

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.

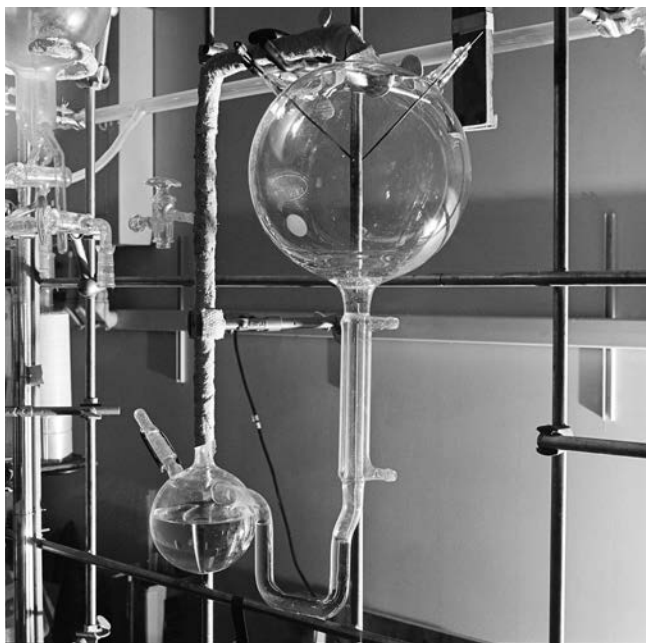
## Livets oprindelse

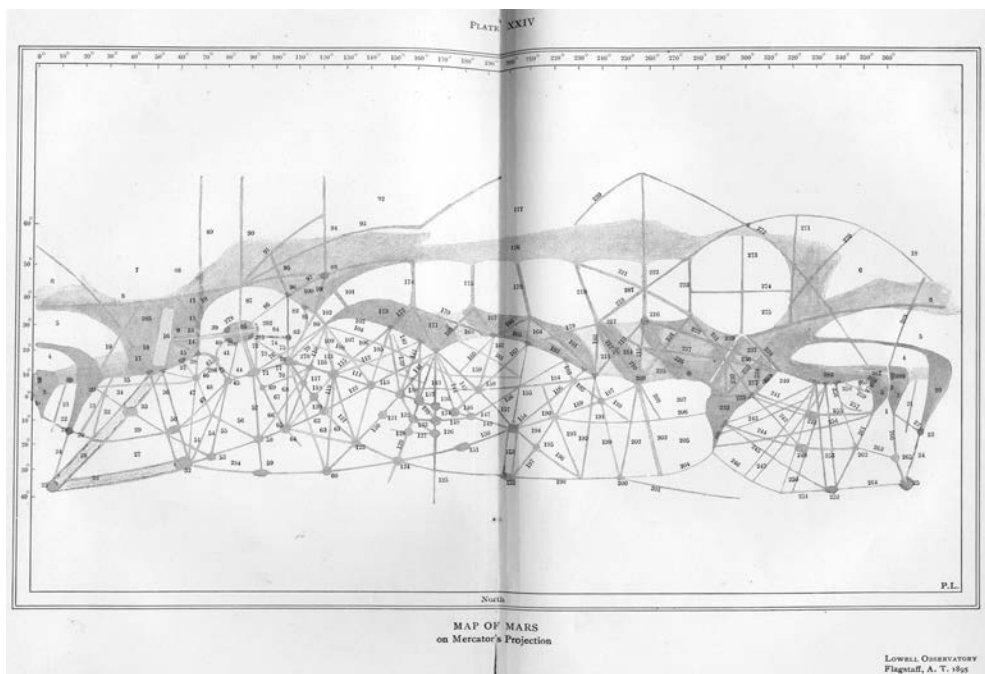
Den naturlige selektion er så alment et princip, at den ikke kun er anvendelig på eksisterende biologiske systemer og deres gradvise udvikling gennem historien. Den må også gælde for alle de ikke-levende systemer, der dannes og gendannes og udsættes for geologisk, fysisk eller anden udvælgelse. Den naturlige 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.

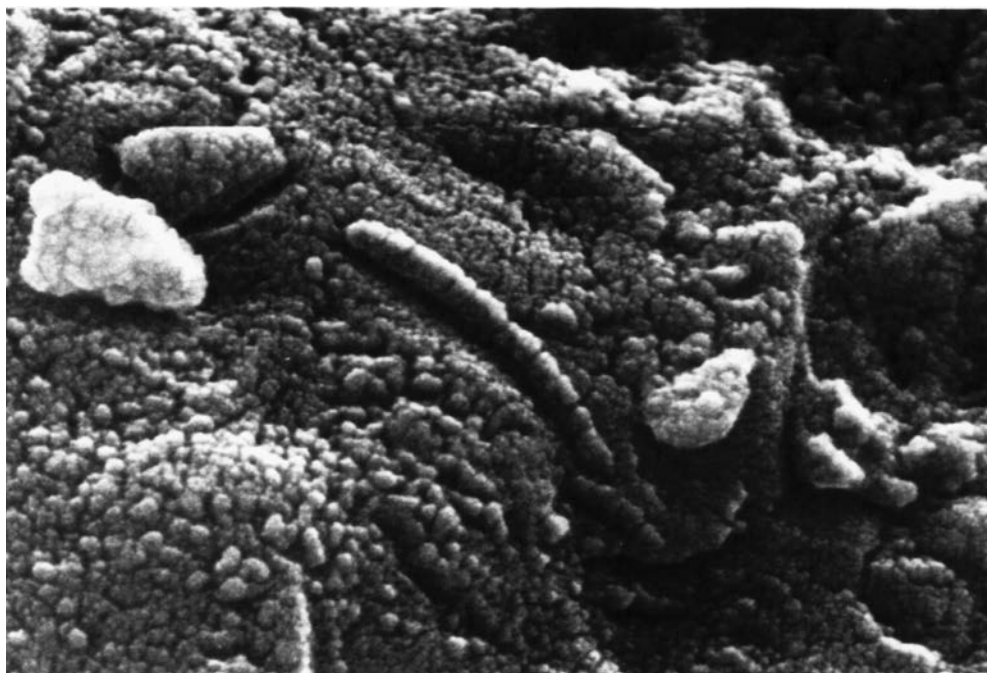




Den amerikanske astronom Percival Lowell (1855-1916) mente, at Schiaparellis "kanaler" på Mars måtte være kunstigt anlagte irrigations-systemer, der havde til formål at udvinde vand fra iskapperne (som han troede eksisterede) og transportere det til de tørre ækvatoriale områder. Omkring 1905 rapporterede 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.