

Evolution *biologiske* *milepæle*



Redigeret af
Kai Finster
Tobias Wang
Finn Borchsenius
Freddy Bugge Christiansen

Evolutions *biologiske*
milepæle

Evolutionens *biologiske* *milepæle*

Redigeret af
Kai Finster
Tobias Wang
Freddy Bugge Christiansen
Finn Borchsenius

FORORD

Denne samling af tekster om vigtige biologiske begreber og afgørende hændelser, der har påvirket livets udvikling igennem Jordens historie, er bygget på en række forelæsninger ved et introducerende kursus til evolutionsbiologi på biologistudiet ved Aarhus Universitet. Vi har samlet disse forelæsninger i en lille bog for at give en bredere læserskare mulighed for at stifte bekendtskab med væsentlige problemstillinger og evolutionære landvindinger inden for biologien; med andre ord, for at give den interesserede læser mulighed for at blive klogere på nogle emner, vi mener, alle borgere i kongeriget Danmark bør have en kvalificeret mening om.

Bogens kapitler er diverse og dækker naturligvis ikke alle aspekter af evolutionslæren og biologien. De bindes dog sammen af den grundlæggende evolutionære tankegang, som også giver en grundlæggende forståelse af livets opståen og udvikling og derfor spiller en central rolle i alle biologiske discipliner. Denne fælles forståelse af biologi kan næppe sammenfattes mere præcist end "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution", som er titlen på en tale, den ukrainsk fødte biolog Theodosius Dobzhansky holdt for The American Association of Biology Teachers i 1973. Frit oversat kan titlen omskrives til, at "ingenting giver mening i biologien, hvis det ikke ses i lyset af evolution". Alt levende fortæller en fælles historie, bygget på fælles principper og mekanismer, som danner grundlag for udviklingen af den enorme mangfoldighed, der omgiver os. Fordi alt det levende på den måde er forbundet og kan føres tilbage til en fælles stamform, er alle nulevende organismer et produkt af den cirka 4 milliarder år fælles historie på Jorden.

H.C. Andersens eventyr om Klods Hans giver på mange måder et fint billede af evolutionens virke. I denne historie samler Klods Hans tilfældige ting op på vejen til prinsessen, som han talentfuldt bringer i spil ved deres møde på en så overbevisende måde, at han vinder både prinsessens hjerte og det halve kongerige. Som læser af dette eventyr overraskes man; umiddelbart virker Klods Hans jo som en gan-

ske ubehjælpelig personage, intet tyder på, at han skulle kunne komme i nærheden af prinsessen, og endnu mere håbløst ser det ud, når han starter med at præsentere de indsamlede rekvisitter som gaver til prinsessen. Alligevel lykkes det jo! Fortællingen viser, at vi ikke kan forudse, hvad der bliver en succes, men at vi ofte kan nikke anerkendende til det, når vi ser det endelige resultat. Fortællingen viser også, at evolutionen virker igennem "det forhåndenværende søms princip", hvilket indebærer, at eksisterende strukturer, molekyler eller adfærdsmønstre ændres og bliver til noget andet. For eksempel er vores egne ben og arme omdannet fra gællebuerne hos primitive forfædre til hvirveldyrene, og selvsamme ben er omdannet til vinger hos flagermus og fugle. Desuden viser nyere forskning, at gener ikke kun bytter plads i genomet, men også er blevet overført fra organeller som mitokondrier, der stammer fra bakterier, til kromosomerne i cellekerner. Og der sker genoverførelse mellem forskellige udviklingslinjer. Således har vores genom en lille andel af Neandertaler-gener. På denne måde er moderne genomer og mennesket selv kimærer, sammenstykket af forskellige dele.

Vi håber, at bogen vil bidrage til en fortsat diskussion af biologiske emner og en øget interesse for at forstå den verden, vi lever i. Flere og flere biologiske spørgsmål har betydning for samfundets prioriteringer, og formidling af centrale biologiske problemstillinger kan bidrage til, at mange flere bliver i stand til at deltage i diskussioner om sådanne emner. Denne forankring i en naturvidenskabelig forståelse af verden fortsætter med at være vigtig. Det er for eksempel bekymrende, at der i den offentlige debat og især fra religiøse kredse i stigende omfang bliver sået tvivl om evolutionstankens intellektuelle redelighed og videnskabelige værdi – ikke mindst fordi det er generelle angreb på den naturvidenskabelige metode.

Endelig håber vi, at det er lykkedes for os at videregive vores begejstring for den levende natur og vores passion for at forstå de principper, som ligger til grund for livets historie og udvikling.

God fornøjelse.

INDHOLD

1	Evolution: Teorien om alt liv på Jorden.....	7
	<i>Peter C. Kjærgaard og Volker Loeschcke</i>	
2	Naturlig selektion.....	21
	<i>Freddy Bugge Christiansen</i>	
3	Fænotypisk plasticitet.....	41
	<i>Torsten N. Kristensen, Cino Pertoldi og Volker Loeschcke</i>	
4	Livets oprindelse.....	63
	<i>Kai Finster</i>	
5	Den eukaryote celle	91
	<i>Tom Fenchel</i>	
6	Flercellede organismer.....	107
	<i>Peter Funch</i>	

7	Evolutionen af endotermi blandt hvirveldyrene.....	125
	<i>Tobias Wang</i>	
8	Evolution på øer.....	141
	<i>Jens Mogens Olesen</i>	
9	Social adfærd.....	159
	<i>Trine Bilde</i>	
10	Sex – en evolutionær gåde.....	179
	<i>Jørgen Bundgaard</i>	
11	Aldring og død.....	199
	<i>Tinna Stevnsner</i>	
12	Uddøen.....	213
	<i>Finn Borchsenius og Jens-Christian Svenning</i>	



Sen Juratid. En voksen og en juvenil sauropod, *Europasaurus holgeri*, og en gruppe af en af de første dinosaurer, man har fundet, *Iguanodon*. Wikimedia Commons, CC by SA 2.5.



EVOLUTION:

TEORIEN OM ALT LIV PÅ JORDEN

Peter C. Kjærgaard og Volker Loeschcke

Hvad er evolution?

Evolution betyder forandring. Der findes mange former for forandring. Vejret ændrer sig, temperaturer og årstider skifter. Vi ændrer udseende livet igennem. Moden skifter. Men når vi taler om evolution, handler det om de forandringer, der sker fra generation til generation, og som med tiden har skabt den mangfoldighed af liv, sprog og kultur, som findes på Jorden. Evolution er i dag helt central for vores forståelse af liv. Livet har eksisteret og udviklet sig på evolutionens betingelser, siden det opstod på Jorden for mere end 3,5 milliarder år siden.

Biologisk evolution er en proces, som primært bygger på arvelighed og naturlig selektion. Man arver egenskaber fra sine forældre. De individer, som har de bedst tilpassede egenskaber, vil have en bedre chance for overlevelse og få flest afkom. Denne udvælgelse sker på baggrund af de arvelige forskelle, der er mellem individer. De bedst tilpassede individers afkom vil derfor udgøre en større og større del af bestanden og dermed få spredt deres arvelige egenskaber. Bestandens egenskaber tilpasses, i takt med at den genetiske sammensætning ændres. Det kalder vi evolution.

Nogle evolutionære ændringer er mere neutrale og skyldes tilfældige forskelle i overlevelse og reproduktion. Tilpasning står derfor ikke alene. Naturkatastrofer kan udrydde selv de bedst tilpassede individer. Ingen er sikret mod uheld. Når arvematerialet nedarves til næste generation, kan der også på grund af tilfældigheder ske ændringer, der ikke nødvendigvis er fordelagtige. Der kan således også være en del tilfældighed i evolution.

Evolution er en kendsgerning på linje med tyngdekraft. Ved at studere naturen videnskabeligt har vi fået empirisk evidens for, at livet gradvist forandrer sig, på samme måde som vi har etableret, at lette legemer falder mod tungere legemer. Evolutionsteorien er vores videnskabelige teori om denne kendsgerning, ligesom den klassiske newtonske mekanik er vores videnskabelige teori om tyngdepåvirkning. En kendsgerning og teorien om en kendsgerning er ikke det samme. Kendsgerningerne ændrer sig ikke, men det kan vores teorier gøre, når vi lærer mere om naturen. Vores videnskabelige forståelse af tid og rum blev således udvidet, da Albert Einstein omkring år 1900 erkendte, at den klassiske mekanik ikke var særlig velegnet til at håndtere begivenheder i astronomisk målestok. På samme måde blev vores viden om livet på Jorden udvidet, da Charles Darwin formulerede grundlaget for evolutionsteorien. Men det var først i 1920'erne og -30'erne, at den blev forenet med genetikken og dermed kunne håndtere både biologisk udvikling og arvelighed tilfredsstillende. Det er denne teoretiske forening, der udgør fundamentet for den moderne evolutionsteori, også kendt som den neodarwinistiske syntese. I dag er genetik og evolution forenet i den mest omfattende og veldokumenterede videnskabelige teori om livets udvikling nogensinde. Der er selvfølgelig en del uopklarede spørgsmål, uenighed om detaljer og indimellem ophedet diskussion om fortolkningen af data som i enhver anden videnskab. Men der er ingen tvivl om den overordnede ramme. Der er intet videnskabeligt alternativ til evolutionsteorien. Det er ikke alene den bedste, men i dag også den eneste teori, der besvarer alle de spørgsmål, vi har om livets udvikling, på tilfredsstillende vis og giver os plausible forklaringer, der kan testes, bekræftes eller afkræftes gennem observationer og eksperimenter af uafhængige forskere.

Darwin og evolutionsteorien

Darwins navn er uløseligt forbundet med evolutionsteorien, og hans betydning i tænkningens historie rækker langt ud over videnskabens verden. Den amerikanske filosof Daniel Dennett har for eksempel betegnet Darwins formulering om udvikling gennem naturlig selektion som den bedste idé, nogen nogensinde har fået. Dennetts begrundelse er, at ikke alene var Darwins teori suverænt den bedste til at beskrive og forklare livets mangfoldighed, den skabte også på én gang enhed mellem liv, mening og formål, rum og tid, årsag og virkning, mekanisme og naturlov. Den bandt alt i biologien sammen. Men den kunne også bruges til at beskrive fænomener uden for biologiens område. I dag arbejder vi med evolution inden for en lang række forskellige områder fra matematik og teknisk design over religionsforskning til politisk teori.

Teorien om evolution med naturlig selektion blev offentliggjort ved et møde i Linnean Society of London den 1. juli 1858. Inspireret af blandt andre Darwins farfar, Erasmus Darwin, franskmændene Jean-Baptiste Lamarck og Darwins tidligere lærer fra Edinburgh, Robert Grant, havde den unge naturforsker Alfred Russel Wallace længe været overbevist om arternes udvikling. Men han manglede stadig en mekanisme, der kunne forklare evolution. Midt i 1850'erne befandt han sig i det malaysiske ørige, og da han på et tidspunkt lå syg med feber, kom han til at tænke på økonomen Thomas Malthus' essay om befolkningstal og fik ideen til naturlig selektion. Begeistret skrev han et brev til Darwin og forklarede om sin idé.

Darwin blev chokeret. Tyve år tidligere havde han selv fået samme idé, da han læste Malthus. Han havde dengang nedskrevet sine tanker i et kort essay, men lagt det til side igen for at arbejde med andre ting. I den mellemliggende periode havde han dog talt med flere af sine gode venner og kolleger om teorien og fik også indsamlet mere og mere materiale til at dokumentere den. Men han var stadig lang vej fra at offentliggøre sine ideer. Den vej blev pludselig kort, da han modtog Wallaces brev. Da Wallace havde gjort sin opdagelse uafhængigt af Darwin, skulle han naturligvis have sin del af æren. Men Darwin var på den anden side ikke glad for bare at skulle overgive den til en anden, når han nu selv havde arbejdet så længe på projektet.

Løsningen blev, at Wallaces brev blev læst højt til et møde i Linnean Society sammen med det sammenfattende essay, Darwin skrev i 1842. Dermed fik de begge æren af at offentliggøre teorien samme dag, og Darwin fik markeret, at han fik ideen først. Det var dog ikke noget, der blev lagt specielt mærke til. Ved årets slutning udtalte Linnean Societys præsident, at det havde været et begivenhedsløst år.

Det egentlige gennembrud for teorien kom året efter, den 25. november 1859, med udgivelsen af Darwins bog *Om arternes oprindelse*. Nu var evolution for alvor kommet på den videnskabelige dagsorden. Der var ingen, der længere kunne ignorere biologisk udvikling som forklaringsmodel. Mange var stadig ikke enige med Darwin, men alle tog stilling. I de efterfølgende årtier blev der samlet mere og mere materiale ind, der alt sammen bekræftede evolutionsteoriens rigtighed.

Da det endelig lykkedes at kombinere evolution og genetik efter et par årtier med konkurrerende forklaringsmodeller i begyndelsen af 1900-tallet, samledes alle biologer om evolutionsteorien som den grundlæggende teori om livets udvikling. Teorien er stadig det samlede grundlag for den moderne biologi og noget, man, uanset fagligt ståsted, tradition eller speciale, er enige om. "Ingenting giver mening i biologien, hvis det ikke ses i lyset af evolution," skrev den ukrainsk fødte Theodosius Dobzhansky, en af den neodarwinistiske synteses grundlæggere, i en af de mest berømte moderne formuleringer, der slog evolutionsteoriens vigtighed for alle de biologiske videnskaber fast. Men hvad vil biologisk evolution nærmere bestemt sige?

Tid og datering

En afgørende forudsætning for, at evolution overhovedet kan foregå, er tid. Lang tid. I 1650 udgav James Ussher, biskoppen af Irland, en kronologi over Jordens alder baseret på en bogstavelig læsning af Bibelen. Her slog han fast, at skabelsens første dag var aftenen inden søndag den 23. oktober, år 4004 før vor tidsregning. Jorden var altså på det tidspunkt ikke engang 6.000 år gammel. Det var der mange, der mente var et rimeligt skøn. Både astronomen Johannes Kepler og fysikeren Isaac Newton nåede til lignende resultater. Selvom Usshers og tilsvarende beregninger fik en kolossal indflydelse på, hvor gammel man anså Jorden og dermed alt liv for at være, så begyndte geologer i 1700-tallet at mangle tid for at kunne give tilfredsstillende forklaringer på en række geologiske formationer. De forandringer, man kunne konstatere, krævede simpelthen langt længere tid end de 6.000 år, der var til rådighed i den bogstavelige bibelske kronologi.

Der kom derfor efterhånden forskellige bud på alternative, videnskabelige kronologier, der både tog hensyn til Bibelen og nye observationer. I første halvdel af 1800-tallet var der således få, der stadig holdt fast i ideen om en Jord, der kun var få tusind år gammel. Man regnede nu i stedet med mange hundrede tusinde, ja, helt op til flere millioner år. Det var også den tidsfaktor, Darwin indså, var nødvendig for, at evolution kunne virke.

Der var flere forskellige måder at beregne geokronologien på. På Darwins tid fastsatte man klippeformationers relative alder gennem stratigrafiske lag. Selvom man stadig ikke havde metoder, der kunne angive præcis, hvor gamle bestemte klippelag var, så kunne man sige noget om, hvor gamle de var i forhold til en lang række andre lag. Ved at se på fossilt materiale kunne man endvidere bestemme, hvilke perioder bestemte plante- og dyrearter fandtes i. Dermed havde man en metode til at periodebestemme andre fund. Lignende, uddøde arter, antog man, tilhørte samme periode. Dendrologiske undersøgelser, altså optælling af årlige træringe, kunne give en præcis aldersangivelse. Men kun for nyere tid. I løbet af 1900-tallet udviklede man en serie radiometriske metoder, der udnyttede isotopers radioaktive henfald, til mere præcis datering af meget gammelt materiale. I dag har vi således en række forskellige metoder til rådighed, der hver har