

# Mutanter og håbefulde monstre udvikler sig i spring

AF JØRN MADSEN

Mutanterne, monstrene, afvigere ... deres rolle i evolutionshistorien er stadig uklar. Men på et tidspunkt var de tæt på at tage livet af Darwins evolutionsteori.

Mutanter har det med at lave rav i den – det skal man ikke have læst mange tegneserier for at vide – og det gælder også i biologien. Den moderne evolutionsteori bygger i store træk på Charles Darwins tanker. Han lagde vægt på betydningen af naturlig selektion og tænkte, at evolutionære forandringer måtte ske langsomt og næsten umærkeligt.

Men han var ikke den eneste, der havde en ide om, hvordan evolutionen foregår. Mange af hans rivaler mente, at mutanter og monstre måtte spille hovedrollerne i historien om livets udvikling, som skete i store spring. Mutanterne var endda lige ved at tage livet af Darwins teori, og de har ikke givet op endnu, men lusker stadig rundt i baggrunden.

## SPRINGVIS EVOLUTION

I 1894 udgav den amerikanske naturhistoriker og senere direktør for *American Museum of Natural History* i New York, Henry Fairfield Osborn, en bog, hvor han ridsede evolutionstankens historie op fra de gamle grækere til sin egen samtid. I langt de fleste tilfælde var man nået frem til, at udviklingen måtte ske i spring og ikke gradvist. Mange naturhistorikere havde svært ved at forestille sig glidende overgange mellem arterne. Hver art er næsten altid nem at adskille fra de arter, der ligner den mest, sine nærmeste slægtninge ville man sige i dag,

og man finder sjældent mellemformer.

Nogle af evolutionsteoriene omfattede guddommelig indgriben. Og en guddom kan vel gøre, hvad den vil, også skabe helt nye arter, frisk fra fad. Det kunne forklare de mønstre, man fandt, da man for alvor begyndte at se nærmere på fossilerne af fortidens organismer. Det var ikke de samme arter, man fandt i alle jordlagene, jo dybere man gravede sig ned, og jo længere tilbage i tiden man kom, jo mere besynderlige var de. En populær forklaring var, at nye arter blev skabt, når gamle forsvandt, og det kunne forklare, at de så at sige opstod ud af den blå luft.

## EN INDRE HIGEN

Andre naturhistorikere var metafysikere. De mente at evolution og udvikling af nye arter skyldtes nogle særlige, indre spilleregler, der var nedfældet i alt levende, og som i sidste ende førte til, at arterne var forprogrammerede imod en eller anden form for endemål. Mange teorier havde den slags indre higen mod det perfekte som evolutionær drivkraft. Hvis den slags teorier var korrekte, var der vel heller ikke noget til hinder for, at udviklingen så kunne ske i store spring, det var jo bare en hurtigere måde at komme videre på. Det var bl.a. det, Osborn og mange af hans samtidige mente.

## DARWIN OG SPRING

Selv Charles Darwin var klar over, at naturen nogle gange bevægede sig i spring. Både i Arternes oprindelse fra 1859 og senere i hans tobindsværk om variation hos tamdyr og dyrkede planter fra 1868 gav han eksempler på det, han kaldte *sports*. Af og til finder man eksemplarer af dyr og planter, som ser helt anderledes ud, end de plejer. Det kunne være duer, der pludselig havde fjertoppe på hovedet eller fjerdedækkede ben, eller ferskentræer, der pludselig dannede skud, hvorpå der voksede glatte nektariner frem.

Darwin mente, at *sports* især opstod i fangenskab eller under dyrkning, måske som en reaktion på ændrede leveforhold. I naturen var de derimod sjældne, her skete forandringer ganske langsomt og med små skridt. Darwin havde udtænkt en mekanisme, naturlig selektion, som sikrede, at evolution så at sige skete helt af sig selv uden hverken guder eller metafysik, men han havde ikke nogen forklaring på, hvor al den variation, råstoffet, som evolutionen skulle arbejde med, kom fra. Det var et problem, der optog store del af hans arbejdsliv, og som han aldrig fik løst. Det skulle tage mere end 50 år at nå hen i retning af en løsning, og det krævede en helt ny videnskabsgren, genetikken, og her lurede mutanterne.

## MUTANTER

I 1886 begyndte den hollandske fysiolog Hugo de Vries sine genetiske undersøgelser af planten natlys. Han var overbevist om,



at evolution er et faktum – dyr og planter forandrer sig og nye arter opstår – men han var lige som mange af sine samtidige ikke overbevist om, at naturlig selektion var forklaringen. Dels syntes naturlig selektion at være en alt for svag mekanisme, og det var svært at forestille sig, at den kunne skabe nye former og arter, kunne skabe nye former og arter, dels var det svært at tro, at den evolutionære kurs mod store forandringer

kunne holdes over så lange tidsrum, som Darwin insisterede på.

Nøglen måtte ligge gemt i den måde, ny variation opstår på. Blandt 15.000 efterkommere af ni planter fandt han to helt nye typer, som han mente måtte være nye arter. Og i et andet forsøg med 10.000 frøplanter, fandt han ud over de to former, han først var stødt på, også en helt tredje form, som han også gav et artsnavn. Gennem krydsnings-

Af og til finder man eksemplarer af dyr og planter, som ser helt anderledes ud. Her ser et par duer, der ikke har en helt almindelig fjerdragt. Darwin kaldte dem *sports*, vi kalder dem mutanter.

forsøg og selvbestøvninger fik han skabt endnu flere nye former, bl.a. kæmpemæssige natlys. Alle opstod pludseligt og helt uforudsigeligt og ikke gennem langsom og gradvis evolution.

De Vries offentliggjorde sine opdage-

ser i bogform i 1901 og 1903, og her støder man for første gang i biologiens historie på betegnelsen mutation. Mutationer var i følge de Vries stærkt afvigende individer, som han mente måtte være råstoffet for evolutionen, i dag ville man nok kalde dem mutanter. De Vries' arbejde med natlys-mutanter vakte stor opsigt, og hans mutationsteori fik mange tilhængere. Men med tiden fandt man ud af, at hans mutanter ikke var resultatet af nyopståede arvelige egenskaber. Nogle af dem var dannet ved kromosomfordoblinger, fx havde en kæmpe-mutant, som fik navnet gigas, 28 kromosomer mod de normale 14.

Natlysplanters kromosomer opfører sig også anderledes end de fleste andre organismer, og det betyder, at der eksisterer et hav af vildtlevende varianter, især i Nordamerika (natlys er indført til Europa), og man fin-

der særlig mange hybrider. Med andre ord, så er natlys en rigtig dårlig forsøgsplante, hvis man vil studere den biologisk arvs natur og dannelsen af ny variation. men da det blev klart, var man allerede på vej med en anden mutationsteori.

### BANANFLUEMUTANTER

Den store genetiker Thomas Hunt Morgan var lige som de Vries ikke tilfreds med Darwins teori. Han mente ikke, at selektion kunne spille nogen vigtig rolle for evolutionen. I stedet mente han at forandringer afhæng af de mutationer, der opstod helt af sig selv. Morgans studier af bananfluer viste, at nye varianter med fx særlige øjenfarver eller krøllede vinger opstår lige med ét. På kæmpekromosomerne i fluernes bugspytkirtler kunne han endda se, at der var sket forandringer i arvematerialet.

Omkring århundredskiftet og et par årtier frem var mutanter og mutationer ved at tage livet af Darwins teori. I et standardværk om biologiens historie fra begyndelsen af 1920'erne kan man læse, at Darwins teori for længst er blevet afvist på alle vigtige områder. Men det kom ikke til at holde, cirka et årti senere var Darwins teori tilbage igen. Mutationer viste sig ikke altid at have store konsekvenser for individet, og man fandt en måde at beskrive evolution på gennem forandringer af genpuljer og via matematiske formler. Pludselig gav det god mening, at evolution foregik langsomt og i små skridt.

### HÅBEFULDE MONSTRE OG EVO-DEVO

Richard Goldschmidt var professor ved universitet i München, hvor han havde studeret den genetiske baggrund for dannelsen af de

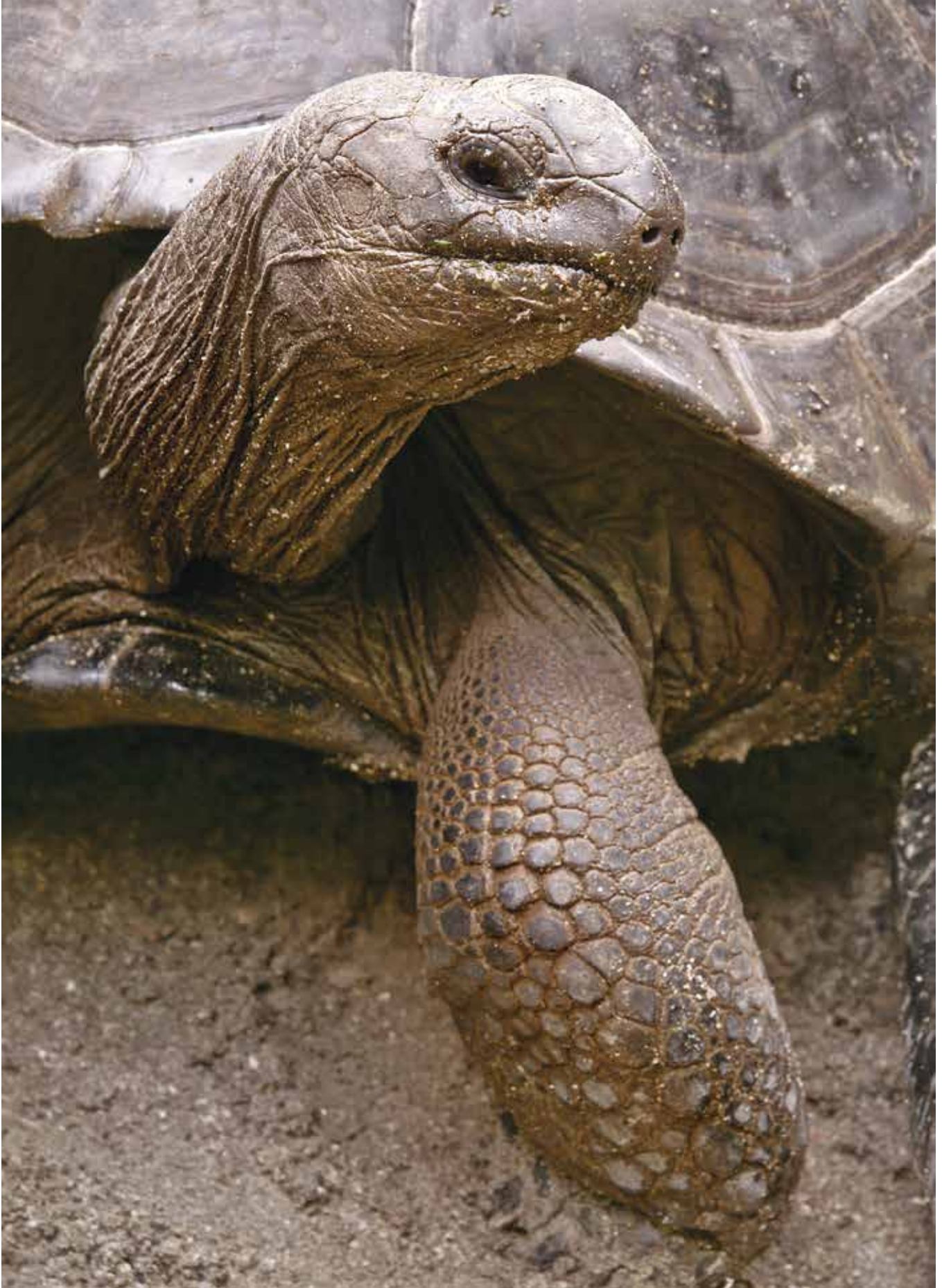
## SKILDPADDEN ER ALLIGEVEL IKKE ET MONSTER

Der er ikke mange gode eksempler på håbefulde monstre i dyreverden, men i mange år var skildpadden et af dem. Hos mange firbenede dyr ligger skulderbladet uden på ribbenene, det gælder fx fugle, dinosaurer og pattedyr. Men hos skildpadder ligger det inde i brystkassen, på indersiden af ribbenene, som er vokset sammen med pladerne i rygskjoldet. Det er svært at forestille sig et skulderblad, der ganske langsomt og via mange mellemformer glider ind imellem ribbenene, mens det stadig havde kontakt med forlemmerne. I stedet

kunne man tænke sig, at den første skildpadde med indre skulderblad er opstået som et lyn fra en klar himmel som et af Goldschmidts håbefulde monstre.

Skildpadden mistede monsterværdigheden for nogle få år siden, da man kiggede nærmere på anatomen af uddøde hvirveldyr. Hos de ældste hvirveldyr ligger skulderbladet lige ved forkanten af det forreste ribben (og bag halsen og kraniet, man skal forestille sig et dyr, der går rundt på alle fire). Først senere er det gledet bagud på ydersiden af brystkassen under evolutionen af fx fugle, dinosaurer og pattedyr eller

bagud og ind i brysthulen hos skildpadderne. På fossilet af den ældste kendte skildpadde, *Odontochelys*, ser man tydeligt, at skulderbladet for 220 millioner år siden lå foran brystkassen. Så bliver det pludselig meget nemmere at forestille sig mellemformerne. Man kan endda følge skulderbladets vandring, hvis man kigger nærmere på nutidens skildpaddefostre. Heller ikke her kommer ribben, skulderblad og lemme-knogler i vejen for hinanden. ■



to køn hos sommerfugle. I 1935 måtte han emigrere til USA, hvor han blev professor ved University of California.

Goldschmidt havde som mange andre af datidens forskere svært ved at acceptere, at naturlig selektion og gradvis evolution kunne være mekanismerne bag dannelsen af nye arter. Forskellene mellem arterne var så store, at han mente det måtte kræve en særlig forklaring. Hans løsning var teorien

om håbefulde monstre (hopeful monsters), som han udgav i bogform i 1940. Nye arter, skrev han, opstod pludseligt ved omfattende forandringer af deres udvikling fra befrugtet æggcelle til voksent individ. Forandringer kunne føre til helt nye og anderledes bygningstræk. De genetiske forandringer var så store, at han kaldte dem makromutationer, og evolutionen var ikke gradvis, men skete i store spring, såkaldte saltationer. Makromu-

tationerne var nok sjældne, og det var ikke alle håbefulde monstre, der klarede sig, men det var for Goldschmidt den eneste måde, nye arter kunne dannes på. Naturlig selektion var ikke sat ud af spillet, men var kun ansvarlig for småtilpasninger inden for arten, ikke for dannelsen af de store mønstre som fx livets stamtræ.

Goldschmidt var oppe mod den moderne evolutionsteori, som byggede på Darwins tanker, og som havde gået sin sejrsgang i årtiet før hans egen teori, og hans håbefulde monstre var lette at gøre grin med. Men palæontologerne kunne bruge hans ideer. Fossiler af marine invertebrater og alle mulige hvirveldyr viser, at en art stort set er uforandret fra den opstår til den uddør. Arten synes oven i købet at være opstået pludseligt, man finder meget sjældent mange mellemformer med sporene af gradvis udvikling mellem arterne.

Darwin kendte faktisk til problemet, men mente, at man nok ville finde mange flere mellemformer, hvis de geologiske jordlag havde været mere komplette. Desuden kunne man tænke sig, at nye arters dannelse skete inden for begrænsede områder, hvorfra man tilfældigvis ikke havde nogle fossiler. Det er stort set den forklaring de fleste vil bruge i dag, men der var især i 1970'erne og 80'erne forskere, der mente at nye arter dannedes af helt andre årsager, fx som håbefulde monstre.

I dag er der ikke mange goldschmidtianare tilbage, men de håbefulde monstre er her stadig. Siden 1990'erne har man fundet en

## VI ER ALLE MUTANTER

Alle mennesker bærer rundt på unikke mutationer, dvs. steder i vores dna, hvor vi afviger fra vores forældre. De unikke mutationer er opstået under dannelsen af æg- og sædceller og er altså en del af vores genom fra den allerførste deling af det befrugtede æg. Man har længe gættet på, at vi hver især havde mellem 100 og 200 unikke punktmutationer, hvor en enkelt dna-base er forandret, men det ændrede sig efter offentliggørelsen af en undersøgelse i 2011, hvor man havde gjort sig den umage at gennemse de komplette genomer fra medlemmerne af to familier. Forskerne fandt frem til, at børnene havde omkring 60 unikke mutationer blandt de 6 milliarder baser, de havde fået fra far og mor (ægcelle og sædcelle kommer hver med 3 milliarder baser, som til sammen danner det diploide genom i kropscellerne).

Nu er to familier ikke meget at bygge en undersøgelse på, men andre forskergrupper er nået til lignende tal, bl.a. ved analyser af genetiske varianter blandt 85.000 islændinge. Og det kan få betydning for studiet af vores egen evolutionshistorie. Hvis tallene er korrekte, skal den mutationsrate, som man bruger ved udregning af stamtræer for mennesket og vores nærmeste slægtninge, sættes til omkring 1 mutation per 100 millioner baser per generation. Tidligere blev den ofte sat til omkring 2,4 mutationer per 100 millioner baser per generation. Den lavere rate betyder, at udviklingslinjerne i vores stamtræ, fx ned til den sidste fælles forfader med chimpansen, bliver længere og rækker tilbage til en fjernere fortid, end man hidtil har regnet sig frem til.

Man kan også skue fremad. Hvis vi antager, vi er cirka 7 milliarder mennesker, må der findes mere end 400 milliarder unikke mutationer i blandt os. Menneskets genom består af 3 milliarder baser, så man skulle tro, at alle tænkelige mutationer – gode, ligegyldige og dårlige – allerede er i omløb. Der burde være nok for evolutionen at lege med, hvis vi altså husker at dele vores mutationer med andre. ■

lang række genetiske mekanismer, der er ansvarlige for dannelsen af den levende organisms krop og organer. Studiet af genregulering og opdagelsen af homeobox-gener har udløst både nobelpriser og ført til dannelsen af et helt nyt forskningsfelt, *evolutionary developmental biology* – også kaldet evo-devo. Ganske små mutationer kan få store konsekvenser, hvis de tænder eller slukker for gener, og ved at ændre på timingen af store grupper af gener kan der dannes helt nye former.

Vi er næsten tilbage ved de Vries' ideer om mutationer, men nu på baggrund af 100 års genetiske studier. Og vi står tilbage med en evolutionsteori, hvor der både er plads til tilpasninger i luntetrav og artsdannelse med stormskridt. Mutanter og monstre er ikke henvist til overtroen. Og du har sikkert haft et par stykker blandt dine forfædre. ■

*Jørn Madsen er biolog og researcher ved Museum Minds, Statens Naturhistoriske Museum.*

Haven er fuld af monstre. Her forskellige mutanter af morgenfrue. Typen ved navn *Calendula prolifera* må siges at være særlig monstrøs. Tavle 208, bind 2, fra Basilius Besslers *Hortus Eystettensis*, et håndkoloreret værk om haveplanter udgivet første gang i 1613.



Mutanter af have-ranunkel, *Ranunculus asiaticus* (øverste række og nederst til højre). Nogle med takkede kronblade eller afvigende farver, andre med fyldte blomster, bl.a. en hvor en mindre blomst vokser frem på en stilk dannet i midten af den gamle blomst. Tavle 32, bind 1, fra Basilius Besslers *Hortus Eystettensis*, et håndkoloreret værk om haveplanter udgivet første gang i 1613.

