

ver, såkaldte alleler, se side 16. Vi kan altså anerkende eksistensen af arvelig variation selv på DNA-niveau, og i dag kalder vi den for genetisk variation. Derudover ved man at kønnet formering, som findes hos de fleste dyr og planter, medvirker til at forøge den genetiske variation yderligere. Det skyldes at der i meiosen, på grund af overkrydsning og tilfældig kombination af forældrenes kromosomer, dannes genetisk forskellige kønsceller, se side 32.

Med nutidige ord kan vi altså sige at evolution hos en art skyldes mutationer hos de enkelte individer som selekteres på grund af forhold i miljøet og opsummeres hos artens individer over tid. Denne udlægning af Darwins evolutionsteori kaldes *neodarwinisme*. En neodarwinistisk forklaring på giraffens lange hals er vist på figur 121.

Artsdannelse

Kan der også findes belæg for at evolution hos en art med tiden resulterer i nye arter? Vi kan starte med at se på hvilke mekanismer der hæmmer og hvilke der fremmer naturlig selektion og dermed artsdannelse.

Dannelse af en ny art forudsætter at en gruppe individer i en art på et tidspunkt bliver så genetisk forskellige fra andre medlemmer af arten at de ikke længere kan formere sig med hinanden. Disse individer vil da udgøre en ny art. Inden for arten har hvert individ sin helt unikke sammensætning af gener som sammen med gener fra artens øvrige individer udgør artens *genpulje*. Disse gener kan når individerne formerer sig, kombineres på forskellige vis, og det er blandt disse gener at selektionen finder sted. Som regel lever arter i mere eller mindre geografisk adskilte grupper, såkaldte *populationer*. Population

betyder egentlig befolkningsgruppe, men bruges i biologisk sammenhæng også om en samling individer tilhørende samme art som lever i et mere eller mindre afgrænset område.

I et stabilt miljø er der som regel ikke noget som fremmer den naturlige selektion. Et stabilt miljø har gerne en vis alder, og derfor lever forskellige arter side om side uden den store indbyrdes konkurrence, idet arterne efterhånden har udviklet hver sin *økologiske niche*. Den økologiske niche er artens særlige funktion eller rolle i dens økosystem og udgøres af dens krav til føde eller næring og dens måde at leve på. Hvis alle nicher i et område er fyldt, så har den enkelte art ingen gavn af at der udvikles alt for mange afvigende variationer, idet disse gør arten dårligere tilpasset til sin egen niche. Den naturlige selektion i et stabilt miljø foregår derfor langsomt fordi arterne allerede er optimalt tilpassede deres økologiske nicher, og de vil derfor kun ændres i takt med de små miljøændringer der altid finder sted.

Man har derfor ment at det der virker fremmende på den naturlige selektion, er et ustabil miljø og/eller længerevarende geografisk adskillelse af populationer inden for en art. Spørgsmålet er om disse to parametre ligefrem kan føre til dannelse af nye arter. Lad os først undersøge betydningen af geografisk adskillelse for arts-dannelsen.

Geografisk adskillelse

Når en del af en population isoleres geografisk, isoleres en tilfældig del af dens genpulje også. Da nye og tilfældige genetiske variationer opstår hele tiden i de adskilte genpuljer, vil de to populationer udvikles i forskellige retninger – især hvis

Figur 122. Endemiske organismer fra Galapagosøerne.

a. Figenkaktus, *Opuntia echios barringtonsis*.

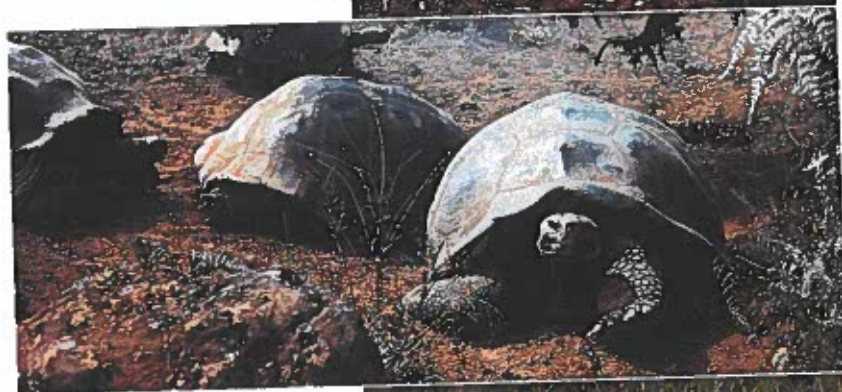
b. Galapagos-skildpadder.

c. Landleguaner.

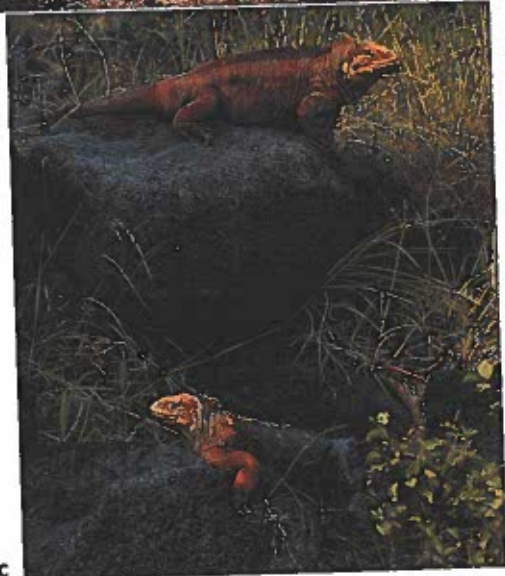
Fotos: Henning Adersen.



a



b



c

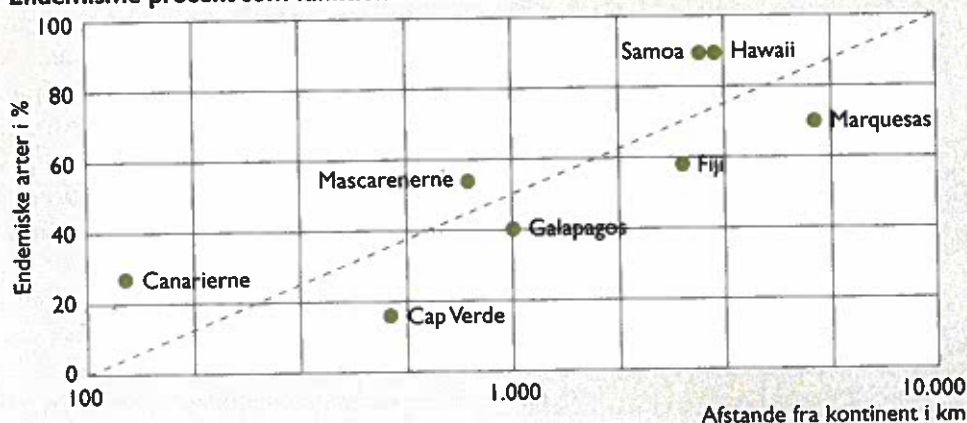
den isolerede population er meget lille – også selv om miljøet måske er ret ens de to steder. Det kaldes *genetisk drift*. Sammensætningen af den tilfældigt udvalgte genpulje har også stor betydning for artsdannelse tempo.

Øer er det perfekte sted for studier af virkningen af geografisk isolation på artsdannelsen. Det viser sig nemlig ofte at øer har en flora og fauna der adskiller sig fra fastlandets. Som regel findes der forholdsvis få arter, og en del af arterne siges at være *endemiske* hvilket betyder at de kun findes på den pågældende ø eller ø-gruppe. Således er Galapagosøerne, som Darwin besøgte, kun beboet af levende organismer som tilfældigt har kunnet passere de 1000 km over havet, idet øerne der højest er fem millioner år gamle, aldrig har været landfaste med Sydamerika. Figur 122 viser nogle endemiske arter fra Galapagosøerne.

Som nævnt, er det sandsynligt at arterne er opstået fordi de er blevet geografisk isolerede på øerne. Derved har deres genpuljer på grund af genetisk drift og naturlig selektion kunnet udvikle sig forskelligt fra fastlandspopulationernes genpuljer. Jo længere væk en ø ligger fra fastlandet, jo mindre er sandsynligheden for opblanding med fastlandets arter. Det ses bl.a. af figur 123 der viser andelen af endemiske plantearter på en ø som funktion af øens afstand til fastlandet.

De 13 finkearter som Darwin iagttog på sin rejse, er også endemiske for Galapagosøerne. De udgør tilsyneladende hver sin art, men man mener at de alle stammer fra én art der er kommet til Galapagosøerne fra Sydamerika. Med hensyn til kropsform og farve minder arterne meget om hinanden, mens deres næb er forskellige både i størrelse og form, se figur 124.

Endemisme-procent som funktion af isolation



Figur 123. Procenten af endemiske plantearter på tropiske oceaniske øgrupper i forhold til afstand til nærmeste kontinent. Det ses at procentdelen stiger jo længere afstanden er til nærmeste kontinent. Punkternes afvigelse fra den stiplede linje kan forklares af forskelle i øernes alder eller relief. Hvor vil gamle øer henholdsvis nye øer placere sig i forhold til den rette linje? Efter Adersen i Naturens Verden, 6-7/2002.

Udviklingen af forskellige næb har givet fuglene mulighed for valg af forskellige fødeemner hvorved de har indtaget forskellige økologiske nicher. Det gør at op til 10 af arterne kan sameksistere på de største af Galapagosøerne. På trods af det må man antage at hver af de 13 finkearter er udviklet på grund af geografisk isolation af små populationer.

Artsdannelsen har sandsynligvis været meget dynamisk. Man kan forestille sig at finker fra tid til anden har spredt sig til en anden ø. På grund af genetisk drift og manglende konkurrence med andre fuglearter, har finkerne på den enkelte ø kunnet indtage meget forskelligartede økologiske nicher, og på denne måde har de udviklet sig til mange forskellige arter. Hvis

Insektæder



Løvsangerfinke

Overvejende insektædere



Stor træfinke



Mellemtræfinke



Lille træfinke



Spættefinke



Mangrovefinke

Planteæder



Vegetartræfinke

Overvejende planteædere



Stor jordfinke



Mellemjordfinke



Lille jordfinke



Skarpnæbet jordfinke



Kaktus-jordfinke



Stor kaktus-jordfinke

Figur 124. Næbets udseende hos de 13 arter af finker på Galapagosøerne.

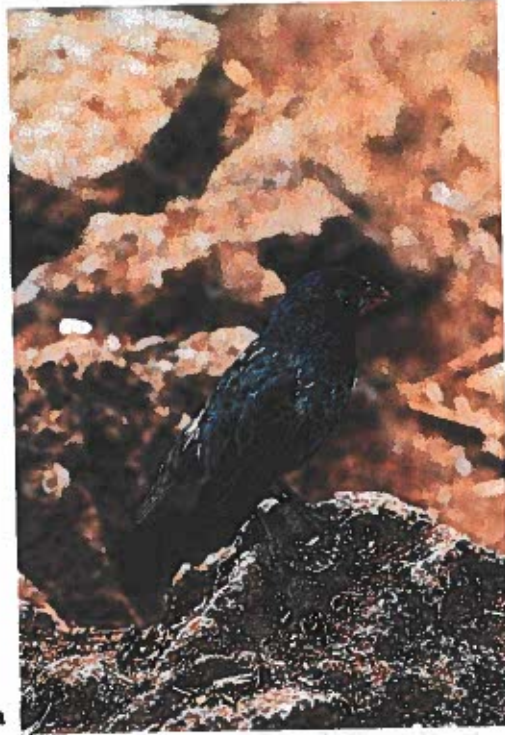
Efter Moore i Udviklingens gåde, 1964.

Figur 125.

a. Mellemjordfinke, *Geospiza fortis*.

b. Kaktusfinke, *Geospiza scandens*.

Fotos: Erik Thomsen/Biofoto.



a



b

de derefter har spredt sig til en ø der i forvejen har været beboet med finker som de genetisk har mindet meget om, er der blot sket en sammensmeltning af de to populationer. Hvis øen derimod har været beboet med finker som de har været mere genetisk forskellige fra, er de to populationer ikke blevet blandet, og evolutionen mod to adskilte arter er fortsat.

Ustabilt miljø

Normalt forventer man at evolutionen af en art forløber over mange tusinder af år. Imidlertid kan pludselige forandringer af miljøet fx klimændringer øge selektionstrykket på en art og bevirke at den over en ganske kort årrække ændres en del. Undersøgelser af Darwins finker der er foretaget i løbet af de sidste 30 år, viser således at finkerne i løbet af dette tidsrum, der i evolutionsmæssig sammenhæng er kort, faktisk ændres. To forskere har siden 1973 hvert år mærket, målt og vejet finker på galapagosøen Daphne. På denne ø der er en af de mindste af Galapagosøerne, findes kun to af de 13 finkearter nemlig mellemjordfinken og kaktusfinken der begge er planteædere. Mellemjordfinken har et kort stumt næb der er velegnet til at knække små frø med, mens kaktusfinken har et spidsere næb der egner sig til at spise frugt og pollen fra kaktusser med, se figur 125.

På øen findes der ud over små og bløde frø nogle større hårde frø som kun de største af mellemjordfinkens individer er i stand til at knække. I 1977 ramtes Galapagosøerne af tørke, og på Daphne visnede planterne med de små bløde frø så alle mellemjordfinkerne undtagen de største individer døde. Det betød at næbstørrelsen på få år blev 4% større i populationen.

I 1983 var øerne til gengæld ramt af voldsomme regnmængder der betød at væksten af planterne med de små bløde frø steg eksplosivt. Det betød at jordfinkepopulationens næbstørrelse gradvist faldt igen. Kaktusfinkerne blev også påvirket af regnen i 1983 fordi den druknede kaktusserne. Forskerne opdagede at fuglenes næb efterfølgende blev mindre spidse og mere stumpe ligesom jordfinkernes. Umiddelbart syntes det at være en tilpasning hos arten til at spise frø ligesom mellemjordfinken. Men da kaktusserne vendte tilbage, blev næbstørrelsen paradoksal nok ved med at udvikle sig mod en stump næbform. Kunne man finde en forklaring på det?

Faktisk viste det sig at da kaktusserne på grund af den voldsomme regnperiode i 1983 forsvandt, så forsvandt også de fleste af kaktusfinkens hunner, idet kun hannerne var store nok til at forsvare de få kaktusser der var tilbage. Da kaktusfinkehannerne efterfølgende manglede hunner at parre sig med, parrede de sig med jordfinkens hunner, og det viste sig at afkommet var sundt, levedygtigt og fertilt og med mere stumpe næb end kaktusfinkehannerne.

Ovenstående er et eksempel på at et ustabil miljø kan ændre en art. Men det viser samtidig at det næppe er sandsynligt at ustabil miljø i sig selv gør arten til en ny art eller forårsager opsplittning af arten i to nye arter. Dertil kræves formodentlig stadig geografisk isolation. Mellemjordfinkens og kaktusfinkens evne til at få levedygtigt og fertilt afkom under ustabile forhold viser at den oprindelige geografiske adskillelse tilsyneladende ikke har været langvarig nok til at de faktisk er blevet to selvstændige arter. Spørgsmålet er derfor hvor mange selvstændige arter af finker der egentlig findes på Galapagosøerne.

I dette kapitel har vi beskæftiget os med Lamarcks og Darwins evolutionsteorier. Det synes klart at vi må afvise både Lamarcks og Darwins antagelse om at erhvervede egenskaber kan nedarves set i lyset af den nuværende viden om hvordan nedarvning foregår. Derimod kan vi anerkende Darwins antagelse om at den genetiske variation findes, og at den er en forudsætning for at der kan ske en selektion af arveegenskaber. Om den naturlige selektion fører til dannelse af nye arter, afhænger af om der sker en varig geografisk isolation mellem populationer tilhørende samme art. Et ustabil miljø kan muligvis ændre en art, men det er næppe sandsynligt at det uden ledsagende geografisk isolation fører til udvikling af to selvstændige arter. Derudover har genetisk drift stor betydning for hastigheden hvormed en ny art udvikles.

På det grundlag vil vi i det næste kapitel undersøge teorier om livets oprindelse og menneskets evolution. I den sammenhæng vil forskellige metoder til undersøgelse af arters slægtskab blive belyst.