

3.5. Intelligenties van dieren en mensen

Paul A.M. van Dongen © 2021

Op enkele cognitieve taken overtreffen sommige dieren de mensen, op onderdelen die voor die dieren evolutionair voordelig zijn.

Samenvatting

In het algemeen betreft intelligentie het ontdekken en onthouden van verbanden (= leren), en het oplossen van problemen. Bij mensen meten we intelligentie met IQ-testen. De Amerikaanse psycholoog Howard Gardner (1983, 1993) onderscheidde verscheidene intelligenties bij de mens. Dit zijn 'intelligenties', omdat het niet alleen het verwerven van domein-gebonden leerinhouden betreft, maar ook het flexibel doelgericht oplossen van nieuwe problemen. Ik gebruik de intelligenties van de mens volgens Gardner als uitgangspunt om de intelligenties van dieren te beschrijven.

Bij dieren kunnen we geen IQ-testen gebruiken, maar wel allerlei testen die aansluiten op natuurlijke situaties. Dat betreft onder andere technische, natuurgerichte en sociale intelligentie. Op veel gebieden zijn dieren intelligent: zij ontdekken biologisch relevante verbanden, en ze gebruiken die kennis flexibel in allerlei nieuwe situaties. Ook vogels en apen gebruiken allerlei gereedschappen, en ze maken zelf gereedschappen. Vogels en apen zijn handig in het gebruik van signalen om voordeel te behalen, en zij gebruiken bedrieglijke signalen waarmee ze soortgenoten, concurrenten en natuurlijke vijanden misleiden in hun eigen voordeel. Op enkele taken overtreffen sommige diersoorten de mensen. Dit wordt verklaard vanuit de leefwijze van die dieren.

0.	Samenvatting	5.	Technische intelligentie
1.	Inleiding	5.1.	Gebruik van gereedschap
1.1.	Algemene intelligentie	5.2.	Nesten
1.1.1.	Algemene intelligentie bij mensen	6.	Omgevingsintelligentie
1.1.1.1.	Vormen van intelligentie	6.1.	Habitat-selectie
1.1.1.2.	Intelligentie en hersengrootte	6.2.	Oriëntatie
1.1.1.3.	Intelligentie en erfelijkheid	6.3.	Hamsteren
1.2.	Algemene intelligentie bij dieren	7	Natuurgerichte intelligentie
1.2.1.	Factor-analyse bij dieren	7.1.	Voedsel
1.2.2.	Intelligentie bij sluipwespen	7.2.	Natuurlijke vijanden
1.2.3.	Intelligentie bij vogels	8.	Sociale intelligentie
1.2.4.	Intelligentie bij primaten	8.1.	Individuele herkenning
1.2.5.	'Inzicht'	8.2.	Leren door observeren
1.3.	Afzonderlijke intelligenties	8.3.	De sociale positie
2.	Bewegingsintelligentie	8.4.	Weten wat een ander weet
3.	Abstracte intelligentie	8.5.	Toeschrijven van intenties
3.1.	Categorisatie en hetzelfde/verschillend	8.6.	Onderscheid werkelijkheid en spel
3.2.	Aantallen	8.7.	Paringsintelligentie
3.3.	Vooruitzien	8.8.	Sociale intelligentie, besluit
3.4.	Abstracte intelligentie	9.	Signaal-intelligentie
4.	Fysische intelligentie	9.1.	Eerlijke communicatie
4.1.	De eigenschappen van dingen	9.2.	Misleiding
4.2.	Causaliteit	10.	Verbanden tussen de intelligenties
		11.	De evolutie van intelligentie

0. Inleiding

Intelligent gedrag is gedrag dat 'een doel dichterbij brengt'. Mensen en dieren hebben allerlei doelen (goals), en de meeste daarvan bereiken ze min of meer vanzelf, of met wat ze eerder geleerd hebben. Alleen bij uitzondering komen mensen en dieren met een echt creatieve, innovatieve oplossing die het doel dichterbij brengt. Er is een geleidelijke overgang of gedrag automatisch of intelligent is (figuur 1). Mensen of dieren die relatief vaak met innovatieve oplossingen komen, noemen we 'intelligent'.

Ik start dit stuk over intelligenties bij dieren met een korte bespreking van intelligentie bij mensen om enkele kernbegrippen toe te lichten. Op basis van de literatuur over de intelligenties van mensen selecteer ik enkele intelligenties die volgens mij inzicht geven in leren en probleemoplossen bij dieren, en in de evolutie van intelligent gedrag.

1. Algemene intelligentie

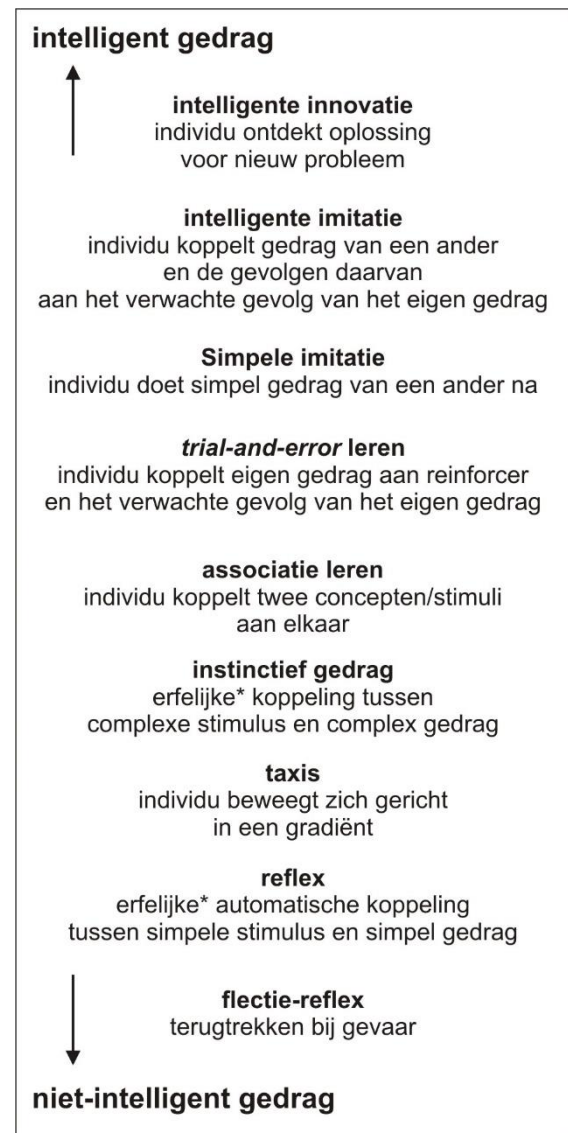
Mensen hebben een vóórwetenschappelijk idee van slimheid of intelligentie. Maar "*Geen ander woord in psychologie bleek lastiger te definiëren dan 'intelligentie'.*" (Jensen 1998, p. 46). In symposia in 1921 en 1986 slaagden de toonaangevende psychologen er niet in tot redelijke overeenstemming te komen (Spearman 1927, Jensen 1998). Aanvankelijk schreef Jensen (1972, p. 76) "*Intelligence, by definition, is what intelligence tests measure.*", maar later stelde hij voor om het woord 'intelligentie' niet meer te gebruiken in wetenschappelijke teksten en uitsluitend te spreken over IQ of *g* (Jensen 1998, p. 45 - 49). Het begrip 'intelligentie' omvat leren en het oplossen van problemen. Daardoor is het begrip 'intelligentie' ruimer dan 'vaardigheid', 'bekwaamheid' of 'talent'.

1.1. Algemene intelligentie bij mensen

1.1.1. Vormen van intelligentie

Algemene intelligentie: *g*

De Britse psycholoog Charles Spearman (1904) verzamelde de cijfers van schoolrapporten van 24 schoolkinderen van 11 tot 14 jaar voor klasieke talen, Frans, Engels, rekenen en muziek, en bovendien onderzocht hij toonhoogte-discriminatie. Als kinderen op één onderdeel goed scoorden was de kans groot dat ze ook op andere vakken goed scoorden, ook als die vakken niets met elkaar leken te hebben.



Figuur 1. Gedragingen gerangschikt van automatisch naar intelligent

De correlaties tussen de cijfers voor de talen en rekenen waren groot tot zeer groot (0,64 – 0,93). De correlaties tussen muziek-scores en toonhoogte-discriminatie enerzijds en taal en rekenen waren kleiner (0,40 – 0,66). Spearman concludeerde dat er één factor is die maakt dat mensen goed of zwak scoren voor allerlei schoolvakken. Hij noemde dat de algemene factor van verstandelijke vaardigheid (*general factor of mental ability*) of *g*. De afzonderlijke onderdelen kunnen sterker of zwakker correleren met *g*; dat noemt men de 'g-lading' van die onderdelen. De factor *g* kan alleen precies beschreven worden in technisch-statistische termen, maar niet in gewone-mensentaal. Factor *g* is nu de best onderbouwde psychometrische parameter (Jensen 1998).

Factor-analyses – of: wat had je eigenlijk willen weten?

Zowel bij persoonlijkheid als bij intelligenties zijn er veel factor-analyses uitgevoerd aan grote bestanden van data, ontleend aan onderzoek van mensen. De onderzoekers gaan ervan uit dat ze met factor-analyse een 'verborgen structuur' in die gegevens kunnen ontdekken, zonder een hypothese wat dan die structuur veroorzaakt zou hebben. De uitkomsten zijn steeds anders wanneer andere aantallen factoren of andere aantallen niveaus worden toegelaten. En niemand heeft een onbevooroordeeld oordeel welk aantal de voorkeur verdient.

Ik benader dit anders. Ik speculeer liever waardoor uit een primitieve cel dieren ontstaan zijn met intelligent gedrag. Ik speculeer dat het meest primitieve begin van intelligentie was dat organismen onderscheid konden maken of stimuli hetzelfde of verschillend waren, en daarop verschillend konden reageren.

En ik speculeer liever waardoor primitieve dieren ontstaan zijn die verschillend reageerden op dezelfde situatie d.i. verschillende persoonlijkheden. Ik speculeer dat het meest primitieve begin van persoonlijkheid was dat dieren op nieuwe stimuli reageerden hetzij met naderen of met vermijden.

Factor *g* heeft groot prestige gekregen in de psychometrie van intelligentie bij mensen. De factor *g* is de meetlat geworden in hoeverre een parameter of een meetinstrument 'echte intelligentie' meet. Soms vindt men kleine, en soms grote waardes van *g* (vergelijk hieronder de tabellen 1 en 3).

Spearman had de algemene factor *g* ontdekt, maar in zijn onderzoek verklaarde *g* slechts 63% van de variantie. Wat is dan de bron van de overige 37%? Voor iedere variabele onderscheidde Spearman een variantie door meetfouten en een variantie die alleen voor die variabele geldt: de 'specifieke factor'. Dit was de twee-factortheorie.

'Groepsfactoren'

Toen men allerlei intellectuele vaardigheden vergeleek, bleek al snel dat sommige factoren meer samenhangen dan andere: er zijn clusters (Burt 1909). Voor afzonderlijke personen kunnen de scores op verbale en niet-verbale intelligentie (performale) fors verschillen. Er ontstonden vele factoren van intelligentie, met daaraan gekoppeld de vragen:

- hoeveel factoren zijn er,
- hoe afhankelijk zijn deze factoren van elkaar,
- hoeveel dimensies van intelligentie zijn er,
- zijn de factoren en de dimensies überhaupt zo verschillend, dat ze geteld kunnen worden?

In factor-analyse kan men het aantal factoren en niveaus van factoren kiezen. Zo zijn er uitgewerkte hiërarchische intelligentiemodellen ('theorieën') opgesteld (Jensen 1980, Carroll 1993).

Intelligentie - IQ

Sinds Galton (1883) hebben psychologen geprobeerd de intelligentie van mensen te meten. De meest gebruikte intelligentie-testen zijn de Binet, WAIS, WISC en Raven. De totaal-scores op deze testen correleren zeer sterk

met *g* ($> 0,8$). IQ is een eigenschap van personen, dat die personen een bepaalde intellectuele prestatie kunnen leveren. Algemeen worden IQ en *g* nu geaccepteerd als de belangrijkste universele maat voor intellectueel functioneren van mensen (Jensen 1972, 1998, Neisser e.a. 1996, Gottfredson 1997). Het IQ correleert sterker met schoolsucces en maatschappelijk succes dan enige andere psychometrische parameter.

Leren en probleem-oplossen

Om intelligent functioneren te begrijpen is het essentieel om leren (gekrystalliseerde intelligentie) en het oplossen van nieuwe problemen (fluïde intelligentie), en te onderscheiden (Cattell (1941, 1971, Horn 1965, 1967).

- Gekristalliseerde intelligentie staat voor leren. Leren toont een rol van het geheugen; dit is meer afhankelijk van de cultuur waarin men opgegroeid is, dan probleem-oplossen.
- Fluïde intelligentie is probleem-oplossen. Dit heeft te maken met inductie en deductie, ofwel het afleiden van verbanden en correlaties; dit is minder afhankelijk van de cultuur en de situatie waarin men opgroeit, dan leren.

Meervoudige intelligenties

De Amerikaanse psycholoog Howard Gardner (1983, 1993) vond het traditionele begrip 'intelligentie' of IQ te beperkt. In zijn *Theory of Multiple Intelligences* onderscheidde hij 8 verschillende intellectuele vaardigheden. *"Ieder van de grote intelligenties (waarvan er waarschijnlijk 8 of 9 zijn) bestaat op zich weer uit subintelligenties; het is een empirische vraag in hoeverre deze subcomponenten met elkaar gecorreleerd zijn."* (Gardner 2006, p. 503).

Tabel 1. De *g*-lading van de intelligenties volgens Gardner met 'algemene intelligentie' (gemeten met de *Wonderlic Personnel Test*, Visser e.a. 2006).

Gardner	<i>g</i> -lading
Naturalistisch	0,57 - 0,75
Logisch/wiskundig	0,24 - 0,70
Spatieel	0,50 - 0,55
Linguïstisch	0,50 - 0,54
Interpersoonlijk	0,37 - 0,53
Intrapersoonlijk (introspectie)	0,17 - 0,27
Muzikaal	0,10 - 0,18
Bewegingsintelligentie	0,03 - 0,06

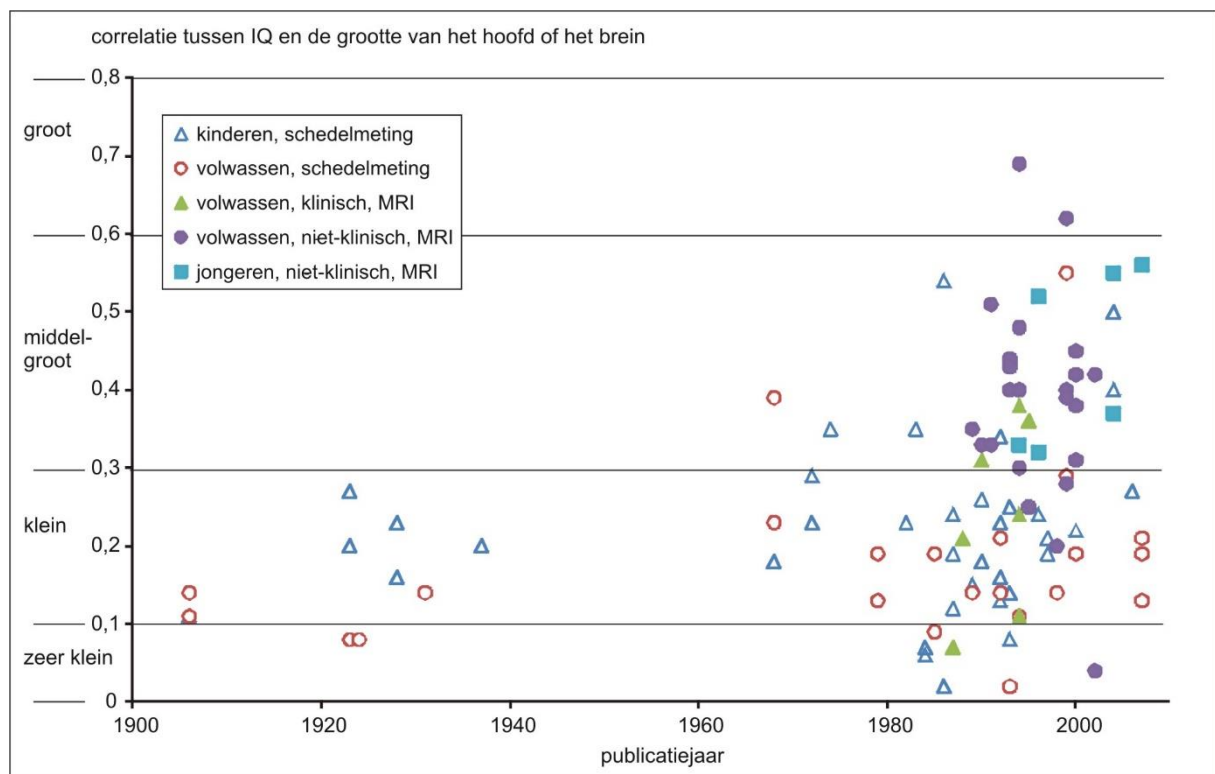
Als je andere vormen van intelligentie wil onderzoeken, dan is het niet bij voorbaat duidelijk hoe men *g*-ladingen moet interpreteren. Moeten deze andere intelligenties een kleine *g*-lading hebben om voldoende verschillend te zijn van IQ, of moeten ze een grote *g*-lading hebben om nog 'intelligentie' genoemd te worden?

De *g*-lading van ieder van de Gardner-intelligenties is gemeten met twee testen (tabel 1, Visser e.a. 2006). Zowel tussen de intelligenties als binnen één intelligentie zijn er grote verschillen.

Spatieële, naturalistische en linguïstische intelligentie hebben een hoge *g*-lading (0,50 – 0,75). Muzikaal en emotioneel IQ hebben een vrij lage *g*-lading (0,10 - 0,27), en bewegingsintelligentie nagenoeg niet (0,03 - 0,06).

1.1.2. Intelligentie en hersengrootte

De hersenen van de mens zijn een factor 3 groter dan de hersenen van onze naaste verwanten, chimpansee en bonobo. Er is een groot verschil in de intelligenties van mensen en chimpansees. "Onze intelligentie is ontstaan door ons grote brein. Niemand betwijfelt dat als mens en chimpansee vergeleken worden." (van Dongen 1998, p. 2127). Ook tussen mensen correleren verschillen in hersengrootte met verschillen in IQ. Als men voor 1990 het verband tussen IQ en hersengrootte wilde bepalen, gebruikte men hoofdomtrek als maat voor hersengrootte; daarmee vond men lage correlaties (tussen 0,1 en 0,3). Maar hoofdomtrek is een slechte maat voor hersengrootte. Na 1990 kon men de hersengrootte bij levende mensen bepalen met *magnetic resonance imaging* (MRI).



Figuur 2. De correlatiecoëfficiënt tussen IQ en schedel/hersengrootte, zoals bepaald met schedelmeting of MRI. Deze figuur is gebaseerd op gegevens van Rushton en Ankney (1996, 2009).

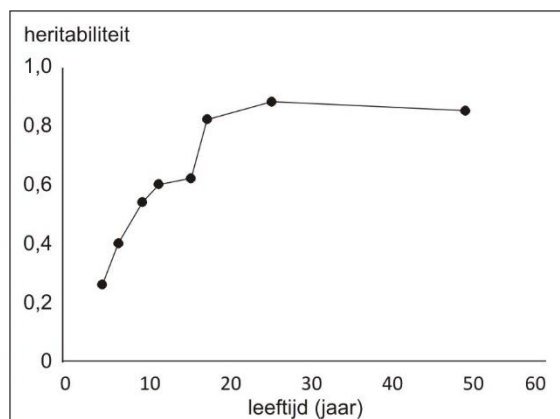
Met MRI vond men ook grote correlaties (tot 0,7) tussen hersengrootte en IQ, zowel bij jongeren als bij volwassenen, en zowel bij patiënten als bij gezonde proefpersonen (figuur 2, Rushton en Ankney 1996, 2009).

1.1.3. Intelligentie en erfelijkheid

In een bespreking in 1931 zei Spearman: *“In een normale situatie is G erfelijk bepaald; iemand kan evenmin getraind worden om meer ervan te verwerven, dan hij getraind kan worden om langer te zijn.”* (Deary e.a. 2008). Elders toon ik dat in westerse landen de laatste decennia de gemiddelde lichaamslengte en het gemiddelde IQ sterk zijn toegenomen door langdurige voorspoed (hoofdstuk 2.3.).

Leeftijdsverschillen in heritabiliteit

Er is een leeftijdseffect in de heritabiliteit van IQ. Bij jonge kinderen heeft het gezin waarin ze opgroeien, relatief veel invloed op het gemeten IQ. Als tweelingen ouder worden, hebben ze meer gezamenlijke en meer individuele ervaringen. Daarom zou men kunnen vermoeden dat de relatieve invloed van die ervaringen (= omgeving) toeneemt met de leeftijd, en dus dat de heritabiliteit van het IQ afneemt, maar het is juist omgekeerd. Figuur 3 toont de heritabiliteit van het IQ voor verschillende leeftijden bij tweelingen in Nederland (Posthuma e.a. 2003). De heritabiliteit van het IQ stijgt van klein (0,25) bij peuters tot zeer groot (0,86) bij volwassenen. Tussen de leeftijd van 20 en 80 jaar is de heritabiliteit van het IQ in het westen zeer groot, en de invloeden van een gemeen-



Figuur 3. Het verband tussen leeftijd en de heritabiliteit van IQ voor Nederlandse tweelingen, datapunten van Posthuma (2008). (Zie ook Bouchard 2009 en Haworth e.a. 2010).

schappelijke en individuele omgeving zijn klein (Bouchard 2009, Haworth e.a. 2010, hoofdstuk 2.3.).

Populatieverschillen in heritabiliteit

Over het verband tussen intelligentie en erfelijkheid is een bittere strijd geleverd, maar dit was geen wetenschappelijke, maar een politieke strijd (hoofdstuk 6.3.). De gemeten heritabiliteit van een eigenschap (zoals IQ) hangt af van de omgevings- en erfelijke variatie in de onderzochte populatie (Plomin en Deary 2015). Tussen populaties zijn er vaak verschillen in de omgevingsvariatie. Bijvoorbeeld: in India was er een kasten-samenleving waarin de lage kasten in alle opzichten achtergesteld waren: financieel, sociaal, voeding, scholing en gezondheidszorg. De lage kasten scoorden lager op IQ-testen, en men neemt algemeen aan dat die lage score ook veroorzaakt werd door achterstelling op allerlei gebieden. Maatschappelijke ongelijkheid leidt tot verschillen in IQ tussen sociale klassen. Bij grote sociale ongelijkheid is de omgevingsvariatie in IQ groot. Bij een gelijkblijvende erfelijke variatie, leidt grotere sociale ongelijkheid tot een lagere heritabiliteit van IQ. Bij mensen die tussen 1900 en 1970/1980 geboren zijn in de USA, Europa en Japan nam het IQ geleidelijk toe (hoofdstuk 2.3.). Juist zoals bij lichaamslengte nam het IQ vooral toe door biologisch/historische factoren, zoals betere voeding, betere gezondheid, meer materiële welvaart en een meer gelijke verdeling van de welvaart. De omstandigheden in NW-Europa zijn nu optimaal, zodat de meeste mensen nu het maximale IQ voor hun erfelijke aanleg bereiken. Een hoge heritabiliteit van IQ is een teken voor een meer gelijke samenleving (hoofdstuk 2.3). Bij vermindering van de ongelijkheid zal de heritabiliteit van het IQ toenemen.

1.2. Algemene intelligentie bij dieren

1.2.1. Vóórwetenschappelijk observaties

Slimme dieren

Niet alleen bij de mens, maar ook bij allerlei diersoorten zijn er grote verschillen tussen individuen in intelligentie, en zijn de scores van afzonderlijke individuen op afzonderlijke testen positief gecorreleerd, juist zoals factor *g* bij mensen (zie boven). Bij vogels, knaagdieren, apen en mensapen waren er begaafde en minder begaafde individuen (tabel 2, Anderson 1993, 2000, Matzel e.a. 2003, Galsworthy e.a. 2005, Thornton en Lukas 2012, Shaw e.a.

Tabel 2. Individuen van verscheidene soorten die intelligenter gedrag vertoonden dan hun soortgenoten.

Diersoort	Naam van individu	Referenties
chimpansees	Sultan, Mike, Figan, Pom, Gremlin, Ayumu, Natasha	Köhler 1921, Goodall 1986 (p. 591), Inoue en Matsuzawa 2007, Herrmann en Call 2012
bonobo	Kanzi	Savage-Rumbaugh en Lewin 1994
Japanse makaak	Imo	Kawai 1965
roodstaartpapegaai	Alex	Pepperberg 2000
wipsnavelkraai	Betty	Weir e.a. 2002

2015, Burkart e.a. 2017). Onderzoekers die met verscheidene chimpansees werken, merken verschillen in intelligentie op, en melden dat sommige individuen uitzonderlijk slim zijn (Köhler 1921, Goodall 1986, p. 591, Herrmann en Call 2012).

'Domme' dieren

Meestal spreekt men over de intelligentie van dieren, maar sommige gedragingen van dieren lijken ronduit dom. "... de meeste handboeken beschrijven niet zozeer de psychologie van dieren, maar eerder de **lofrede** op dieren. Alles gaat over **intelligentie** van dieren, en niets over hun **stompzinnigheid**." (Thorndike 1911, p. 22).

- Vrouwtjes van de sluipwespen blijven hun nest bevoorraden, ook als ze gezien hadden dat er geen ei of jong aanwezig was (Fabre en Texeira de Mattos 1915, 1919, Baerends 1941).
- Zwartkoppen zijn kleine zangvogels die dode nakomelingen uit hun nest verwijderden, maar daarna toch voedsel naar het lege nest brengen (Leniowski e.a. 2013). Overigens is dit geen dommer gedrag dan mensen die hun doden grafgiften meegeven.
- Honden konden normaal een hek met verticale spijlen passeren, maar niet met een stok in hun bek; dat verbeterde niet na veel pogingen (Morgan 1900).
- "*Lemuren en sifaka's zijn sociaal intelligent en sociaal afhankelijk. Maar ze zijn hopeeloos dom als het gaat om levenloze voorwerpen.*" (Jolly 1966, p. 165).
- Thorndike (1911) noemde zijn katten dom omdat ze niet leerden hoe uit een kist te ontsnappen. Köhler (1921) vond deze kwalificatie onterecht, want Thorndike had de problemen zo gepresenteerd dat de katten het probleem en de oplossing niet konden overzien.
- Köhler zorgde er zelf voor dat zijn chimpansees het probleem en de oplossing wel konden overzien. Toch was hij verrast dat zijn chimpansees sommige schijnbaar simpele problemen niet oplosten. Bijvoorbeeld

ze konden voedsel buiten hun kooi achter een kist niet bemachtigden, terwijl ze alleen maar de kist opzij hoefden te schuiven.

1.2.2. Factor-analyse bij dieren

Geïnspireerd door het succes van factor g in de psychometrie bij mensen is men de overeenkomsten in uitslagen van 'intelligentietesten' bij dieren gaan onderzoeken (Burkart e.a. 2017). Er werden middelgrote tot zeer grote overeenkomsten gemeten. Helaas. Deze overeenkomsten zeggen meer of de onderzoekers testen gebruikt hebben die iets gelijkaardigs meten, dan of er zoiets als 'intelligentie' bij dieren 'bestaat'.

1.2.3. Intelligentie bij sluipwespen?

Het voortplantingsgedrag van sluipwespen

De Franse amateur-entomoloog Jean-Henri Fabre (1823-1915) heeft het voortplantingsgedrag van sluipwespen als eerste grondig onderzocht. Het ongestoorde gedrag van sluipwespen lijkt een wonder van doelgerichtheid en diep inzicht in de gevolgen van het gedrag. Maar als Fabre op het juiste moment het eitje uit een nest van een zandwesp of van de urntjeswesp weggenomen had, gingen deze wespen door alsof het nest een eitje bevatte, terwijl zij hadden kunnen waarnemen dat het nest leeg was. Als een urntjeswesp verscheidene urntjes gevuld had met eitjes en spinnen, verborg zij die urntjes door er een laag modder over te strijken. Maar als Fabre de afgewerkte urntjes verwijderde, bedekte de wesp de lege plaats ook met een laag modder. Fabre geeft meer voorbeelden van voortzetting van instinctief gedrag in een gemanipuleerde omgeving, terwijl dat geen biologisch nut meer had, en het dier de verstoring had kunnen waarnemen. Soms gebruiken sluipwespen gereedschap (sectie 5.1.1.). Baerends (1941) heeft nuttig en nutteloos gedrag van rupsdoders wetenschappelijk bevestigd (zie ook hoofdstuk 3.1.).

Vergelijkend intelligentie-onderzoek

Hieronder staan verwijzingen naar wetenschappelijk vergelijkend intelligentie-onderzoek.

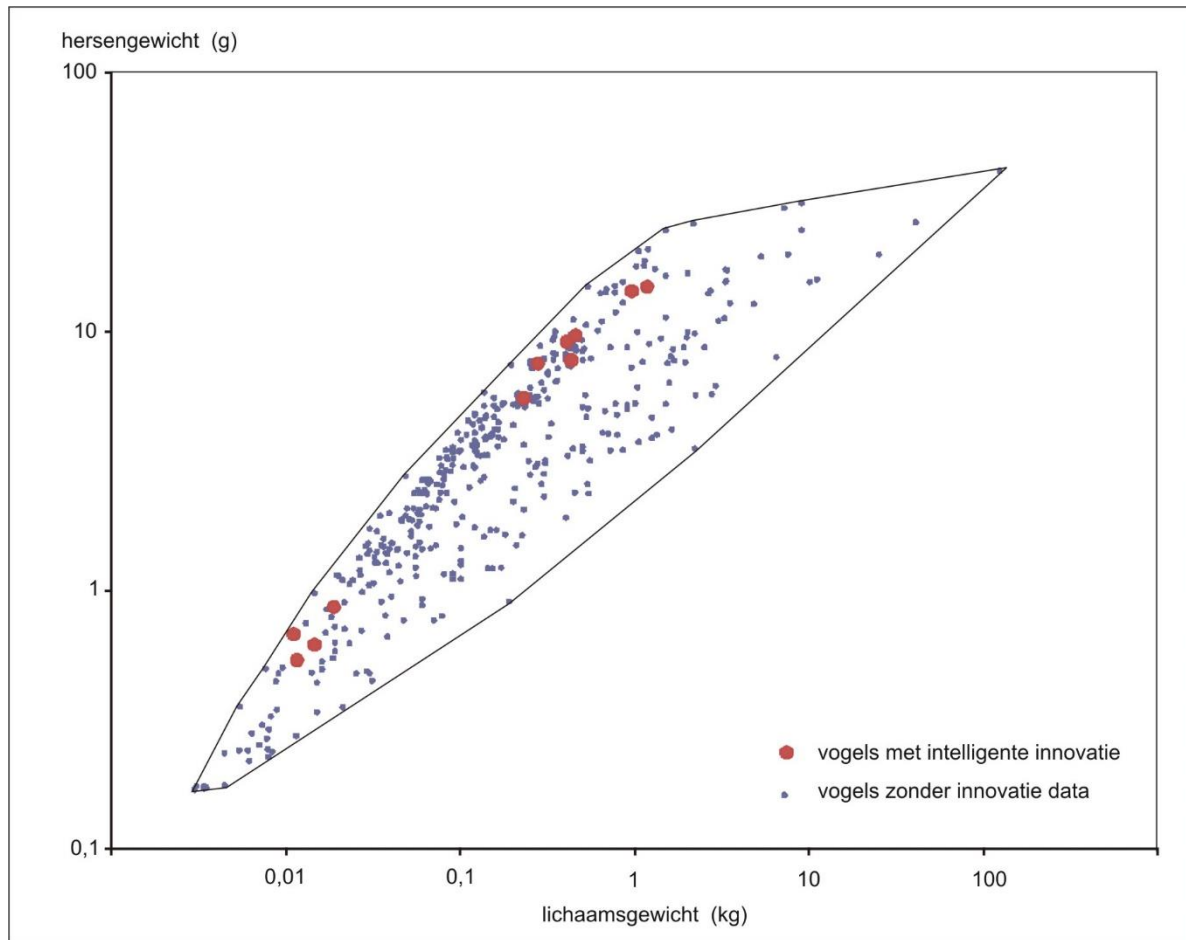
Darwin 1859, 1871	<i>"enig oordeelsvermogen of rede speelt een rol, zelfs bij dieren laag op de ladder der natuur."</i> (Darwin 1859, p. 266).
Romanes (1882, 1883)	50 stadia van emotioneel/intellectueel functioneren
Thorndike (1898, 1911)	Katten lossen problemen op
Myers (1910)	Review instinct en intelligentie
Fabre en Texeira de Mattos (1919)	Instinct en onderscheidingsvermogen bij sluipwespen. <i>"Ik durf dit rudimentair vermogen geen intelligentie te noemen, want dat zou een te verheven term zijn. Ik noem het onderscheidingsvermogen."</i> (p. 158).
Köhler (1921)	Chimpansees, lossen problemen op
McDougall en McDougall (1931)	Inzicht en vooruit-zien
Bierens de Haan (1940)	Review instinct en intelligentie
Barnett (1956)	Voedselgedrag
Jolly (1966)	Lemuren zijn sociaal intelligent, maar verder niet
Bitterman (1975)	Vooraf leren
Kummer en Goodall (1985)	Innovatief gedrag
Weiskrantz (1985)	categorisatie
Menzel (1986)	Algemene bespreking
Doré en Dumas (1987)	Development bij dieren, Piaget's stadia
Parker en Baars (1990)	Bespreking relevante definities
Schull (1990)	Algemene discussie
Zentall (2000)	Vormen van intelligent gedrag
De Waal (2016)	Zijn mensen slim genoeg om te weten hoe slim dieren zijn?

Dit zijn dus voorbeelden van complex gedrag van insecten, dat zonder verstoring doelmatig zou zijn, maar experimenten tonen dat dit automatisch (niet-intelligent) gedrag is.

'Onderscheidingsvermogen' bij sluipwespen?

Fabre beschrijft veel voorbeelden van star instinctief gedrag van sluipwespen dat door ingrepen van de onderzoeker nutteloos geworden is, maar toch voortgezet wordt (Fabre 1855, Fabre en Texeira de Mattos 1915, 1919). Na sommige interventies *"gaan zij onvermoeibaar door in de normale volgorde, hoewel een interventie dit nutteloos heeft gemaakt. [...] Zijn dit dan machines? Nee, zo iets dwaas zou ik nooit denken."* (Fabre en Texeira de Mattos 1919, p. 155). *"Bij het mentaal functioneren van insecten moeten we twee totaal verschillende domeinen onderscheiden. Het eerste is **instinct**, in de juiste betekenis, een onbewuste impuls die heerst over het prachtigste deel wat het schepsel met inspanning tot stand brengt."* (Fabre en Texeira de Mattos 1919, p. 156). En het tweede domein is 'onderscheidingsvermogen': *"Ik durf dit rudimentair vermogen geen intelligentie te noemen, want intelligentie zou een te verheven term zijn voor dit rudimentair*

*vermogen. Daarom noem ik het **onderscheidingsvermogen**."* (Fabre en Texeira de Mattos 1919, p. 158). Naast starre instinctieve handelingen vertonen insecten ook flexibele handelingen in een variabele, onvoorspelbare omgeving. Ook Darwin was van mening dat *"enig oordeelsvermogen of redelijkheid soms een rol speelt, zelfs bij dieren laag op de ladder van de natuur."* (Darwin 1859, p. 266). Ook insecten spelen soms flexibel en doelmatig in op hun variabele omgeving. Fabre geeft voorbeelden van wat hij 'onderscheidingsvermogen' noemt. De urtjeswesp bouwt haar urtjes op plaatsen die beschermd zijn tegen regen; daartoe selecteert ze een geschikt beschut plaatsje. In het algemeen selecteren insecten een verblijfplaats voor zichzelf en voor hun larven, op basis van erfelijke* voorkeur. Maar wat doet een insect als echte voorkeursplaatsen niet beschikbaar zijn? Dan kiezen insecten toch een locatie die min of meer aan de vereisten voldoet. De vraag wordt dan: op basis van welke stimuli selecteren de urtjeswespen een tweede- en derde-keuze locatie? De urtjeswesp voedt haar larve bij voorkeur met verlamde spinnen van het geslacht *Epeira*.



Figuur 4. Het verband tussen lichaamsgewicht en hersengewicht voor vogels. Vogels die opvielen door intelligente innovatie hadden voor hun lichaamsgewicht grote hersenen.

Maar als er geen *Epeira*-spinnen voorhanden zijn, zal ze andere spinnen aanbieden, maar bijvoorbeeld geen verlamde krekels. Dus ze heeft een zekere, flexibele voorkeur. De vraag wordt dan: op basis van welke stimuli selecteren de urtjeswespen een prooi? Er kan nog veel onderzocht worden aan het keuzegedrag van sluipwespen.

1.2.4. Intelligentie bij vogels

Hersengroote en intelligentie bij vogels

Hebben intelligente vogels relatief grote hersenen? In een poging om de intelligentie van allerlei vogels te vergelijken heeft Lefebvre met zijn groep aspecten van het gedrag van vogels vergeleken (Lefebvre e.a. 1997, 1998, 2002).

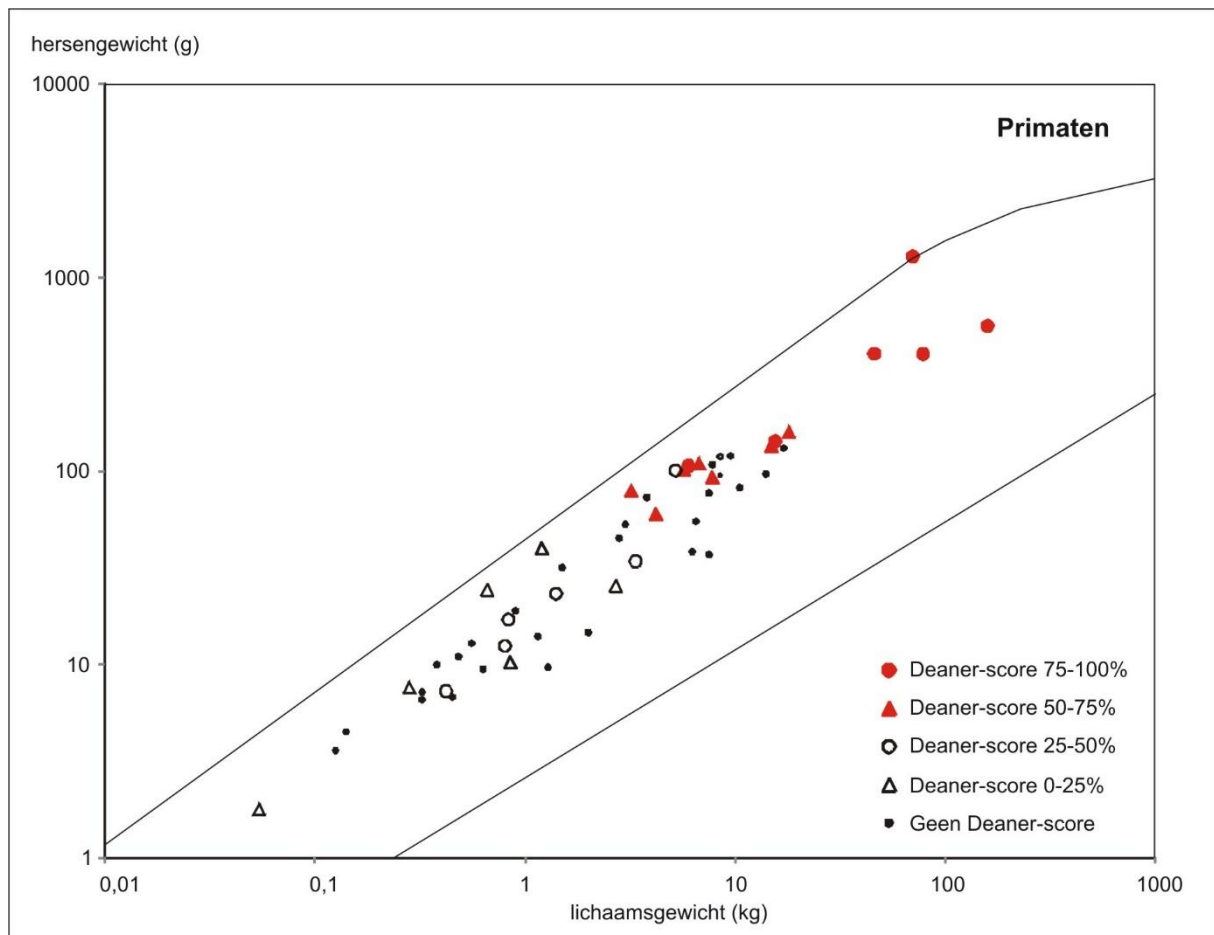
- 'Voedselinnovatie' werd beschouwd als teken van intelligentie, maar het overgaan op nieuw voedsel is volgens mij geen teken van intelligente innovatie. Het is eerder erfelijk* *trial-and-error* leren, of leren door observeren (hoofdstuk 3.2.).
- Gereedschap. Het gebruik van gereedschap is soms erfelijk, soms een product

van *trial-and-error* leren, of van imitatie en soms echte innovatie (zie sectie 5.1.).

Lefebvre e.a. (1997, 1998, 2002) onderzochten het verband tussen innovatie en de grootte van de voorhersenen voor de ordes van vogels. Echter, binnen ordes is er grote variatie in intelligentie of innovatie, en ook in hersengrootte. Daarom presenter ik liever datapunten voor soorten (van Dongen 1998). In sectie 3.4.3. presenter ik empirische gegevens dat sommige gedragsveranderingen bij bepaalde soorten inderdaad intelligente innovatie of intelligente imitatie zijn. Een complicatie is dat er van de 9000 vogelsoorten zeer weinig soorten voldoende onderzocht zijn.

Voor 11 soorten vogels¹ zijn er (volgens mijn criteria) voldoende aanwijzingen voor intelligente innovatie. Figuur 4 toont dat deze 11

¹ Pimpelmees, koolmees, putter, sijs, kauw, wipspanelkraai, zwarte kraai, roek, raaf, kea en grijze roodstaartpapegaai.



Figuur 5. Het verband tussen lichaamsgewicht en hersengewicht voor primaten. De 'algemene intelligentie' van 24 soorten primaten is gemeten met 9 verschillende testen (Deaner e.a. 2006). Soorten met een hoge Deaner-score waren relatief groot en hadden zwaardere hersenen (> 100g).

soorten steeds grote hersenen hebben, hetzij absoluut grote hersenen voor grote vogels, of relatief grote hersenen voor hun lichaamsgrootte bij kleine vogeltjes.

1.2.5. Intelligentie bij primaten

Hersengrootte en intelligentie bij primaten

Op basis van 9 verschillende testen scoorden Deaner e.a. (2006) de algemene intelligentie van 24 geslachten (genera) van primaten. Figuur 5 geeft het verband tussen lichaamsgewicht en hersengewicht voor primatensoorten met daarbij een code voor intelligentie volgens Deaner (van de genera heb ik de meest voor de hand liggende soort gekozen). Hoge Deaner-scores komen vooral voor bij soorten met een groot lichaamsgewicht, en een groot absolute hersengewicht (> 50 g). In het algemeen correleert bij primaten de 'intelligentie' vooral met het absolute hersengewicht (Deaner e.a. 2007). Het construeren van de algemene intelligentie van dieren is pas een jonge wetenschap. Daarom is het nog ondui-

delijk wat de 'beste' score is, als überhaupt de 'beste score' gedefinieerd kan worden. We kunnen hooguit zeggen dat de Deaner-score beter met hersengewicht correleert dan de Reader-score.

Een aanpak van intelligenties bij chimpansees: factor-analyse

Bij factor-analyses van de scores op 13 taken van 99 chimpansees kwam er een algemene factor *g* tevoorschijn met een middelgrote heritabiliteit (0,53, Hopkins e.a. 2014). Bij die factor-analyse werden er enkele componenten onderscheiden:

1. component 1 met ruimtelijk geheugen, objectpermanentie, rotatie en transpositie - wat ik hier globaal fysische intelligentie over objecten en omgevingsintelligentie noem; de heritabiliteit hiervan was middelgroot (0,54);
2. component 2 met causaal-visueel en gereedschapsgebruik - wat ik hier fysische intelligentie en technische intelligentie noem; de heritabiliteit hiervan was klein (0,26, ns);

3. component 3 met communicatie-productie, attentie en blik-volgen - wat ik hier signaal-intelligentie en sociale intelligentie noem; de heritabiliteit hiervan was middelgroot (0,34).

Overigens is het nogal eigenwijs van mij dat ik mijn vooroordelen over intelligenties (afgeleid van Gardner) laat prevaleren boven de resultaten van factor-analyse.

In hoeverre meten de afzonderlijke taken 'intelligentie van chimpansees'?

De 'intelligentie' van chimpansees werd afgeleid van de score op 13 verschillende taken (van Herrman zie onder). De *g*-lading van de score op deze taken door chimpansees werd gemeten juist zoals bij de scores van mensen. Sommige scores hebben een hoge *g*-lading (tabel 3); dan is er een grote overeenstemming met algemene intelligentie. Andere scores hebben een lage *g*-lading, en deze meten dus iets anders dan algemene intelligentie.

1.2.6. 'Inzicht'

Inzicht bij chimpansees

Wolfgang Köhler heeft jarenlang onderzocht of chimpansees concrete problemen konden oplossen, om voedsel te bemachtigen. Het probleem kon in principe opgelost worden door bijvoorbeeld dozen op elkaar te stapelen of stokken in elkaar te schuiven. Er kwamen verschillende gedragingen voor.

Tabel 3. De *g*-lading van de scores op 13 taken waarmee de 'intelligentie' van chimpansees gemeten wordt (gegevens van Woodley de Menie e.a. 2015).

taak	<i>g</i> -lading
object-permanentie	0,66
productie van signalen	0,61
verschuiving	0,54
gebruik van gereedschap	0,52
manipuleren van aandacht	0,52
rotatie	0,47
relatieve aantallen	0,47
begrip van signalen	0,47
ruimtelijk geheugen	0,27
causaliteit - visueel	0,24
causaliteit - geluid	0,20
eigenschap van gereedschap	0,19
blik volgen	0,05

- ongeorganiseerd proberen, ofwel *trial-and-error*.
- eerst het probleem overzien en dan, op eens, efficiënt de oplossing uitvoeren. In dit geval sprak Köhler van 'inzicht'.

Er waren grote verschillen tussen individuele chimpansees: De slimste chimp in de groep, Sultan, loste problemen met inzicht op, die andere chimpansees niet konden oplossen. Köhler concludeerde dat chimpansees wat betreft 'inzicht' dichter bij mensen staan dan bij de 'lagere' apen. "[Chimpansees] vertonen gedrag dat als specifiek menselijk gerekend wordt. Voorlopig weten we nog weinig over onze dierenburen aan de andere kant, maar met het beetje dat we weten - inclusief de bevindingen van dit verslag - is het niet onmogelijk dat de mensaap **ook in inzicht** dichter bij de mens staat dan menige lagere apensoort."² (Köhler en Winter 1925, p. 226-227). Toen Köhler eenmaal het woord 'inzicht' gebruikte had voor het oplossen van problemen door chimpansees, kreeg het begrip 'inzicht' mythische proporties (Wallas 1926, Hartmann 1931, McDougall en McDougall 1931).

Gedragcriteria voor inzicht

Men heeft gedragcriteria verwoord om het begrip 'inzicht' op basis van gedrag van dieren of mensen te operationaliseren (Frank en Frank 1982, Epstein e.a. 1985). Essentieel daarbij is dat het individu met een concreet probleem geconfronteerd wordt, enige tijd pauzeert, en daarna plots, zonder *trial and error*, de complete oplossing uitvoert. Empirisch herenonderzoek bij het oplossen van inzichtproblemen is gewenst (Bowden e.a. 2005).

Inzicht bij mensen

Uit introspectie melden mensen de fases waarin ze een oplossing voor een inzichtprobleem vonden (Wallas 1926):

1. 'mentale voorbereiding'; ik zou liever zeggen: presentatie/waarneming van het probleem, met daarbij vorming van de neurale representatie van het probleem;
2. 'broeden'; deze fase kan variëren van enkele milliseconden tot enkele jaren; naarmate een probleem meer een inzichtprobleem is, duurt de incubatieperiode langer;
3. 'verlichting'; in een flits dient de oplossing zich aan;
4. 'verificatie'.

² In de Engelse vertaling van het boek van Köhler wordt 'Einsicht' soms vertaald door 'insight' en soms door 'intelligence' (Köhler en Winter 1925).

Er zijn de volgende verschillen tussen oplossingen van een inzichtsprobleem van een niet-inzichtsprobleem door mensen (Bowden e.a. 2005).

1. Oplossers van een inzichtsprobleem melden dat ze plotseling tot een oplossing komen die ze spontaan als de juiste oplossing beleven (*Aha-Erlebnis*).
2. Oplossers van een inzichtsprobleem zijn vaak enige tijd in een impasse, waarin ze niet dichterbij de oplossing komen.
3. Oplossers van een inzichtsprobleem kunnen in de regel niet zeggen waardoor de impasse doorbroken werd en een oplossing helder werd. Dat beschreef Poincaré (Seifert e.a. 1995, p. 75 – 76). Wetenschappers, zoals Faraday, Maxwell, Tesla, Kekulé, Watson, Crick en Einstein, hebben hun ontdekkingen gedaan doordat zij plots de oplossing in beelden zagen (Pinker 1994, p. 61-62).

Een eenvoudig voorbeeld van inzicht is dat we proberen ons de naam van een persoon te herinneren. Het bijzondere is dat we weten dat die naam in ons geheugen zit, maar dat we op dat moment de naam niet kunnen produceren. En dan, ineens, weten we die naam, en we weten zeker dat we de juiste naam weten. Ook bij items van IQ-testen zien mensen plots de oplossing (of niet).

1.2.7. Visuele zelfherkenning

Visuele zelfherkenning bij mensen

De intellectuele ontwikkeling van baby's verloopt in een aantal stadia (Piaget 1937). Het eerste stadium is de sensori-motorische fase gedurende de eerste 2 levensjaren; deze fase is in 6 substadia verdeeld. Vanaf de 3e subfase (ongeveer 8 maanden) reageert de baby op wat hij in een spiegel ziet (Bertenthal en Fischer 1978). Één van de testen is dat het kind een rode vlek op de neus krijgt, en daarna voor een spiegel wordt geplaatst; in stadium 6 raakt het kind de eigen neus aan of zegt hij dat hij iets raars ziet. Dat noemt men spiegel-zelfherkenning. Rond een leeftijd van 18 maanden toont de helft van de kinderen spiegel-zelfherkenning (Nielsen en Dissanayake 2004)³. Varianten hierop zijn zelfherkenning op video (op hetzelfde moment getoond, of later afgespeeld) en op foto's of schilderijen (Suddendorf en Butler 2013).

Visuele zelfherkenning door dieren

Als een chimpansee voor het eerst met een spiegel wordt geconfronteerd, reageert hij aanvankelijk alsof het spiegelbeeld een andere chimpansee is. Maar na 2 - 3 dagen ontdekt hij dat het spiegelbeeld hemzelf 'weerspiegelt' (Gallup 1970). Voor een experiment werden deze dieren verdoofd, en er werd met rode verf een stip gezet die ze alleen op het spiegelbeeld konden zien. Als ze die stip op hun spiegelbeeld zagen, raakten ze voor de spiegel de plek op hun lichaam aan. Gallup noemde dit zelfherkenning. Ongeveer 75% van de jongvolwassen chimpansees vertoont spiegel-zelfherkenning (Povinelli e.a. 1993). Ook orang-oetangs, Indische olifanten, dolfijnen en eksters en misschien gibbons vertonen spiegel-zelfherkenning, resus-ape na veel training, maar niet gorilla's (Prior e.a. 2008, Toda en Platt 2015). Ook een robot kan zo geprogrammeerd worden dat hij 'spiegel-zelfherkenningsgedrag' vertoont (Takeno 2005).

Overigens ben ik van mening dat het belang van de spiegel-zelfherkenning door dieren overschat wordt. Primaten zijn echt visuele dieren, maar de meeste zoogdieren niet. Spiegels spelen in het natuurlijk leven van dieren in het wild geen rol. De spiegel-zelfherkenning door dieren werd in mentale termen verwoord als een teken van zelfbewustzijn (*self-awareness*). En zelfbewustzijn zou uniek voor de mens zijn. Daarom trok spiegel-zelfherkenning te veel belangstelling van psychologen en filosofen. Maar ik ben van mening dat het belang van zelfbewustzijn overschat wordt.

1.3. Afzonderlijke intelligenties

Geïnspireerd door de intelligenties van Gardner (1983, 1993) stel ik hier 8 intelligenties voor. Dit noem ik 'intelligenties' en niet 'vaardigheden', 'bekwaamheden' of 'talenten', omdat het niet alleen het verwerven van domein-gebonden leerinhouden betreft, maar ook het flexibel doelgericht oplossen van nieuwe problemen. In tabel 4 toon ik het verband tussen de intelligenties van Gardner en de 8 intelligenties die ik hier bespreek, zoals hieronder toegelicht.

³ In mentale termen: spiegel-zelfherkenning veronderstelt dat het kind 'door heeft' dat het zichzelf ziet in de spiegel.

Tabel 4. De verschillende intelligenties volgens verscheidene auteurs, en de indeling die ik hier gebruik.

Thorndike (1920)	Gardner (1983, 1993)	Anderen over de mens	Huidig voorstel
	(Bodily-kinesthetic)		1. Bewegingsintelligentie
Mechanische intelligentie	(Visual-spatial)	Praktische intelligentie	3. Fysische intelligentie
	(Bodily-kinesthetic)		4. Technische intelligentie
	(Visual-spatial)		5. Omgevings-intelligentie
	Naturalistic		6. Natuur-intelligentie
Sociale intelligentie	Interpersonal	Sociale intelligentie	7. Sociale intelligentie
	Intrapersonal	Emotionele intelligentie	(niet hier besproken)
	Moral		(niet hier besproken)
Abstracte intelligentie	Logical-mathematical	Performaal IQ (WAIS)	2. Abstracte intelligentie
	Verbal-linguistic	Verbaal IQ (WAIS)	8. Signaal-intelligentie
	Musical-rhythmic		(niet hier besproken)
	Existential	Spiritueel	(niet hier besproken)

1. *Bodily-kinesthetic* intelligentie splits ik in de grove motoriek (bewegingsintelligentie) en de fijne motoriek (technische intelligentie).
2. *Visual-spatial* intelligentie splits ik in het omgaan met levenloze objecten (fysische intelligentie) en het omgaan met de landschappen in de omgeving (omgevingsintelligentie).
3. *Intrapersonal* intelligentie bespreek ik hier niet omdat dit over mentale processen gaat, en die zijn niet toetsbaar.
4. *Moral* intelligentie bespreek ik hier niet omdat dit niet toetsbaar is.
5. *Musical-rhythmic* intelligentie speelt zeker bij mensen een rol. Wellicht speelt dit ook een rol bij de liedjes van zangvogels, walvissen en gibbons.
6. *Existential* intelligentie speelt zeker voor mensen een rol. In de hoofdstukken 8.1. en 8.2. presenteer ik een hypothese over het ontstaan van religie.

Tabel 5 toont dat de resterende 8 intelligenties verschillende objecten hebben.

2. Bewegingsintelligentie

Bewegingsintelligentie is een intelligentie van Gardner die men het minst met intelligent functioneren associeert. Bewegingsintelligentie is het bijsturen van de bewegingen op een bepaald doel. Bij vogels kan men denken aan een slechtvalk die zich op een vliegende prooi stort, aan vleermuizen die vliegende insecten vangen met echolocatie, aan klimbokken die over steile hellingen rennen, en aan apen die in de bomen slingeren. Bij mensen kan men basale motorische vaardigheid meten met testen voor reactietijd, handigheid en precieze motoriek. Veel complexere snelle bewegingen komen voor bij het bespelen van een muziekinstrument, bij tennissen, bij dansen en acrobatiek. De toekomst zal leren of bewegingsintelligentie als een intelligentie geaccepteerd wordt. De heritabiliteit van fijne motorische beheersing was 0,68, van het aanleren van een motorische taak 0,70 (Missitzi e.a. 2013), en voor balanceren op een stabilometer na training 0,65 (Williams en Gross 1980).

Tabel 5. De afzonderlijke intelligenties en hun objecten.

Soort intelligentie	Object
1. Bewegingsintelligentie	Eigen lichaam
2. Abstracte intelligentie	Abstracte concepten
3. Fysische intelligentie	Levenloze dingen begrijpen
4. Technische intelligentie	Levenloze dingen bewerken
5. Omgevingsintelligentie	Eigen leefomgeving
6. Natuurintelligentie	Planten en dieren
7. Sociale intelligentie	Soortgenoten
8. Signaal-intelligentie	Soortgenoten (via signalen)

3. Abstracte intelligentie

Abstracte intelligentie betreft “*het vermogen om ideeën en symbolen te begrijpen en te gebruiken*” (Thorndike 1920). Abstracte intelligentie betreft het maken van het onderscheid gelijk/verschillend, het omgaan met aantallen, en categorisatie.

Bij mensen valt hieronder categorisatie, het afleiden van logische verbanden, wiskunde en logica.

3.1. Categorisatie en hetzelfde/verschillend

3.1.1. Vogels

Vergelijking

Op basis van allerlei visuele stimuli zijn duiven in staat om het onderscheid hetzelfde/verschillend te maken (Cumming en Berryman 1961, Cook e.a. 1997). Als zij dit eenmaal geleerd hebben, is de overdracht naar andere stimuli enigszins verbeterd. Kraaiachtigen, zoals kauwen en roeken, hebben een betere overdracht naar andere stimuli dan duiven (Wilson e.a. 1985). Bonte kraaien⁴ kunnen gelijktijdig de categorieën kleur, vorm en gelijk/verschillend hanteren (Smirnova e.a. 2015). Pas-uitgekomen jonge nestvliedende vogels vertonen inprenting op allerlei stimuli. Wilde eendjes van minder dan één dag oud maken onderscheid tussen hetzelfde/verschillend (Martinho en Karel'nik 2016).

2.1.2. Primaten

Primaten delen dingen in volgens allerlei principes (Spinozzi 1996). Hiervoor zijn vooral kapucijnerapen en chimpansees onderzocht, groepen die beiden in de natuur gereedschap gebruiken. Als chimpansees objecten krijgen, gaan ze die uit zichzelf rangschikken bijvoorbeeld op basis van vorm of kleur (Oden e.a. 1990, Spinozzi 1993, Spinozzi e.a. 1999). Kapucijnerapen en chimpansees kunnen allerlei andere indelingsprincipes leren, op basis van eigen/andere diersoort, voedsel/niet-voedsel, zoogdier/meubel/voertuig, persoon/niet-persoon, onder/boven, bekend/nieuw, artefact/niet-artefact, of gezichten/vocalisaties van mensen en apen (Yoshikubo 1985, D'Amato e.a. 1985, D'Amato en Van Sant 1988, Wright e.a. 1990, Deputte e.a. 2001, Spinozzi e.a. 2004, Murai e.a. 2005, Adachi e.a. 2006,

Borgo e.a. 2013). Kapucijnerapen en chimpansees kunnen leren elementen uit dezelfde categorie bij elkaar te plaatsen, of juist elementen uit verschillende categorieën. Chimpansees van gemiddeld 5,5 jaar scoren voor classificatie even goed als kinderen rond 6 jaar (Braggio e.a. 1979). Maar door alle categorieën heen hadden sommige chimpansees of resusapen soms vooral een voorkeur voor nieuwe (onbekende) stimuli (Thompson en Oden 1996, Murai e.a. 2005). Chimpansees die een symbooltaal geleerd hebben, uiten in die symbooltaal hun principes voor categorisatie (Premack 1976).

3.1.3 Mensen

Aanvankelijk meende men dat het maken van het onderscheid hetzelfde/verschillend het meest basale onderscheid is. Maar dan rijst meteen de vraag: hetzelfde of verschillend van welke dingen of stimuli? Men meende dat kinderen de overgang moesten maken van identificeren welke dingen hetzelfde zijn naar het categoriseren van dingen. “*Maar niemand heeft ooit bevredigend beschreven over hoe zo'n overgang plaats zou vinden. [...] we kunnen zo'n overgang niet documenteren door het feit dat hij niet voorkomt.*” (Mandler 2000, p. 6). Het identificeren van categorieën en objecten in die categorie verloopt gelijktijdig en in één proces (Mandler 1988, 1991). Objecten worden in het brein meteen in categorieën gerangschikt (hoofdstuk 3.5.).

- **Kleur.** Het kleurenspectrum is continu, maar het onderscheiden en benoemen van kleuren is discontinu. Het was de vraag of de kleuren die onderscheiden worden en benoemd worden, afhangen van de cultuur en de taal, of van de dieper liggende biologische categorisatie van kleuren. Baby's van 4 – 6 maanden met 4 verschillende moedertalen bekeken 40 verschillende kleuren van hetzelfde helderheidsniveau. Daarbij onderscheidde ze 5 kleurcategorieën: rood, geel, groen, blauw en paars. De conclusie was dat kleurcategorieën vooral biologisch zijn, en niet zozeer afhangen van cultuur of taal (Skelton e.a. 2017).
- **Welke objecten zijn basaal?** Of concreet: is het uitgangspunt bijvoorbeeld 'hond', of een subcategorie (zoals teckel), of een hogere categorie, zoals viervoeters? Daar is geen algemeen antwoord op: het hangt af van de ervaringen van de kinderen, en de complexiteit van de vraag (Mervis en Crisafi 1982).

Het oordeel dat objecten uit een categorie voldoende hetzelfde zijn, noemt men 'koppelen aan een voorbeeld' of 'equivalentie-oordelen'

⁴ Uit de publicatie was niet duidelijk of dit de bonte kraai (*hooded crow, Corvus cornix*), of de zwarte kraai (*carrion crow, Corvus corone*) betrof, maar het was de bonte kraai (persoonlijke mededeling, Zoya Zorina).

matching to sample of equivalence judgements. Kinderen van 20 - 32 maanden oud slagen daar al goed in bij simpele stimuli (Daehler e.a. 1979). Er is een vorm van leren (*oddity learning*) waarbij mensen en dieren afwisselend de opdracht krijgen gelijkende of juist niet-gelijkende objecten/stimuli te kiezen (figuur 6). De resultaten daarvan tonen of men de concepten 'gelijk' en 'verschillend' onderscheidt

3.1.4. Besluit categorisatie

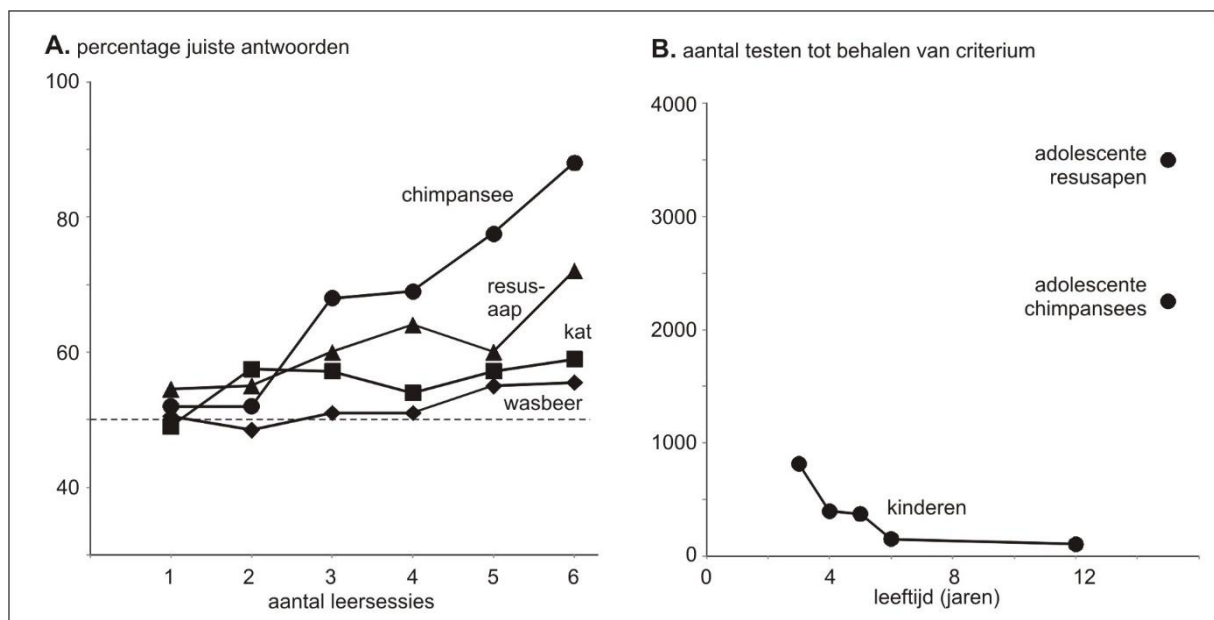
Gelijk versus verschillend

Beoordelen of een huidig ding gelijk is aan een eerder waargenomen ding, is een fundamenteel onderscheid; het is belangrijk voor het identificeren en classificeren van voedsel en gevaar. Zo ordenen mensen en dieren dingen. Dit wordt ook wel hetzelfde/verschillend of stimulus-generalisatie genoemd. Aristoteles heeft voorgesteld hoe mensen de eerste enkelvoudige concepten hebben ontdekt/-ontwikkeld (hoofdstuk 3.2.). Die eerste enkelvoudige concepten zijn aangeleerde constructen. Men kan complexere concepten aanleren, wanneer men de eigenschappen van meerdere enkelvoudige concepten gelijktijdig waarneemt. Ook dieren vormen dergelijke com-

plexe concepten. Dat is ontstaan toen de eerste zenuwstelsels ontstaan waren, zo'n 695 Mya. Uiteraard waren dit bij dieren woordloze concepten. Stimulus-differentiatie is aangetoond bij duiven, resusapen, chimpansee-baby's en mensenbaby's (Young en Harlow 1943, Cumming en Berryman 1961, Daehler e.a. 1979, Oden e.a. 1990). Mensen en dieren kunnen leren soms gelijkaardige stimuli te selecteren, en soms niet-gelijkaardige stimuli. Dat noemt men *oddity* leren. Chimpansees en resusapen leren dit veel beter dan katten of wasberen (figuur 6A), maar kinderen doen dit beter dan chimpansees of resusapen (figuur 6B). Veel dieren onderscheiden stimuli; daarom concludeer ik dat dieren al zeer vroeg in de evolutie (550 Mya) het onderscheid gelijkaardig versus verschillend maakten.

Categorisatie

Concepten worden in het geheugen gerangschikt in categorieën. Dieren leerden niet zomaar alles van allerlei dingen, maar vooral relevante eigenschappen van biologisch relevante dingen. De eerste concepten hadden te maken met voedsel, natuurlijke vijanden en de eigenschappen van de eigen locatie.



Figuur 6. Oddity-leren bij kinderen en enkele dieren. A. Wasberen leren het niet, resusapen beter, en chimpansees het best (gegevens van Strong en Hedges 1966). B. Hoe ouder kinderen worden van 3 tot 12 jaar hoe sneller ze leren. Adolescente resusapen en chimpansees leren dit veel trager dan mensenkinderen (gegevens van Strong 1966).

Concepten zijn biologisch relevant binnen bepaalde categorieën. Er zijn argumenten dat concepten en categorieën gelijktijdig in de hersenen worden vastgelegd (sectie 3.1.3.). *"Categorisatie is een zeer basale cognitieve activiteit. Het speelt een rol bij iedere taak die verschillende reacties vereist, van operant conditioneren, tot patroon herkennen, en tot het benoemen en beschrijven van dingen of toestanden."* (Harnad 1987, p. 535). Er werd gesuggereerd dat de vaardigheid om dingen te categoriseren uniek voor de mens is, en het begin van de logica (Langer 1980, 1986). Ik deel echter de mening van Lenneberg (1967). *"Alle gewervelde dieren hebben het vermogen om stimulus-configuraties te ordenen in functionele categorieën, dat is objecten zodanig te classificeren dat één soort reactie gegeven wordt op ieder lid van een afzonderlijke stimulus categorie. [...] Samengevat, alle dieren organiseren de waargenomen wereld in een proces van **categorisatie**. Van deze basisvorm van organisatie worden twee verdere processen afgeleid: **differentiatie** of **discriminatie**, en het onderling relateren van de categorieën of het waarnemen en tolereren van **transformaties**. [...] Bij de mens wordt dit organiseren meestal concept-vorming genoemd, maar het is duidelijk dat er geen formeel verschil is tussen concept-vorming van de mens, en de neiging van dieren om op categorieën van stimuli te reageren. Er is echter een groot verschil. De mogelijkheden tot categorie-vorming zijn duidelijk niet hetzelfde voor de afzonderlijke soorten."* (Lenneberg 1967, p. 331-332). Ik veronderstel dat categorisatie een zeer oude vaardigheid was in de evolutie van dieren. Al vroeg in de evolutie moesten dieren reageren op verschillende klassen van relevante stimuli zoals eetbaar/niet-eetbaar, gevaarlijk/ongevaarlijk, verwant/niet-verwant, enz. Toen dieren in groepen gingen leven, werd voor hen het onderscheid *in-group/out-group* relevant. Categorisatie van stimuli is empirisch aangetoond bij krekels, vissen, kikkers, vogels, muizen, schapen en primaten (Bornstein 1987, Ehret 1987, Snowdon 1987, Mackintosh 2000, Ginane en Dumont 2006, Schluessel e.a. 2012). Categorisatie is zo snel en automatisch, dat men ook wel spreekt van 'perceptie in categorieën'. Categorisatie betreft de sensorische systemen zien, horen, aanraken en kinesthesie (Wilson e.a. 1985). Categorisatie is een vaardigheid die de meeste van de bovenstaande categorieën betreft: dingen, planten, dieren, soortgenoten en groepsgenoten worden geassocieerd. Mensen en dieren delen dingen in in relevante categorieën, en niet noodzakelijk in logische categorieën: *"de ontologie van het mensengedrag is filosofisch onjuist."*

(Boyer en Barrett 2005, p. 98). De categorieën die mensen en dieren onderscheiden, hebben alles te maken met overleven, voortplanten en het verzorgen van de nakomelingen (dus het verbreiden van de eigen allelen). Die categorieën stemmen niet noodzakelijk overeen met de categorieën die men in de empirische wetenschap, in de logica of in de filosofie onderscheidt.

3.2. Aantallen

3.2.1. Ongewervelde dieren

Inktvissen vallen op door hun grote hersenen en intelligentie. Zeekatten leven onder andere van garnaltjes. Een zeekat kon kiezen tussen twee bakjes met verschillende aantallen garnaltjes. Zeekatten maken onderscheid tussen 1 en 2, tussen 2 en 3, tussen 3 en 4, en tussen 4 en 5 (Yang en Chiao 2016). Zeekatten maken boven het aantal 3 beter onderscheid tussen aantallen dan gewervelde dieren (zie onder).

Zeemuggen zijn kleine vleugellose zee-insecten. Bij volle en bij nieuwe maan ontpoppen de larven van de zeemug en komen naar het zee-oppervlak, ook wanneer zij het maanlicht niet kunnen zien. Zij hebben een halfmaans-cyclus. Op een of andere manier 'tellen' zij de dagen (of licht/donker-periodes, of circadiane cycli) tot 15 om deze halfmaans-cyclus te maken (Soong en Chang 2012).

3.2.2. Vissen

Guppies zijn populaire aquariumvissen; guppies van één dag oud maken onderscheid tussen 2 en 3 visjes. Maar bij grotere aantallen faalden ze, zelfs als het relatieve verschil groter was zoals tussen 4 en 8, of tussen 4 en 12 (Bisazza e.a. 2010). Guppies maakten het onderscheid tussen grotere aantallen pas op de leeftijd van 20 of 40 dagen, afhankelijk van hun ervaring met grotere aantallen vissen (Bisazza e.a. 2010).

Maanvissen (*Pterophyllum scalare*) verkiezen het om in scholen te zwemmen, waarbij ze een voorkeur hebben voor grotere scholen. Dit principe is gebruikt om te bezien welke aantallen maanvissen kunnen onderscheiden. Maanvissen maken onderscheid tussen 4 en 1, tussen 3 en 1, tussen 2 en 1, en tussen 3 en 2, maar niet tussen 4 en 3, tussen 5 en 4, en tussen 6 en 5 (Gomez-Laplaza en Gerlai 2011).

3.2.3. Vogels

Kleine aantallen

In het laboratorium maakten kuikentjes van 9 dagen oud onderscheid tussen 1 en 2 stippen en tussen 2 en 3 stippen, maar niet tussen 3 en 4, 4 en 5, en 4 en 6 (Rugani e.a. 2015). Met kleine aantallen kunnen vogels zelfs rekenen. Het kwam voor dat boeren kraaien van hun akkers wilden verjagen; die dieren vluchtten weg voor mensen, maar kwamen terug als de mensen verdwenen waren. Als 3 mensen een schuilhut ingingen, en 2 gingen er weer uit, dan bleven de kraaien weg. Maar als 4 of 5 mensen de hut in gingen, en eentje bleef achter, dan kwamen de kraaien terug en konden bejaagd worden (Davis en Memmott 1982). Kraaien verwerken aantallen lager dan 4, inclusief aftrekkingen.

Grotere aantallen

Bij het verwerken van aantallen van 1 – 10 scoorden duiven even goed als resusapen (Scarf e.a. 2011). Er zijn veel vogelsoorten waarbij de vrouwtjes eieren leggen in het nest van een andere vogel. Dit zijn broedparasieten. Carolina-eenden leggen de meeste eieren in hun eigen nest, maar sommige in de nesten van soortgenoten. Voor broedparasieten is er een optimaal aantal eitjes die al in het nest liggen, voordat zij hun ei erbij leggen. Daar selecteren zij hun nesten op (Odell en Eadie 2010). Carolina-eenden prefereren nesten met vrij weinig eieren (5 – 10) boven nesten met veel (15 – 20) eieren; waarschijnlijk betreft dit inschatten van hoeveelheden.

Het is zelfs mogelijk om vogels te leren tellen. Koehler (1941) heeft onderzocht welke aantallen vogels konden onderscheiden. Er was een verschil tussen soorten: duiven en grasparkieten tot 5, kauwen tot 6, en raven en papegaaien tot 7.

3.2.4. Zoogdieren (niet primaten)

Kleine aantallen

Er zijn voorbeelden dat het biologisch relevant is dat dieren in het wild aantallen verwerken. Zo zijn er regelmatig conflicten tussen groepen leeuwinnen. De individuen van een groep brullen vaak samen; andere groepen kunnen dan horen hoe groot deze groep is, en inschatten of een gevecht hiermee opportuun is (McComb e.a. 1994). Leeuwinnen maken onderscheid tussen het geluid van één leeuw of van 3 leeuwinnen. Verder komt bij leeuwen regelmatig kindermoord voor. Als een mannetjesleeuw bij een groep leeuwinnen met hun welpen komt, doodt het mannetje de welpen, en verwekt bij de moeder eigen nakomelingen. Als een

groepje van 3 leeuwinnen samen brult, houdt dat meestal solitaire mannetjes op afstand (Grinnell en McComb 1996). Het gebrul van een groep leeuwinnen is een code voor de groepsgrootte.

Grotere aantallen

Voor een experiment moesten ratten een aantal malen op een pedaal drukken, voordat ze een beloning kregen. Dat aantal liep op van 4 tot 20 en de ratten moesten dit met *trial and error* ontdekken. Ratten leerden dit met een zekere variatie: ze drukten meestal iets meer dan het juiste aantal (Platt en Johnson 1971, Whalen e.a. 1999). De conclusie was dat ratten aantallen van 4 tot 20 schatten en daarin redelijk succesvol zijn.

Bij veel diersoorten krijgen de moeders meer dan 3 jongen tegelijkertijd. Er zijn anekdotische observaties dat vrouwtjes ratten en eekhoorns hun jongen niet precies tellen (Davis en Memmott 1982).

Een mannetjes huismuis doodt meestal de pups in zijn territorium, maar 18 – 20 dagen na de laatste copulatie met ejaculatie stopt hij met kinderen doden voor een periode van ongeveer 30 dagen. Daarmee voorkomt hij dat hij zijn eigen nageslacht doodt. Nadat kunstmatig de licht/donker-periodeduur gemanipuleerd was, bleek dat dit 18 – 20 licht/donker-periodes betrof en geen 24-uurs dagen (Perrigo e.a. 1990). Huismuizen schatten dus een tijdsverloop van 18 – 20 licht/donker-periodes. Hoe ze dit doen is nog onbekend, maar er is een erfelijke component, want er zijn verschillen tussen muizenstammen (Perrigo e.a. 1993).

3.2.5. Primaten

Aantallen bij apen

Zonder training verwerkten resusapen de volgende operaties, waarbij de cijfers staan voor concrete dingen: $1+1=2$, $2+1=3$, $2-1=1$ en $3-1=2$, maar bij precieze vergelijkingen met aantallen van 4 of groter faalden ze. Hetzelfde geldt voor pinché-aapjes of lemuren (Reznikova en Ryabko 2011).

Apes kunnen leren om met aantallen om te gaan. Resusapen kregen op een *touch screen monitor* vier velden te zien met op ieder veld een verschillend aantal (1 – 4) objecten van verschillende vorm, kleur en grootte. De opdracht was om de velden aan te raken in opklimmende volgorde van de aantallen. Daar slaagden die apen in. Toen ze dit eenmaal geleerd hadden, kregen ze nieuwe velden met daarop 5 – 9 objecten. Na enige training leerden ze ook deze in juiste volgorde aan te raken (Brannon en Terrace 1998).

Bavianen kunnen een beetje optellen en aftrekken. Het kwam voor dat boeren bavianen van hun akkers wilden verjagen; die dieren vluchtten weg voor mensen, maar kwamen terug als de mens verdwenen was. Als 3 mensen een schuilhut ingingen, en 2 gingen er weer uit, dan bleven de bavianen weg. Maar als 4 of 5 mensen de hut in gingen, en eentje bleef achter, dan kwamen de bavianen terug en konden bejaagd worden (Davis en Memmott 1982). Bavianen verwerken aantallen lager dan 4, inclusief aftrekkingen.

Kleine aantallen bij apen

Chimpanseegemeenschappen hebben een leefgebied, waarin ze in kleinere of grotere groepjes (*parties*) rondtrekken. Voor een experiment werden in het leefgebied van een groep chimpansees met luidsprekers het geroep (*pant hoots*) van één onbekende volwassen mannetjeschimpansee afgespeeld (Wilson e.a. 2001). Een groep van drie of meer volwassen mannen beantwoordde meestal in koor de roep met *pant hoots*, en ging meestal naar de luidspreker toe. Kennelijk beoordelen de mannetjes of hun aantal groot genoeg is voor een confrontatie.

Het verwerken van aantallen tot maximaal 6 is onderzocht bij 105 Duitse kinderen van 2,5 jaar, 106 chimpansees (3 – 21 jaar) en 32 orang-oetangs (3 – 10 jaar) met dezelfde testen (Herrmann e.a. 2007). Voor de test van aantallen moeten de proefpersonen kiezen uit twee bakjes met maximaal 6 dingen. Voor de test van optellen zagen de proefpersonen twee bakjes met een aantal dingen (maximaal 6); vervolgens werd aan één bakje een zichtbaar aantal dingen toegevoegd, en vervolgens moesten de proefpersonen proberen het bakje met de meeste dingen te kiezen. Het omgekeerde gebeurde bij aftrekken. De mensapen scoorden hetzelfde als de kinderen van 2,5 jaar op beide testen.

Grotere aantallen bij apen

Voor een experiment konden Java-apeen of chimpansees kiezen uit aangeboden voedsel. Zij hebben een duidelijke voorkeur voor twee bananen boven één banaan, maar ze hebben geen voorkeur voor 10 bananen boven 5 bananen (Silberberg e.a. 1998). Dat is opmerkelijk. Volgens de wet van Weber zouden we verwachten dat primaten een verschil van een factor 2 waarnemen en daarnaar handelen. Wijst dit op een cognitief verschil tussen mensen en andere primaten, of is niet het juiste experiment gebruikt om de cognitieve vermogens van primaten aan te tonen?

Chimpansees: symbolen voor aantallen

Het is gelukt om een chimpansee te trainen, zodat zij leerde dat de cijfers 0 – 4 voor een aantal objecten staan (Boysen en Berntson 1989). Deze chimp heeft dus de betekenis van de cijfers 0 – 4 geleerd. Voor een ander experiment kregen chimpansees de keuze uit twee schaaltes met daarop 0 – 6 snoepjes. Het schaalte dat ze aanwezen, kregen ze juist niet; het was dus in hun belang om het schaalte met de minste snoepjes aan te wijzen. Dat leerden ze niet: het schaalte met de meeste snoepjes was kennelijk onweerstaanbaar (Boysen e.a. 1996). Deze chimpansees hadden ook geleerd waar cijfers voor staan. Zij kregen de keuze tussen twee schaaltes met daarin een cijfer. Het schaalte dat zij aanwezen werd verwijderd, en ze kregen het aantal snoepjes als het cijfer in het andere schaalte. Dan leerden zij wel om het laagste cijfer aan te wijzen.

Chimpansees hadden geleerd om op een computerscherm de cijfers 1 t/m 9 in de juiste volgorde aan te raken. Die cijfers werden maar korte tijd op wisselende posities getoond, en daarna moesten de chimpansees de posities in de juiste volgorde aanraken. Dat leren chimpansees goed: ze doen dit sneller en beter dan studenten. Als die cijfers zeer kort (210 ms) getoond worden, scoorde een jonge chimpansee 80% goed, en studenten slechts 40% (Inoue en Matsuzawa 2007). Dit is een bijzondere prestatie: de chimpansees moesten niet alleen de positie van de symbolen onthouden, maar ook de waarde verwerken waar die symbolen naar verwijzen. Het is goed denkbaar dat chimpansees dit beter doen dankzij hun kleinere brein met kortere verbindingen, en doordat zij minder symbolische data moesten vergelijken, omdat zij minder symbolische data in hun geheugen hadden. Dit doet ook denken aan de bevinding dat kinderen beter presteren dan volwassenen in taken voor het fotografisch geheugen, zoals bij het spel 'Memory'.

3.2.6 Mensen

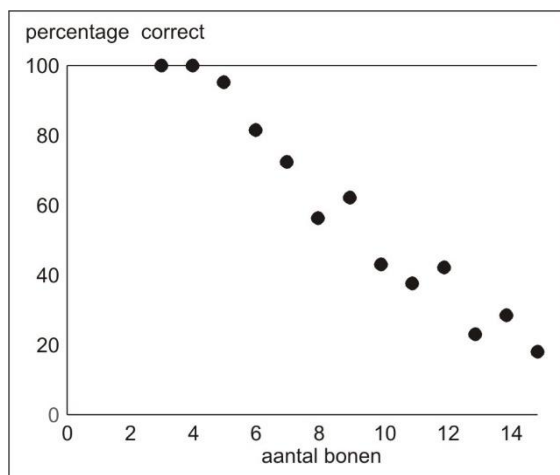
'Aantalvaardigheid' (*numerosity*) is de vaardigheid waarmee mensen met aantallen en getallen kunnen omgaan. Er zijn drie varianten (Anobile e.a. 2016).

- Kleine aantallen (< 4) er is directe, foutloze waarneming van het aantal (*subitizing*).
- Middelgrote aantallen (ongeveer 4 – 30) worden verwerkt door tellen of schatten; hier is de wet van Weber van toepassing.
- Grotere aantallen worden als een 'weefsel' waargenomen; hier is de wortel-wet van toepassing.

Verwerken van kleine aantallen

“Hoeveel dingen kan [het verstand van de mens] ineens vatten? [...] Charles Bonnet meent dat het verstand meteen een scherp begrip van zes dingen kan hebben, terwijl Abraham Tucker dit verlaagt naar vier, en Destutt Tracey vergroot het weer naar zes. [...] Ik concludeer dat het aantal vijf de grens van perfect onderscheid overschrijdt.” (Jevons 1871, p. 281 – 282). Voor proefpersonen werd in een wit rond bakje met een diameter van 11 cm een random aantal van 3 - 15 zwarte bonen gestrooid. Zodra de bonen stillagen moest de proefpersoon meteen schatten hoeveel er lagen. Dat lukt bij 3 en 4 foutloos, maar bij 5 is 95% correct, en bij 8 is slechts de helft correct (figuur 7, Jevons 1871). Jevons concludeerde dat 4 de grens voor directe juiste waarneming is. Jevons ondersteunt dit met muziek: bijna alle muziek is in 3-kwarts of 4-kwarts maat, terwijl 5-kwarts muziek bijna niet te spelen is. Volwassen mensen verwerken gemakkelijk aantallen van 4 en lager (Cowan 2000. Gross 2011a). In allerlei verschillende taken bleek dat volwassenen maximaal 4 dingen ineens goed kunnen verwerken (Cowan 2000).

Baby's van 1 – 7 dagen oud onderscheiden 2 van 3 ronde stippen, maar niet 4 van 6 stippen, hoewel in het laatste geval het relatieve verschil even groot was (Antell en Keating 1983). Baby's van 10 – 12 maanden maken onderscheid tussen 1 en 2, en tussen 2 en 3. Deze baby's maken rekenkundige operaties met kleine aantallen: ze verwachten $1+1=2$, $1+1+1=3$ en $2-1=1$ (Wynn 1992).



Figuur 7. Proefpersonen kregen zeer kort 3 – 15 bonen te zien, en ze moesten snel het aantal benoemen. Boven een aantal van 4 bonen kwamen er steeds meer incorrecte schattingen (gegevens van Jevons 1871).

Kinderen van 3½ jaar kunnen de aantallen 1, 2, en 3 uitstekend verwerken, maar 4 slechter en grotere aantallen veel slechter (Descoueu-dres 1921). De onderzoekster stelde dat deze kinderen “*een, twee, drie, veel*” verwerken. Hier lijkt 3 een abrupte bovengrens voor wat baby's kunnen verwerken. Verrassend genoeg maken baby's geen onderscheid meer tussen 2 en 4, 3 en 6, en zelfs 1 en 4, terwijl daarbij de relatieve verschillen groter zijn dan bij taken die ze wel goed uitvoeren (Feigenson en Carey 2005). De onderzoekers stelden dat deze baby's niet “*een, twee, drie, veel*” verwerken, maar “*een, twee, drie, iets*”. Bij het verwerken van aantallen door kinderen van 3 jaar is er een cesuur bij het aantal 3: aantallen 3 en lager worden goed verwerkt, en hoger dan 3 slecht (Bocéréan e.a. 2003) ⁵.

Er is een andere aanwijzing voor het belang van lage getallen. In de loop van honderden tot duizenden jaren veranderen allerlei woorden in een taal. Maar in allerlei wereldtalen blijven de woorden voor de aantallen van 1 – 5 over een periode langer dan 10.000 jaar een factor 3 – 20 maal langer stabiel dan de gemiddelde woorden (Pagel 2018).

Middelgrote aantallen: tellen en schatten

Proefpersonen zagen een nummer tussen 7 en 25, en ze kregen de instructie om zo snel mogelijk een knop hetzelfde aantal malen in te drukken ‘op het gevoel’, zonder te tellen; dat is mogelijk, doordat mensen sneller kunnen drukken dan in gedachten tellen. De variatie was 15% - 30% van het richtaantal ⁶. Dit is een sterke aanwijzing voor non-verbaal schatten bij motorische uitvoering bij mensen. Dit werd versterkt door een experiment waarbij proefpersonen 7 – 25 korte flitsen zagen met een snelheid dat tellen onmogelijk was. Vervolgens moesten ze zeggen hoeveel flitsen ze ongeveer gezien hadden. Ook dit lukte vrij goed met een ongeveer dezelfde variatie (Whalen e.a. 1999). Zowel sensorisch als motorisch kunnen mensen non-verbaal getallen schatten. Als mensen puntenwolven met meer dan 3 punten moeten vergelijken (zonder te tellen), schatten ze de aantallen. Het succes hangt af van de leeftijd en het relatieve verschil (Feigenson e.a. 2004). Baby's van 6 maanden onderscheiden wel verschillen van 1 op 2 (100%, zoals 8 en 16, en 16 en 32), maar niet 2 op 3 (50%, zoals 8 en 12, of 16 en 24). Verschillen van 50% worden wel correct onder-

⁵ Alleen savants zouden veel grotere aantallen (> 100) meteen precies kunnen overzien (Sacks 1986).

⁶ Ongeveer hetzelfde als bij ratten (sectie 3.5.1.).

scheiden door baby's van 10 maanden. Volwassenen onderscheiden ratio's van 7 op 8 (d.i. 14%) (Feigenson e.a. 2004).

Aantalvaardigheid is een algemene eigenschap van mensen; het onderliggende systeem wordt het *approximate number system* genoemd (Anobile e.a. 2016, 2018). Dit geldt voor visuele en auditieve stimuli. De heritabiliteit van visuele aantalvaardigheid is middelgroot (0,47, Butterworth 2018). Bij kinderen is aantalvaardigheid positief gecorreleerd met wiskundevaardigheid ($r = 0,29 - 0,34$, Anobile e.a. 2018). Een selectieve stoornis in de aantalvaardigheid komt voor bij overigens intelligente personen.

Er is in Zuid-Afrika een hyenabot gevonden van 42 kya, met daarop regelmatige strepen; de onderzoekers gaan ervan uit dat dit gebruikt is om getal-informatie over te dragen (d'Errico en Vandermeersch 2018).

Tellen

Tellen is het vaststellen van het precieze aantal van een hoeveelheid dingen. Dieren en jonge kinderen kunnen kleine aantallen (< 4) non-verbaal vaststellen. Het getal 5 (het aantal vingers van een hand) is speciaal: het woord voor 5 is in veel talen gelijk aan het woord voor hand (Harris 1990). Als westerse kinderen kunnen spreken, leren ze snel de telwoorden op te zeggen als een versje, voordat ze die woorden gebruiken als labels voor aantallen van dingen. "*In de taal van de theoreticus van sociaal leren: een kind wordt gestimuleerd om een reeks getallen correct te reciteren, lang voordat hij probeert om dingen echt te tellen.*" (Davis en Memmott 1982, p. 548). Tellen is een cognitieve, verbale activiteit die cultureel wordt overgedragen: kinderen krijgen telinstructies. Expliciet tellen kon pas ontstaan nadat mensen gesproken taal ontwikkeld hadden (het ontstaan van gesproken taal wordt in hoofdstuk 7.2. besproken).

Volken die nauwelijks tellen

Er zijn grote verschillen tussen volken in het aantal verschillende telwoorden. Veel jager/verzamelaar-volken hebben geen behoefte aan precieze woorden voor grote aantallen, en ze hebben daar ook weinig verschillende woorden voor.

1. In het Amazone-gebied leeft de Pirahã-stam, die slechts aparte woorden heeft voor een, twee en veel, maar door een combinatie van woorden en vingers drukten ze min of meer aantallen tot 10 uit (Gordon 2004). In allerlei tel-taken en optel-taken presteerden Pirahã-mensen betrekkelijk slecht.
2. De Mundurukú in het Amazonegebied hebben geen aparte woorden voor aantallen

groter dan 5 (Pica e.a. 2004). Mensen uit het westen, die systematisch hebben leren tellen, kunnen niet alleen beter exacte af-trekoperaties in puntenwolken maken dan Mundurukú, maar ze zijn ook beter in het vergelijken van puntenwolken.

3. Vaak werd het bericht herhaald dat de *native Australians* niet verder dan 2 zouden kunnen tellen. Dat is onjuist (Harris 1990). Op allerlei nummer-taken presteerden kinderen van 4 – 7 jaar uit twee volken van *native Australians* met weinig woorden voor aantallen, hetzelfde als Engelstalige kinderen uit Melbourne; dat gold voor kleine (≤ 4) en grote (> 4) aantallen (Butterworth e.a. 2008).

Zeer grote aantallen

Bij het waarnemen van zeer grote aantallen speelt een ander principe. Voor de precisie van het waarnemen geldt hier niet langer de wet van Weber, maar eerder de wortelwet (Burr e.a. 2018).

3.2.7. Besluit: aantalvaardigheid

Kleine aantallen (≤ 3)

De hersenen van gewervelde dieren (inclusief mensen) en insecten verwerken kleine aantallen (≤ 3) anders dan grote aantallen (Trick en Pylyshyn 1994, Xu 2003, Agrillo e.a. 2012). Mensenbaby's en dieren verwerken automatisch aantallen kleiner dan 4 precies: ze onderscheiden die aantallen en kunnen binnen dit bereik optellen en aftrekken. Bij dieren in het wild en in het laboratorium zien we vaak de grens van 3 (zie boven) en ook bij baby's is er een merkwaardige grens van < 4 (Feigenson en Carey 2005). Het proces dat mensen of dieren meteen het juiste aantal zien zonder te tellen, wordt *subitizing* genoemd (Engels van het Latijn '*subitus*' = plotseling, Kaufman e.a. 1949). Dit werkt alleen voor aantallen kleiner dan 4⁷. Dit systeem is actief bij vogels, zoogdieren en bij honingbijen (Gross 2011b). Deze gegevens kunnen het beste verklaard worden door de hypothese van een erfelijk* (*innate, a priori*) systeem om aantallen lager dan 4 snel te beoordelen en te verwerken. Het is waarschijnlijk fylogenetisch een oud systeem van meer dan 500 miljoen jaar (Bisazza e.a. 2010, Agrillo e.a. 2012).

⁷ Of inktvissen (zeekatten) grotere aantallen kunnen verwerken moet nog gerepliceerd worden.

Miller (1956) propageerde “*the magical number seven*”, maar **het enige echte magische getal is 3**. In de retorica is de drieslag (tricolon) het meest effectieve principe: vat je redevoering samen in 3 punten. Ook allerlei principes in het leven worden in 3 woorden vervat (tabel 6).

Tabel 6. Voorbeelden van gevleugelde 3-tallen.

vrijheid	gelijkheid	broederschap
moed	beleid	trouw
geloof	hoop	liefde
Vader	Zoon	Heilige Geest
Brahma	Vishnu	Krishna
kalmte	moed	wijsheid
<i>blood</i>	<i>sweat</i>	<i>tears</i> ⁸
<i>veni</i>	<i>vidi</i>	<i>vici</i>

Grote aantallen (> 3)

Bij het verwerken van aantallen groter dan 3 werken dieren en kinderen niet meer precies, maar ze schatten volgens de wet van Weber-Fechner uit de zintuigfysiologie (Weber 1851, Fechner 1860). Schatten is bij benadering een aantal beoordelen. Dit werkt voor aantallen groter dan 4 tot zeer groot, en is snel. Schatten van aantallen is gevonden bij vissen, vogels, zoogdieren en mensen. “*Steeds meer gegevens steunen de conclusie dat mensen en dieren het concept ‘aantal’ op dezelfde manier representeren. Bijvoorbeeld als proefpersonen of proefdieren moeten bepalen welke van twee numerieke waardes groter (of kleiner) is, worden hun precisie en reactietijd systematisch beïnvloed zowel door de numerieke afstand tussen de twee waardes (het afstandseffect), en hun numerieke grootte (het grootte-effect).*” (Brannon en Van de Walle 2001). Om grotere aantallen te onderscheiden hebben mensen en dieren een relatieve detectiegrens (Jordan en Brannon 2006). In het algemeen “*surprising similarities have been reported among the numerical performance of mammals, birds and fish, raising the question as to whether vertebrates’ numerical systems have been inherited from a common ancestor.*” (Agrillo 2018).

3.3. Vooruitzien

Algemeen

Doris Bischof-Köhler (1985) claimde (in mentale termen) dat mensen wel en dieren niet in de

⁸ Het origineel van Churchill was een 4-slag: “*Blood, toil, tears and sweat*”. Mensen hebben zo’n voorkeur voor 3 dat ze hier een 3-slag van maken, en dat bijna iedereen de tekst van Churchill vergeten is.

tijd kunnen vooruitzien (*mental time travel*). Dieren voeren verscheidene gedragingen uit waarvan het biologisch nuttig gevolg pas na lange tijd optreedt. Een voorbeeld is dat vogels in het voorjaar een nest bouwen. Nestbouwen is instinctief gedrag, waarvoor we geen vooruitzien hoeven te postulieren. Een ander voorbeeld is dat trekvogels in het najaar naar warmere gebieden trekken. Het eerste jaar dat ze trekken, is dit vooral instinctief gedrag, terwijl in latere jaren ook eerdere ervaringen met de route of de bestemming een rol kunnen spelen. “*It is obvious that every instinctive act, in an animal with memory, must cease to be ‘blind’ after being once repeated*” (James 1890, p. 390).

Primaten

Niet alleen in de natuur (sectie 3.6.3.), maar ook in het laboratorium selecteren en bewaren chimpansees, bonobo's en orang-oetangs gereedschappen die later van pas kunnen komen (Mulcahy en Call 2006). Als ze de keuze hadden tussen een stukje fruit of een gereedschap waarmee ze een grotere beloning in de toekomst konden bemachtigen, kozen ze meestal het gereedschap (Osvath en Osvath 2008). Een vrouwtjes chimpansee in gevangenschap kon uit een doorzichtige doos een van twee sleutels kiezen. Met die ene sleutel kon zij een andere doorzichtige doos openen met daarin weer een sleutel. Enzovoort. Tot de laatste doos waarin iets lekkers zat - tenminste als zij de juiste sleutel gekozen had. Als ze als eerste een foute sleutel gekozen had, kon ze een serie dozen openen, waarvan de laatste doos leeg was. Er waren in totaal 10 dozen: een 'goede' rij van 5 dozen en een 'foute' rij van 5. De chimpansee leerde wat de juiste sleutel was die aan het begin van een langere keten stond (Döhl 1968, 1970). In het wild transporteren kapucijnerapen en chimpansees zware stenen over grote afstand om extra harde noten te kunnen kraken (Boesch en Boesch 1984, Fragaszy e.a. 2004). Kapucijnerapen en chimpansees plannen en zien vooruit.

3.4. Abstracte intelligentie, logica en analyseren

Er zijn verscheidene aspecten van abstracte intelligentie, die in hoofdstuk 3.6. over rationaliteit besproken worden:

- logisch nadenken of syllogismen, met aparte items om het strikte logische denken te onderscheiden van vooroordeel of wereldwijsheid;
- testen om karakteristieke denkfouten van mensen te detecteren,

- een test voor het analytische denkvermogen (abstracte intelligentie werd ook wel analytische intelligentie genoemd, maar dat betreurt ik).

4. Fysische intelligentie

Fysische intelligentie is de vaardigheid om de eigenschappen van levenloze dingen te leren kennen, en deze kennis te gebruiken. Die eigenschappen betreffen 3-dimensionale bouw, substantie en invariantie. Het gaat erover dat objecten blijven bestaan, als je ze niet meer ziet, en dat ze vallen zonder steun. Ook vallen hieronder causaliteit en omgaan met tijd en ruimte, en het afleiden van fysische verbanden (deductie).

4.1. De eigenschappen van dingen

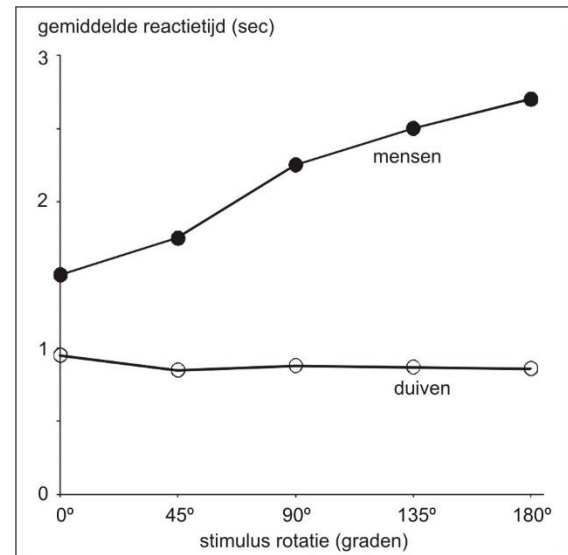
4.1.1. Vogels

Rotatie-invariantie

Een onderdeel van sommige intelligentietesten is kiezen welke figuren na rotatie hetzelfde zijn als een testfiguur. Mensen kunnen dit redelijk uitvoeren, en naarmate hun IQ hoger is, doen ze dit beter. Naarmate de stimulus meer gedraaid is, duurt het langer voordat mensen de keuze maken. Duiven voeren deze opdracht beter en sneller uit dan mensen (figuur 8, Hollard en Delius 1982, Delius en Hollard 1995). In eerste instantie lijkt het opmerkelijk dat een duif met een breintje van 2,5 gram deze taak beter uitvoert dan een mens met een brein van zo'n 1400 gram. Maar in het normale leven van de mens komt rotatie van visuele beelden weinig voor. Terwijl een duif zijn nest vanuit alle richtingen kan aanvliegen, dan moet hij de omgeving van zijn nest visueel herkennen, ongeacht de aanvliegrichting. Dat duiven gerooteerde visuele stimuli beter herkennen dan mensen, is in overeenstemming met de leefwijze van duiven. Dat is intelligent* gedrag.

4.1.2. Objectpermanentie bij primaten

Voor een experiment zagen kinderen en chimpansees twee ondoorzichtige bakjes. Terwijl zij toekeken, plaatste een onderzoeker twee verschillende lekkernijen in de bakjes: een appel en banaan voor de chimpansees, en een doughnut en een koekje voor de kinderen. Gedurende 2 minuten was er een scherm voor de bakjes. Na 2 minuten zagen de kinderen en



Figuur 8. De gemiddelde tijd voor het identificeren van gerooteerde stimuli. Naarmate de stimulus meer gedraaid is, wordt hij trager herkend door mensen. Duiven doen dit beter dan mensen (data van Hollard en Delius 1982).

de chimpansees dat de onderzoeker een van de 2 dingen opat. Vervolgens werd het scherm weggenomen. Als ze het bakje met de overgebleven lekkernij aanwezen, mochten ze die opeten. Kinderen rond 4 jaar deden dit meteen goed, maar van de 5 chimpansees wees er slechts één als regel het juiste bakje aan (Premack en Premack 1994). Dit is ook een voorbeeld van causaliteit: de kinderen leiden af uit welke bakje de onderzoeker de lekkernij genomen had, zonder dat ze dit gezien hadden (Herrmann e.a. 2007).

4.1.3. Mensen

3D ruimtelijke visualisatie

Er zijn verscheidene testen waarmee men ruimtelijke vaardigheid meet⁹ (Osborne en Gregor 1966, 1968, Vandenberg 1969). Na factor-analyse van de resultaten van duizenden personeelsleden van de luchtmacht in de USA, vond men twee subfactoren van ruimtelijke vaardigheid: ruimtelijke visualisatie en oriëntatie in de ruimte (Guilford en Zimmerman 1947, McGee 1979). Ruimtelijke visualisatie gaat er vooral over of men vaardigheid heeft om 3-dimensionale voorwerpen te overzien. In de praktijk meet men vooral de vaardigheid om

⁹ Onder andere *Cube Comparison*, *Surface Development Test*, *Paper Form Board Test*, *Object Aperture Test*, *Paper Folding Test*, *Newcastle Spatial Test*, *Maze Test* en *Identical Picture Test*.

rotatie van afgebeelde voorwerpen voor te stellen. Ruimtelijke visualisatie is in redelijke tot sterke mate erfelijk met heritabiliteitscoëfficiënten tussen 0,30 en 0,69, afhankelijk van de test (Osborne en Gregor 1966, 1968, Vandenberg 1969, McGee 1978, Bratko 1996, Rimpfald e.a. 2017). Oriëntatie in de ruimte bespreek ik hier onder 'Omgevingsintelligentie' (sectie 6.).

De eigenschappen van dingen

Kinderen ontdekken dat sommige dingen star zijn zoals stenen, andere zijn buigbaar zoals grassprietjes, draden en touwtjes, en weer andere zijn vormloos zoals water en zand. Objectpermanentie is onderdeel van kennis¹⁰ van de dingen en de natuur. Piaget (1926) meende dat mensenbaby's op basis van waarnemingen geleidelijk 'een beeld van de wereld construeren'. Volgens hem ontdekken ze pas tussen 6 en 12 maanden dat een mens of voorwerp blijft bestaan, ook als ze die niet meer waarnemen. Als een voorwerp op plaats A wordt verstoort, terwijl een baby van 6 – 12 maanden dat ziet, zoekt de baby dat voorwerp op plaats A. Maar als een voorwerp onder de ogen van een baby eerst op plaats A wordt verstoort, en daarna onder de ogen van de baby naar plaats B wordt verplaatst, zoeken jonge baby's toch vooral op plaats A (de 'A not B error'). Pas tussen de leeftijd van 1 - 2 jaar gaan ze op plaats B zoeken. Door het werk van Piaget werd de opvatting dominant dat kennis over de wereld door ervaring verworven is. Op basis van experimenten concludeerde Elizabeth Spelke (1992, 1994) dat jonge kinderen kennis hebben over de continuïteit en vastheid (*solidity*) van objecten: (1) objecten bestaan en bewegen in de tijd en kunnen niet opeens verschijnen of verdwijnen, en (2) objecten kunnen niet spontaan uiteenvallen of fuseren met andere objecten. Op basis van indirecte gegevens speculeerde zij dat deze kennis aangeboren is. Later is het idee van aangeboren objectpermanentie door anderen overgenomen (Baillargeon e.a. 1995, Baillargeon 2008). Helaas is hiernaar nog geen erfelijkheidsonderzoek gedaan. Het is niet duidelijk of we hier te maken hebben met (1) een erfelijk leersysteem ("ontdek de eigenschappen van dingen"), of (2) met erfelijke kennis ("dingen zijn permanent").

¹⁰ In dit boek gebruik ik het woord 'kennis' als synoniem voor 'leerinhoud' bij mensen en dieren, en dus expliciet niet als iets mentaals.

4.2. Causaliteit

4.2.1. Vogels

Wipspanvelkraaien zijn bijzondere vogels met relatief grote hersens en bijzonder gedrag. Voor een experiment zag een wipspanvelkraai dat een voorwerp verplaatst werd met een stok vanuit een schuilhut. In een aantal gevallen had de kraai een mens de schuilhut in zien gaan, en in andere gevallen niet. Als een voorwerp bewogen werd vanuit een schijnbaar lege schuilhut, keken de kraaien langer naar de opstelling dan wanneer de kraaien gezien hadden dat een mens in de schuilhut was gegaan (Taylor e.a. 2012).

4.2.2. Zoogdieren (niet primaten)

Als een rat geleerd heeft dat er voedsel komt als hij een pedaal indrukt, heeft hij een causaal verband ontdekt. Als een rat geleerd heeft dat hij ziek wordt als hij bepaald voedsel gegeten heeft, heeft hij een causaal verband ontdekt. Dit alles kan automatisch leren zijn, dat niet hoeft te wijzen op intelligentie.

Ratten leerden eerst dat een toon en de aanwezigheid van voedsel vaak aan elkaar gekoppeld waren, zodat ze bij het horen van de toon controleerden of er voedsel was, en dat dan eventueel opaten. Vervolgens waren er twee opties: de rat zelf kon de toon aanzetten, of de experimentator deed dat (stiekem). Als de rat zelf de toon aangezet had, controleerde hij drie maal minder vaak voor voedsel dan wanneer de experimentator dat gedaan had (Blaisdell e.a. 2006). Ratten maken dus onderscheid tussen waarnemingen die het gevolg van hun eigen acties zijn, en waarnemingen die een andere oorzaak hebben. Dat lijkt intelligent gedrag.

4.2.3. Primaten

Bij een groot onderzoek uit de groep van Tomasello naar intelligentie van mensen en mensapen (sectie 3.6.6.) werden de prestaties van jonge kinderen op testen voor causaliteit vergeleken met de prestaties van chimpansees en orang-oetangs (Herrmann e.a. 2007).

1. De experimentator schudde met ondoorzichtige kopjes; door het geluid moesten ze beoordelen in welke kopje een beloning zat.
2. Een beloning zat onder een bord dat daarvoor scheef stond, of onder een doek, wat zichtbaar was als een bobbel; op de vorm moesten ze beoordelen waar de beloning zat.
3. Binnen een minuut moesten ze een beloning met een stokje naar zich toe halen.

4. Er waren twee stukjes stof; een beloning lag op het ene stukje, en een andere beloning naast het andere stukje; ze moesten het juiste stukje naar zich toe halen.
5. Er waren twee stukjes stof met een doorzichtige brug over het verre uiteinde; een beloning lag op de brug bij het ene stukje stof en onder de brug bij het andere; alleen door aan het tweede stukje stof te trekken konden ze de beloning pakken.

De kinderen van 2,5 jaar scoorden op al deze testen gemiddeld iets beter dan de mensapen.

Causale kennis bij chimpansees

Premack (1976) had een chimpansee geleerd om met symbolen te communiceren. Die chimpansee verwoordde allerlei causale verbanden (p. 236 – 261). *“Stel: we zeggen dat de visuele testen niet aantonen dat het dier een causale analyse maakt, maar alleen – zoals een student opmerkte – dat de chimpansee weet “dat schrijven met potloden gaat”, of dat water dingen nat maakt, of dat messen snijden. Maar wat is het verschil tussen het weten wat een instrument doet, en een causale conclusie trekken? [...] Al deze informatie kan samengevat worden door op te merken dat kennis van snijden de aanname inhoudt dat als men een geschikt instrument toepast op een geschikt voorwerp, dat dan een voorspelbare uitkomst resulteert. Ik zie nauwelijks verschil tussen deze functionele kennis en een causale gevolgtrekking, behalve dat de laatste term algemener is.”* (Premack 1976, p. 258).

Causale intelligentie getoetst

Een onderzoeker had kisten gemaakt waarin chimpansees of kinderen een beloning konden bemachtigen. Een mens deed voor hoe met een gereedschap de beloning bemachtigd kon worden; in deze demonstratie zaten relevante en irrelevante handelingen. Sommige kisten waren ondoorzichtig, en andere doorzichtig; in de doorzichtige kisten kon men observeren welke handelingen relevant waren. Bij de ondoorzichtige kist imiteerden de chimpansees de relevante en de irrelevante handelingen, maar met de doorzichtige kist maakten chimpansees minder irrelevante handelingen (Hornor en Whiten 2005), wat wijst op causale intelligentie. Kinderen van 3 - 4 jaar gebruikten even vaak de irrelevante handeling bij doorzichtige en ondoorzichtige kisten. In deze test leken de chimpansees slimmer dan de kinderen.

4.2.4 Mensen

Causale kennis bij kinderen

Jonge kinderen ontdekken steeds meer regelmaat in de fysieke wereld. Kinderen ontdekken *“als ik A doe, gebeurt B”*, of *“als ik A doe, is B waarschijnlijk”*¹¹. Dit is het begin van causale kennis (Piaget 1927, 1930)¹². Ook los van hun eigen handelen ontdekken kinderen *“als A gebeurt, is B waarschijnlijk”*. Ze ontdekken dat voorwerpen vallen als ze niet ondersteund worden. En ze ontdekken dat de ondersteuning adequaat moet zijn (wat fysici ‘zwaartepunt’ en ‘stevigheid’ noemen). Kinderen ontdekken dat ronde dingen (knikkers en ballen) van een licht hellend vlak afrollen, maar vierkanten dingen niet. Ze ontdekken dat levenloze dingen niet uit zichzelf bewegen, maar dieren en mensen wel. Ze ontdekken ook de opmerkelijke eigenschappen van magneten: dat deze aan een verticaal ijzeren vlak ‘plakken’, terwijl andere dingen naar beneden vallen. Ook vinden baby’s van 5 – 9 maanden het merkwaardig als een hand een pop ‘verplaatst’ zonder deze aan te raken (Leslie 1982).

De experimenten met de schijnbare botsingen (‘lancering’) van Michotte (1946) zijn de klassieke experimenten over het waarnemen van mechanische causaliteit (hoofdstuk 10.2.). Kinderen van 6 maanden oud merkten op wanneer in dergelijke experimenten de gebruikelijke causale regelmaat overtreden werd (Leslie 1982, Leslie en Keeble 1987). Er zit ook een leerelement in het waarnemen van mechanische causaliteit: in experimenten waarbij bijna alle volwassenen een botsingseffect zagen, rapporteerde meer dan de helft van kinderen van 7 jaar andere effecten (Olum 1956).

Kinderen van 3 – 4 jaar slagen erin oorzaken te vinden door logische analyse. Door enkele testjes uit te voeren detecteren zij een relevant, causaal verband in fysische, biologische en psychologische domeinen (Gopnik e.a. 2001, 2004, Schulz en Gopnik 2004).

Naast wetenschappelijk geaccepteerde oorzaken, geloven veel kinderen in magische oorzaken, vooral in magische actoren (zoals Sinterklaas) die door de ouders en cadeaus worden bevestigd (Rosengren e.a. 1994). Met hun eigen ogen zien kinderen ook dat goochelaars onmogelijke dingen doen.

¹¹ In mentale termen: kinderen ontdekken dan voor het eerst hun eigen macht.

¹² In sectie 2.3. van hoofdstuk 10.2. bespreek ik dat causale kennis al vroeg aanwezig is.

Causaliteit in taal

In de dagelijkse taal van volwassenen en kinderen zien we verscheidene causale uitdrukkingen. De essentie van veroorzaking is: A is een oorzaak van B, als (1) A en B tezamen voorkomen, (2) A voorafgaat aan B, en (3) A op een of andere manier B 'produceert' (hoofdstuk 10.2.). Kinderen verwoorden deze drie elementen consistent (Hood en Bloom 1979, Bloom e.a. 1980).

- Het voegwoord 'en' drukt uit dat dingen samen gaan; kinderen gebruiken dat rond 26 maanden consistent.
- Temporele verbanden worden uitgedrukt door de woorden 'toen' of 'en toen'; die gebruiken kinderen rond 28 maanden.
- De woorden 'daarom' en 'dus' drukken 'productie' uit; en kinderen beginnen die woorden gemiddeld rond 29 maanden te gebruiken.

4.2.5. Besluit causaliteit

Het leggen van een causaal verband is het leren (of toekennen) van een speciale associatie tussen twee opeenvolgende gebeurtenissen (hoofdstuk 10.2.). Mensen identificeren causale verbanden zo snel en automatisch, dat men spreekt van 'causale waarneming'. Vaak is de eerste gebeurtenis de eigen handeling; daarop volgen latere gebeurtenissen. Als sommige handelingen min of meer voorspelbare uitkomsten hebben, leren dieren en mensen de verbinding tussen handeling en gevolg. Dat is de essentie van het leggen van een causaal verband. Vermoedelijk ontdekken jonge dieren en jonge mensen zo causale verbanden (Piaget 1927). Dit is niet beperkt tot de mens: het brein van dieren is zo geëvolueerd dat het relevante causale verbanden vastlegt, en deze leerinhouden voor eigen voordeel gebruikt.

Het is opmerkelijk hoe snel en automatisch kinderen, volwassenen en dieren opeenvolgende gebeurtenissen als causaal interpreteren. Dit staat in scherp contrast met de grote moeite die onderzoekers in kunstmatige intelligentie hebben om causale verbanden te detecteren (Sachs e.a. 2005, Sugihara e.a. 2012). Ik vermoed dat het in de evolutie van dieren belangrijk was causale verbanden te detecteren en deze tot eigen voordeel te gebruiken. Dat zou dan de oorzaak zijn dat mensen en dieren laag-drempelig (en soms voorbarig en ten onrechte) causale attributies maken.

5. Technische intelligentie

Technische intelligentie is de vaardigheid om objecten te manipuleren en werktuigen te gebruiken. Dieren maken nesten, ze gebruiken gereedschappen en ze maken gereedschappen.

5.1. Gebruik van gereedschap

5.1.1. Insecten

Gereedschap bij graafwespen?

Graafwespen maken een holletje in de grond voor hun ei met prooi. Als zij dit holletje verlaten, sluiten ze het af met zand of steentjes. Het was al lang bekend dat sommige graafwespen een steentje in hun kaken nemen, en daarmee het materiaal op het holletje hameren, en stevig aandrukken. Zo'n steen kan wel 10 maal zo zwaar zijn als de wesp zelf: zonder de steen hadden ze de grond niet zo kunnen aandrukken. De graafwesp "*improviseerde een gereedschap en gebruikte dat intelligent*" volgens Peckham en Peckham (1898). Maar is dit intelligent of instinctief gedrag? Na een vergelijking van 39 soorten graafwespen van verschillende genera, bleek dat hameren met een steen alleen bij het genus *Ammophila* voorkomt, en dan nog alleen bij sommige soorten (Brockmann 1985). De meest waarschijnlijk verklaring is dat het erfelijk* is dat sommige soorten *Ammophila*-sluipwespen hun holletje afsluiten door met een steen te hameren; dus dat het instinctief (niet-intelligent) gedrag is. De gevolgen van het hameren voor het overleven van het nageslacht zijn nog niet onderzocht.

5.1.2. Vogels

Gebruik van gereedschap in het wild

De spechtvink is een van de Darwin-vinken op de Galapagoseilanden. Spechtvinken gebruiken in het wild twijgjes of doorns waarmee zij insecten uit holletjes in bomen peuteren (Gifford 1919). Het is niet waargenomen dat andere soorten Darwin-vinken insecten bemachtigen met twijgjes of doorns (Tebich e.a. 2004). Spechtvinken doen dit vooral in het droge seizoen als ze niet eenvoudiger insecten kunnen bemachtigen. Bij jonge spechtvinken is onderzocht hoe dit gedrag tot stand komt (Tebich e.a. 2001). Zonder een eerder voorbeeld steken alle jonge spechtvinken stokjes in holletjes in bomen, meestal zonder dat daar insecten zitten; dat gedrag heeft een erfelijke* basis. Het is geen leren door observeren, maar eerder *trial-and-error* leren. Sommige volwassen spechtvinken blijven gereedschap gebruiken, maar andere niet. Dat sommige spechtvinken

gereedschap blijven gebruiken, is mogelijk een teken van relatief hoge intelligentie, of misschien het voorzetten van instinctief jeugdgedrag, gecombineerd met *trial-and-error* leren. In de natuur maken wipspanvelkraaien gereedschappen waarmee ze keverlarven uit hout peuteren (Hunt en Gray 2003, 2007). Er zijn twee typen gereedschappen: (1) takjes, of (2) reepjes van het blad van een schroefpalm met weerhaakjes. Individuele kraaien gebruiken bijna uitsluitend één van beide types, ongeacht het seizoen of het type boom. Als wipspanvelkraaien takjes gebruiken, bewerken ze die takjes uitgebreid. Oudere, ervaren kraaien maken de meest efficiënte takjes (Sugasawa e.a. 2017, van Casteren 2017): er is dus een leerelement.

Het openen van melkflessen

Lange tijd werden melkflessen in Europa met metaalfolie afgedekt. In 1921 werd in Southampton (Engelse zuidkust) voor het eerst waargenomen dat mezen melkflessen voor huizen openpikten en de melk dronken. Geleidelijk vertoonden mezen verspreid over Engeland, Wales, Schotland en Ierland dit gedrag (Fisher en Hinde 1949). Vooral mezen vertoonden dit gedrag, maar ook andere vogels¹³. Verschillende zuivelproducten hebben doppen met andere kleuren. In het algemeen hebben meesjes geen voorkeur voor een bepaalde kleur, maar afzonderlijke meesjes beperkten zich vooral tot één kleur. Het lijkt erop dat meesjes blijven bij de kleur die ze toevallig het eerste geopend hebben (Fisher en Hinde 1949). Ook in andere landen hebben mezen en andere vogels melkflessen opengemaakt (Hinde en Fisher 1951). Meesjes zijn nogal honkvast: een migratie van meer dan 20 km is uitzonderlijk. De meest waarschijnlijke verklaring is dat één mees in een regio het gedrag uitgevonden heeft, en dat andere mezen dit op een of andere manier geleerd hebben (Fisher en Hinde 1949).

Later bleek dat de kans groter is dat mezen melkflessen openen (1) als zij waargenomen hebben dat een andere mees een fles opent, of (2) als zij uit een reeds geopende fles gedronken hebben, of (3) als zij een soortgenoot bij een open fles gezien hebben (Sherry en Galef 1984, 1990). Voor de 'uitvinders' was dit intelligente innovatie, voor de volgers is het intelligente imitatie.

Kea's openen vuilnisbakken

Kea's zijn papegaaai-achtige vogels op Nieuw-Zeeland. Sommige kea's openen uit zichzelf vuilnisbakken en eten voedselresten. Bij een experiment met kea's in het wild, ontdekten 5 van de 36 individuen zelf hoe ze een vuilnisbak konden openen. Als kea's gezien hadden dat een andere kea een vuilnisbak geopend hadden, imiteerde ongeveer de helft van de kijkers dit gedrag (Gajdon e.a. 2006). In dit experiment vertoonde 14% van de kea's intelligente innovatie, en 50% intelligente imitatie. Sommige individuen leerden door observeren, en andere niet.

Binnenhalen van touwtjes ('putten')

In voliëres en in onderzoekinstellingen halen vogels van allerlei soorten voedsel en water binnen door aan touwtjes te trekken ('putten', Altevogt 1954, Thorpe 1956, Seibt en Wickler 2006). Binnen de afzonderlijke soorten zijn er grote verschillen tussen individuen: er zijn dieren die bij de eerste aanblik meteen efficiënt putten, terwijl andere individuen het nooit doen, ook niet nadat ze gezien hebben dat een soortgenoot succesvol putte (Bierens de Haan 1933, Heinrich 1995, Seibt en Wickler 2006).

- Sommige onderzoekers menen dat het putten intelligent gedrag is, omdat zij waargenomen hebben dat een individu snel efficiënt gaat putten zonder *trial-and-error*, zonder voorbeeld, en omdat het complex gedrag is dat niet zomaar in de natuur voorkomt (Bierens de Haan 1933, Thorpe 1956, Heinrich 1995, Pepperberg 2004, Heinrich en Bugnyar 2005, Werdenich en Huber 2006, Huber en Gajdon 2006, Schuck-Paim e.a. 2009).
- Andere onderzoekers zagen geen aanleiding om intelligentie te veronderstellen, omdat zij vooral *trial-and-error* leren waargenomen hadden, omdat vogeltjes ook lege draadjes binnenhaalden, of het voedsel binnenhaalden maar niet opaten (Erhardt 1933, Altevogt 1954, Vince 1956, 1958, 1961, Taylor e.a. 2010, 2012).

Bij raven van 1 jaar oud: "voerden vijf of zes vogels plotseling een samenhangende reeks uit van het touw optrekken en op het lusje touw stappen, wat het probleem oplost." (Heinrich en Bugnyar 2005). Details van het gedrag wijzen erop dat het putten door raven een intelligente innovatie is. Er is een opmerkelijk experiment gepubliceerd met 4 grijze roodstaartpapegaaien: 2 van deze dieren konden praten, en 2 niet (Pepperberg 2004). De opdracht was een noot aan een draadje van 60 cm binnen te halen. De niet-pratende papegaaien haalden meteen de noot binnen, maar de pratende papegaaien deden niets met de draad, maar

¹³ 246 pimpelmezen, 142 koolmezen, 11 zwarte mezen, 19 huismussen, 13 lijsters, 12 merels, 8 roodborstjes (Fisher en Hinde 1949).

zeiden alleen maar "*want nut*". Het succesvol putten lijkt te wijzen op intelligent gedrag, maar het vergeefs blijven vragen zonder zelf te putten, juist niet. Een replicatie met meer dieren is gewenst. Details van het gedrag van papegaaien wijzen erop dat het putten van papegaaien een intelligente innovatie is.

Gereedschap in het laboratorium

In het algemeen zijn allerlei kraaien handig in het gebruiken van gereedschappen (Rutz e.a. 2016). In het laboratorium zagen wipspanvelkraaien rechte stukjes ijzerdraad en een verticaal buisje met onderin voedsel waar ze niet bij konden. De kraaien maakten van een recht stukje ijzerdraad een haakje waarmee ze het voedsel uit het buisje haalden; zij maakten dit gereedschap zonder voorbeeld en in één keer goed (Weir e.a. 2002, Bird en Emery 2009b). Ook roeken maken dergelijk gereedschap, hoewel zij in de natuur zover bekend geen gereedschap gebruiken (Bird en Emery 2009). Het maken van haakjes is een intelligente innovatie.

Wipspanvelkraaien maken ook gereedschappen van takjes. Zij trekken takjes af, zodanig dat er aan het uiteinde een haakje ontstaat, en vervolgens bewerken zij dit takje verder. Vergeleken met jongere wipspanvelkraaien hebben oudere kraaien geleerd* takjes met haakjes te produceren die efficiënter gebruikt kunnen worden (Sugasawa e.a. 2017).

Roeken zagen een vastzittend verticaal buisjes met daarin water waarop een worm dreef, het buisje was zo smal en hoog dat ze de worm niet meteen konden pakken. Alle onderzochte roeken losten dit probleem meteen op door stenen in het buisje te gooien waardoor het waterniveau steeg en ze de drijvende worm konden pakken (Bird en Emery 2009a). Dat roeken stenen gebruiken, waarmee ze het water laten stijgen, is een intelligente innovatie. Roeken lieten een plateau met stenen of stokken kantelen, zodat ze voedsel bemachtigden; daartoe selecteerden ze de optimale stenen of stokken. Als ze alleen grote stenen hadden, en een probleem dat alleen met kleine stenen opgelost kon worden; dan gebruikten ze de grote stenen om kleine stenen te pakken te krijgen (Bird en Emery 2009b). Ze braken ook de zijtakken van een twijg af om effectief gereedschap te maken. Ook dit is intelligente innovatie.

Voor een test was er een apparaat gemaakt met een doorzichtige horizontale buis die aan beide zijden open was, en onderaan de buis zat aan één kant een gat met een bakje eronder. In de buis lag een beloning. Dieren en mensen konden die beloning bemachtigen door deze met een stok uit de doorzichtige

buis te duwen. Ze konden in principe van beide kanten duwen, maar als ze vanuit de verkeerde kant duwden, viel de beloning in het gat, en kon niet meer bemachtigd worden. Dus de beloning kon alleen bemachtigd worden door vanaf de juiste kant met de stok de beloning voort te duwen - en dat was zichtbaar. De meeste wipspanvelkraaien en roeken losten dit probleem op, maar pas na enkele pogingen (Seed e.a. 2006, Taylor e.a. 2009).

Wipspanvelkraaien hadden ervaring met 3 taken: het putten van voorwerpen, en voedsel bemachtigen met een lange stok, en een lange stok bemachtigen met een korte stok. Vervolgens konden ze alleen voedsel bemachtigen als ze deze handelingen in de juiste volgorde uitvoerden. Bij een nieuw probleem gebruikten de vogels eerder geleerde of eerder ontdekte oplossingen. Daar slaagden ze in, wat wijst op intelligentie (Taylor e.a. 2010)

Sommige kraaien en papegaaien lossen problemen op, waarvan men tot voor kort dacht dat alleen primaten deze konden oplossen (Emery en Clayton 2004).

5.1.3. Primaten

Kapucijnerapen gebruiken gereedschappen

Kapucijnerapen leven in Midden- en Zuid-Amerika. Het gebruik van gereedschap in het wild is nu bij 4 soorten waargenomen. In het wild gebruiken kapucijnerapen stenen en takjes als gereedschap. Met de stenen kraken ze noten of graven ze voedsel uit (Mannu en Ottoni 2009). Kapucijnerapen kraken noten door ze op een grote steen ('aambeeld') te leggen en met een harde steen (de 'hamer') op de noten te slaan. Kapucijnerapen kraken verschillende noten, waarbij ze voor grotere, hardere noten zwaardere hamers selecteerden (Visalberghi e.a. 2009, Ferreira e.a. 2010). Geschiede 'hamers' hebben ze vaak over grotere afstand naar het 'aambeeld' gebracht (Fragaszy e.a. 2004). De meest efficiënte aap kraakte een noot met gemiddeld 7 slagen, terwijl de minst efficiënte er gemiddeld 75 slagen voor nodig had (Fragaszy e.a. 2010). Als er binnen een gemeenschap noten gekraakt worden, dan kraken alle individuen noten. Oudere dieren kraken noten efficiënter dan jonge dieren (Ottoni en Mannu 2001). Jonge dieren kijken vooral naar het noten kraken door de meest efficiënte individuen (Ottoni e.a. 2005). Het lijkt erop dat noten kraken door leren van generatie op generatie wordt overgedragen (Ottoni en Izar 2008). Kapucijnerapen graven ook wortels en insecten uit, en maken de grond losser met stenen. Daarnaast gebruiken kapucijnerapen takken en takjes waarmee ze insecten uit holen halen, of honing, was en bijen uit bijennes-

ten (Mannu en Ottoni 2009). Vaak breken ze van een tak zijtakken af of maken ze de top spits. Afhankelijk van de situatie selecteren ze stijve of juist flexibele takjes (Manrique e.a. 2011). Kapucijnerapen selecteren en gebruiken gereedschap aangepast aan de situatie. Het is flexibel, doeltreffend gedrag. Het is intelligent* gedrag.

Java-apen selecteren gereedschappen

Java-apen gebruiken stenen in verschillende situaties. Met kleine stenen maken ze kleine (< 3 cm) vastzittende oesters los, en met grotere stenen kraken ze noten en grotere schaaldieren (Gumert en Malaivijitnond 2013). Ze selecteren de juiste stenen voor de verschillende klussen; dat is intelligent* gedrag.

Gereedschap-gebruik en cultuur bij chimpansees

In het wild gebruiken chimpansees stenen en takken als wapen tegen luipaarden, bavianen, mensen en andere chimpansees (Goodall 1964, Kortlandt 1965).

In 1964 bleek dat chimpansees in het wild in Gombe takjes prepareerden, waarmee ze mieren en termieten uit hun nest hengelden en daarna opaten - dus die chimpansees maakten gereedschappen (Goodall 1964). Jonge chimpansees leren termieten hengelen door observatie van oudere. Alleen in Gombe hengelen chimpansees mieren en termieten met lange sprietten (Whiten e.a. 2001). In andere gemeenschappen hengelen minder chimpansees naar mieren of termieten, en als ze dat doen, dan met kortere sprietjes.

In Tai, West-Afrika, zijn er verscheidene chimpansee-gemeenschappen waarin vooral de vrouwtjes noten kraken; dat doen ze door de noten op een grote steen te leggen en ze met een kleine steen of een dikke tak te kraken (Boesch en Boesch 1984, Whiten e.a. 2001). De chimpansees kunnen coula-noten gemakkelijk kraken met knuppels, maar voor de hardere panda-noten hebben ze stenen nodig, bij voorkeur granieten stenen. Als de coula-noten rijp waren gingen ze met knuppels naar de boom; die knuppels vonden ze steeds in de buurt (meestal binnen 20 m). Maar als de panda-noten rijp waren droegen ze granieten stenen van meer dan 3 kg naar de boom, die soms meer dan 200 m ver stond (Boesch en Boesch 1984). Chimpansees kraakten de noten soms efficiënter dan mensen (Boesch e.a. 2017). Dus de chimpansees selecteerden het meest geschikte gereedschap en droegen het over aanzienlijke afstanden. Volgens de hypothese van Bischof-Köhler (1985) zou vooruit plannen in de tijd uniek voor mensen zijn, maar ook chimpansees plannen vooruit in de tijd.

Jonge chimpansees observeren langere tijd hoe bedreven oudere chimpansees naar termieten hengelen of noten kraken met stenen. Alles wijst erop dat het gebruiken van deze gereedschappen met leren door observeren overgedragen wordt, maar het is niet geobserveerd hoe dit gedrag ontstaan is. Men speculeert dat deze nieuwe gedragingen door toeval ontdekt zijn (*trial-and-error*, en dus niet intelligent), maar daarna wel intelligent geïmiteerd zijn.

Apen in gevangenschap

Er zijn veel experimenten gedaan of chimpansees in gevangenschap problemen oplossen met gereedschap. Sommige, maar niet alle, chimpansees van Köhler¹⁴ (1921) gebruikten stokken waarmee ze appels naar binnen schoven. Java-apen doen dit ook, maar slechter dan chimpansees (Kummer 1995). Als er geen stok was, maakten chimpansees een stok door een tak af te breken en de zijtakken en blaadjes ervan af te trekken. Een chimpansee van Köhler schoof stokken in elkaar zodat hij een langere stok kreeg. Ook stapelden ze kisten op elkaar zodat ze hoger konden reiken. Andere chimpansees zagen een vastzittend verticaal buisje met daarin water en een drijvend apenootje; het buisje was zo smal en hoog dat ze de buit niet meteen konden pakken. Chimpansees hebben meer moeite met dit probleem dan roeken: 10% - 20% van de chimpansees bemachtigde een drijvend apenootje door genoeg water in het buisje te spuwen (Hanus e.a. 2011). Als een andere chimpansee of een mens de oplossing voordoet, leerde 20% van de overige chimpansees dit door imitatie (Tennie e.a. 2010). Mensenkinderen deden dit aanzienlijk beter dan chimpansees: van de 4-jarigen ontdekten 8% de oplossing, van de 6-jarigen 42% en van de 8-jarigen 58% (Hanus e.a. 2011).

Voor een test was er een apparaat gemaakt met een doorzichtige buis die aan beide zijden open was, en onderaan de buis zat een gat met een bakje eronder. In de buis lag voedsel. Dieren en mensen konden die beloning bemachtigen door deze met een stok door de doorzichtige buis te verplaatsen. Soms moesten ze het voedsel naar zich toe halen, en soms moesten ze het juist van zich afduwen. Voedsel bemachtigen door het naar zich toe te trekken, is intuïtief simpel, en veel dieren slaagden daarin, maar voor veel dieren was het een onoplosbaar probleem voedsel te bemachtigen door het van zich af te duwen. De helft van de wipsnavelkraaien loste dit pro-

¹⁴ Hij is ook een van de voormannen van de Gestaltpsychologie.

bleem op, maar na meerdere pogingen (Taylor e.a. 2009). Kapucijnerapen hadden dit niet door en leerden het ook niet (Visalberghi en Tomasello 1998). Twee van de 5 chimpansees kregen dit probleem door, maar pas na veel pogingen. Mensenkinderen jonger dan 3 jaar kregen dit niet door, maar boven 3 jaar wel, en vaak erg snel. Kinderen boven 3 jaar waren duidelijk het beste (Herrmann e.a. 2007). De wipspanelkraaien en de chimpansees losten dit op, maar vooral door *trial-and-error*, terwijl kinderen boven 3 jaar een intelligente innovatie toepasten. Dit lijkt een erfelijk verschil in intelligentie tussen chimpansees en mensen.

5.1.4. Mensen

Voor technische beroepen zijn verscheidene vaardigheden vereist (Tiffin 1952, McCormick en Ilgen 1980): motorische vaardigheid (sectie 2.2.), ruimtelijk visualisatie over dingen (sectie 2.3.), vaardigheid in manipuleren en veranderen van dingen (sectie 2.4.), oriëntatie in de ruimte (sectie 2.5.) en causaal begrip (sectie 2.3.). Deze vaardigheden worden afzonderlijk kort besproken. Technische intelligentie gaat over het maken van dingen, en het gebruik van gereedschappen. In de 1920s en 1930s zijn er verscheidene testen ontwikkeld om het mechanische begrip en de mechanische handigheid van mensen te meten¹⁵. Dit zijn papierpen testen, maar om de technische vaardigheid beter te meten zou men proefpersonen echte dingen moeten laten maken, al dan niet met gebruik van gereedschap.

Een oud voorbeeld van technische intelligentie is het maken, beheersen en onderhouden van vuur. Bij mensen betreft technische intelligentie bovendien onder andere het maken en gebruiken van geavanceerde gereedschappen, het maken en gebruiken van wapens, architectuur en instrumentmakerij, het maken en gebruiken van computers, het maken van computerprogramma's, en de opleidingen om dit alles goed te leren. Zie Gigerenzer (1991), Davidson (2003), Howard e.a. (2008) en Klein en Jarosz (2011) voor technische innovatie bij mensen.

5.1.4. Besluit: gereedschap

Dieren gebruiken 'gereedschap'

Dieren en mensen lossen problemen ook op door dingen te gebruiken. Die dingen noemen we 'gereedschappen' (Van Lawick-Goodall 1970). Het maken en gebruiken van gereedschappen werd lang opgevat als een speciaal teken van intelligentie. Lange tijd meenden filosofen dat de mens uniek is omdat de mens gereedschap maakt en gebruikt, en dieren niet. Maar eigenlijk was al in de Romeinse oudheid bekend dat allerlei vogeltjes water en voedsel 'putten', en sinds 1919 dat spechtvinken in het wild naalden of takjes gebruikten waarmee ze insecten uit spleten bemachtigen. In het wild gebruiken en maken verscheidene dieren allerlei dingen die we als gereedschap beschouwen. Ik heb voorbeelden getoond dat kraaiachtigen met stenen het waterniveau in een buisje lieten stijgen of een plateau lieten kantelen (sectie 3.4.3.). Alles wijst erop dat dit intelligente innovatie was. Dan vind ik de vraag irrelevant of stenen 'echt gereedschap' vormen. Dieren gebruiken gereedschappen op basis van verschillende onderliggende processen:

1. als onderdeel van een instinctief gedrag; bijvoorbeeld: sommige graafwespen sluiten hun holletje af door er met een steentje op te hameren;
2. als gevolg van individueel *trial-and-error* leren, voortbouwend op erfelijke gedragselementen, zoals bij de spechtvink;
3. als gevolg van leren door observeren (imitatie); imitatie van complex gedrag noem ik hier een intelligente imitatie;
4. door een eigen, individuele ontdekking; dat noem ik hier een intelligente innovatie.

Alleen met experimenteel onderzoek kan men intelligent gedrag van niet-intelligent gedrag onderscheiden. Er is een verschil tussen het zelf ontdekken van gereedschapsgebruik en het imiteren van gereedschapsgebruik. In het wild is het nagenoeg onmogelijk om het eerste gebruik van gereedschappen te observeren en te bestuderen. Om het eerste gebruik van gereedschappen vast te stellen zijn experimenten met dieren in gevangenschap onmisbaar.

¹⁵ Onder andere *Bennett Test of Mechanical Comprehension*, *Purdue Mechanical Adaptability Test*, en *Minnesota Paper Form Board Test*. De testresultaten werden 'mechanical ability', 'mechanical aptitude' of 'mechanical comprehension' genoemd.

5.2. Nesten

Verstoorde insectennesten

Verscheidene soorten sluipwespen bouwen complexe nesten. De vraag was nu: wat doen die wespen als een deel van hun nest tijdens de bouw verstoord wordt? Bij de drie onderzochte soorten repareert het vrouwtje het vernielde nest. Is dit intelligent gedrag of een reflexmatige reactie op een kapot nest? Velen interpreteerden dit als blijk van 'inzicht' (McDougall en McDougall 1931, Thorpe 1943b), maar het kan ook onderdeel zijn van een instinctief gedrag met terugkoppeling. Als de meeste individuen van een soort verstoorde nesten repareren, is het waarschijnlijk instinctief gedrag met terugkoppeling en geen intelligent gedrag.

Vogels maken nesten

Er is een enorme variatie tussen vogelnesten (hoofdstuk 3.3.). Er zijn soorteigen patronen in de nesten die vogels bouwen: nestbouw is vooral een erfelijke* eigenschap van vogels. Maar ook bouwervaring en de omgeving spelen een rol. Veel vogels bouwen het eerste broedjaar gebrekkige nesten, waardoor eieren of jongen verloren gaan. Dat geldt voor verschillende vogelsoorten, vooral naarmate het nest complexer is. De broedjaren erna maken vogels betere nesten: rijping en training spelen hier een rol (Craig 1918, Lorenz 1935, Hinde en Matthews 1958, Bailey e.a. 2014). Vogels hebben een erfelijke* 'template' met de eigenschappen van een soorteigen 'goed nest', en een erfelijk* leersysteem waarmee ze de eerste jaren hun nesten verbeteren. Het bouwen van complexere nesten is intelligent gedrag. Die erfelijke* 'template' met de eigenschappen van een 'goed nest' is zo vaag dat sommige vogels kiezen voor nestkastjes of brievenbussen.

6. Omgevingsintelligentie

Omgevings-intelligentie is de vaardigheid om de eigen leefomgeving te leren kennen, en zich efficiënt en flexibel te verplaatsen in die leefomgeving. Dit betreft verblijfplaatsen, en plaatsen waar vaak voedsel, prooi of natuurlijke vijanden zijn. Het is voor soorten verschillend welke zintuigen en welke strategieën een rol spelen in ruimtelijke oriëntatie en navigatie. Dieren die in ondergrondse holen leven, maken zelf hun omgeving. Bij dieren die migreren, betreft dit een erg groot gebied. Omgevingsintelligentie bestaat uit de volgende onderdelen:

1. het selecteren van de juiste leefplaats (habitat selectie),

2. het leren van de relevante dingen in deze leefplaats (zoals routes, schuilplaatsen en voedsel),
3. het leren van de weg naar deze leefplaats (navigeren).

Individueel selecteren soorteigen leefplaatsen; daarom neemt men aan dat er een erfelijke component is in habitat selectie, maar ook leren speelt een rol.

6.1. Habitat-selectie

Dieren selecteren een leefruimte met voldoende voedsel voor hun soort, water en veiligheid. Ze hebben enige voorkeur voor de habitat waarin ze opgegroeid zijn; dat is een leeraspect (Davis en Stamps 2004). Dat geldt voor insecten, vissen, reptielen, vogels en zoogdieren. Veel diersoorten hebben een territorium. De grootte van het territorium varieert tussen soorten en tussen individuen binnen een soort. Binnen een soort is er concurrentie om de territoria. Het varieert voor soorten over welke afstand de individuen zich verplaatsen. Sommige individuen blijven vlak bij hun nest, of ze hebben een individueel of groepsterritorium. Trekvogels en gnoes migreren over grote afstanden. Tijdens het verblijf en tijdens de trektochten leren dieren de eigenschappen van hun omgeving.

Vogels

Vogels leven in een soorteigen omgeving, zoals bossen, velden, weilanden, water enz. Men neemt algemeen aan dat de keuze van omgeving vooral erfelijk is. Bij veel soorten maken de individuen of paartjes territoria binnen deze leefomgeving. Maar verscheidene individuen bleken te leven in een habitat die niet optimaal is voor voortplantingssucces (Chalfoun en Schmidt 2012). Aanvankelijk meende men dat deze individuen geen optimale habitat konden veroveren in de concurrentiestrijd om territoria. Dat is onderzocht bij ijsduikers. Ijsduikers zijn vogels die broeden aan meren; zij hebben meer voortplantingssucces als zij broeden aan een groot meer met een hoge pH-waarde. Maar ijsduikers selecteerden meren als broedplaats die in grootte en zuurgraad overeenkwamen met hun geboortenest, ook als dit niet optimaal was (Piper e.a. 2013). Zij verkiezen een vertrouwd type nest boven het optimale type. Ze hebben een erfelijke* voorkeur voor een vertrouwde pH, en niet voor de optimale pH. Hierin zit een leereffect. Er zijn meer voorbeelden van niet-optimale habitat selectie (Artl en Pärt 2007, Chalfoun en Schmidt 2012).

Mensen

Mensen hebben een voorkeur voor open savanne-achtige (of parkachtige) landschappen met water en voldoende vrij uitzicht (Orians 1980). Er is een theorie dat de evolutielijnen van mensen en chimpansees uiteen gingen, toen de voorouders van de mens naar de savannes trokken, terwijl de voorouders van de chimpansees in de bossen bleven. Dat zou dan samengaan met een voorkeur van mensen voor savanne-achtige landschappen.

Habitat-modificatie

Dieren wijzigen hun habitat soms veel, soms weinig (Donohue 2009). Als dieren eten is dat een kleine wijziging in hun leefomgeving. Verder maken ze holen en nesten. Mieren en mollen maken uitgebreide ondergrondse gangen met nesten. Termieten, sommige wespen en honingbijen maken zorgvuldig geconstrueerde nesten. Overigens doen ze dit alles vooral instinctief. Geen ander dier heeft zijn leefomgeving zo sterk veranderd als de mens, die op grote schaal huizen en wegen bouwt.

6.2. Navigatie

Er zijn verschillende principes dat dieren navigeren in hun leefruimte. Sommige volgen padjes, andere oriënteren zich aan de hand van grotere en kleinere objecten, en weer andere navigeren op basis van geur of de positie van de zon, de sterren of het aardmagnetisme. Als er in een bekende leefruimte verscheidene wegen naar een doel zijn, en als de kortste weg is afgesloten, dan nemen sommige dieren meteen een omweg. Dat is een teken van intelligentie.

Zoogdieren (niet primaten)

Als ratten in een nieuwe omgeving geplaatst worden, gaan ze die omgeving verkennen: ze lopen rond en snuffelen overal. Ratten leren de structuur van complexe doolhoven, zodat ze efficiënte omwegen maken als er barrières geplaatst zijn. Ratten leren details van hun omgeving, ook zonder beloning (Tolman en Honzik 1930).

Ruimtelijke oriëntatie bij chimpansees

In het wild leven chimpansees in groepen van 20 - 150 individuen met een groepsterritorium van 10 - 40 km². In dat gebied moeten ze hun voedsel, beschutting, en eventueel gereedschappen vinden. Jane Goodall was onder de indruk van hun geheugen voor locaties: "*chimpansees ... may do better than humans in tests of place memory.*" (Goodall 1986, p. 18). Later werd bevestigd dat chimpansees en bonobo's goede ruimtelijke oriëntatie hebben en een

goed geheugen voor locaties (Menzel e.a. 2002, Normand en Boesch 2009). Dit is in overeenstemming met anekdotes van Köhler (1921) en Savage-Rumbaugh en Lewin (1994). Als een chimpansee voedsel heeft gezien, maar de directe toegang is geblokkeerd, dan gaat die chimpansee via een omweg snel naar het voedsel. Dit is intelligent gedrag. Dat doen chimpansees beter dan kippen of honden. In een ander experiment werden chimpansees (een voor een) vrijgelaten in een ruimte van 0,4 ha (Menzel 1978). De chimpansees verkenden geleidelijk de hele ruimte; dat deden ze meer systematisch dan makaken.

Mensen

Jonge jagers en zeelieden worden getraind in navigatie door meer ervaren jagers en zeelieden. Mensen vinden de weg in hun omgeving vooral door het herkennen van visuele elementen (Taylor en Tversky 1992, Montello e.a. 1999). Op basis van nog onbekende stimuli vinden mensen toch de juiste richting. In mentale termen noemt men dit 'richtingsgevoel', wat gescoord wordt met de *self-reported Santa Barbara Sense of Direction Scale* (Hegarty e.a. 2002). Ruimtelijke oriëntatie is in middelgrote mate erfelijk met heritabiliteiten tussen 0,49 en 0,56, afhankelijk van de test (Osborne en Gregor 1966, Bratko 1996). In ruimtelijke vaardigheden scoren mannen gemiddeld hoger dan vrouwen, maar het is onduidelijk of dit een erfelijk of een omgevingseffect is; er is geen koppeling met het X-chromosoom gevonden (McGee 1979). Voor navigatie gebruiken mensen gereedschappen zoals een kompas en een sextant, kaarten en elektronische navigatiesystemen.

6.3. Hamsteren

6.3.1. Vogels

Hamsteren bij vogels

In veel gebieden is er in het ene seizoen veel meer voedsel dan in het andere. Vogels van verscheidene soorten hamsteren in het overvloedige seizoen zodat ze voedsel in het schrale seizoen hebben (Vander Wall 1990). Er zijn twee hoofdvormen van hamsteren:

- grote voorraden: het dier maakt één of een paar grotere hamstervoorraden, en verdeelt die;
- verspreide voorraden: het dier verstopt afzonderlijke stukjes voedsel (noten, zaden) in een groot gebied. Voor het huidige onderwerp zijn deze verspreide voorraden relevant.

Sommige vogels hamsteren in een seizoen duizenden of zelfs tienduizenden voedselen-

heden (Broding 2010). Hoe vinden dieren hun voorraden terug? Moerasmezen konden gelabelde zonnebloempitten uit een voedingsbak halen; ze verborgen afzonderlijke zonnebloempitten in een bos. De gemiddelde afstand was 43 m, en soms meer dan 100 m. In de buurt van de gelabelde pitten had een onderzoeker andere zonnebloempitten verstopt. Toen bleek dat moerasmezen hun eigen pitten terugvonden met een nauwkeurigheid van bijna 10 cm (Cowie e.a. 1981). Dit toont aan dat moerasmezen hun voorraden vooral terugvinden door het onthouden van de plaats, maar dit kan instinctief leergedrag zijn.

Het plunderen van voorraden

Een deel van de voorraden wordt door soortgenoten geplunderd. Maar als te veel voorraden worden geplunderd, is het aanleggen van voorraden geen goede strategie om de winter door te komen (Vander Wall en Jenkins 2003). Verwanteselectie zou een mogelijke verklaring kunnen zijn: binnen een groep zijn individuen min of meer verwant, en als een familielid mijn voedsel pikt, komt dat toch mijn allelen een beetje ten goede. Er is wel wederkerig inpikken voorgesteld: 'Ik pik iets van jou en jij pik iets van mij. Dat tolereren we, wat beter is dan voortdurend bakkeleien' (Vander Wall en Jenkins 2003). Echter, Gambel's mezen verstoppen hun voorraden heimelijk en verder weg als er soortgenoten in de buurt zijn (Pravosudov en Smulders 2010). De westelijke struikgaai legt verspreide voorraden aan, en bij deze soort is plunderen gebruikelijk. Westelijke struikgaaien onthouden welke individuele soortgenoten hebben waargenomen waar zij voedsel verborgen. Als dan die toeschouwer verdwenen is, gaan ervaren vogels dat voedsel op een andere plaats verbergen (Clayton e.a. 2007). Als een eerdere toeschouwer weer toekijkt, gaan ze vooral die voorraden gebruiken die door die vogel waargenomen zijn (Daly e.a. 2006). Dit is intelligent* gedrag.

Hamsteren en intelligentie

Reeds in 1720 werd hamsteren met verspreide voorraden eerder beschouwd als een teken van verstand dan van instinct. *“Als iemand op zoek is naar verstand bij dieren, zou hij een moerasmees in een ruimte moeten brengen ... een boom in die ruimte zetten... de vogel een halve dag laten hongeren en daarna hennepzaad geven ... dan zal de vogel steeds weer drie of vier zaadjes meenemen ... en deze verbergen... en daarmee doorgaan tot er geen zaadjes zijn... bij het terughalen, bekijken de vogels efficiënt de verstopplaatsen zodat dit niet door instinct verklaard kan worden.”* (Johan Adam Friedrich von Pernau, geciteerd uit

Broding 2010). Hamsteren lijkt het uitvoeren van een erfelijk* soorteigen gedragsprogramma; dat is op zich niet intelligent. Het grote aantal locaties dat sommige hamsteraars onthouden, wijst op goed plaatsgeheugen. Dat sommige vogels echter in de aanwezigheid van individueel herkenbare soortgenoten hun voorraad zo opslaan dat de kans op plunderen kleiner is, wijst op flexibele sociale intelligentie.

6.3.2. Zoogdieren

Hamsteren bij knaagdieren

Verscheidene soorten knaagdieren hamsteren in het de zomer en herfst, zodat ze voedsel in de winter hebben (Vander Wall 1990). Er zijn twee hoofdvormen van hamsteren (sectie 3.4.4.): grote voorraden en verspreide voorraden. Dertienstreep-grondeekhoorns verstopten 44 zonnebloempitten op afzonderlijke plaatsen in hun territorium (van 1/4 - 1/2 ha). Binnen 5 dagen vonden ze alle 44 pitten terug. Als een zonnebloempit werd vervangen door gravel, zochten ze toch op die plaats, dus ze gingen niet op de geur af. Als de onderzoeker op 40 cm van een begraven pit een andere zonnebloempit verstopt had, vonden de dieren wel hun eigen pit terug, en slechts één van de 44 pitten die de onderzoeker verstopt had (Devenport e.a. 2000). Dus alles wijst erop dat dertienstreep-grondeekhoorns hun voorraden terug vinden door hun geheugen voor plaatsen. Hamsteren lijkt het uitvoeren van een erfelijk* soorteigen gedragsprogramma; dat is op zich niet intelligent. Wel is het verrassend hoeveel locaties sommige hamsteraars onthouden; men kan dat omgevingsintelligentie noemen.

Hamsteren en intelligentie

Ook de voorraden van knaagdieren worden door soortgenoten of andere dieren geplunderd. Binnen 10 m van hun nest leggen Merriam's kangaroo-goffers vooral grotere voorraden aan, en verder weg verspreide kleine voorraden (Daly e.a. 1992). Als een verspreide voorraad van een Merriam's kangaroo-goffer door een soortgenoot geplunderd was, ging het slachtoffer over tot verdedigde, grotere voorraden vlak bij zijn nest (Preston en Jacobs 2001). Dat deze dieren hun hamstergedrag aanpassen door eerdere plunderingen, wijst op flexibele sociale intelligentie.

7. Natuurgerichte intelligentie

Het onderkennen, vinden en bemachtigen van goed voedsel is voor planten- en diereneters noodzakelijk voor het overleven. Ook het onderkennen van natuurlijke vijanden, en adequaat reageren op die natuurlijke vijanden is

essentieel voor overleven. In de evolutie hebben we te maken met veranderingen over miljoenen jaren, en met migraties over duizenden kilometers. Daardoor krijgen dieren te maken met nieuw voedsel en nieuwe bedreigingen. Daardoor is het systeem ontstaan dat ieder individu de eigenschappen van het goed voedsel en de nieuwe vijanden in zijn leefgebied verwerft door leren (zie hoofdstuk 3.2.). Om te overleven moeten dieren en veel niet-westerse mensen voldoende kennis van de natuur verwerven: over voedsel, roofdieren en prooidieren (hoofdstuk 3.2.). Ze moeten onderkennen of objecten dieren zijn, planten of levenloze dingen. Ze moeten gevaarlijke van ongevaarlijke dieren onderscheiden, en eetbare van oneetbare planten.

7.1. Voedsel

Vogels vissen met lokaas

Tot nu toe is voor 12 vogelsoorten beschreven dat ze met lokaas vissen, vooral door reiger-soorten (Ruxton en Hansell 2011). Dit is het meest onderzocht bij de mangrove-reiger (Higuchi 1986, 1988). Ze gooien kleine voorwerpen in het water en staan te wachten aan de oever of in het water. Als een vis op het lokaas afkomt, grijpt de reiger de vis met zijn snavel. Alleen sommige individuen vissen met lokaas, maar de vogels die dit doen, doen het herhaaldelijk, maar soms ook zonder lokaas. Als lokaas gebruiken ze insecten of twijgjes, blaadjes en veertjes. Met insecten hadden ze het meest succes (Higuchi 1986). Niet alle pogingen slagen om met lokaas een vis te vangen, maar de meeste vogels vangen met lokaas sneller een vis dan zonder lokaas. Vissen reageren soms verrassend snel (soms binnen 1 sec) op de aanwezigheid van lokaas. Het kwam voor dat een mens brood in het water gooide om vissen te voederen, en dat een kwak (een reigerachtige) stond te wachten op de vissen die op het brood afkwamen (passief lokaas, Gavin en Solomon 2009). Bij andere gelegenheden vond de kwak een stuk brood, gooide stukjes brood in het water en ving daar vissen mee (actief lokaas). Men neemt aan dat reigers eerst visten met passief lokaas, en dat de vogels ontdekten dat ze ook zelf voorwerpen in het water konden gooien. Binnen afzonderlijke soorten reigers vissen slechts enkele individuen met lokaas, wat kan wijzen op erfelijke verschillen in intelligentie, erfelijke gedragsverschillen, of op wat vogels toevallig geleerd hebben.

Goed voedsel voor lammetjes

In hoofdstuk 3.2. is beschreven hoe dieren leren wat goed voedsel is. Eigenlijk is dit een probleem van categorisatie: welke stimuluseigenschappen karakteriseren goed voedsel? Lammetjes hadden eerst zonder problemen gegeten van lang uitgegroeid raaigras. Na het eten van lang raaigras werden ze ziek gemaakt met lithiumchloride. Daarna kregen ze de keuze uit lang en kort raaigras, en lang en kort zwenkgras. Het bleek dat ze raaigras (lang of kort) vermeden (Ginane en Dumont 2006), op geur of smaak. Dus de lammetjes generaliseerden naar het soort gras en niet naar de lengte. Kennelijk vermijden lammetjes eerder geuren/smaken dan het uiterlijk van voedsel. Dat lijkt misschien intelligent, maar waarschijnlijk is het voedselherkenningssysteem van lammetjes (en andere zoogdieren voor wie geur een belangrijk zintuig is) vastgelegd in het zenuwstelsel zodat het uitgaat van geuren/smaken – dus niet intelligent.

Primaten

Er is voorgesteld dat een positieve selectiedruk voor het vinden van voedsel een belangrijke factor was voor de toename van intelligentie bij primaten (Milton 1981, King 1986). Primaten leren wat goed voedsel is, vooral door leren door observeren (hoofdstuk 3.2.). Primaten bemachtigen ook voedsel dat ze niet direct kunnen zien: ze graven wortels of insecten uit, ze hengelen naar insecten, of ze kraken harde noten (King 1986). Dit vergt extra intelligentie.

7.2. Natuurlijke vijanden

Vogels

In hoofdstuk 3.2. is beschreven hoe dieren leren hoe hun natuurlijke vijanden eruit zien. Dit is een probleem van categorisatie: welke stimuluseigenschappen karakteriseren een natuurlijke vijand? Door experimenten van Lorenz (1939) en Tinbergen (1951) meende men dat het 'roofvogelprofiel' de erfelijke tekenstimulus was voor het erfelijke vaste gedragspatroon "*fixeren, alarmroepen, en naar een verstopplaats gaan*" (Schleidt e.a. 2011). Later werd duidelijk dat (1) er niet één simpele tekenstimulus voor 'roofvogel' is, (2) dat vogels wennen (habitueren) aan een stimulus die bij herhaalde presentatie ongevaarlijk blijkt te zijn, en (3) dat de reacties van oudere groepsleden ook een rol spelen (Curio 1975, Schleidt e.a. 2011). Vogels vertonen ook schrikreacties voor nieuwe overvliegende stimuli, zoals een luchtballon. Het leren onderscheiden van stimuli die op gevaar wijzen, is intelligent gedrag.

Zoogdieren

In hoofdstuk 3.2. is beschreven hoe dieren leren wat hun natuurlijke vijanden zijn, en wat de adequate reactie op de verschillende groepen roofdieren. Eigenlijk is dit een probleem van categorisatie: welke stimulseigenschappen karakteriseren de verschillende groepen roofdieren? Als in een gebied roofdieren worden geïntroduceerd, of als mensen gaan jagen, veroorzaakt dat een langdurige gedragsverandering bij de prooidieren: prooidieren gedragen zich meer terughoudend en voorzichtiger. Er is een angst-landschap of een angst-zeeschap (*landscape of fear* of een *seascape of fear*) ontstaan (Laundré e.a. 2001, Wirsing e.a. 2008, Ciuiti e.a. 2012, Otsuki en Yano 2014). De aanwezigheid van roofdieren heeft gevolgen voor het gedrag van prooidieren. In een gebied zonder leeuwen verwerven zebra's een rijker dieet dan in gebieden met leeuwen (Barnier e.a. 2014).

8 Sociale intelligentie

Sociale intelligentie is de vaardigheid om soortgenoten te begrijpen, en met die soortgenoten om te gaan. Verscheidene onderzoekers claimen dat sociale vaardigheden minstens zo belangrijk zijn voor evolutionair en maatschappelijk succes als IQ. Volgens de 'sociale brein hypothese' is in de evolutie van de apen het brein vooral door sociale competitie zo groot geworden (Dunbar 2009). In hoofdstuk 4.3. worden veel voorbeelden getoond dat samenwerking in het voordeel is van de samenwerkende partners. *"Samenwerking is een manier om in de concurrentiestrijd van anderen te winnen."*

8.1. Individuele herkenning

Sociale intelligentie of interpersoonlijke intelligentie veronderstelt dat dieren geleerd hebben om soortgenoten te onderscheiden, verwanten, hun eigen nageslacht, en dat ze groepsgenoten met hun eigenschappen individueel onderscheiden. 'Inprenting' is een algemene leerstrategie waarmee jonge dieren de stimulseigenschappen van hun moeder, hun verwanten en hun soortgenoten leren onderscheiden (zie hoofdstuk 3.2.). Dieren leren niet alleen het uiterlijk, maar ook de eigenschappen van hun individuele groepsgenoten. Dieren hebben allerlei gevarieerde relaties met hun groepsgenoten, zoals verwantschappen, vriendschappen, bondgenootschappen en vijandschappen (hoofdstuk 4.3.).

Individuele herkenning, primaten

Sociale intelligentie begint met individuele herkenning, en dat is altijd individueel leren (hoofdstuk 3.2.). Het bleek dat resusapen goed onderscheid kunnen maken tussen afbeeldingen van resusapen en van Japanse makaken (Yoshikubo 1985). Apen onderscheiden eerst hun moeder van andere groepsgenoten, en vervolgens soortgenoten van elkaar, en daarna soortgenoten van niet-soortgenoten. Op een indirecte manier (hoofdstuk 4.3.) leren apen verwante en niet-verwante groepsgenoten te onderscheiden. Bovendien onderscheiden apen groepsgenoten die zich vooral positief of vooral negatief gedragen.

8.2. Leren door observeren

Vogels

Bij vogels zijn verscheidene aspecten van leren door observeren ontdekt: voor het onderscheiden van goed voedsel en van natuurlijke vijanden (hoofdstuk 3.2.). Zangvogels verwerven hun karakteristieke liedje door een combinatie van een erfelijk* leersysteem en een erfelijke* *template* (hoofdstuk 7.2.). Veel zangvogels leren hun definitieve lied in het gebied waar ze als volwassen vogel leven. Veel soorten zangvogels vormen regionale varianten van hun liedje; deze varianten worden dialecten genoemd. Het verwerven van een dialect is erfelijke*, niet-intelligente imitatie, die leidt tot culturele variatie.

Zoogdieren (niet primaten)

Leren door observeren is leren van soortgenoten, meestal door imitatie. Maar 'onderwijzen' is een stap verder. We spreken van onderwijzen als aan de volgende voorwaarden is voldaan: (1) volwassen dieren gedragen zich anders als er jonge individuen aanwezig zijn, (2) de jongen reageren op dit afwijkende gedrag, en (3) door die reacties verwerven de jongen nieuw gedrag¹⁶. Het dient empirisch bevestigd te worden dat het gedrag van de volwassene inderdaad een oorzaak is van de gedragsverandering van de jongen (hoofdstuk 10.2.). Bij dieren in het wild is onderwijzen lastig te onderzoeken, maar het lijkt zeldzaam (Thornton en Raihani 2010). Katten vangen hun prooien en eten deze efficiënt op. Behalve als een vrouwtjeskat jongen heeft. Dan brengt zij de levende pool naar haar jongen die er dan mee gaan 'spelen'. Als katten in hun vroege jeugd met prooien hebben 'gespeeld', vertonen zij later beter volwassen

¹⁶ Veel beschrijvingen van onderwijzen zijn in termen van de bedoeling van de leraar, d.i. antropomorf en mentaal (Hoppitt e.a. 2008).

jachtgedrag (Caro 1980). Andere katachtigen vertonen gelijkaardig gedrag (Caro en Hauser 1992).

Ook bij stokstaartjes (een roofdier) is gedrag aangetoond dat lijkt op onderwijs. Stokstaartjes leven in groepen met een dominante man en vrouw, die de ouders van de meeste groepsleden zijn. Tussen de leeftijd van 1 - 3 maanden krijgen de jongen voedsel van oudere groepsleden. Stokstaartjes eten ook schorpioenen, wat op zich gevaarlijk is, want schorpioenen hebben een giftige stekel aan hun achterlijf. In het begin krijgen jonge stokstaartjes vooral dode schorpioenen, of schorpioenen waarvan de stekel is afgebeten. Naarmate jonge stokstaartjes ouder worden, krijgen ze vaker levende en intacte schorpioenen (Thornton en McAuliffe 2006). De jonge stokstaartjes manipuleerden de schorpioenen en aten ze uiteindelijk op. Onervaren pups verloren nogal eens hun prooi, maar ze werden steeds handiger. Als de pups ouder dan 3 maanden waren, bemachtigden ze de meeste prooi zelf. Pups die levende prooi hadden gemanipuleerd, verloren later hun levende prooi minder vaak en werden minder vaak gestoken dan pups die eerder alleen dode schorpioenen gehad hadden. Dus door het aanbieden van levende prooi werd het later jachtgedrag efficiënter. Eigenlijk is het gedrag van de volwassen katten en stokstaartjes geen onderwijzen, maar de volwassen dieren geven de jonge dieren extra gelegenheid om ervaring op te doen. Overigens moet nog experimenteel onderzocht worden in hoeverre bij dit gedrag erfelijkheid, eigen jeugdervaringen, ervaringen met voedsel verstrekken, en intelligentie een rol spelen. Verrassend genoeg, is er bij chimpansees geen onderwijsgedrag gevonden, maar wel leren door observatie (Hoppitt e.a. 2008).

Leren door observeren en cultuur bij Japanse makaken

Dieren leren ook van soortgenoten, d.i. leren door observeren. Primaten zijn bij uitstek sociale dieren; ik denk dat voor primaten de sociale-brein-hypothese geldt. Bij primaten zouden dan extra sociale vaardigheden een selectiedruk vormen die leidde tot grotere hersenen. Een beroemd voorbeeld van culturele transmissie door apen vormen de Japanse makaken op het Koshima eiland (Kawai 1965). Op dit eiland van 32 ha leefde een kolonie makaken, eerst van 20 individuen, maar deze groeide uit in 10 jaar tot 59 individuen. Deze groep

werd bijgevoerd doordat de onderzoekers onder andere zoete aardappels en tarwe op het zand strooiden.

In 1953 begon Imo, een jong vrouwtje van 1,5 jaar, het zand van de aardappels af te wassen in een beek. Uiteindelijk namen de meeste jonge apen dit gedrag over. Slechts 2 van de 11 volwassen apen gingen over op dit nieuwe gedrag. Voor Imo was dit een intelligente innovatie, en voor de andere een intelligente imitatie. Na 4 jaar begonnen sommige apen de aardappels in zeewater te wassen, waarna zout water de voorkeur kreeg boven zoet water. Aanvankelijk pikten de apen de tarwekorrels een voor een uit het zand. In 1956 ontdekte dezelfde Imo (toen 4 jaar oud) dat zij een hand zand met tarwe in het water kon gooien, en dat dan de schone tarwekorrels op het water bleven drijven. Ook dit gedrag werd overgenomen door andere apen, vooral door jonge apen. Voor Imo was dit een intelligente innovatie, en voor de andere een intelligente imitatie. Alles wijst erop dat Imo een uitzonderlijk intelligente Japanse makaak was. Het komt vaker voor dat oudere mannetjes het conservatiefst zijn, en het minst innovaties overnemen.

Mensen

We spreken van leren door observeren als mensen leren door het gedrag van andere mensen te observeren en de gevolgen van dat gedrag. Soms gaat dit leren ongemerkt, zoals mensen het dialect van hun omgeving overnemen. Dan is er vooral sprake van imitatie. Kinderen zien ook de gevolgen van handelingen van andere kinderen of volwassenen. Als die gevolgen gunstig zijn, zullen sommige kinderen die handelingen imiteren, zodat ze het gevolg bereiken. Soms is er ook sprake van expliciete instructie door andere mensen (onderwijs); taal speelt daar een belangrijke rol. Er zijn verschillen tussen volken in allerlei gewoontes en gedragingen. Door leren door observeren kunnen gedragingen binnen een volk generaties lang worden overgedragen, en dat noemt men 'cultuur'. Als baby's van 10 - 15 maanden zien dat een volwassene meer moeite doet om een doel te bereiken, doen zij ook meer moeite dat doel te bereiken (Liu e.a. 2017, Leonard e.a. 2017).

Vergelijking van sociale vaardigheden tussen mensen en mensapen

In de Duitse groep van Michael Tomasello is een groot onderzoek uitgevoerd om de vaardigheden van mensen en mensapen te vergelijken (Herrmann e.a. 2007). Daarvoor werden de prestaties vergeleken van 105 Duitse kinderen van 2,5 jaar met die van 106 chimpansees (3 – 21 jaar) en 32 orang-oetangs (3 – 10 jaar) met dezelfde testen. In dit onderzoek werden jonge kinderen vergeleken met jonge, adolescente en volwassen mensapen. Voor sociale vaardigheden werden de reacties van kinderen en mensapen op een mens bestudeerd. De conclusie van dit onderzoek was dat de kinderen in het sociale domein superieur waren aan de mensapen. Maar in dit onderzoek werd geen eerlijke vergelijking gemaakt.

- De mensenkinderen waren normaal opgegroeid, maar de chimpansees en de orang-oetangs verbleven in opvangcentra. Mensapen komen meestal in opvangcentra als hun moeder gedood is. Zij zijn gescheiden van hun moeder. Veel van deze mensapen hadden een traumatische jeugd gehad.
- Voor de test moesten de mensapen en de kinderen reageren op een bekende mens. Maar die vergelijking is oneerlijk voor de mensapen, want mensen en dieren reageren nu eenmaal het beste op het gedrag van soortgenoten (De Waal 2009). *“Naarmate men de intelligentie van soorten vergelijkt met een meer faire test, wordt de relatieve score van mensapen hoger.”* (Boesch 2008, p. 453).

Chimpansees zijn sociale manipulators, zoals dat blijkt in het wild en in een dierentuin (De Waal 1982, Goodall 1986). De chimpansee Nim Chimpsky, die door mensen opgevoed was, manipuleerde zijn omgeving en was vaak mensen te slim af (Project Nim, documentaire van James Marsh 2011). De resultaten van Herrmann e.a. (2007) overtuigen mij niet dat de sociale vaardigheden van mensapen inferieur zouden zijn aan die van kinderen van 2,5 jaar, of veel ouder.

8.3. De sociale positie**8.3.1. Primaten****Sociale interacties bij mantelbavianen**

In de natuur leven mantelbavianen in grote sociale groepen. Conflicten tussen mantelbavianen zijn vaak complexer dan ruzie tussen twee individuen. Een moeder zal haar jonge kind beschermen, hetzij tegen een ander opdringend vrouwtje, of tegen een agressief speelmakertje. Soms nemen volwassen of halfvolwassen mannetjes die rol van de moeder over. In een eenmanshareem is er concurrentie tussen de vrouwtjes om bescherming door het mannetje. Het heeft voordelen om dicht bij het mannetje te zijn *“the female closer to the male now tries to threaten her opponent away from the male, staying as much as possible between the two, presenting to the male. [...] This whole pattern of so-called protective threat in front of the group leader is the fundamental form of aggressive encounter between adult hamadryads females.”* (Kummer 1967). Het is de vraag of dit instinctief of intelligent gedrag is.

Leiderschap en dominantie

Bij apengemeenschappen is er één baas, de 'alfa-aap'. Bij de chimpansees in Gombe *“investeren sommige mannen veel meer tijd en energie om hun sociale positie te verbeteren of te behouden dan anderen.”* (Goodall 1986, p.

424¹⁷). Afzonderlijke individuen bekleden hooguit enkele jaren de positie van alfa-aap (de Waal 1982, Goodall 1986). Voor het bereiken van de alfa-positie zijn sociale contacten belangrijker dan brute kracht. Mannetjes-apeen hoog in de rangorde krijgen meer nakomelingen dan mannetjes laag in de rangorde, terwijl voor vrouwtjes de verschillen kleiner zijn (hoofdstuk 4.3.). In een gemeenschap van chimpansees zijn er allerlei coalities en vriendschappen. *“Het vermogen van een mannetjes-chimpansee om bij conflicten steun te verwerven, is misschien de belangrijkste factor om een hoge rang te behalen en behouden.”* (Goodall 1986, p. 418).

In het boek 'chimpansee politiek' beschrijft Frans de Waal (1982) de sociale gedragingen binnen een groep chimpansees in Arnhem, die begon met 23 individuen in een afgesloten terrein van 0,75 ha. Hier blijkt dat chimpansees hun gedrag afstemmen op hun relaties met andere aanwezige chimpansees, en op de onderlinge relaties tussen de andere chimpansees. Chimpansees hebben geleerd wat de meest waarschijnlijke reacties van andere chimpansees zijn¹⁸.

¹⁷ Jane Goodall ontkomt hier niet aan een teleologische formulering.

¹⁸ In mentale termen: chimpansees proberen hun groepsleden te manipuleren voor hun eigen doelstellingen. Chimpansees kennen de andere chimpansees uit hun gemeenschap, en ze proberen daarop in te spelen om hun eigen doelstellingen te bereiken.

Ook hier hing de machtspositie van een man vooral af van zijn relaties met andere mannen en de vrouwen, en niet primair van fysieke kracht (de Waal 1982). Verder zijn er verschillen in de leiderschapsstijl van individuen en soorten (hoofdstuk 4.3.).

Sociale positie en voortplantingssucces

Gedurende 52 miljoen jaar leven primaten in overwegend promiscue groepen (Shultz e.a. 2011). Gedurende die 52 miljoen jaar was een hoge positie in de rangorde voor mannen belangrijk voor voortplantingssucces, en dat leidde tot een sterke selectiedruk ten gunste van een hoge positie van mannen. Voor vrouwen bij mensen en apen hangt het voortplantingssucces minder af van de sociale positie dan voor mannen (hoofdstuk 4.3.).

8.3.2. Mensen

Sociale positie en voortplantingssucces

In veel samenlevingen hangt het voortplantingssucces ook af van de sociale positie. In samenlevingen waar polygynie is toegestaan, hebben mannen hoog in de rangorde relatief veel kinderen. In obligaate monogame samenlevingen is er voor mannen nauwelijks of geen verband tussen maatschappelijke positie en voortplantingssucces (hoofdstuk 4.3.).

Het ontstaan van een rangorde

Kinderen in crèches en speelgroepen nemen de rol van leider of volger aan, afhankelijk van leeftijd, ervaringen, persoonlijkheid en de andere groepsleden (Hold 1977, Savin-Williams 1979). Kinderen van 3 – 5 jaar werden gedurende 9 maanden geobserveerd in een kinderdagverblijf. Kinderen die volgens de leerkrachten dominantier waren, wonnen vaker in conflicten (Pellegrini e.a. 2007). In de periode van 9 maanden nam het fysiek en verbaal geweld door de dominante kleuters eerst toe, en daarna weer af, terwijl het geweld door ondergeschikte kleuters meteen afnam. Nadat er een rangorde gevestigd was, nam het geweld af. Pubers in jongens- of meisjesvakantiekampen vormden spontaan verticale hiërarchieën (Martin 2009). Bij de jongens was die hiërarchie stabielere dan bij de meisjes. Uit deze observaties vermoedde men dat dominantie bij mensen een erfelijke component heeft, wat door erfelijkheidsonderzoek bevestigd werd (hoofdstuk 4.3.).

Leiderschap en andere eigenschappen

Er is een complex verband tussen **leiderschap en intelligentie**. In het algemeen denken navolgers dat hun leider intelligenter is dan zichzelf. Maar als IQ gemeten wordt, is de conclusie dat

het verschil tussen leiders en volgers niet te groot mag zijn: als een persoon veel intelligenter is dan de groep, wordt de afstand zo groot dat deze persoon niet meer als leider geaccepteerd wordt (Bass 1990). Zeer intelligente personen kunnen wel intelligente mensen leiden, maar niet mensen met gemiddelde intelligentie. In het algemeen moet men wel voldoende intelligent zijn om leider te worden. In het meeste onderzoek wordt een middelgrote positieve correlatie gevonden tussen leiderschap en IQ (correlatiecoëfficiënten 0,28 - 0,50, Lord e.a. 1986, Bass 1990). Van de afzonderlijke IQ-componenten is verbale vaardigheid het sterkst gekoppeld aan leiderschap, en dat was verwacht, want een leider moet goed kunnen communiceren. De correlatie tussen leiderschap en IQ was veel groter wanneer het leiderschap door groepsleden gescoord werd (0,65), dan wanneer mensen zelf hun leiderschap met een pen-en-papier-test scoorden (0,25, Judge e.a. 2004).

Ook het verband tussen **leiderschap en sociale intelligentie** is complex. In 7 onderzoeken zijn de verbanden tussen leiderschap enerzijds en sociale vaardigheden, zoals 'prettig in de omgang' (*sociability*) en vriendelijkheid anderzijds onderzocht (Bass 1990): daar waren de correlaties 0,33 - 0,74. In één onderzoek is het verband tussen sociale intelligentie en leiderschap expliciet onderzocht, en daar was de correlatie kleiner (0,10).

8.4. Weten wat een ander weet

8.4.1. Primaten

Er is voorgesteld dat een positieve selectiedruk voor sociale vaardigheden een belangrijke factor was voor de toename van de hersenen bij primaten: de sociale-brein-hypothese (Chance en Mead 1953, Jolly 1966, Humphrey 1976). Daar ben ik het mee eens voor apen, maar niet voor mensen. Voor het extra grote mensenbrein prefereer ik de talige-brein-hypothese (hoofdstuk 7.2.).

De verplaatsingstest

Door de Sally-Anne test (zie onder) aan te passen kan men onderzoeken of mensapen het gedrag van een ander kunnen voorspellen als ze gezien hebben dat die ander over onjuiste informatie beschikt. Een acteur in mensenkleding verstopte een voorwerp, en verdween. Daarna verplaatste een acteur in een apenpak het voorwerp – dus zonder dat de acteur in mensenkleding dit kon zien. Vervolgens probeerde de acteur in mensenkleding het voorwerp te vinden. Aan de oogbewe-

De verplaatsingstest / de false-belief test / de Sally-Anne test

Er is een test bedacht om te onderzoeken wat een individu denkt wat een ander individu gaat doen (of in mentale termen: wat de ander – al dan niet terecht – gelooft). De essentie van deze test is er twee actoren zijn, A en B, waarbij A onjuiste informatie heeft en B juiste informatie. De proefpersoon heeft waargenomen dat A onjuiste informatie heeft en B juiste informatie. Vervolgens moet de proefpersoon het gedrag van actor A voorspellen. De vraag is: voorspelt de proefpersoon dat A handelt op basis van juiste informatie (die A niet heeft) of op basis van onjuiste informatie (die A wel heeft)?

De algemene opzet is:

1. De proefpersoon neemt alles waar.
2. Actor A verstopt een voorwerp op plaats X.
3. Actor B verplaatst het voorwerp naar plaats Y, zonder dat A dit waarneemt.
4. Daarna gaat actor A het voorwerp zoeken.
5. De proefpersoon voorspelt waar A gaat zoeken.

Er zijn allerlei variaties op deze test, zoals een poppenspel met de poppen Sally en Anne (sectie 8.4.2.). De voorspelling van de proefpersonen wordt hier getoetst door deze mensen naar hun voorspellen te vragen

Door de test aan te passen kan men onderzoeken of mensapen het gedrag van een andere kunnen voorspellen als ze gezien hebben dat die ander over onjuiste informatie beschikt. In de regel kunnen mensapen niet zeggen wat ze voorspellen, maar met hun oogbewegingen 'verraden' ze wat ze verwachten (sectie 8.4.1.).

wegingen van 19 chimpansees, 14 bonobo's en 7 orangoetangs kon men zien dat ze verwachtten dat de acteur in mensenkleding op de verkeerde plaats ging zoeken (Krupenye e.a. 2016). Lange tijd meende men dat alleen mensen konden voorspellen dat een ander foutief zal reageren op basis van foutieve informatie (de zogenaamde *theory of mind*). Als de resultaten van Krupenye e.a. (2016) gerepliceerd worden, moeten we concluderen dat ook mensapen dit kunnen.

8.4.2. Mensen

Als iemand informatie heeft wat een ander weet en wil, kan hij diens gedrag voorspellen - met enige onzekerheid. Er zijn testen ontwikkeld om te zien of kinderen weten dat een ander over foutieve informatie beschikt, terwijl zijzelf wel de juiste informatie hebben¹⁹ (Wimmer en Perner 1983, Baron-Cohen e.a. 1985, zie tekstkader "De verplaatsingstest / de false-belief test / de Sally-Anne test"). De testen en de resultaten ervan worden meestal in mentale termen beschreven, maar hier beschrijf ik ze in gedragstermen. Om te onderzoeken of kinderen kunnen voorspellen wat een ander zal kiezen, gebruikt men vooral de 'stiekeme verplaatsingstest', of de 'Sally-Anne test'. Het kind ziet twee poppen, Sally en Anne, die een mandje en een doosje hebben. Sally heeft een knikker die ze in het mandje doet, en daarna verlaat ze de ruimte. Als Sally weg is, haalt Anne de knikker uit het mandje en doet

hem in het doosje. Sally komt terug, en de onderzoeker vraagt aan het kind waar Sally de knikker zal zoeken. Als het kind zegt 'in het mandje', slaagt het kind voor de test²⁰. Kinderen van 3 - 4 jaar gaven zelden het juiste antwoord. Kinderen van 4 - 5 jaar geven in de helft van de testen het goede antwoord, maar kinderen van 6 jaar of ouder geven meestal het juiste antwoord²¹. Dit wordt ook wel een *false-belief* test genoemd, omdat de situatie zo gemanipuleerd is dat een van de poppen iets 'geloofd', wat niet klopt. Als de onderzoeker expliciet aan de kinderen vraagt waar ze zich herinneren waar Sally de knikker gelaten heeft, en waar Sally denkt dat de knikker is en waarom, dan verwoorden oudere kinderen situatie zoals volwassenen die geconstrueerd hebben. Ook kinderen met het Down-syndroom geven meestal (86%) het juiste antwoord, maar kinderen met autisme slechts in 20% (Baron-Cohen e.a. 1985).

In een variatie op de verplaatsingstest bleek dat peuters van 25 maanden met hun oogbewegingen al voorspelden dat een ander foutief reageerde op basis van foutieve informatie (Southgate e.a. 2007).

¹⁹ Dit is volkspychologie, en het wordt wel *theory of mind* genoemd.

²⁰ In mentale termen: "het kind weet waar de knikker is, maar het weet dat Sally dat niet weet".

²¹ Overigens is er grote spreiding in de uitkomsten van afzonderlijke onderzoeken (Wellman e.a. 2001).

Het meten van sociale intelligentie bij mensen

Thorndike (1920) onderscheidde sociale intelligentie als "*the ability to understand and manage people*". Thorndike realiseerde zich dat het meten van sociale intelligentie lastiger is dan het meten van abstracte intelligentie. Abstracte intelligentie kan men met een pen-en-papier-test meten. Maar het meten hoe vaardig iemand omgaat met andere mensen "*vereist echte mensen om op te reageren, tijd om de reactie aan te passen, waarbij gezicht, stem, gebaar en houding als gereedschap worden gebruikt.*" (Thorndike 1920, p. 231). Er zijn verscheidene instrumenten ontwikkeld om sociale intelligentie van mensen te meten. Er zijn 5 groepen testen:

1. Testen voor het begrijpen van andermans gedrag

- De *George Washington (University) Social Intelligence Test* (Moss e.a. 1927) voor volwassenen. Deze test bevat subtesten zoals het beoordelen van sociale situaties, geheugen voor namen en gezichten, en observeren van gedrag van mensen.
- *Six Factors Test of Social Intelligence*. Guilford (1967) heeft een theorie ontwikkeld over de *Structure of Intelligence*. Op basis van deze theorie hebben O'Sullivan e.a. (1965, in de groep van Guilford) een test ontwikkeld in welke mate men het gedrag van anderen begrijpt.

2. Testen voor het reageren op andermans gedrag

Sociale vaardigheid betreft niet alleen of men het gedrag van een ander begrijpt, maar ook of men daar adequaat op kan reageren (*divergent production*). Daarvoor hebben Hendricks e.a. (1969, in de groep van Guilford) een test ontwikkeld. Terwijl er bij testen voor het begrijpen van het gedrag van een ander altijd één goed antwoord is, is er niet één beste sociale reactie op andermans gedrag - een ander kan altijd een betere truc bedenken.

3. Gedragsobservaties

- De *Vineland Social Maturity Test* (Doll 1935) is eigenlijk een algemene ontwikkelingstest voor kinderen van 0 - 15 jaar met verscheidene sociale items.
- De subtest *interpersonal intelligence* van de *multiple intelligences* van Gardner (1983) is vooral een gedragstest voor sociale intelligentie.

4. Een test voor machiavellisme.

Christie (1970) heeft een vragenlijst geconstrueerd, waarmee mensen zelf konden scoren hoe machiavellistisch ze zijn, maar ik denk dat mensen niet betrouwbaar willen scoren hoe manipulatief ze zelf zijn. Als ze erg manipulatief zijn, zullen ze de uitslag manipuleren.

5. Inschatten van de eigen en andermans gevoelens wordt hier niet besproken, omdat ik hier zo weinig mogelijk spreek over mentale gebeurtenissen.

Het '*het vermogen om met mensen om te gaan*' kan nog niet bevredigend gemeten worden.

8.5. Toeschrijven van intenties

Het is opmerkelijk hoe snel en automatisch kinderen, volwassenen en dieren intenties toeschrijven aan *agents* (Baldwin en Baird 2001). Dit staat in scherp contrast met de grote moeite die onderzoekers in kunstmatige intelligentie hebben om intenties van *agents* te detecteren (Doirado en Martinho 2010, Lefevre e.a. 2012). Ik vermoed dat het in de evolutie van dieren belangrijk was het gedrag van andere *agents* te voorspellen, en dat deed men op basis van hypothesen over hun intenties. Dat zou dan de oorzaak zijn dat mensen en dieren laag-drempelig intenties toeschrijven aan *agents*. Als dingen 'uit zichzelf' gaan bewegen of flexibel gedrag vertonen, schrijven kinderen en volwassenen die dingen 'dierachtigheid' (of '*animacy*') toe (Scholl en Tremoulet 2000, Csibra 2007). De bewegingen worden dan beschreven in termen van intentie ("*he is trying to get over here*" of "*he is wanting to get over here*", hoofdstuk 10.2. en 10.3.).

8.6. Onderscheid werkelijkheid en spel

Bij 'doen-alsof' (*appearance/reality*) testen doet de onderzoeker een spel met een kind. De onderzoeker toont een voorwerp, bijvoorbeeld een appel of een touw, en zegt tegen het kind dat "we doen alsof het respectievelijk een bal of een slang is". Vervolgens vraagt de onderzoeker aan het kind wat het voorwerp echt is, en hoe we het voorwerp hier benoemen: de kinderen moeten dus werkelijkheid en doen-alsof onderscheiden. Kinderen van 3 jaar scoorden gemiddeld 25% goed, en kinderen van 5 jaar 75% (Frye e.a. 1995).

8.7. Paringsintelligentie

Paringsintelligentie (*mating intelligence*) is een maat voor seksuele of verleidingsvaardigheid; dit komt niet in de traditionele instrumenten voor sociale intelligentie voor (Geher e.a. 2008, Buss 2008). Paringsintelligentie bouwt voort op het idee van seksuele selectie (Darwin 1871, Kokko e.a. 2002). Er zijn verschillende maten

voor paringsintelligentie voorgesteld, zoals het aantal kinderen, de huwelijksstatus en het aantal sekspartners gedurende het leven of de laatste tijd. Miller (2008) hoopte dat bepaalde aspecten van intelligentie zouden bijdragen tot aantrekkelijkheid en verleidingsvaardigheid; zoals taalvaardigheid, humor, kunstzinnigheid en morele deugden.

8.8. Sociale intelligentie, besluit

Individuele mensen hebben een sociale groep van 50 - 150 andere mensen. Maar bij mensen komen veel grotere eenheden voor, zoals dorpen, steden, landen en coalities van landen. Dan zijn de meeste groepsgenoten onbekenden. Voor het overleven van groepen is het belangrijk dat de groep met zijn bondgenoten groot genoeg is. Mensen hebben wetenschappen ontwikkeld over de gedragingen tussen mensen en tussen groepen mensen: psychologie, sociologie en antropologie. Mensen zijn bij uitstek communicatie-dieren; ik prefereer voor mensen de talige-brein-hypothese. Er zijn verscheidene instrumenten ontwikkeld om sociale intelligentie te meten (sectie 8.4.2., zie Kihlstrom en Cantor (2000) voor een overzicht). Bij IQ-testen is de doelstelling zoveel mogelijk items goed oplossen. Maar bij sociale intelligentie is het doel van de proefpersoon niet eenduidig. Gechargeerd geformuleerd: wil men geliefd zijn, of de baas zijn? Wil men met misleiding sociale, seksuele of materiële winst behalen? Wil men een sociale relatie starten of beëindigen? Wil men zijn partner trouw blijven, of seks hebben met een ander? Kortom: men kan geen reëel meetinstrument voor sociale intelligentie formuleren, zolang de sociale doelen onduidelijk zijn.

9. Signaal-intelligentie

Alles wat een dier is of doet, kan geëvolueerd zijn als 'signaal', of kan door zijn vrienden of vijanden opgevat worden als 'signaal' (zie hoofdstuk 7.1. voor een omschrijving van 'signaal'). Hier beperk ik me tot signalen van het uiterlijk of gedrag van dieren. Beide typen signalen kunnen eerlijk of oneerlijk zijn. Voor veel signalen geldt dat de productie ervan en de reactie erop erfelijk en niet-intelligent zijn; denk daarbij aan het uiterlijk van dieren. Daarnaast leren dieren van soortgenoten en door imitatie de juiste reacties op signalen. Dieren zenden signalen uit, waarbij de reactie op die signalen meestal evolutionair voordelig is voor de zender en de ontvanger. Vaak hebben zender en ontvanger een positieve onderlinge relatie, of hebben ze gemeenschappelijke belangen.

9.1. Eerlijke communicatie

Signaal-intelligentie is het adequaat produceren van signalen en het adequaat reageren op signalen. Ik benoem signaal-intelligentie als aparte intelligentie. De communicatie tussen dieren verloopt via signalen. Voor sommige signalen zijn de productie en de reactie erop vooral erfelijk; dit betreft onder andere het uiterlijk, geuren en sommige vocalisaties; dit is geen intelligentie. Sommige signalen en de reacties erop zijn flexibel en deels aangeleerd; dit wijst op intelligentie. Vaak behoren zender en ontvanger tot dezelfde soort, maar niet altijd. Sommige vocalisaties en de reacties erop zijn vooral aangeleerd, zoals de liedjes van veel zangvogels en de taal van mensen. Sommige individuen bedriegen soortgenoten of andere dieren met signalen.

Mensen en dieren communiceren met signalen. Omdat mensen bij uitstek taaldieren zijn, formuleren mensen de tweedeling verbale/non-verbale communicatie. In de WAIS-III onderscheidt men een *verbaal IQ* en een *performaal IQ* (non-verbaal). Het verbaal IQ is meer afhankelijk van de omgeving waarin men opgroeit. Taal is op een complexe manier verworven, waarbij leren een rol speelt (hoofdstuk 7.2.). Talige aspecten van intelligentietesten verwijzen ook naar aangeleerde aspecten.

Taal bij mensen

Er is een enorm verschil tussen mensen en andere dieren in signaal-intelligentie: mensen hebben taal. Onze voorouders hadden ongeveer 400 kya de hersenen en spraakorganen voor gesproken, grammaticaal complexe taal ontwikkeld (hoofdstuk 7.2.). Taal is een uniek middel voor het verspreiden van gedetailleerde informatie over afwezige personen en dingen of over andere tijden, voor het beïnvloeden van andere mensen door het verstrekken van informatie, en voor geraffineerde misleiding. Voor de evolutie van de hersenen van de Hominiden prefereer ik de 'Talige-brein-hypothese' boven de sociale-brein-hypothese, die op apen van toepassing is. In de evolutie vanaf de gemeenschappelijke voorouders van chimpansee/bonobo en mens, is in de lijn naar de mens het brein veel groter geworden, vermoedelijk doordat taal grote voordelen gaf (hoofdstuk 7.2.). Taal maakte het ontstaan van grotere groepen bij de mens mogelijk, en het ontstaan van diverse culturen. Met taal kunnen mensen meer gedetailleerde informatie overdragen dan dieren met hun vocalisaties.

Is sociale intelligentie hetzelfde als bedrog en machiavellisme?

In 1982 beschreef Frans de Waal het gedrag tussen chimpansees in een groep zoals ook Machiavelli (1532) intriges tussen mensen beschreef. Machiavelli geeft een prins raad over hoe succesvol te zijn. Het machiavellisme wordt gekarakteriseerd door de spreuk "*het doel heiligt de middelen*" ("*the ends justify the means*"; deze spreuk komt niet voor in werken van Machiavelli, maar wel in Elektra van Sophocles, 409 BCE en in Horoides van Ovidius, 10 BCE). We noemen een handeling machiavellistisch als de actor hierdoor zichzelf bevoordeelt, en een ander benadeelt. Byrne en Whiten (1988) introduceerden het begrip 'machiavellistische intelligentie' als synoniem voor 'sociale intelligentie'. Daar ben ik niet gelukkig mee. De term machiavellistische intelligentie benadrukt vooral negatieve gevolgen voor anderen. Samenwerken of het werven van vrienden of bondgenoten is vaak meer evolutionair voordelig dan het benadelen van anderen. Bovendien kan sociaal gedrag tussen actoren alleen door natuurlijke selectie ontstaan als het gedrag in eerste instantie ten voordele is van beide actoren.

9.2. Misleiding

Dieren misleiden soms met signalen. Misleiding is algemeen in de natuur. Bij misleiding hebben zender en ontvanger tegengestelde belangen. Bekende varianten zijn schutkleuren, zodat natuurlijke vijanden bepaalde dieren niet opmerken, en mimicry, zodat natuurlijke vijanden individuen van een bepaalde soort aanzien voor individuen van een andere soort. Dit heeft niet met intelligentie te maken. Misleiding door gedrag is een aparte categorie (Cheney en Seyfarth 1991, Fitch en Hauser 2003). Als die misleiding lukt, maakt de zender winst, en lijdt de ontvanger verlies. Misleiding door gedrag getuigt niet altijd van intelligentie: het kan ook automatisch (instinctief) gedrag zijn. Er zijn veel anekdotes dat dieren soortgenoten misleiden, en in het voorbeeld van Mentzel (1974, sectie 9.2.4.) is die misleiding enigszins systematisch onderzocht, en was het intelligente misleiding. Veel anekdotes lijken te wijzen op intelligente misleiding, maar het is lastig dit experimenteel te onderzoeken, omdat herhaald voorkomende misleiding niet meer werkt.

9.2.1. Misleiding bij insecten

Het misleiden van soortgenoten door gedrag is bij de schorpioenvlieg beschreven (Thornhill 1979). Het normale voortplantingsgedrag gaat als volgt. Het mannetje vangt een insect, gaat met zijn voorpoten aan een plant hangen, en zendt een feromoon uit waar de vrouwtjes op af komen. Na aankomst neemt het vrouwtje een karakteristieke houding aan, waarna het mannetje haar het insect overhandigt. Zij gaat eten en het mannetje paart met haar. Na de paring neemt het mannetje het insect meestal mee. Het kan echter ook voorkomen dat een mannetje met prooi benaderd wordt door een ander mannetje. Het nieuwe mannetje probeert dan hetzij de prooi af te pakken, of hij neemt de karakteristieke houding van een vrouwtje aan en krijgt de prooi overhandigd. Is dit sluwe

misleiding, of blind reflexmatig gedrag? En wat veroorzaakt dan dit misleidend gedrag? Dat is helaas nog niet onderzocht.

9.2.2. Vogels

Misleiden van soortgenoten

Er zijn allerlei verschillende vocalisaties die vogels in verschillende situaties uiten, en waarop andere vogels verschillend reageren. Hiervan zijn alarmkreten het meest bestudeerd. Tijdens het foerageren in groepen slaakt incidenteel een vogel een alarmkreet zonder dat er gevaar is; de andere vogels reageren daarop met wegvliegen, zodat de vogel die geroepen heeft, extra voedsel kan bemachtigen. Dit is waargenomen bij merels, zanglijsters en mezen, drongo's en andere insecten-etende vogels. Vogels verjagen daarmee soortgenoten en individuen van een andere soort (Munn 1986, Moller 1988). Als koolmezen een koolmees hoger in de rangorde bij voedsel aantreffen, uiten ze incidenteel een alarmkreet, zodat die dominante koolmees vertrekt. Als ze een koolmees lager in de rangorde aantreffen, jagen ze die gewoon weg (Moller 1988). Als een huismus een hoeveelheid voedsel ziet die gedeeld kan worden, slaakt hij vaak een *chirrup*-kreet waardoor ook andere huismussen naderen; maar als het voedsel niet deelbaar is, slaakt hij geen kreet (Elgar 1986). Australische slijkeksters leven in paartjes met een territorium. Het mannetje en vrouwtje zingen in duetten, waarbij ieder een eigen partij zingt. Maar het komt ook voor dat het mannetje of het vrouwtje de partij van hun partner imiteert (een pseudoduet), zodat toehoorders menen dat er twee vogels aanwezig zijn. De toehoorders vertrekken dan eerder (Rek 2017). Er moet nog nader onderzocht worden wat deze pseudoduetten veroorzaakt.

Misleiden van andere vogels

Drongo's zijn Afrikaanse zangvogels. Zij slaken alarmkreten waardoor ze spreeuwen of babbelaars weggagen en voedsel bemachtigen. Het bijzondere is dat ze de alarmroep van spreeuwen of babbelaars efficiënt imiteren, afhankelijk van de soort die in de weg zit (Flower e.a. 2014).

Koekoeken zijn broedparasieten. Het koekoeksvrouwtje legt haar ei in het nest van andere soorten. Als het koekoeksjong uit het ei gekomen is, werkt hij de andere eieren en jongen uit het nest, zodat zijn pleegouders al hun eigen kinderen verliezen en een parasiet grootbrengen. Het koekoeksvrouwtje legt haar ei stiekem in een ander nest, maar op het einde daarvan slaakt ze soms een opmerkelijke kreet (de '*chuckle call*'). Deze kreet lijkt op de kreet van een sperwer. Dit is onderzocht bij koekoeken die hun ei legden in het nest van kleine karekieten. De kleine karekieten zijn extra alert na dergelijke kreten. Als kleine karekieten een nieuw ei in hun nest waarnamen zonder *chuckle call*, verwierpen ze in 66% van de testen dit ei. Maar na de *chuckle call* van een vrouwtjeskoekoek verwierpen ze het ei in slechts 26% van de testen (York en Davies 2017). Dus met deze kreet verbeteren de koekoeksvrouwtjes de kansen van hun jongen. Overigens moet het gedrag van de koekoeksvrouwtjes nog verder onderzocht worden: hoeveel vogels vertonen dit gedrag, en is het instinctief of ook intelligent?

Er komen speciale gevallen van misleiding voor. De bruine doornsnavel is een klein zangvogeltje dat veel verschillende geluiden kan imiteren. De bonte klauwierkraai is de belangrijkste nestpredator van bruine doornsnavels. Maar sperwers zijn toppredators die zowel bruine doornsnavels als bonte klauwieren vangen. Als er nu een sperwer in de buurt komt, slaan allerlei vogels karakteristieke alarmkreten uit: het 'sperweralarm'. Als een bruine doornsnavel een klauwierkraai ziet naderen, imiteert de doornsnavel een koor van vogels met sperweralarm, waardoor de klauwierkraai soms vlucht (Ilgic e.a. 2015).

Andere vogels met alarmkreten weggagen is intelligent* gedrag: het hangt af van de situatie, van de relatie tussen zender en ontvanger, en de aard van het voedsel, terwijl de kreet soms afhangt van de ontvanger. Misleiding door alarmkreten moet nog verder onderzocht worden: welke individuen misleiden vooral, en wat veroorzaakt vooral deze misleiding? Maar vooralsnog lijkt dit intelligent gedrag.

Misleiden van natuurlijke vijanden

Verscheidene vogels die op de grond broeden, vertonen speciaal gedrag als een roofdier na-

dert (Gochfeld 1984, Montgomerie en Weatherhead 1988). Een karakteristiek gedrag is dat de vogel onder beschutting enige afstand van het nest wegloopt, dan een vleugel laat hangen en opvallend zichtbaar en vocaliserend wegloopt. In veel gevallen volgt de binnendringer de 'gewonde' vogel, zodat de binnendringer zich van het nest of de jongen verwijdert. Dit wordt de gebroken-vleugel show *broken-wing display* genoemd of letsel-veinzen²². De gebroken-vleugel show is vooral onderzocht bij de dwergplevier (Ristau 1991). Dwergplevierieren leren gevaarlijke van ongevaarlijke binnendringers te onderscheiden. Ze bewegen zich van het nest weg, ze houden de indringer in de gaten, en ze letten vooral op indringers die in de richting van hun nest of jongen kijken. Als de indringer hen niet volgt, maken ze meer geluid of fellere bewegingen, of ze naderen de indringer en herhalen de gebroken-vleugel show. De dwergplevier gedraagt zich als een terugkoppelsysteem, waarvan de doelstelling is de indringer bij eieren of jongen weg te leiden. De gebroken-vleugel show is flexibel, evolutionair voordelig gedrag, en dus intelligent* gedrag. Het zou mooi zijn als de gevolgen van nestverdedigings-gedrag op de overleving van eieren, jongen en ouders worden onderzocht, maar dat is gemakkelijker gezegd dan gedaan.

9.2.3. Misleiding bij primaten

Misleiden bij primaten

Wetenschappelijk onderzoek aan misleiding bij primaten is moeizaam omdat evidente misleiding zeldzaam en onvoorspelbaar is. Als misleiding frequent of voorspelbaar zou zijn, zouden ook andere apen dit voorspellen, zodat de misleiding niet meer werkt. Vooralsnog moeten we ons beperken tot anekdotes (Cheney en Seyfarth 1991).

Een volwassen vrouwtjes-mantelbaviaan was voedsel aan het uitgraven. Een jonge, niet-verwante mantelbaviaan van een moeder hoger in de rangorde gaat bij haar zitten en schreeuwt zonder duidelijke oorzaak. Op deze kreet nadert de moeder van de jonge baviaan en jaagt het andere vrouwtje weg. De jonge mantelbaviaan gaat vervolgens op dezelfde plaats voedsel uitgraven (Byrne en Whiten 1988).

²² In mentale termen werd het *broken-wing display* beschouwd als gestoord gedrag door een innerlijk conflict tussen de neiging om te vluchten en de neiging om eieren en jongen te verdedigen (Friedmann 1934).

9.2.4. Misleiding bij chimpansees

Herhaalde poging tot misleiding

Er was een groep jonge chimpansees in een gebied van 0,4 ha. In dit gebied was voedsel verstopt, en één chimpansee, Belle, had gezien waar dit verstopt was (Menzel 1974). *“Uit interacties tussen Rock (de meest dominante chimpansee maar ook een relatieve buitenstaander) en Belle over een periode van enkele maanden bleek het duidelijkst dat chimpansees wisten welke gevolgen hun gedrag had op andere chimpansees, en dat zij daarop hun gedrag aanpasten. Bij testen zonder Rock, wees Belle de groep steeds de weg naar voedsel, waarna bijna iedereen wat kreeg. Maar als het onderzoek werd uitgevoerd met Rock bij de groep, liep Belle steeds trager naar het voedsel. De reden was niet zo moeilijk te ontdekken. Zodra Belle het voedsel uitgroef, rende Rock naar haar, sloeg of beet haar, en pakte al het voedsel.*

Dus staakte Belle het opgraven van voedsel als Rock in de buurt was. Ze bleef erop zitten tot Rock was vertrokken. Rock leerde echter snel en als Belle langer dan een paar seconden op één plaats bleef zitten, ging hij naar haar toe, duwde haar weg, onderzocht haar zitplaats, en bemachtigde het voedsel. Vervolgens stopte Belle onderweg. Maar Rock reageerde daarop door een steeds groter grasgebied rond Belle te onderzoeken. Uiteindelijk ging Belle steeds verder weg zitten, en wachtte totdat Rock van het voedsel wegkeek, voordat ze naar het voedsel ging - en Rock leek op zijn beurt weg te kijken tot Belle zich ging verplaatsen. Soms begon Rock weg te wandelen, om zich plotseling om te draaien juist als Belle op het punt stond het voedsel uit te graven.

Vaak vond Rock zelfs goed verborgen voedsel 10 m of meer bij Belle vandaan; hij keek herhaaldelijk naar Belle en hij koos een zoekplaats aan de hand van haar reacties. Als Rock te dicht bij het voedsel kwam, verklapte Belle de plaats door 'zenuwachtige' bewegingen. Een paar keer begon Belle ermee de groep precies de verkeerde kant uit te leiden; als Rock dan bezig was met zoeken, rende ze terug en bemachtigde wat voedsel.

In andere experimenten hadden we wat extra voedsel verstopt op ongeveer drie meter van de grote hoop; dan bracht Belle Rock naar de kleine hoeveelheid en rende naar de grote hoop terwijl Rock het ging oprapen. Toen Rock het beetje voedsel naast zich legde om Belle in de gaten te houden, kreeg Belle een 'woede-uitbarsting'.” (Menzel 1974).

Belle en Rock vertoonden nieuw, flexibel, gericht gedrag waarbij ze beiden inspeelden op

wat ze geleerd hadden van het gedrag van de ander. Belle en Rock vertoonden intelligent gedrag ²³.

Seksuele misleiding

Een jonge vrouwtjes-chimpansee slaakte in de regel een luide kreet op het einde van de copulatie. Later deed ze dat alleen als ze paarde met de alfa-man, en niet als ze stiekem paarde met andere mannen, wat anders door de alfa-man afgestraft zou worden (de Waal 1982).

Machtsmisleiding

Yeroen, een volwassen mannetjes chimpansee, had in een gevecht met Nikki zijn hand geblesseerd. De dagen na dat gevecht liep Yeroen mank als Nikki hem kon zien, maar verder liep hij normaal. Door eerdere gevechten had Yeroen geleerd dat Nikki enige consideratie met hem had als Nikki hem verwond had in een gevecht (de Waal 1982).

Mensapen met symbolentaal

Een aparte categorie vormen mensapen die geleerd hebben te communiceren met symbolen (Gardner en Gardner 1969, Savage-Rumbaugh e.a. 1985). Mensapen gebruiken symbolentaal zodat ze hun belangen realiseren, maar ze produceren geen nieuwe, grammaticaal correcte, complexe zinnen (Terrace e.a. 1979). Mensapen reageren wel juist op complexe gesproken Engelse zinnen (Savage-Rumbaugh en Lewin 1994). Chimpansees gebruiken één symbool voor verschillende dingen uit één categorie, wat wijst op abstracte intelligentie (Gardner en Gardner 1985). Er zijn voorbeelden dat die dieren in symbolentaal een dierenverzorger de schuld gaven van hun eigen misdrijvingen (Patterson 1978, p. 459-460, Goodall 1986, p. 581). Ook de bonobo Kanzi misleidde zijn verzorgers af en toe in symbolentaal (Savage-Rumbaugh en Lewin 1994). Deze anekdotes van misleiding wijzen op intelligent gedrag door mensapen.

²³ Het is tegen de spelregels van de ethologie om te spreken over 'kennis' en 'bedoelingen' van dieren. Maar de meest directe en begrijpelijk beschrijving van dit voorval in mentale termen is: *“Rock wist dat Belle wist waar het voedsel verstopt was. Belle wist dat Rock wist dat zij dat wist, Belle wist dat Rock al het voedsel probeert af te pakken, en Belle probeerde desondanks toch wat voedsel te bemachtigen.”*

Tabel 7. Bedrog door mensenkinderen van verschillende leeftijden.

19 maanden	een kind biedt speelgoed aan, als de moeder het wil pakken, trekt hij het terug en lacht
2 jaar	een kind morst melk en geeft zijn broertje de schuld. Jonge kinderen moeten nog leren dat het wel effectief kan zijn om een broertje de schuld te geven, maar niet de knuffelbeer. Ze kunnen ook zeggen: <i>"Ik heb de lamp niet gebroken, en ik zal het nooit meer doen..."</i>
2,5 jaar	een kind bijt in zijn eigen hand, toont de afdruk daarvan aan de verzorgster en geeft een ander kind de schuld
4 jaar	een kind speelt vals bij een spelletje en wint daardoor
8 jaar	een kind glimlacht naar een volwassene nadat hij een teleurstellend cadeautje heeft gekregen

9.2.4 Misleiding bij mensen

Misleiding door kinderen in testen

Er is voorgesteld dat misleiden een belangrijk aspect is van sociale intelligentie (zie boven). Er zijn twee hoofdvormen van misleiden: (1) passief, d.i. de eigen kennis of eigen doelstelling verborgen houden, of (2) actief: foute informatie verspreiden over de eigen kennis of eigen doelstelling. Misleiding en bedrog is vooral bij kinderen empirisch onderzocht. Ik bespreek hier twee experimenten waarin complexiteiten blijken,

Kinderen van 3 - 6 jaar verstopten een speelgoedbeertje op één van drie plaatsen. Ze kregen de opdracht om een volwassene voor de gek te houden die aan het kind vroeg waar het beertje verstopt was. Kinderen van 3 - 4 jaar verraadden meestal (72%) de verstopplaats door ernaar te kijken, en sommigen waren verheugd dat ze een volwassene een geheim konden verklappen. Oudere kinderen misleiden beter: hetzij door niets te laten merken (gedrags-inhibitie) of door foutieve informatie te geven. Maar ook de kinderen van 5 - 6 jaar verklapten in 20% de verstopplaats door ernaar te kijken. Dat jongere kinderen slechter misleidden, was een combinatie van motivatie om tegen de opdracht in het geheim toch te onthullen en minder vaardigheid om te misleiden (LaFrenière 1988).

In een ander experiment stopten kinderen van 3 - 6 jaar een gouden ster in één van twee dozen. Vervolgens kwam er één van twee poppen: een koning of een dief. De koning was aardig: als hij de ster vond, gaf hij die aan het kind. De dief daarentegen was onaardig: als hij de ster vond, hield hij die zelf. De opdracht voor het kind was zoveel mogelijk sterren te winnen, dus door de koning de juiste informatie te geven, en de dief de verkeerde. De kinderen gaven de 'koning' bijna altijd de juiste informatie. Maar kinderen van 3 - 3,5 jaar verklapten de plaats van de ster aan de 'dief' in 89% van de testen, terwijl kinderen van 5 - 6 jaar dit

slechts in 8% verklapten (Sodian 1991). De 3 - 4 jarigen logen slecht tegen de dief, maar als ze de kans hadden de doos met ster op slot te doen, sloten ze bijna altijd de doos voor de dief, en niet voor de koning. Autistische kinderen logen slechter dan andere kinderen, maar zij deden wel de doos op slot, dus ze begrepen de situatie wel (Sodian en Frith 1992). Dus terwijl de jonge kinderen hun doel niet bereikten met misleiding met woorden of door te wijzen, bereikten ze dat wel door in de juiste context de doos af te sluiten.

Voorspellen van misleiding

Er zijn andere varianten van de stiekeme verplaatsingstest, waarbij samenwerking of competitie een rol speelt. Een beroemd voorbeeld is een poppenspel met Maxi en chocolade (Wimmer en Perner 1983). De moeder van Maxi (een jongetjespop) komt thuis met boodschappen; ze heeft onder andere chocolade voor een cake gekocht. Maxi helpt met opruimen van de gekochte spullen en vraagt waar hij de chocolade zal laten. Moeder zegt "in het blauwe kastje" en dat doet Maxi. Maxi gaat buiten spelen. Moeder gaat de cake maken, en neemt daarvoor een deel van de chocolade en legt de rest in het groene kasje (en dus niet in het blauwe). Maxi komt binnen. De onderzoeker vraagt aan het kind "Waar zal Maxi de chocolade zoeken?" Oudere kinderen zeggen dan "In het blauwe kastje". Daarna zijn er twee varianten.

- Opa komt en wil Maxi chocolade geven (samenwerken); hij vraagt Maxi "In welke kastje?" Oudere kinderen zeggen dan dat Maxi zal zeggen: "In het blauwe kastje".
- Grote broer komt, die bij eerdere gelegenheden alle chocolade voor zichzelf hield (competitie). Maxi wil hem misleiden. Oudere kinderen zeggen dan dat Maxi zal zeggen: "In het groene kastje", waarmee Maxi, het kastje met de chocolade noemt.

Waarom zou je intelligentie of hersengrootte in één getal willen uitdrukken?

Communicatie verloopt het beste als het simpel is. Het simpelst is één woord te gebruiken voor intelligentie en voor hersengrootte, zonder je onderwerp van onderzoek te zeer te simplificeren.

Intelligentie. De algemene factor van verstandelijke vaardigheid of *g* is ontdekt in analyses van schoolcijfers van kinderen (Spearman 1904). Sindsdien heeft dit begrip een grote status gekregen. Toch was al snel duidelijk dat er bij afzonderlijke mensen discrepantie tussen de vaardigheden was, en dat IQ-testen verscheidene subvaardigheden meten. Er zijn grote verschillen tussen diersoorten in hun leren en probleem-oplossen.

Hersengrootte. Ik heb me ingespannen om een simpele vergelijkende analyse te maken van hersengrootte bij gewervelde dieren (Van Dongen 1998). Daartoe heb ik zoveel mogelijk de oorspronkelijke, onbewerkte gegevens gepresenteerd in één getal voor het totale hersengewicht, zoals ik dat ook hier gedaan heb in de figuren 4 en 5. Toch was bekend dat het relatieve gewicht van de afzonderlijke hersendelen sterk varieerde tussen diersoorten.

Om een eerste indruk te krijgen van intelligentie en hersengewicht kan men deze parameters in één getal uitdrukken, maar het totale plaatje is complexer.

Ook in andere situaties voorspellen kinderen van 5 - 6 jaar hoe poppen in een poppenspel andere poppen misleiden voor hun eigen doelstellingen.

Bedrog door kinderen in het echte leven

Met deze stiekeme verplaatsingstesten kan men bedrog bij jonge kinderen experimenteel onderzoeken. Maar de vraag is hoe relevant dit is voor misleiding en bedrog in het echte leven. In het echte leven misleiden kinderen op jongere leeftijd dan in stiekeme verplaatsingstesten (Newton e.a. 2000, Reddy 2007). Terwijl jonge kinderen wel zelf anderen misleiden, lukt het ze niet om voor de leeftijd van 6 jaar misleiding door anderen te onderkennen (Lillard 2002, Mitchell en Neal 2005).

Naarmate kinderen ouder worden, vertonen ze meer geraffineerd misleidend gedrag (LaFrenière 1988). Soms is dat speels, soms om straf te vermijden, soms om eigen winst te behalen, en soms om een sociaal onaangename situatie vermijden (tabel 7). Succesvol bedriegen is een intelligente prestatie.

10. Verbanden tussen intelligenties**Verscheidene intelligenties**

Er is discussie of we te maken hebben met één algemene intelligentie of met verschillende intelligenties (*domain-general* vs. *domain-specific*, Burkart e.a. 2017 en commentaren). Sommige van de scores bij mensen of chimpansees correleren sterk met *g*, en andere correleren zwak met *g* (tabellen 1 en 3). Dus *g* is niet een universele maat voor ieder intelligent functioneren. Hieronder toon ik dat allerlei intelligenties niet onafhankelijk van elkaar zijn.

Mechanische intelligentie

Het begrip 'mechanische intelligentie' wordt in de praktijk zeer breed gebruikt, en wel voor wat ik hier bewegingsintelligentie, fysische

intelligentie, technische intelligentie en omgevingsintelligentie noem. De correlaties tussen mechanische intelligentie en IQ hangen af van de testen: er is een grote correlatie (0,62) gevonden tussen mechanische vaardigheid volgens MacQuarrie en intelligentie volgens Terman (Babcock en Emerson 1938). Er is geen verband gevonden tussen mechanische vaardigheid en het verbaal IQ (0,088), en een zwak verband met het non-verbale IQ (0,269, Murphy 1936). Mechanische intelligentie correleert zwak (0,22) met sociale intelligentie (Hunt 1928). Mechanische vaardigheid correleert middelgroot (0,34) met artistieke vaardigheid, en niet (0,04) met muzikale vaardigheid (Morrow 1938)

Sociale intelligentie

Al tijdens de ontwikkeling van de eerste IQ-testen, wist men dat sommige individuen met sociale handigheid en charme maatschappelijk succes hadden, terwijl ze een laag IQ hadden voor hun succes. Dus ook sociale intelligentie is belangrijk voor maatschappelijk succes. Sociale intelligentie (Washington test) correleert vrij sterk met IQ: $r = 0,42 - 0,57$, afhankelijk van de test (Hunt 1928). Dus men slaagde er toen niet in om sociale intelligentie empirisch te scheiden van IQ (Kihlstrom en Cantor 2000). Er is verder een zwak verband tussen IQ en leiderschap: correlaties van 0,21 - 0,27 (Judge e.a. 2004).

'Abstracte' of 'schoolse' intelligentie?

Thorndike (1920) gebruikte de term 'abstracte intelligentie' voor intelligentie afwijkend van mechanisch en sociaal. In de praktijk werd 'abstracte intelligentie' ongeveer hetzelfde als wat men met testen van Binet, Wechsler en Raven meet. Ik prefereer het om de term 'abstracte intelligentie' te gebruiken voor kennis over echt abstracte zaken, zoals concepten,

Waar is intelligentie goed voor?

De vraag waar 'iets' goed voor is, kan alleen beantwoord worden als een doel gespecificeerd is. Volgens **Darwin** worden die eigenschappen van levende organismen bevorderd die bijdragen tot het overleven en voortplanten van die individuen. Het geniale van Darwin is dat hij een toetsbare, natuurwetenschappelijk oplossing heeft gegeven voor 'waarde' bij levende organismen.

Volgens het **gen-centrisch neodarwinisme** worden in de evolutie die eigenschappen bevorderd die bijdragen tot verbreiding van de allelen die deze eigenschappen mede veroorzaken. Dit betekent in de praktijk: overleven, voortplanten of bevoordelen van verwanten. "Wat zijn de voordelen van het verwerven van een grote intelligentie?" Ernst Mayr verwoordt het uitgangspunt van adaptacionist: "Iedere eigenschap van ieder levend organisme is ontstaan door natuurlijke selectie. Als een eigenschap gepaard gaat met een groot voordeel – zoals bijvoorbeeld zien – dan wordt deze herhaaldelijk verworven. Ogen of goed-ontwikkelde zintuigorganen voor licht zijn minstens 40 maal onafhankelijk van elkaar ontstaan in organismen." (Mayr 1994, p. 337). Mayr meende dat grote intelligentie en grote hersenen maar zelden bij dieren ontstaan zijn, terwijl bijvoorbeeld organen die op licht reageren ('ogen') onafhankelijk van elkaar ontstaan zijn bij veel verschillende groepen dieren. "Er zijn vele mechanismen en hulpmiddelen anders dan intelligentie voor overleven en succesvolle voortplanting, mechanismen die kennelijk gemakkelijker ontstonden in de evolutie dan een hoge intelligentie." (Mayr 1994, p. 338). De combinatie van grote hersenen en intelligentie is weliswaar ontstaan bij twee groepen ongewervelden (sociale insecten en octopussen), bij twee groepen vogels (papegaaien en kraaien) en bij drie groepen zoogdieren (primaten, olifanten en walvissen). Maar dat is bij minder groepen dan het ontstaan van zintuigen gevoelig voor licht.

categorisatie, logica en wiskunde. Behalve abstracte vaardigheid bevat de WAIS ook items voor ruimtelijk, linguïstisch, naturalistisch en begrip tussen mensen. De score op testen zoals de Binet, WAIS, WISC en Raven's noemt men IQ.

Voor IQ of *g* gebruikt men wel in gewone-mensentaal de termen 'intelligentie', 'algemene intelligentie', 'algemene cognitieve vaardigheid', of 'algemene mentale vaardigheid'. Maar dit zijn erg algemene termen. Er zijn goede argumenten om voor IQ de term 'schoolse intelligentie' te gebruiken. "According to my analysis, the kind of intelligence typically measured in IQ tests is scholastic intelligence – the bundle of skills needed to succeed in modern secular schools. In my terms, success on such instruments depends on a combination of linguistic and logical-mathematical intelligences, with spatial intelligence sometimes tapped as well." (Gardner 2017, p. 30).

11. De evolutie van intelligentie**Selectiedrukken**

Volgens mij is het allereerste begin van intelligentie het onderscheid hetzelfde vs. verschillend. Om dit onderscheid te maken moeten organismen enig geheugen of werkgeheugen hebben. Dieren kunnen alleen soortgenoten, voedsel of natuurlijke vijanden differentiëren als ze het onderscheid hetzelfde/verschillend kunnen maken. Voortbouwend op het onderscheid hetzelfde/verschillend kunnen erfelijke leersystemen ontstaan voor het herkennen van goed voedsel, natuurlijke vijanden en soortgenoten (tabel 8).

Vergelijkend intelligentie-onderzoek

Er was grote behoefte aan een referentiekader waarin het gevarieerde intelligent gedrag van dieren en mensen fair beschreven kan worden. De gemodificeerde intelligenties van Gardner bieden zo'n referentiekader – hoop ik. "More generally, we may be better able to trace the similarities and differences between human beings and particular species (be they birds, bats, or dolphins) if we think of them in terms of each species' own dominant and less salient intelligences, rather than their having more or less of *g*." (Gardner 2017, p. 31).

Het vergelijkend onderzoek naar intelligentie van dieren staat nog steeds in de kinderschoenen (Kummer en Goodall 1985), maar ik hoop dat dit hoofdstuk het denken over intelligenties van dieren een stap verder brengt. De intelligenties van mensen hebben hun oorsprong bij dieren²⁴, maar door taal en culturele evolutie is het verschil in intelligenties tussen mensen en andere dieren enorm geworden.

²⁴ Vroeg in de evolutie van dieren waren er waarschijnlijk wel gespecialiseerde intelligenties, maar geen 'algemene intelligentie'.

Tabel 8. Intelligentie bij dieren. De volgende factoren hebben (volgens auteurs) bijgedragen aan de intelligentie bij dieren.

Onderwerp	Auteurs
Selectiedrukken op	
Leren	Strong en Hedges 1966, Bitterman 1975, Riddell en Corl 1977, Mackintosh e.a. 1985, Moore 2004
Voedingsstrategieën	Milton 1981, King 1986
Innovaties	Köhler 1921, Kummer en Goodall 1985, Lefebvre e.a. 1997, 1998, 2002
Sociale vaardigheden	Chance en Mead 1953, Jolly 1966, Humphrey 1976, Cheney en Seyfarth 1985, Byrne en Corp 2004
Blijken van intelligentie	
Gebruik van gereedschap	Köhler 1921, Goodall 1964, 1970
Ontwikkeling volgens Piaget	Braggio e.a. 1979, Doré en Dumas 1987, Manger 2013
Spiegel-zelfherkenning	Gallup 1970, 1983, Suddendorf en Butler 2013
Symbolische taal door mensapen	Gardner en Gardner 1969, Premack 1971, Patterson 1978, Terrace e.a. 1979, Savage-Rumbaugh e.a. 1985, Miles 1993
Correlaties met intelligentie	
Hersengrootte	Jerison 1973, Lefebvre e.a. 1997, 1998, 2002, van Dongen 1998, Emery e.a. 2007, Deaner e.a. 2007, Reader e.a. 2011

Chimpansees en mensen

De verschillen in intelligentie tussen mensen en chimpansees zijn zo groot dat het kwalitatieve verschillen lijken. Maar als we de prestaties van mensen en chimpansees vergelijken, moeten we bedenken dat de prestaties van mensen enorm toegenomen zijn door culturele evolutie. Door taal hebben mensen sinds 400 kya een veel complexere cultuur ontwikkeld dan enige andere diersoort. Door taal, cultuur en opvoeding hebben mensen in enkele tienduizenden jaren een verdere intellectuele voorsprong op alle andere dieren bereikt. In het dagelijks leven zijn chimpansees omringd door natuur, terwijl alle mensenvolken voortdurend leven te midden van cultuurproducten, zoals kleding, voedsel, huisvesting e.d.

Als dieren mensen overtreffen

Naarmate men de vaardigheden van dieren meer onbevooroordeeld onderzoekt, ontdekt men dat allerlei dieren slimmer zijn dan filosofen behalve David Hume voor mogelijk hadden gehouden (de Waal 2016). In het voorgaande zijn voorbeelden genoemd dat dieren mensen overtreffen in bepaald intelligent gedrag.

- Duiven overtreffen mensen in testen of een figuur na rotatie hetzelfde is als een testfiguur. Dat is in overeenstemming met hun leefwijze.
- Vogels en knaagdieren die voedsel hamsteren, hebben een beter ruimtelijk geheugen voor hun hamsterplaatsen dan mensen. Dat is in overeenstemming met hun leefwijze.
- Chimpansees onthouden de positie van cijfers, nadat deze zeer kort getoond zijn, beter dan studenten.

Mensen en andere dieren blinken uit in verschillende intellectuele vaardigheden. Op veel intellectuele vaardigheden overtreffen mensen de andere dieren. Maar het is bizar chauvinisme te denken dat mensen alle dieren in alle intelligenties zouden overtreffen.