

Här tar vi upp:

Evolutionsteorin

Hur vi kan studera och beskriva evolutionen Fossil som tecken på evolution och släktskap Universums och livets historia

Hur har de levande organismerna kommit till? Det är en fråga som människan säkert har undrat över i alla tider. Förr var den enda förklaringen man kunde komma på att (någon) gud hade skapat de levande organismerna, på ganska kort tid, dessutom. Idag finns olika vetenskapliga hypoteser om hur liv kan ha uppstått och en ordentligt underbyggd teori om hur det sedan har utvecklats – det är *evolutionsteorin* som [Charles Darwin](#) presenterade på 1800-talet (1859).

Vi har alltså en hållbar teori som beskriver hur utvecklingen, evolutionen, går till men naturligtvis känner vi inte till alla detaljer. Vi tror att allt liv på jorden har ett gemensamt ursprung och att det med tiden har utvecklats olika former av liv. Det stöds bl.a. av att

- Alla levande varelser består av celler.
- Arvsanlagen består av [DNA](#).
- Cellandningen fungerar på i stort sett samma sätt hos alla.
- Organismerna kan delas in i grupper.
- I berggrunden finns [fossil](#), dvs. förstenat biologiskt material, som är lämningar av arter som har dött ut. Yngre och ofta mer avancerat fossil finns ovanpå äldre fossil i bergslagen.

Det här pekar på att olika levande organismer är släkt, och att mer avancerade livsformer har utvecklats ur enklare.

Charles Darwins evolutionsteori

[Charles Darwin](#) lyckades (samtidigt med landsmannen [Wallace](#)) formulera en trovärdig mekanism för hur utveckling, evolution, kan gå till. Det medförde både ett vetenskapligt genombrott och en omfattande samhällsdebatt. Darwins mekanism brukar sammanfattas som "*naturligt urval*" (naturlig selektion). Teorin innehåller tre delar:

1. Avkomma produceras i stor mängd - alla kan inte överleva och i sin tur föröka sig.
2. Det finns en *ärfvlig variation* i egenskaperna.
3. Individerna som har lämpligast egenskaper i en viss miljö är oftast de som överlever längst och därmed förökar sig mest. De för alltså de gynnsamma egenskaperna vidare till nästa generation i större utsträckning än andra.

Neo-darwinism – "den moderna syntesen"

Darwin kunde inte förklara *hur* det kan bli en ärfvlig variation i egenskaperna - alltså så att urvalsprocessen, selektionen, har något att "jobba" med.

Långt senare kompletterade forskarna Darwins ursprungliga idéer med följande:

1. Arvsanlagen påverkas i sig inte av miljön, men nya varianter kan uppstå genom mutationer.
2. Om miljön (i stort) förändras, så kommer ju andra ärfvliga egenskaper än tidigare att vara till fördel för individen - då sker också en evolution.
- 3.

Alla förändringar i en grupp individers (en populations) arvsanlag behöver inte bero på strikt selektion. De kan också bero på slumpen.

Hur stor avkomma – det är frågan!

Den viktigaste strategin för oss människor att sprida våra arvsanlag (DNA) är att få så många barn som möjligt, och naturligtvis också att ta väl hand om dem så att de blir vuxna och själva kan få barn. Bland fåglar har det visat sig vara bäst med en måttligt stor kull av ägg/ungar – men det är lite olika för olika arter. En möjlig orsak kan vara, att alltför många ungar leder till konkurrens om födan, och då minskar livskraften, *vitaliteten*, för varje unge.

Växter kan ha lite olika strategier. De kan antingen satsa på mängder av små frön eller färre antal av stora, där alltså chansen för varje enskilt frö att växa upp är större. Växter med många små frön kan lätt sprida sig till områden med liten konkurrens. De tar vara på möjligheter som bjuds t.ex. efter jordskred och skogsbrand och kallas därför *opportunist*. Andra är mer "gnetare" - de är *konkurrensanpassade*.

Antal arter

På en karg klippa långt ute till havs hittar man inte så många arter. Det kanske rör sig om några olika slags lavar, ett fåtal örter och en del insektsarter. Klimatet är kärvt! Klippan sköljs då och då över av saltvatten. Här bildas nästan ingen jordmån. En tropisk regnskog, däremot, är oftast mycket artrik. Det gynnsamma klimatet ger hög biologisk produktion och möjligheter för flera växtarter, vilket i sin tur gynnar insekter och fåglar som lever av de här olika växterna och av varandra. Slutsatsen är förstås att miljön på en plats är helt avgörande för hur många arter det kan finnas där.

Släktsskapsträd

Att rita upp släktsskapsträd är ett sätt att beskriva vad som sker och har skett under evolutionen. En sammanhållen linje motsvarar en enskild art, som dels kan förändras utan att det blir fler nya arter – "evolution längs en linje" - dels kan dela sig i flera grenar, dvs. det blir nya arter. Linjen kan också "brytas av" eller upphöra, dvs. arten dör ut.

Med "evolution längs en linje" menar vi att egenskaper förändras med tiden, utan att det leder till att det bildas fler arter. Förändringarna bygger i stor utsträckning på naturligt urval - och det kräver:

- 1) **Individer med olika ärftliga egenskaper inom samma population.**
- 2) **Att olika ärftliga egenskaper medför olika god förmåga att överleva och få avkomma - olika hög livsduglighet (eng. fitness).**

För att det ska finnas en ärftlig variation krävs att det då och då sker [mutationer](#).

Vad är egentligen en art?

Titta på alla hundar som strosar omkring i en park. De kan se hur olika ut som helst! Ändå tillhör de samma art, fjärilshunden och rottweilern. De kan nämligen para sig och få fertil avkomma (barn som i sin tur kan få barn). Men åsnan och hästen är två olika arter. De kan visserligen få avkomma ihop, men fölet blir sterilt. Så här ser alltså definitionen ut:

De individer som kan få fertil avkomma ihop, tillhör samma art.

Namngivning

Den vetenskapliga ("latinska") namngivningen bygger på att artnamnet består av två ord, med det första ordet gemensamt för flera arter inom samma släkte. Alltså tillhör vi arten *Homo sapiens* medan neandertalarna tillhörde arten *Homo neanderthalensis*. Släktet är gemensamt, nämligen Homo.

Hur uppstår en ny art?

Här har vi tre avgörande faktorer:

- förändrad miljö,
- isolering och
- tid.

Tänk dig att en del av en population råkar flyta iväg på en stock, till exempel ett antal insekter av samma art. Stocken driver sedan iland på en ö där miljön är helt annorlunda än den var där insekterna kom ifrån. Då blir "nya" egenskaper viktiga, sådana som gynnar fortplantningen och överlevnaden i denna nya miljö. Det sker ett naturligt urval. Vattnet som skiljer ön från den ursprungliga miljön hindrar också hela tiden ö-populationen från att träffa på och blanda sig med den ursprungliga insektspopulationen. Med tiden, efter flera generationer förstås, kan ö-populationen ha ändrats så mycket rent genetiskt att dess individer inte längre kan få fertil avkomma med individerna i ursprungspopulationen. En ny art har uppstått!

Växter kan ibland dela upp sig i olika arter genom att en grupp får förändrat antal kromosomer (en del av DNAt) - då kan de sedan inte korsa sig med dem som har det ursprungliga kromosomantalet.

Hybridisering

Särskilt växter kan ibland bilda nya arter i stort sett över en generation genom korsning kombinerad med fördubbling av kromosomtalet. Om hybridisering går till på det viset kan hybridindividerna få fertil avkomma. Det är väldigt vanligt, nästan hälften av alla växtarter har uppstått på det här viset, till exempel potatis, majs, ris, vete, kaffe, äpple, banan, sockerrör, sojabönor, och de flesta kålsorter. Hur vet forskarna detta? Jo, kromosomtalets fördubblade hybrider har kvar en stor del av sitt genetiska arv från de olika föräldraarterna och genom att "läsa av" arvsmassan hos olika arter och göra en släktskapsanalys kan man se vilka de närmaste släktingar är.

Växter och djur skiljer sig mycket åt, det är ju ingen nyhet. Djur är väldigt känsliga för kromosomtalets förändringar så nya arter uppstår inte lika lätt på det sättet.

Utdöende

Flertalet arter som har funnits på jorden har också dött ut. Det har skett lite då och då, "i smyg", men också dramatiskt under perioder med massutdöenden. Det kan finnas flera orsaker till att arter dör ut:

- 1) Arten hann inte anpassa sig när miljön förändrades.
- 2) Population blev så liten att en rent slumpmässig katastrof som ett oväder eller en översvämning slog ut de sista individerna.
- 3) Det skedde någon form av global katastrof, som t.ex. nedslag av en asteroid eller, som pågår nu, stor skövling av naturområden.

För att förstå sig på släktskap och trolig evolution utnyttjar forskarna erfarenheter från flera håll. Här är några exempel.

Fossil – döda, förstenade organismer

Fossil bildas ofta genom att organismen bäddas in i sand, lera, kalkslam eller vulkanisk aska. Fossil kan också vara avtryck som någon organism har lämnat efter sig.

Ta dig en ordentlig titt nästa gång du går i en stentrappa. I just stentrappor ser man ofta skalbläckfiskar, de ser ut som randiga rör. De är ca 500 miljoner år gamla, från den geologiska perioden Ordovicium.

Ute i naturen, i orörda geologiska avlagringar, ligger yngre fossil ovanpå äldre. Det är egentligen ganska logiskt att nytt lagras ovanpå gammalt. Ett ställe där sådana här lager syns väldigt tydligt är i [Grand Canyon i USA](#)

I Sverige kan vi se lagrade bergarters skiktning bl.a. på Kinnekulle i Västergötland – men lagren är inte lika tjocka lager som i Grand Canyon.

För att jämföra åldern på avlagringar från olika delar av världen kan man använda sig av *ledfossil*. Typiskt för ett ledfossil är att organismen fanns under en kort tid och var spridd över stora geografiska områden. Vet man då att ett visst ledfossil är 200 miljoner gammalt, så vet man också att de fossil man hittar under är äldre än 200 miljoner år. Välkända ledfossil är formanifererna, encelliga skalamöbor.

Ibland har det varit möjligt att följa en organismgrupps utveckling ganska detaljerat med hjälp av fossil. Dit hör bl.a. hästdjuren.

Systematik – att sortera organismer i grupper

Vi brukar dela in organismerna i art, och sedan de högre enheterna *släkte, familj, ordning, klass, fylum och rike*. [Definitionen av art](#) har du nog lärt dig vid det här laget. Arten har alltså två ord i det vetenskapliga namnet, och det första ordet, släktnamnet, är gemensamt för alla arter i släktet.

På senare tid har forskarna börjat ifrågasätta om det är nödvändigt att tvinga in olika grupper av organismer i kategorierna familj – ordning – klass osv. Det är viktigare med naturliga grupperingar, där alla arter inom gruppen verkligen är släkt. Det brukar kallas för en *monofyletisk* grupp.

Olika sätt att spåra släktskap

Utseendet har betydelse

Forskarna använder olika metoder för att spåra släktskap. De kan studera yttre likheter – alla ryggradsdjur, till exempel, har samma grundkonstruktion på extremiteterna, dvs. armar och ben. Insekternas extremiteter, däremot, är helt annorlunda.

Biokemin ska stämma

Det går också att studera biokemiska likheter och olikheter, till exempel blodets hemoglobin. Hur mycket det skiljer sig mellan två arter ger en vink om graden av släktskap.

DNA-tekniken är oslagbar

DNA-tekniken har gjort att forskarna kommit betydligt längre än tidigare när det gäller att visa på släktskap. Med informationen från DNA-analyserna har också forskarna fått gruppera om en hel del organismer. Det gäller inte minst blommande växter (*gömfröiga*) och *tättingar* (småfåglar, sångfåglar). Tidigare trodde man att [hägern](#) och den [vita storken](#) var ganska närbesläktade, vilket har visat sig vara fel.

Fosterutveckling – evolutionen i miniatyr

Hos ryggradsdjuren ser foster ganska lika ut i början, oavsett om det rör sig om benfisk, groda, sköldpadda, fågel eller däggdjur. Det är samma sak med larvutvecklingen hos ringmaskar och musslor, de är ju för övrigt inte särskilt lika!

Det här gäller även annat än fosterutvecklingen. *Exempelvis blommande växter* har något mycket speciellt som kallas "dubbel befruktning", och den nya plantan utvecklas till en början ganska lika hos olika arter, inuti det som ska blir fröet.

Varken universum, solsystemet med jordklotet eller livet har funnits hur länge som helst – fast det rör sig förstås om enorma, ofattbara tidsrymder.

Något så självklart för oss som att det är mörkt på natten är faktiskt ett tecken på att universum inte kan vara hur gammalt som helst och oändligt stort. Om det hade funnits oändligt många stjärnor, och om ljuset från dem hade lyst på samma sätt under oändlig tid, så skulle nämligen himlen alltid vara ljus!

Expanderande universum

På 1920 - 1930-talet upptäckte forskarna att alla galaxer är på väg bort från varandra och från oss. Den rimliga förklaringen till det, och till att natthimlen är svart, är att Universum startade med den stora smällen – Big Bang – för kanske 14 miljarder år sedan. Ett ytterligare skäl till stöd för den här teorin är att "ljusskenet" från smällen finns kvar som *kosmisk bakgrundsstrålning*.

Stjärnor och planeter

Stjärnor bildas genom att gasmoln förtätas mer och mer, så att temperaturen blir så hög att kärnreaktioner kan starta. Det som ger stjärnan energi längst tid är att vätekärnor slår ihop sig till helium.

I stjärnorna som bildades tidigast efter Big Bang fanns knappast några andra grundämnen än väte och så småningom helium. Men stjärnor existerar inte hur länge som helst – så småningom tar ju vätet slut, och det går snabbare ju tyngre en stjärna är. När allt väte har omvandlats till helium kan dessa heliumatomer slås ihop till tyngre grundämnen under avgivande av energi – men inte till tyngre atomkärnor än järn. För att bilda ännu tyngre atomkärnor måste det tillföras energi. Många stjärnor "dör" genom att explodera som supernovor och med hjälp av den energi som då frigörs, kan övriga, tyngre, grundämnen bildas.

Eftersom sådana grundämnen finns i vårt solsystem måste solen alltså vara åtminstone en "andra generationens stjärna"!

Att solen är en medelstor stjärna medför också fördelen att den är långlivad – det är nödvändigt för att livet ska hinna utvecklas.

Här finns [en bra tidsskala](#) och en del information om universum.

Jorden tycks ha bildats ungefär samtidigt som övriga planeter, för ca fem miljarder år sedan. Någon miljard år senare verkar miljön ha varit så gynnsam att liv kunde uppstå.

Det finns många olika idéer, hypoteser, alla mer eller mindre seriösa. Kanske uppstod livet någon annan stans i världsrymden och fraktades hit med meteoriter. Men det besvarar inte frågan om hur liv kunde uppstå ur icke-liv.

Kemisk evolution

Innan det bildades "riktiga" levande celler måste det först ha skett en kemisk evolution. En teori för tidig kemisk evolution bygger på "Millers experiment". Miller visade att elektriska urladdningar i en blandning av vattenånga, metan, ammoniak och vätgas – ämnen som fanns i jordens atmosfär för 4 miljarder år sedan – kan ge upphov till aminosyror, alltså proteinernas byggstenar. Till och med "bubblor" som påminner om celler kan bildas.

Heta källor och djupa bergsprickor

Andra idéer om livets uppkomst är att allt började i heta källor på havsbotten eller i sprickor i berggrunden på land.

När väl en biologisk evolution kom igång tror forskarna att det skedde i den här ordningen:

- organismer som kunde utnyttja energirika oorganiska ämnen
- organismer med fotosyntes – så småningom även fotosyntes som leder till utveckling av syrgas
- organismer med celledning
- encelliga eukaryota organismer
- flercelliga organismer.

Det är troligt att eukaryota organismer uppkom genom att olika prokaryota celler "flyttade in" i en cell.

Innan stora djur kunde utvecklas på land måste även ozonskiktet ha bildats. Annars hade de inte överlevt i den starka kosmiska strålningen. Som du kanske kommer ihåg från miljöavsnitten hindrar ozonlagret kortvågig, skadlig strålning från att nå jorden. Ozonlagret bildades när tillräckligt mycket syrgas hade ansamlats i atmosfären, dvs. när fotosyntetiserande organismer hade funnits ett bra tag.

De äldsta fossilen av flercelliga djur är ca 580 miljoner år gamla. De verkar ha dött ut helt och hållet, för de är inte förfäder till de djur som finns i våra dagar. För ungefär 540 miljoner år sedan kom former som påminner om moderna djur. Under ca 150 miljoner år därefter uppstod alla stammar (fyla) av djur som finns idag.

För ca 400 miljoner år sedan vandrade både djur och växter upp på land. Forskarna tror att ett av de första ryggradsdjuren som vågade sig upp på land var den fyrbenta fisken (*Ichtyostega*).

Människans utveckling

Vi människor är biologiskt sett däggdjur – vi ammar våra barn, har moderkaka och är håriga. Vi tycks vara närmast släkt med schimpanserna, vi delar 95 - 99,4 % av generna med dem. De organismer som har levt efter det att människornas och schimpansernas gren av släktskapsträdet skildes åt för kanske 6 miljoner år sedan, och som är närmare släkt med människan än med apan, brukar kallas *hominider*. Ofta räknar forskarna med tre släkten: *Ardipithecus*, *Australopithecus* och *Homo*.

Ardipithecus och *Australopithecus*

De här släktena omfattar de äldre hominid-formerna. Ur någon av dessa har människan utvecklats, men det verkar också som om en del *Australopithecus*-arter har dött ut utan att ha fått någon nutida ättling. *Australopithecus*-arterna var mindre än vi, hade mindre hjärna, men gick upprätt på två ben. Människans släkträd finns även beskrivet [här](#).

Homo

De äldsta fynden av vad som verkar höra till släktet *Homo* är ca 2,4 miljoner år gamla. Även om en del *Australopithecus* också använde verktyg så verkar *Homo* ha gjort det i större utsträckning.

Talförmågan utvecklades först inom släktet *Homo* och hjärnan växte snabbt i storlek.

Den äldsta människoarten brukar kallas "den härdiga människan", *Homo habilis*. De första som spred sig utanför Afrika tycks vara den "upprätta människan", *Homo erectus*. Troligen var det inte dessa utvandrare som var våra förfäder, utan istället de som blev kvar i Afrika – den "arbetande människan", *Homo ergaster*.

Homo sapiens uppstod troligen för ca 150 000 år sedan i Afrika, och spred sig så småningom över världen. Att den moderna människan funnits så kort tid förklarar varför alla människor är så [genetiskt lika](#).

Hur nära släkt vi var med neandertalmänniskorna är fortfarande en öppen fråga. *Homo sapiens* och *Homo neanderthalensis* levde samtidigt i Mellanöstern och Europa i åtminstone 40 000 år. Rimligen borde de två arterna ha träffat på varandra.

"Ny" människoart upptäckt 2004

Forskare har nyligen hittat ytterligare en människoart, [*Homo floresiensis*](#), på ön Flores i Indonesien. Detta är mycket intressant på flera sätt. Den här människoarten var pytteliten, kanske 1 meter hög och med ett huvud stort som en grapefrukt och den levde på Flores till för åtminstone 12 000 år sedan. Flera djurarter har utvecklat små varianter på öar. Det beror förmodligen på att tillgången på föda är begränsad. Ponnyhästar är ett känt exempel, och elefanter både på denna ö Flores och på Malta. Men *Homo floresiensis* är det första beviset på att även människosläktet har utsatts för den här typen av evolutionärt tryck.