høj grad opstår enten ved at blive kopieret fra gamle gener for så at mutere en smule og blive brugt i nye sammenhænge, eller direkte ved at blive importeret fra andre organismer. Hele ti procent af menneskets gener ligner meget, hvad man ellers finder i bakterier, og over fem procent af generne er opstået via segment-duplikationer, det vil sige kloning og genbrug fra eget DNA, hvilket er meget mere end hos f.eks. rotter eller mus. Det er blevet tolket som et bevis på, at menneskets genetiske materiale har været udsat for relativt mange funktionelle nyskabelser og strukturelle ændringer i løbet af de sidste 40 millioner år, hvilket formodentlig er et udtryk for de mange unikke karakteristika, der adskiller mennesket fra andre primater, og for at der har været stærke selektive kræfter på spil. Mange af de "nye" gener i mennesket viste sig at have betydning for det reproduktive system og for immunsystemet. Det var netop funktioner, som forskere i forvejen mistænkte for at have ændret sig i de seneste millioner af år. En del gener relateret til lugtesansen viste sig også at være holdt op med at fungere ved at have ophobet dødelige mutationer, hvilket måske forklarer, hvorfor mennesker har en langt dårligere lugtesans end f.eks. gnavere, der har bibeholdt disse geners funktionalitet.

Det menneskelige genom er dog meget mere end et vindue til fortiden. De største videnskabelige gennembrud forventes at komme inden for læge-

Lagkagen viser komponenterne i den menneskelige arvemasse. Kun 1,5 procent af mere end 3 milliarder basepar koder for proteiner, hvorimod ca. 45 procent består af "parasitter", dvs. jumping genes og andre mobile elementer, kaldt transposoner, hvoraf de fleste ikke længere er i brug · T.R. Gregory, fra *Nature Reviews Genetics*, vol. 6, 2005.

videnskaben. Mange store firmaer står på spring for at udvikle ægte “designer drugs”, som er skræddersyet til syge personers genetiske profil. Og endnu andre firmaer venter på at bruge genterapien konstruktivt, således at vi kan vælge vores eget og vores børns genetiske makeup meget mere frit, end tilfældet er i dag. Når og hvis det bliver en realitet, vil det have store konsekvenser for den måde, man vil forstå begreber som normalitet på, og det vil have stor betydning for, hvordan man vil organisere samfundet. Alt andet lige er det vist aldrig sket før i Jordens historie, at en art er begyndt at forstå sin egen genetiske kode – og er begyndt at agere aktivt og bevidst i forhold til denne viden. Ligesom den menneskelige kultur altid har haft brug for en natur – en “Moder Jord” – at udvikle sig i, har naturen og den naturlige udvælgelse altid haft brug for en slags feedback fra kulturen til at træffe de rigtige valg på. At menneskene nu langsomt selv begynder at træffe den slags valg ud fra en bevidsthed om deres resultater, må kaldes en ny evolutionær modus, en nyt biologisk trin, hvor natur og kultur for alvor er blevet ét, og hvor der er masser af nye muligheder og nye farer.

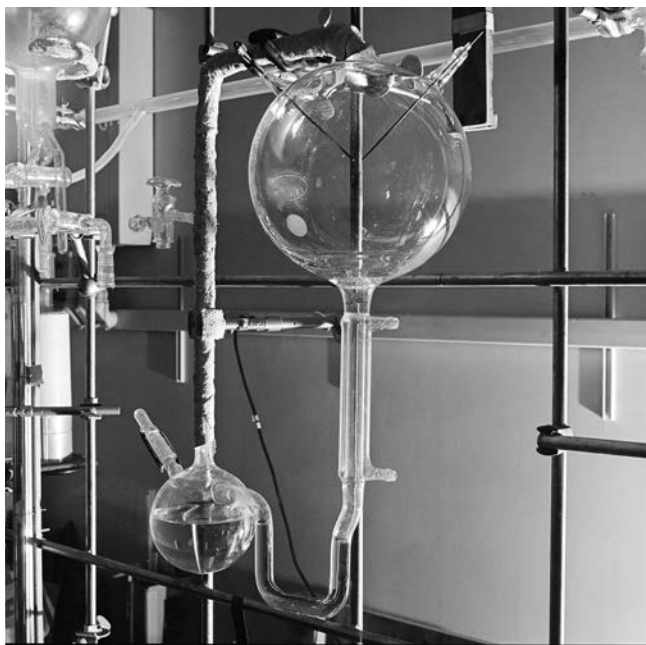
Livets oprindelse

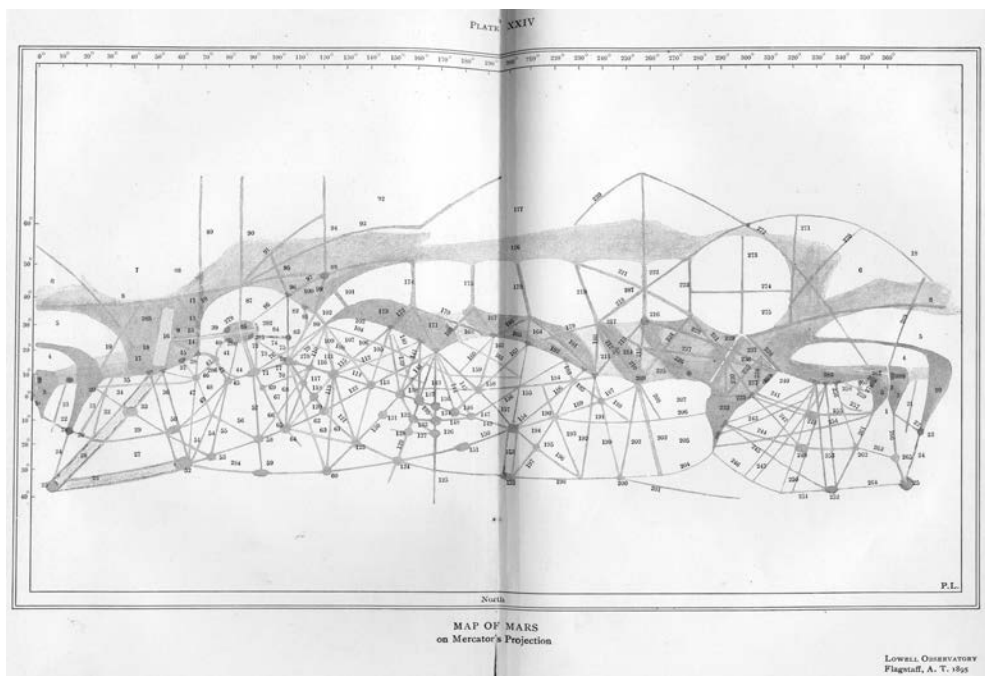
Den naturlige selektion er så alment et princip, at den ikke kun er anvendelig på eksisterende biologiske systemer og deres gradvise udvikling gennem historien. Den må også gælde for alle de ikke-levende systemer, der dannes og gendannes og udsættes for geologisk, fysisk eller anden udvælgelse. Den naturlige selektion må således også gælde for de mekanismer, der i tidernes morgen fik de døde atomer til at blive til levende væsner. Livets oprindelse måtte med andre ord ligge inden for evolutionsteoriens forklaringshorisont. Men det er stadig så som så med vores viden om livets oprindelse. Da Jorden blev dannet for ca. 4,5 milliarder år siden, var den udsat for tusinder af daglige meteornedslag, som med apokalyptiske brag kunne tilintetgøre oceaner og kontinenter. Der var intet levende, som kunne eksistere i dette glødende og svovldampende ragnarok. Men efterhånden kølede kloden af, og da den var ca. 700 millioner år gammel dukkede der nogle blågrønne alger op i oceanerne. Livet var begyndt. Men hvordan kunne noget så raffineret og veltilpasset som alger opstå af sig selv? Hvordan kunne døde atomer og livløse molekyler danne et så velspundet net af afhængigheder, som vi kalder en levende organisme?

Den første store naturvidenskabelige teori om livets oprindelse blev formuleret i midten af 1900-tallet af de amerikanske kemikere Stanley Miller (1930-2007) og Harold Urey (1893-1981). De ledte efter svarene ud fra kemiens viden og metoder: store kolber blev fyldt med forskellige kemikalier og gasser, som man troede var til stede på Jorden og i atmosfæren for ca. fire milliarder år siden. Kemikalieblandingen, som blandt andet bestod af metan, ammoniak, vand og kuldioxid, blev udsat for voldsom rysten, hurtige temperaturændringer, lyn og torden. Da den efterfølgende analyse af stofferne i kolben viste spor af organisk materiale, følte man, at man havde fundet svaret. Ursuppeteorien var født. Selvfølgelig var der en masse løse ender, men man anså dem for sekundære problemer, som nok skulle blive løst med tiden. Men tiden har vist, at disse løse ender ved ursuppeteorien var så løse, at de i stedet er blevet brugt til at finde helt andre teorier om livets oprindelse. Blandt problemerne med ursuppeteorien var, at mange livsvigtige molekyler, såsom sukker, bestemte nukleotider og fedtstoffer, under ingen omstændigheder ville opstå i den lunkne grød. Et andet problem var, at godt nok dannedes mange organiske molekyler ved hjælp af de elektriske lynnedslag i kolben, men udsatte man suppen for et længerevarende ophold i Solen, nedbrød det ultraviolette lys meget hurtigt de organiske stoffer igen. De organiske molekyler forsvandt med andre ord lige så hurtigt, som de opstod.

Som et alternativ til ursuppeteorien placerede den tyske kemiker

Kolberne brugt i Miller-Urey-eksperimentet. Den nederste kolbe skulle simulere oceanerne og den øverste atmosfæren. Lynnedslagene kom fra elektriske stød mellem de to elektroder, der forbinder kolberne · Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego.

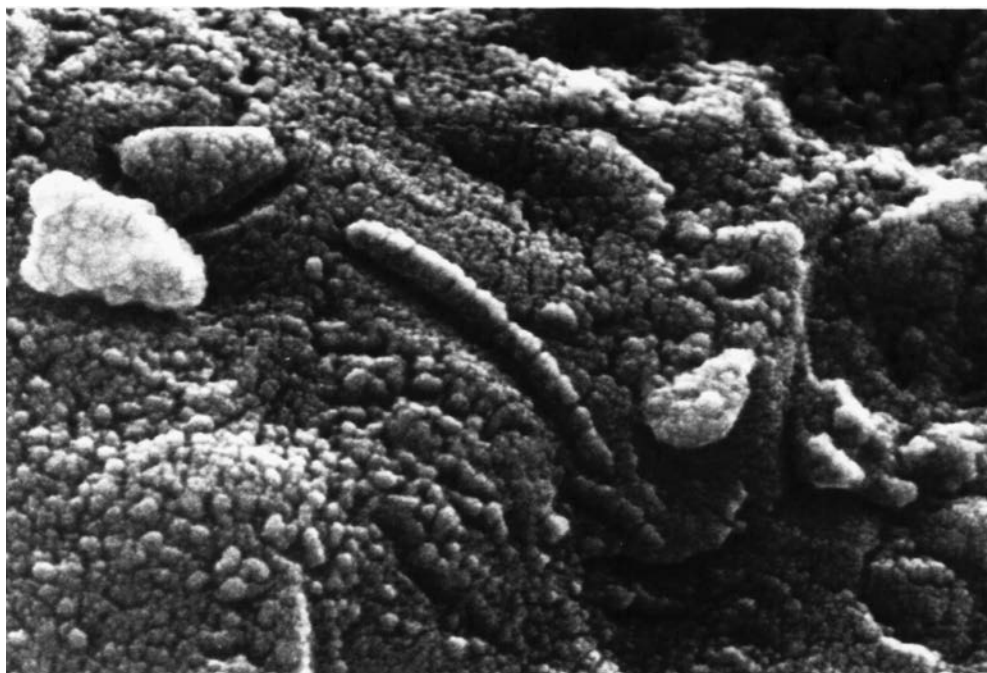




Den amerikanske astronom Percival Lowell (1855-1916) mente, at Schiaparellis "kanaler" på Mars måtte være kunstigt anlagte irrigations-systemer, der havde til formål at udvinde vand fra iskapperne (som han troede eksisterede) og transportere det til de tørre ækvatoriale områder. Omkring 1905 rapporterede amerikanske aviser jævnligt om de kanalbyggende marsianere. Her et af Lowells kort (i Mercators projektion) fra 1895. I dag mener de fleste forskere, at de observerede mørke linjer skyldes optiske illusioner pga. mørke lag af sten, der bliver synlige efter sandstorme.

Günther Wächtershäuser (f. 1938) livets opståen på overfladen af svovlkiskrystaller tæt på varme undersøiske kilder. Han forestillede sig, at en kombination af jern, kuldioxid og svovlbrinte, bundet til overfladen af svovlkiskrystaller dybt nede i havet, kunne udvikle nye organiske molekyler såsom sukker. På overfladen af denne "præbiotiske pizza", hvor dannelsen af svovlkis kunne fri-

gøre nyttig energi, ville der muligvis kunne opstå nogle selvstændige semi-cellulære organismer, som på grund af en rig tilstrømning af mineraler og stoffer kunne udvikle et eget stofskifte og egne enzymer. Først langt senere, når processernes sofistikerede mekanik var blevet mere og mere udbygget, ville organismen langsomt kunne frigøre sig fra svovlkisen og bevæge ud i sit nyerhvervede frie liv. En lignende teori blev udviklet af englænderen Graham Cairns-Smith (f. 1931), der mente, at livet i begyndelsen udfoldede sig i simple lerkrystaller. Idet lerklumperne vokser og brækker over i én uendelighed, kan de bære informationer videre gennem tid og rum. Stofferne inde i lerkrystallernes hulrum ville så kunne overleve, have held



med at formere sig og blive langsomt mere komplicerede. Først langt senere i historien kunne det genetiske maskineri overtage lerkrystallernes funktioner og befri sig fra tilværelsen i mudderet.

En sidste og stadig mere populær teori om livets oprindelse går ud fra, at livet kommer fra det ydre rum – at Jordkloden med andre ord er blevet inkuberet med levende organismer fra andre planeter. Mars har altid været ønskekandidaten. Allerede i forrige århundrede fremsattes flere teorier om marsmænd og højtudviklede civilisationer. En af årsagerne var den italienske astronom Giovanni Schiaparelli (1835-1910), som havde observeret nogle “canali” på overfladen. Betegnelsen “kanaler” fik folk til at tro, at de var kunstigt skabt. Teorier om marsiansk landbrug og krigeriske invasioner levede langt ind i vort århundrede, og selvom forskere forlængst havde vist, at overfladen på Mars var en kæmpe dybfryser, hvor de fleste luftarter havde forladt atmosfæren på grund af den lave tyngdekraft, forblev myten om marsmænd en

I 1996 fremlagde en gruppe af forskere fra det amerikanske rumforskningsagentur NASA såkaldte “beviser” for, at der har eksisteret mikrober på Mars. En sten, der var blevet slynget ud af Mars’ tyngdefelt og landet i Antarktis, viste sig at indeholde polycykliske aromatiske hydrokarboner (pah’er), som typisk findes i kul, petroleum og bakterier, og som langsomt fossileres i den proces, hvor sten dannes. Stenen indeholdt også små aflange karbonatlommer, som kan ses på billedet her, der muligvis indeholder rigtige fossiler ikke større end en milliontedel af en millimeter i omfang. Opdagelsen skabte store overskrifter og nye bevillinger til NASA, men efterhånden er der få tilbage, som tror, at stenen vitteligt indeholder rester af liv fra Mars.

hårdnakket bestanddel af folkefortællinger og skønlitteratur, hvoraf den vel nok mest kendte er H.G. Wells' (1866-1946) roman *Klodernes Kamp*.

Men også seriøse forskere har forgæves ledt efter liv på Mars. I 1960'erne blev en meteor fra Orgueil-nedslaget i 1864 i Frankrig meget berømt. I dens indre fandt man en stor mængde organiske molekyler, som man antog for at være mikroskopiske fossiler. Det var de ikke. Et af dem var et brandbægerpollen og et andet simpel aske. En anden meteor, som styrtede ned i den australske ørken i 1969, indeholdt mere end 50 forskellige aminosyrer (mennesket behøver 20), hvilket fik astronomer til at lytte efter organiske molekylers svingninger i rummet. Siden da har man forskellige steder i universet opdaget både myresyre, alkohol og endda eddike. Da rumskibet *Viking* landede på Mars i midten af 1970'erne for at undersøge overfladen for mulige livsformer, troede man også en kort overgang, at der myldrede med liv. Det gjorde der ikke. De gasser, der udvikledes under eksperimenterne, viste sig ved nærmere undersøgelse ikke at stamme fra biologiske processer, men fra den stærke ultraviolette stråling, som på den atmosfæreløse Marsoverflade kan nedbryde næsten hvad som helst. Hele NASA's rumforskningsprogram fik en næse og blev stærkt nedprioriteret i de følgende år.

Men i kemikernes søgen efter livets byggesten var der et yderligere problem at forholde sig til. Det er det klassiske problem om "hønen og ægget", som kan illustreres sådan her: ligesom vi mennesker har brug for sofistikeret værktøj til at bygge en fabrik, har vi brug for en fabrik til at producere værktøjet. Hvad kom først? Med hensyn til en organisme bliver problemet åbenlyst, når vi tænker på DNA som livets fundamentale byggesten. DNA kan ikke fungere og nedarves uden et perfekt maskineri, som producerer proteiner, celler og kroppe, der kan bevæge sig igennem tid og rum og være en sikker transportbeholder for DNA. Hvad kom først? Kom informationskoden først (i form af den enstrengede version af DNA, kaldet RNA), eller kom maskineriet, proteinerne og stofskiftet først?

Det er først i løbet af 1970'erne og 80'erne, at man er begyndt at løse nogle af problemerne omkring oprindelsen af biologiske livsprocesser. Det er bl.a. sket gennem den nyerhvervede viden om såkaldt selvorganiserende og adaptive komplekse systemer, som i høj grad er kommet i stand gennem en øget accept af tværvidenskabelige tilgange til den slags problemer, hvor grænselandet mellem biologi, kemi, fysik og matematik – som oftest ved

hjælp af computersimulationer – kan væves sammen til langt mere abstrakte, men også langt mere udsigelsesrige teoretiske modeller.

Fra designargumenter til selvorganisering

Det evolutionære princip om variation og tilpasning er ikke kun anvendeligt på arter, men på alt fra atomer over social kommunikation til universet som sådan. Det er en designproces uden en designer. Det bibeholder kun de atomer, de molekyler og de komplekse strukturer, som er tilpas fleksible og udskiftelige, idet de altid skal kunne tilpasse sig en omverden. En umiddelbar tanke er så, at hvis fleksibilitet og udskiftelighed er et afgørende kriterium for et vindende design, så er det fordi den allervigtigste egenskab for bibeholdelsen af liv ikke er materialet, det er lavet af, men formen. Og form er information. Én af hovedideerne i evolutionsteorien er tanken om den kontinuerte bevarelse af information gennem generationerne, ligegyldigt hvilket materiale der bærer budskabet. Derfor er der i løbet af den sidste halvdel af det 20. århundrede dukket flere og flere teorier op, som ikke fokuserer på byggematerialet, men i stedet kigger på de strukturelle og dynamiske processer, som kunne ligge til grund for komplekse systemers opståen og udvikling. Man spekulerer over de mulige arkitektoniske principper og de selvorganiserende netværk, som i kølvandet på kompleksitetsforskningen og forskningen i ikke-linearitet har kunnet finde en passende matematisk udtryksform. Man taler om emergens af nye kvaliteter og om autopoiesis, dvs. om materiens evne til selv at komme til live.

Allerede i 1910 foreslog den østrigskfødte matematiker og biolog Alfred Lotka (1880-1949) en hypotetisk kemisk reaktion, som han mente ville udvise periodiske svingninger. Men da den amerikanske kemiker William C. Bray (1879-1946) i 1921 som den første så sådanne svingninger i et kemisk eksperiment og offentliggjorde resultatet, var der ingen, der troede på ham. Man mente ikke, at fænomenet var foreneligt med termodynamikkens anden lov, idet dogmet jo var, at alle kemiske reaktioner uundgåeligt måtte bevæge sig hen imod den højest mulige grad af entropi, dvs. den højeste grad af “uorden”. Stabile svingninger, endsige mønstre, i kemiske blandinger – det kunne ikke eksistere. Først langt senere blev man klar over, at disse fænomener sagtens kan forenes med termodynamikken. De kemiske og biologiske processer skal blot være langt fra en termodynamisk ligevægt. Når der f.eks.

er en vedvarende stofomsætning, og der hele tiden produceres affaldsstoffer og kommer nye forsyninger til, kan mønstre og svingninger opretholdes visse steder, mens den entropiske "uorden" placeres i affaldsstofferne. Den første grundige beskrivelse af dette blev givet af belgieren Ilya Prigogine (1917-2003), der i 1977 fik nobelprisen i kemi for sit arbejde med det, han kaldte dissipative strukturer.

De mest simple ikke-ligevægtsfænomener er svingninger, simple oscillationer i tid og rum. Og det har vist sig, at netop svingninger typisk er det første trin hen imod de meget mere komplekse og dynamiske fænomener, som man sædvanligvis karakteriserer som livsprocesser. Men der skulle gå mange år, før naturvidenskaben kunne acceptere, at sådanne formodede "perpetua mobila" – dvs. pseudo-evighedsmaskiner, da der jo er tale om vedvarende stofomsætning – faktisk var i overensstemmelse med etableret viden om fysik, kemi og biologi. Den russiske kemiker Boris P. Belousov (1893-1970) opdagede f.eks. i 1951 nogle voldsomme oscillationer i antallet af cerium-ioner i sin kolbe, da han brugte dem til at oxidere citronsyre med. Artiklen blev frådende afvist af tidsskriftsredaktørerne, og først i 1958 kunne han offentliggøre sine fund gemt langt væk i mødereferaterne fra en obskur russisk lægekongres.

Lidt bedre gik det for den engelske matematiker Alan Turing (1912-54), der i 1952 fremsatte den første realistiske model for spontan rumlig mønsterdannelse ud fra vekselvirkningen mellem kemiske reaktioner og almindelig diffusion. Turing mente, at hans model kunne anvendes til at forklare de mange mønstre og former, som man kunne finde i blomster- og dyreverdenen. Som en meget simpel model forestillede han sig, at to stoffer kommer i berøring med hinanden og reagerer på en sådan måde, at et af stofferne dannes igen (og faktisk i en højere mængde, end der var fra start – det er det, man kalder autokatalyse), mens det andet stof forbruges normalt. Dette giver en selvforstærkende effekt, som ville eskalere, hvis der ikke var en hæmmende faktor. Eksplosionen af dynamit er et godt eksempel på en selvforstærkende reaktion, idet det her er ilt, der forbruges, og varme der dannes, og da nye forsyninger af ilt umiddelbart er tilgængelige fra luften, kan reaktionen fortsætte og løbe løbsk, hvis der ikke er en hæmmende faktor. Denne faktor kan være mangel på nye stoffer (med hensyn til dynamitten er det dynamitten selv), men den kan også i tilfælde af mindre reaktive kemikalier (som farvepigmenter) være simpel diffusion. Diffusion er den spred-



ningsproces, som får en dråbe blæk til at fordele sig ligeligt i et badekar med vand. Mønsterdannelse opstår altså ud fra selvforstærkende reaktioner og diffusion, og hvis der tilmed altid kommer friske forsyninger af stoffer – dem som f.eks. sommerfugle og snegleskaller producerer ustandseligt – kan resultatet blive et ret stabilt mønster af pigmenter.

I dag kaldes den slags mønstre for Turingstrukturer. De opstår spontant og er selvorganiserede. Der er ikke brug for nogen gener, som koder for de enkelte dele af strukturen. Tværtimod er hele systemet, hele opsætningen, en betingelse for skabelsen af mønstre, og omvendt er mønstrene en nødvendig følge af helt basale fysisk-kemiske vekselvirkninger. Det er sandsynligt, at de ligger til grund for en hel række mønsterdannelsesprocesser som f.eks. mønstrene på pattedyrs skind, snegleskaller og fisk, ligesom de tænkes at bidrage til styring af fostres udviklingsmekanismer og til celledeling. Turingstrukturer er også blevet anvendt til at

Snegleskaller vokser ikke ligesom, når man puster en ballon op, men snarere som en endimensional proces, fra top til bund, med det ene lag efter det andet. Kun ved kanten af skallen kan nye elementer af mønstrets pigmenter dannes, og derfor henviser ethvert punkt på skallen til et bestemt tidspunkt i dens tilblivelse. Skallen er derfor et størknet historisk aftryk af den dynamiske mekanisme, som har dannet den i første instans. På billedet ses en computerfrembragt Turingstruktur, der svarer til mønstret på snegleskallen i forgrunden. Springer Science and Business Media.

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 udhullet 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.

Evolutionær psykologi

Teorierne om kin-selektion og omvendt altruisme har været nogle af de vigtigste grundpiller for den biologiske adfærdsforskning, som den kom til at forme sig op igennem den sidste fjerdedel af 1900-tallet. Den amerikanske biolog Edward O. Wilsons (f. 1929) klassiker *Sociobiology* fra 1975, der populariserede Hamiltons og Trivers' ideer, landede således som en granat i 1970'ernes politiske klima, der primært så mennesket som et socialt væsen, som kan formes i alle retninger ved hjælp af det rette miljø og den rette opdragelse. Pludselig var det de skæbnetunge gener, som var i centrum. De havde deres eget liv og var selviske, blev det sagt, og enhver altruistisk handling var blot en mere forfinet form for egoisme.

Darwin sagde engang, at "synet af en påfugl gør mig syg". Han forstod ikke, hvordan den naturlige udvælgelse kunne finde på at lave en så barok tingest som en påfuglehale. Hans teori om den naturlige udvælgelse forklarede fint, hvorfor isbjørne har tykt skind, eller hvorfor fuglenæb har den form, de har. Men den forklarede ikke eksistensen af al den extravaganza, alt det blær og overdreven staffage, der findes i dyrs og planters ekvipering. Hvorfor skal kronhjorte absolut bære rundt på et 15 kg tungt gevir, og hvorfor findes der så mange popsmarte mønstre på billers skjolde? Det blev hurtigt klart for biologerne, at denne gruppe af fænomener også kunne forklares som konsekvens af de nye spilteoretiske modeller. Et helt nyt og tværvideenskabeligt forskningsfelt udvikledes således i slutningen af 1900-tallet under fællesbetegnelsen "evolutionær psykologi" – et begreb, der blev indført af biologerne Leda Cosmides (f. 1957) og John Tooby (f. 1952) i bogen *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and The Generation of Culture* fra 1992. Den evolutionære psykologis kontroversielle præmis er, at menneskers og andre primaters udseende, adfærd og bevidsthed kan forstås bedst i lyset af deres evolutionære historie. Den evolutionære psykologi foreslår således, at mekanismerne for et stort antal af menneskelige reaktionsmønstre, følelser og tanker skal findes i psykologiske adaptationer, som udvikles ved naturlig udvælgelse for at facilitere og forbedre reproduktionen. Nogle af mekanismerne menes at være universelle, mens andre er begrænsede til ét køn eller til en bestemt aldersgruppe. Mange adaptationer er ukontroversielle, som f.eks. hukommelse, Kooperation og muskelkontrol, men mindst ligeså mange adaptationer er stærkt omdiskuterede. Det gælder f.eks. mænd og kvinders parringsstrategier, incestundvigelsesmekanismer og evnen til at afsløre snyd og bedrag.



Resultater fra “ultimatumspelet”. X-aksen angiver den tilbudte sum penge, og størrelsen af cirklene angiver procentdelen af forsøgspersoner, som ikke accepterer summen og straffer. (De hvide tal angiver procentdel), n er antallet af forsøg. I Gusii (Kenya) var der f.eks. ingen, som accepterede et tilbud under 30 \$. Bemærk, at der er mange kulturer, som f.eks. folk i Accra (Ghana) og Sanquianga (Colombia), som også straffer alt for stor generøsitet, noget man ikke finder i Europa eller USA. Tabellen er sorteret efter de gennemsnitligt mindste tilbud (øverst) til de største (nederst). Folk i Sursurunga (Papua Ny Guinea) giver altså i gennemsnit mere end halvdelen af pengene bort. J. Henrich et al. i *Science* 312, 2006.

For bedre at forstå grundlaget for årsagen til samarbejde og sociale normer hos mennesker har en række evolutionære psykologer f.eks. udviklet “ultimatumspelet”, hvor en person får tildelt 100 \$, som hun/han skal fordele efter for godtbeholdende mellem sig selv og andre. Hvis hun/han giver de andre “for lidt”, har de mulighed for at straffe giveren. Hvis der straffes betyder det imidlertid, at ingen af dem modtager noget.

Viljen til at straffe, selvom det koster penge, viser sig at være betragtelig.

Forskerne kunne derfor konkludere, at mennesker fra alle kulturer er villige til at straffe uretfærdighed. Men hvad der bliver anset som retfærdigt og uretfærdigt, er meget forskelligt fra kultur til kultur. Størrelsen af straffen varierer også meget, men der er altid en korrelation mellem størrelsen af straffen og viljen til samarbejde. Jo større vilje der er til at samarbejde i en kultur, jo større bliver straffene, hvis man ikke gør det.

Det kontroversielle i den evolutionære psykologis hypotese er, at den menneskelige natur med alle dens fortrin og mangler anses for at være et resultat af nogle genetiske og sociale processer, og derved er et uomgængeligt vilkår. Vores umoral vil ikke forsvinde med hverken pisk eller gulerod, ej heller med et dobbelt pensum marxistiske seminarer. I hvert fald ikke på kort sigt. Vores emotionelle tendenser og instinkter korresponderer blot med spilteoriens regler, fordi det er disse, som er de kombinatoriske realiteter for genernes overlevelse i en given social kontekst. Mange forskere har vendt sig stærkt imod en sådan reduktionistisk forståelse af mennesket, fordi det kan forlede folk til at tro, at de ikke har noget ansvar for egne handlinger: "det er ikke min, men mine genes skyld." Men en kritik af den evolutionære psykologi må også selv passe på med ikke at begå en reduktionistisk fejlslutning, fordi et evolutionært perspektiv på godhedens oprindelse ikke gør os mindre eller mere gode. Det er blot et andet forsøg på at forklare nogle sammenhænge. Den evolutionære psykologi er stadig en videnskabsgren i sin vorden, selvom den efterhånden også bliver anvendt i en lang række forskningsområder uden for de klassisk naturvidenskabelige områder såsom økonomi, politik, litteratur og jura.