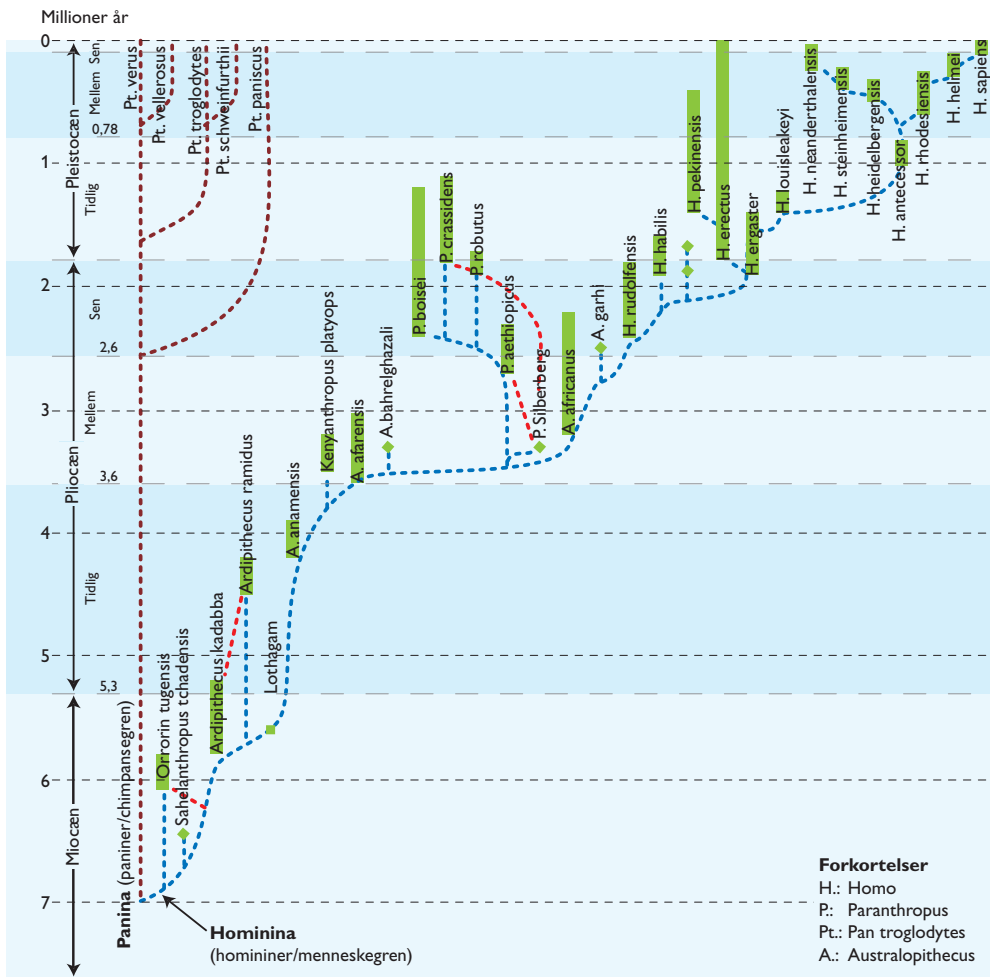


udvekslingsmuligheder, som benytter sig af alle mulige tricks – lige fra øgede mutationsfrekvenser i de enkelte aminosyrer over større udskiftninger af DNA-stumper til kæmpe omstruktureringer i hele genomet.

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.

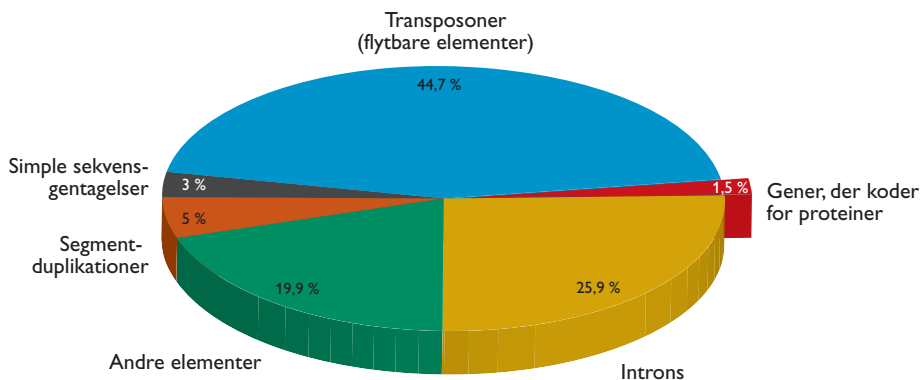
Man mener, at alle levende mennesker i dag er efterkommere af blot en enkelt gren i den store busk af menneskelignende og abelignende arter, der er opstået og har levet på jorden de sidste mange millioner år. Det anatomisk moderne menneske opstod for omkring 40.000 år siden, ca. samtidig med at neandertalerne 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 palæolitik tid, dvs. for ca. 30.000 år siden, var 20-30 procent mere robuste. De australske aboriginers 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 vespundet net af afhængigheder, som vi kalder en levende organisme?