KUNGL. VETENSKAPS-AKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

VETENSKAPEN SÄGER

VETENSKAPEN SÄGER ★ NR 5 ★ DECEMBER 2023

– om människans evolution

Människan har alltid fascinerats av sitt ursprung. Dagens vetenskap ger oss fantastiska möjligheter att utforska det, genom att kombinera arkeologi och fossilfynd med genetiska analyser av allt äldre arvsmassa. Steg för steg förstår vi mer om hur människan har utvecklats och spritt sig över världen.

Vilka är vi?

ILLUSTRATION: JOHAN JARNESTAD/KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN

I tusentals år har vi försökt förstå vårt ursprung. De senaste årtiondena har kunskapen ökat dramatiskt. Nya möjligheter inom genetiken har gjort människans evolution till ett hett forskningsfält. Vi finner allt fler genetiska förändringar som kan ha bidragit till utvecklingen av vår art, och som både förklarar och utmanar tidigare idéer om vad det innebär att vara människa.

Människan har inte utvecklats från schimpanserna. Däremot har schimpanser och människor utvecklats från gemensamma föregångare som levde för 6–8 miljoner sedan.

Schimpanserna är våra närmaste nu levande släktingar. Därför kan det vara intressant att jämföra med dem för att se vad som gör oss unika. På många sätt är vi lika, och skillnaderna är inte absoluta utan gradskillnader.

Människan går på två ben medan schimpanser går på alla fyra, även om de kan gå på två ben kortare sträckor. Våra ben är längre och höftpartiet har anpassats till gång och språng, vilket gjort bäckenet smalare. Det betyder också att födelsekanalen i bäckenet har blivit trängre. Därför är förlossningar besvärligare för människor än för våra närmaste släktingar bland aporna. Ytterligare en orsak till det är våra stora huvuden. Människors hjärnor är ungefär tre gånger så stora som schimpansernas. Därför måste våra barn födas relativt outvecklade; de behöver helt enkelt komma ut ur mamman innan huvudet blir för stort. En schimpansunge är mer utvecklad vid födseln och kan exempelvis gå själv efter ett halvår.

Människan är inte ensam om att använda enkla verktyg – schimpanser gör det för att knäcka nötter och fiska upp termiter – men de tidiga människorna började tillverka alltmer avancerade stenverktyg, som har hittats av arkeologer i vår tid.

Forskare diskuterar när föregångare till människan började använda elden. Det kan ha hänt för omkring en miljon år sedan. Tillagad föda gjorde det lättare att få i sig tillräcklig näring. Vissa grönsaker som är giftiga i rå form går att äta när de tillagats, och

lagad mat innehåller dessutom fler lättillgängliga kalorier. Det har lett till att vi klarar oss med ett enklare tarmsystem och våra magar och tänder är betydligt mindre än hos de andra stora aporna. Lagad mat betydde att vi kunde ägna mindre tid åt att äta och fick mer tid över till annat, som att skaffa mat, tillverka verktyg och interagera med varandra.

Vi är sociala och bygger kunskap tillsammans

Vad gäller hjärnan har vi i stort sett samma sinnesfunktioner som schimpanserna, men vår pannlob är betydligt större. Det gör oss bättre på abstrakt tänkande. Vi förstår samband mellan orsak och verkan på mer avancerade sätt än andra djur. Schimpanser kan planera i viss mån, men människor är betydligt bättre på det. Vi kan sätta oss in i hur medmänniskor känner, vad de vill och vad de vet. Schimpanser uppvisar empati och förstår vad andra uppmärksammar, men i övrigt är deras inlevelseförmåga mer begränsad.

Precis som många andra djur bygger bon och lägger upp lager av mat, har människor skapat sig olika former av skydd: byggnader och lager, men också odlingar som tryggar tillgången på mat. En annan sorts skydd är våra medicinska och tekniska kunskaper, våra samhällen och sociala mekanismer. Allt detta gör oss mycket starkare i kampen för att överleva och fortplanta oss. Vi är den enda primaten som har befolkat alla kontinenter utom Antarktis, trots att vi har stora behov av näring och skydd jämfört med många andra arter. Att vi klarat det beror på att vi har kunnat förändra vår närmiljö med hjälp av teknologi så att den passar våra livsvillkor.

Människor är unikt sociala varelser. Vi samarbetar inom många fler områden än schimpanserna, vi har gemensamma måltider där vi delar med oss av maten och vi byter varor med varandra, vilket schimpanser inte gör. De delar också föda, jagar i flock – men utan att planera i förväg – och kan någon gång hjälpa varandra med barnpassning. Men de gör det inte på samma komplexa och medvetna sätt som människorna.

Människan har en ovanlig nyfikenhet och förmåga till lärande. Kunskapen byggs hela tiden på och utvecklas av nya personer och generationer. Vårt språk har förstås spelat stor roll. Även schimpanser kommunicerar, med födorop och varningsrop, men bara om nuet. Människor kommunicerar om framtiden och om sina minnen, och är den enda djurart som aktivt och avsiktligt undervisar andra. Vi har skapat kulturer med dans, musik, ritualer, religion, konst och berättelser. Vi lär oss de normer som finns inom gruppen och bestraffar kollektivt dem som bryter mot normerna.

Genom att jämföra med våra närmaste nu levande släktingar ser man tydligt hur mycket vi har gemensamt med andra arter, men också vad som gör oss unika. I den här skriften ska vi berätta mer om vad både gammal och ny forskning säger om hur vi blivit de vi är, och hur vi har spridit oss över världen.

FOTO: MAXIME AUBERT, GRIFFITH UNIVERSITY, AUSTRALIEN

Den troligen äldsta kända avbildningen av ett djur. Grottmålningen i Indonesien är 45 500 år gammal och föreställer sannolikt en gris.

Människans evolution studeras inom många vetenskapliga fält. Några av de centrala är:

- **Arkeologi**. Om material och fysiska spår som människan lämnat efter sig.
- **Paleontologi**. Om förhistoriskt liv, organismers evolution och hur de samspelat med varandra och miljön. Jämför benrester, kroppsbyggnad och fossil.
- **Genetik**. Hur egenskaper ärvs, hur arvsmassan (genomet) med generna fungerar, hur genetiska förändringar uppstår och vad de betyder.

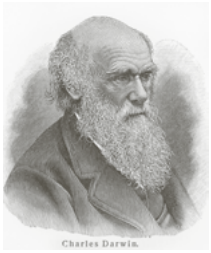
ILLUSTRATION: KICKI AJAX/FRÄULEIN DESIGN
FOTO: ADOBE STOCK

Vägen till kunskap om människan

Kunskapen om människosläktet, våra egenskaper, anpassningar, beteenden och relationer har vuxit fram under minst tvåtusen år, med rötter i antikens Grekland och Rom. I början handlade det om studier av andra folkgruppers utseende och vanor. Tolkningarna kunde både försköna det främmande som "naturligt", och svartmåla det som "primitivt".

Fossil hittades för mer än tvåtusen år sedan, men paleontologin etablerades först på 1700-talet. På 1800-talet fann man skelett och fossil från neandertalmänniskor och andra tidiga människoarter. I dag finns flera metoder för att beräkna fyndens ålder: jämförelser av berglager, mätningar av radioaktivt sönderfall i materialet och DNA-analyser.

Länge ansågs det självklart att levande arter var oföränderliga. När Charles Darwins bok *Om arternas uppkomst* publicerats 1859 började allt fler acceptera att arter faktiskt förändrats och utvecklats. Darwin skrev först inte mycket om människor, men hans arbete blev en viktig grund för att förstå människans evolution.



Kring mitten av 1800-talet upptäcktes ärftlighetens mekanismer, men det krävdes många decenniers forskning för att förstå vad som bar egenskaperna vidare. Under 1900-talet tog vetenskapen stora språng framåt, och steg för steg byggdes kunskapen om gener, hur de ärvs och hur de förändras.

År 2000 blev en första kartläggning av människans genom (arvsmassa) klar och 2022 kunde en komplett sekvens presenteras. Genetiken är i dag ett mycket viktigt redskap för att förstå vårt ursprung, vår utveckling och spridning över världen.

De senaste 20 årens forskning om DNA i förhistoriska lämningar har gjort att vi i dag kan analysera DNA från organismer som levde för över en miljon år sedan. En utmaning forskarna behövt lösa är att lämningarna ofta innehåller DNA från miljön omkring, som markens bakterier och svampar. En annan utmaning är att DNA bryts ner med tiden och det har krävts nya metoder för att göra analyser utifrån mycket små bitar. 2010 lyckades forskaren Svante Pääbo och hans kollegor kartlägga genomet från en neandertalmänniska, och han belönades med Nobelpriset i fysiologi eller medicin 2022.

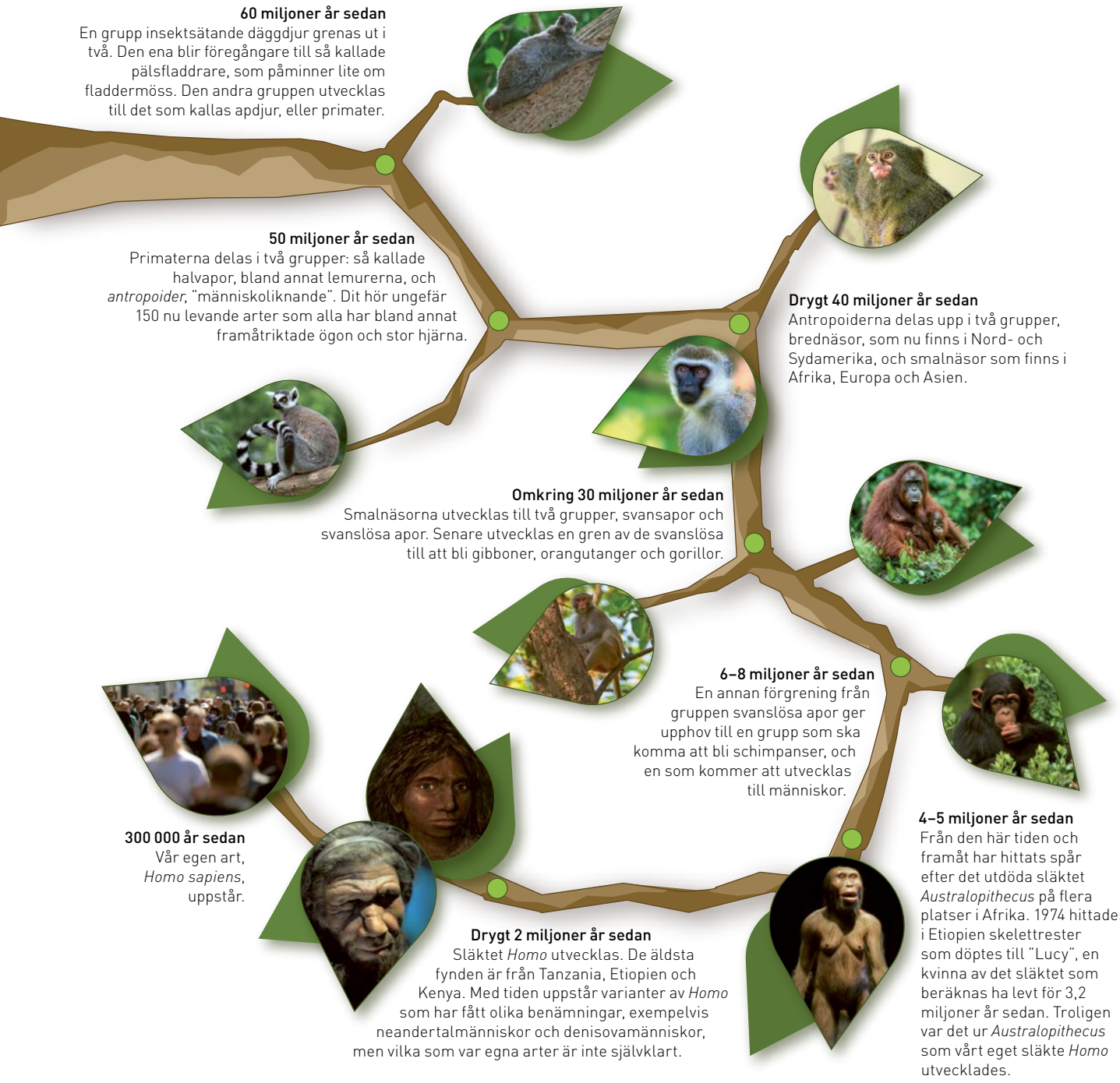
Latinska namn

Alla artnamn skrivs på latin överallt i världen. På så vis vet forskare vilken art som menas, oavsett vilket språk de pratar. Man skriver alltid kursiverat, med stor bokstav för släktet och liten bokstav för det namn som anger arten. Alltså *Homo* eller *Australopithecus* för hela släktet, *Homo sapiens* eller *H. sapiens* för den specifika arten.

ILLUSTRATION: KICKI AJAX/FRÄULEIN DESIGN
ILLUSTRATION DENISOVAN: MAAYAN VISUALS
FOTO: STOCK.ADOBE.COM OCH ALAMY.COM

När vi och andra djur gick skilda vägar

Ett fylogenetiskt träd, eller evolutionärt träd, visar förhållandena mellan olika arter. Genom att studera skillnader i arvsmassan hos levande arter, och utseende och egenskaper hos fossil, har forskare kunnat dra slutsatser om hur länge det var sedan arter började utvecklas åt olika håll.



60 miljoner år sedan
En grupp insektsätande däggdjur grenas ut i två. Den ena blir föregångare till så kallade pälsfladdrare, som påminner lite om fladdermöss. Den andra gruppen utvecklas till det som kallas apdjur, eller primater.

50 miljoner år sedan
Primaterna delas i två grupper: så kallade halvapor, bland annat lemurerna, och *antropoider*, ”människoliknande”. Dit hör ungefär 150 nu levande arter som alla har bland annat framåtriktade ögon och stor hjärna.

Drygt 40 miljoner år sedan
Antropoiderna delas upp i två grupper, brednäsor, som nu finns i Nord- och Sydamerika, och smalnäsor som finns i Afrika, Europa och Asien.

Omkring 30 miljoner år sedan
Smalnäsorna utvecklas till två grupper, svansapor och svanslösa apor. Senare utvecklas en gren av de svanslösa till att bli gibboner, orangutanger och gorillor.

6–8 miljoner år sedan
En annan förgrening från gruppen svanslösa apor ger upphov till en grupp som ska komma att bli schimpanser, och en som kommer att utvecklas till människor.

4–5 miljoner år sedan
Från den här tiden och framåt har hittats spår efter det utdöda släktet *Australopithecus* på flera platser i Afrika. 1974 hittades i Etiopien skelettrester som döptes till ”Lucy”, en kvinna av det släktet som beräknas ha levt för 3,2 miljoner år sedan. Troligen var det ur *Australopithecus* som vårt eget släkte *Homo* utvecklades.

Drygt 2 miljoner år sedan
Släktet *Homo* utvecklas. De äldsta fynden är från Tanzania, Etiopien och Kenya. Med tiden uppstår varianter av *Homo* som har fått olika benämningar, exempelvis neandertalmänniskor och denisovamänniskor, men vilka som var egna arter är inte självklart.

300 000 år sedan
Vår egen art, *Homo sapiens*, uppstår.

Det är vanligt att rita evolutionen som ett träd, där arter grenas av från varandra vid tydliga punkter. Men kanske är det här en mer rättvisande bild av släktet *Homo:* ett floddelta, där man ser att olika former skilts, mötts och blandats. Ny forskning, inte minst på DNA från förhistoriska lämningar, tyder på att det var det som hände.

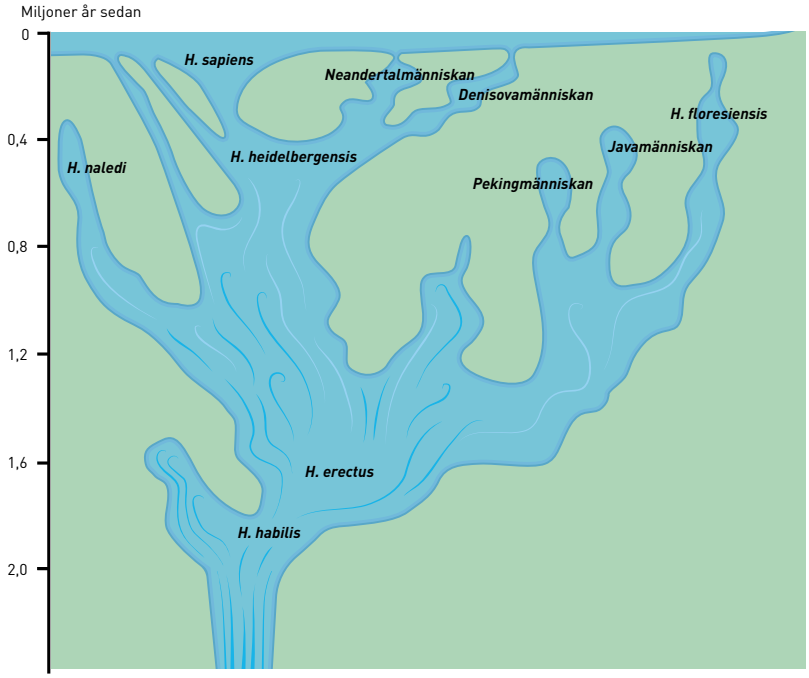


ILLUSTRATION: JOHAN JARNESTAD/KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN

Från Afrika och vidare

Det har funnits ett flertal arter av släktet *Homo* på jorden. Vissa kan ha varit våra förfäder, andra representerar andra grenar på släktträdet. Efter många års undersökningar har forskare kommit fram till att *Homo sapiens* utvecklades i Afrika och spred sig därifrån.

Genom tiderna har många platser på jorden föreslagits som ”människans vagga”, i Afrika, Europa och Asien. Inte sällan har det funnits politiska motiv att placera människans ursprung i ett visst område, nära eller i det egna landet. Men hypoteserna har också byggt på fossilfynd. Till exempel trodde forskare på 1800-talet att neandertalmänniskorna vars fossil man hittade i bland annat Tyskland och Belgien var föregångare till *H. sapiens*, och antog att människan hade sitt ursprung i Europa.

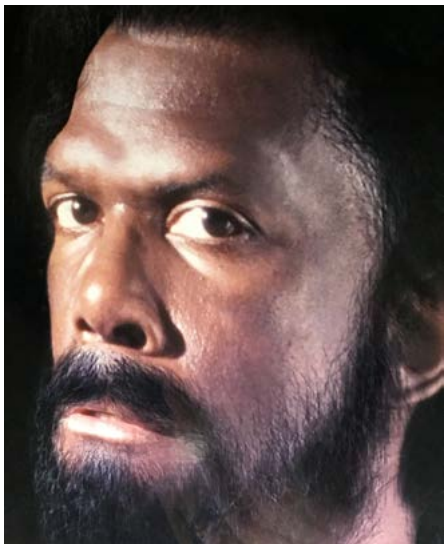
Under 1900-talet gjordes fler arkeologiska undersökningar i andra delar av världen och de äldre idéerna omvärderades och förkastades. Av flera skäl har vi kunnat dra slutsatsen att den moderna människan utvecklades i Afrika. De fossil som är mest lika oss har hittats där. Dessutom har forskare de senaste årtiondena visat att de genetiska skillnaderna mellan folkgrupper i Europa, Asien, Oceanien och Amerika är mindre än mellan folkgrupper i Afrika. Detta tyder på att det från början fanns mer genetisk variation på den afrikanska kontinenten, men att bara vissa av de genetiska varianterna spreds med migranter till platser utanför Afrika.

En betydligt nyare upptäckt är att det inte går att säga säkert var på den afrikanska kontinenten som den moderna människan utvecklades. 1900-talets utgrävningar i Afrika fokuserade till stor del på östra kontinenten, och de många fynden där tolkades som att vår art ursprungligen utvecklats där. Nyare resultat har gjort att man fått tänka om. Kanske skedde utvecklingen i flera områden, och grupperna blandades till *H. sapiens*. Att olika grupper kan ha utvecklats separat och sedan blandats igen är en ganska ny idé inom artbildningsforskningen. Om det var så, borde evolutionen egentligen inte ritas som ett träd utan snarare som ett floddelta där olika grenar kan gå isär och flyta samman igen.

Fossilfynden och de genetiska studierna är inte helt samstämmiga om åldern på oss människor. Fortfarande förfinas teknikerna för datering, och åldern på fossil omvärderas. Det är också möjligt att fossil efter de tidigaste anatomiskt moderna människorna inte har upptäckts ännu.

Genetiska förändringar gav ny art

Små genetiska förändringar uppstår lite då och då hos nya individer av en art. Om en egenskap förändras så att anpassningen till miljön blir bättre, tenderar



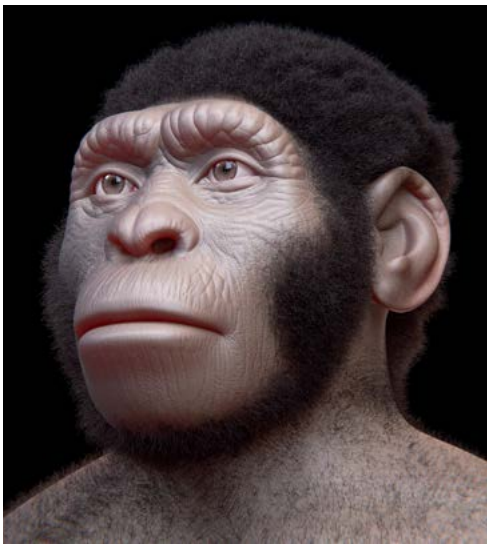


FOTO FLORISBAD: MATTIAS JAKOBSSON. FRÅN THE CRADLE OF HUMANKIND, SYDAFRIKA.
FOTO/REKONSTRUKTION NALEDI: CICERO MORAES IARC-TEAM ET ALII. CC BY 4.0. VIA WIKIMEDIA COMMONS

H. naledi, rekonstruktionen till höger, kan ha levt i södra Afrika samtidigt som en tidig variant av *H. sapiens*, rekonstruktionen till vänster, skapad utifrån en skalle hittad i Florisbad i Sydafrika, och daterad till cirka 260 000 år. Det finns också andra fynd som visar att olika arter av släktet *Homo* levt parallellt med varandra.

genvarianten att bli vanligare med tiden. Individer som bär den lever i genomsnitt längre eller får mer avkomma (eller bådadera), som för genvarianten vidare. Den här processen kallas för *selektion*, eller *urval*. När de genetiska förändringarna blivit tillräckligt stora har en ny art utvecklats.

Under lång tid var de östra delarna av den afrikanska kontinenten betydligt fuktigare än i dag och till stor del täckta av regnskogsliknande växtlighet. I träden levde de apdjur som var föregångare till både oss och schimpanserna. Men klimatet förändrades och delar av regnskogen omvandlades till torr savann. Våra föregångare delades upp i två populationer, en som blev kvar i regnskogen, en som anpassade sig till ett liv på savannen. Ur den grupp som levde i träden utvecklades schimpanserna. Den grupp som levde på marken fick med tiden bland annat upprätt gång och gick från att vara vegetarianer till att även äta en del as och rovdjurs bytesrester, eftersom det är ont om vegetabilisk föda på savannen vissa årstider. Det var ur de här marklevande aporna som de olika människoarterna utvecklades.

Människan spreds över kontinenterna

I dag befolkar människan nästan hela jorden. De flesta senare studier av arvsmassan tyder på att den processen började för någonstans mellan 50 000 och 100 000 år sedan när *H. sapiens* först vandrade ut ur Afrika. Troligen började den rörelsen i östra Afrika, men det är också möjligt att expansionen har sitt ursprung i Sahara i norra Afrika. I Mellanöstern finns också tydliga mänskliga fossilfynd som daterats till 120 000 år gamla – men de flesta forskare bedömer att det var en tidigare migration från Afrika som inte spreds vidare över världen. Det verkar som att den gruppen människor ganska snart istället ersattes av neandertalmänniskorna.

Några forskare argumenterar för att den första vågen av människor lyckades ta sig hela vägen till Oceanien, men de flesta menar att det är osannolikt. Mer sannolikt kom Oceaniens ursprungsbefolkningar från samma mänskliga gren som numera befolkar Europa och Asien.

Vi var inte först att utvandra

Homo sapiens var inte den första människoart som lämnade Afrika. Såvitt vi vet var *Homo erectus* först. Arten spred sig österut och norrut för minst 1,8 miljoner år sedan – kanske ännu tidigare, eftersom man i Kina funnit stenverktyg som hävdats vara 2,1 miljoner år gamla.

För 1,6 miljoner år sedan hade *H. erectus* befolkat östra Asien. En *H. erectus*-skalle som hittades på Java på 1800-talet är nästan 1 miljon år gammal. Fyndet brukar kallas för Javamannen. Ett annat exempel är upptäckten 2003 på den indonesiska ön Flores av skelett från en fullvuxen men liten människa, drygt en meter lång, som levt där till för ungefär 50 000 år sedan. Den brukar kallas för *Homo floresiensis*. Man har funnit verktyg på Flores som är närmare en miljon år gamla. Under den tidsperioden hade ön ingen landförbindelse med resten av nuvarande Indonesien. De som tillverkade verktygen måste alltså ha tagit sig dit över vattnet.

Så vandrade vi

Blå pilar: 80–40 000 år sedan
Bruna pilar: 15–2 000 år sedan

1. Efter migrationen från Afrika delade sig befolkningen i två separata flöden. Hur, var och varför det skedde är fortfarande oklart. Flera forskningsprojekt pågår som försöker hjälpa oss att förstå det som hände. Det står i alla fall klart att det ena flödet gick norrut och sedan vidare i både östlig och västlig riktning, medan det andra flödet gick österut och fortsatte söderut. Redan för 50 000 år sedan hade delar av Oceanien och Australien befolkats.

2. De som migrerade norrut spred sig över hela Eurasien (Europa och Asien). Genetiska analyser visar att det ganska snart uppstod en skillnad mellan populationen i väster och den i öster. Vissa genvarianter är vanligare i öst, andra i väst. Genetiska studier av en människa som levde för ungefär 45 000 år sedan i västra Sibirien visar lika starkt släktskap med dagens européer som med dagens östasiater, men analyser av individer som levde i Eurasien omkring 10 000 år senare visar att uppdelningen i en östlig och en västlig population hade skett då. Till Europa kom *H. sapiens* för ungefär 45 000 år sedan och levde där några tusentals år tillsammans med neandertalmänniskorna.

3. De som nådde Oceanien och Australien för 50 000 år sedan antas ha följt en sydlig rutt, kanske via Arabiska halvön och den indiska subkontinenten. Vid den här tiden var klimatet kallare och havsnivån lägre än i dag eftersom vatten samlats i glaciärer, framför allt vid polerna. Det betydde att bland annat dagens Australien, Tasmanien och Nya Guinea hängde samman i en kontinent som vi kallar Sahul. (Se 5.)

4. Man tror att individer från den nordliga gruppen och den sydliga gruppen, de två grenar som skilts åt vid utvandringen från Afrika, åter möttes och blandades för 20 000 år sedan.

5. När den senaste istiden passerat sitt maximum och temperaturen ökade fick smältvattnet från glaciärerna haven att stiga. För knappt 15 000 år sedan blev människorna i Australien, Nya Guinea och Filippinerna på så vis isolerade från övriga världen. För omkring 7 000 år sedan började dock en ny grupp människor från Östra Asien migrera till Oceanien, troligen i små båtar. Den gruppen fortsatte vidare till den polynesiska övärlden och nådde efter några årtusenden ända till Nya Zeeland, Hawaii och Rapa Nui (Påskön).

6. De äldsta tecknen på människor i Sydamerika och södra Nordamerika utgörs av stenverktyg och boplatser som är omkring 15 000 år gamla. Människorna kom till kontinenten via en landbrygga, Beringia, som vid den tiden fanns vid dagens Berings sund. Nordamerika var fortfarande till stora delar täckt av is, och de första människorna levde troligen längs Stillahavskusten. De migrerade söderut den vägen, eller i isfria korridorer som kan ha öppnat sig i norr.

7. Den första migrationen från nordöstra Asien via Beringia följdes av flera andra. En grupp människor befolkade de arktiska delarna av Nordamerika för cirka 5 000 år sedan. Så sent som för 700 år sedan ersattes de av förfäderna till dagens inuiter, som precis som sina föregångare kom från nordöstra Asien och Sibirien.

8. För 10–5 000 år sedan spred sig jordbrukare från sydöst över Europa. För 5 000 år sedan kom även boskapsskötare, Yamnaya-kulturen, från norr om Svarta havet. Båda grupperna blandades med jägar- och samlarfolken som fanns i området redan. (se s. 12)

Vi bosatte oss, vandrade och mötte andra grupper

När arkeologiska och fossila fynd kombinerats med moderna genetiska verktyg har vi fått betydligt mer och säkrare kunskap om hur våra förfäder förflyttade sig, och hur den moderna människan blandades med tidigare människogrupper.

Redan i målningar från antikens Egypten kan man se människans intresse för olikheterna mellan folkslag. Det är närmast karikatyrer, som överdriver typiska drag hos olika folkgrupper. Att det finns egenskaper som varierar mellan olika platser i världen har alltså varit känt länge, men förklaringarna har varierat.

Under början av 1900-talet försökte forskare kartlägga förhistorisk migration genom att jämföra olika folkgruppers språk, kroppsliga variationer som skelettmått, och föremål som stenverktyg och krukor. Men inget av det fungerar så bra för att bedöma om, när eller hur eventuella migrationer har ägt rum. Det har visat sig att språk och metoder för verktygstillverkning kan förändras mycket fort, ibland på några få generationer, och att fysiska egenskaper som skelettets proportioner inte säger mycket om släktskap.

I dag vet vi att det är våra gener som tillsammans med miljön styr många av våra egenskaper, inklusive utseendet. Vilka genetiska varianter som är vanliga i olika delar av världen är till stor del resultatet av folkvandringar för många tiotusental år sedan. Sedan vi lyckades avläsa hela det mänskliga genomet år 2000 har genetiska studier blivit allt viktigare för att förstå människans historia. I dag är tekniken för att avläsa DNA så avancerad att vi kan jämföra miljontals genetiska varianter från individer i alla delar av världen med liknande information från människor som levde för tusentals år sedan.

Med genetiskt material blir informationen mycket mer exakt. I princip finns alla genvarianter spridda över hela världen, men hur vanliga de är varierar mellan populationer och områden. I dag finns ungefär 85 procent av den genetiska variationen mellan individer, merparten av den övriga mellan folkgrupper från olika kontinenter. Variationen inom en population är alltså mycket större än den mellan populationer.

Människogrupper blandades

I dag är vi, den moderna människan, den enda människogruppen – men för 50 000 år sedan fanns flera. Alla hade sina rötter i Afrika precis som *H. sapiens*, och de andra människogruppernas föregångare utvandrade långt före oss. De populationer som blev *H. sapiens* och neandertalmänniskor började utvecklas skilt från varandra för 600 000–800 000 år sedan. Långt senare när båda grupperna utvandrat ur Afrika möttes de igen och fick barn tillsammans. Den första och mest inflytelserika blandningen skedde troligen i Mellanöstern för 60 000–80 000 år sedan. Spåren ser vi hos människor som härstammar från grupper utanför Afrika. Omkring 1,5 procent av deras genom kommer från neandertalmänniskor. Människor som härstammar från grupper söder om Sahara saknar däremot neandertal-genvarianter, eftersom neandertalmänniskorna inte verkar ha funnits där.

Neandertalmänniskorna, som dog ut för omkring 35 000 år sedan, var mer robust byggda än *H. sapiens*. De hade kortare ben och armar och en större näsa. De använde eld till värme, matlagning och till att bland annat hetta upp björkkåda till ett slags klister för att häfta fast stenverktyg vid trä. Det är oklart hur utvecklat deras tal var, men flera forskare spekulerar att de kunde kommunicera med ljud eller gester, tillräckligt bra för att planera gemensamt. I södra Tyskland har till exempel 300 000 år gamla träspjut hittats som användes för kollektiv jakt av vilda hästar.

Det är svårt att bedöma om moderna människor och neandertalmänniskor kan klassificeras som olika arter. En vanlig definition av begreppet art är att två individer av samma art kan få fertil avkomma. Det fick *H. sapiens* och neandertalmänniskorna uppenbarligen, men vissa DNA-analyser antyder att

FOTO: JOHN NAKATA, STOCK.ADOBE.COM

FOTO: THILO PARG/WIKIMEDIA COMMONS

Till vänster neandertalskalle, till höger kopia av en benbit funnen 2008. DNA-rester visade att den tillhört en tidigare okänd människogrupp: denisovamänniska. Möten mellan olika människogrupper verkar ha varit vanliga, och minst ett fynd visar att neandertal- och denisovamänniskor fick barn tillsammans.

de hade en del svårigheter att få barn. Samtidigt finns många arter som har mer genetisk variation inbördes än den som finns mellan de här två grupperna. Om neandertalmänniskorna hade levt i dag hade de alltså knappast klassats som en egen art.

Denisovamänniskan är en betydligt mer nyupptäckt människogrupp än neandertalmänniskorna, och närmare besläktad med dem än med oss. Vi vet mycket mindre om den här gruppen eftersom det saknas kompletta skelett och större fyndmaterial. Det kan också ha funnits andra människoarter vid samma tid.

Det finns många tecken på att de olika människoformerna levde samtidigt, på samma platser. I Mellanöstern har arkeologer funnit lager i marken där lämningar efter *H. sapiens* både föregås och följs av neandertal-lämningar. Det verkar alltså som att grupperna bodde växelvis på platsen. I Spanien finns grottor nära varandra som beboddes av de två människogrupperna ungefär samtidigt. I Sydostasien och Oceanien finns i dag människor med relativt höga nivåer av denisova-genetiskt material, 5–6 procent hos vissa ursprungsbefolkningar på Filippinerna. Det tyder på att deras förfäder vid flera olika tillfällen träffat och fått barn med denisovamänniskor i Sydostasien. Man har också funnit ett fossil efter en individ där man kunde analysera delar av genomet och visa att mamman var neandertalmänniska, pappan denisovamänniska. Den här typen av möten verkar ha varit vanliga och det har lett till att man finner varierande grader av genetiskt material i oss från nu utdöda människogrupper. I Afrika saknas nästan helt det arvet, vilket är rimligt eftersom det troligtvis inte fanns neandertal- eller denisovamänniskor där.

Europa befolkas

Från det att *H. sapiens* kom till Europa för 45 000 år sedan levde gruppen parallellt med neandertalmänniskorna i omkring 10 000 år. Dessa första européer, både *H. sapiens* och neandertalmänniskor, ersattes sedan av människor som kom från Mellanöstern och västra Asien. De levde som jägare och samlare och deras ättlingar fanns kvar i norra och västra Europa så sent som för 5 000 år sedan.

En annan grupp av människor utvecklade för 10 000 år sedan jordbruk i dagens Turkiet och Mellanöstern. De expanderade norrut, sedan väster- och österut. Under de följande 5 000 åren nådde de nästan hela Europa och i tusen år levde de sida vid sida med jägar-samlar-

FOTO: EVGENYGENKIN, CC BY-SA 3.0, VIA WIKIMEDIA COMMONS

I den nomadiska Yamnaya-kulturen utvecklades flera nya tekniska uppfinningar, och människorna skapade både bruksföremål och rena prydnadssaker. Bilder från Hermitage Museum i Sankt Petersburg, Ryssland.

befolkningen. Den kulturen försvann slutligen, när jägarna och samlarna blandades med och blev en del av jordbrukargruppen – men deras gener levde kvar som en liten del av anlagen hos jordbrukarna.

För 5 000 år sedan expanderade en annan människogrupp från området norr om Svarta havet in i centrala Europa. Deras kultur kallas för Yamnaya-kulturen. Människorna levde av boskapsskötsel och använde nya tekniska uppfinningar, bland annat stigbyglar som gjorde det betydligt enklare att rida. Gruppen spred sig österut i Asien och västerut till stora delar av Europa, dit de troligen tog med sig de indoeuropeiska språken (den grupp där de flesta europeiska och indiska språk ingår). I dag kan vi hos den europeiska befolkningen se genetiska inslag från alla de här tre grupperna; jägar-samlarna, de tidiga jordbrukarna, och boskapsskötarna.

Skandinavien befolkades på ungefär samma sätt. Efter isavsmältningen kom jägare-samlare från sydväst och snart också från öst. De blandades till en ny grupp i Skandinavien. Några tusen år senare nådde även jordbrukarna vår del av världen, och ersatte med tiden jägarna och samlarna. Yamnayas expansion i Europa är också tydlig i Skandinavien eftersom de grupperna hade en annorlunda genetisk profil. Under vikingatiden blandades befolkningen i Skandinavien med andra grupper genom resor och migration.

Genvarianter och anpassningar

Vissa av genvarianterna från de utdöda människogrupperna har spelat roll för moderna människors anpassning till sin miljö. Bland annat finns det hos tibetaner en genregion som gör det möjligt att leva på höga höjder, som har sitt ursprung hos denisovamänniskan. Det finns också genvarianter från neandertalmänniskor som påverkar vårt immunförsvar mot vissa virus.

Pigment är en tydlig anpassning till våra livsmiljöer. Många pälsklädda djur har ljus hud, inklusive schimpansen, och det är möjligt att våra och schimpansens gemensamma föregångare också hade det. Med mindre kroppsbehåring exponerades människans hud för mer solstrålning, och det blev

FOTO: TON KOENE/ALAMY STOCK PHOTO

Jordbruket ledde till att det med tiden blev vanligare med genetiska anlag för laktostolerans. I delar av Skandinavien är över 90 procent av den vuxna befolkningen laktostolerant, och samma sak gäller i vissa grupper i östra Afrika. Bilden är tagen hos bopskapsuppfödande massajer i Kenya.

fördelaktigt att ha kraftigare pigmentering som skydd. Anlag för mörk hy blev då vanligare. Människor som lämnade Afrika bar med sig de genvarianterna, och den mörkare hudfärgen dominerade när de invandrade till nordliga breddgrader. En annorlunda miljö mötte dem; det var ont om solljus delar av året och krävdes kläder på grund av det kalla klimatet. Eftersom vi producerar D-vitamin i huden med hjälp av solljus blev det en överlevnadsfördel med ljusare pigment när kosten var fattig på D-vitamin. Genom att studera pigmenteringsvarianter i DNA ur lämningar från människor som levde i Europa för 40 000 år sedan har genetiker kunnat följa processen; från de första européerna som var relativt mörkhyade med mörka ögon och mörkt hår, sedan en tydlig trend mot ökande frekvenser av lågpigmenteringsvarianter när man studerar skelett som grävts upp i Skandinavien fram till i dag. Delvis handlar det om anpassning och urval, delvis om migration: en stor del av anlagen kom från en grupp människor i dagens Turkiet, som utvecklade jordbruket och tog med sig både det och anlagen för ljus hy till Skandinavien.

Jordbruket ledde också till en annan genetisk anpassning: laktostolerans, alltså att tåla mjölksocker. Det finns en gen som alla däggdjur har som styr produktionen av ett enzym kallat laktas. Genen är aktiv hos ungar, som behöver tåla modersmjölken, men stängs normalt av när individen blir vuxen. Vuxna blir på så vis laktosintoleranta. I vissa befolkningsgrupper är genetiska varianter vanliga som gör att de fortsätter producera laktas hela livet. Sådana varianter har funnits i låga frekvenser fram till för några tusen år sedan. Då blev vissa av dem snabbt mycket vanligare i specifika människogrupper – när våra förfäder började hålla boskap, och fick tillgång till en stabil födokälla i form av mjölk. Att tåla mjölksocker blev en överlevnadsfördel. Ju längre söderut och österut i Europa, desto fler människor är laktosintoleranta. Människor med ursprung i norra och västra delen av kontinenten är oftare laktostoleranta, i delar av Skandinavien över 90 procent av befolkningen. I östra Afrika finns grupper med samma höga andel, av samma skäl; deras förfäder födde upp boskap.

FOTO: MIKAEL WALLERSTEDT

Forskningen fortsätter – bilden av människans ursprung allt tydligare

En del människor menar att evolutionsteorin är felaktig, att vi inte har utvecklats ur andra arter. Det motiveras ofta med att religionen säger något annat. Men i dag finns starka vetenskapliga bevis för hur människans tidiga historia såg ut, och mer forskning tillför hela tiden ny kunskap.

Våra kunskaper om människans utveckling är en del av evolutionsteorin. En *teori* inom vetenskapen är inte samma sak som i dagligt tal, när vi säger ”min teori är att...” Det skulle forskare i stället kalla en *hypotes*, en idé som man prövar. En vetenskaplig teori däremot är en beskrivning av verkligheten som grundar sig på en mängd iakttagelser och undersökningar, som alla har prövats och ifrågasatts många gånger om. Vetenskap är en process där man steg för steg arbetar sig fram till en mer riktig och detaljerad beskrivning.

Som den här skriften visar har teorin om människans evolution förändrats flera gånger och blivit allt starkare och bättre underbyggd. Det ständiga omprövandet, bevis och motbevis, är vad som skiljer vetenskapen från olika typer av trossystem som religioner, andliga beskrivningar eller kvasivetenskap (när någon hävdar att det finns vetenskapliga förklaringar, men de kan inte prövas eller motbevisas).

Många av de händelser som vi beskriver i den här skriften har klarlagts tack vare genetiska studier i kombination med arkeologiska fynd. Fortfarande lär vi oss mer och utvecklar nya analysmetoder, som bättre möjligheter att läsa av DNA och proteinsekvenser från förhistoriska individer, och studier på molekylnivå som kan ge information om diet eller var en individ har levt. Det gör det möjligt att förstå allt fler specifika detaljer i människans evolution och förändringar i levnadssätt. I framtiden

kommer kunskapen att fördjupas om hur genetiska varianter är fördelade över världen. Det är mycket möjligt att fler förhistoriska migrationsperioder kommer att upptäckas när ännu fler mänskliga lämningar undersöks genetiskt. Vi kommer inte bara att lära oss mer om *Homo sapiens* ursprung. Gentester har också blivit tillgängliga kommersiellt och de används i dag för att kartlägga arv, miljö och släktskap, och inom rättsgenetiken där man har lyckats ringa in brottslingar via släktingar vars DNA finns i släktforskningsdatabaser.

Även om kunskaperna om människans ursprung hela tiden kompletteras och justeras så kan vi i dag säga att forskningen tydligt visat att vi ständigt har vandrat och blandats. Vetenskaps- och populärhistorien är full av mer eller mindre självsäkra påståenden om att människogrupper varit kopplade under lång tid till geografiska platser, men det senaste decenniets forskning har visat att det är mycket ovanligt. Vi människor har aldrig slutat röra på oss, och våra vandringar har lämnat genetiska spår ända fram till i dag.

FOTO: DECO / ALAMY STOCK PHOTO

Skallar och ben från förhistoriska djur och primater på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm.

Tro och vetenskap

Kreationism är ett annat ord för skapelsetro. Många kulturer har eller har haft berättelser om människans och livets ursprung. Berättelserna tillkom innan det var känt att jorden är gammal, att liv funnits på jorden i flera miljarder år och att alla levande organismer fungerar enligt samma grundläggande mekanismer och är släkt med varandra.

I Gamla Testamentet i Bibeln finns två korta skapelseberättelser. Många teologer anser dock att de kan tolkas ganska fritt vad gäller tidpunkter och annat. Koranen är ännu fåordigare om hur guden skulle ha verkat.

Även inom judendom förekommer skapelsetro, medan hinduism och buddhism sällan har invändningar mot evolutionen.

Inom de kristna varianterna av kreationism finns både de som tror att världen skapades för cirka 6 000 år sedan (ungjords-kreationister) och de som godtar den vetenskapsbaserade åldern för jorden (gammaljords-kreationister). En del accepterar även evolutionens gradvisa förändringar, men anser att evolutionen styrs av en gud. Begreppet ”intelligent design” inom vissa kristna inriktningar främst i USA är samma sak som kreationism, men guden kallas i stället ”intelligent skapare”.

KUNGL. VETENSKAPS-AKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

VETENSKAPEN SÄGER ★ NR 5 ★ DECEMBER 2023

En arbetsgrupp bestående av ledamöter av Vetenskapsakademien och inbjudna experter har tagit fram materialet till denna skrift som bygger på den samlade vetenskapliga litteraturen om människans evolution:

MATTIAS JAKOBSSON, professor i genetik, Uppsala universitet

PETER GÄRDENFORS*, professor emeritus i kognitionsvetenskap, Lunds universitet

TORBJÖRN FAGERSTRÖM*, professor emeritus i teoretisk ekologi, Lunds universitet

LEIF ANDERSSON*, seniorprofessor i funktionsgenomik, Uppsala universitet

ANDERS GÖTHERSTRÖM, professor i molekylär arkeologi, Stockholms universitet

ULF PETTERSSON*, professor emeritus i medicinsk genetik, Uppsala universitet

DAN LARHAMMAR*, professor i molekylär cellbiologi, Uppsala universitet

Tack till Anders Högberg, Arne Jarrick* och Kerstin Lindblad-Toh* för kommentarer under arbetets gång.

* Ledamot av Kungl. Vetenskapsakademien

VETENSKAPEN SÄGER är en serie populärvetenskapliga skrifter från Kungl. Vetenskapsakademien. Målsättningen är att sprida vetenskapsbaserad information om viktiga och aktuella ämnen till allmänheten, särskilt på områden där forskningen har gjort stora framsteg på senare tid.

Beställ tryckta exemplar av Vetenskapen säger från vetenskapensager@kva.se eller ladda ned i pdf-format på www.kva.se/vetenskapensager.

©Kungl. Vetenskapsakademien, 2023

Vetenskapsredaktör: Lisa Kirsebom och expertgruppen för *Vetenskapen säger – om människans evolution*

Omslag: Skalle av *Homo heidelbergensis*, 500 000 år gammal. Brukar kallas för Broken Hill-skallen, efter den gruva där den hittades 1921 i nuvarande Zambia. Visas på Georgian National Museum i Tbilisi. Foto: Ryhor Bruyeu

Illustrationer: ©Johan Jarnestad/ Kungl. Vetenskapsakademien

©Kicki Ajax/Fräulein Design

Grafisk form: ©Fräulein Design

NATUR & KULTUR

Vetenskapen säger – om människans evolution produceras och distribueras genom stöd från Stiftelsen Natur & Kultur.