



Universiteit
Utrecht

Sharing science,
shaping tomorrow



ORATIE

Het spoor van de dinosaurus

Anne Schulp



Universiteit
Utrecht

Het spoor van de dinosaurus

Anne Schulp

Hoogleraar Vertebratenpaleontologie

Inaugurele rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van
hoogleraar aan de faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht,
op 29 april 2022

Mijnheer de Rector Magnificus,

Geachte Hoogleraren, beste collega's, familie en vrienden,

Waar komen we vandaan? Hoe is het allemaal begonnen? We willen dolgraag weten hoe de vork in de steel zit. *Grip op de zaak*. Begrijpen hoe de wereld in elkaar zit. Dat zijn dingen die ons op wezenlijk niveau bezighouden. Het mag dan ook geen verrassing zijn, dat in welke cultuur je ook je licht opsteekt, je één of meer scheppingsverhalen tegenkomt. Prachtige verhalen, de een nog fantastischer dan de andere, die elk een antwoord geven op de grote vragen van Hoe Het Allemaal Begon.

Astrofysici hebben dat prachtige verhaal vrij aardig in kaart. Tijd en ruimte gaan inmiddels al pakweg 14 miljard jaar mee. We gaan van oerknal naar ons lokale melkwegstelsel, en zoomen vervolgens in naar het ontstaan van ons eigen zonnestelsel: wat stof, gas en gruis en een handjevol planeten dat rondjes draait om een dertien-in-een-dozijnster.

In dat verhaal schuiven wij als paleontologen pas bij de laatste hoofdstukken aan. Het gaat in ons vakgebied vooral om het verhaal van de ontwikkeling van het leven op de planeet die wij Aarde noemen. Het verhaal van het leven, het verhaal van ons, is bovendien een verhaal dat zich afspeelt op een wat meer bescheiden tijdschaal. Vooral de laatste half miljard jaar van de geschiedenis van het leven op Aarde hebben wij dankzij de fossiele overlevering steeds beter in beeld.

In de zoektocht naar het verhaal van wie we zijn en waar we vandaan komen is het allereerst van belang *hoe* we die geschiedenis op het spoor komen. Zodra die puzzelstukjes op hun plaats gevallen zijn is de volgende vraag 'wat we daar allemaal van kunnen leren.' En daarmee dus ook waaróm we dit doen. Langs dat spoor wil ik u vanmiddag graag meenemen.

—

Wat heeft de aarde een veranderingen meegemaakt. Wat heeft Néderland een veranderingen meegemaakt. Iedereen krijgt wel een beeld op het netvlies van de dinotijd, en ook oermensen en mammoeten verschijnen

COLOFON

ISBN

978 90 6266 574 7

Uitgave

Faculty of Geosciences – Utrecht University, 2022

Foto Anne Schulp

Ed van Rijswijk

Foto omslag

Tyrannosaurus rex, Krijt, Montana, USA, RGM.792.000

© Naturalis Biodiversity Center

Foto's binnenwerk

© Anne Schulp

Grafische verzorging

C&M (9807)



ongetwijfeld levendig voor uw geestesoog, terwijl niemand hier in de zaal ooit een levende dinosaurus, mammoet of *Orrorin* gezien heeft.

Laten we ons spoor dicht bij huis beginnen. Hoe anders, hoe bijzonder was Nederland eigenlijk, in het dinosaurustijdperk? Gaat u mee naar Maastricht? Neem loodgordel, duikbril, zuurstofflessen mee; aan het einde van het Krijt stond Zuid-Limburg onder water. Ons land was bedekt door een ondiepe, tropische zee. In het Krijt hadden we geen poolkappen; de zeespiegel stond makkelijk honderd meter hoger dan nu, en rond Maastricht kon je in een Bahama-achtige setting tussen de koralen duiken. Kleurige vissen stuiven opzij, wonderlijke inktvissen in gekrulde huisjes schieten weg, en verderop peddelt loom een reusachtige zeeschildpad tussen het zeegras. Zó zag Nederland eruit aan het einde van de dinosaurustijd. Mijn meer figuurlijke duik in de Krijtzee van Maastricht leidde ertoe dat ik in 2006 mijn proefschrift mocht verdedigen over de grootste bewoners van deze tropische duikbestemming, een aantal studies over de biologie van de mosasauriërs, reusachtige zeehagedissen die de titel 'T. rex van de zee' zonder meer verdienen.

Of laten we de A15 pakken, en die helemaal uitrijden, langs Pernis, door de Botlek, en langs de containerterminals de Maasvlakte op. Even uitwaaien aan zee. Het zand, hier op het strand van Maasvlakte 2, is opgespoten uit de Noordzee, en zit vol met fossielen uit de IJstijd. De IJstijd, toen er zo veel ijs op het land lag, dat de zeespiegel een heel stuk lager stond dan tegenwoordig. Zó laag, dat de Britse eilanden geen eilanden waren. Je kon er van Nederland naar toe lopen, en weer terug. Er liepen mammoeten rond. En de vroege menselijke bewoners van Nederland en de UK. Met een beetje geluk raap je resten van die oude Noordzeebewoners nu op tussen de schelpen op het Maasvlaktestrand.

Maar ook zonder zandopspuiting valt er in onze rivierdelta van alles aan fossielen naar boven te halen. Het illustere genootschap Kor en Bot vaart al bijna zeventig jaar op een zaterdag in september vanuit de haven van Zierikzee, om met visnetten de bodem van de Oosterschelde af te schuimen, op zoek naar fossielen uit de laatste IJstijd en ver daarvóór. Aan dek een bijzonder gezelschap van paleontologen en andere geïnteresseerden, die trek na trek de vangst doorvlooien om de fossiele botten en tanden en andere vondsten veilig te stellen.

De kalksteengroeves in Maastricht bieden een kijkje in de tropische zee die Nederland ruim 66 miljoen jaar geleden bedekte



Het strand van Maasvlakte 2 is een rijke vindplaats van IJstijdfossielen

En elke zomer gaat een groep studenten, paleontologen en werkgroep-leden een dag of tien de steengroeve in, een reusachtige kuil ten oosten van Winterswijk, waar de kwart miljard jaar oude gesteenten uit het Trias aan de oppervlakte komen. In deze steengroeve krijgen we een kijkje in de tijd van net vóór het ontstaan van de dinosauriërs, de tijd net ná het reusachtige uitsterven dat het einde van het Paleozoïcum markeert. Pootafdrukken van kleine reptielen die langs de hete, modderige sabkha-kustvlakte struinden, zijn tot in het detail van hun kleine schubben in de kalksteen bewaard gebleven. En de botjes, de talloze kleine botjes en tandjes van de wonderlijke fauna uit de warme zee die toen grote delen van Nederland overspoelde, worden nauwgezet uit de kalksteen vrijgelegd.

Wát een verschillen. Je kon in Nederland dus ooit duiken tussen de koralen, een wandeling maken naar Engeland, of struinen over een zinderende sabkha, om over de stomende Carboonmoerassen nog maar te zwijgen. Zee maakt plaats voor land. Land maakt plaats voor zee. Soorten volgen elkaar op, biodiversiteit stort in, nieuwe soorten maken hun entree. Als de paleontologie – zelfs die van ons kleine kikkerlandje – ons één ding leert, dan is het wel dat de veranderingen in klimaat en zeespiegel het dynamische podium vormden waarop de evolutie uiteindelijk leidde tot wie we zijn.

—

Maar hoe gaat zo'n tijdreis nou écht in zijn werk? Hoe brengen we die fossielen uit het dinosaurustijdperk en van ver daarvóór weer in onze voorstelling tot leven? Hoe ondervraag je, als paleontoloog, een fossiel? Of, om in mijn geval de voorbeelden wat dichterbij mijn eigen interessegebied te kiezen, 'hoe ondervragen wij, *anno nu*, een uitgestorven dinosaurus?'

Traditioneel was de paleontologie een beschrijvende wetenschap. En voor een deel is het dat nog steeds. Uit de overblijfselen van organismen reconstrueren we hoe een plant of dier eruitzag, vergelijken we het fossiel met andere soorten, en wellicht is de nieuwe vondst zo bijzonder, zo afwijkend, zo karakteristiek dat we het als nieuwe soort kunnen beschrijven. Maar dan, als je de nieuwe soort eenmaal bij naam kent, wil je de kennismaking graag wat verder uitdiepen. De relatie uitbouwen. Begrijpen hoe de soort leefde, wat hij deed, wat 'm bewoog. Daarvoor



hebben we de laatste decennia in de paleontologie prachtige uitbreidingen aan ons arsenaal van analysetechnieken mogen verwelkomen.

Ons vak wordt, om te beginnen, steeds meer multidisciplinair. Zaten we traditiegetrouw toch vooral op het snijvlak tussen Geologie en Biologie, de paleontologie van nu schuift met evenveel plezier aan bij wiskundigen, scheikundigen en deeltjesfysici, en ook bij geneeskunde, engineering, bewegingswetenschappen en zelfs diergeneeskunde en tandheelkunde komen we nu graag over de vloer.

Want om een voorbeeld te noemen: waar bewegingswetenschappers en natuurkundigen aanschuiven, en biomechanisch modelleerwerk en technieken als *Direct Collocation* en *Finite Element Analysis* uit de kast komen, komt begrip van de atletische vermogens van dinosauriërs opeens binnen handbereik. Finite Element Analysis, of FEA, de techniek die in de ingenieurswereld al lang gemeengoed is, blijkt ook uitstekend van pas te komen bij het in beeld brengen van de sterke en zwakke punten in een dinosaurusskelet. Het klinkt als een open deur, want daar waar de botten dik en stevig zijn, zullen ze zeker een belangrijke functie gehad hebben. Want: 'fors belast ... is dikke pezen, zware spieren.' Maar dankzij een doorwrochte biomechanische analyse wordt zo'n conclusie die je anders hooguit als een 'just so-story' kunt wegzetten, opeens een kwantitatief ondersteund verhaal. Hoe gebruikte dit dier zijn kaken? Schudde hij zijn prooi heen en weer, of was het vooral een kwestie van verticaal bijten? En wat voor bijtkracht kan je neerzetten, als er x ruimte is voor kaakspieren? Of, met andere modelleer-gereedschappen: 'hoe ziet de elastische energie-opslag in de staart van *Tyrannosaurus rex* eruit?' Dat is een vraag die één van onze studenten, Pasha van Bijlert, onlangs in veel detail heeft onderzocht – en beantwoord. Pasha is inmiddels bij ons aangeschoven als junior onderzoeker, en we hopen in de komende jaren met zijn hulp nog veel meer dinosauriërs tot leven te brengen. Want het zijn precies dit soort technieken waarmee een skelet van een uitgestorven dier kwantitatief en beargumenteerd letterlijk weer pezen en spieren op het bot krijgt, en weer echt gaat bewegen.

Laat ik vooral ook de vooruitgang in de 3D-beeldvormende technieken noemen. Waar je vroeger letterlijk de slijptol in een dinosaurusbot moest zetten om een kijkje binnenin te nemen, schuif je het nu de 3D-röntgen-



In de Winterswijkse Steengroeve komen gesteenten van bijna 250 miljoen jaar oud aan de oppervlakte

scanner in. Veel van de normaliter onzichtbare interne structuren verschijnen nu met de grootste vanzelfsprekendheid digitaal, en in de volle glorie van drie dimensies in ongekende resolutie op het scherm. En wát een mogelijkheden biedt dat! Opeens kunnen we de evenwichtsorganen van allerlei soorten in beeld brengen; de afmetingen en oriëntatie van de halfcirkelvormige kanalen vertellen ons over de beweging, het evenwichtsgevoel, de specialisaties van elke soort. De vorm van de hersenholte laat ons op zo'n CT-scan zien hoeveel plek er is ingeruimd voor zaken als de verwerking van visuele informatie of geursignalen – of ligt het zwaartepunt juist op het gehoor? En neem een kijkje in de binnenkant van de pootbotten, of de vorm van de vleugelbotten. In welke richting is het botweefsel het dikst? Met andere woorden, in welke richting werd het bot waarschijnlijk het zwaarst belast? Dat vertelt ons weer hoe een dier bewoog, hoe het vloog, zwom, klauterde, sprong of groef.

Hoewel de CT-scanner zich de afgelopen decennia ontpopt heeft als een onmisbaar gereedschap in de paleontologie, willen we soms nog steeds een fysiek kijkje binnenin een bot nemen. Het mag geen verbazing wekken dat paleontologen met diamantboren en haakse slijpers in hun koffer bij de collectiebeheerders weinig enthousiast ontvangen worden. Ondanks die terughoudendheid heeft histologisch onderzoek, het in kaart brengen van de interne botstructuren, de laatste jaren echt een vlucht genomen, niet in de laatste plaats dankzij het werk van onze collega's in Bonn. Dankzij die doorgeslepen botmonsters, aangevuld met 3D-röntgenscans en de schitterend gedetailleerde beelden uit synchrotron-scanners, kunnen we nu letterlijk zien hoe een dinosaurus groeide, hoe oud hij werd, en bij welke leeftijd zo'n beetje de volwassen afmetingen bereikt werden. Want de dikte van de groeilijntjes, de structuur van de verschillende botcellen, en de opeenvolging van dunnere en dikkere groeilijnen vormt het versteende dossier van het leven van het dier. En inmiddels kunnen we zien of de microscopische structuur in een fossiel bot op een snelle, warmbloedige stofwisseling wijst, of dat er nog echo's van een koudbloedig verleden rondzingen. Mijn eerste promovendus, Jimmy de Rooij, is bezig met een onderzoek om met dit soort technieken de botstructuren, de groeilijnen, en de groeipatronen van de plantenetende dino *Triceratops* in kaart te brengen.

Een heel, heel andere methode om het leven van een uitgestorven dino in kaart te brengen, is de analyse van stabiele isotopen. Het motto 'Je

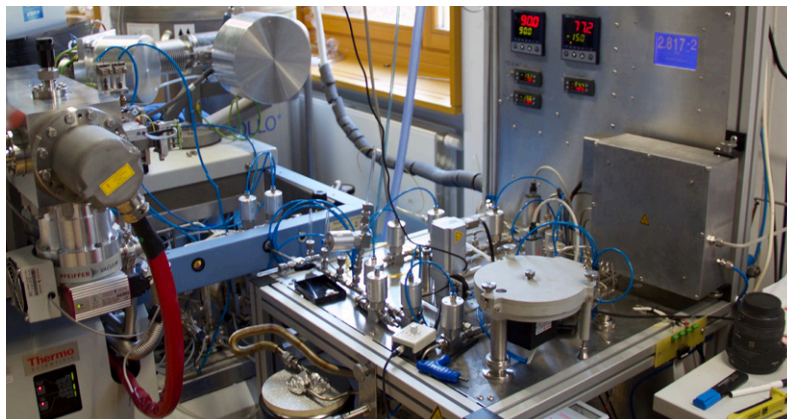
bent wat je eet' doet in de paleontologie meer dan ooit opgeld. Het verslag van je doen en laten vinden we terug in de subtiele details van de chemische samenstelling van tandglazuur en botten. Afhankelijk van de samenstelling van je voedsel, je drinkwater, de temperatuur, én je migratiepatroon, krijgt de verhouding tussen verschillende isotopen in je lichaamweefsels nét een duwtje de ene of de andere kant op. Door de isotopensignatuur zoals die in dinosaurustandglazuur bewaard gebleven is, te vergelijken met waarnemingen uit het heden, kunnen we ook de ecologie van dinosauriërs in kaart brengen. *Tyrannosaurus rex* ging zijn hele leven door met tanden wisselen. Elke paar jaar stond er een flonkerend nieuw gebit klaar. Een grote tyrannosaurustand doet er ongeveer een jaar over om te groeien, en over de volle lengte van het tandglazuur kunnen we de samenstelling van de dagelijkse groeielijntjes analyseren, en zo het doen en laten van een *T. rex* over een langere periode in kaart brengen. De verhouding tussen twee strontium-isotopen in de bodem varieert van plaats tot plaats, en diezelfde verhouding vinden we terug in planten, in de weefsels van planteneters, en uiteindelijk ook bovenin de voedselketen. In het tandglazuur van de *T. rex* van Naturalis kwamen duidelijke veranderingen in de strontiumverhoudingen naar voren, en dat vertelt ons iets over migratie – migratie van de *T. rex*, of migratie van haar prooi. De verhouding tussen twee andere isotopen, en vooral ook



De T. rex van Naturalis is bewaard gebleven in een dikke, stevige zandlaag; de botten zijn daarom nauwelijks vervormd

de combinatie waarin ze een plekje in het tandglazuur gekregen hebben, staat ons toe iets over de lichaamstemperatuur te zeggen. De verhouding tussen twee calcium-isotopen lijkt op waardes uit te komen die we eerder bij bottenschrokkers als hyena's tegenkomen dan bij vleeseters die de botjes liever laten liggen. De fijne samenwerking in de afgelopen jaren met de collega's in de verschillende labs voor stabiele-isotopenonderzoek hebben ook tot onverwachte zij-projecten geleid. Zo konden we met dezelfde techniek waarmee we naar de migratie van een *T. rex* kijken, óók de herkomst van de Wolf van Luttelgeest in kaart brengen, en er kwam een klein forensisch project achter vandaan om de herkomst van illegaal gesmokkelde siervogels vast te stellen.

En hoe oud is je fossiel? Ook op het vlak van dateringstechnieken wordt nog steeds vooruitgang geboekt, en krijgen we zelfs in het dinosaurustijdperk de gesteentelagen in verbijsterend hoge resolutie in beeld. De precieze datering van het einde van het dinosaurustijdperk werd nét voor de *Tyrannosaurus*-vondst nog eens door Nederlandse onderzoekers verder opgepoetst, en dankzij de daaropvolgende studie van de magnetische signalen die in het omringende gesteente bewaard gebleven waren, is ook de ouderdom van de *rex* van Naturalis hier in de labs in Utrecht in ongekend detail vastgesteld.

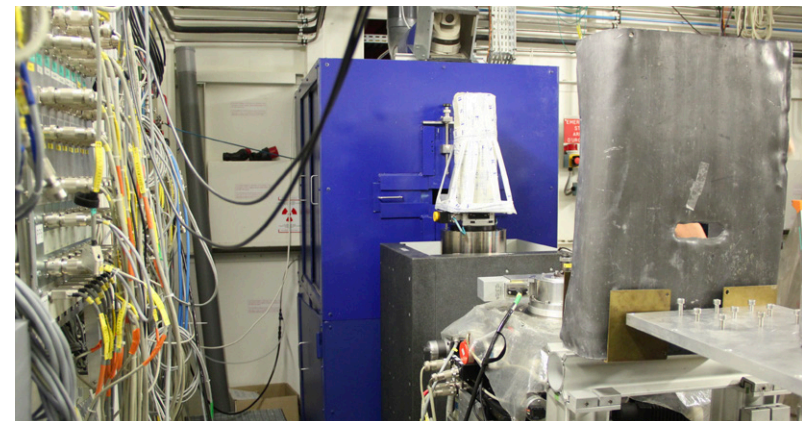


De informatie over migratie, dieet en lichaamstemperatuur die in het tandglazuur van dinosauriërs verstopt zit, kunnen we in dit soort analyse-apparatuur inzichtelijk maken



De flipper van een plesiosauriër, botje voor botje bewaard gebleven
in het Krijt van Angola

‘Valt er nou ook DNA uit die dinosaurïers te halen, zoals in *Jurassic Park*?’ Ik ben er vrij zeker van dat dát de vraag is die ik de afgelopen jaren het vaakst voorbij zag komen. We zijn inmiddels op een punt dat we een fossiel al lang niet meer als een volledig ‘versteend’ overblijfsel beschouwen. Een fossiel is al lang niet meer een stuk rots dat alleen de vorm van het oorspronkelijke organisme vertegenwoordigt. De onderliggende biochemie van het fossilisatieproces, en alle informatie die daaruit te ontcijferen valt, biedt nieuwe perspectieven, een nieuw, verfrissend kijkje terug in de oertijd. DNA, helaas, is een breekbaar molecuul. We smeren niet voor niets zonnebrandcrème om het DNA in onze huid tegen schade door UV-straling te beschermen. Iets te lang in de zon en het gaat al kapot. Zelfs als fossielen onder uitmuntend goede omstandigheden bewaard zijn gebleven, zoals in de Siberische permafrost, zelfs dan valt DNA langzaam maar in brokjes uitéén. We kunnen in veel gevallen nog wel enkele honderdduizenden jaren terugkijken, en met veel geluk zelfs iets meer dan een half miljoen jaar, maar daarna loopt het spoor dood. De verschillen en overeenkomsten in DNA vertellen ons iets over de verwantschappen en de evolutie van verschillende soorten, maar hoe verder we terug willen kijken, hoe dichter en ondoordringbaarder de mist van de natuurlijke afbraak van DNA wordt. Gelukkig is het breekbare



De speciale röntgenscanner van de European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble bracht de interne details van de botten van de oervogel *Ostromia* van Teylers Museum in ongekend detail in beeld

DNA de receptuur voor soms iets minder breekbare eiwitten. Het veld van de paleoproteomics, de studie van eiwitstukjes in fossiel materiaal, heeft de laatste jaren een nieuw gordijn voor het verleden weggetrokken. Met de nieuwste analysetechnieken zijn er nu eiwittenresten van bijna twee miljoen jaar oud in kaart gebracht. Daarmee zijn we nog steeds niet terug in het dinosaurustijdperk, maar opwindende nieuwe inzichten over de verwantschappen in de evolutie van de mens komen nu wel binnen bereik. Het handjevol claims over herkenbare eiwitresten in fossiel dinosaurusbotten is bepaald controversieel, maar dat maakt het onderwerp vanzelfsprekend alleen maar interessanter.

Slijtagepatronen in tandglazuur bieden inzicht in de eetgewoonten van uitgestorven dieren. Oesters die je met schelp en al opvreet laten immers heel andere slijtagesporen op je tanden achter dan sushi of yoghurt. Dankzij een nauwkeurige 2D- of zelfs 3D-microanalyse van de slijtagesporen op tandglazuur hebben we het dieet van talloze uitgestorven dieren nu ook langs deze weg in steeds meer detail in beeld. Samen met oud-UU-studente Femke Holwerda heb ik de slijtage op de tanden van een kleine mosasaurus uit Maastricht geanalyseerd. De tandvorm suggereerde al dat we hier met een schelpenkrakende mosasaurus te maken zouden hebben, en het slijtagepatroon lijkt dat luid en duidelijk te bevestigen – het is, ingezoomd onder de elektronenmicroscop, letterlijk een kraterlandschap. We zijn nu bezig de slijtagesporen op de tanden van andere mosasauriërs uit het Maastrichtse Krijt ook in 3D te scannen, zodat we binnen dat tropische mariene ecosysteem straks alle specialisaties, alle eetgewoonten van de mosasauriërs, ook op deze manier in kaart hebben.

Ik kan zo nog wel even doorgaan. Met krachtige UV-lasers komen de kleinste sporen van andere weefsels luid en duidelijk fluorescerend onder de microscoop in beeld. De afbraakproducten van pigmentdeeltjes maken het mogelijk om de oorspronkelijke kleur van dinosauriërs, hun veren en hun eieren te reconstrueren. En het multidisciplinaire karakter van dit vak houdt niet op bij de bètavakken als scheikunde en natuurkunde. Ook vanuit de wiskunde valt er veel winst te halen in ons begrip van het verre verleden. Met steeds krachtiger computers, grotere datasets en – gelukkig – ook steeds slimmere statistiek en dito algoritmen, kunnen we de verwantschappen van soorten kwantitatief en statistisch stevig onderbouwd in kaart brengen. Ook AI doet zijn intrede in de paleontologie.

Met onze oud-student Isaak Eijkelboom hebben we mooie plannen – we willen de reusachtige online-database van vondsten van de Maasvlakte, verzameld in het webplatform oervondstchecker.nl, mede met hulp van AI-beeldherkenning verdere context geven.

De paleontologie heeft dankzij dit soort nieuwe methoden een heel ander gezicht gekregen. Al deze verschillende technieken worden in het dagelijks leven vooral ook op andere faculteiten gebruikt, in heel andere takken van sport, om heel andere problemen aan te vallen. Maar als er één ding naar voren komt, dan is het wel dat de dagen dat paleontologie alleen een combinatie van geologie en biologie was, inmiddels al jaren achter ons liggen. Het ondervragen van fossielen doe je samen. Samen met collega's elders op het Science Park in Utrecht, en ver daarbuiten. En dus loop je opeens bij de faculteit tandheelkunde binnen, zit je in een academisch ziekenhuis met een dinobot op schoot in de wachtkamer, of sta je met een blok van 700 kilo tyrannosaurus schedel bij een industriële CT-scanner, een reusachtig apparaat dat normaliter in de auto-industrie gebruikt wordt. Het analyseren van slijtagepatronen op fossiel tandglazuur doen we nu met scanners die in de industrie de glijvlakken van kogellagers en de ruwheid van schuurpapier kwantificeren. De European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble komt niet alleen in de natuurkunde en de materiaalwetenschappen van pas, ook de beroemde oervogel van Teylers Museum mocht daar een paar jaar terug op audiëntie. Want met de mooiste röntgenstralen van Europa komen daar zelfs de kleinste details van botcellen in drie dimensies in beeld.

—

Misschien nog wel de aller-interessantste dinosaurusfossielen zijn geen resten van bot of tandglazuur, geen eiscaal of fossiel pigment. De fossielen die de dinosaurus misschien nog wel het mooist tot leven brengen zijn de pootafdrukken, de sporen die de kuddes, de roedels en de Einzelgängers uit de dinotijd ons nalieten. Want sporen zijn versteend gedrag. Sporen vertellen ons wáár de dino's liepen, of ze in kuddes leefden, hoe snel ze liepen, op hun achterpoten of op alle vier, of ze sprongen als kangoeroes (dat deden ze niet) en ook: *wie* er allemaal rondliep, welke soorten, hoe het ecosysteem er verder uitzag.



In deze wand in een steengroeve bij Sucre, Bolivia, zijn talloze pootafdrukken van dinosauriërs bewaard gebleven

‘Kan het zijn dat dit een dinosaurusspoor is?’ Die vraag landde begin 2005 volledig onverwacht uit Jemen in mijn mailbox. Eerder had ik in Oman dinosaurusfossielen opgegraven en beschreven, en zo was dat balletje gaan rollen. Een journalist uit Jemen vroeg zich af, na het zien van de film *Jurassic Park*, of de kuilen in de grond in zijn dorp misschien ook pootafdrukken van dinosauriërs konden zijn. Via-via kwam die vraag op de universiteit in Sana’a terecht, en met een omweg door Oman kreeg ik een mailtje, mét foto’s, van micropaleontoloog Mohammed Al-Wosabi uit Jemen. Dat was het begin van een bijzondere samenwerking. Een uitdagend leuke puzzel bovendien. Want het ging onmiskenbaar om dinosauruspootafdrukken, maar met de drie grote tenen was het wel de vraag met welke soort we precies te maken hadden. Veel van de grote vleesetende dinosauriërs kennen we van hun duidelijke ‘drieteen’-poten. Maar ook bij de zogenaamde ornithopoda, grote planteneters, kunnen we forse drieteen-pootafdrukken tegenkomen. De verschillen zijn soms minimaal, de kans op verwarring groot, en het maakt nogal wat uit of je bij een bordje met uitleg, een rondleiding, een les voor scholieren, je bezoekers vertelt dat hier een grote vleeseter à la *T. rex* voorbijgekomen is, of dat je met een soort grote koe uit het dinosaurustijdperk te maken hebt, een reusachtige planteneter.



Een drie-tenige dinosauriër liet in Jemen pootafdrukken na, die miljoenen jaren later weer door erosie aan de oppervlakte komen

De verschillen zijn subtiel, maar we hebben geprobeerd om alle onderscheidende details zo goed mogelijk te documenteren. Vlak naast de duidelijke drieteen-pootafdrukken troffen we ook nog wat grotere, ronde kuilen aan. Er is over diezelfde moddervlakte ook een kudde van minstens elf langnekdinosauriërs voorbijgekomen. Met voortvarend enthousiasme heeft de geologische dienst de site beschermd, en in het museum in Sana'a kregen de dinosaurussporen een speciaal plekje, mét een reconstructie van de maker van de sporen, een animatiefilm, uitleg en duiding.

Ik denk dat juist die dinosaurussporen zulke krachtige fossielen zijn, omdat ze op een heel begrijpelijke, toegankelijke manier de dinosaurusbotten die we zo goed kennen nog een extra laag, een extra dimensie meegeven. Het zijn fossielen die op een heel laag abstractieniveau, heel laagdrempelig uitnodigen tot spoorzoeken, tot interpretatie, tot het reconstrueren van een beeld van iets wat er niet meer is.

Daar willen we uiteindelijk toch op uitkomen. Dat we de uitgestorven dinosauriërs weer een heel klein beetje tot leven brengen. Dat we weten hoe ze er uitzagen, wat ze deden, hoe ze liepen, waar ze heen gingen, hoe ze ontstonden, diversificeerden, en uitstierven. Dankzij de inzet van zoveel nieuwe technieken is onze blik op de dinotijd inmiddels behoorlijk tot bloei gekomen. Ons beeld van het Mesozoïcum heeft zich letterlijk en figuurlijk ontwikkeld van een krasserige gravure via de spreekwoordelijke zwart-witfoto, tot een 4K-animatiefilm in kleur. We hebben in ruim anderhalve eeuw onderzoek de dinosauriërs al een heel stuk scherper in beeld gekregen, en er vallen steeds meer puzzelstukjes op hun plaats.

Uiteindelijk kristalliseert de nieuwe kennis die we opdoen over dinosauriërs en andere fossielen uit tot het basismateriaal waar *paleo artists* vervolgens mee aan de slag gaan, om alle kennis aantrekkelijk samen te vatten tot een pakkend beeld. Hoe de ontwikkeling van onze kennis van de oertijd zich vertaalt in het beeld van het verleden, was kort voor de covid-pandemie in schitterend detail te zien in de tentoonstelling 'Dinomakers' in Teylers Museum – een tentoonstelling waar ik inhoudelijk aan mocht bijdragen. Wat een verschil, tussen de slome, koudbloedige, hagedisachtige *Triceratops* in de charmante verbeelding van Zdeněk Burian, die er héél

anders uitziet dan de actieve, veel meer atletische dinosauriërs die we sinds de 'dinosaur renaissance' zo vanzelfsprekend vinden.

Ze zijn weliswaar al 66 miljoen jaar uitgestorven, maar dinosauriërs laten ook nu, vandaag de dag, nog steeds hun sporen na. Ik heb het dan niet meer over pootafdrukken in de modder. Ik heb het over indrukken, het beeld in onze hoofden. Ik heb het over pluche knuffels, over plastic dino's in de speelgoedkist, over Lego-dinosaurussen, en over het beeld als actieve, warmbloedige monsters op het bioscoopscherm en in games. En ik zie hun sporen nagloeien, in de vorm van inspiratie, enthousiasme, nieuwsgierigheid, geprikkeld in het theater, de musea, op wetenschapsfestivals, op scholen en universiteiten.

Wat voor rol spelen dino's in de Nederlandse samenleving van vandaag? Waarom 'doen' we dino's? De magie van dinosauriërs, dat is een open deur, staat volgens mij wel buiten kijf. Kijk naar het enthousiasme dat de opgraving en verwerving van de *Tyrannosaurus rex* door Naturalis



De mosasauriër *Prognathodon* kianda uit het Krijt van Angola; stap voor stap gereconstrueerd en nu te zien als een compleet skelet in het Smithsonian in Washington DC



Een skelet van Triceratops, in 2013-2018 opgegraven in Wyoming, USA, is de nieuwste aanwinst in de dinosauruscollectie van Naturalis

teweegbracht. Zo'n 23.000 kinderen adopteerden een stukje van het fossiel in de *Tientje voor T. rex*-actie. En de hulp bleef niet beperkt tot tientjes. Tijdens de razendsnel volgeboekte Tyrannosauruspuzzelweekends hielpen honderden kinderen mee om bij de kleinste botscherfjes van de *T. rex*-nek de passende tegenstukken te vinden. Het enthousiasme staat. Maar de magie, en daarmee ook het belang van dinosauriërs en vooral het enthousiasme daaromheen reikt verder.

Daarom ben ik ook zo blij met *MuseumJeugdUniversiteit*. Een prachtig initiatief waarbij musea overal in het land een collegeserie aanbieden. Colleges, alléén toegankelijk voor kinderen van 8 tot 12 jaar. Ouders moeten buiten blijven. Collegeseries waarbij deskundigen van in en rond het museum onderwerpen uit het museum, uit de collecties verder uitdiepen. Een paar jaar terug gaf ik een MuseumJeugdUniversiteitcollege in Naturalis, en één van de MJU-studenten, halverwege basisschoolleeftijd, schoot me na het college nog even aan. Hij wil later graag astropaleontoloog worden – omdat dat '[...] de twee leukste beroepen ter wereld combineert.' Hij wil als astronaut naar Mars, om daar in de rol van astropaleontoloog fossielen van buitenaards leven te zoeken.

Daarom ben ik ook zo blij met *Meet the Professor*, een geweldig initiatief van de Universiteit Utrecht, waar ik in deze functie nu ook een bijdrage aan mag leveren. Het is een initiatief waarmee we universiteit en basisschool verbinden. Basisscholen in en rond Utrecht krijgen een Utrechtse hoogleraar voor de klas, en vorige maand ging op één basisschool in Utrecht niet geheel verrassend de les ook over dinosauriërs.

Daarom moet ik in deze context ook zeker de rol van de *musea*, en museale presentaties nog een keer noemen. Een museum is een plek waar je die fossielen, die vondsten, die verhalen, de resultaten van het onderzoek, dichtbij en in het echt kunt meemaken. Waar je met je vragen terecht kunt, voor je spreekbeurt, voor je werkstuk. Waar je met je klas, je BSO, je feestje op ontdekkingsreis kunt, terug naar het verre, fascinerende verleden.

Daarom moet ik ook die uitmuntende gemeenschap van amateurverzamelaars benoemen. Of beter misschien, '*citizen scientists*'. In Nederland hebben we een uitgebreide groep liefhebbers, die individueel én georganiseerd in clubs als NGV, gea, WTKG, WPZ en allerlei andere

wergroepen de paleontologie in Nederland levend houden. Talloze nieuwe vondsten, nieuwe soorten, nieuwe ontdekkingen en nieuwe inzichten hebben we te danken aan de talloze bevlogen amateurs die duizenden, duizenden uren aan tijd en enthousiasme investeren op zoek naar nieuwe fossielen – en het verhaal daaromheen.

En juist daarom wil ik hier toch ook een ander fenomeen kort benoemen. Een, in mijn beleving, zorgwekkende ontwikkeling. Iets wat zich onder de vlag ‘*Niet gehinderd door kennis van zaken*’ waarschijnlijk het beste laat samenvatten. Want veel van het debat over belangrijke thema’s die ons in Nederland en ver daarbuiten bezighouden, wordt in mijn perceptie té weinig op basis van wetenschappelijke inzichten gevoerd. Veel mensen hebben een vooral een ‘*mening*’ over zaken als klimaat, vaccineren, stikstof, CO₂, homeopathie, covid-aanpak, wifi-straling of evolutie, om maar een paar thema’s te benoemen. Ik zet in deze context het woord ‘*mening*’ nadrukkelijk tussen aanhalingstekens. Want u zult begrijpen dat mijn zorg vooral betreft dat het hebben van die ‘*mening*’ en daadwerkelijke ‘*kennis van zaken*’ hier niet altijd volledig overlappen.

En daarmee komen we bij een nog belangrijker rol, een rol die paleontologie in het algemeen, en een dinosaurus in het bijzonder kan spelen. Want als mijn ervaring op dit vlak in musea, voor de klas, op wetenschapsfestivals en in de media mij in de afgelopen jaren één ding geleerd heeft, is het wel dat de paleontologie een bijzonder laagdrempelige en aantrekkelijke rol speelt in het prikkelen van de nieuwsgierigheid en het stimuleren van interesse in de natuurwetenschappen. Fossielen als een ‘*gateway drug to science*’, om één van mijn Amerikaanse collega’s te citeren. Want fossielen zijn echt, tastbaar, je kan ze zelf ontdekken, opgraven. Ze dagen je uit, ze activeren je, om zelf vragen te stellen, om zelf na te denken, om zelf een beeld te vormen, op basis van je eigen ontdekkingen, waarnemingen en vergelijkingen.

Daarnaast hebben dinosauriërs natuurlijk simpelweg de wind mee, immers, ze zijn groot en indrukwekkend, ze hebben een griezelverhaal-appeal zonder dat ze verzonnen zijn. Dichter dan met dit vak kan je bij tijdreizen niet komen.

Ik hoop in de komende jaren hier in Utrecht, samen met mijn collega’s in disciplines dichterbij en verder weg, de bril waarmee we terug in het verleden kijken nog net iets mooier op te poetsen, voor een nog scherpere blik naar toen en ver daarvóór. Wellicht vinden we hier en daar zelfs nog een slim, nieuw lensje, voor een nieuw perspectief of een mooier kleurtje, of kunnen we nog ergens een hardnekkig wolkje dichte mist uit het verleden wegblazen.

Hoe die bril er straks ook uitziet: ik hoop dat er veel studenten, promovendi, postdocs, scholieren, maar vooral ook het aller-breedste publiek doorheen zullen kijken. Allereerst natuurlijk hier binnen de universiteit, met de bachelor- en masters-cursussen die we hier geven, maar ook met de open dagen, met Studium Generale, met het wetenschapsweekend, met *Meet the Professor* en de MuseumJeugd-Universiteit, en met al die andere activiteiten waarmee we als universiteit ook buiten het Science Park *acte de présence* geven. Maar vooral ook in de samenwerkingen tussen de Universiteit Utrecht en alle partners daarbuiten. Want we doen het niet alleen, we brengen hier in Nederland onze dooie fossielen samen met de musea, de amateur-verzamelaars, de verenigingen, het onderwijs en de media weer tot leven.

Ik ben ervan overtuigd, dat als we met een scherpere blik in het verleden kunnen terugkijken, het verleden ons ook een spiegel voorhoudt – en ons op die manier ook de toekomst scherper op het netvlies brengt. Want dat is *anno nu* belangrijker dan ooit. Dit vak neemt ons niet alleen langs het voetspoor van de dino mee terug naar het verleden. De paleontologie biedt ons ook de blik in een broeikaswereld van lang geleden. Een duik in hete en verzuurde oceanen. Het neemt ons mee naar de vrieskou van de IJstijd. De paleontologie vertelt ons over aswolken en vloedgolven, over crises, over uitsterven, en over het opkrabbelen van ecosystemen ná die crises – en daarmee ook over de kwetsbaarheid én de veerkracht van biodiversiteit.

Ik heb gezegd.



Paleontoloog Anne Schulp (1974) studeerde Aardwetenschappen aan de Vrije Universiteit Amsterdam. Sporen van dinosauriërs én wetenschapscommunicatie hadden tijdens zijn studie zijn speciale aandacht. Na zijn afstuderen was hij tot 2014 als conservator verbonden aan het Natuurhistorisch Museum Maastricht, waar hij ook zijn proefschrift schreef. In 2006 promoveerde hij aan de Vrije Universiteit Amsterdam op de mosasauriërs uit het Maastrichtse Krijt. Sinds 2013 is hij verbonden aan het nationaal natuurhistorisch museum Naturalis Biodiversity Center in Leiden. Bij Naturalis had hij in de afgelopen jaren de inhoudsontwikkeling van de nieuwe dinosauruszaal en de tentoonstellingszaal over de evolutie van de mens onder zijn hoede. Voor de nieuwe dinosauruszaal groef hij de skeletten van een *Tyrannosaurus rex* en *Triceratops* op.

Anne Schulp deed opgravingen in Angola, Jemen, Oman, Kenia, Frankrijk, Spanje, Portugal, Roemenië, Egypte, de Verenigde Staten, en Winterswijk en Maastricht. Hij verdeelt zijn tijd nu tussen Naturalis Biodiversity Center in Leiden, waar hij als onderzoeker aan verbonden is, en de faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht. Daarnaast is hij honorair conservator van de paleontologische collectie van Teylers Museum in Haarlem.