

Inhoud:

Vroege vogels, de evolutie van de vogels in het Mesozoïcum	109	De aardkern en zijn rotatiesnelheid	129
De Gischigletscher	115	Nogmaals: het prepareren van fossielen	132
Weddelliet, een organisch mineraal, in South Georgia, Antarctica	125	Boekbesprekingen	133, to 140
Geologische kaart van Nederland	128	Het onderzoek van zware mineralen in zand	134
		Pannen bij Petten	139
		Microscoplamp	140

Vroege vogels

De evolutie van de vogels in het Mesozoïcum

door Anne Schulp en Marcel van Tuinen

Hij ligt achter slot en grendel. Sinds de val van de Muur is 'ie iets makkelijker toegankelijk, maar veiligheidshalve is het Berlijnse exemplaar dat in het museum tentoongesteld wordt een afgietsel. De echte ligt veilig in de kluis. Het is dan ook het mooiste exemplaar van wat waarschijnlijk ook het beroemdste en kostbaarste fossiel ter wereld is: het Berlijnse exemplaar van de oervogel *Archaeopteryx*. Afb. 1.

De *Archaeopteryx*

Het idee broeide al een tijdje, begin negentiende eeuw, maar pas in 1859 publiceerde Charles Darwin zijn evolutietheorie in 'On the Origin of Species by Means of Natural Selection'. Zoals dat vaker gebeurt met nieuwe theorieën, werd ook de evolutietheorie niet met onverdeelde instemming ontvangen. Eén van de vele problemen was de evolutie van de vliegkunst. Zulks lukt niet stap voor stap, was het argument, met halve vleugeltjes kan je niet vliegen, met halve vleugeltjes ben je niet 'fitter' dan je 'soort'genoten en halve vleugeltjes zijn dan ook géén selectiecriteria. Het was dan ook wel heel toevallig dat uitgerekend twee jaar na het verschijnen van de *Origin* in het Duitse Langenaltheim een fossiel werd gevonden dat zowel reptiel- als vogel-eigenschappen vertoonde: de *Archaeopteryx*.

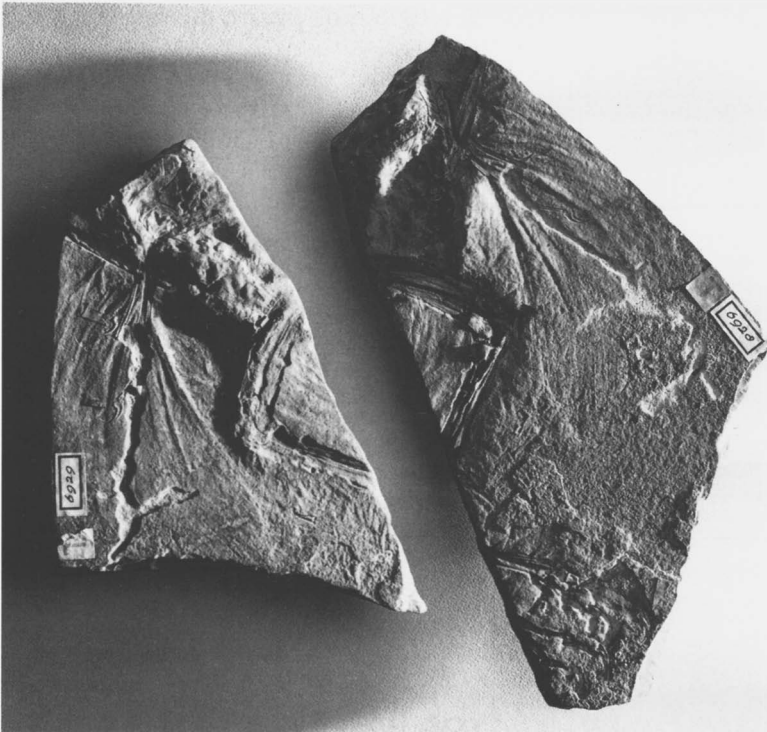


Afb. 1. *Archaeopteryx lithografica*.

Boven-Jura, Solnhofen, Dld.

Afgietsel van het Berlijnse exemplaar in het Paleontologisch Museum van de Universiteit van Berlijn. Afmeting van de plaat: 39 x 49 cm.

Collectie en foto: Teylers Museum, Haarlem.



Afb. 2. *Archaeopteryx lithografica*. Boven-Jura, Solnhofen, Dld. Het Haarlemmer exemplaar. Collectie en foto: Teylers Museum, Haarlem.

Opmerkelijk aan dit exemplaar zijn o.a. een vleugel en duidelijke nagels, zowel van enkele "vingers" als van klauwen van een poot (onderaan grote plaat). Afmeting van de grootste plaat: 12 x 24 cm.

zijspoor? Met name de laatste jaren zijn er enorm veel nieuwe interessante vondsten gedaan die een heel nieuw licht werpen op de mogelijke oorsprong van de vogels en de *Archaeopteryx* naar een doodlopende zijtak van de vogelstamboom lijken te verbannen.

Vogelfossielen

Vogelfossielen zijn bijzonder zeldzaam. De meeste Gea-lezers zullen geen vogelfossielen in de collectie hebben, en ook de meeste natuurhistorische musea moeten het zonder fossiel vogelmateriaal stellen. Dat vogels slecht fossiliseren is niet verwonderlijk. Voor een vogel is het van het grootste belang dat het skelet zo licht mogelijk is; vogelbotten zijn dan ook groten-deels hol: een stuk lichter, dus ook iets breekbaarder dan massieve botten. In sedimentatiemilieus waar we wél grote dinosaurusbotten aan kunnen treffen, bijvoorbeeld in een rivierbedding, zal vrijwel al het tere, breekbare vogelmateriaal door de rivier volledig fijn-gemalen zijn, voorzover het doolie vogeltje nog niet

met huid en haar door een toevallig passerende dinosaurus of een krokodil verzwolgen is. En dan die veren, die vallen uit, spoelen weg en verteren; in de meeste sedimenten zie je er niets meer van terug. Afb. 3. Helemaal treurig is het gesteld met de fossilisatie-kansen van vogels die in een *erosie*milieu leven; hoog in de bergen bijvoorbeeld. Daar fossiliseert nooit iets, van die vogelfauna zullen we dus waarschijnlijk nooit iets weten. Als gevolg van de slechte fossiele overlevering van de vogel zit de stamboom nog vol holle plekken en zwevende takken. En niet alleen de takken zijn problematisch, ook waar de wortels zitten is nog steeds niet geheel duidelijk. De enkele vogelfossielen die tegenwoordig bekend zijn, zijn vooral te danken aan - zeldzame - uitzonderlijk

Vervalsing

Creationisten vinden evolutie niet leuk. De *Archaeopteryx* kan van hun kant dan ook op weinig sympathie rekenen. Enkele jaren geleden werden er voor de zoveelste keer uit die hoek geluiden vernomen die de *Archaeopteryx* als vervalsing bestempelden. Het is inderdaad ook wel enigszins verdacht dat uitgerekend twee jaar na het verschijnen van dat verderfelijke boek van Darwin de oh zo gewenste *missing link* wordt opgegraven. Wagner zag in 1861 de bui al hangen toen hij schreef dat de *Archaeopteryx* voor Darwin en zijn aanhangers een 'buitengewoon welkome' ontdekking was voor de bevestiging van hun 'vreemde ideeën' over de 'transformatie van dieren'. Wagner geloofde niet zo in evolutie. Meer dan een eeuw later, in 1985, publiceerden de astronomen en fysici Watkins, Hoyle, Wickramasinghe, Watkins, Rbilizirov & Spetner zelfs een serie artikelen waarin het verenkleeft van *Archaeopteryx* tot *vervalsing* gedegradeerd werd. Overigens tamelijk ongebruikelijk, maar zeer zeker multidisciplinair te noemen, fysici die in een *fotografie*-blad een paleontologisch artikel publiceren. Buitengewoon interessant ook, die vervalsingstheorie, want dat zou betekenen dat we hier te maken hebben met een bijzonder goed geregisseerde, groots opgezette, al meer dan honderd jaar spelende Darwinistische samenzwering. Een echt complot, waarin vele tientallen paleontologen en musea meegedaan zouden hebben... Erg plausibel klinkt dat allemaal niet. Heel aardig is, te vermelden dat ook in het Teylers museum in Haarlem een *Archaeopteryx* in de collectie aanwezig is. Tot 1970 werd hij in de vitrine vergezeld van het etiket *Pterodactylus crassipes*, een vliegend reptiel. In 1970 echter herkende John H. Ostrom het fossiel als *Archaeopteryx*. Afb. 2. Gevonden in 1857, dus twee jaar vóór de publicatie van de Origin... en het vinden van nieuwe *Archaeopteryx*-fossielen gaat nog onverminderd voort.

Een echte oervogel?

Dat de *Archaeopteryx* géén vervalsing is, moge duidelijk zijn. Een plaatje van die *Archaeopteryx*, en dan met name van het Berlijnse exemplaar, is inmiddels een verplicht nummer in willekeurig welk boek over evolutie. De Missing Link tussen reptiel en vogel als schitterend voorbeeld van evolutionaire ontwikkeling. Maar is die *Archaeopteryx* wel een link, een verbinding, of is het slechts een evolutionair

Afb. 3. De fossilisatie-kansen voor vogels zijn betrekkelijk slecht. Deze vogel is twee dagen dood. In een rivier zou het skelet nu al in stukken uit elkaar vallen; het meeste vlees is inmiddels al door de naaktslakken opgevreten.



goede fossilisatieomstandigheden: afwezigheid van predatoren, zuurstof, turbulentie en andere gewelddadige factoren gevolgd door afzetting van voldoende fijn sediment om details als bijvoorbeeld veren te bewaren.

Veren

Vraag aan een willekeurige persoon wat een vogel (inclusief de loopvogels) onderscheidt van alle andere vertebraten en hij of zij zal hoogstwaarschijnlijk het verenpak noemen. Een voor de hand liggend antwoord, want welke andere vertebraten hebben naast de vogels veren ontwikkeld? Veren worden direct geassocieerd met vliegvermogen. Alle andere vliegers in het dierenrijk gebruiken geen verenpak maar membranen. Toch hebben zeer waarschijnlijk naast de vogels ook andere in veren gehulde dieren de aarde bewoond, zoals bijvoorbeeld *Oviraptor*.

Oviraptor

Een recente, zeer spectaculaire vondst uit het Boven-Krijt van Mongolië, is een fossiel van een bijna compleet skelet van *Oviraptor*, zittend op een nest met 15 eieren (afb. 4). De eerste resten van deze theropode werden in 1922 gevonden in de Gobiwoestijn, temidden van botten van een andere kleine dino, *Protoceratops*. Amerikaanse paleontologen dachten dat de eieren gelegd waren door deze *Protoceratops* en dat *Oviraptor* (letterlijk: eierdief) op eierjacht was. Mis! In het begin van de jaren '90 werden in dezelfde Gobiwoestijn *Protoceratops*-eieren gevonden met daarin de embryo's van *Oviraptor*! De meest recente vondst van *Oviraptor*, zittend op een nest met eieren maakt het overduidelijk dat de eieren niet toebehoorden aan de *Protoceratops*. Deze vondsten suggereren dat de voorouders van de vogels, de theropoden, ook al broedgedrag vertoonden en niet hun eieren in het zand begroeven of met plantenmateriaal bedekten, zoals de meeste andere dino's waarschijnlijk deden. Van veel andere dinosauriërs bestaat bijvoorbeeld het vermoeden dat ze hun eieren door een soort broeiende composthoop lieten uitbroeden; sauropoden van 45 ton gingen wijselijk *niet* op hun nest zitten. Voor *Oviraptor*'s 'zorgzame' zittende broedgedrag daarentegen is actieve thermoregulatie noodzakelijk. Een logische aanname is dat ook al bij sommige theropoden, waaronder *Oviraptor*, veren aanwezig waren voor isolatie. Een kleine, kale *Oviraptor* op zo'n groot nest klopt niet; mét veren broedt men nu eenmaal beter. De oorsprong van de vogels in de theropoda, samen met het broedgedrag van de *Oviraptor*, maakt het zeer waarschijnlijk dat een verenpak niet alleen aan vogels voorbehouden was. De tekenaar Gregory Paul voorziet in zijn reconstructies (Paul, 1988) zelfs zowat *alle* theropoden van een verentooi.

Protoavis

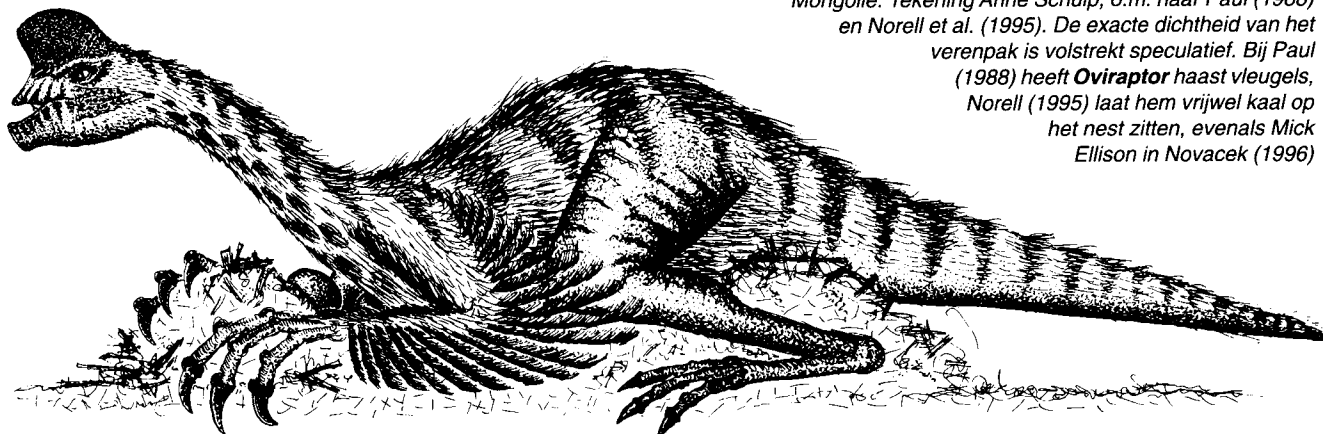
Eerste vogel uit het Boven-Trias! Dat is ten opzichte van de uit de Boven-Jura afkomstige *Archaeopteryx* een verschil van maar liefst 75 miljoen jaar! Een dergelijk persbericht doet het goed in de

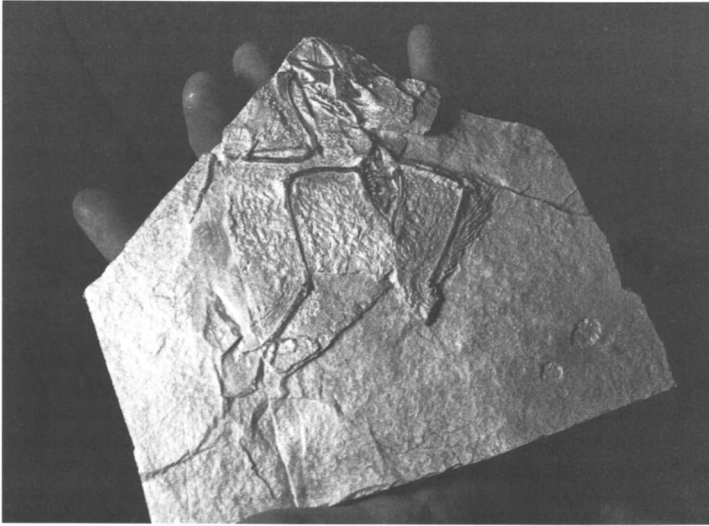
media. Grote krantenkoppen waren het gevolg. Die *Eerste Vogel*, *Protoavis texensis*, werd enkele jaren geleden uit de Boven-Triadische Dockum Formatie in West-Texas opgegraven. Helaas liet de uitgebreide beschrijving van dit toch wel zeer interessante fossiel tot 1995 op zich wachten (Chatterjee, 1995). De conclusie in deze beschrijving was niet minder interessant: *Protoavis* voorloper aller vogels. Deze conclusie stuit op nogal wat weerstand en niet geheel onterecht; de beschrijving van *Protoavis* is gebaseerd op bijzonder fragmentarisch materiaal, dat her en der flink beschadigd is. Bepaalde 'typisch vogel'-interpretaties van het vorkbeen en het borstbeen door Chatterjee doen andere paleontologen verbaasd de wenkbrauwen rijzen (Chiappe, 1995). Hoewel er geen direct bewijs van veren is, meent Chatterjee knobbeltjes te zien op de hand- en voetbeentjes. Chatterjee interpreteert deze knobbeltjes als bevestigingssporen van veren. Aannemelijk, ware het niet dat Kurochkin, een andere paleontoloog die hetzelfde *Protoavis*-materiaal bestudeerd heeft, geen spóór van deze knobbeltjes heeft kunnen vinden. Hier lopen we weer vast tegen het probleem van de onvolledige fossiele overlevering. Uit de Onder-Jura is in het geheel geen vogelmateriaal bekend; tussen *Protoavis* en jongere vogelachtigen gaapt een enorm gat. De werkelijke waarde van de *Protoavis* zullen we dus nog moeten afwachten.

Enantiornithes

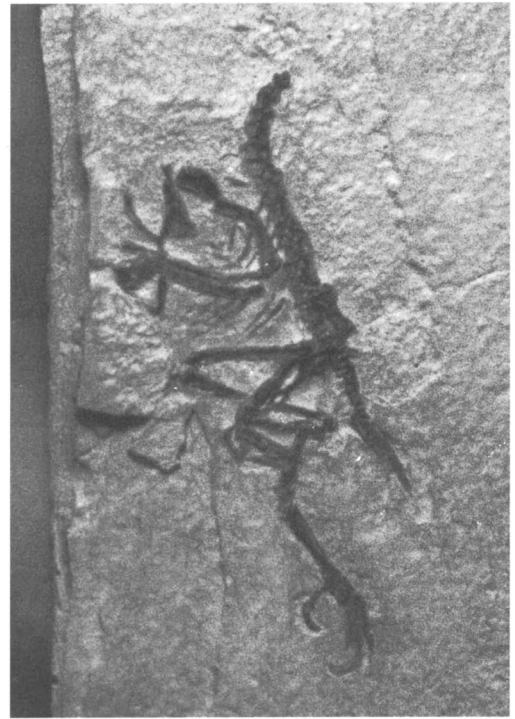
De eerste omslag van het traditionele beeld van *Archaeopteryx* als de oervogel kwam met de ontdekking van de Enantiornithes in 1981. Deze subklasse onderscheidt zich onder meer met een omgekeerde fusie van de drie voetelementen van alle andere vogels. Vandaar de naam Enantiornithes: *opposite birds*. Behalve een pygostyle (gefuseerde staartwervels) in plaats van een lange staart zijn er vele morfologische overeenkomsten met de *Archaeopteryx*. Sommige fossielen die pas later in de Enantiornithes zijn geplaatst werden aanvankelijk als *missing link* gezien tussen de *Archaeopteryx* en de moderne vogel. De Chinese *Sinornis*, afkomstig uit het Valanginien (Onder-Krijt) is hier een voorbeeld van. Hoewel deze veel overeenkomsten vertoont met *Archaeopteryx* had de *Sinornis* de beschikking over een borstbeen en een pygostyle. Deze en andere eigenschappen duiden op een goed vliegvermogen. Theorieën over de evolutie van het vliegvermogen vanuit de slecht vliegende *Archaeopteryx* naar de goed vliegende *Sinornis* moesten achteraf worden herzien. De Enantiornithes kwamen in het Krijt wereldwijd voor. Dit blijkt uit de lijst van vogels die inmiddels tot de Enantiornithes worden gerekend. Zo is er de *Gobipteryx* uit Mongolië, de Chinese *Sinornis*, de Spaanse *Concornis* (afb. 5), *Noguerornis* en *Iberomesornis* (afb. 6), en de Argentijnse *Enantiornis*. Op een paar uitzonderingen na zijn de meeste fossielen gevonden in non-mariene gesteente. De huidige opvatting over de Enantiornithes is dat het een diverse groep goed-vliegende vogels was die de grootste soortenrijkdom kende in het Boven-Krijt. De *opposite birds* hebben echter de Krijt-Tertiair-grens niet overleefd.

Afb. 4. Reconstructie van *Oviraptor* op nest. Boven-Krijt, Mongolië. Tekening Anne Schulp, o.m. naar Paul (1988) en Norell et al. (1995). De exacte dichtheid van het verenpak is volstrekt speculatief. Bij Paul (1988) heeft *Oviraptor* haast vleugels, Norell (1995) laat hem vrijwel kaal op het nest zitten, evenals Mick Ellison in Novacek (1996)





Afb. 5. (Boven) *Concornis lacustris*. Onder-Krijt, Las Hoyas, Cuenca, Spanje.



Afb. 6. (Rechts) *Iberomesornis romeralis*. Ongeveer ware grootte. Onder-Krijt, Las Hoyas, Cuenca, Spanje.

Vanwege sommige unieke eigenschappen die niet te vinden zijn in moderne vogels worden ook de Enantiornithes als een zijtak in de vogelstamboom beschouwd.

Confuciusornis

Op zoek naar fossiele vissen, maar terugkomen met een vogel-fossiel. Dit overkwam een Chinese onderzoeker. Door zijn collega's werd hij overtuigd van de bijzondere waarde van zijn vondst. In veel opzichten is de Chinese *Confuciusornis* namelijk een *intermediate bird* tussen de *Archaeopteryx* en de moderne vogels. De beschrijving van dit uit de Liaoning-regio afkomstige fossiel werd eind 1995 gepubliceerd. Over de ouderdom van *Confuciusornis* bestaat nogal wat verwarring. Palynologisch (=stufmeel-)onderzoek suggereert een Onder-Krijt-ouderdom. De radiometrische datering van vulkanische aslagen die tussen de meer-afzettingen aangetroffen werden bieden daarnaast voldoende ruimte voor verschillende dateringen: kalium-argon-datering komt op 137 ± 7 miljoen jaar, rubidium-strontium geeft een ouderdom van $142,5 \pm 4$ miljoen jaar. De Jura-Krijt-grens wordt door verschillende auteurs tussen de 135 en 145 miljoen jaar gelegd. De auteurs van *Confuciusornis* houden het voorlopig - met enige reserves - op Boven-Jura. Wanneer de werkelijke datering in de Boven-Jura ligt betekent dit dat *Confuciusornis* het oudste vogel-fossiel is na *Archaeopteryx*.

Confuciusornis heeft een aantal eigenschappen met *Archaeopteryx* gemeen, zoals de lange staart en de morfologie van de achterste ledematen. De primitieve hand-met-klaau suggereert dat ook *Confuciusornis* net als *Archaeopteryx* een matige vlieger was. De schedel is moderner dan die van *Archaeopteryx* en de tanden hebben plaats gemaakt voor een snavel. Een ander bijzonder aspect van dit fossiel is dat het is gevonden in een zoetwatermilieu. De vondst van *Confuciusornis* en ander Chinees materiaal uit het Onder-Krijt wijst erop, dat een belangrijk deel van de vroege vogel-evolutie heeft plaatsgevonden in een terrestrisch milieu.

De plaatsing van *Confuciusornis* in de vogelstamboom is nog niet geheel duidelijk. Zowel *Archaeopteryx*- als *Gobipteryx*-eigenschappen maken het aannemelijk dat we te maken hebben met het oudste lid van de Enantiornithes dat tot nu toe bekend is.

Boven-Krijt-vogels

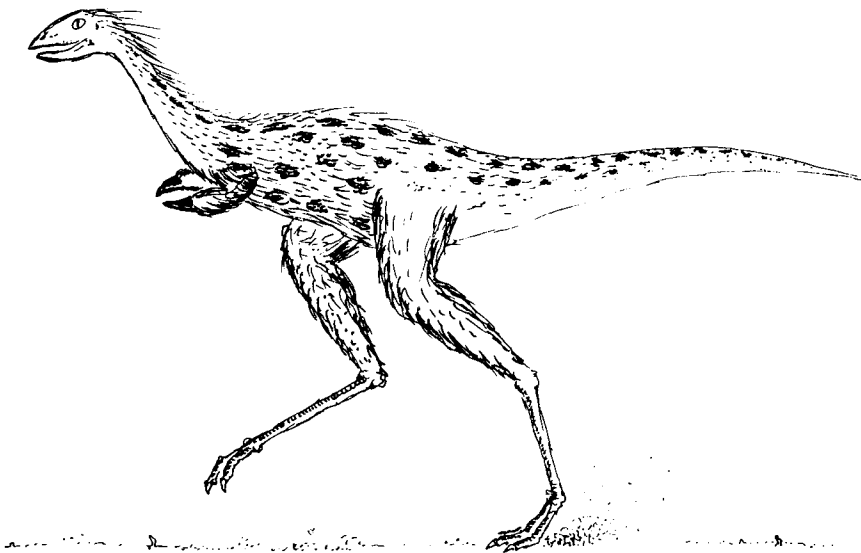
Ruim een eeuw geleden, niet lang na de eerste *Archaeopteryx*-vondst, werden in Noord-Amerika twee mariene vogels uit het

Boven-Krijt opgegraven, de grote *Hesperornis* en de kleinere *Ichthyornis*. Met deze twee vondsten kon geen duidelijk beeld verkregen worden van de evolutie van het vliegen. *Hesperornis* bleek een niet-vliegende vogel te zijn die gespecialiseerd was in het door de poten voortgedreven duiken. Bovendien waren de tanden nog aanwezig. Ook bij de uiterlijk op een stern-met-gigantisch-hoofd lijkende *Ichthyornis* waren de tanden nog aanwezig. De *Ichthyornis* bezat overigens wél een goed vliegvermogen. Zowel *Hesperornis* als *Ichthyornis* zijn destijds gezien als de voorouder van de moderne zeevogels. Nieuwe vondsten hebben geleid tot een andere visie: de Hesperornithiformes en de Ichthyornithiformes vormen een zijtak in de vogel-evolutie. Verscheidene moderne eigenschappen tonen aan dat de aftakking in de vogelstamboom wél in een laat stadium heeft plaatsgevonden, waarschijnlijk in het Midden-Krijt. Met de nieuwe tot de Hesperornithiformes behorende fossielen is ook gebleken dat deze orde van vogels een grotere verspreiding hadden in het Boven-Krijt. Vondsten uit onder andere Zweden, Rusland en Mongolië geven aan, dat naast mariene ook continentale habitats werden bewoond. Bovendien zijn er inmiddels fossielen bekend van kleinere vliegende soorten die tot de Hesperornithiformes behoorden.

Mononykus

Misschien wel de meest bijzondere recente vondst van vogel-fossielen is die van *Mononykus* uit het late Krijt. Afb. 7. Hoewel de beschrijving pas in 1993 gepubliceerd werd, zijn de eerste fragmenten reeds gevonden tijdens de illustere Mongolië-expedities in de vroege jaren '20. Deze expedities onder leiding van de paleontoloog Roy Chapman Andrews waren opgezet door het American Museum of Natural History, met het vinden van zoogdierfossielen als doel. In plaats van zoogdieren leverden de expedities een stroom van dinofossielen op waaronder een *birdlike dinosaur*. In 1991 werd een nieuwe expeditie op touw gezet in samenwerking met wetenschappers uit Mongolië. Vóór de start van de expeditie stuitten de Amerikanen tijdens een rondleiding in het Mongools paleontologisch instituut op een vreemd fossiel, opgegraven in 1960. Vreemd, omdat de botten afkomstig leken van twee verschillende soorten. De achterpoten waren lang en vogelachtig, maar de voorledematen gereduceerd tot een vreemde klauw in plaats van de gebruikelijke vleugel.

Tijdens de 1993-expeditie werden meer fossielen gevonden, die tot hetzelfde genus bleken te horen. Hiertoef behoorde een bijna



Afb. 7. *Mononykus*. Tekening Anne Schulp.

compleet skelet waarvan de driedimensionale structuur bijzonder goed bewaard was gebleven. Tot dusver waren de meeste 'sleutel'-fossielen in de vogel-evolutie tweedimensionaal, vaak fragmentair geconserveerd, wat een fatsoenlijke anatomische interpretatie bemoeilijkt.

Van de fragmenten van de Mongolië-expedities van de jaren '20, '60 en '90 jaren is één ding duidelijk: met zulke gereduceerde voorledematen kon *Mononykus* absoluut niet vliegen. De lang naar achteren uitstekende elleboog doet echter wel sterke musculatuur vermoeden. Functies van de klauwstructuur zijn mogelijk terug te voeren op de manier van fourageren. Prooien werden ofwel opgegraven, een leefwijze vergelijkbaar met miereneters en aardvarkens, ofwel van de takken of van onder de bast van lage vegetatie gekrabbd.

Hoewel *Mononykus* sommige kenmerken van moderne vogels mist, heeft hij vijf kenmerken die moderner zijn dan bij *Archaeopteryx*. Wetenschappers die betwijfelen of *Mononykus* wel een vogel is baseren dit met name op de lange, theropode-achtige staart en het ontbreken van het vorkbeen, dat al wél aanwezig was bij de oudere *Archaeopteryx*. Anderen wijzen juist op de moderne voegeigenschappen, zoals de aanwezigheid van een borstbeen en de fusie van de handbeentjes tot één element. De meeste gegevens wijzen erop dat *Mononykus* met zijn vreemde klauwen waarschijnlijk een vogel is geweest, die een aantal primitieve dino-eigenschappen heeft behouden. De tijd waarin de *Mononykus* leefde, ongeveer 70 miljoen jaar geleden, dateert van ná de slechte vlieger *Archaeopteryx*, en van ná sommige andere goede vliegers als de Chinese *Sinornis*. De vraag is of de voorouders van de *Mononykus* wel of niet konden vliegen.

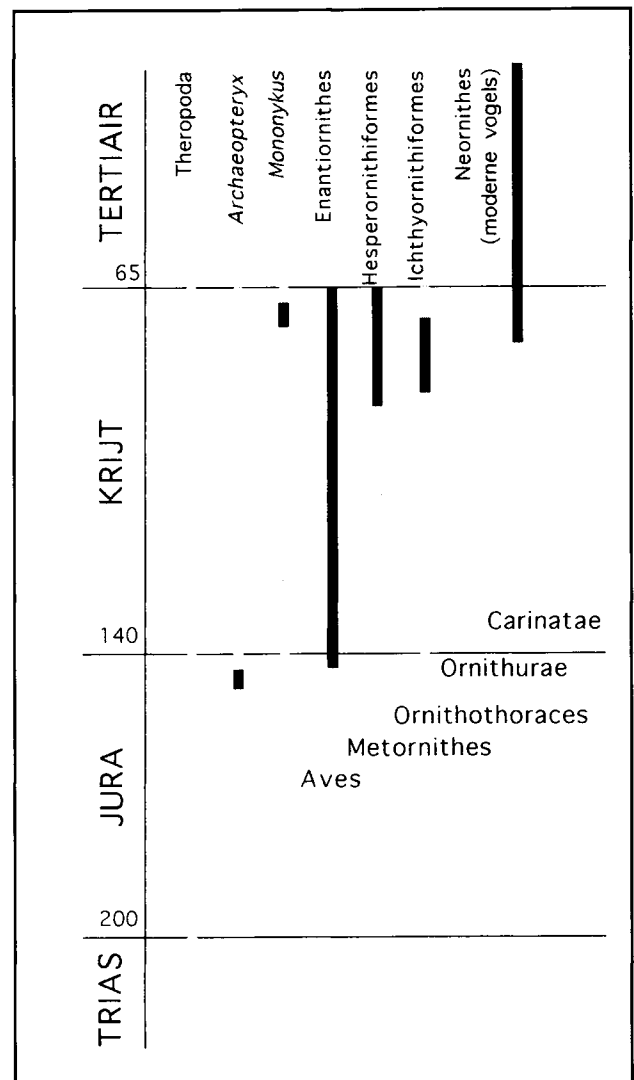
De huidige vogelstamboom

De nieuwe vogelfossielen die de laatste jaren zijn beschreven hebben de vogelstamboom dramatisch veranderd en uitgebreid. Dat betekent niet dat de huidige versie er over vijftien jaar nog steeds zo uitziet, en dat betekent ook niet dat de 'huidige' versie, te zien in afbeelding 8, geheel onomstreden is. De omstreden *Protoavis* bijvoorbeeld, is in afwachting van een meer uitgebreide beschrijving en interpretatie in de stamboom weggelaten. Een moderne stamboom, of beter gezegd: een cladogram, is gebaseerd op een statistische analyse van de morfologische verschillen en overeenkomsten tussen de verschillende vogels. Tegenwoordig vindt zo'n statistische analyse plaats met behulp van een computerprogramma dat gevoed wordt met een lijst waarop per soort de aan- of afwezigheid van een bepaald morfologisch kenmerk staat aangegeven. Een dergelijke opsomming

mag dan gortdroge kost zijn, de resultaten zijn de moeite waard. De computer voert op die opsomming een zogenaamde PAUP uit, een Phylogenetic Analysis Using Parsimony met als resultaat een cladogram. Het cladogram geeft grafisch de evolutionaire afstand, d.w.z. de hoeveelheid overeenkomsten en verschillen tussen de soorten weer, en dus de meest waarschijnlijke stamboom.

Ontwikkeling van vliegvermogen

Om tot slot terug te komen op Darwin: tegenstanders van de evolutietheorie hebben gelijk met hun stelling dat de vliegkunst niet zomaar, stap voor stap uit het niets kan ontstaan: 'aan halve vleugels heb je niets'. Er zijn diverse theorieën die het ontstaan van de vliegkunst verklaren. Twee belangrijke theorieën zijn de **arboreale** en de **cursoriale** theorie. De arboreale theorie gaat er - in primitiefste vorm - van uit dat een hypothetische oervogel - die toen nog vleugelloos was - op een kwade dag de boom in krom en er weer uitsprong. Dat zou betekenen dat die arme beesten zich *en masse* te pletter wierpen net zo lang totdat er toevallig een complete, functionele vleugel ontstond. Evolutionair een weinig plausibel scenario. Het verhaal wordt al een stuk beter als we



Afb. 8. Een vogelcladogram. Vereenvoudigd, onder meer naar Sanz et al. (1996), Feduccia (1995) en Chiappe (1995).

ervan uitgaan dat een mogelijke 'proto-vleugel' eerst een geheel andere functie had. Zo komen we terug bij de gevederde theropoden, *Oviraptor* bijvoorbeeld, die uit hun schubben een verenpak ontwikkelden voor hun isolatie - aan veren en schubben ligt overigens dezelfde basale morfologie ten grondslag. En zoiets is wél heel goed stap voor stap te evolueren: een beetje meer veren geeft een beetje meer isolatie en zo ben je een beetje *fitter*. Op een bepaald moment is het verenpak zo goed ontwikkeld dat het opeens ook voldoende *lift* kan bieden om korte sprongetjes uit de boom te verlengen tot grote sprongen en uiteindelijk tot een echte (glij)vlucht.

Een tweede theorie is de cursoriale theorie. Deze theorie gaat ervan uit dat een kleine, bijvoorbeeld *Compsognathus*-achtige, bevederde theropode bij het achtervolgen van de prooi sprongen maakte. Daarbij werd met de verentooi geflapperd, wat de sprongen versnelde en verlengde. Uiteindelijk zouden de poten niet of nauwelijks meer op de grond komen en is er sprake van een echte vlucht.

De ontwikkeling van het vliegvermogen is overigens niet zo'n bijzonder, zeldzaam of ongewoon fenomeen als het misschien lijkt. Deze ontwikkeling heeft in het dierenrijk wel vaker plaatsgevonden. Binnen de Dinosauria oftewel de 'Vogels' is het vliegvermogen mogelijk zelfs meerdere keren onafhankelijk van elkaar ontstaan. Ook de zoogdieren hebben met de vleermuisachtigen het luchtruim veroverd. Halve vliegers als zweefeeekhoorns, zweefapen, zweefhagedissen, zweefslangen en 'vliegende' vissen doen ook een beetje mee. En niet te vergeten de vliegende reptielen uit het Mesozoïcum, de Pterosauria.

Cursoriale oorsprong

Zelfs met de recente zevende vondst van *Archaeopteryx* is nauwelijks meer zekerheid gekomen over de vraag in welke mate *Archaeopteryx* kon vliegen. De meeste wetenschappers zijn ervan overtuigd dat *Archaeopteryx* weliswaar kon vliegen, maar zeker niet tot lange vluchten in staat was. Uit verder onderzoek naar de klauw-structuur komt ook naar voren dat de *Archaeopteryx*-klauw geen specifieke klimfunctie lijkt te hebben. Dit suggereert dat *Archaeopteryx* een cursoriaal leven leidde. De morfologie van de achterpoten tezamen met het bipedalisme (op twee poten lopen) en de aanwezigheid van een lange staart benadrukken de cursoriale suggestie. Men kan zich voorstellen dat de ontwikkeling van een lage vorm van vlucht vanuit de cursoriale, met veren flapperende Theropoda is doorgezet in *Archaeopteryx*.

Met de vondst van de tot de Enantiornithes behorende *Sinornis* en de iets jongere *Iberomesornis* (afb. 6) is veel vooruitgang geboekt in het inzicht van de evolutie van de vogelvlucht. Deze twee vogels bezaten beide een klauwstructuur die klimvermogen doet vermoeden, met name de omgekeerde hiel en de lange middelteen. Tegelijkertijd zijn beide vogels morfologisch gezien een tussenvorm tussen *Archaeopteryx* en de moderne vogels. De handstructuur is moderner, een borstbeen is ontwikkeld en de staart gereduceerd tot enkele wervels of zoals bij *Sinornis* reeds tot een pygostyle. Dit alles vergemakkelijkt het vliegvermogen. *Iberomesornis* en *Sinornis* waren dan ook al goede vliegers. Dit veronderstelt dat het samengaan van vliegen en arboreale activiteiten al had plaatsgevonden in het Onder-Krijt. Ook *Confuciusornis*, die qua geologische ouderdom tussen *Archaeopteryx* uit de Boven-Jura en *Sinornis* en *Iberomesornis* uit het Krijt in zit, had naar alle waarschijnlijkheid al een (deels) arboreale levenswijze. Het vliegvermogen was echter nog gelimiteerd, net als bij *Archaeopteryx*.

Morfologische aanpassingen

Een overzicht van de veranderingen in morfologie die samengaan met de evolutie van vliegvermogen kan worden gemaakt op basis van de relevante vroege vogelfossielen. De belangrijkste vereiste voor vlucht is het verenpak, dat al in *Archaeopteryx* uit de late Jura vergelijkbaar was met dat van de moderne vogel. Men kan zich afvragen waarom Theropoda niet in staat waren tot vliegen?

Immers, zij beschikten ook al over veren. De reden hiervoor is simpel. Alle tot dusver bekende Theropoda hadden een lange staart. De voortstuwende kracht van de achterpoten van Theropoda kwam van de achterpootspieren die zich tot in de staart aanhechtten. De voortbeweging gebeurde door middel van heupverlenging, het terugtrekken van het dijbeen bij iedere stap. Bij de vogels is een totaal ander mechanisme ontwikkeld voor het voortbewegen van de achterpoten: de kniebuiging. Hoogstwaarschijnlijk is de reductie in staartlengte de stimulans geweest voor deze verandering in het voortbewegingsmechanisme.

Een gevolg van het kleiner worden van de staart is een verplaatsing van het zwaartepunt naar de voorpoten toe. De Enantiornithes uit Spanje en China tonen dat samen met fusie van de handbeentjes tot één vinger de reductie in staartlengte heeft plaatsgevonden vóór de ontwikkeling van een moderne heupstructuur.

De ontwikkeling van de voorpoten tot een vleugel samen met het naar voren komen van het zwaartepunt maakt vlucht mogelijk. Het aanhechtingspunt van de vliegsieren zit in het borstbeen. Met de vroege evolutie van de vogels is dan ook een trend waarneembaar in de verwerving van een borstbeen tot het specialiseren ervan: *Hesperornis* en *Ichthyornis* vertonen een kam op het dieper geworden borstbeen. De afwezigheid van een borstbeen bij sommige *Archaeopteryx*-exemplaren suggereert dat de matige vlucht via aan het vorkbeen aangehechte spieren ging, zoals ook het geval is bij sommige moderne vogels.

Met de meest recente vondst van een Spaanse Enantiornithes-vogel, *Eoalulavis*, gepubliceerd op 1 augustus 1996, is het duidelijk geworden dat de vliegekunst vanuit de bomen al in het Midden-Krijt ontwikkeld was en geperfectioneerd werd tot aan het einde van het Krijt. De vondst van *Eoalulavis* is in twee aspecten uniek. Ten eerste zijn er in het skelet van deze vogel resten gevonden van Crustacea. Dit is het eerste directe bewijs voor aquatisch fourageergedrag van de Spaanse Las-Hoyas vogels. Ten tweede is de veerstructuur zeer goed bewaard gebleven. De vondst van een duimvleugel, noodzakelijk voor lage vliegsnelheden en manoeuvres in de lucht, is de eerste en de oudste van vroege vogelfossielen. De mogelijkheid om met lage snelheden te vliegen, op te stijgen van de grond en te landen op boomtakken was dus al aanwezig bij de Enantiornithes in het Onder-Krijt, 115 miljoen jaar geleden. De afwezigheid van een dergelijke structuur bij *Archaeopteryx*, samen met diens lange staart, maakt nog meer aannemelijk dat deze Boven-Jura vogel vooral cursoriaal was. Met de reductie van de staart, reductie in grootte, de modernisering van de hand, de heup, het borstbeen en de achterpoten werd het vermogen tot vliegen verbeterd. Met speciale vleugelstructuren als de duimvleugel werden manoeuvres in de lucht mogelijk. Ten slotte, met de verkorting van de rug, het compacter worden van de heup en het dieper worden van het gekamde borstbeen, zoals bij *Hesperornis* en *Ichthyornis*, de vroege vogels uit het Boven-Krijt, werd de vlucht geperfectioneerd.

Dank

Dank aan prof. dr. G.J. Boekschoten (Vrije Universiteit Amsterdam) voor het kritisch doorlezen van het manuscript, en aan dr. Jean LeLoeuff, directeur/conservator aan het Musée des Dinosauriens de Espéraza (Fr.) voor enkele waardevolle opmerkingen en literatuurverwijzingen.

Het Teylers Museum

De 'Haarlemse' *Archaeopteryx* is te zien in het Teylers Museum: Spaarne 16, Haarlem; tel. 023 5319010. Teylers Museum bezit ook een bijna complete collectie replica's van de overige *Archaeopteryx*-exemplaren. Zie afb. 1 en 2. Openingstijden: dinsdag tot en met zaterdag van 10 tot 17 uur; zon- en feestdagen van 12 tot 17 uur.

Literatuur

Omwillen van de ruimte beperkt deze literatuuropgave zich voornamelijk tot de belangrijkste en meest recente artikelen m.b.t. de evolutie van de vogels.

- Chiappe, L.M. (1995): The first 85 million years of avian evolution - *Nature*, vol. 378, pp. 349-355.
- Darwin, C. (1859): *On the Origin of Species by Means of natural Selection* - John Murray, London, pp. 1-479.
- Feduccia, A. (1995): Explosive evolution in Tertiary Birds and Mammals - *Science*, vol. 267, pp. 637-638.
- Hou, L.H., Zhou, Z., Martin, L.D. & Feduccia, A. (1995): A beaked bird from the Jurassic of China - *Nature*, vol. 377, pp. 616-618.
- Kurochkin, E.N. (1995): Synopsis of Mesozoic Birds and Early Evolution of Class Aves - *Archaeopteryx*, vol. 13, pp. 47-66.
- Norell, M.A., L. Chiappe & J. Clark (1993): New Limb on the Avian Family Tree - *Natural History*, vol. 102, No. 9, Sept. 1993.
- Norell, M.A., J.M. Clark, L.M. Chiappe & D. Dashzeveg (1995): A nesting dinosaur - *Nature*, vol. 378, pp. 774-776.
- Novacek, M. (1996): *Dinosaurs of the Flaming Cliffs* - Anchor Books, New York.
- Ostrom, J.H. (1972): Description of the *Archaeopteryx* specimen in the Teyler Museum, Haarlem. - *Proc.K.Ned.Akad.Wet. (B)*, 75 (4), pp. 289-305; Amsterdam.
- Padian, K. (1996): Early bird in slow motion - *Nature*, vol. 382, pp. 400-401.
- Paul, G.S. (1988): *Predatory dinosaurs of the world* - Simon & Schuster Inc., New York.
- Perle, A., M.A. Norell, L.M. Chiappe & J.M. Clark (1993): A flightless bird from the Cretaceous of Mongolia - *Nature*, vol. 362, pp. 623-626.
- Sanz, J.L., L.M. Chiappe, B.P. Pérez-Moreno, A.D. Buscalioni, J.J. Moratalla, F. Ortega & F.J. Poyato-Ariza (1996): An Early Cretaceous bird from Spain and its implications for the evolution of avian flight - *Nature*, vol. 382, pp. 442-445.
- Sereno, P.C. & R. Chenggang (1992): Early evolution of avian flight and perching: new evidence from the lower Cretaceous of China. - *Science*, vol. 255, pp. 845-848.
- Wagner, J.A. (1861): Über ein neues, angeblich mit Vogelfedern versehenes Reptil aus dem Solnhofener lithographischen Schiefer. - *Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss.* 2: pp. 146-154; München.
- Watkins, R.S., F. Hoyle, N.C. Wickramasinghe, J. Watkins, R. Rabilizirov & L.M. Spetner (1985): *Archaeopteryx* - a photographic study. - *Brit. J. Photogr.*, 132 (8-3-1985): pp. 264-266; London.
- Wellnhofer, P. (1990): *Archaeopteryx* - *Scientific American*, May 1990.
- Wellnhofer, P. (1994): New data on the origin and early evolution of birds. - *C.R. Acad. Sci. Paris, Tome 319, série II*, pp. 299-308.

De Gischigletscher (Binntal, Wallis, Zwitserland): over strahlen, kluften en de geologie & mineralogie

door Frank C.A. de Wit en Ate van der Burgt

Inleiding

Het gebied rond de Gischigletscher heeft voor mineralen-verzamelaars nog een groot potentieel. In totaal zijn er door ons in de periode 1989-1996 al zo'n 50 mineralen gevonden. De vindplaatsen rond de Wannigletscher (ten noorden van de Gischigletscher) worden al veel bezocht (en afgezocht), maar rond de Gischigletscher is het nog tamelijk rustig. De reden daarvoor ligt voor de hand: de aanloop naar de Gischigletscher kost namelijk wat meer tijd dan bijvoorbeeld naar de groeve Lengenbach. Daar-teenover staat, dat de mensen die er zoeken professioneler te werk gaan, waardoor er intensiever en selectiever gezocht wordt dan bij de gemakkelijker te bereiken vindplaatsen. Enkele vindplaatsen bij de Gischigletscher zijn raar genoeg het beste te bereiken als er nog veel sneeuw ligt (begin juli). De klutfrijke wanden (kluft = alpiene rekspleet) zijn dan namelijk over de sneeuw met stijgieters gemakkelijk te bereiken. Dit vereist echter wel weer enige bergervaring, uitrusting en conditie en goede weers-omstandigheden.

Voor de oriëntatie in het veld kan men het beste gebruik maken van blad 1290, 'Helsehorn' van de 'Landeskarte der Schweiz 1:25.000'. Het hier te bespreken gebied beslaat daarop de rechtehoek die gevormd wordt door de coördinaten 658.900 - 659.800 en 129.000 - 131.700, waarbij de vindplaatsen op een hoogte

tussen circa 2500 en 2900 meter liggen. Een kaartje van deze regio geeft afb. 1. Zie ook afb. 2 - 4.

Zoeken zonder 'strahlerpatent' (een vergunning) is in het Binntal (nog) toegestaan, op Italiaans grondgebied is zoeken echter ten strengste verboden. Het Italiaanse gedeelte van deze regio valt sinds 1991 onder het 'Parco Naturale Alpe Devero'. Het is derhalve niet mogelijk voor het natuurpark een strahlerpatent aan te schaffen! Buiten het natuurpark is men in de gehele Italiaanse streek Piemonte en voor een aantal vindplaatsregio's in het Zwitserse kanton Wallis verplicht een strahlerpatent te hebben.

De Gischigletscher is eenvoudig te bereiken via Heiligkreuz (1472 m) door het Kriegalptal over Hubul en Bärjgi (vanaf Bärjgi is het pad niet meer gemarkeerd). Een dagtocht vereist wel vroeg opstaan! Sommige mensen gaan om drie uur 's nachts weg uit Binn, zoeken een hele dag bij de Gischigletscher en gaan dan laat in de middag weer naar het dal. Wij zoeken echter altijd in onze vakantie en beginnen daar dus niet aan! Het gebied leent zich zeer goed voor het houden van meerdaagse excursies. In het Kriegalptal, bij de Wannig- en Gischigletscher en verder westelijk is vrij kamperen (nog) toegestaan, omdat dit gebied net buiten het 'NaturaSchutzgebiet Binntal' valt. Binnen de grenzen van het natuurgebied is kamperen ten strengste verboden. Ook is er, net over de grens, op Italiaans grondgebied een (nood)bivak. In dit onbemande bivak, bivak Combi e Lanza, zijn gas en voldoende dekens aanwezig en zolang het bivak niet vol zit, is een overnachting tegen een prijs van zo'n 10.000 lire p.p. altijd mogelijk. Wie besluit om dit gebied te bezoeken, dient natuurlijk wel de natuur ten hoogste te respecteren, zowel op Zwitsers als op Italiaans grondgebied. Breng geen onherstelbare schade toe aan het