

Luiks-Limburgse Krijtvogels

De stand van zaken

door John W.M. Jagt

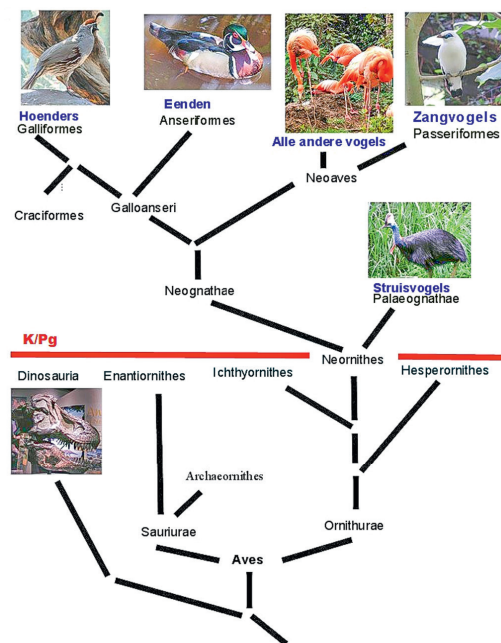
john.jagt@maastricht.nl

►► Afb. 1. Stamboom van de vogels: de Enantiornithes, Hesperornithes en Ichthyornithes behoren tot de 'stem group' vogels; de Neornithes, of nieuwe vogels, behoren tot de 'crown group'. Diagram via Jcwff/Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.

In Zuid-Limburg en de aangrenzende Belgische provincies Luik en Limburg zijn fossielen van vogels uit het Maastrichtien (Boven-Krijt; 72,10-66,02 miljoen jaar geleden) heel erg zeldzaam. De laatste twee decennia zijn we gelukkig een klein stukje wijzer geworden. De grootste 'klapper', die al een jaar of twintig geleden verzameld werd, is de onlangs als *Asteriornis maastrichtensis* beschreven vondst. Dit fossiel wordt liefkozend ook wel het 'wonderchicken' of de 'Krijtkip' genoemd. Hoe verhoudt deze fossiele vogel zich tot andere resten uit het gebied, en welke plek neemt *Asteriornis* in de stamboom van de vogels in? Op die vragen wordt in dit artikel een antwoord gezocht.

Gevederde dino's en meer

Wereldwijd zijn, en blijven, fossiele vogels echte zeldzaamheden, hoewel de hausse aan nieuwe vondsten (en aan nieuwe soorten) uit het Onder-Krijt in China van de afgelopen jaren anders doet vermoeden. Uit de streek rond Maastricht zijn op dit moment de schamele resten van welgeteld vier individuen bekend. Helaas is de bewaringstoestand van drie van de vier exemplaren dusdanig dat deze niet tot in detail te duiden zijn of van een geslachts- of soortnaam voorzien kunnen worden. We komen bij deze niet verder dan een determinatie op familieniveau. Het vierde exemplaar is echter een fraaie uitzondering hierop: dit is het type-exemplaar van een nieuw geslacht en een nieuwe soort die onlangs als *Asteriornis maastrichtensis* zijn beschreven. Opmerkelijk is het feit dat alle nu bekende vogelfossielen, met uitzondering van een miezerig stukje bot uit de voormalige ENCI-groeve (Maastricht), van het zuidelijke uiteinde van de Sint-Pietersberg (of Montagne Saint Pierre) stammen. Hier, rond het dorpje Eben Emael in de Belgische provincie Luik (Liège), liggen meerdere kalksteengroeves waarvan Marnebel en CBR-Romontbos de belangrijkste zijn. Hieronder volgt eerst een beknopt overzicht van de twee hoofdgroepen van vogels uit het Laat-Krijt: de 'stem birds' (vogels in de bredere zin) en 'crown birds' (moderne vogels). Daarna komen de Luiks-



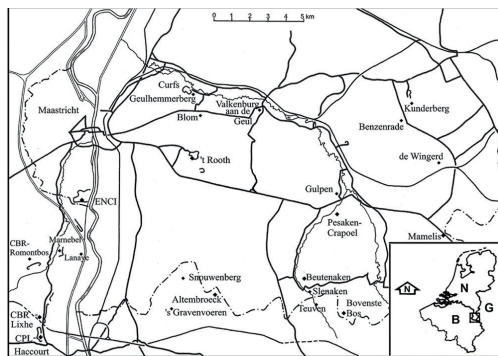
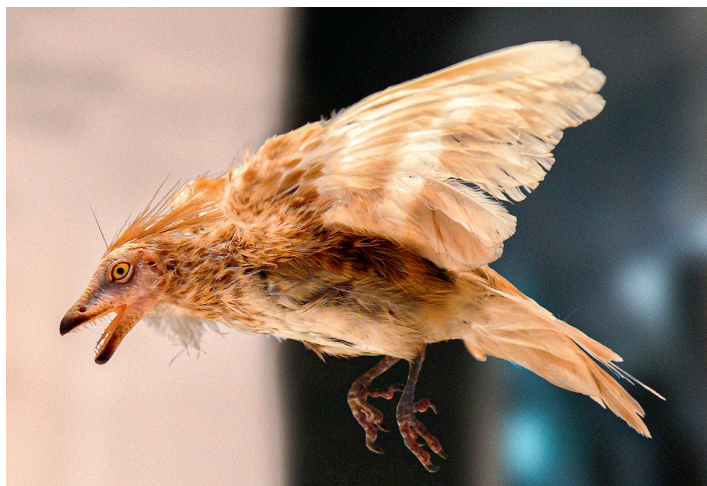
Limburgse vondsten aan bod, met *Asteriornis* als afsluiter.

In de levende natuur bestaat een grote diversiteit aan vogelgroepen, die worden aangeduid als Neornithes. Ongeveer 10.000 soorten zijn tot nog toe in kaart gebracht en de onderlinge verwantschappen worden dankzij recent moleculair onderzoek steeds duidelijker. Het antwoord op de vraag wanneer vogels voor het eerst ontstaan zijn in de geologische geschiedenis, is sterk afhankelijk van onze definitie van het begrip 'vogel'. Hoe herken je de meest basale, of vroegste, vogels in het fossielenarchief en wat doe je met de 'paleontologische gaten' (dus het ontbreken van overgangsvormen) in onze kennis van de evolutie van vogels? Met andere woorden: als je geen fossielen ter beschikking hebt, hoe kun je dan toch een beeld van hun ontwikkeling over miljoenen jaren krijgen?

Kijkend naar erfelijk materiaal (genetisch onderzoek), kun je aan de hand van zogenaamde moleculaire klokken voorspellingen doen of hypothesen formuleren over het eerste voorkomen van bepaalde groepen, en met name dat van de eerste vertegenwoordigers van moderne vogels.

Op basis van evolutionaire ontwikkelingen en verwantschappen binnen de stamboom

van vogels, worden twee grotere groepen onderscheiden (afb. 1). De eerste groep omvat de 'crown birds'. Dit zijn alle nu levende vogels (Neornithes), plus hun meest recente gemeenschappelijke voorouder van vóór de Krijt-Paleogeen (K/Pg)-grens. De tweede groep is die van de 'stem birds'. Dit zijn vormen die buiten de 'crown birds' vallen, maar nauwer verwant zijn aan deze dan aan andere grotere, gerelateerde groepen. Denk bijvoorbeeld maar aan dinosauriërs, als voorlopers van vogels. Typische representanten van 'stem group' vogels zijn *Archaeopteryx* (en andere 'oervogels') uit de omgeving van Eichstätt en Solnhofen, en vertegenwoordigers van de ordes Enantiornithes, Hesperornithiformes (Hesperornithes) en Ichthyornithiformes (Ichthyornithes). Deze dieren hadden dan wel vleugels, maar andere typische kenmerken van 'crown birds' waren niet ontwikkeld. Op basis van vondsten die de laatste decennia gedaan zijn, is de overgrote meerderheid van paleontologen er nu wel van overtuigd dat vogels uit dinosauriërs zijn voortgekomen, en dat vogels goedbeschouwd dino's zijn die het grote uitsterven op de K/Pg-grens overleefd hebben. In de Engelstalige literatuur wordt dan vaak ook gesproken van 'avian dinosaurs' als het om vogels gaat. Toen we nog geen weet hadden van de nauwe verwantschap tussen dino's en vogels, werd de laatstgenoemde groep samengevat als Aves. Daarin zaten dan zowel kanaries, kippen en kolibries, als paradijsvogels, pinguïns, struisvogels en andere loopvogels: een bonte schakering, dus. Gelijke tred houdend met nieuwe ontdekkingen van fossielen, met name in China en Noord- en Zuid-Amerika, heeft de naam Aves een behoorlijk uiteenlopende betekenis gekregen. Voor sommige onderzoekers vallen hieronder alle vormen die dicht bij vogels staan dan bij krokodillen (ook wel als Avenmetatarsalia aangeduid), terwijl anderen



◀ Afb. 2. Het typegebied van het Maastrichtien: zuidelijk Limburg en aangrenzend Belgisch en Duits grondgebied, met aanduiding van de belangrijkste ontsluitingen en/of groeves (die deels al weer ter ziele zijn). De hier beschreven vogelresten zijn afkomstig uit de groeves CBR-Romontbos en Marnebel, ten zuidwesten van Maastricht.

hieronder geavanceerde soorten met veren verstaan. Een derde definitie van Aves heeft het alleen over gevederde dino's die kunnen vliegen (ook Avialae, of vogels in de ruimere zin) en de vierde omvat de laatste gemeenschappelijke voorouder van alle nu levende vogels en alle nakomelingen daarvan (een 'crown group'). Die laatste groep wordt vaak als Neornithes, of moderne vogels, aangeduid (afb. 1).

Voordat we het nieuwe 'wonderchicken' uit het Luiks-Limburgse Krijt bekijken, volgt hieronder eerst een overzichtje van de groepen die tijdens het Laat-Krijt wereldwijd bekend zijn, inclusief het typegebied van het Maastrichtien (afb. 2).

Orde Enantiornithes

Tijdens het Laat-Krijt kwamen vertegenwoordigers van de orde Enantiornithes het meest voor en waren ook het meest divers onder de vogels. Zo goed als alle soorten hadden nog tanden in de bek en klauwen aan de vleugels, maar toch leken ze al sterk op de nu levende vogelsoorten. Inmiddels zijn ruim tachtig soorten in de vakliteratuur beschreven; enkele daarvan zijn op niet meer dan één of meerdere botjes gebaseerd. Er is dus enige twijfel over het soortbegrip en de geldigheid van al die namen. Alle vertegenwoordigers van deze orde legden het loodje aan het einde van het Maastrichtien, op de K/Pg-grens (66,02 miljoen jaar geleden), samen met soorten uit de ordes Hesperornithiformes en Ichthyornithiformes en alle dinosauriërs. Vertegenwoordigers van de orde Enantiornithes (afb. 3) werden pas laat, in 1981, voor het eerst onderscheiden, op basis van fossielen uit het Boven-Krijt van Argentinië. Het genus *Enantiornis* staat model voor deze orde; die naam betekent letterlijk 'tegengestelde vogel' ('opposite bird'). Dat heeft alles te maken met de

◀◀ Afb. 3. Een model van *Iberomesornis romerali* in volle vlucht, te zien in het Museo nacional de Ciencias naturales (Madrid), als typische vertegenwoordiger van de orde Enantiornithes. Foto: Locutus Borg via Wikimedia Commons.

► Afb. 4. Een typische vertegenwoordiger van de orde Enantiornithes (familie Bohaiornithidae): *Zhouornis hani*, uit het Onder-Krijt van China (Zhang et al., 2014). Foto via Wikimedia Commons CC BY-SA 4.0.



verbinding tussen twee botten in het schoudergewricht, het scapula en het coracoid. Die is bij deze groep precies tegenovergesteld aan wat bij andere vogels met een 'normale' verbinding te zien is. Een knobbel op het scapula articuleert met een concave, komvormige verdieping in het coracoid.

Resten van Enantiornithes zijn beperkt tot gesteentelagen die in zowel zoet als zout water zijn afgezet en komen wereldwijd voor, met uitzondering van de Zuidpool. Dat ze zowel in zoet- als zoutwaterafzettingen voorkomen, toont aan dat hun levenswijze behoorlijk breed geschakeerd was. Het zullen zowel waadvogels, zwemmers, insecten- en zadeneters als vissers en rovers zijn geweest. De oudste vormen stammen uit het Onder-Krijt van Spanje en China (afb. 4), de jongste uit het bovenste Maastrichtien van Noord- en Zuid-Amerika. Mogelijk heeft ook de vondst van een spaakbeen (radius) uit Eben Emael (provincie Luik) betrekking op een soort uit deze groep (zie Dyke et al., 2008 en hieronder).

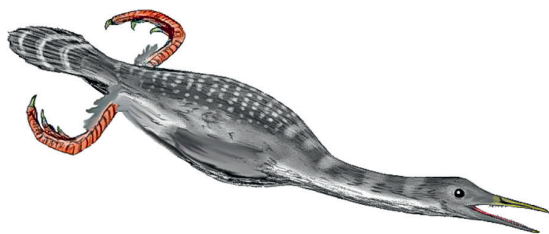
Zoals gezegd is het merendeel van de fossiele resten van Enantiornithes uit het Krijt heel fragmentarisch. Vondsten van zo goed als complete dieren, soms nog met overblijfselen van weke delen, zijn alleen gedaan in Spanje en China. Qua grootte zaten de meeste soorten tussen een mus en een spreeuw in, maar er zijn aanwijzingen voor veel grotere

vormen. Er zijn ook resten van Enantiornithes in barnsteen bekend. Die zijn rond 99 miljoen jaar oud en omvatten vleugels, een poot en zelfs een compleet lijf van een jong dier dat net uit het ei was gekropen. Vanwege hun brede aanpassingsvermogen (en variabele voedselbronnen) zijn er behoorlijke verschillen in de schedelbouw van de diverse soorten, en 'primitieve' en geavanceerde kenmerken komen vaak gecombineerd voor. Bijvoorbeeld: ze behielden een aantal losse kaakbeenderen en kleine premaxillae (snuitpunt van bovenkaak) en de meeste soorten hadden functionele tanden. Het vierkantsbeen (quadratum) achter in de schedel was simpel van vorm, terwijl andere schedelbotten nog niet gefuseerd waren, zoals in moderne vogels. De kaken waren bij sommige soorten groot en zwaar gebouwd, terwijl andere sierlijker gebouwd waren en mogelijk in

modder woelden en vissen of krabben aten. Het lijkt er sterk op dat de Enantiornithes geen krop, spiermaag en maagsteentjes (gastrolieten) hadden. Van een aantal vormen is een soort braakballen bekend, die we zo goed kennen van recente uilen.

Van deze orde zijn ook eieren, embryo's en kuikentjes bekend, met name uit Mongolië en China. Die tere kuikenskeletjes tonen aan dat de jonge vogels na het uitkomen relatief vlot op eigen benen konden staan. De anatomie en groei van de botten is goed gedocumenteerd door histologisch onderzoek en suggereert dat de meeste soorten relatief langzaam groeiden, net als de meeste moderne vogels. Bovendien is in de literatuur geopperd dat er binnen deze orde geen volledige warmbloedigheid (endothermie) was ontwikkeld, maar een soort tussenvorm in de stofwisseling. Er wordt ook verondersteld dat sommige soorten slechte vliegers waren, die niet of nauwelijks van de grond konden komen. Dat had alles te maken met een minder goed ontwikkelde schoudergordel. Andere, daarentegen, leken wel degelijk efficiënte vliegers geweest te zijn, met complexe zenuwbanen en bindweefsel in de vleugels. De orde Enantiornithes vormde een succesvolle groep die zich verder ontwikkelde naast de evolutionaire lijn die uiteindelijk naar de moderne vogels zou voeren. Om dit nader uit te spitten, is nog onderzoek nodig

aan de bouw van het sternum (borstbeen), maar juist dat is bij de meeste fossielen die we nu ter beschikking hebben, niet (goed) bewaard gebleven. Binnen de orde is er ook nog een hoop te doen, want omdat geslachten en soorten qua skelet sterk op elkaar lijken, is het lastig om te bepalen hoe de onderlinge verwantschappen liggen.



Orde Hesperornithiformes

De orde Hesperornithiformes omvat goed zwemmende, carnivore watervogels, die zowel op zee als op het land (zoetwater) leefden tijdens het Cenomanien–Maastrichtien (Laat–Krijt) en beperkt waren tot het Noordelijk Halfrond (afb. 5). De beste zwimmers onder hen waren niet in staat tot vliegen en waren behoorlijk aan de maat – volwassen dieren van de grootst bekende soort, *Canadaga arctica*, uit het Maastrichtien van Canada, konden meer dan anderhalve meter groot worden.

Deze orde omvat de enige vogels die tijdens het Laat–Krijt de kustzones van de oceanen tot hun leefgebied maakten en daar mogelijk een concurrentiestrijd aangingen met vliegende reptielen (Pterosauria). Helaas zijn maar weinig goed bewaarde fossielen van *Hesperornis*-achtige vogels beschikbaar, en dat van slechts een handjevol soorten.

Forsere geslachten zoals *Baptornis* en *Hesperornis* hadden sterk gereduceerde vleugels en, net als bij moderne vogels die hun poten gebruiken bij het duiken, huidplooiën tussen de tenen. In het lijf zaten de poten ook ver naar achteren, zoals bij moderne futen en duikers. Bovendien waren hun botten relatief dicht van structuur wat het duiken gemakkelijker maakte. Door de bank genomen, moeten dit



krachtige zwimmers en duikers geweest zijn, die zich op het land amper konden voortbewegen en daar alleen kwamen om nesten te bouwen en eieren uit te broeden. Metingen aan onderdelen van het skelet en een directe vergelijking met moderne vogels suggereren dat *Hesperornis*-achtige vogels de meeste overeenkomsten vertoonden met aalscholvers en duikers (afb. 6).

Dat is ook te zien in de langgerekte bek met een haakvormige punt. In de kaken stond een reeks eenvoudige, scherpe tandjes in een groeve geplaatst; deze dienden voor de vangst van vis. Net als hun verre voorouders, de vleesetende dino's, behielden ze de typische verbinding in hun onderkaakbotten. Dit kan erop duiden dat ze in staat waren het achterste deel van de onderkaak onafhankelijk van de voorkant te bewegen. Aangenomen wordt dat de Hesperornithiformes een zeer gespecialiseerde tak vormen die niet direct verwant is aan de huidige vogels (Bell & Chiappe, 2015), maar mogelijk al afsplitsten van de voorlopers van de moderne vogels tijdens het vroegste Krijt, misschien zelfs nog eerder. De meeste soorten zijn bekend uit het Boven–Krijt van Noord–Amerika, maar ook in Eurazië (bijvoorbeeld Zuid–Zweden) komen ze voor. Recentelijk hebben Bell & Chiappe (2020) er nog eens op gewezen dat de Hesperornithiformes de eerst bekende evolutielijn onder de vogels was die hun vliegvermogen inruilden voor de ontwikkeling van een 'foot-propelled diving lifestyle', een levensstijl berustend op door hun poten aangedreven duiken. Het waren dus de eerste pur sang duikers onder de vogels.

Parahesperornis alexi, een soort die pas in 1984 is beschreven, is van groot belang gebleken voor een goed begrip van de evolutie van deze getande vogels. Goed beschouwd vertegenwoordigen zij de laatste afsplitsing (als 'zustergroep') in de ontwikkelingsgeschiedenis van de voorlopers van de moderne vogels. Het lijkt er op dat *Parahesperornis* een beetje achterbleef bij zijn neefje *Hesperornis*, daar waar het gaat om behendigheid, snelheid en diepte van duiken. Eigenlijk is er geen enkele een-op-een-vergelijking mogelijk met recente duikvogels, maar het lijkt er wel op dat de Hesperornithiformes beter toegerust waren tot duiken dan de huidige vormen (Bell & Chiappe, 2020).

Orde Ichthyornithiformes

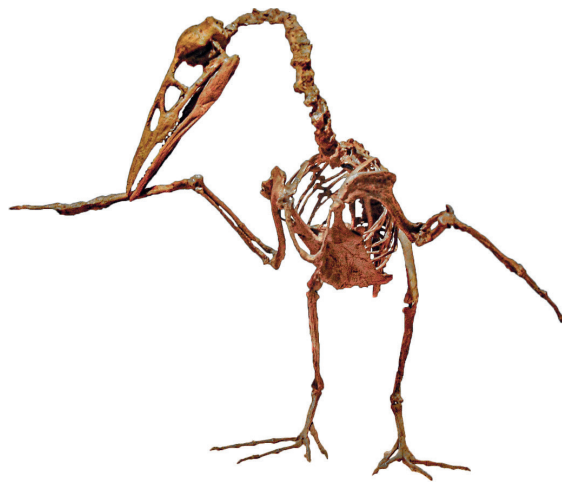
Net als de ordes Enantiornithes en Hesperornithiformes is ook de orde Ichthyornithiformes, een groep van getande 'vroegevogels', die verwant waren aan de gemeen-

◀ Afb. 5. Een artist's impression van *Hesperornis*, die model staat voor de orde Hesperornithiformes. Tekening: Nobu Tamura via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.

◀ Afb. 6. *Hesperornis regalis*, uit het Boven–Krijt van de Verenigde Staten en Canada, als typische vertegenwoordiger van de orde Hesperornithiformes. Opgesteld in het Canadian Fossil Discovery Centre, Morden, Manitoba. Foto: Loozrboy from Toronto, Canada via Wikimedia Commons CC BY-SA 2.0.

schappelijke voorouder van alle moderne vogels, uitgestorven aan het eind van het Maastrichtien. Fossielen zijn bekend uit het Boven-Krijt van Noord-Amerika en Eurazië, maar min of meer complete skeletten zijn maar van één soort beschikbaar: *Ichthyornis dispar* (afb. 7).

► Afb. 7. De best bekende vertegenwoordiger van de orde Ichthyornithiformes uit het Boven-Krijt van Noord-Amerika: *Ichthyornis dispar*. Opgesteld in het Rocky Mountain Dinosaur Resource Center. Foto: McDinosaurhunter via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.



De oudst bekende vormen uit deze groep stammen uit afzettingen die gedateerd zijn op circa 95 miljoen jaar (Cenomanien) en zijn zowel in Noord-Amerika als in Rusland verzameld. Opvallend voor deze groep is dat de nu bekende fossielen allemaal sterk op elkaar lijken. De vraag is dan ook of *Ichthyornis dispar* mogelijk een heel lange geologische levensduur van bijna 10 miljoen jaar had, of dat het toch gaat om meerdere, nauwverwante vormen die lastig van elkaar te onderscheiden zijn.

Net als *Hesperornis*-achtige vogels waren de Ichthyornithiformes sterk aan hun biotopen gebonden, met name in Noord-Amerika. Het mag aangenomen worden dat de niet-vliegende watervogels (*Hesperornithiformes*) veel gevoeliger waren voor veranderingen in omstandigheden in kustregio's en voor zeespiegel fluctuaties. Dit had tot resultaat dat ze zich verder moesten aanpassen en dat leidde dan weer tot meer gespecialiseerde vormen. De op sternes lijkende vliegende Ichthyornithiformes hadden veel minder te duchten van kust- of zeespiegelcondities en konden vergelijkbare biotopen over langere periodes bevolken.

De jongste fossielen van de orde Ichthyornithiformes zijn bekend uit de Hell Creek Formatie; ze worden gedateerd op circa 300.000 jaar vóór de inslag van de Chicxulub-meteoriet, die de K/Pg-grens markeert.

Net als *Hesperornis*-achtigen, stonden de Ichthyornithiformes dicht bij de voorlopers van de moderne vogels, de 'crown group', maar vormden een aparte ontwikkelingslijn van getande zeevogels. Clarke (2004)

onderscheidde een groep ('clade') Ichthyornithes die alle afstammelingen van de meest recente gemeenschappelijke voorouder van *Ichthyornis dispar* en alle moderne vogels omvatte.

Twee van de vier Luiks-Limburgse Krijt-vogels die we nu in het Natuurhistorisch Museum Maastricht ter beschikking hebben (zie hieronder) behoren tot de orde Ichthyornithiformes, hoewel de juiste verwantschapsverhoudingen binnen deze groep nog moeten worden uitgezocht. Dat is nu onderwerp van een studie op basis van CT-scans aan de universiteit van Cambridge door de onderzoeksgroep van Dr. Daniel Field.

De 'Nieuwe kaken' - Neognathae

De groep van de Neognathae omvat vrijwel alle vogels die tot de onderklasse Neornithes ('nieuwe vogels') worden gerekend; meer dan 10.000 soorten zijn al gedocumenteerd. De uitzondering is de zuster-groep van de Palaeognathae ('oude kaken'), waartoe het stuithoentje (tinamoe) en diverse loopvogels (*Ratites*), zoals struisvogels en kiwi's, behoren.

De oudst bekende fossielen van deze groep stammen uit het Boven-Krijt, maar de moleculaire klok suggereert dat ze nog eerder hun intrede deden, tijdens het vroege Laat-Krijt, ongeveer 90 miljoen jaar geleden (Clarke et al., 2005; Lee et al., 2014; Claramunt & Cracraft, 2015; Mayr et al., 2018).

Daarna maakten ze een 'adaptieve radiatie' door die uiteindelijk resulteerde in de grote diversiteit in lichaamsvorm, functie en gedrag die we vandaag de dag zien. De meest soortenrijke groep is de orde Passeriformes, die bijna 60 procent van alle moderne vogels omvat (afb. 1).

Kenmerkend voor de 'nieuwe kaken' zijn de gefuseerde middenhandsbeentjes (metacarpalen), een verlengde derde vinger en dertien (of minder) wervels. Door de meeste onderzoekers worden twee grote groepen onderscheiden: de 'pluimveegroep' Galloanseres en de Neoaves ('nieuwe vogels'). Voor de laatstgenoemde zijn nog geen onderverdelingen gemaakt die op brede steun binnen de wetenschap kunnen rekenen, onder meer omdat fossiel bewijs voor hun voorkomen tijdens het laat-Mesozoïcum (nog) ontbreekt. Recent onderzoek richt zich met name op het documenteren van vroege vertegenwoordigers van moderne vogels in het Laat-Krijt en het vinden van verklaringen voor het 'explosieve' karakter van de ontwikkeling van die groep na de inslag van de meteoriet, 66,02 miljoen jaar geleden (Longrich et al., 2011). Het lijkt er sterk op dat het tijdelijk

FORMATIE VAN MAASTRICHT	Meerssen Member, 66,20–66,02 Ma
	Nekum Member, 66,40–66,20 Ma
	Emael Member, 66,52–66,40 Ma
	Schiepersberg Member, 66,60–66,52 Ma
	Gronsveld Member, 66,70–66,60 Ma
	Valkenburg Member, 67,50/66,80–66,70 Ma
FORMATIE VAN GULPEN (deels)	Lanaye Member, 68,20–67,60 Ma

◀ Tabel 1. Indeling van het hoogste deel van de Formatie van Gulpen en de gehele Formatie van Maastricht voor Luik-Limburg; de getallen (miljoenen jaren, Ma) geven een indicatie van de geologische ouderdom van deze eenheden (uit Keutgen, 2018).

verdwijnen van een brede schakering aan planten net na de K/Pg-grens zeer nadelig was voor gevederde, vliegende dino's (Avialae, of 'stem birds'), en hen tot uitsterven veroordeelde, terwijl de groepen die niet aan bomen en struiken gebonden waren ('crown birds') een enorme boost kregen en biotopen innamen die we nu van moderne vogels kennen (Field et al., 2018).

Luik-Limburg: waarom 19^e en vroeg-20^e eeuwse vondsten ontbreken

Al ruim 250 jaar worden fossielen uit de mergels van de Sint-Pietersberg en wijdere omgeving verzameld. Gewilde objecten waren en zijn natuurlijk de fossielen van zeeschildpadden en mosasauriërs. Pas in de tweede helft van de 20ste eeuw kwamen daar ook de eerste stratigrafisch nauwkeurig verzamelde vondsten van krokodillen, plesiosauriërs, vogels en zelfs een zoogdier-tje bij. Maar in de oude literatuur zoeken we tevergeefs naar meldingen van vogelfossielen. Dat heeft er mogelijk mee te maken dat tussen 1750 en 1925 de onderaardse gangenstelsels in de Sint-Pietersberg en omgeving voornamelijk zijn aangelegd in de Nekum Member (en in mindere mate in de jongere Meerssen Member) in het hogere deel van de Formatie van Maastricht (Tabel 1). De nu bekende vogelresten stammen echter zon-

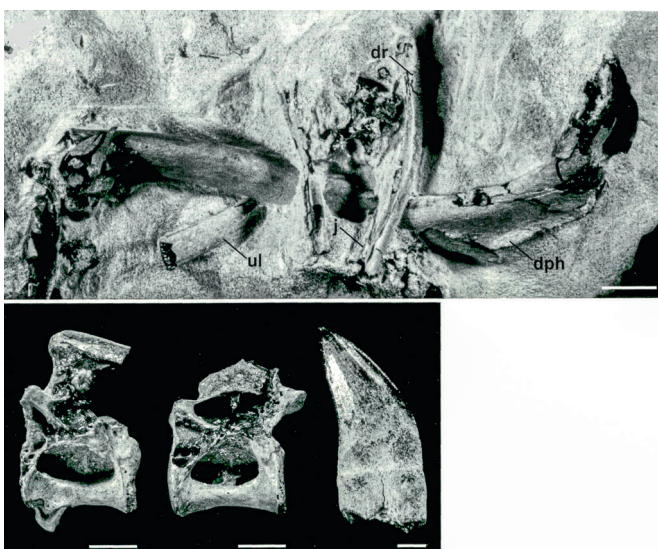
der uitzondering uit diepere (oudere) lagen in diezelfde formatie, en met name uit de Valkenburg en Emael members (Tabel 1).

Luik-Limburg: millenniumcadeautjes

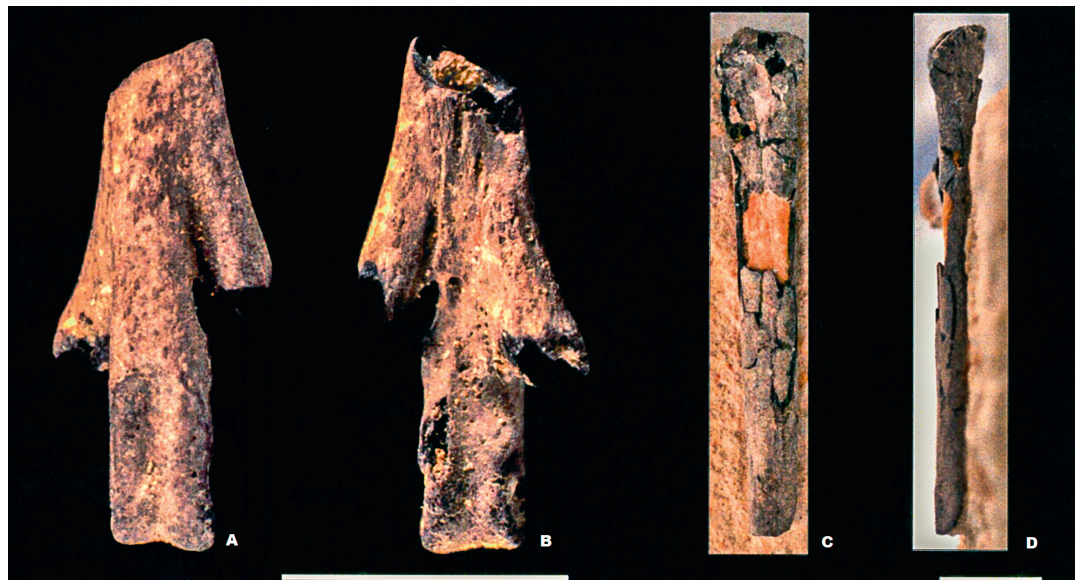
Rond het jaar 2000 werd een flink aantal spectaculaire vondsten van gewervelde dieren gedaan in de Luiks-Limburgse kalkstenen, waaronder ook de eerste resten van vogels. Met name in Europa zijn vondsten van meer dan geïsoleerde vogelbotten in het Krijt zeldzaam, wat mede verklaart waarom het interpreteren van de evolutie van vogels van vlak vóór en na de K/Pg-grens in dit deel van de wereld zo problematisch is. De vondst, door Rudi Dortangs, van min of meer in verband liggende resten van een grote vogel (afb. 8), die tot de groep van de Ornithurae ('stem birds') te rekenen is en nauwverwant aan *Ichthyornis* lijkt te zijn, bleek een topper (Dyke et al., 2002). In het kalksteenblok is een flink aantal botten bewaard gebleven, waaronder delen van de kaken en het opperarmbeen. Los materiaal, deels al in de groeve verzameld en deels uit het blok vrijgemaakt, omvat wervels en één enkel tandje. Het exemplaar, dat rond 66,72 miljoen jaar oud is, is van groot belang gebleken voor wat verwantschapsverhoudingen betreft. Het behoort tot de jongste niet-neornithine (= niet-moderne) vogelfossielen ter wereld.

Dyke et al. (2002; zie ook Dyke et al., 2008) gebruikten alle meetbare kenmerken van de botten en lieten er daarna analyses op los om meer te weten te komen over de verwantschappen van dit fossiel. Met name het opperarmbeen (humerus) bleek kenmerken te vertonen die ook gezien worden in *Ichthyornis*, maar deze overeenkomsten moeten nog nader aan een test worden onderworpen. Op dit moment zijn het kalksteenblok en alle losse onderdelen van het skelet van NHMM RD 271 tijdelijk uitgeleend aan

◀◀ Afb. 8. Nog niet nader gedetermineerde ornithurine, nauwverwant aan *Ichthyornis*, uit de Valkenburg Member (Formatie van Maastricht) van Eben Emael (NHMM RD 271). De bovenste foto toont het totale kalksteenblok met botten; onderin twee wervels en een losse tand (zie Dyke et al., 2002, 2008); maatstreepjes staan voor 1 mm (tand) en 5 mm (alle andere resten). Foto: Anne S. Schulp.



► Afb. 9A, B. Fragmentarische linker tarsometatarsus (NHMM K 4925) van een niet-nader gedetermineerde ornithurine (zie Dyke et al., 2008). C, D. Proximale deel van het linker spaakbeen (radius) (NHMM K 4101) van een mogelijke vertegenwoordiger van de orde Enantiornithes (zie Dyke et al., 2008). Foto's: Anne S. Schulp. De maatstreepjes zijn 10 mm.



de universiteit van Cambridge en worden er CT-scans van gemaakt door Dr. Daniel Field en zijn onderzoeksgroep. Wat het fossiel in ieder geval bewijst, is dat de ‘ouderwetse’ Ornithurae wijdverbreid en succesvol waren tijdens het laat-Mesozoïcum en dat ze het, zeker in Noordwest-Europa, tot dicht aan de K/Pg-grens volhielden. De vondst van NHMM RD 271 werkte aanstekelijk, en vrij vlot daarna werd een tweetal losse skeletonderdelen van vogels herkend (Dyke et al., 2008). Beide zijn bijna 200.000 jaar jonger dan NHMM RD 271, als we de dateringen van Keutgen (2018) volgen. Het gaat hierbij om een zogenaamde tarsometatarsus (een gefuseerd bot in de poten van vogels) en een spaakbeen (radius). De linker tarsometatarsus, NHMM K 4925 (afb. 9A, B), vertoont een aantal ‘knokkels’ die articuleerden met de botjes in de voet van de vogel; twee ervan zijn afgebroken, maar de middelste is perfect bewaard gebleven. Hoewel fragmentarisch vertoont dit bot een aantal kenmerken die typisch worden geacht voor de grotere groep waartoe *Ichthyornis*-achtige ‘stem birds’ behoorden. Het behoorde toe aan een vogel die kleiner was dan NHMM RD 271. In algehele vorm is dit bot slanker dan dat in Noord-Amerikaanse vormen van *Ichthyornis*. De linker radius (NHMM K 4101) (afb. 9C, D) is eveneens afgebroken; het bot was oorspronkelijk nog ongeveer een derde langer dan wat is overgebleven. Op de ventrale (buik-) zijde vertoont de schacht een duidelijke overlangse groeve; dit is een kenmerk van een aantal soorten uit de groep van de Euenantiornithines, die onderdeel uitmaken van de orde Enantiornithes. Ook een tweetal tuberkels op het bovenste verbindingsvlak in dit bot wordt als typisch aangezien voor die orde.

Kortom: het geringe aantal vogelbotjes bewijst het voorkomen van getande vertegenwoordigers van ten minste twee ordes, in het Boven-Krijt van Luik-Limburg, tussen 700.000 en 500.000 jaar vóór de inslag van de meteoriet. Van de derde orde, Hesperornithiformes, ontbreekt nog ieder spoor.

De jongste verrassing: een waadvogel

En dan nu naar het Maastrichtse ‘wonderchicken’. Een eerdere vondst van het Zuidelijk Halfrond, *Vegavis iaai* (zie Clarke et al., 2005) uit het Maastrichtien (tussen 68 en 66 miljoen jaar oud) van Antarctica, had reeds aangetoond dat moderne vogels al aanwezig waren vóór de inslag van de meteoriet. *Vegavis* lijkt het nauwst verwant te zijn aan eenden en ganzen en wordt als stamvorm van de Anseriformes gezien. Uit analyses van het nekskelet van een tweede exemplaar van deze soort is opgemaakt dat deze vogel geluid gemaakt kan hebben, net als de hedendaagse eenden en verwanten: kwaken op de Zuidpool, dus.

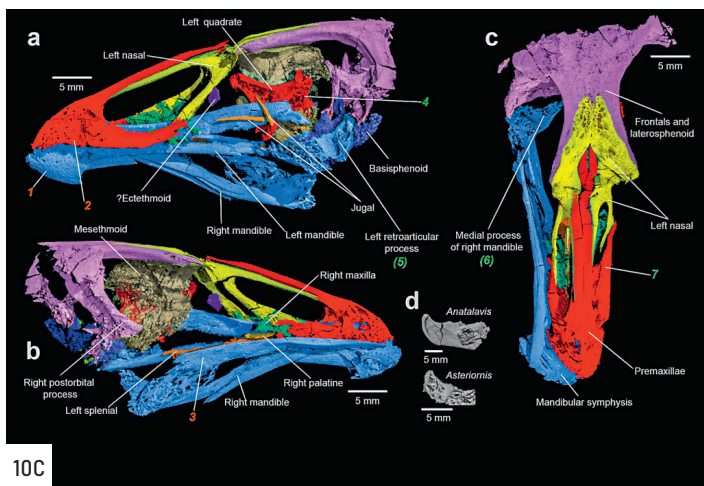
De nieuwe vondst uit Eben Emael (afb. 10), die is beschreven als *Asteriornis maastrichtensis* door Field et al. (2020) (zie ook Padian, 2020), is ongeveer 66,7 miljoen jaar oud (en dus vergelijkbaar in datering met NHMM RD 271, zie hierboven). Op basis van met name een aantal kenmerken van de schedel (afb. 10B-D), die geen spoorje vertoont van tanden, is de positie in de stamboom van de moderne vogels als dicht bij zowel de Anseriformes (eend- en gansachtigen) als de Galliformes (kip- en kwartelachtigen) bepaald. Helaas kan op basis van het fossiel niet gezegd worden of *Asteriornis* nu nauwer verwant was aan de eerste of aan de tweede groep, of dat het geslacht zelfs helemaal buiten die groepen viel. In ieder geval staat *Asteriornis*, die wordt geacht te



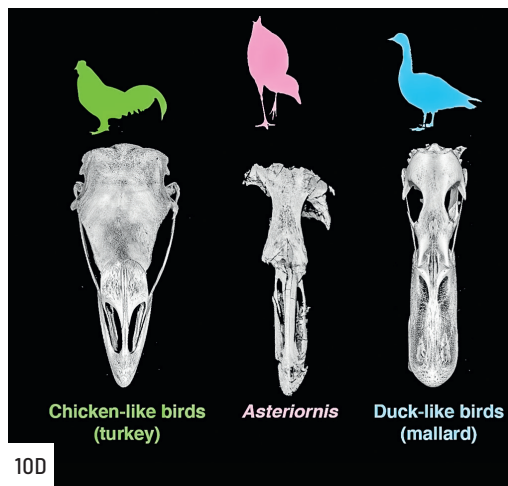
10A



10B



10C



10D



10E

◀ Afb. 10. De nieuwste aanwinst op Krijtvoegelgebied, *Asteriornis maastrichtensis*. A. Een van de originele brokjes kalksteen, NHMM 2013 008a. Foto: Daniel J. Field, University of Cambridge. B. Hoge-resolutie CT-scan van de schedel. Foto: Daniel J. Field, University of Cambridge. C. Ingekleurde schedelbotten en hun Engelstalige namen (uit Field et al., 2020). D. Vergelijking van de bovenkant van de schedel van *A. maastrichtensis* met die van een kalkoen (groen) en een eend (blauw). Foto: Daniel J. Field, University of Cambridge. E. Gereconstrueerd levensbeeld van *A. maastrichtensis* als waadvogel, door Phillip Krzeminski, www.philipmk.com.

hebben kunnen vliegen, heel dicht bij de gemeenschappelijke voorouder van onze ganzen en kippen, en leefde een slordige 700.000 jaar vóór de meteorietinslag. Op basis van directe vergelijkingen van de schedel en andere onderdelen van het skelet (afb. 10D) heeft de onderzoeksgroep uit Cambridge een reconstructie laten maken van *Asteriornis* als waadvogel, struinend over de strandzone van een vrij ondiepe, subtropische zee (afb. 10E), op zoek naar voedsel. De schedel is ietsje verdrukt en niet helemaal compleet; met name aan de achterzijde ontbreekt het een en ander. Dat dit breekbare geheel dan toch zo goed bewaard is gebleven heeft er mogelijk mee te maken dat een fragment van het linker dijbeen (femur) boven op de schedel rust en op die manier voor enige bescherming zorgde (afb. 10A). Als we ervan uitgaan dat dit een waadvogel was die het vliegen machtig was, hoe komt dan een deel van zijn skelet in volle zee terecht? Daar zijn we nog niet uit. De meest

logische verklaring zou kunnen zijn dat het dier gestorven is 'op zee' en daarna een tijdje als lijkje heeft rondgedobberd alvorens naar de bodem te zinken, gevrijwaard van aaseters op weg daar naartoe. Maar, er zijn ook andere scenario's mogelijk die nog nader moeten worden uitgewerkt. Voorlopig blijven de vier kalksteenblokjes met de schedel en botten van de nieuwe Krijtkip in het Sedgwick Museum (Universiteit Cambridge), dat vanaf midden maart ook zijn deuren moest sluiten vanwege de corona-pandemie. De speciale, driemaandelijkse expositie over het 'wonderchicken' aldaar is via deze link te bekijken: <https://wserv4.esc.cam.ac.uk/online-exhibitions/index.php/Wonderchicken/dawn-of-the-wonderchicken-2/>

Vooruitzichten?

Met de sluiting in 2019 van de ENCI-HeidelbergCement Group groeve in de Sint-Pietersberg gaat een aanzienlijk archief verloren,

maar gelukkig is de kalksteenwinning voor cementproductie aan de zuidzijde van de 'berg' in de buurt van Eben Emael en Haccourt/Lixhe nog springlevend en zouden we nieuwe vondsten (ook van vogels) uit die hoek mogen verwachten. Afgaande op wat we nu aan vogelresten kennen, is het interval van de Lanaye Member (Formatie van Gulpen) tot en met de Emael Member (Formatie van Maastricht) het doel-bij-uitstek voor verder onderzoek, maar dan zal er nog heel wat sediment verzet moeten worden. Daarnaast moet een aantal goed gedocumenteerde particuliere collecties aan een grondig onderzoek onderworpen worden, omdat eventuele vogelbotjes wel eens in doosjes met 'niet-nader te determineren visbotjes' terecht gekomen kunnen zijn. Ook losse tanden en wervels zouden als zodanig herkend moeten kunnen worden.

Dankwoord

In de eerste plaats, grote dank aan de verzamelaars van het materiaal: Rudi Dortangs (Bonn), Marcel Kuypers (Bremen) en Maarten van Dinther (Leiden), want zonder hun oplettendheid hadden we nooit iets gehad. Op de tweede plaats, grote waardering voor de prettige samenwerking met en het verstrekken van illustratiemateriaal door het team rond Dr. Daniel J. Field (Universiteit Cambridge).

Referenties

- Bell, A. & Chiappe, L.M., 2015. A species-level phylogeny of the Cretaceous Hesperornithiformes (Aves: Ornithuromorpha): implications for body size evolution amongst the earliest diving birds. *Journal of Systematic Palaeontology*, <https://doi.org/10.1080/14772019.2015.1036141>, 13 pp.
- Bell, A. & Chiappe, L.M., 2020. Anatomy of *Parahesperornis*: evolutionary mosaicism in the Cretaceous Hesperornithiformes (Aves). *Life* 10(62): 1-108, <https://doi.org/10.3390/life10050062>
- Claramunt, S. & Cracraft, J., 2015. A new time tree reveals Earth history's impact on the evolution of modern birds. *Science Advances*, e1501005, 13 pp.
- Clarke, J.A., 2004. Morphology, phylogenetic taxonomy, and systematics of *Ichthyornis* and *Apatornis* (Avialae: Ornithurae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 286: 1-179.
- Clarke, J.A., Tambussi, C.P., Noriega, J.P., Erickson, G.M. & Ketchum, R.A., 2005. Definitive fossil evidence for the extant avian radiation in the Cretaceous. *Nature* 433: 305-308.
- Dyke, G.J., Dortangs, R.W., Jagt, J.W.M., Mulder, E.W.A., Schulp, A.S. & Chiappe, L.M., 2002. Europe's last Mesozoic bird. *Naturwissenschaften* 89: 408-411.
- Dyke, G.J., Schulp, A.S. & Jagt, J.W.M., 2008. Bird remains from the Maastrichtian type area (Late Cretaceous). *Netherlands Journal of Geosciences* 87: 353-358.
- Field, D.J., Benito, J., Chen, A., Jagt, J.W.M. & Ksepka, D.T., 2020. Late Cretaceous neornithine from Europe illuminates the origins of crown birds. *Nature* 579 (7799): 397-401, <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2096-0>
- Field, D.J., Bercovici, A., Berv, J.S., Dunn, R., Fastovsky, D.E., Lyson, T.R., Vajda, V. & Gauthier, J.A., 2018. Early evolution of modern birds structured by global forest collapse at the end-Cretaceous mass extinction. *Current Biology* 28: 1825-1831.
- Keutgen, N., 2018. A bioclast-based astronomical timescale for the Maastrichtian in the type area (southeast Netherlands, northeast Belgium) and stratigraphic implications: the legacy of P.J. Felder. *Netherlands Journal of Geosciences* 97: 229-260.
- Lee, M.S.Y., Cau, A., Naish, D. & Dyke, G.J., 2014. Morphological clocks in paleontology and a mid-Cretaceous origin of crown Aves. *Systematic Biology* 63: 442-449.
- Longrich, N.R., Tokaryk, T. & Field, D.J., 2011. Mass extinction of birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary. *Proceedings of the National Academy of Science* 108 (37): 15253-15257.
- Mayr, G., De Pietri, V.L., Scofield, R.P. & Worthy, T.H., 2018. On the taxonomic composition and phylogenetic affinities of the recently proposed clade Vegaviidae Agnolín et al. 2017 - neornithine birds from the Upper Cretaceous of the Southern Hemisphere. *Cretaceous Research* 86: 178-185.
- Padian, K., 2020. Poultry through time. *Nature* 579 (7799): 351-352.
- Zhang, Y., O'Connor, J., Di, L., Qingjin, M., Sigurdson, T. & Chiappe, L.M., 2014. New information on the anatomy of the Chinese Early Cretaceous Bohaiornithidae (Aves: Enantiornithes) from a subadult specimen of *Zhouornis hani*. *PeerJ*, <https://doi.org/10.7717/peerj.407>, 19 pp.