

Fugler i dinosaurenes tidsalder

- de første 85 millioner årene av fuglenes utvikling

av Jørn H. Hurum
Paleontologisk Museum

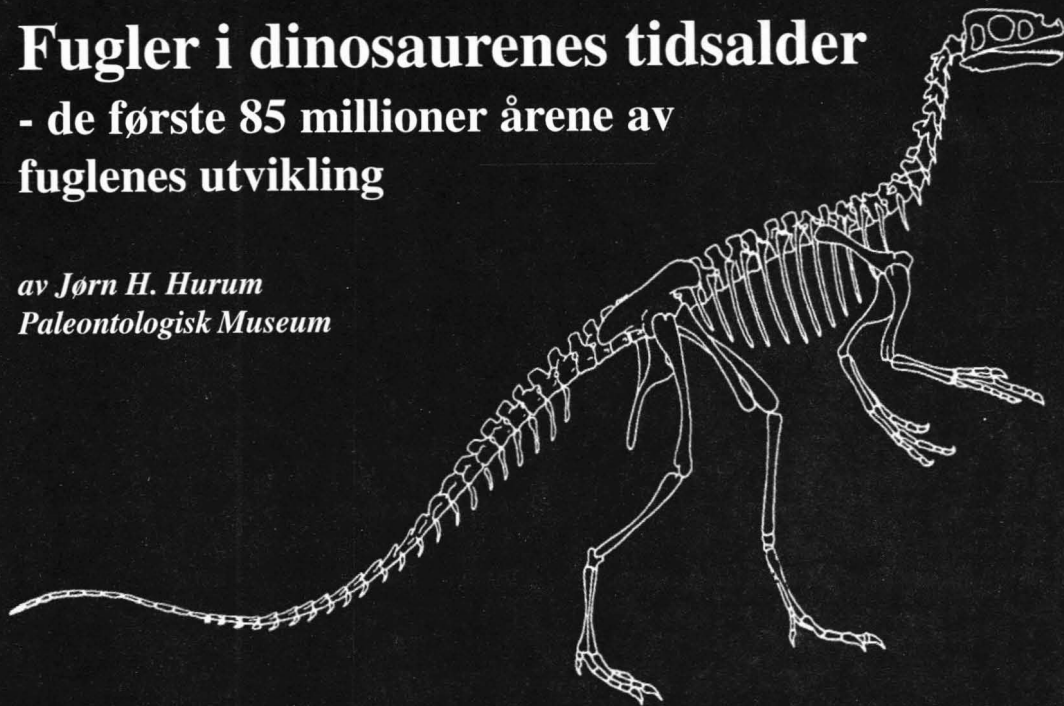


Fig. 1. Sammenligning av skjelettene til en dinosaur *Ornitholestes*, Urfuglen *Archaeopteryx*

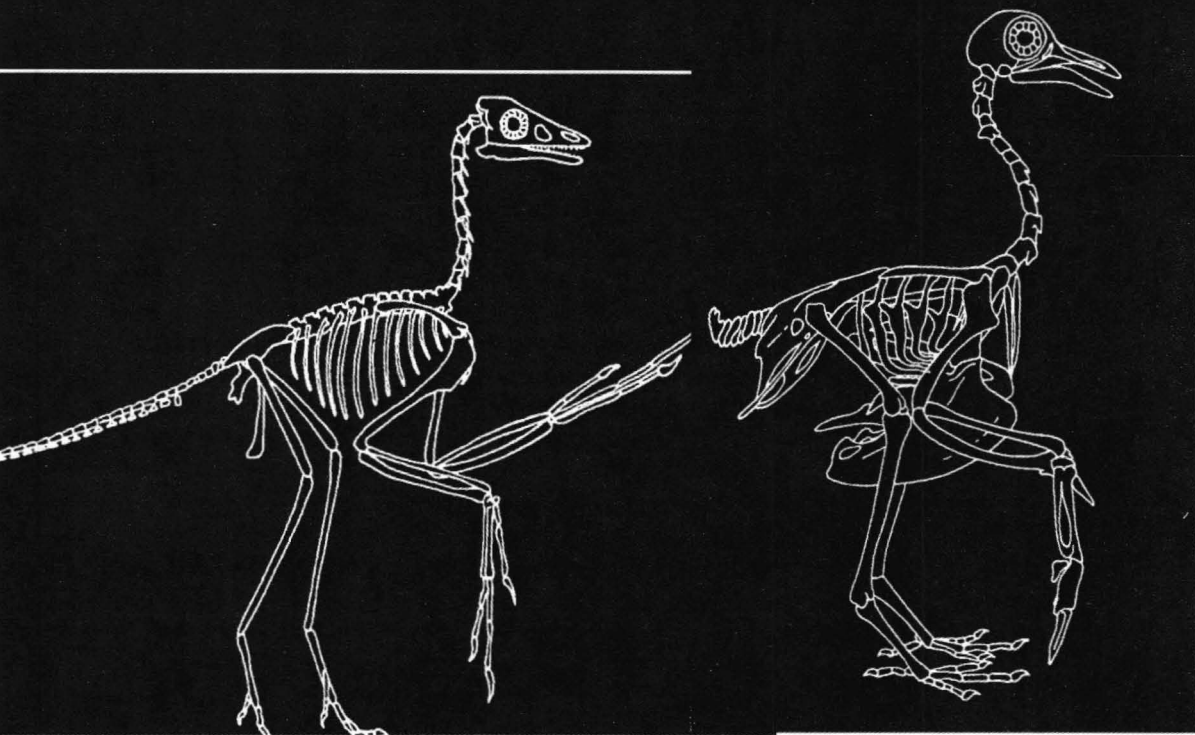
Sammendrag

Fugler fra dinosaurenes tidsalder var inntil for 15 år siden regnet som sjeldne kuriositeter. I dag kjenner vi to fugler fra juraperioden og en hel del forskjellige typer fra krittperioden. Paleontologisk museum ved Universitetet i Oslo har anskaffet et eksemplar av den tidligste fuglen med nebb: *Confuciusornis sanctus*. Fuglen ble funnet i innsjøsedimenter avsatt for 120-140 millioner år siden i Liaoningprovinsen i Kina.

Innledning

I dag er det lett å definere hva som er fugler rundt oss. De er de eneste nålevende dyr med fjær. De går oppreist på bakbeina og forbeina er utviklet til vinger. Fuglene mangler tenner og har nebb istedet, de har stor hjerne og avansert syn. I vingene har håndleddet og håndrotsknoklene vokst sammen og i foten peker tre tær forover og en bakover. Fuglene mangler hale og har istedet stjørt (en liten sammen-vokst del av halen er til stede). Knoklene er hule, lette og luftfylte. De har et tett kroppsskjelett der mange enkeltknokler vokser sammen for å danne gode festepunkter for kraftige muskler (Fig. 1). Mange av disse trekkene kan spores i fossiler og alle har

ikke oppstått samtidig. De fleste paleontologer er nå enige om at fuglene stammer fra små rovdinosaurer. Små rovdinosaurer og fugler har mer enn 120 trekk felles som ikke finnes hos noen andre dyr (Fig. 1). De er faktisk så like at det er vanskelig å skille de tidligste fuglene fra dinosaurene, og man må gå meget nøye til verks for å finne forskjellene. De første fuglene er funnet i avsetninger fra juratiden (205-135 millioner år siden), men de er meget sjeldne før i kritt-tiden (135-65 millioner år siden). Utviklingen fra dinosaurer til fugler var en gradvis prosess der halen ble kortere; brystbeinet for feste av flygemuskulaturen større; armene og fingrene ble forlenget for å øke klatreferdighetene for så å reduseres og vokse sammen når flygeeegenskapene var blitt så gode at klatring var unødvendig; tennene i munnen forsvant til fordel for et nebb; bakbeina fikk gripe-mulighet; knoklene ble hule og hjernen større. Denne utviklingen skjedde parallelt hos mange forskjellige grupper av tidlige fugler og hvordan disse tidlige fuglene skal deles inn er høyst usikkert. I denne artikkelen beskrives funn av fugler og deres utvikling i jura- og kritt-periodene og det gis en mer inngående beskrivelse av *Confuciusornis sanctus*.



... og en due (moderne fugl, ornithurin). De er ikke tegnet i samme skala.

Fuglene i juraperioden

Den eldste fuglen vi kjenner er urfuglen *Archaeopteryx lithographica* og en ny art fra samme forekomst som har noe lengre bakbein *Archaeopteryx bavarica* (Wellnhofer 1993, 1994). Disse er til sammen funnet i syv eksemplarer. Funnene er alle gjort i en kalkskifer som er dannet fra et finkornet kalkslam avsatt i en lagune ved Solnhofen i Tyskland for 150 millioner år siden. Urfuglen viser en mosaikk av trekk som minner om små rovdinosaurer, men også trekk som i dag finnes hos fuglene (Fig. 1). Den hadde tenner, forlemmer med tre klør, lang hale, og var antagelig skjelldekket på hodet som dinosaurene, men var fjærkledd som fuglene (men se kommentar om *Sinosauropteryx* nedenfor). Brystbeinet som er feste for flygemuskulaturen var lite, men antagelig nok utviklet til at den kunne fly. Vingeskjelettet til *Archaeopteryx* ligner fortsatt på armene hos små rovdinosaurer med tre klør, og den manglet nebb som alle fugler har i dag (Fig. 2).

Hvordan levde så *Archaeopteryx*? En teori tolker hos knoklene i foten og hoften dit hen at *Archaeopteryx* levde på bakken som en liten rov-

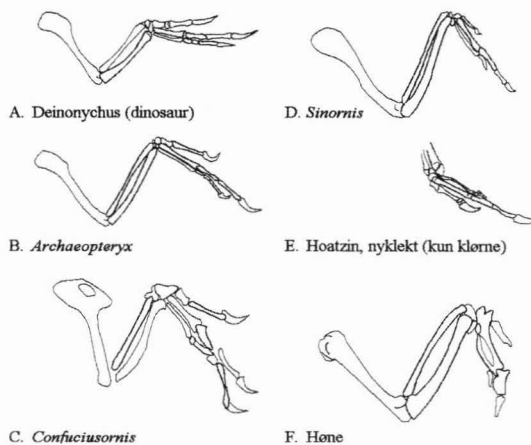


Fig. 2. Sammenligning av forlemmene hos A. En rovdinosaur, B. Urfuglen *Archaeopteryx*, C. En enantiornithurin fugl (*Confuciusornis*), D. En tidlig ornithurin fugl (*Sinornis*), E. Den nålevende hoatzin fuglen, F. nålevende moderne fugl (høne).

dinosaur og at den i tillegg kunne fly kortere distanser. En annen teori ser på krumningen av klørne på vingene og beina, disse ligner klør hos trelevende fugler i dag.

For å skille urfuglen og alle dens etterkommere fra små rovdinosaurer må vi gå veldig detaljert til verks. Fuglene har kun fem avanserte trekk i forhold til dinosaurane:

- et forstørret ønskebein (kragebein; furcula)
- spesialisert skulderblad
- veldig lange forlemmer
- en hale som er redusert til 23 eller færre virvler
- sammenvokste knokler i foten (tarsometatarsus)

Fuglene i krittperioden

Fuglene vi kjenner fra tidlig i krittperioden er små og ofte trelevende. Mot midten og slutten av krittperioden utvikles større variasjon i størrelse, og fuglene fylte mange av de økologiske nisjene som de har i dag: aktive flygere, vadere, løpende og pingvin-aktige former.

Alle fuglene fra denne perioden er ofte sett på som forfedrene til dagens fugler, men mange av dem er nok kun blindspor og utviklingsmessige eksperimenter som ikke førte opp mot de fuglene vi har i dag. Spesielt gjelder dette "motsatt fuglene" som *Confuciusornis* er et eksempel på. "Motsattfugler" (enantiornithurine fugler; se Fig. 1, 3 og 4) var de dominerende fuglene i mesozoicum. De er gitt navnet pga. at knoklene i mellomfoten (tarsometatarsus) vokste sammen fra toppen

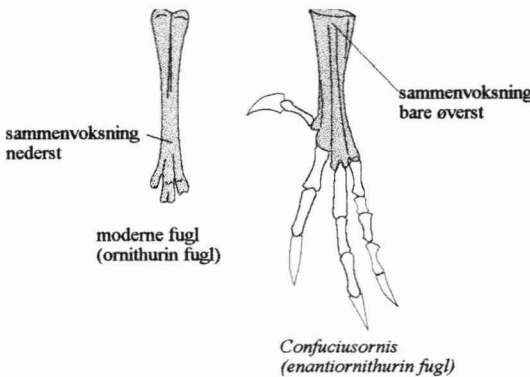
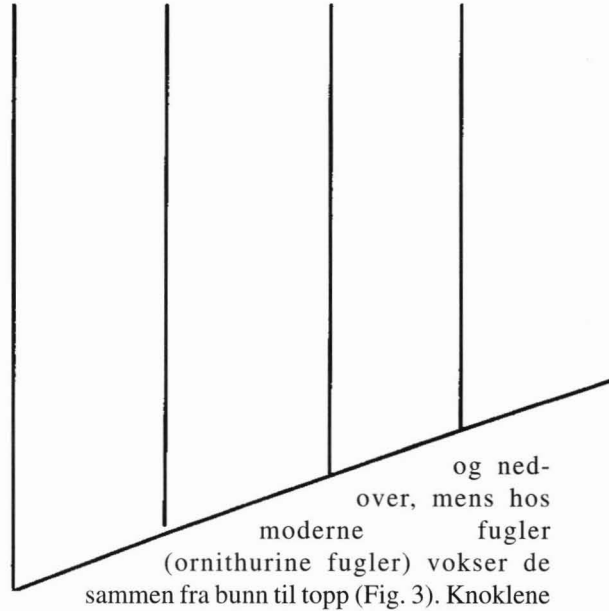


Fig. 3. Sammenligning av mellomfotbeinet (tarsometatarsus knoklen; grå) hos en moderne fugl (ornithurin) med sammenvokst nedre del og i en enantiornithurin fugl (*Confuciusornis*) med sammenvokstning kun i toppen.



til enantiornithurine fugler har vekstringer, noe som ikke er funnet hos noen andre fugler. Vekstringer tyder på vekselvarme og ikke jevnvarme som hos ornithurine fugler (Chinsamy *et al.* 1994). Trekk som spesialisering av vingeknoklene, brystbeinet, hoften, halen og bakbeinet kan spores hos mange forskjellige fugler fra kritt, men det er vanskelig å finne den ene stamfaren til det vi i dag har rundt oss av fugler (Fig. 2).

De moderne fuglene er antatt å ha oppstått en gang i begynnelsen av krittperioden. Fossile funn er sparsomme, men etter at dinosaurane døde ut for 65 millioner år siden sammen med mange av de mer primitive fuglene, skjedde en rask utvikling som gjorde at de fleste av de store gruppene av fugler vi kjenner i dag var etablert allerede for 40 millioner år siden (Fig. 4). Arven fra dinosaurane kan fortsatt sees i dag hos Hoatzinfuglen i Sør-Amerika; den klekkes med tre klør på vingene, slik som mange rovdinosaurer hadde. En av klørne mister den under oppveksten mens resten av knoklene i hånden vokser sammen.

ornithurine fugler

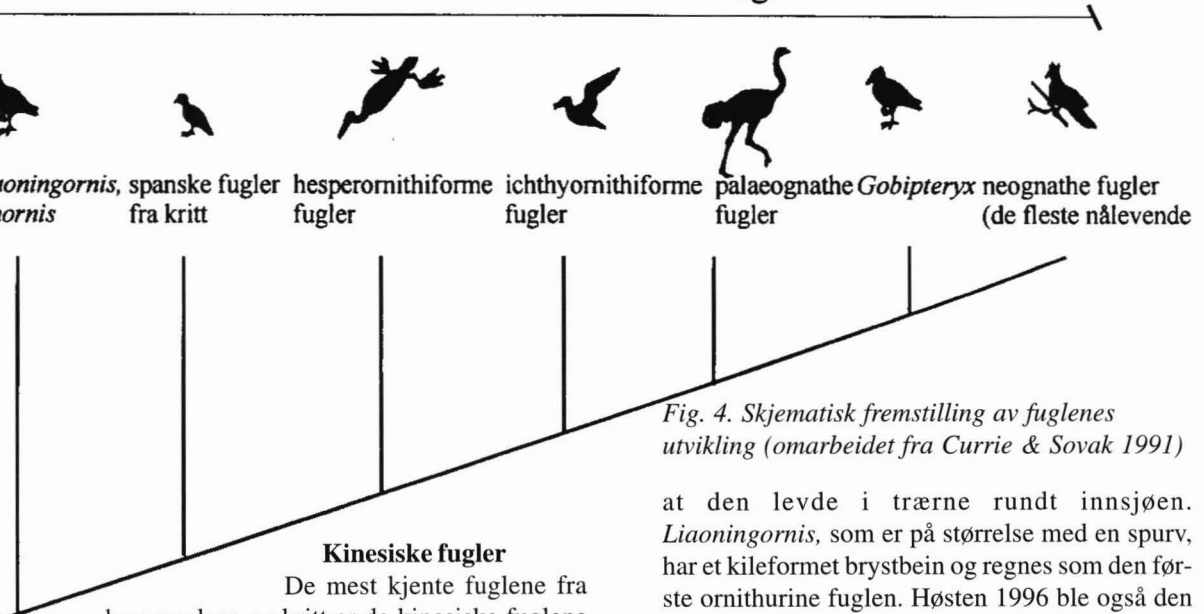


Fig. 4. Skjematisk fremstilling av fuglenes utvikling (omarbeidet fra Currie & Sovak 1991)

Kinesiske fugler

De mest kjente fuglene fra begynnelsen av kritt er de kinesiske fuglene fra Liaoning-provinsen, 140-120 millioner år gamle. For 5-6 år siden begynte bønder i den nordøstre Liaoning-provinsen i Kina å bryte skifer for å selge insektfossiler de fant i den. Snart ble det funnet fisk, skilpadder og etter hvert også fugler i skiferen. Skiferen er forsteinet finkornet slam fra innsjøer som var i området. I innsjøsedimentene er det også vulkanske askelag som kan aldersbestemmes radiometrisk. Det er to forskjellige lag (formasjoner) som inneholder fugler: Yixian-formasjonen og Jiufontang-formasjonen (Hou et al 1995; Sereno & Chengang 1992).

Alderen til Yixian-formasjonen er omstridt, kineserne vil at den skal være 137-142 millioner år gammel, mens nye dateringer fra kanadiske paleontologer er på 121 millioner år. To forskjellige fugler, en enantiornithurin (*Confuciusornis sanctus*) og en ornithurin (*Liaoningornis*), har blitt beskrevet så langt fra dette laget (Huo et al. 1996). Slektskapet deres, og om de er forfedrene til nålevende fugler er et uløst problem som diskuteres ivrig blant paleontologer. Den vanligste fuglen er *Confuciusornis sanctus*, "Den hellige Konfusius fuglen", som det til nå er funnet over hundre eksemplarer av. *Confuciusornis* er den største av de to og er litt større enn en trost. Vingeskjelettet er nesten identisk med *Archaeopteryx*, men resten av fuglen ligner mer de nålevende fuglene fordi den mangler den lange halen og tenner i munnen. Lange, krumme klør for å gripe og klatre tyder på

at den levde i trærne rundt innsjøen. *Liaoningornis*, som er på størrelse med en spurv, har et kileformet brystbein og regnes som den første ornithurine fuglen. Høsten 1996 ble også den første dinosaur (*Sinosauropteryx*) funnet i disse lagene, en liten rovdinosaur av kattedørrelse, som ser ut til å ha hatt fjær på nakken og ryggen. Den er antagelig i slekt med *Compsognathus* som er funnet i Tyskland og Frankrike.

I samme provins er et annet lag, som kanskje er noe yngre (Jiufontang-formasjonen), kjent for tre fugler: to enantiornithurine (*Sinornis* og *Cathayornis*) og en av ukjent tilhørighet (*Chaoyangia*) (Sereno & Chengang 1992). *Sinornis* er den første fuglen som har et stort forbeinet brystbein og som kunne folde sammen vingene, noe som tyder på at den var en god flyger. Andre avanserte trekk som gjør at den er nær fuglene slik vi kjenner dem i dag, er stjert istedet for hale og gripefot. Den hadde tenner i munnen, hofter som en dinosaur og tre klør på vingene. *Cathayornis* hadde også tenner i munnen, men hadde reduserte klør på vingene, en stjert og godt utviklet brystbein. *Chaoyangia* er funnet i kun ett eksemplar som mangler hode, men kan se ut til å være en enda mer avansert flyger enn *Sinornis* og *Cathayornis*. Av enkelte paleontologer tolkes den som en ornithurin fugl, mens andre er usikre med hensyn til dens plassering.

I en forekomst i Gansu provinsen i Kina ble det i 1984 funnet deler av et skjelett av en liten vade-fugl (*Gansus*), antagelig av samme alder som de fra Liaoning provinsen.

Nord Koreansk *Archaeopteryx*? Det er avbildet et eksemplar av en *Archaeopteryx*-lignende fugl fra Nord Korea i et populært tidsskrift, men noen vitenskapelig beskrivelse er enda ikke gjort og alderen er også usikker. De nyeste spekulasjonene er at dette kan være et skjelett av en *Confuciusornis* (Hou *et al.* 1995).

Andre funn

Ambiortus ble funnet i Mongolia i 1982 og var da det første funnet av en fugl fra den første delen av krittperioden, med en alder på rundt 115 millioner år (Chiappe 1995). Den er primitiv, med tre klør på forlemmene og tenner, men har et bedre utviklet brystbein enn *Archaeopteryx*.

Et annet viktig fuglefunn fra tidlig i krittperioden ble gjort i Spania i 1988. *Iberomesornis* er 115 millioner år gammel fugl på størrelse med en spurv. Den har en blanding av primitive og avanserte trekk som hofter og baklemmer som en dinosaur, men skulderbelte og gripefot som nålevende fugler. I 1992 ble det funnet en fugl til i disse avsetningene, *Concornis*, som er nærmere moderne fugler enn *Iberomesornis*, med bakbein og forlemmer mer lik dagens fugler. Deler av en liten fugl (*Noguerornis*) som er noe eldre enn de sistnevnte er også funnet i Spania i 1988.

Ellers kan det nevnes at det er funnet fossile avtrykk av fjær i Australia og Brasil fra tidlig i krittperioden og enkeltknokler i Usbekistan.

I Sør-Amerika og Mellom-Amerika har det i de siste 10 årene blitt funnet fragmentariske rester av fugler fra sent i krittperioden i Chile, Mexico og Argentina. Disse funnene stammer fra både aktive flygere, løpefugler og svømmende fugler. I Frankrike er det gjort funn av et hoftebein fra en fugl på størrelse med en struts fra slutten av kritt (Buffetaut *et al.* 1995). Kanskje noen av de påståtte dinosaur eggene som er funnet i avsetningene i Sør Frankrike egentlig stammer fra denne fuglen?

Gobipteryx er funnet i de 78 millioner år gamle forsteinede sanddynene i Gobiørkenen, Mongolia. Hittil har den vært den første fugl med nebb, men må nå se seg slått av den minst 42 millioner år eldre *Confuciusornis* (Hou *et al.* 1995).

I 1995 ble det funnet fragmenter av fire forskjellige fugler på Madagaskar i en avsetning fra sent i krittperioden (Sampson *et al.* 1997). Den største fuglen var på størrelse med en stor hauk, funnet

besto av et halvt skjelett. Disse funnene er ikke beskrevet ennå.

Før *Confuciusornis* ble funnet hadde paleontologene trodd at fuglene beholdt tennene slik som deres forfedre, de små rovdinosaurerne, frem til slutten av krittperioden (80 millioner år siden). Dette har vært støttet av mange fragmentariske funn av tannfugler, både de som var aktive flygere («mesozoiske måker»; Ichthyornithiforme) og mange som mistet evnen til å fly og ble «mesozoiske pingviner» med lang hals (Hesperornithiforme). De svømmende formene er funnet i Nord-Amerika, Europa og Asia, mens de flygende til nå kun er funnet i Nord-Amerika. Merkelige former fra sent i krittperioden i Gobiørkenen og Argentina (Chiappe 1995) ser ut til å være en type fugler med lang hale, men nesten tilbakedannede og meget spesialiserte forlemmer: *Mononykus* og *Alvarezsauria*.

Hvorfor mistet fuglene tennene? Noen mener at det å ha et nebb i forhold til det å ha tenner gir en vektreduksjon som er viktig når fuglene skal fly. Andre mener at da forlemmene utviklet seg til vinger ble det vanskelig å styre maten inn i munnen. Maten ble hengende fast i tennene. Det å snu maten til en retning der den kunne svelges hel var vanskelig. Med et nebb ble det å snu på maten mye enklere.

Confuciusornis sanctus

En beskrivelse av eksemplaret som er utstilt på Paleontologisk museum, Universitetet i Oslo med samlingsnummeret PMO 161.632.

Våren 1997 kjøpte Paleontologisk museum, Universitetet i Oslo et eksemplar av en 140-120 millioner år gammel primitiv fugl fra Kina, *Confuciusornis sanctus* (Fig. 5). Den eldste fuglen vi kjenner er den 150 millioner år gamle *Archaeopteryx* fra Tyskland. *Archaeopteryx* er kun noen millioner år eldre enn de eldste estimatene for den kinesiske fuglen.

Fuglen ligger på ryggen i en lys skifer avsatt i ferskvannsmiljø. Skiferplaten måler 24,5 x 31 cm. Høyre vinge er utstrakt, mens venstre vinge er foldet inn mot skulderbladet. Høyre overarmsbein er brukket 2/3 ute på vingen og den avbrukne ytre enden ligger inn mot brystkassen. Dette er antagelig dødsårsaken til dette individet. Rundt fuglen, unntatt ved hodet er det en mørk, organisk

rik hinne som stammer fra forråtnelsen av bløt-
delene og avtrykk av fjærene. Det er svake av-
trykk av fjær på begge sider av fuglen. Hodet er
flattrykk og knust, men underkjeven er bedre be-
vart. Det er ikke tenner i over- eller underkjeven,
kun arr etter feste for nebb. Det er rapportert om
et par avtrykk av noe som kan være tenner i frem-
ste delen av overkjeven hos et annet individ.
Nebb er et avansert trekk og her skiller
Confuciusornis seg ut fra de fleste andre fugler
fra jura og kritt. Underkjeven er falt til siden for
kraniet, slik at ganetaket hos fuglen er synlig.
Alle de store knoklene er hule og sammenpress-
ingen har gjort at de har karakteristiske sprekker
langs lengderetningen. Skulderbeltet består av
et lite ønskebein (furcula) og skulderblad. Ønske-
beinet er bredt og u-formet og nesten identisk
med beinet hos *Archaeopteryx*. Vingene har en
stor overarmsknokkel med en sterkt utvidet in-
nerste del. Denne innerste delen har et stort hull,
som ikke er funnet hos noen andre fugler (se Fig.
2 og 5). Kanskje det var et tidlig forsøk på å
spare vekt i knoklene? Underarmsknoklene er
begge robuste og ledder mot håndrotsbeinene
som er grove elementer i kontakt med mellom-
håndsknoklene og de tre fingrene. De tre fin-
grene er av forskjellig lengde. Kloen på den før-
ste og korteste fingeren er den kraftigste. Den
andre fingeren er den lengste, men også den tredje
fingeren er lang. Den tredje fingeren har den sva-
keste kloen. På noen av klørne er

neglen bevart, men de virker len-
gre enn de egentlig var, fordi ne-
glene har sklidd delvis av finger-
tuppene og tærne. Klørne på vin-
gene ligner på de hos
Archaeopteryx og det er foreslått
at *Confuciusornis* også levde i
trærne. Brystbeinet hos dette ek-
semplaret mangler, men det er be-
vart hos andre individer:
Confuciusornis manglet det lange
brystbeinet som strekker seg bak-
over under magen til feste for den
store brystmuskulaturen. Dermed
manglet de pumpmekanismen
som gjør at lungene hos ornithur-



De Naturhistoriske Museer
Fotografmester Per Aas
Sarsgt. 1, 0562 Oslo

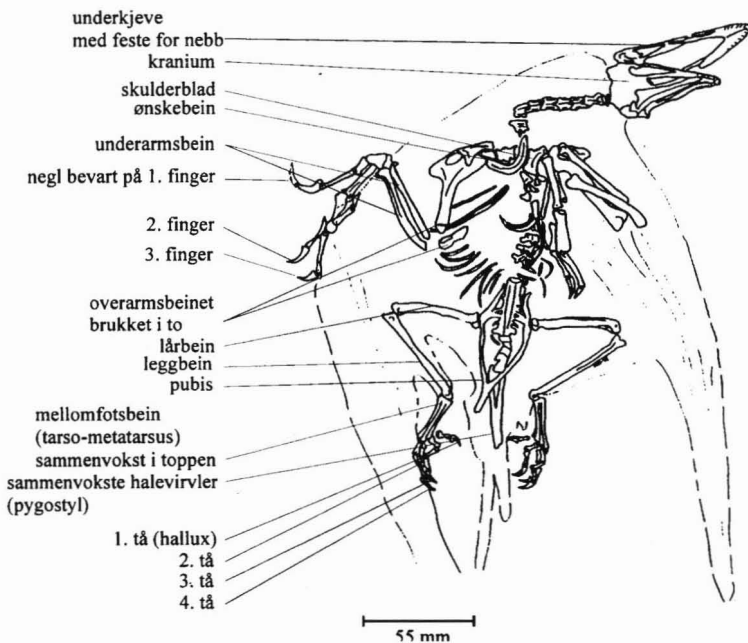


Fig. 5. Bilde av *Confuciusornis*
sanctus (PMO 161.632) og
tegning med forklaring.

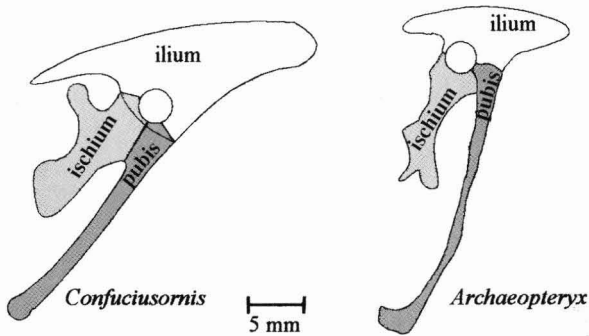


Fig. 6. Sammenligning av hoften hos *Archaeopteryx* og *Confuciusornis* (etter Hou 1995).

ine fugler pumper luft inn og ut når de flyr. Et mindre oksygenopptak begrenset nok distansen de hadde mulighet for å fly. Ryggvirvlene er hule og fire av dem er bevart i mageregionen. Hver side av hoften består av de tre knoklene ischium, ilium og pubis (Fig. 6). Hofteknoklene er ikke sammenvokst. Ilium- og pubis- knoklene i hoften er godt bevart. Ilium er den største av de tre knoklene i hoften og danner mesteparten av hofteleddet. De to pubis-knoklene er sammenvokste med hverandre og de danner et langt felles skaft slik som hos *Archaeopteryx*, men mangler den utvidede enden (Fig. 6). Ischium er ikke bevart. Bakbeinet består av lårbeinet, leggbeinet (tibotarsus), og videre mellomfotsbein (tarsometatarsus). I et annet eksemplar av *Confuciusornis* er kneskålen bevart, men ikke i dette. Tarsometatarsus er sammenvokst i toppen (proksimalt) og fire av de fem mellomfotsknoklene observeres på begge sider. Det femte mellomfotsbeinet, beskrevet som en liten splint på andre eksemplarer, men er ikke funnet på dette individet (Fig. 5). Foten har fire klør der den første (hallux) står motsatt vei av de tre andre, slik at det dannes en gripefot som hos moderne fugler (se Fig. 1, 3, 5). Halen er relativt lang og består av flere halevirvler før den avsluttes av en sammenvokst del (pygostyl). Den ytre delen av pygostylen er bevart som avtrykk i dette eksemplaret. Det er en stor individuell forskjell i lengden av pygostylen og graden av sammenvoksning av halevirvlene hos de beskrevne eksemplarene. Forklaringen på forskjellen i de mange individene kan være at pygostylen ble mer forbeinet når individene ble eldre, eller at det er en naturlig variasjon. Eksemplaret som er utstilt på Paleontologisk museum viser svake avtrykk av fjær. Andre eksemplarer fra

samme lokalitet viser at hele kroppen var fjærdet, ikke så ulikt *Archaeopteryx*. Stjerten ligner faktisk på den hos dagens skjære.

Dette nye eksemplaret av en primitiv fugl som nå er utstilt på Paleontologisk museum gir oss et lite titthull inn i fortiden og vi kan ane en lang og etappevis utvikling. Utviklingen har ikke strevet mot å nå det som vi i dag kaller fugler rundt oss. Faktisk har hver og en av disse fuglene som vi i dag karakteriserer som primitive forløpere og utdødde sidegrener i utviklingen vært vinnere i sin tid. *Confuciusornis*, hvis den levde i dag, ville bli sett på som en primitiv fugl, men for 120 millioner år var faktisk det å ha et nebb det mest avanserte trekket som fantes og klørne på vingene en kjempfordel.

Referanser

- Buffetaut, E., Le Loeuff, J., Mechin, P. & Mechin-Salessy, A. 1995. A large French Cretaceous bird. *Nature* **377**, 110.
- Chiappe, L. M. 1995. The first 85 million years of avian evolution. *Nature*, **378** 349-355.
- Chinsamy, A., Chiappe, L. & Dodson, P. 1994. Growth rings in Mesozoic birds. *Nature* **368**, 196-197.
- Currie, P. J. & Sovak, J. 1991. The flying dinosaurs. The illustrated guide to the evolution of flight. Red Deer College Press. 160 s.
- Hou, L. 1995. Morphological comparisons between *Confuciusornis* and *Archaeopteryx*. I: A. Sun & Y. Wang (red.) Sixth symposium on mesozoic terrestrial ecosystems and biota, Short papers. 192-201. China Ocean Press.
- Hou, L., Martin, L. D. Zhou, Z., & Feduccia, A. 1996. Early adaptive radiation of birds: Evidence from fossils from Northeastern China. *Science* **274**, 1164-1167.
- Hou, L., Zhou, Z., Martin, L. D. & Feduccia, A. 1995. A beaked bird from the Jurassic of China. *Nature* **377**, 616-618.
- Sampson, S. D., Krause, D. W. & Forster, C. A. 1997. Madagascar's buried treasure. *Natural History* **3**, 24-27.
- Sereno, P. C. & Chenggang, R. 1992. Early evolution of avian flight and perching: New evidence from the Lower Cretaceous of China. *Science* **255**, 845-848.
- Wellnhofer, P. 1993. Das siebte Exemplar von *Archaeopteryx* aus Solnhofener Schichten. *Archaeopteryx* **11**, 1-47.
- Wellnhofer, P. 1994. New data on the origin and early evolution of birds. *C. R. Acad. Sci. Paris* **319**, 299-308.