

# VARV

NR. 4

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

2006



Forside: Gerhard Heilmanns rekonstruktion af en kurtiserende han og en hun af *Archaeornis* (øglefuglen *Archaeopteryx*) som frontispice i hans engelske bog 'The Origin of Birds' fra 1926 – det langt mest citerede palæontologiske værk fra Danmark nogensinde.

Forfatterens adresser: Niels Bonde og Jesper Milàn, Institut for geografi og geologi, Øster Voldgade 10, 1350-København K. Ole Bennike, GEUS, Øster Voldgade 10, 1350 København K.

---

## VARV

---

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, 1350 København K.  
Telefon: 35 32 24 25, Svend Pedersen (telefonnummeret 35 32 24 00 kan ikke bruges mere)  
E-mail: [svendp@geol.ku.dk](mailto:svendp@geol.ku.dk)

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Hageskov, Jesper Milàn, Mia Nielsen, Arne Thorshøj Nielsen, Mikael Pedersen (webmaster) og Svend Pedersen (ansvarshavende).

Bestyrelse: Asger Berthelsen, Valdemar Poulsen, Bjørn Hageskov og Svend Pedersen.

Tekstredaktion: Svend Pedersen og Jesper Milàn

Billedredaktion: Bjørn Hageskov

Lay-out: Askvig grafisk design

Tryk: PrininfoHolbæk-Hedehusene

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 150 DKR i abonnement for 2007. Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV's postgiro: 9 06 88 80, eller 190 SEK til VARV's svenske postgiro: 4388-5, eller 180 NOK til VARV's norske postgiro: 7877-08.15672.

På VARV's hjemmeside [www.varv.dk](http://www.varv.dk) er det bl.a. muligt at søge i VARV's database, hvor referencer til alle artikler er lagt ind, ligesom der er et lille resumé af artiklerne. Der er også oplysninger om priser på gamle numre, særnumre etc., som sammen med tegning af abonnement kan bestilles on-line.

Adresseændringer bedes meddelt **VARV**

© **VARV** eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale

# TETRAPTERYX, HEILMANN OG PROAVIS

Niels Bonde & Kasper Hansen

Det mest berømte danske palæontologiske værk er Gerhard Heilmanns 'Fuglenes Oprindelse' i en oprindelig dansk udgave som føljeton: 'Vor Nuværende Viden om Fuglenes Afstamning' i Ornitologisk Tidsskrift, 1913-16 og i en engelske udgave fra 1926, 'The Origin of Birds'. Den må være størrelsesordner hyppigere refereret end noget andet palæontologisk arbejde af en dansker. I den mest brugte internationale lærebog om fossile hvirveldyr, Harvard-professoren A.S. Romer's 'Vertebrate Paleontology' (2. udgave fra 1945 og 3. udgave fra 1966) er Heilmanns bog en af de få i den lange litteraturliste, der får rosede ord med på vejen: 'A well illustrated and readable discussion of bird origins, with an account of Jurassic and Cretaceous birds, the reconstruction of a hypothetical 'Proavis', and a résumé of the archosaurian reptile groups' (dvs. krokodiller, flyveøgler og dinosaurer inklusive fugle). Enkelte andres værker får højst en linie. Man kan stort set heller ikke i dag diskutere fugles oprindelse uden at nævne Heilmann!



Figur 1. Gerhard Heilmann som kunstmaler, årstal ukendt.



## Gerhard Heilmann

Gerhard Heilmann (1859–1946) var en dansk kunstmaler på den Kongelige Porcelænsfabrik (elev af P.S. Krøyer), tegner og amatørornitolog, illustratør af mange fuglebøger og måske mest kendt som tegneren bag den berømte 'Plovmand', altså den gamle 500 kr. seddel (figur 1). Da han i 1914 blev irriteret over nogle påstande om fuglenes opståen fremsat af den kendte zoolog og professor ved Landbohøjskolen, J.E.V. Boas (1855–1935) – påstande som også i dag må siges at være ret urimelige (bl.a. skulle dinosaurgruppen Ornithischia være fugleforfædre) – gav Heilmann sig til at gennemføre den mest grundige undersøgelse af problemet, som nogensinde havde været udført. Undersøgelsen omfattede sammenlignende anatomi, fossiler, embryologi (fosterudvikling) og blev sat i relation til de eksisterende idéer om evolution (udviklingshistoriens forløb), de såkaldte 'lovmæssigheder'. På den tid (som i visse kredse i dag) stræbte biologien efter at ligne den formodede fornemste naturvidenskab, fysikken, og skulle derfor helst have 'natur-love', der lignede Newtons tyngdelove og andre simple fysisk-kemiske sammenhænge, som set i den herskende positivistiske filosofis lys udtrykte 'sandheden' om denne verden. Blandt de vigtigste biologiske 'love' om udviklingshistorie var 'Dollos lov' (belgisk hvirveldyr -(vertebrat)-palæontolog, 1857-1931) og 'Häckels biogenetiske lov'. Häckel var tysk zoolog (1834 – 1919) og evolutionsteoretiker, som i sine felttog for Darwins evolutionsteori skabte mange af de tekniske termer, som vi helt selvfølgelig bruger i dag, såsom 'ontogeni' for individets udvikling fra undfangelse til død og 'fylogeni' for udviklingshistorien eller 'stamtræet' – Häckel var 'verdensmester' i at tegne pittoreske stamtræer.

'Dollos lov' siger, at et organ, der er gået tabt i udviklingen, aldrig kan vende tilbage. Den 'biogenetiske lov' siger, at ontogenien gentager (rekapitulerer) fylogenen, dvs. at de morfologiske (formmæssige) stadier, som fostret gennemløber, afspejler, at forfædrene var nået til nogle tilsvarende stadier tidligere i udviklingsliniens historie. Det mest berømte udtryk for denne lov om rekapitulation er vel det faktum, at alle hvirveldyr - inklusive mennesket og andre pattedyr - på et tidligt fosterstadium har gællespalter, eller noget der tydeligt svarer til det. Der er ingen tvivl om, at nutidens hvirveldyr, både landdyr (tetrapoder) og fisk nedstammer fra tidlige former, der havde gællespalter som voksne. På tilsvarende måde kan man argumentere, at alle organismer starter som encellede, f.eks. som en befrugtet ægcelle (ikke al knop-skydning kan dog beskrives på den måde), hvilket stemmer overens med, at der i de første mere end 3 milliarder år af livets udviklingshistorie kun eksisterede éncellede organismer. De flercellede opstod for mellem en halv og en hel milliard år siden.

Heilmann mente, at Boas' fremstilling stred imod Dollos lov, og han var meget lidt 'diplomatisk' i sin kritik (bibeholdt som fodnoter i den engelske udgave) af Boas, som var en internationalt velanskrevet zoolog og anatom. Boas skrev bl.a. den lære-



bog i zoologi, som siden slutningen af 1800-tallet blev trykt i 6 reviderede udgaver, og som også blev brugt ved Københavns Universitet i 1960-erne i efterfølgeren M. Thomsens revision – simpelthen kaldt 'Boas-Thomsen', da en af os (NB) var student. Heilmann, som nok må have været ret stædig, måske genstridig også på skrift, ragede uklar med et par andre fagzoologer, f.eks. den højt anerkendte pattedyr- og fugleekspert Herluf Winge (1857-1923), inspektør på Zoologisk Museum. I det hele taget kom han i et stærkt modsætningsforhold til de danske akademikere på feltet. På Geologisk (da Mineralogisk) Museum fortalte den dengang eneste danske vertebrat-palæontolog, Dr. Eigil Nielsen (1910 – 1968), som i øvrigt var en fremragende og ivrig populærformidler), med stor fornøjelse sine studenter, om dengang Heilmann ville præsentere sine ideer for museets eneste palæontolog, docent J.P.J. Ravn (specialist i fossile snegle og muslinger), som nærmest 'smed ham amatøren ud'.

Til gengæld fik han meget fin hjælp, når han korresponderede med og lånte af udenlandske zoologer og museumsakademikere, som han takkede varmt. Alt dette kan tydeligt læses i forordet til den engelske udgave: 'It is in Denmark a difficult and thankless task to study Paleontology. At our university, neither Paleozoology nor Paleontology is taught, not to speak of Paleobiology. Hence it is no wonder that, even among highly cultivated men, dense ignorance as to the importance of these subjects prevails; their very names are hardly known. Anything like the great benevolence and good-will I have met with from several foreign scientists, I am sorry not to be able to record of my own countrymen'.

Heilmanns værk om fuglenes oprindelse dominerede den internationale scene og lærebøgerne i omkring 50 år, indtil John Ostrom, dinosaurekspert fra Yale University, i 1966 genbeskrev 'øglen med den frygtelige klo', *Deinonychus*, fra Montanas tidlige Kridt i stor detalje. Han konkluderede, at den slags rovdinosaurer (her familien Dromaeosauridae – siden 'Jurassic Park' ofte, men misvisende, kaldt 'raptorer') er fuglenes nærmeste slægtninge. Særligt gjorde Ostrom opmærksom på de meget store ligheder mellem dromaeosaurer og *Archaeopteryx* (øglefuglen – af Heilmann kaldt 'oldfuglen'), som blev beskrevet i 1861 fra den sent jurassiske 'lithografiske skifer' eller Solnhofen kalksten i Sydtykland bare 2 år efter Darwins 'Arternes Oprindelse', og som har vingernes og halens fjer bevaret.

Historisk set er dette dog den ældste idé om afstamningen, som allerede 'Darwin's bulldog', vennen Thomas Huxley (1825–1895) havde fremsat. Han navngav den dyregruppe, som han mente rummede både krybdyr og fugle, nemlig Sauropsida, og pegede på dinosaurer som de nærmeste fugleslægtninge, specielt den lille *Compsognathus*, som var blevet beskrevet i 1850-erne også fra den 'lithografiske skifer' (figur 2). *Archaeopteryx* (øglefuglen), regnede han simpelt hen for en fugl, og den havde ikke så fremtrædende plads i hans argumentation.



*Figur 2. Den lille fuglelignende dinosaur Compsognathus fra den litografiske Solnhofen-kalksten, Sen Jura i Bayern. Afstøbning fra samlingen på Geologisk Museum i København.*



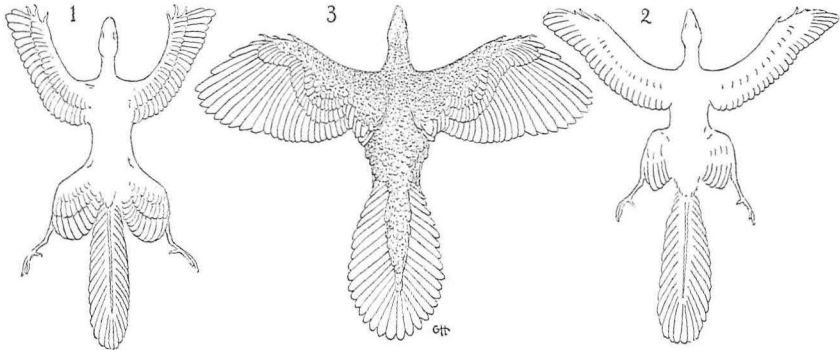
Heilmann satte sig altså op imod denne idé og gjorde det med en grundighed bakket op af så mange detaljer, at den palæontologiske og zoologiske verden lod sig overbevise. Hans væsentligste argument var, at der ikke kendtes nogen dinosaur, som havde nøgleben. Dinosaurerne kunne derfor umuligt være stamformer for fugle, der har meget veludviklede nøgleben sammensmeltet til 'ønskebenet'. Det ville stride fuldstændigt imod 'Dollos lov'. Man kan altså ikke acceptere et udviklingsforløb, hvorunder nogle former først mister et markant træk som nøgleben for derefter bare at genudvikle det senere. I løbet af de seneste 15 år har det vist sig, at Heilmanns indvending ikke gælder, for mange af rovdinosaurerne viser sig at have nøgleben, faktisk ofte sammenvoksede lige som fuglenes ønskeben (nogle har tidligere været mistolket som forreste bugribben). Og de er også fundet hos ganske enkelte af de planteædende dinosaurer (faktisk beskrevet allerede omkring 1920). Heilmanns egen analyse af skeletligheder viste da også, at en primitiv fugl som Archaeopteryx i høj grad lignede de små rovdinosaurer – men Dollos lov forbød ham altså at tyde dette som nært slægtskab.

Set i en moderne udviklingshistorisk (fylogenetisk) ramme er 'Dollos lov' så rimelig? Både ja og nej. Hvad angår komplicerede træk som hele organer (en hel knogle, et helt lem, et komplekst sanseorgan), så er 'loven' nok ganske rimelig – det er usandsynligt at præcist 'det samme' skulle dukke op igen efter at være mistet. Men set fra et moderne molekylærfylogenetisk synspunkt (dvs. rekonstruktion af fylogeni, stamtræer, ved hjælp af molekyler som proteiner eller specielt DNA eller RNA, altså det basale arvemateriale), så er 'loven' umulig at 'overholde'. For i et DNA- eller RNA-molekyle (kernesyrer bestående af en spiralsnoet dobbelt-streng) kan der i hver position, som holder molekylets to streng sammen, kun sidde en ud af fire forskellige nucleotider (kvælstofholdige baser, enten puriner eller pyrimidiner). Derfor er mulige ændringer i disse vigtige positioner yderst begrænsede, og i en lang udviklingshistorie må ændringer på en bestemt plads nødvendigvis nogle gange føre til samme nucleotid, som engang tidligere har været i den position – altså en modstrid med Dollos lov.

Set fra et metodologisk (altså videnskabsteoretisk) synspunkt, der vedrører rekonstruktion af fylogener (stamtræer) kan 'Dollos lov' nemlig bedst anskues som en regel om at forbyde (eller i al fald begrænse) de såkaldte 'reverser'. Disse er nemlig karaktertræk i et udviklingsforløb, hvor man kan være nødt til at acceptere, at der i den bedste - simpleste - 'model' for fylogenen eller stamtræet er visse træk, som er ændret på et tidspunkt for så senere at 'vende tilbage' til den oprindelige udformning i en eller flere undergrupper. Det er dog umuligt at acceptere dette med hensyn til komplicerede karaktertræk eller hele organer. F.eks. kan man ikke forestille sig, at en dyregruppe, der én gang har udviklet vinger, derefter reducerer dem, således at de helt er forsvundet, på et senere tidspunkt udvikler vinger igen. Men at simple



ændringer i proportioner og antal (f.eks. finnestråler og -pigge hos fisk, skælrækker hos fisk og krybdyr) og overfladisk ornamentik kan svinge frem og tilbage gennem udviklingshistorien, er meget mere sandsynligt (svarende til de simple ændringer i molekylær fylogeneri), da den genetiske baggrund for sådanne ændringer sandsynligvis er en enkelt eller ganske få ændringer (mutationer) i arvematerialet – og derfor teoretisk acceptabel.



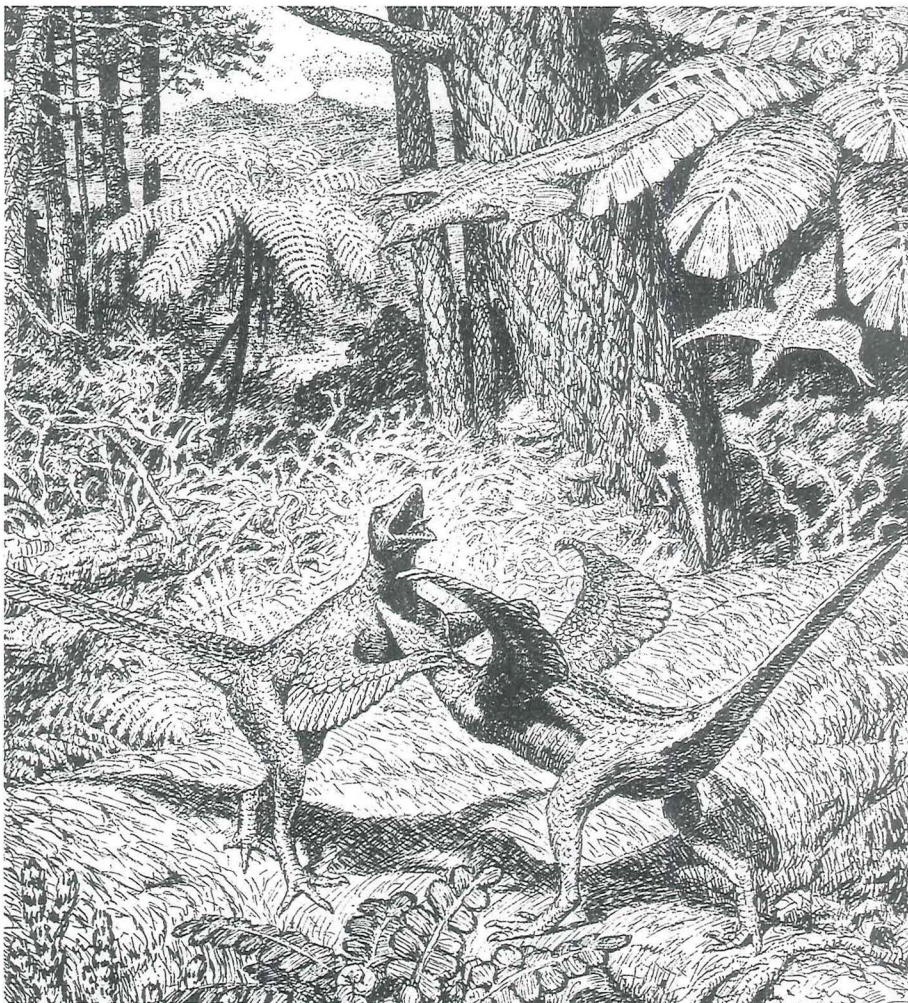
Figur 3. (1) og (2) er Tetrapteryx-stadiet og Archaeopteryx-stadiet efter W. Beebe, gengivet af Heilmann 1917 sammen med hans egen rekonstruktion af Archaeornis (3), det navn der i 1890-erne var blevet givet til Berlin-eksemplaret af dets beskriver, tyskeren Dames (se foto i VARV 2005,4).

### Den hypotetiske Proavis

William Beebe (1877-1962) var en amerikansk ornitolog, der i 1915 fremkom med den første detaljerede hypotese om, at stamformen til Archaeopteryx og alle nulevende fugle var den såkaldte 'Tetrapteryx' eller 'fire-vinge'. Kort tid herefter i sidste del af den danske udgave af 'Fuglenes Oprindelse' præsenterede Heilmann (1916) sin egen udgave af en stamform til fuglene; 'Proavis', som efter hans opfattelse måtte have haft korte 'svingfjer' på forlemmet og - inspireret af Beebes 'Tetrapteryx' - en lille fjerbræmme på låret. For Beebe var tilstedeværelsen af lange fjer i én række på lårene, som han konstaterede meget tidligt hos dunungerne fra duer, en vigtig begrundelse for vingebremmerne på bagbenene. Selvom Heilmann ikke selv kunne konstatere nogen tydelig bræmme af større fjer på lårene hos de dueunger han selv undersøgte, så lod han sin *Proavis* inspirere af *Tetrapteryx*-idéerne.

'Proavis' lignede nærmest et svævende krybdyr med skællene let flossede i kanten bag armene og langs halen ('stimuleret af luftmodstanden', figur 3). Heilmann forestillede sig, at de blev videreudviklet til fjer med skaft og stråler. Men moderne forskning i fjers opståen viser, at en sådan afledning er helt gal, for lagene i skæl og fjer er slet ikke sammenlignelige på den måde, man traditionelt har opfattet det. Så en

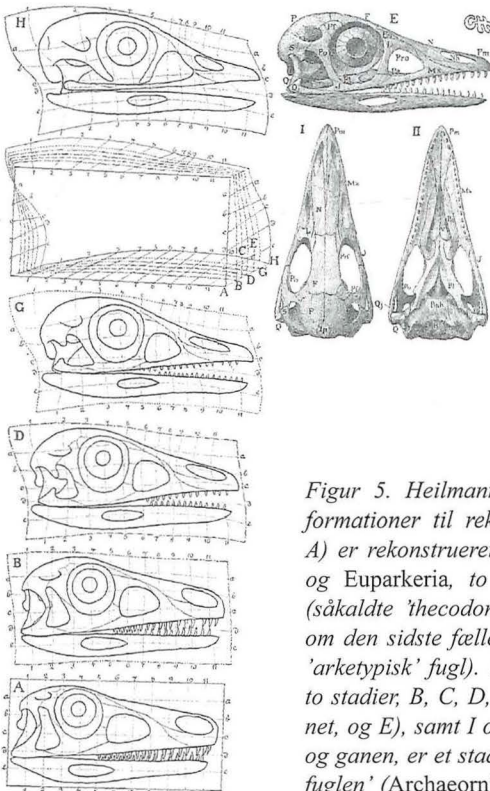
fjer kan ikke afledes af et krybdyrskæl, og de består da også af to forskellige typer af keratin (hornstof). Fugle har faktisk kun 'krybdyrkeratin' på skællene under tærerne, mens både fjerene og 'skællene' på resten af fødderne er af en ny type keratin (fikeratin), så 'skæl' på fødderne og endda på oversiden af tærerne kan meget let ændres til rigtige fjer, som det kendes fra flere avlede hønse-racer. Bemærk at pattedyrenes keratin i hår er af en tredje type.



Figur 4. Heilmanns habitusrekonstruktion af 'Proavis' til hans danske udgave i 1917: 'Førfugle i et Triaslandskab', to hamner, der slås, samt to svævende og et klatrende dyr, baseret på lerfigurer lavet efter rekonstruktionen vist i figur 6. (Se også figur 7).



Der er en interessant historie bag Heilmanns rekonstruktion af sin hypotetiske 'Proavis' (figur 4), der er et fantasi-navn og dermed ikke et rigtigt zoologisk, systematisk navn, der er tilknyttet en faktisk organisme, fossil eller nulevende. Han benyttede nemlig i 1916 som den første en metode udviklet i en lille artikel i 1914 af den engelske anatom D'Arcy Thomson, som for at kunne lave præcise sammenligninger mellem formen af forskellige dyr og deres organer tegnede dem ind i net, hvor liniernes skæringspunkter skulle gå igennem 'tilsvarende punkter' på de sammenlignede dyr/organer. Mest kendt i dag er nok tegninger af forskellige menneskeaber og menneskers vækststadier af kranierne set i profil, hvor fosterkraniet af mennesket er tegnet ind i et kvadratisk net, og de mere udvoksede kranier og chimpansestadierne fra foster til voksen derfor får netværk, der er mere og mere forvredne i bestemte regioner. De viser også, at det voksne menneskekranium i proportionerne er meget mere 'baby-lignende' end et voksent chimpansekranium, mens der næsten ingen forskel er på de to arters fostre.

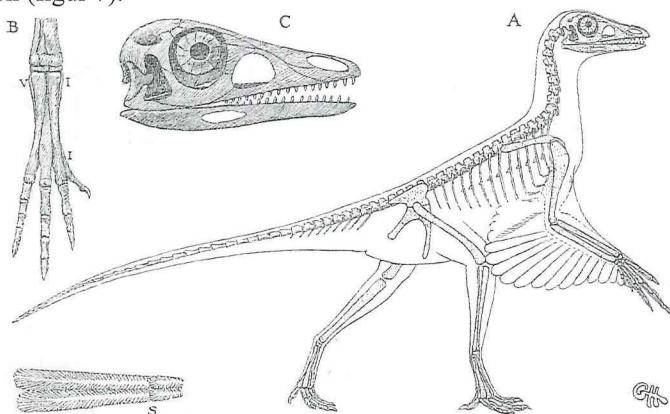


Figur 5. Heilmanns brug af D'Arcy Thomson's net-transformationer til rekonstruktion af 'mellemløber' af kranier: A) er rekonstrueret som en mellemting mellem Ornithosuchus og Euparkeria, to rimeligt velkendte, primitive archosaurer (såkaldte 'thecondonter') fra Trias, mens H) er Heilmanns ide om den sidste fælles forfader for alle nutidige fugle (en slags 'arketypisk' fugl). Nettet viser deformationerne mellem disse to stadier, B, C, D, E og G med B, D og G skitseret i hvert sit net, og E), samt I og II, det samme kranium set fra kranietaget og ganen, er et stadium, som Heilmann mente måtte ligne 'oldfuglen' (Archaeornis). C) er Proavis' kranium og kan ses på figur 6, C.



Heilmann greb denne idé til at rekonstruere 'mellemformer', i dette tilfælde mellem et kranium, der var en 'mellemproportional' mellem to dengang velkendte, primitive, triassiske archosaurer *Ornithosuchus* og *Euparkeria* af gruppen 'thecodonter', der regnedes som stamformer for alle andre archosaurer inklusive krokodiller og fugle og en 'arketypisk' fugl baseret på sammenligning af nutidige formers kranier (figur 5). Det kvadratiske net blev så tegnet på den 'primitive' form, og et net gennem tilsvarende punkter på den 'typiske moderne fugl', som blev stærkt 'forvredet'. Dernæst kan man konstruere et net med alle punkter halvvejs mellem de to første nets skæringspunkter, og så blive ved med at lægge net halvvejs ind imellem de net, man i forvejen har. Man kan så tegne eksempelvis kranier ind i nettene og få en tilpas 'glidende overgang mellem disse stadier og dermed bruge dem til at illustrere en slags udviklingsrække.

Heilmann havde dengang kun et fotografi af *Archaeornis* fra Berlin og beskriveren Dames' ret dårlige tegning af dens kranium fra 1884 til sin rådighed, og da dette ikke var detaljeret nok til at kunne tegnes ind i et net, benyttede Heilmann derfor et moderne fuglekranie. Han valgte så et af sine konstruerede 'mellemstadier' som sit 'Proavis'-kranium. For resten af skelettet tog han hvert knoglekompleks, som forben, bagben, bækken, og rekonstruerede mellemformer mellem de to triassiske formers skelet og *Archaeornis*, som han kunne tegne af fra fotoet. Således blev fantasi-stamformen *Proavis* stykket sammen, både som skelet (figur 6) og i en habitusrekonstruktion (figur 7).



Figur 6. Heilmanns rekonstruktion af førfuglen 'Proavis', hvor hvert skeletelement er rekonstrueret som kraniet (C) med metoden i figur 5, og lermodeller er lavet af knoglerne og er aftegnet, f.eks. foden (B). (A) viser hele skelettet med svingfjer skitseret, og (S) viser hvordan Heilmann forestillede sig krybdyrskæl med fligede kanter blive 'forlænget og opsplittet af luftmodstanden' til lange svingfjer med dækfjer, en idé der både funktionsmæssigt, keratin-kemisk og strukturelt på celleniveau er umulig, men alligevel stadig accepteres af visse forskere og det meste af populærlitteraturen.





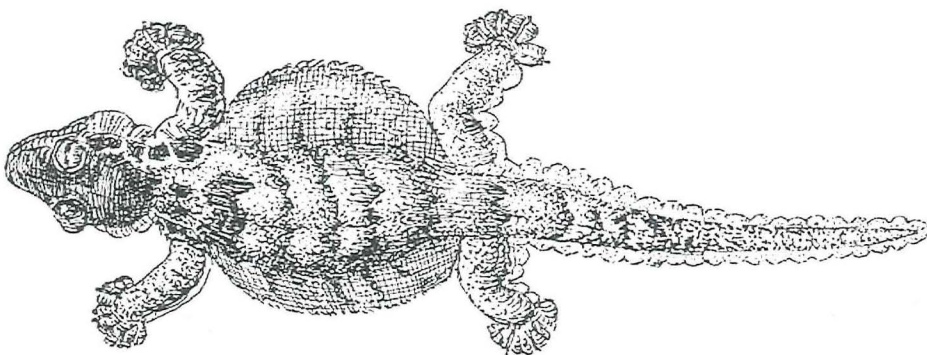
Figur 7. 'Proavis' rekonstruktion fra den engelske udgave 1926 af 'Origin of Birds'. Den har nu fået en lille 'lårvinge', tildels inspireret af Beebe's 'Tetrapteryx' og dueungerne i figur 10, men dog mest af den svævende gekko i figur 9, der også har en bred hudflap på siden af krop og hals, sådan som Heilmann forestiller sig, at 'Proavis' også har haft som svævebrømme.



Da Heilmann i 1923 personligt havde set Berlin-eksemplaret af *Archaeornis* og dygtigt tegnet kraniet af i stor detalje under lup, så viste det sig pudsigt nok, at kraniet fra *Archaeornis* var næsten identisk med det hypotetiske mellemstadium, han tidligere havde valgt som model for sin 'Proavis'. Han blev så nødsaget til at vælge et mere 'primitivt' mellemstadium til sin rekonstruktion af *Proavis* i den engelske udgave af sin bog der udkom i 1926. For at fortsætte pudsighederne skal det bemærkes, at det nyeste fund af *Archaeopteryx*, som er blevet købt til et privat museum i Texas og beskrevet Science i 2005, er et fremragende fossil med velbevarede fjeraftryk, og det har det hidtil bedst bevarede kranium, der nu viser sig at se ud næsten som Heilmanns *Proavis* fra 1926-bogen. Så hvis der i dag skulle fremstilles en ny hypotetisk *Proavis*, måtte der vælges et endnu mere primitivt mellemstadium, end Heilmann forestillede sig.

### Heilmanns rekonstruktioner

Det er bemærkelsesværdigt, at Heilmann som kunstner og især maler og tegner også var skulptør og omhyggeligt lavede små 3-D lerfigurer, både af skeletdele og habitusrekonstruktioner, og først derefter tegnede han dem. Som det ses både på *Proavis*-skelettet med omrids af fjerdragten og på begge habitusrekonstruktioner af *Proavis* kæmpende og svævende, så antog Heilmann, at der først blev udviklet fjer på arme og hale (dog også som en bræmme langs siden af kroppen og halsen og på lårene som vist på figur 7). Dette var ikke inspireret så meget af '*Tetrapteryx*' som af en trælevende gekko, *Ptychozoon* ('folddyret', figur 8), der kan svæve relativt langsomt ned fra træerne, fordi den har hudflapper langs kroppens sider og smallere flapper langs siden af halen og halsen, samt på bagsiden af både for- og baglemmer.



Figur 8. *Ptychozoon*, 'folddyret', den svævende gekko fra Asien med hudbræmmer langs siden og på lemmerne som inspirerede Heilmanns sene udgave af 'Proavis'.

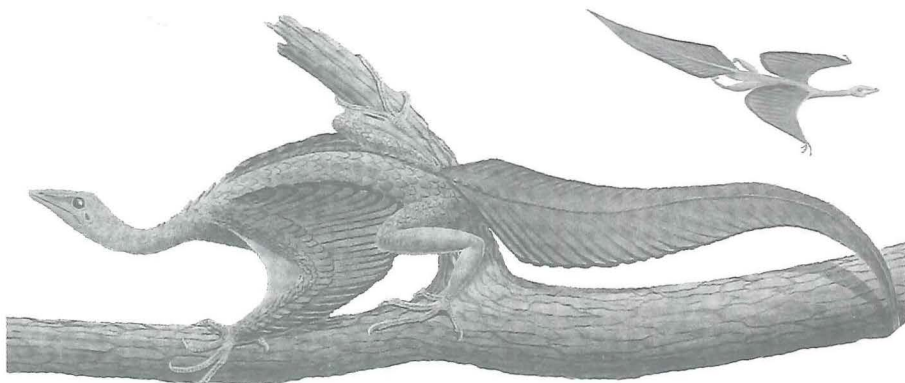


Senere bredte der sig fjer sig til resten af dyret som konturfjer, idet skællene blev 'flossede' i kanterne. På arme/vinger har Heilmanns *Proavis* meget lange 'svingfjer' på underarme og nogle ret lange et stykke op af overarmen, mens mellemhånden blot har ganske korte fjer og fingrene ingen. Det er helt urimeligt, for hans egne rekonstruktioner af *Archaeopteryx*' svingfjer viser, at de længste er fæstnede på mellemhånden og ud på 2. finger ('primære svingfjer'), mens de er kortere på underarmens albueben ('sekundære'), og der er normalt slet ingen fæstnet over albuen hos fugle. Dette 'fuglemønster' med de yderste svingfjer som de længste (bortset fra de 2-3 alleryderste, som korter af) er blevet bekræftet hos de fund af velbevarede, små og fjerede dinosaurer som *Caudipteryx* og *Microraptor*, hvis yderste svingfjer også er længere end de inderste. Hos den firvingede *Microraptor* gui ses, at dette mønster endda er gentaget på bagbenene, hvor de yderste fjer på mellemfoden er meget lange og længere end dem på underbenet (VARV 2005,4 og 2006,3).

Heilmann forestillede sig, at det var 'luftens pres' langs bagsiden af lemmerne og siden af hale og krop under spring og svævning ned fra træerne, der fik skællene på de partier til at 'forlænges' og danne en 'bære-/svævebræmme'. Dernæst fik luftmodstanden disse lange skæl til at 'splitte op langs kanterne' og blive gradvist mere fjerlignende. Samtidigt bevirkede klatren med fingerklørerne, at næstyderste fingerled blev længere. Dernæst spredtes fjer til resten af kroppen.

Heilmann havde altså – ligesom den samtidige pattedyrsystematiker Herluf Winge (med hvem han også ragede uklar i brevvekslinger) og de fleste af den tids palæontologer – en fuldstændig Lamarckistisk opfattelse af udviklingen: Miljøets påvirkning skaber et 'behov', som organismen reagerer på ved at udvikle de relevante træk/organer (her fjer), noget der strider fuldstændigt mod 'det centrale dogme' i moderne molekylærgenetik. Her kan det nemlig sandsynliggøres, at det ikke er muligt for de ydre hændelser og erfaringer for organismen og dens celler (proteinerne m.v.) direkte og hensigtsmæssigt at påvirke de gener (DNA), der via kønscellerne nedarves i næste generation.

Heilmanns *Proavis* er derfor på flere måder ikke så vellykket, så det er besynderligt, at næsten alle disse 'fejltolkninger' er gentaget i den mest moderne lærebog om fuglenes oprindelse ved amerikaneren Alan Feduccia (1996 og 1999). Han viser en slags 'proavis-stadium', måske lidt mere primitivt end Heilmanns og har gentaget de samme fejl med svingfjerens proportioner og har tilmed sat dem på en form med både fem fingre og tær (primitivere end 3 + 4 som hos fugle og de fleste rovdinosaurer). Dette er inspireret af et lille fossil, *Megalanacosaurus*, fra Trias i Norditalien, der blev fundet uden bagkrop, men med lidt 'spids snude' på en noget 'opsvulmet' hjernekasse med store øjne og dermed svagt 'fuglelignende' i kraniet. Ellers minder fossilets forkrop og forlemmer ikke spor om fugle, men kunne dog tydes som måske klatrende. Nogle få år senere fandtes en hel lille *Megalanacosaurus*, som viste, at



Figur 9. Feduccias rekonstruktion af et 'proavis-stadium' modificeret fra hans lærebog (*The Origin of Birds*, 1999). Det er baseret på en lille protorosaur, *Megalancosaurus* og har her ca. 80 år efter Heilmann de samme fejl, samt lidt flere, og i øvrigt nøjagtigt den samme idé om fuglenes afstamning, som Heilmann havde. Det på trods af den nu helt nye viden om de fjerede rovdinosaurer fra Kina og omfattende analyser af over 1000 skeletkarakterer, der klart viser, at fugle er meget nært beslægtede med avancerede rovdinosaurer som *dromaeosaurerne*.

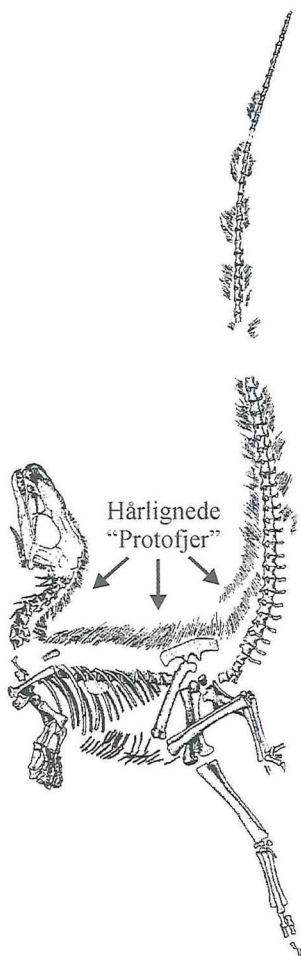
'fugle-idéen' er helt gal, for den har helt almindelige krybdyr-baglemmer og en meget kraftig og høj hale krummet som en krog i spidsen (måske til at gribe om grene). Med sine formodede 'gribehænder' kunne den så være mere 'kamæleon-agtig' - mente beskrivere - da sådanne dyr klamrer sig fast til grenene og nødigt vil slippe taget for at give sig til at 'svæve'. Andre mener, at den høje sammentrykte hale med høje torntappe, som også kendes hos nogle nære slægtninge, kunne være en svømmehale – også et dårligt udgangspunkt for en fugl.

Under alle omstændigheder er Feduccias idé helt irrelevant, og den gruppe, hvortil *Megalancosaurus* hører, de såkaldte Protorosauria, er beslægtede med meget primitive archosaurer tæt ved den fælles forfader til både fugle og krokodiller.

Også Heilmanns (og Feduccias) idé, at fjerene breder sig fra arme og hale ind over kroppen - fordi svæve-/flyve-evnen er det, der har sat gang i fjerudviklingen - er helt forkert med nutidens viden fra de fjerede dinosaurer (figur 9). De mest primitive blandt de små, avancerede rovøgler (gruppen *Coelurosauria*), som har 'hårlignende protofjer' altså *Compsognathus* slægtingen *Sinosauropteryx* fra NØ-Kina, har en sådan beklædning overalt på krop, lemmer, hals og oven på hovedet (figur 10).

Detaljerede studier har vist, at i det mindste nogle af disse protofjer er svagt fjerformet og forgrenede i al fald til den ene side og har et kort, kraftigt 'skaft' og er noget 'dunlignende', mens andre af disse op mod 4 centimeter lange strukturer synes helt ugrenede ('hårlignende'). Et vigtigt fund er den lille rovøgle *Shuvuuia* fra Mongoliet, der tilhører den besynderlige familie *Alvarezsauridae* som er kendetegnet ved eks-

Figur 10. Den lille *compsognathid* *Sinosauropteryx*, ca. en meter lang, fra tidlig Kridt i Kina bevaret med 'hårlignende' proto-fjer, hvoraf nogle faktisk er svagt grenede og noget dunlignende. Den var den første 'fjerede dinosaur', som blev fundet midt i 1990-erne i de nu berømte søaflejringer i Liaoniong provinsen i Nordøst-Kina. (figur modificeret efter Currie & Chen 2001).



tremt forkortede forlemmer og en hånd med kun én stor klobærende finger. Selvom *Shuvuuia* er fundet i sandsten er der faktisk bevaret nogle tynde, hule og 'hårlignende' strukturer af et organisk materiale, som immunreagerer på samme måde som hornstof (fi-keratin) fra en andefugl.

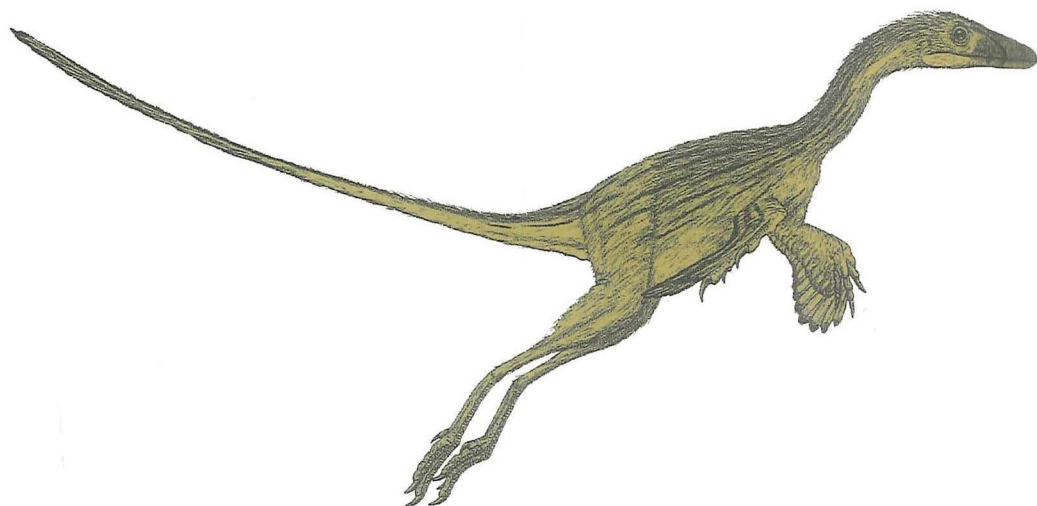
Dette er nok det tætteste man kan komme på et egentligt 'bevis' for, at det er fuglenes specielle variant af keratin, der var til stede hos dinosaurerne og ikke den type keratin, der findes i krybdyrskæl og pattedyrhår.

Nogle mere avancerede former som *Beipiaosaurus*, en ret stor (5-6 meter) therizinisaur og *Sinornithosaurus*, en mellemstor (1-2 meter) dromaeosaur synes at have noget længere 'tjavsver' på armene – begyndende 'svingfjer' - som jo må have været brugt til noget helt andet end svævning/flyvning, måske som stærkt farvede signaler.

*Caudipteryx*, der er en primitiv slægtning til oviraptorosaurer (og dermed lidt fjernere slægtning af therizinosaurer) samt små, primitive dromaeosaurer som *Microraptor*, har rigtige svingfjer med de yderste som de længste. Kun hos *Microraptor* er de så lange og asymmetriske, at dyret har kunnet svæve og måske endda aktivt flyve (VARV 2006,3). De to sidstnævnte samt andre dromaeosaurer, der er bevaret med fjer, har ligesom *Archaeopteryx* (og *Archaeornis*) lange styrefjer yderst på siden af halen på et længere stykke hos *Archaeopteryx* og den tandbærende kinesiske fugl *Archaeovolansor*.

Derfor er Heilmanns (og Feduccias) rekonstruktion med de længste halefjer nærmest haleroden og gradvist kortere fjer ud mod spidsen også helt gal (figur 11).

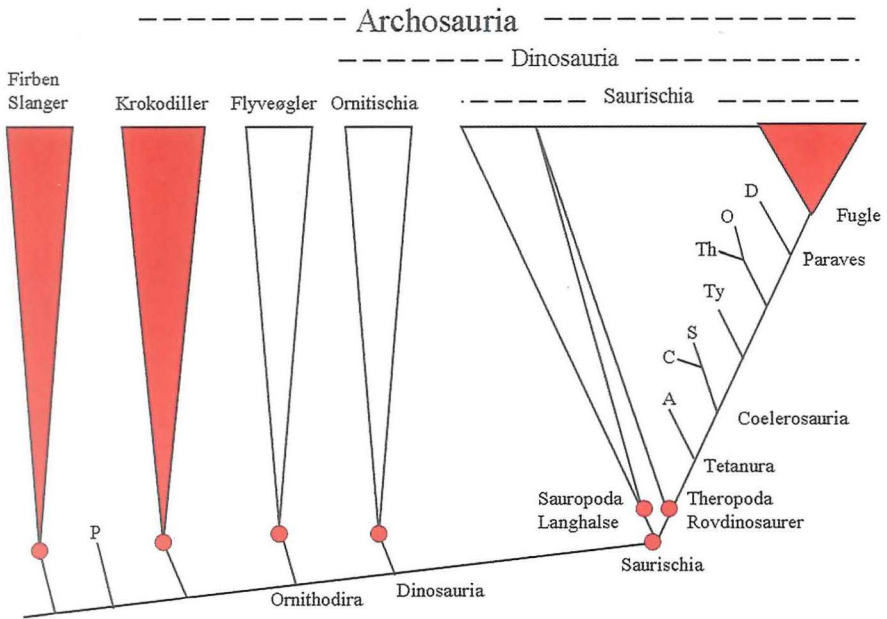




Figur 11. Et bud på et meget realistisk 'proavis-stadium', som meget ligner en Caudipteryx, en fjeret oviraptorosaur fra Kinas tidlige Kridt, der var mindre end en meter lang og ude af stand til at flyve. Svæve har den næppe heller kunnet, men svingfjerene har nok kunnet afbøde og måske styre (sammen med halens fjer) et spring ned fra et træ, og så kan de jo være blevet brugt ved 'display' for at 'skræmme' rivaler og imponere hunnerne lige som hos fugle. (Modificeret fra Gregory Paul 2001).

Ingen fugle har nogensinde haft de længste styrefjer fæstnet helt inde ved halens rod, tværtimod er de inderste næsten 10 halehvirvler hos alle kendte former, fossile som nulevende, uden lange styrefjer, men er til gengæld meget bevægelige. De kan så dirigere de stivere ydre dele af halen, hvorpå der er styrefjer.

Fra midt i Kridttiden er den yderste del af halens hvirvler hos de fleste fugle sammenvoksede i et såkaldt pygostyl, dvs. en benstav, der støtter gumpen, hvorpå halefjerene er fæstnet. Hos de primitive fugle fra Kridttiden, var denne struktur meget længere end i dag, og Juratidens fugle som *Archaeopteryx* havde en lang 'normal' hale med frie halehvirvler. Dog var den yderste del af Jurafuglenes haler ret stiv på grund af delvist sammenvoksede ledtappe. Hos dromaeosaurer er den yderste del af halen yderligere afstivet fordi disse ledtappe er forlænget til lange, tynde ben, der hver strækker sig hen langs med 6-8 hvirvler i fire bundter. Også hos rovdinosaurer, der var noget mere primitive end coelosaurerne, var den yderste del af halen afstivet. Alle disse grupper kaldes derfor Tetanura (= stive haler, f.eks. den store *Allosaurus* fra Jura, figur 12).



Figur 12. Stamtræ for archosaurer: Røde grupper er nulevende, og en del fossile undergrupper er placeret i deres mest sandsynlige indbyrdes slægtskab, som tydeligt viser, at fugle er overlevende (rov-)dinosaurer meget nært beslægtet med former, som vi nu ved også havde rigtige fjer, dun og/eller 'hårlignende' protofjer. Alle de viste grupper hører til Diapsida (former oprindeligt med to tindingevinduer). A=Allosaurus, C=Compsognathus, S=Sinosauropteryx, Ty=tyrannosaurer; Th=therizinosaurer; O=oviraptorosaurer (inkl. Caudipteryx), D=dromaeosaurer; P=protosauroider: (OBS ! På stamtræet i vor artikel i VARV 2006(3), s. 3 er brugt de samme forkortelser for D og S, men tyrannosaurer er dér betegnet T, og C står for oviraptorosaurer Caudipteryx).

Heilmann lavede altså, trods flere oplagte fejlfortolkninger, et for hans tid utroligt detaljeret og derfor indflydelsesrigt studium om fuglenes oprindelse, mens han beklagede sig over de københavnske zoologers og palæontologers ringe viden og interesse for sagen. Heilmanns arbejde var 'Bibelen' inden for idéer om fuglenes oprindelse i omkring 50 år, indtil amerikaneren Ostroms beskrivelse af de nogenlunde velbevarede dromaeosaurer *Deinonychus* (= kæmpeklo), som han viste havde meget store ligheder med *Archaeopteryx*.

For at få genoprettet den hensygnende interesse for det klassiske naturhistoriske felt om hvirveldyrns udvikling og sammenlignende anatomi (inkl. menneskets) i universitetsregi, er det måske interesserede, vidende og gennemslagskraftige amatører som Gerhard Heilmann, der skal til i fremtiden.



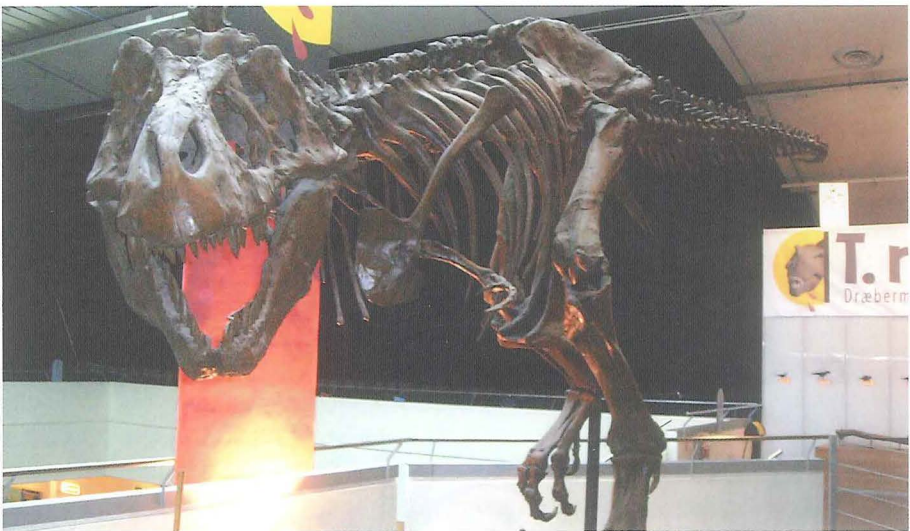
# VAR *TYRANNOSAURUS REX* JÆGER ELLER ÅDSELSÆDER?

– NY Udstilling på Eksperimentariet

Jesper Milàn

*Tyrannosaurus rex* er nok alle tiders mest berømte rovdinosaur, og den der har optrådt i flest populære tv-programmer på Discovery Channel og lignende. Denne enorme eksponering i de populære medier har imidlertid været med til at opbygge en række myter og direkte forkerte billeder af, hvad *Tyrannosaurus* egentligt var for et dyr. For er der noget medierne virkelig kan, er det at formidle korte, kontante sort/hvide udsagn.

En af de mest sejlivede medieskabte kontroverser om *Tyrannosaurus rex*, er hvorvidt den har været en aktiv jæger eller en ådselæder. Argumenterne for, at den skulle være en ådselæder er blandt andet, at den med sine meget små arme ikke vil være i stand til at fange et bytte, og at den store kropsvægt gjorde den for tung til at løbe. Desuden havde den en meget veludviklet lugtesans, hvilket også skulle være et tegn på, at den var ådselæder. Hvis man ser objektivt på disse argumenter, så står det hurtigt klart, at de er alt for forsimplede.



*Figur 1. Det første der møder én, når man træder ind i Eksperimentariets nye udstilling, er et imponerende komplet skelet af en Tyrannosaurus rex. Bemærk de ekstremt korte arme, der er så korte at de ikke man nå op til munden på dyret. Tyrannosaurens vigtigste våben var dens meget stærke kæber!*

At den har været for tung til at løbe kan godt være rigtigt, men hvad der ikke bliver nævnt i den sammenhæng er, at et dyr med dens benlængde er i stand til at gå 30-40 kilometer i timen uden at springe i løb. Det er en ganske betragtelig hastighed, der er rigeligt til at fange de mere tunge af de planteædende dinosaurer.

*Tyrannosaurus rex*' korte arme var ganske rigtigt for små til at kunne bruges under jagt, de er så korte at de ikke engang kan nå op til munden på dyret. Tyrannosaurussens vigtigste jagtrekskab er dens enorme, kraftigt byggede hoved og de lange kraftfulde ben. Armene er reduceret i størrelse, således at der kunne udvikles et større hoved uden at bringe dyret ud af balance. Hos fuglene, der er dinosaurernes nærmeste slægtninge, er der ingen problemer med at nedlægge selv store byttedyr udelukkende ved hjælp af næb og fødder.

Der er fundet adskillige skeletter at især ceratopsider eller næsehornsøgler med dybe bidmærker i knoglerne. Disse bidmærker passer præcist i formen efter *Tyrannosaurus*' tænder. Bidmærker i knogler beviser jo egentlig kun, hvad *Tyrannosaurus* har spist, ikke om den har jaget dyret, eller om det er fra et ådsel, den har fundet. Der er dog fundet et komplet skelet af en hadrosaur eller andenæbsøgle, der har fået taget en ordentlig luns af halen. Biddet har været så dybt af flere at halehvirvlernes torntappe er bidt af, og biddets størrelse matcher fuldstændig med munden hos en *Tyrannosaurus*. Dette dyr var imidlertid ikke et ådsel, da der blev bidt af det, for knoglerne er hele i bruddene, hvilket viser at dyret har levet videre et godt stykke tid efter biddet, og hermed er skelettet et godt bevis på, at *Tyrannosaurus* også har jaget levende bytte.

Hvis man sammenligner med forholdene i naturen i dag, er der ingen rovdyr, der udelukkende er jægere eller ådselædere. Løver og andre store katte, samt medlemmerne af hundefamilien æder med glæde et ådsel, hvis det kan spare dem for risikoen ved en udmattende jagt. Hyæner, der traditionelt bliver regnet for ådselædere, jager lige så tit aktivt deres bytte, som de spiser ådsler. Den eneste undtagelse synes at være geparden, der ikke vil spise et bytte, hvis den ikke har jaget det først. Så hvis fortidens rovdyr har opført sig nogenlunde ligesom rovdyr gør i dag, så er der ingen grund til at forsøge at tvinge en *Tyrannosaurus* ind i en enten jæger eller ådselæder rolle.

Hvis man ser på hele tyrannosaur familien, så er det en divers gruppe, der består af omkring 12 slægter, hvor de mindste former kun har været af 2-3 meters længde i fuldvoksen tilstand. Rigtig interessant er det, at nye fund af meget velbevarede små tyrannosaur-slægtninge viser at de, ligesom mange andre rovdinosaurer, havde fjer på kroppen. Hvorvidt de store former som *Tyrannosaurus rex* også havde fjer er endnu ikke bevist, men sandsynligheden er der.

Fælles for alle de mindre tyrannosaurer er, at de alle er meget mere gracile end selve *Tyrannosaurus rex*, og vi skal op i de større former som den nordamerikanske



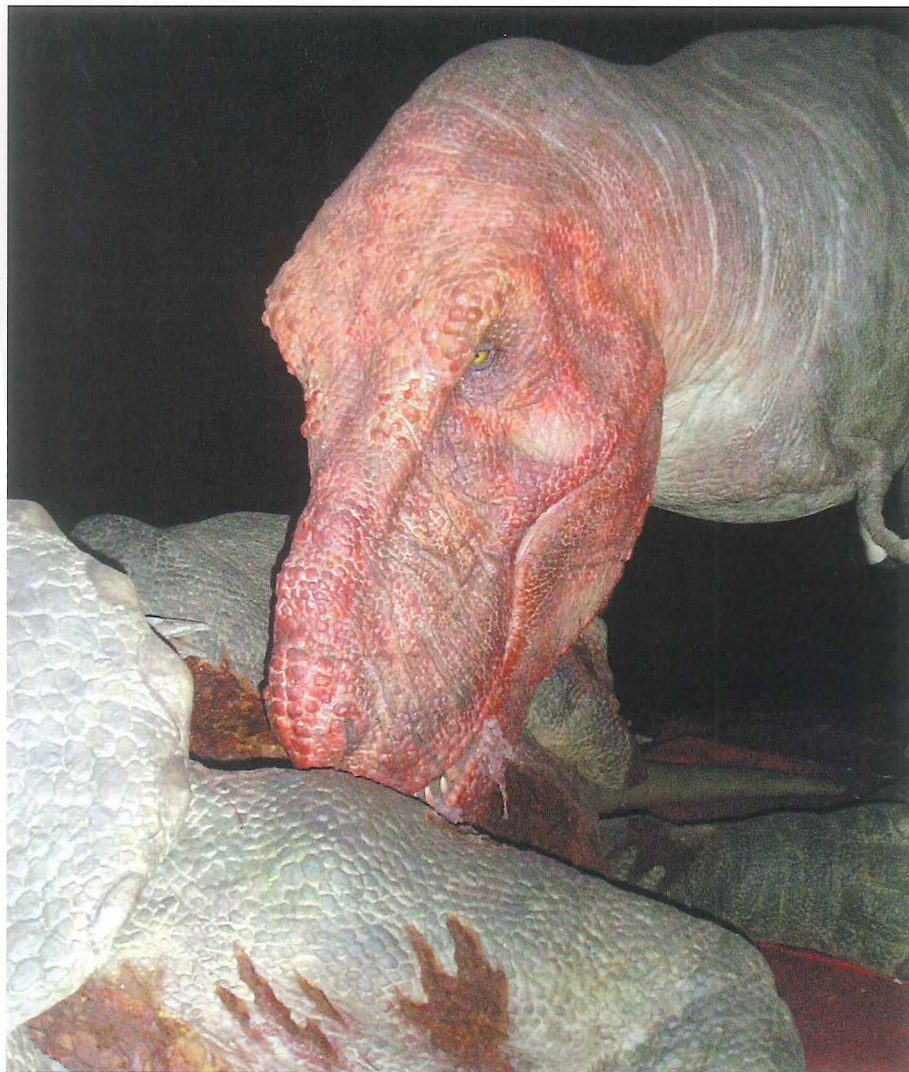
*Albertosaurus* og *Gorgosaurus* fra Asien, før vi finder nogle, der begynder at blive ligeså massive i bygning som *Tyrannosaurus rex*. Et af de bedst kendte dyr fra tyrannosaurfamilien er den nært beslægtede *Albertosaurus* fra Nordamerika, der var lidt mindre end *Tyrannosaurus rex*. *Albertosaurus* kendes fra flere hundrede fund, og man har skeletter, der repræsenterer dyr i alle aldersgrupper, fra næsten nyudklækkede til gamle individer. Desuden er der fundet mange skeletter af dyr i forskellige størrelser begravet sammen, hvilket tyder på, at de har levet i flokke eller familiegrupper. En iøjefaldende ting ved *Albertosaurus* er, at kropsproportionerne ændres væsentligt i løbet af deres udvikling. Som halv voksne og unge er de særdeles gracilt bygget med lange slanke ben og krop, og virker kort og godt som skabt til at være hurtige jægere. Og det er først, når de bliver fuldvoksne, at de får den meget mere massive kropsbygning.

## Udstillingen

Det er netop denne 'debat' om, hvorvidt *Tyrannosaurus rex* var jæger eller ådselsæder, der er temaet for en ny vandrestilling, der for tiden kan ses på Eksperimentariet i København. Det første, der møder en når man kommer ind i udstillingen, er et komplet skelet af en *Tyrannosaurus rex* opsat i en moderne dynamisk position, med ryggen og halen holdt vandret helt i stil med de nyeste analyser af store rovdinosaurers kropsbygning (figur 1). Under og rundt om skelettet er lavet en række stande, hvor man kan lære om, hvordan palæontologer arbejder (desværre - eller heldigvis for børnene - viser standene ikke de 99 % af palæontologernes tid, der går med støvet skrivebordsarbejde).

Derudover er der en række aktiviteter, hvor man kan få lov at hakke efter fossiler i kalkblokke. Selve dinosaurdelen af udstillingen består af en række animerede robotmodeller i fuld størrelse, der bevæger sig, brøler og spiser, og faktisk ser ret livagtige ud. Meningen med udstillingen er, at man skal gå ind i en tids tunnel der bringer én 65 millioner år tilbage i tiden til tilbage til slutningen af Kridttiden, hvor *Tyrannosaurus rex* levede. Her er så en række stande med bevægelige dinosaurmodeller i fuld størrelse, hvor man får forskellige oplysninger om *Tyrannosaurus rex*'s levevis, eksempelvis om dens syn, lugtesans, kæber, kløer mm. Ud fra hver stand skal man så afkrydse på et skema, om disse oplysninger peger på at *Tyrannosaurus* var en jæger eller ådselsæder eller både og (figur 2).

En ting, der er lidt ærgerlig ved udstillingen, er at den hal, modellerne er opsat i, er mørklagt, og at der ved hvert dyr hænger lommelygter, man kan lyse på modellerne med. Dette er angiveligt for at gøre det mere spændende og interaktivt for børn. Desværre har mørket den sideeffekt, at man kun dårligt kan se modellerne i deres imponerende helhed, hvilket er en stor skam, da det her er de flotteste og mest livag-



*Figur 2. En af de dramatiske opstillinger, hvor en Tyrannosaurus er i fuld gang med at æde en Triceratops. Er dette tegn på, at den var jæger eller ådselæder – døm selv.*

tige dinosaurmodeller, der endnu er set på en populærdinosaur udstilling. Mange af de tidligere udstillinger af bevægelige dinosaurmodeller var af så tvivlsom kvalitet, at de havde været bedst tjent med at blive præsenteret i mørke, men det er ikke tilfældet med denne udstilling.

Udover tyrannosaurmodellerne er der også en række andre modeller, blandt andet flere rigtig flotte små rovdinosaurer. I denne udstilling er de blevet rekonstrueret med



fuld fjerdragt, helt i overensstemmelse med de nyeste videnskabelige fund fra Kina (figur 3). Interessant i denne sammenhæng er, at der nu kendes fund af små tyrannosauruslægtninge, der også har bevaret rester af fjer på kroppen, så hvem ved, måske har selveste *Tyrannosaurus rex* også haft en fuld fjerdragt.



Figur 3. I udstillingen indgår også en række små rovdinosaurer, og i modsætning til de fleste andre populære dinosaurudstillinger er de her rekonstrueret med fuld fjerdragt, som man kender dem fra fund fra Kina.

At bygge en udstilling over et temaet: *Tyrannosaurus rex* som enten ådselæder eller jæger, bliver selvfølgelig lidt søgt, når der i virkeligheden intet belæg er for denne opdeling. Men kan man abstrahere fra det og har adgang til nogle børn eller børnebørn, man kan bruge som undskyldning, så er udstillingen absolut et besøg værd.

## ANMELDELSE

# RUNAMO - SKRIFTEN DER KOM OG GIK

Rud Kjemis: Runamo. Skriften der kom og gik. ISBN 87-90814-42-8,  
168 sider, indbunden.

Udgivet af forlagene Hikuin og Wormianum i fællesskab. Pris 190 kr.

Allerede Saxo omtaler fra Blekinge en klippe, som er oversået med sære skrifttegn. De skulle berette om en sagnkonge, Harald Hildetand, som placeres i 700-tallet. Ifølge Saxo udsendte Valdemar den Store nogle folk for at undersøge sagen, men de kunne ikke få mening i tegnene. På den tid (omkring 1170) var runealfabetet endnu i brug, og ekspeditionen har uden tvivl omfattet runekyndige folk.

Saxos danmarkshistorie blev trykt i 1500-tallet, og næste forsøg på at løse mysteriet fandt sted i 1627, og nu begynder navnet Runamo at optræde i kilderne. Flere forsøg gennemføres i de følgende århundreder, men uden held.

I 1832 nedsatte det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab en kommission, som skulle løse gåden om Runamo. Kommissionen bestod af runologen Finn Magnusen, historikeren Christian Molbech, tegneren Christian Christensen samt geologen Johan Georg Forchhammer. Der var tale om et af de første tværfaglige projekter i Danmark. Magnusen var som runekyndig den centrale person, men meget afhængig af Forchhammer, der var Danmarks førende geolog. Han skulle afgøre, om der var tale om naturlige revner eller menneskeskabte figurer.

I sommeren 1833 rejste kommissionens medlemmer til Blekinge. Forchhammer mente, at der både var naturlige revner og indhugne tegn i klippen, og med kridt markerede han de menneskegjorte tegn. Dernæst af tegnede Christensen de figurer, som Forchhammer havde markeret, og til slut med meget fin streg de øvrige revner. Magnusen konkluderede, at der var tale om både kendte og ukendte runer, og kommissionen afgav sin beretning i december måned samme år.

Tilbage i København tog Magnusen fat på at tyde de mærkelige tegn, og efter 10 måneder, den 22. maj 1834, lykkedes det endelig. Han fik den idé, at indskriften skulle læses bagfra. I 1834 udkom en foreløbig meddelelse om tydningen, og i 1841 udkom Magnusens bog om Runamo og runerne, et værk på 743 sider. Alene selve tolkningen af urrunerne ved Runamo fylder 341 sider.

Men allerede inden afhandlingen udkom, havde flere svenskere argumenteret for, at revnerne i klippen alle var naturlige. J.J.A. Worsaae, en lovende ung arkæolog på blot 22 år, besøgte i 1842 Runamo, hvor han med det samme blev klar over, at ind-



skriften var et naturspil. Han fik foretræde for Christian VIII, der bevilgede midler til en ny undersøgelse. I 1844 besøgte Worsaae atter Runamo, og allerede samme år publicerede han et lille skrift om sin undersøgelse. Han argumenterede klart og overbevisende for, at alle revnerne i klippen er naturlige. I løbet af kort tid var stort set alle overbeviste om, at Worsaae havde ret. Worsaae fik atter foretræde for Kongen, der ligeledes blev overbevist om, at der ingen runer findes ved Runamo. Han syntes, at 'Det er tilvisse en aldeles mageløs historie'.

Ifølge Worsaae var Forchhammer den mest skyldige, fordi det var ham, der med bestemthed havde udpeget de såkaldt kunstigt indhuggede tegn. Både Forchhammer og Magnusen forsøgte at tage til genmæle. Forchhammer hævdede, at det ikke var hans skyld, at Magnusen havde opfattet figurerne som runer, selvom han tidligere havde skrevet i et brev, at han var overbevist om, at der var tale om runer.

Sagen fik øjensynligt ingen konsekvenser for Forchhammer, der snoede sig behændigt og fortsatte sin karriere, selvom det egentlig var hans vurdering, der lå til grund for det hele. Han blev blandt andet medlem af Lejre-komiteén, der skulle undersøge skaldyngerne ved de danske kyster. Også her viste Worsaae sin skarpsindighed, idet han erkendte, at der var tale om møddinger. Forchhammer var blevet mere forsigtig. Den flittige og lærde, men også fantasifulde Magnusen følte sig meget hårdt ramt af sagen og døde skuffet nogle år senere.



*Per Kirkebys afbildning af Runamo-klippen på Geologisk Museum*

Per Kirkeby i 2004 udsmykkede den ene trapperotunde på Geologisk Museum, valgte han i øvrigt at medtage en afbildning af Runamo-klippen, som et minde om Forchhammers andel i Runamo gåden. Kirkeby forklarede: 'Hvis man ikke har besluttet sig for det, så ser man bare nogle sprækker. Det er et godt eksempel på det og en advarsel om, hvor forsigtig man egentlig skal være'.

Runamo-gåden er blevet kaldt den længst varende gåde i nordisk arkæologi. Bogen fortæller om løsningen på en spændende, fascinerende og velskrevet måde, og den er rigt illustreret. Løsningen af gåden bliver sat ind i en historisk ramme, og vi hører om mange af de følger, som sagen fik. Selv om bogen mest handler om arkæologi, er der også redegjort udførligt for Forchhammers indsats. Derfor er bogen i høj grad aktuell for geologer med historisk interesse.

Ole Bennike

# FOSSILE FODSPOR I GRAND CANYON

Jesper Milàn

Grand Canyon i den amerikanske stat Arizona er nok en af de smukkeste geologiske lokaliteter i verden, og at stå på kanten og se ned til Colorado floden der snor sig gennem bunden af den mere en 1 kilometer dybe kløft, er noget der virkelig kan tage pusten fra en dansker, der seriøst mener, at himmelbjerget er højt (figur 1). Udover den store æstetiske værdi lokaliteten har, er Grand Canyon samtidig et sandt paradys for geologer, idet der ned gennem kløften er blottet klipper, der i alder spænder fra det 1700 millioner år gamle prækambriske grundfjeld i bunden til toppens sedimenter, der er 245 millioner år gamle og fra slutningen af Perm tiden.



*Figur 1. Grand Canyon set fra besøgscenteret på sydsiden af kløften.*

Når man ser ned i Grand Canyon er der nogle lag, der fremstår tydeligere end andre, enten ved at have en karakteristisk farve eller være eroderet på en anderledes måde end de over- og underliggende lag. Omkring 100 meter under toppen af Grand Canyon er der et markant lyst lag, der står massivt frem og danner en lodret væg mellem to løsere rødbrune lag (figur 2). Det fremtrædende lag er Coconino sandstenen, der stammer fra slutningen af Perm tiden, for omkring 250 millioner år siden. Dengang var alle jordens kontinenter samlet i superkontinentet Pangea, og hvad der i dag er Arizona lå på vestkysten af denne massive landmasse. Coconino sandstenen består af rent kvartssand og er de forstenede aflejringer af et kæmpe ørkenområde, der gennem millioner af år eksisterede på vestkysten af Pangea. Sandstenen varierer



i farve fra næsten hvid til mere cremefarvet og selv på lang afstand kan man tydeligt se de store skråtstillede lag, sandstenen er opbygget af. Disse lag er de fossile fronter af talrige generationer af klitsystemer der har vandret hen over hinanden (figur 2).



*Figur 2. Coconino Sandstenen, der består af ørkenaflejringer fra Permtiden, fremstår som en tydelig, massiv hvid sandstensenhed, der let kan genkendes mod de mere rødlige over og underliggende sedimentter.*

*Selv på lang afstand er det muligt at se de store krydslejlrede lag, der er de gamle fronter af klitsystemer, der har vandret hen over hinanden.*

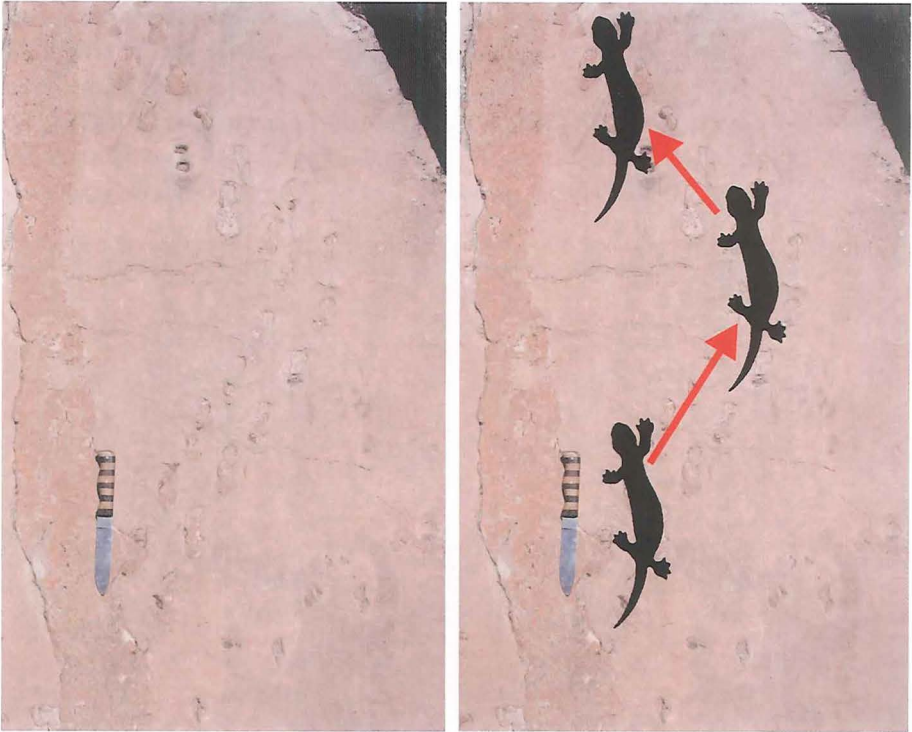
Perm tiden var i sandhed begyndelsen på krybdyrenes/reptilernes storhedstid. De første hvirveldyr, der for omkring 365 millioner år siden - i slutningen af Devon tiden - indtog landjorden, og som herskede op gennem den efterfølgende Karbon tid, var alle amfibiske dyr. Amfibier har den ulempe, at de i større eller mindre grad er bundet til et liv nær vand eller i fugtige områder, da deres æg ikke har en vandtæt membran og derfor skal lægges i vand. Desuden er amfibiers hud ikke vandtæt, i det de kan optage væde og ilt gennem skindet, og derfor udtørres hvis de ikke opholder sig i fugtige omgivelser.

Reptiler derimod havde udviklet en vandtæt hud og æg med vandtætte skaller, og de var derfor ikke bundet til et liv tæt ved vandet. De kunne derfor kolonialisere landjorden. Op gennem Perm tiden spredte reptilerne sig ud over hele Pangea og udviklede en væld af former og størrelser, heriblandt de første pattedyrlignende krybdyr.

Der er aldrig blevet fundet nogle fossiler af dyr i Coconino sandstenen, men til gengæld kender man talrige gravegange og fossile fodspor fra insekter og reptiler i forskellige størrelser. Disse sporfossiler er de eneste vidnesbyrd om datidens liv i ørkenen. Et godt sted at opleve sporfossilerne i Coconino sandstenen er ved besøgscenteret på sydsiden af Grand Canyon. Herfra tager man en bus ud til udsigtspunktet Hermits Trailhead, hvorfra der går en sti ned til bunden af Grand Canyon. Efter et par kilometers vandring ned ad stien kommer man til Coconino sandstenen, og her fortsætter man til man når et parti af stien, der er blevet brolagt med sandstensblokke, og hvor der er bygget en lille beskyttende mur hen langs en stor blottet lagflade. Ser man nærmere på denne lagflade og de tilsvarende længere nede af stien, vil man se, at der løber talrige sporserier fra små krybdyr hen over fladen. Lagfladen er fronten af en fossile klit, og iøjefaldende er det, at det ser ud til, at alle sporserierne stammer fra dyr, der har prøvet at gå op ad klitfronten, men som ikke altid har haft held med sig. Kigger man nærmere på de bedst bevarede af sporserierne, kan man se, at de enkelte fodspor alle peger opad klitfronten, mens selve dyrets gangretning har været sidelæns op ad fronten, og i nogle tilfælde har dyrene endda gået i et zigzag mønster op ad fronten (figur 3 - næste side).

Sporene er meget forskelligt bevaret på de forskellige blottede lagflader. I nogle af sporserierne kan man se hele fodsporet, samt små detaljer som små opskubbede volde af sand rundt om sporene, mens man i andre tilfælde kun kan se de spidse aftryk fra dyrenes kløer bevaret på fladen. Dette fænomen skyldes, at den lagflade dyrene gik på bestod af mange tynde sandlag, der hvert repræsenterede en periode, hvor nyt sand var blevet blæst ind over klitten og aflejret på fronten. Når dyrene gik på disse lagflader, blev de forskellige dele af deres fødder trykket ned til forskellige dybder i sandet. De spidse kløer blev trykket dybest ned, efterfulgt af trædepuderne på tærerne.





*Figur 3. Sporserie fra et lille firben-lignende krybdyr der har vandret i zigzag op af fronten på en klit. Bemærk at alle sporene peger direkte opad på billedet, men at dyret har gået sidelæns op ad klitfronten. Til højre er indsat silhuetten af et lille krybdyr tre steder på sporserien, der skal illustrere dyrets orientering i forhold til gangretningen, der er markeret med røde pile.*

De større kødfulde flader på fødderne blev trykket mindst ned i sandet. Da sandstenslagene er fint lagdelte og i mange tilfælde kan splittes i millimetertynde flager, kan man finde sporene fra den samme sporserie i flere versioner under hinanden når man piller lag for lag af sandstenen. Dette fænomen kaldes for 'undertracks' eller transmitterede spor. Ved at studere formen på sporene fra lag til lag, kan man se at de rigtige spor afsat direkte af dyrene, har alle detaljer af foden bevaret. Spor blottet på en underliggende lagflade har kun bevaret aftryk af de dele af foden, der bar mest vægt (som trædepuderne), og ved endnu dybereliggende lagflader er det kun de

spidse kløer, der har sat aftryk (figur 4). Rundt omkring på fladerne kan man være så heldig at finde en stor flade, hvor de enkelte tynde lag er brækket af stykke for stykke over en længere strækning. Er der sporserier tilstede på disse flager, kan man se, hvorledes sporserien ændrer karakter lag for lag ned gennem de tynde lag, lige fra perfekte spor ved den oprindelige lagflade dyrene gik på, til der kun er få utydelige klømærker tilbage på lagfladen omkring en centimeter under den oprindelige flade.



*Figur 4. Lagflade med 'undertracks' fra små krybdyr. Denne lagflade repræsenterer et niveau ½ - 1 centimeter under det oprindelige sandlag dyret, gik på, og derfor er det kun aftrykkene af dyrenes spidse kløer, der er bevaret på fladen. De rigtige spor fra dyret er eroderet væk.*

Som en sjov detalje skal det nævnes, at de selv samme fodspor er blevet brugt af amerikanske kreationister (folk der tror fuldt og fast på Bibelens skabelsesberetning og afviser enhver tanke om evolution) som bevis på, at Grand Canyon og dens lagserie blev skabt under syndfloden. Ifølge kreationisterne blev alle lagene i Grand Canyon aflejret i løbet af et år i takt med at vandet steg under Syndfloden, og selve kløften blev så udskåret da vandet sig tilbage igen (se Varv 2006,3 for en anmeldelse af kreationisternes bog om Grand Canyon). Hvis denne model skal holde, skal alle lag i Grand Canyon være aflejret under vand, og derfor passer Coconino Sandstenen som er en ørkenaflejrings rigtig dårligt ind i kreationisternes verdensbillede. Derfor gør de, hvad de kan for at bevise, at de fossile klitaflejringer fra Coconino sandstenen i virkeligheden ikke er fossile ørken klitter, men derimod store sandbanker dannet af strømmende vand. Her skulle man så tro, at de talrige sporserier fra små og store krybdyr, der livligt har vandret rundt i klitterne, ville være et problem at få tilpasset ind i en model der siger, at klitterne er dannet under havet. Ikke desto mindre har



kreationisterne valgt at fokusere på de sporserier, der viser dyr, der har gået sidelæns op af fronterne på klitterne og argumenterer for, at det er amfibiske dyr der har vandret han over sandbunden, mens strømmen har ført dem sidelæns.

Udover de talrige sedimentologiske argumenter for at Coconino Sandstenen virkelig er en økenaflejring, kan man også ganske hurtigt se på fodsporene, at de er afsat i tørt sand og ikke under vand. Eksempelvis er der bevaret opskudte flager af sand bag hvert fodspor, et fænomen der altid opstår, når man prøver at gå op ad en sandklit, og tyngdekraften trækker en nedad, så der dannes en vold af sand bag ved ens fodspor.

Blandt de talrige spor af små reptiler der har pilet op og ned af klitterne, findes der også spor efter større reptiler, blandt andet en sporserie fra et større krybdyr, hvor selve sporserien er en halv meter bred og de enkelte fodspor er 10 - 15 centimeter lange (figur 5).



*Figur 5. Den største af sporserierne på lokaliteten er næsten en halv meter bred og har bevaret et tydeligt slæbespor fra dyrest hale mellem de to rækker af spor fra dyrest højre og venstre side.*

Mellem de to rækker af fodspor fra venstre og højre side af dyret, slynger der sig et tydeligt slæbespor fra dyrets hale, der har slæbt hen ad sandet. Denne sporserie ligner meget den sporserie, man ville finde efter en stor varan eller lignende firbenet krybdyr, der har gået i sand. Ud fra bredden af sporserien og størrelsen og afstanden mellem fodaftrykkene må dyret, der har sat sporene, have været omkring tre meter langt.

Så selvom Coconino sandstenen er de forstenede rester af en gammel ørken fra Permtiden, så har der absolut ikke været øde og livløst der på den tid, men der har derimod været et mylder af små og store krybdyr, der har vandret rundt i klitterne. Så hvis man alligevel er ved Grand Canyon og har lyst til lidt mere end bare at nyde den fantastiske udsigt, så tag turen ned ad Hermits Trail til Coconino sandstenen og følg i sporene på Permtidens krybdyr, der herskede i området for 260 millioner af år siden, omkring 80 millioner år før de første dinosaurer opstod.

## FRA REDAKTIONEN

VARV har mange trofaste abonnenter, som år efter år - uden at kny - accepterer de lidt specielle forhold (forsinkelser) omkring udgivelser, der hersker i VARV.

VARV har på trods af dette igennem det seneste år fået mange nye abonnenter. Velkommen. Alt i alt er der meget at glæde sig over. Når det er sagt, kommer det obligatoriske men: ca. 1/3 af VARVS abonnenter har ikke betalt for 2006. Det har VARV ikke økonomi til. Så før vi sender 2007,1 på gaden med nye girokort, må vi have disse restancer ud af verden. Så – fat girokortet for 2006 – og foretag din indbetaling.

Indbetaling foretages til postgiro 9 06 88 80 (150 DKK), Sverige 4388-5 (170 SEK), Norge 7877.08.15672 (170 NOK). Husk navn og adresse samt om muligt et abonnementsnummer.

Venlig hilsen  
Redaktionen