



Universiteit
Leiden

The Netherlands

De wortels en vruchten van ons primatenbrein

Janmaat, K.R.L.

Citation

Janmaat, K. R. L. (2022). *De wortels en vruchten van ons primatenbrein*. Leiden: Universiteit Leiden. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3567337>

Version: Publisher's Version

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3567337>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Prof.dr. Karline R. L. Janmaat

De wortels en vruchten van ons primatenbrein



Universiteit
Leiden

Bij ons leer je de wereld kennen

De wortels en vruchten van ons primatenbrein

Oratie uitgesproken door

Prof.dr. Karline R. L. Janmaat

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar ‘Cognitieve gedragsecologie’,
bijzondere leerstoel vanwege de Stichting tot Instandhouding van
de Diergaarde van het Koninklijk Zoölogisch Genootschap Natura Artis Magistra
aan de Universiteit Leiden
op vrijdag 10 juni 2022



**Universiteit
Leiden**

*Georg Friedrich Händel (1685 - 1759). Solomon, HWV 67 / Act III - Sinfonia "Arrival of the Queen of Sheba",
op orgel gespeeld door universiteitsorganist Jan Verschuren.*

Illustratie: Irene Goede

Mevrouw de Rector Magnificus, zeer gewaardeerde toehoorders,

U allen heet ik van harte welkom bij deze bijeenkomst in het kader van mijn benoeming tot bijzonder hoogleraar in de Cognitieve Gedragsecologie aan de Universiteit Leiden, gefinancierd door de Stichting tot Instandhouding van de Diergaarde van het Koninklijk Zoölogisch Genootschap Natura Artis Magistra.

Het is een bijzondere dag voor mij die niet mogelijk was geweest zonder de inzet van zeer veel mensen en ik begin daarom graag met woorden van dank. Mam, Ivar, dank voor de vrijheid en voor het zelfvertrouwen dat jullie mij gegeven hebben om het werk te doen waarvan ik houd. Na een lang verblijf in Indonesië, Schotland, Ivoorkust, Oeganda, Duitsland en Congo was er altijd een veilig thuis voor mij in Amsterdam. Een thuis waar nu ook jij, Marcel, mij steunt als geen ander. Veel dank gaat uit naar Haig Balian, János Szánthó, Marijke Besselink, Hans Reinders en mijn collega's aan de Universiteit van Amsterdam, Martijn Egas, Annemie Ploeger, Tjitske Sijbrandij en Sylvia Witteveen in het bijzonder. Ik dank ook vooral Mariska Kret, Sander Nieuwenhuis, Cor van Zadelhoff, Rembrandt Tutorius, de leden van het curatorium, onder wie Liesbeth Sterck en Carel ten Cate en alle mensen achter de schermen in Leiden die deze leerstoel verwezenlijkt hebben zoals Philip Spinhoven, Michel Westenberg, Paul Wouters en Gilles van Wezel. Jullie inzet en steun heeft enorm veel indruk op mij gemaakt. Als laatste dank ik hier mijn studenten omdat jullie, meer dan wie ook, met frisse inzichten en enthousiasme mij de dieren beter hebben doen begrijpen.

Geboren en getogen in Amsterdam was ik al vroeg gefascineerd door de dieren in ARTIS. Misschien was het vooral het exotische dat mij boeide. Het gigantische oranje orang-oetan mannetje, de wilde honden die 's avonds laat met je mee renden, en de rode vari's met hun pluizige vacht die ik als kleine meid soms stiekem aanraakte als ze dicht tegen het gaas aanzaten. De bezoeken aan ARTIS maakten mij nieuwsgierig

naar wat er in het hoofd van dieren omgaat, naar de plek waar ze ver van Amsterdam in het wild leven en wat ze daar dan doen.

Dierentuinen spelen van oudsher een belangrijke rol bij de ontwikkeling van kennis over dieren. Zo was het Frits Portielje die in ARTIS in 1916 tot het inzicht kwam dat Mafuka, een populaire aap die vaak op een stoeltje in de zon zat, geen chimpansee was¹. Dertien jaar later kreeg het dier de naam 'dwerghchimpansee' en later 'bonobo', een soort die samen met de chimpansee onze meest naaste nog in leven zijnde verwant bleek te zijn.

In 1961 publiceerde professor Adriaan Kortlandt in het ARTIS tijdschrift over zijn onderzoek naar het gedrag van chimpansees in hun Afrikaanse habitat². Op grond van zijn bevindingen gaf hij advies aan ARTIS over de verzorging van de dieren³. Hij bestudeerde de dieren zelf vanuit een 40 meter hoge observatietoren en bezocht veldonderzoekers over heel het continent Afrika plus een groot aantal dierentuinen⁴. Hij raakte gefascineerd door de verschillen tussen apensoorten en hun populaties. Kortlandt was er als een van de eerste Nederlandse psychologen van overtuigd dat meer kennis van onze naaste verwanten ons zou kunnen helpen ons eigen gedrag beter te begrijpen.

Het werk van Kortlandt en zijn tijdsgenoot Niko Tinbergen⁵ heeft mij geïnspireerd en daarom draagt deze rede de titel "De wortels en vruchten van ons primatenbrein". Mijn eerste vraag luidt: Wat zijn de evolutionaire wortels van onze cognitie, van de mechanismen in onze hersenen die ons helpen informatie te verzamelen, op te slaan en erop te reageren, in de vorm van gedrag. Om de oorsprong van onze cognitie beter te begrijpen bespreek ik het onderzoek van mijn voormalige team bij het Max Planck Instituut en de plannen voor toekomstig onderzoek binnen mijn CoBEco lab. Ik gebruik de volgende twee grote vragen als uitgangspunt. Ten eerste: Waar dienen cognitieve vermogens voor - wat is eigenlijk hun evolutionaire

functie? En ten tweede: Waar komen onze cognitieve vermogens vandaan - zijn ze uniek menselijk of hadden de voorouders van de mens, van de chimpansee en de bonobo ook soortgelijke vermogens? Daarna spreek ik over wat de vruchten van ons primatenbrein zijn. Wat kunnen we met dit 'energievretende' orgaan allemaal doen? Wat is de invloed van ons leefmilieu op de ontwikkeling en rijping ervan? Tot slot bespreek ik kort hoe het onderzoek binnen het raamwerk van deze grote vragen ons kan helpen een duurzame toekomst te genereren.

Binnen deze leerstoel richt ik mij vooral op het gebruik van cognitie bij het foerageren. Hoe interessant we al het andere ook vinden, voedsel is toch de primaire behoefte van elke primate. Zoals Maslow⁶ het in 1943 verwoordde: "For the man who is extremely and dangerously hungry no other interests exist but food, he emotes only about food, he perceives only food and he wants only food."

De mens is een primate, en net als alle andere 504 primatensoorten op deze wereld⁷, beschikken wij over een groot aantal fysieke eigenschappen die helpen bij het vinden van voedsel. Gespecialiseerde ogen die door dichte vegetatie kunnen speuren; een reukorgaan dat gevoelig is voor geurend fruit; handen die kunnen grijpen en plukken en gespierde achterbenen die ver kunnen springen^{8,9,10}. Deze eigenschappen maken het mogelijk snel energierijke vruchten te detecteren, te benaderen en te plukken, zelfs in dichtbegroeid en nog onbekend gebied⁹. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een lange co-evolutie tussen primaten en vruchtdragende planten, de bedektzadigen die zo'n 56 miljoen jaar geleden is begonnen¹¹.

Het vinden van voedsel is desondanks geen eenvoudige opgave. In een tropisch woud kan vooral rijp fruit, de meest energierijke voedselbron voor de meeste primaten, uiterst schaars zijn. Om voedsel te kunnen vinden kun je als primate gebruik maken van sensorische kennis (hoe ruikt voedsel en

hoe ziet het eruit?), ruimtelijke kennis (waar moet je heen en hoe?) en notie van tijd (wanneer ga je er heen en wanneer kom je terug?). Belangrijk is tevens te beschikken over goede ecologische kennis. Om te weten hoeveel voedsel er bij een bron aanwezig is, moet je ervan op de hoogte zijn hoeveel inmiddels al kan zijn opgegeten door andere dieren, of hoeveel er nieuw geproduceerd is. Ten slotte kan het helpen gebruik te maken van sociale kennis (wat weten groepsleden en waar willen ze naar toe?)¹².

Door mijn interesse in zowel dieren als planten heb ik vooral de ecologische kennis van primaten onderzocht. Ecologen weten dat een fruitboom in het regenwoud een voortdurend veranderende voedselbron is: vruchten worden opgegeten, nieuwe fruitseizoenen starten en niet iedere boom produceert elk jaar evenveel fruit. Welnu: Hoe weten primaten welke boom op welk moment de meeste rijpe vruchten draagt?

Vroeger moedigde het zien van de eerste rijpe bramen mij aan samen met mijn moeder naar een gebied te fietsen waar veel bramenstruiken stonden. Het is bekend dat ook de primaten in het regenwoud de ontdekking van vruchten in een boom als een indicator gebruiken voor de aanwezigheid van vruchten in andere bomen van dezelfde soort¹³. Maar in vergelijking met andere habitat varieert in een regenwoud de kans dat planten simultaan vrucht dragen sterk tussen de soorten. Sommige vijgensoorten bijvoorbeeld produceren asynchroon¹⁴. De ene vijgenboom produceert vruchten in januari, de andere in augustus. De ontdekking van vijgen garandeert derhalve niets omtrent de vindplaats van meer vijgen in een regenwoud.

Deze ecologische kennis bood mij de mogelijkheid te testen of chimpansees in staat zijn tot kans-berekenen. Kunnen zij schatten welke van de 150 plantensoorten uit hun dieet simultaan fruit dragen en dat de kans op het vinden van fruit bij bepaalde soorten groter is dan bij andere? Het was een uitdaging de aanwezigheid van zulk vermogen bij chimpansees te onderzoeken. De soort is ernstig bedreigd¹⁵.

Voederexperimenten zijn riskant vanwege ziekteoverdracht, dus we konden enkel observeren. Om toch onze vraag te kunnen beantwoorden maakten wij gebruik van een uniek gedrag: het inspecteren van bomen. In het veld noteerden we wanneer de chimpansees stil stonden en omhoog keken naar de bladerkroon en ik was daarbij vooral geïnteresseerd in de momenten waarop ze niets vonden (informatieve missers). In deze bomen zat geen fruit, dus waarom keken ze omhoog? Juist deze inspecties gaven mij, zonder ook maar één experiment te hoeven doen, een inkijk in hun verwachtingen en dus in hun ecologische kennis. De chimpansees bleken vooral lege bomen van synchrone soorten te inspecteren waarbij de kans op het vinden van fruit relatief groot is¹⁶. Geïnspireerd door dit werk vonden we dat andere apensoorten zoals brulapen in Mexico in eenzelfde context ook hun kansen op het vinden van vruchten van tevoren inschatten¹⁷.

Zoals altijd in de wetenschap genereert elk antwoord een nieuwe vraag. Gaan primaten naar willekeurige bomen binnen een synchroon vruchtdragende soort of onderscheiden ze individuele bomen? Ik stelde deze vraag omdat uit ecologische data blijkt dat bepaalde bomen met een veel grotere betrouwbaarheid fruit dragen dan andere. Sommige bomen van een voor de chimpansee interessante voedselbron, de *Parinari excelsa*, dragen bijvoorbeeld slechts vier keer per elf jaar rijpe vruchten, terwijl andere bomen bijna elk jaar fruit produceren. Ook produceren bepaalde bomen consistent meer fruit dan andere¹⁴. Deze ecologische kennis bood wederom een mogelijkheid te testen of chimpansees kennis hebben van deze verschillen in productiviteit, voorts of ze daarbij een langetermijngeheugen gebruiken om hun kans te vergroten fruit te vinden in individuele bomen. Hoe toon je dat aan met uitsluitend observeren?

Bij geheugenexperimenten manipuleer je als onderzoeker de informatie die dieren krijgen en kijk je hoe ze daarop reageren. Bijvoorbeeld, je biedt een rood en een blauw kopje aan en onder het rode kopje ligt telkens een rijpe druif. Je kunt dan

testen of de dieren op basis van een langetermijngeheugen na verloop van een jaar nog steeds een rood kopje associëren met de aanwezigheid van een rijpe druif. In het regenwoud was het aanbieden van gekleurde kopjes met verborgen druiven geen optie. We maakten daarom gebruik van de informatie die de natuur zelf aanbiedt. Je registreert dan de potentieel beschikbare informatie (bijvoorbeeld de hoeveelheid fruit die een chimpansee in voorgaande jaren in een boom heeft gegeten) vóór de start van de observaties. Vervolgens kijk je hoe de dieren reageren als ze in de buurt komen van de betreffende boom en dus van de bijbehorende informatie. Hierbij is het essentieel dat je ook registreert wat de dieren níet doen. Traditioneel wordt er bij veldonderzoek naar primaten enkel gekeken naar wanneer apen wél reageren op stimuli. Eet de aap het voedsel in de boom waarin hij zit en vlooit hij met degene die naast hem zit? Elke experimentele wetenschapper echter weet dat het belangrijk is zowel de afwezigheid van reacties te registreren als de aanwezigheid. Door te meten wanneer de chimpansees bepaalde bomen níet inspecteerden konden we een ‘inspectiekans’ berekenen en onderzoeken of er een grotere kans bestond dat zij bomen inspecteerden waarvan zij in voorgaande jaren meer fruit hadden gegeten¹⁸. We konden daarmee aantonen dat chimpansees zich de productiviteit van individuele bomen over een tijdspanne van tenminste een jaar kunnen herinneren¹⁹. Uit ons onderzoek bleek dat chimpansees erop kunnen anticiperen bij welke boomsoort en bij welke individuele boom ze de meeste kans hebben voedsel te vinden. Maar wat gebeurt er nadat ze een boom met voedsel gevonden hebben? Wanneer keren ze terug? En: ‘plannen’ ze hun terugkomst?

Deze vragen werden beantwoord door een onderzoek dat niet echt ‘gepland’ was. Voor het aantonen van een langetermijngeheugen moesten wij de chimpansees elke dag continu volgen. Zodoende konden wij een compleet beeld krijgen van de ervaringen die ze bij voedselbomen hadden opgedaan binnen fruitseizoenen. Dit was in lijn met eerder onderzoek naar mangabey apen, waarbij we twee apengroepen

ieder 100 dagen lang elke dag volgden²⁰. Hierbij toonden we aan dat de apen, vóór zij een vruchtdragende vijgenboom weer eens bezoeken, de hoeveelheid zonschijn en het effect daarvan op het rijpen van het fruit in ogenschouw nemen²¹. Het langdurig volgen van dieren in een dicht begroeid woud biedt inzicht in hun persoonlijke informatie, maar is een serieuze uitdaging - in het bijzonder bij chimpansees die vaak snel en alleen reizen.

Om te voorkomen dat de chimpansees al weg waren voordat wij bij hun slaapnesten aankwamen, moesten we daar vóór zonsopgang arriveren. Omdat we er zo vroeg waren, vroeger dan de andere onderzoekers in het verleden, zagen we voor het eerst dat de dieren op bepaalde dagen hun nest verlieten voor de zon opkwam. Bij het maanlicht volgden wij de chimpanseeschimmen totdat zij in een vijgenboom klommen en daar vóór de komst van de vogels en de kleinere apen gingen ontbijten. Vijgen zijn bijzonder populair bij heel veel dieren in het bos en worden het meest gegeten van alle plant genera²². Waarschijnlijk omdat de vijg een makkelijk eetbare voedselbron is en met een grote hoeveelheid vezels snel de honger stilt. Vijgenbomen zijn sneller leeggegeten dan andere bomen²³. De ontdekking van deze zeer vroege vertrektijden en de grote verschillen in populariteit tussen fruitsoorten stelde ons in staat aan te tonen dat chimpansees hun ontbijt plannen om de concurrentie vóór te zijn. Bovendien leken ze rekening te houden met hun reistijd. Zij vertrokken vroeger om te ontbijten in vijgenbomen dan voor de fruitsoorten waar minder om geconcentreerd wordt, maar: alléén als deze ver van de slaapnesten stonden. Hierdoor konden we aantonen dat chimpansees flexibel kunnen plannen en verschillende factoren afwegen bij het nemen van hun besluit hun nesten te verlaten²³. Kortom: wat wij in gewone taal 'nadenken' zouden noemen. Daarnaast toonden we aan dat chimpansees de avond voor hun vertrek hun slaapnesten meer in de richting van hun ontbijtboom maakten als ze vijgen gingen eten, maar niet als ze ander voedsel aten²³. Chimpansees handelen dus niet alleen met een actuele motivatie, maar 'plannen' ook voor de toekomst!

Het meest opvallend bij onze observaties was wel dat de chimpansees op sommige ochtenden urenlang in hun nesten bleven liggen als ze een ontbijt gingen eten waarom minder geconcentreerd werd. Een verklaring daarvoor zou kunnen zijn dat vroeg opstaan risico's met zich mee brengt. Slangen en luipaarden zijn immers actief in de schemer. Een lange, koude en vaak regenachtige nacht maakt waarschijnlijk wel hongerig. Het lang in hun nesten blijven kan daarom wijzen op een zekere mate van zelfcontrole. Dat wordt niet vaak bij dieren aangetoond. Alexandra Rosati en collega's vonden met experimenteel onderzoek in dierentuinen dat chimpansees maar hooguit twee minuten willen wachten als ze daardoor de mogelijkheid krijgen vervolgens meer voedsel te bemachtigen. Kleinere apen bereiken dit kantelpunt al na een paar seconden²⁴. Wachten is moeilijk, ook voor mensen: beter nu iets, dan later mogelijk niets.

Door disciplines als Ecologie en Psychologie te verbinden, kunnen we nieuw inzicht verwerven in de functie en adaptieve waarden van ons cognitief vermogen. Door dat van dieren in hun natuurlijke habitat te onderzoeken leren we in welke context zij dit vermogen gebruiken. Dit biedt uniek inzicht in waarvoor onze gemeenschappelijke voorouders cognitieve vermogens tot het schatten van kansen, tot het gebruiken van een langetermijngeheugen, tot flexibel plannen en het inhiberen van onmiddellijke verlangens zouden kunnen hebben gebruikt en welke voordelen die vermogens opleverden¹⁸.

Ik zie binnen het kader van deze leerstoel mooie kansen en mogelijkheden voor samenwerking tussen psychologen, ecologen en theoretisch biologen. Aan de hand van de unieke data van regenwoudprimaten, kunnen we simulatiemodellen maken waarmee de voor- en nadelen van bepaalde cognitieve vermogens kunnen worden onderzocht. Wij behoren mogelijk tot de laatste generatie onderzoekers die dit inzicht nog kunnen genereren en die een beter idee kunnen krijgen van onze evolutionaire geschiedenis. Het regenwoud verdwijnt

namelijk in rap tempo. In de afgelopen 30 jaar is een aardoppervlak ter grootte van zes en een half maal Frankrijk ontbost²⁵.

Nu ik de functie van cognitie aan de orde heb gesteld, beland ik bij de vraag waar onze cognitieve vermogens vandaan komen. Welke vermogens zijn uniek voor de mens en welke delen we met 504 andere primatensoorten op deze wereld? Door te onderzoeken welke primatensoorten, maar ook andere diersoorten, bepaalde vermogens wel of niet bezitten, kunnen we ontdekken op welke momenten in de tijd ze geëvolueerd zijn²⁶. Zulke vergelijkende fylogenetische stamboomstudies staan nog in de kinderschoenen. Omdat volledige kennis van de cognitieve vermogens van dieren nog ontbreekt, gebruiken onderzoekers vaak de verschillende afmetingen van het hersenvolume, aan de hand van schedelmetingen, als een proxy voor cognitie²⁷. Dergelijke studies kunnen tevens inzicht geven in de energiehuishouding van cognitie. Zo stelden collega-onderzoekers vast dat primaten, maar ook vogel- en vleermuissoorten met grote hersenen meer fruit in hun dieet hebben dan soorten met kleinere hersenen^{10,28}. Mogelijk heeft de toegang tot energierijk fruit individuen in de loop van de evolutie in staat gesteld zich grotere hersenen te veroorloven en werden ze door de groei van bepaalde hersengedeelten, zoals de hippocampus en het cerebellum, ook steeds beter in het vinden van vruchten²⁹. Dit staat bekend als een 'positieve feedbackloop'.

Wat mij blijft fascineren bij deze vergelijkende studies is de vraag waarom primaten een zo grote variatie in hersengrootte vertonen²⁶. Maar vooral waarom de hersenen van de mens zo enorm zijn - drie keer zo groot als die van onze meest naaste nog levende verwanten: de chimpansees en de bonobo's³⁰. De vraag hoe de mens zich dit hersenvolume kan veroorloven heeft in de wetenschap tot veel uiteenlopende theorieën geleid. Het verbreden van het dieet, het verbeteren van de technieken voedsel te verwerken en het vermogen van anderen te leren zouden een rol kunnen spelen³¹. Maar vooral het gezamenlijk

grootbrengen van kinderen door beide ouders, alsmede de grootouders, broers en zussen in combinatie met het dagelijks terugkeren en bevoorraden van eenzelfde gezamenlijke overnachtingsplek worden genoemd als factoren die de mens aan de benodigde energie hebben geholpen voor het ontwikkelen van een zo groot brein³². De theorieën richten zich vooral op de rol die volwassenen spelen bij de ontwikkeling van een menskind.

In het kader van vergelijkend onderzoek ben ik in 2015 met een team naar de Republiek Congo gereisd. Ik heb daar geobserveerd hoe mensen die in eenzelfde bos zijn opgegroeid als chimpansees hun voedsel vinden. In dit regenwoud kregen we met hulp van een antropologe toestemming van vijf BaYaka vrouwen om dagelijks met hen en hun kinderen mee te reizen op hun zoektocht naar voedsel. Wij zagen dat kinderen 50% van hun tijd zonder volwassenen naar voedsel zochten³³. Dat riep bij mij het idee op dat niet alleen volwassenen, maar ook kinderen zelf een bijdrage kunnen leveren aan de groei van hun lichaam en hersenen. We zagen dat de kinderen vooral fruit verzamelden door soms 30 meter hoog in bomen te klimmen³³. Waarschijnlijk omdat zij op hun leeftijd nog niet de kennis en kracht of de toegang tot gereedschap hebben om voedsel zoals knollen en noten te verzamelen of te jagen.

Er is een schat aan studies die aantonen dat kinderen een overdreven voorkeur voor zoet voedsel zoals fruit hebben³⁴. Ik vraag mij af hoe uniek de mens daarin is. Is het mogelijk dat hun jeugdige voorkeur voor zoet eten kinderen stimuleert als peuter of kleuter zelfstandig te foerageren, zodat de moeder zonder afleiding zelf op pad kan gaan? Is deze eigenschap uniek voor de mens en heeft deze ertoe bijgedragen dat zijn hersenen zich tot een zo fors volume hebben geëvolueerd? Binnen het kader van deze leerstoel onderzoeken we deze vraag door de uitzonderlijke voorkeur voor zoet voedsel van kinderen te vergelijken met die van andere primatenjongen. Hiertoe stimuleren we in ARTIS jonge en oude gorilla's en mandrils tot het draaien aan buizen om daaruit zoet of minder

zoet voedsel te kiezen. De verwachting is dat jonge primaten meer voorkeur hebben voor suikerrijk voedsel dan oudere – maar: alleen bij soorten met relatief grote hersenen, waartoe ook de mens behoort.

Hoewel ik er niet aan twijfel dat onze grote hersenen veel mogelijk hebben gemaakt, vraag ik mij af of het hersenvolume dan wel de relatieve afmeting van delen van de hersenen zoals de neocortex, een goede maatstaf is voor het beschikken over bepaalde cognitieve vermogens³⁵. Mannen hebben gemiddeld grotere hersenen dan vrouwen³⁶, maar ja, hoor ik u denken, wat zegt dat?

Voor het beantwoorden van de vraag waar onze cognitieve vermogens vandaan komen, ontbreekt het nog steeds aan voldoende kennis omtrent de verschillen en overeenkomsten van cognitieve vermogens tussen diersoorten. Deze kennis kunnen we genereren met gedragsonderzoek naar de beslissingen van dieren en hun reactie op de informatie die zij krijgen aangeboden. Dit kan met dieren in het wild via analyses van reisroutes en foerageerkeuzes, waarover ik u reeds verteld heb. We weten dat er een nog ongebruikte bron van reisdata van maar liefst 164 wilde primatenpopulaties klaar ligt voor vergelijkend onderzoek. Hieraan wil ik binnen mijn leerstoel graag aandacht besteden³⁷.

In 2018 hebben we een eerste stap gemaakt met het vergelijken van het navigatievermogen van twee primatensoorten, de mens en de chimpansee. We analyseerden dagelijkse reisroutes van beide soorten gedurende 510 dagen in het regenwoud. In de eerste plaats namen wij waar dat beide soorten gebruik maken van een netwerk van paden tijdens het reizen tussen verschillende voedselbronnen. Primaten, en vooral mensen die als jagers en verzamelaars leven, de BaYaka, maken gebruik van gebaande paden en zijn behoorlijk honkvast³⁸. Onze tweede waarneming betrof het gevolgde traject. Zowel de vrouwen bij de BaYaka als de chimpansees liepen uitermate rechtlijnig naar voedselbronnen ook als dit buiten het padennetwerk lag³⁸.

Al deze vrouwen hadden een uitstekend navigatievermogen. Verschillen tussen mens en chimpansee vonden we pas toen we keken naar het effect van de groeps grootte op de rechtlijnigheid van de reisroutes. Naarmate de grootte van hun groep toenam, liepen de BaYaka-vrouwen rechter op hun doel af. Dit in tegenstelling tot de chimpansees. In een grotere groep van chimpansees bleken de routes juist minder lineair te zijn³⁸.

Toen mijn PhD studente mij deze resultaten liet zien moest ik onmiddellijk denken aan mijn observaties in het bos. Dikwijls verlieten de chimpanseevrouwen een voedselboom in een bepaalde richting, stopten, keken om en wachtten dan een eindje verderop. Een andere chimpansee kwam dan na enige tijd uit dezelfde boom, maar liep in een andere richting weg en ging ook zitten wachten. Tenslotte liep de een toch naar de ander toe. Dit kiesproces kon minutenlang duren en vaak dacht ik: konden jullie maar beraadslagen. Iets in de trant van: “Ik weet dat je die kant op wilt, maar ik was daar gisteren en het fruit is op, laten we deze kant op gaan!”. Het evalueren van elkaars kennis lijkt niet eenvoudig zonder menselijke taal. Toch geloof ik dat chimpansees voordeel kunnen ondervinden van de kennis van een groep, vooral in onbekend gebied. Zo zien we dat bonobo's minder geneigd zijn een samenkomst met een buurgroep te beëindigen als een van de twee groepen minder bekend is met de omgeving³⁹. Ook zien we dat geïmigreerde mangabey apen hun nieuwe groepsgenoten op nauwe voet volgen⁴⁰.

Het is dus mogelijk cognitieve vermogens tussen soorten primaten in hun natuurlijke habitat met elkaar te vergelijken. Maar voor het testen van deze vermogens bij specifieke soorten bieden juist dierentuinen veel nog onbenutte mogelijkheden. Zij huisvesten bijna een kwart van alle primatensoorten op deze wereld. Omdat ARTIS op dit moment maar liefst 16 primatensoorten in huis heeft⁴¹, heb ik daar een begin gemaakt met het testen van het vermogen van mandrils om tijdsintervallen te leren. Het is lastig dit te onderzoeken in het

natuurlijke habitat, ook omdat er momenteel geen van origine natuurlijke mandrilpopulatie aan mensen gewend is.

Door in ARTIS gedurende 113 achtereenvolgende dagen met verschillende tijdsintervallen voedsel op verschillende plekken in het mandrilverblijf onder de grond te verstoppert, hebben we kunnen aantonen dat mandrils in staat zijn tweedaagse tijdsintervallen te leren⁴². Dit onderzoek is een uitstekend voorbeeld van wat ik met deze leerstoel wil bereiken. Het geeft namelijk niet alleen een uniek inzicht in de cognitieve vermogens van een primatensoort, maar het daagt de dieren ook uit tot natuurlijk foeragegedrag, namelijk het graven naar voedsel. Het past daardoor heel mooi bij ARTIS' onderzoek naar diergedrag ten behoeve van gedragsverrijking. Foerageertaken hebben de charme uitermate eenvoudig te zijn, maar geven de dieren een belangrijke controle over hun voedselvoorziening. Hun eigen actie brengt iets teweeg: een lekker hapje. Het gevoel controle te hebben over je leven lijkt essentieel voor het welzijn van elk dier, waaronder de mens⁴³. Soortgelijk onderzoek loopt nu ook bij de gorilla's en de rode vari's en zal binnen deze leerstoel worden uitgebreid.

Vergelijkend onderzoek tussen dierpopulaties stelt ons in staat de variatie in vermogens te onderzoeken. Variatie is de essentiële basis van evolutionair onderzoek⁴⁴. Het biedt inzicht in lokale adaptaties en het bevordert ons begrip van de wijze waarop evolutie 'werkt'⁴⁵. Bovendien geeft vergelijkend onderzoek ons antwoord op de tweede grote vraag binnen mijn leerstoel: wat zijn de vruchten van ons brein? Binnen dat kader onderzoek ik ook de rijping van deze vruchten - welke invloed heeft de omgeving op de ontwikkeling van cognitieve vermogens? Dit is een enorm uitdagend onderzoeksveld dat ik met enige voorzichtigheid betreed.

In Congo ben ik begonnen met onderzoek naar de vruchten van ons brein. Wij vroegen de BaYaka ons bekende, ver weg gelegen locaties aan te wijzen. Zodoende kwamen we erachter dat mensen niet alleen een uitzonderlijk richtingsgevoel

kunnen ontwikkelen -met een gemiddelde foutmarge van maar 6 graden-, maar ook in staat zijn de zonnestand te gebruiken om zich te oriënteren⁴⁶. We zagen dat de kinderen bij het zoeken naar voedsel in een hun minder goed bekend gebied een grotere aanwijfsfout maakten als het bewolkt was dan wanneer de zon zichtbaar was. Als we deze zelfde studie enkel in Amsterdam hadden gedaan, dan zouden we het menselijk vermogen tot oriënteren zeer waarschijnlijk zwaar hebben onderschat.

Onderzoek naar het gedrag van dieren die in dierentuinen zijn opgegroeid kan een beter beeld geven van de cognitieve capaciteit van een soort. Een aantal gedragingen van dieren in dierentuinen fascineert veldprimatologen in hoge mate. Gorilla's, die we in het wild nog nooit gereedschap hebben zien gebruiken om voedsel te extraheren⁴⁷, peuten in ARTIS met takjes pindakaas uit een replica-termietenheuvel. Door dit soort observaties kunnen we inzicht verkrijgen in de omgevingsfactoren die ervoor zorgen dat het vereiste vermogen voor het gebruiken van gereedschap -denk aan het leggen van causale verbanden of het hebben van inzicht- zich ontwikkelt en/of wordt toegepast. Een tweede voorbeeld is het fascinerende gedrag van mensapen die noodgedwongen door mensen zijn grootgebracht. De 'gecultiveerde' chimpansee Amber in ARTIS blaast regelmatig haar warme adem tegen het glas om daar vervolgens, net als de vele kinderen die haar bezoeken, iets met haar vinger in de gecondenseerde adem te 'tekenen'. Er is nog steeds geen bewijs dat chimpansees die niet door mensen zijn opgevoed mensen kunnen imiteren⁴⁸. Zulke observaties geven daarom veel inzicht in de rol die jeugdervaringen kunnen spelen bij de ontwikkeling van cognitieve vermogens, zoals het kunnen imiteren van een andere soort, zoals de mens^{48,49}.

Deze leerstoel geeft mij een gelegenheid mijn onderzoek naar de cognitieve vermogens van primaten in hun natuurlijke habitat uit te breiden door ook diezelfde vermogens bij de primaten in ARTIS te onderzoeken. Hoe moet dit

worden aangepakt? Het liefst observeer je dan de reactie op vergelijkbare stimuli van in het wild levende dieren met die van dieren in ARTIS. Ik wil dat doen door gebruik te maken van een combinatie van de nieuwste virtuele 3D- en touchscreen-technologieën en een oeroud fysiek instrument waarover alle primaten beschikken: vingers.

Vanaf 2018 gaven we de chimpansees en bonobo's de mogelijkheid op vrijwillige basis met hun vingers via een touchscreen in een virtuele 3D-omgeving naar fruit te zoeken⁵⁰. De gegevens betreffende locatie en tijd van onze digitale foerageertaken waren identiek aan die, die mijn GPS genereerde toen wij de dieren in het regenwoud volgden. Virtuele 3D-omgevingen maken het daarom mogelijk de cognitieve vermogens van populaties, gebruikt voor het vinden van voedsel, met elkaar te vergelijken. Tevens stellen zij ons ertoe in staat de foerageerkeuzes van verschillende soorten, zoals chimpansees en mensen, te vergelijken binnen de parameters van identieke digitale omgevingen.

Ook bij dit type digitaal en interactief onderzoek zijn de voordelen meervoudig. Wij krijgen inzicht in de overeenkomsten en verschillen tussen primatenpopulaties en mogelijke effecten van de omgeving op de ontwikkeling ervan. Tegelijkertijd geven we de dieren, als ze dat willen, controle over hun eigen voedselvoorziening. Maar er is ook een ander belangrijk voordeel. De tropische regenwouden verdwijnen in een rap tempo. Zestig procent van alle primatensoorten op deze wereld wordt met uitsterven bedreigd⁵¹. Dierentuinen functioneren als een belangrijk reservoir voor deze bedreigde soorten^{52,53}; zij beschermen een deel van onze evolutionaire geschiedenis en zijn als het ware het symbool van ons Natuurlijke Geweten.

Het mag iedereen duidelijk zijn dat de ruimte die dierentuinen kunnen bieden aan de primaten niet kan worden vergeleken met de ruimte die hun in het wild ter beschikking staat. De verwachting is daarom dat hun vermogens tot oriëntatie en

navigatie onderontwikkeld zijn. 3D touchscreen-technologie wordt momenteel ingezet om mensen die een infarct hebben gehad te trainen weer op straat te navigeren^{54,55}. Op een zelfde wijze kunnen we de ARTIS primaten trainen om zich te oriënteren in een digitaal regenwoud. Zo kunnen dierentuinen alvast ex situ een mettertijd succesvol herintroduceren van in het wild uitgestorven soorten voorbereiden^{56,57}. Vanuit dat oogpunt zijn deze trainingen misschien wel belangrijker dan we nu durven denken! Samen met studenten van de TU Delft bouwen we daarom een digitaal tweeling bos, gebaseerd op de GPS locaties van 15,876 bomen die ik tijdens mijn veldwerk in Ivorkust in kaart heb gebracht¹⁹.

Naast vergelijkend onderzoek naar ruimtelijke kennis, via de analyse van digitale reisroutes, zijn er ook mogelijkheden tot het vergelijken van het gebruik van temporele kennis bij verschillende populaties en het trainen ervan. Zo kunnen we onderzoeken of het zien van een bepaalde vrucht, zoals een banaan, zoekgedrag in synchroon producerende fruitbomen in een virtueel bos stimuleert. Kunnen de ARTIS-chimpansees ook 'fruitseizoenen' leren net als hun soortgenoten in het wild? Dit kan in een virtueel bos, maar ook simpelweg in het verblijf en daartoe zal ik graag samen met studenten Industrieel Design fruitbomen nabootsen. Er zijn veel dimensies waarin we met hulp van diervverzorgers en studenten van verschillende disciplines het leven van de ARTIS dieren kunnen verrijken.

Alvorens een primate de tocht naar een voedselboom onderneemt, maakt hij bij het maken van zijn keuze verschillende afwegingen. Biedt de boom genoeg voedsel, is het traject veilig en bestaat de kans andere individuen te ontmoeten? Bij het beoordelen van deze factoren maken de dieren gebruik van verschillende vormen van kennis. Een deel van deze kennis, zoals of er nog genoeg fruit in de boom is, is gebaseerd op persoonlijke ervaringen uit voorgaande bezoeken. Een ander deel bestaat uit nieuwe en voor iedereen toegankelijke informatie, zoals de signalen die worden uitgezonden door het voedsel zelf, de geur en de kleur, of

voedselkreten van andere individuen. Deze twee vormen van informatie kunnen elkaar bevestigen, maar ook tegenspreken. Daarbij zijn sommige soorten informatie betrouwbaarder dan andere¹⁰. De afwegingen die dieren moeten maken bij het zoeken naar voedsel zie ik als analoog aan de afwegingen die mensen in onze huidige moderne maatschappij vaak ervaren⁵⁸. Hoe ga je om met een grote hoeveelheid informatie? Weeg je alle gegevens en opties tegen elkaar af, gebruik je de ratio, of negeer je ook informatie en nieuwe, mogelijk betere opties. In welke context negeer je belangrijke informatie en ben je irrationeel? Wanneer sta je open voor nieuwe informatie van anderen?

ARTIS, recent verrijkt met het Groot museum, biedt een prachtig platform voor vergelijkend onderzoek naar diersoorten, waaronder ook mensen, om zodoende een idee te krijgen van de ontwikkeling en evolutie van hun cognitieve vermogens en daarbij ook hun irrationele neigingen. De nieuwste technische middelen, zoals apparaten die oogbewegingen kunnen traceren bij mensen die zich door een ruimte bewegen⁵⁹, openen vele deuren voor het onderzoek naar dierlijk gedrag. Onderzoek naar andere dieren levert kennis over onszelf en dat naar onszelf op zijn beurt ook kennis over andere dieren. ARTIS biedt de mogelijkheid dieren beter te begrijpen door langdurig naar ze te kijken. Dat kan ons ook leren wat het kijken naar dieren met ons doet.

Minstens 140 miljoen mensen per jaar bezoeken dierentuinen⁶⁰ -en dat zijn alleen nog maar de Europese dierentuinen- en mijn studenten weten dat dit niet alleen is voor recreatie. We zien de positieve emoties die het kijken naar dieren opwekt en binnen mijn leerstoel zullen we met het project “Dieren in de Lens” beginnen om deze emoties en daarmee de waarde van de dieren voor de mens te kwantificeren. Ook dáárbij biedt technologie zoals AI nieuwe mogelijkheden.

Onderzoekers kunnen vruchtbaar gebruik maken van technologie. Niet alleen bij het automatiseren van data-analyse

om tijd te besparen en bij het verruimen van de omvang van steekproeven. Maar ook bij het aanbieden van vergelijkbare en nieuwe condities en uitdagingen aan de dieren teneinde beter te leren welke informatie ze daadwerkelijk ontvangen^{61,62}. Van deze mogelijkheden wens ik binnen mijn leerstoel meer gebruik te kunnen maken. De kracht van mijn onderzoek zal echter niet liggen in het investeren in technologie, maar in het investeren in tijd. Ik ben ervan overtuigd dat om dieren beter te begrijpen je ze langdurig moet observeren. Door lange-termijn-observaties krijgen we een completer beeld van hun ervaringen. We leren hoe de individuen reageren in verschillende contexten die elkaar opvolgen in de tijd en welke onafgebroken leerprocessen ze doorlopen. Deze leerstoel biedt ruimte voor deze kostbare, maar waardevolle investering in tijd door het samenwerken van een groot aantal studenten uit verschillende disciplines.

Hiermee ben ik gekomen bij mijn kijk op de toekomst. ARTIS is een ontmoetingsplek waar de rijkdom van de natuur op een vindingrijke manier dichtbij wordt gebracht en waar debat wordt gefaciliteerd over hoe de mens natuur waardeert, begrijpt en behandelt. Het resultaat en de consequenties van dit debat worden voor een groot deel door onze cognitieve vermogens bepaald.

De mens bezit een veelvoud aan cognitieve vermogens. Bepaalde vermogens kennen een lange evolutionaire geschiedenis. Zo staan we niet alleen in ons vermogen tot het berekenen van kansen, het rechtlijnig navigeren naar doelen, het ons jarenlang kunnen herinneren van persoonlijke ervaringen en het maken van flexibele plannen buiten onze huidige motivatie om. Ik vermoed dat we bovendien niet alleen zullen staan in ons onvermogen onze ratio continu te gebruiken. Als informatie teveel wordt, neigen we, wellicht net als andere dieren -we gaan het zien- naar het negeren van informatie, naar het vasthouden aan wat we kennen, de status quo⁶³. Zo blijkt het lastig te schakelen naar energiebronnen die beter zijn voor de natuur en tevens voor onszelf. We volgen

graag, net als onze naaste verwanten, de ons reeds bekende routes.

Daarnaast zijn we beperkt in het vermogen tot zelfcontrole. We genieten net als andere primaten liever nu dan later. We pakken toch die lekkere appel, zelfs als de gevolgen hiervan ons leven in het aardse paradijs onmogelijk maken. Ik denk dat een belangrijke factor ons kan helpen bij het remmen van directe verlangens: ons vermogen gebeurtenissen te herbeleven, als wel ons in toekomstige scenario's in te leven –'reizen in de tijd'⁶⁴. De evolutionaire functie van dit voorstellingsvermogen is nog niet geheel duidelijk, vooral omdat het ons vaak in de steek laat^{64,65}. Herinneringen aan gebeurtenissen vervormen met de tijd, maar de kracht van de emotie die het episodisch geheugen genereert, lijkt een belangrijke functie te hebben⁶⁶.

12

Ik besprak eerder dat de chimpansees lang in hun slaapnest wachten totdat het in het bos licht genoeg wordt. Ik vermoed dat daarbij de herinnering aan een gevaarlijke ontmoeting met een luipaard remmend werkt op hun motivatie snel te ontbijten en hun nest al in het donker te verlaten. Wij zijn als mens op een soortgelijke manier in staat onszelf de gevaren van onze acties te herinneren of ons in de eventuele gevolgen daarvan in te leven. Dit zou ons in staat moeten stellen de gevolgen van ons beperkt vermogen tot zelfcontrole -denk aan de klimaatverandering en de uitputting van de aarde- een halt toe te roepen.

Onze kracht ligt denk ik vooral in ons vermogen via taal met grote groepen mensen te communiceren. Een grote groep taalvaardige mensen gaat rechter op zijn doel af dan een kleine groep, zoals ik u heb laten zien in mijn onderzoek bij de BaYaka³⁸. Met onze taal kunnen we herinneringen delen, elkaar meegemaakte gevaren laten 'voelen' en evalueren. We kunnen afspraken maken over hoe we met onze aarde willen omgaan, nieuwe paden kunnen bewandelen en de aarde eerlijk kunnen delen met mensen en andere dieren.

Ik laat u graag de beelden zien van Bongo, een BaYaka jongen in de Republiek Congo. Hij had samen met mij als onderdeel van een foerageerspel acht M&M's gevonden in het bos. Toen ik hem vroeg de M&M's te delen met twee andere jongens die zich minder hadden ingezet, gaf hij hen zes M&M's en hield er maar twee voor zichzelf. Ik wist niet zeker wat zijn motivatie was. Probeerde hij een conflict te voorkomen door beiden evenveel en meer dan zichzelf te geven, of had hij een rekenfout gemaakt? Het was duidelijk dat hij beteuterd naar zijn zichzelf gegeven beloning van slechts twee M&M's keek, na een toch lange zoektocht in het bos. Tot mijn verbazing, brak toen een van de twee jongens onmiddellijk een M&M, waarvan ik dacht dat die niet deelbaar was, met zijn tanden in tweeën en gaf een stukje aan Bongo. De mens is uitstekend in staat tot delen!

Een gedegen inzicht in de wortels en vruchten van ons primatenbrein - onze vermogens, maar ook onze beperkingen - kunnen mijns inziens de natuur, en daarmee de mens, helpen bij het creëren van een eerlijke en duurzame wereld.

Maar een goede omgang met natuur, haar diversiteit en haar rijkdom vergt ook een wijze inzet van onze vermogens. Daarom sluit ik af met een van de raadsels die volgens de geschriften de koningin van Sheba aan Salomo voorlegde om zijn wijsheid te testen⁶⁷. Het raadsel geeft weer hoeveel mysterie, rijkdom en wijsheid de natuur met ons deelde en naar mijn wens met ons zal blijven delen.

Koningin Makeda zei Salomo het volgende.

“Hij verlaat zijn troon slechts zonder zijn kroon. Wie is hij?”

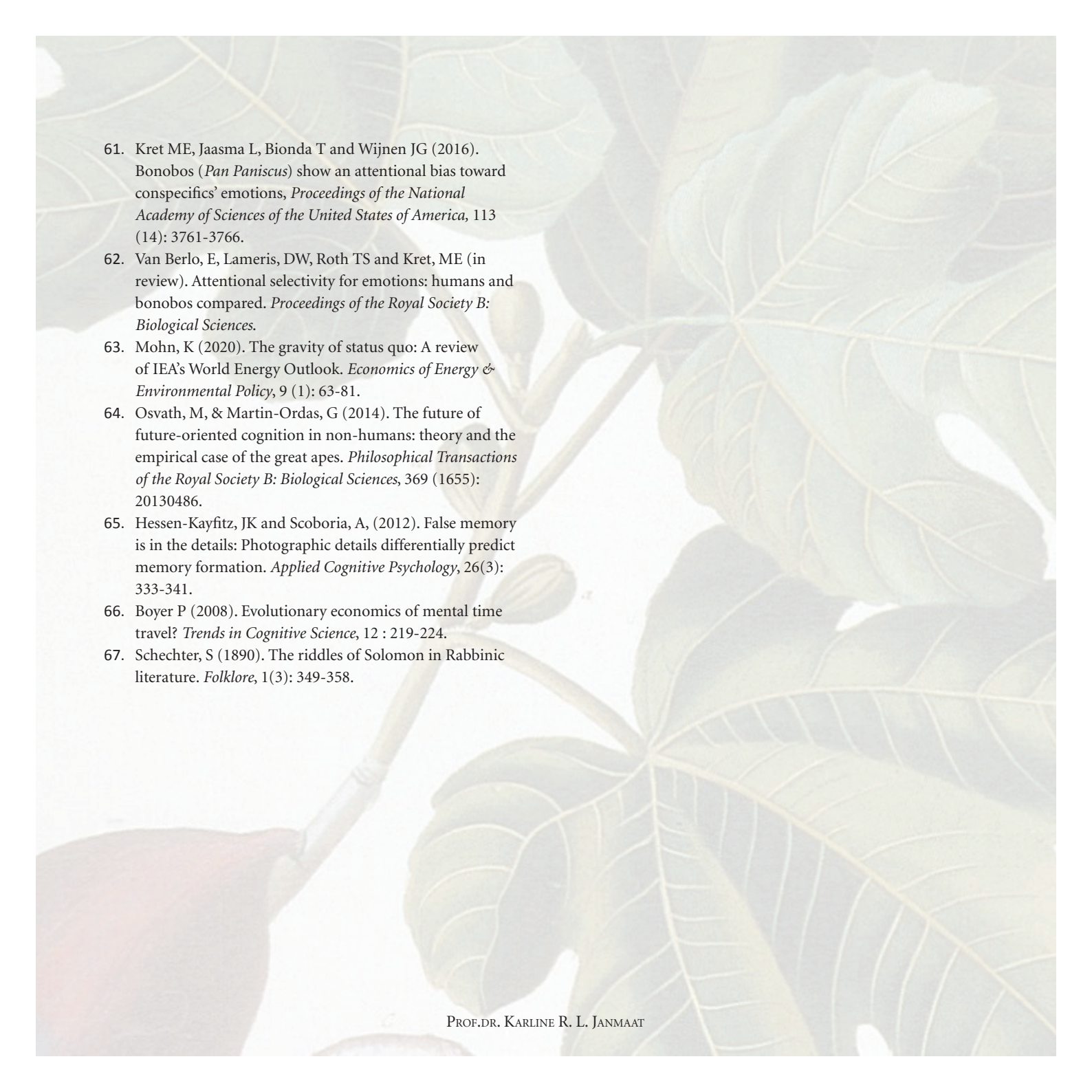
Ik heb gezegd.

Referenties

1. Schilthuisen, M (2020). Mafuka op een stoeltje in de zon, In: Monquil-Broersen, T & Gassó Miracle, E (eds.). Van onschatbare waarde, 200 jaar Naturalis. Leiden: Walburg Pers.
2. Kortlandt, A (1961). In Afrika op zoek naar chimpansees. *Artis tijdschrift*, 3: 82-89.
3. Kortlandt, A (1964). Some results of a pilot study on chimpanzee ecology. *Unpublished manuscript shared by Mathilde Kortlandt*.
4. Kortlandt, A (1964). Chimpanzees in the wild. *Scientific American*, 206 (5): 128-140.
5. Tinbergen, N (1963). On aims and methods of ethology. *Zeitschrift für tierpsychologie*, 20 (4): 410-433.
6. Maslow, AHA (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50: 370-396.
7. Rowe, N & Myers, M (2016). *All the world's primates*. Charlestown, MA: Pogonias Press, 1-777
8. Changizi, MA & Shimojo, S (2008). "X-ray vision" and the evolution of forward-facing eyes. *Journal of theoretical biology*, 254 (4): 756-767.
9. Laska, M & Freyer, D (1997). Olfactory discrimination ability for aliphatic esters in squirrel monkeys and humans. *Chemical senses*, 22 (4): 457-465.
10. Zuberbühler, K, Janmaat, KRL (2010). Foraging cognition in non-human primates. In: Platt ML & Ghazanfar AA (eds.). *Primate Neuroethology*. Oxford: Oxford University Press, 64-83.
11. Sussman, RW, Rasmussen, D and Raven, PH (2013). Rethinking primate origins again. *American Journal of Primatology*, 75 (2): 95-106.
12. Garber, PA (2000). Evidence for the use of spatial, temporal, and social information by some primate foragers. In: Boinski S, Garber PA, (eds.). *On the move: How and why animals travel in groups*, Chicago, IL: University of Chicago Press, 261-298.
13. Janmaat, KRL, Chapman, CA, Meijer, R and Zuberbühler, K (2012). The use of fruiting synchrony by foraging mangabey monkeys: A "simple tool" to find fruit. *Animal Cognition*, 15: 83-96.
14. Janmaat, KRL, Boesch, C, Chapman, CA, Head, JS, Robbins, MM, Wrangham, RW and Polansky, L (2016). Spatio-temporal complexity of chimpanzee food: How cognitive adaptations can counteract the ephemeral nature of ripe fruit. *American Journal of Primatology*, 78 (6): 626-645.
15. Kühl, HS, Sop, T, Williamson, EA, Mundry, R, Brugière, D, Campbell, G, Cohen, H, Danquah, E, Ginn, L, Herbinger, I and Jones, S, Junker, J, Kormos, R, Kouakou, CY, N'Goran, PK, Normand, E, Shutt-Phillips, K, Tickle, A, Vendras, E, Welsh, A, Wessling, EG, Boesch C (2017). The Critically Endangered western chimpanzee declines by 80%. *American Journal of Primatology*, 79 (9): p.e22681.
16. Janmaat, KRL, Ban, SD and Boesch, C (2013). Tāi chimpanzees use botanical skills to discover fruit: what we can learn from their mistakes. *Animal Cognition*, 16: 851-860.
17. de Guinea, M, Estrada, A, Janmaat, KRL, Nekaris, A, Van Belle, S (2021). Disentangling the importance of social and ecological information in goal-directed movements in a wild primate. *Animal Behaviour*, 173: 41-51.
18. Janmaat, KRL (2019). What animals don't do or fail to find: A novel observational approach for studying cognition in the wild. *Journal of Evolutionary Anthropology*, 28 (6): 303-320.
19. Janmaat, KRL, Ban, SD & Boesch, C (2013). Chimpanzees use long-term spatial memory to monitor large fruit trees and remember feeding experiences across seasons. *Animal Behaviour*, 86: 1183-1205.
20. Janmaat, KRL, Byrne, RW and Zuberbühler, K (2006). Evidence for spatial memory of fruiting states of rainforest trees in wild mangabeys. *Animal Behaviour*, 71: 797-807.
21. Janmaat, KRL, Byrne, RW and Zuberbühler, K (2006). Primates take weather into account when searching for fruit. *Current Biology*, 16: 1232-1237.

22. Shanahan M, So S, Compton SG, Corlett R (2001). Fig-eating by vertebrate frugivores: A global review. *Biological reviews* 76 (4): 529–572.
23. Janmaat, KRL, Polansky, L, Ban, SD, Boesch, C (2014). Wild chimpanzees plan their breakfast time, type and location. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (46): 16343-16348.
24. Rosati, AG, Stevens, JR, Hare, B, & Hauser, MD (2007). The evolutionary origins of human patience: temporal preferences in chimpanzees, bonobos, and human adults. *Current Biology*, 17 (19): 1663-1668.
25. FAO and UNEP (2020). The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>.
26. Nunn, CL (2011). The comparative approach in evolutionary anthropology and biology. In: *The Comparative Approach in Evolutionary Anthropology and Biology*. Chicago: University of Chicago Press.
27. Harvey, PH & Krebs, JR (1990). Comparing Brains. *Science* 249: 140-146.
28. DeCasien AR, Williams SA, Higham JP (2017). Primate brain size is predicted by diet but not sociality. *Nature ecology & evolution*, 1(5): 1-7.
29. Barks, SK, Calhoun, ME, Hopkins, WD, Cranfield, MR, Mudakikwa, A, Stoinski, TS, Patterson, FG, Erwin, JM, Hecht, EE, Hof, PR and Sherwood, CC (2015). Brain organization of gorillas reflects species differences in ecology. *American journal of physical anthropology*, 156 (2): 252-262.
30. Mora-Bermúdez, F, Badsha, F, Kanton, S, Camp, JG, Vernet, B, Köhler, K, Voigt, B, Okita, K, Maricic, T, He, Z and Lachmann, R (2016). Differences and similarities between human and chimpanzee neural progenitors during cerebral cortex development. *Elife*, 5: p.e18683.
31. Isler, K & Van Schaik, CP (2014). How humans evolved large brains: comparative evidence. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 23 (2): 65-75.
32. Amanda, HG., Ungar, PS, Passey, BH, Sponheimer, M, Rossouw, L, Bamford, M, Sandberg, P, de Ruiter, DJ, and Berger, L (2012). The diet of *Australopithecus sediba*. *Nature*, 487 (7405): 90-93.
33. Veen, J, Jang, H, Raubenheimer, D, Pinxteren, BOCM, Kandza, V, Meirmans, PG, van Dam, NM, Dunker, S, Hoffman, P, Worrlich, A, Janmaat KRL (in review). Development of embodied capital: diet composition, foraging skills and botanical knowledge of forager children in the Congo Basin. *Frontiers Ecology & Evolution*.
34. Mennella, JA, & Bobowski, NK. (2015). The sweetness and bitterness of childhood: Insights from basic research on taste preferences. *Physiology & Behavior* 152 (2015): 502-507
35. Healy, SD, & Rowe, C (2007). A critique of comparative studies of brain size. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274 (1609): 453-464.
36. Tan, A, Ma, W, Vira, A, Marwha, D, & Eliot, L (2016). The human hippocampus is not sexually-dimorphic: meta-analysis of structural MRI volumes. *Neuroimage*, 124: 350-366.
37. Janmaat, KRL, DeGuinea, Collet, J, Byrne, RW, Robira, B, van Loon, E, Allritz, M, Jang, H, Presotto, A, Ross, C, Mundry, Ramos-Fernandez, G, Alavi, S, Biro, D, Belle, S (2021). Using natural travel paths to infer and compare primate cognition in the wild. *iScience*. 24 (4): 102343.
38. Jang, H, Boesch, C, Mundry, R, Ban, SD, & Janmaat, KRL (2019). Travel linearity and speed of human foragers and chimpanzees during their daily search for food in tropical rainforests. *Scientific Reports*, 9: 11066.
39. Stefano, L, Cheng, L, Janmaat, KRL, Mundry, R, Pisor, A, Surbeck, M (2020). Beyond the group: how food, mates, and group size influence intergroup encounters in wild bonobos. *Behavioral Ecology*, 31(2): 519-532.
40. Janmaat, KRL, Olupot, W, Chancellor, RL, Arlet, ME, & Waser, PM (2009). Long-term site fidelity and individual

- home range shifts in *Lophocebus albigena*. *International Journal of Primatology*, 30: 443–466.
41. Species 360 (2022). Zoological Information Management Software (ZIMS).
 42. Ozturk, KCD., Egas, M, & Janmaat, KRL (2020). Mandrills learn two-day time intervals in a naturalistic foraging situation. *Animal cognition*, 24(3): 569-582.
 43. Bassett, L & Buchanan-Smith, HM (2007). Effects of predictability on the welfare of captive animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 102(3-4): 223-245.
 44. Darwin, C (1859). On the origin of species by means of natural selection. London: John Murray.
 45. Levinson, SC (2012). The original sin of cognitive science. *Topics in cognitive science*, 4 (3): 396-403.
 46. Jang, H, Boesch, C, Mundry, R, Kandza, V, & Janmaat, KRL (2019). Sun, age and test location affect spatial orientation in human foragers in rainforests. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286 (1907): 20190934.
 47. Breuer, T, Ndongou-Hockemba, M, & Fishlock, V (2005). First observation of tool use in wild gorillas. *PLoS biology*, 3(11): e380.
 48. Tennie, C, Bandini, E, Van Schaik, CP, & Hopper, LM (2020). The zone of latent solutions and its relevance to understanding ape cultures. *Biology & philosophy*, 35(5): 1-42.
 49. Janmaat, KRL, Byrne, RW (2019). Why Tai mangabeys do not use tools to crack nuts like sympatric-living chimpanzees: A cognitive limitation on monkey feeding ecology. In: C Boesch, & RM Wittig (Eds.): *The chimpanzees of the Tai forest: 40 years of research*. Cambridge: Cambridge University Press, 261-271.
 50. Allritz, M, Call, J, Schweller, K, McEwen, E.S., de Guinea, M, Janmaat, KRL, Menzel, CR, Dolins FL (in press). Chimpanzees flexibly navigate to find hidden food in a virtual environment. *Science Advances*.
 51. Estrada, A, Garber, PA, Rylands, AB, Roos, C, Fernandez-Duque, E, Di Fiore, A, Nekaris, KAI, Nijman, V, Heymann, EW, Lambert, JE and Rovero, F (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science advances*, 3(1): p.e1600946.
 52. Lefaux, B & Wollenschneider, J (2021). *Sauvons les primates*. Paris: Belin.
 53. Conway, WG (2011). Buying time for wild animals with zoos. *Zoo biology*, 30 (1): 1-8.
 54. Van der Kuil MNA, Visser-Meily AM, Evers AWM and Van der Ham IJM (2018). A usability study of a serious game in cognitive rehabilitation: a compensatory navigation training in acquired brain injury patients, *Frontiers in Psychology*, 9: e846.
 55. Claessen MHG, Van der Ham IJM, De Rooij NK and Visser-Meily JMA (2018). De weg kwijt na een beroerte: Screening, diagnostiek en behandeling. *Nederlands Tijdschrift voor Revalidatiegeneeskunde* 2: 48-51.
 56. Beck, BB, Rapaport, LG, Price, MRS, & Wilson, AC (1994). Reintroduction of captive-born animals. In: PJS Olney, GM Mace, and ATC Feistner (Eds.): *Creative Conservation: Interactive management of wild and captive animals*, Dordrecht: Springer Netherlands, 265–286.
 57. Beck, B, Kleiman, D, Dietz, J, Castro, I, Carvalho, C, Martins, A, & Rettberg-Beck, B (1991). Losses and reproduction in reintroduced golden lion tamarins *Leontopithecus rosalia*. *Dodo Journal of Jersey Wildlife Preservation Trust*, 27.
 58. Santos, LR & Rosati, AG (2015). The Evolutionary Roots of Human Decision Making. *Annual Review Psychology*, 66: 321–347.
 59. Walker F, Buckner B, Anderson NC, Schreij D and Theeuwes J (2017). Looking at paintings in the Vincent Van Gogh museum: eye movement patterns of children and adults, *PLoS ONE* 12(6): e0178912.
 60. Gusset, M & Dick, G (2011). The global reach of Zoos and Aquariums in visitor numbers and conservation expenditure. *Zoo Biology*, 30: 566-569.

- 
61. Kret ME, Jaasma L, Bionda T and Wijnen JG (2016). Bonobos (*Pan Paniscus*) show an attentional bias toward conspecifics' emotions, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (14): 3761-3766.
 62. Van Berlo, E, Lameris, DW, Roth TS and Kret, ME (in review). Attentional selectivity for emotions: humans and bonobos compared. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*.
 63. Mohn, K (2020). The gravity of status quo: A review of IEA's World Energy Outlook. *Economics of Energy & Environmental Policy*, 9 (1): 63-81.
 64. Osvath, M, & Martin-Ordas, G (2014). The future of future-oriented cognition in non-humans: theory and the empirical case of the great apes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369 (1655): 20130486.
 65. Hessen-Kayfitz, JK and Scoboria, A, (2012). False memory is in the details: Photographic details differentially predict memory formation. *Applied Cognitive Psychology*, 26(3): 333-341.
 66. Boyer P (2008). Evolutionary economics of mental time travel? *Trends in Cognitive Science*, 12 : 219-224.
 67. Schechter, S (1890). The riddles of Solomon in Rabbinic literature. *Folklore*, 1(3): 349-358.

PROF.DR. KARLINE R. L. JANMAAT



- 1993 Diploma Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs aan het Montessori Lyceum te Amsterdam
- 2001 Doctoraal Biologie, afstudeerrichting Ecologie, Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam.
- 2007 Doctoraat [Ph.D.] Evolutionary Psychology, School of Psychology van de University of St Andrews, Verenigd Koninkrijk.
Proefschrift: *Fruits of enlightenment. Fruit localization strategies in wild mangabey monkeys.*
- 2008 - 2016 Postdoctoraal onderzoeker aan het departement Primatologie van het Max Planck Instituut voor Evolutionaire Antropologie te Leipzig, Duitsland.
De realisatie van een collectie van 204,614 reislocaties en 110,161 gedragsmetingen van foeragerende chimpansees en jagers en verzamelaars gedurende 628 observatiedagen in Ivoorkust en Republiek Congo.
- 2015-heden Directrice van het Mbendjele Foraging Project, Republiek Congo
- 2016 - 2019 Groepsleider van de Foraging Cognition Research Group aan het departement Primatologie van het Max Planck Instituut voor Evolutionaire Antropologie te Leipzig, Duitsland.
- 2016 - 2020 Docent in de Evolutionaire Psychobiologie aan de Universiteit van Amsterdam.
- 2019 - 2020 Groepsleider van de Comparative Movement Ecology of Human and Non-human Foragers Research Group van het Max Planck Instituut voor Diergedrag te Konstanz, Duitsland.
- 2016 - heden Medeoprichter en coördinator van de internationale multidisciplinaire Minor Evolutionary Psychobiology voor de opleiding Psychobiologie met publieke collegeseries en begeleiding van universitaire afstudeerprojecten in ARTIS .
- 2020 - heden Universitair Docent in de Cognitieve gedragsecologie aan het departement van Evolutionaire en Populatiebiologie van de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam.
- 2020 - heden Bestuurslid van de Koninklijke Nederlandse Dierkundige Vereniging
- 2020 - heden Bijzonder hoogleraar in de Cognitieve Gedragsecologie aan het departement van Cognitieve Psychologie van de Faculteit der Sociale Wetenschappen en het Instituut Biologie Leiden van Universiteit Leiden.



Universiteit
Leiden