

# Taal, kunst en biologie

Jan Koster

## 1. Taal en biologie: de wederopleving van het universalisme

Een van de meest intrigerende wetenschappelijke vragen die men zich kan stellen is of, en zo ja in hoeverre, de producten van onze cultuur kunnen worden bestudeerd in een kader dat uiteindelijk binnen de natuurwetenschappen valt. Meestal wordt deze vraag gereduceerd tot de schijnbaar concretere vraag in hoeverre aspecten van de zogenoemde geesteswetenschappen kunnen worden ingepast in de gangbare of toekomstige neurologie, een vak dat onderdeel is van de biologie en daarom uiteindelijk in het verlengde ligt van schei- en natuurkunde. Ik heb de indruk dat het uitbrengen van dit speciale nummer van *Armada* ingegeven is door een zeker optimisme op dit gebied. Persoonlijk denk ik dat dit optimisme slechts gerechtvaardigd is op kleine deelgebieden van de geesteswetenschappen en zelfs daar zou ik mijn optimisme hooguit als gematigd willen karakteriseren.

Om misverstanden te voorkomen, en omdat mijn standpunt zoals aangekondigd “gematigd” is, wil ik mij echter meteen distantiëren van het traditionele en vooral sinds de negentiende eeuw geïnstitutionaliseerde pessimisme dat geleid heeft tot een nogal rigide scheiding tussen alfa- en beta-faculteiten. Die scheiding is in veel opzichten achterhaald en een miskennis van de kansen die zich inmiddels hebben voorgedaan voor een nadere integratie van benaderingen.

Die scheiding tussen faculteiten is historisch zo gegroeid en heeft een veelheid van oorzaken. Wat ongetwijfeld een rol gespeeld heeft is een zekere neiging tot dualisme in onze cultuur: de opvatting dat de geest en de materie tot twee verschillende metafysische domeinen behoren. Daarnaast is er een groeiend vooroordeel geweest tegen cultureel universalisme, met name nadat het Westen, na de tijdelijke technische voorsprong als gevolg van de wetenschappelijke revolutie, er in een paar eeuwen tijd in slaagde om de hele wereld te koloniseren. Die overheersing van andere volkeren werd ideologisch vergemakkelijkt door racisme en cultureel particularisme, een ontwikkeling die mede gecreëerd werd door het Britse empirisme van Locke en Hume.

Op beslissende wijze werd het anti-universalistische geloof in de eigen uniekheid van culturen verder gevoed door de anti-Franse, anti-modernistische revolutie van de Duitse intellectuelen ten tijde van de Romantiek, vooral onder invloed van Herder (die nog enigszins in universalisme geloofde), de gebroeders Schlegel, Fichte, Schleiermacher en anderen. Dit Romantische anti-universalisme werd gedeeltelijk ook naar de Verenigde Staten geëxporteerd en zou in de eerste helft van de 20<sup>ste</sup> eeuw, via figuren als Boas, Sapir en Whorf, grote invloed hebben op linguïstiek en culturele antropologie (Edgerton 1992, hfst. 2).

Door de gezamenlijke invloed van het Brits/Amerikaans empirisme en de nawerking van de Romantiek, zijn de geesteswetenschappen in de twintigste eeuw overwegend anti-universalistisch geweest en mede daardoor vervreemd geraakt van de

natuurwetenschappen, die al te ver waren voortgeschreden in de richting van *universele* wetten met betrekking tot hun empirisch domein.

Doordat cultuur gedeeltelijk gebruik maakt van arbitraire conventies, denken ook veel natuurwetenschappers dat de natuurwetenschappen verklaringen bieden op terreinen waar universele wetten gelden, terwijl de geesteswetenschappen daarentegen niets anders te doen zou staan dan het leveren van beschrijvingen van het niet-wetmatige en unieke.

Inmiddels heeft het Europese –in wezen racistische-- anti-universalisme van de laatste 200, 300 jaar zijn laatste modieuze uiting gevonden in het postmodernisme en het daarmee verbonden relativisme op cultureel gebied.

Naar mijn mening is het anti-universalisme niet ontstaan door gedegen wetenschappelijk onderzoek op cultureel gebied, maar juist door daarvan af te zien, en wel onder al dan niet bewust ervaren ideologische druk. Als men al bij voorbaat meent te weten dat bijvoorbeeld Bosjesmannen een andere trede op de trap der evolutie innemen dan de leden van het Britse Hogerhuis, dan zal er weinig aandrang bestaan om te zoeken naar de universele wetten van de menselijke natuur. Evenzo waren veel Duitse geleerden in de 19<sup>de</sup> eeuw dusdanig vervuld van het bijzondere en eigene van hun cultuur dat het “Verstehen” van het unieke het zoeken naar universele wetten van de menselijke cultuur geheel naar de achtergrond drong.

Het is eigenlijk pas sinds het midden van de 20<sup>ste</sup> eeuw dat deze situatie –vooral nog in beperkte kring- radicaal veranderd is, met name door de ontwikkelingen in de taalkunde onder invloed van Noam Chomsky. Het is Chomsky's grote verdienste geweest dat hij de gedachte van een universele menselijke natuur nieuw leven heeft ingeblazen. Chomsky gaf niet alleen nieuw leven aan een oud idee, hij wist ook een onderzoekstraditie van de grond te krijgen waarin het zoeken naar universele taalprincipes met succes ter hand genomen werd. In menig geval kon worden aangetoond dat talen lang niet zo veel verschillen als op het eerste gezicht soms lijkt.

De Chomskyaanse revolutie is misschien de grootste omslag geweest in het wetenschappelijk denken over de mens van de laatste 200 jaar en het is dan ook niet te verwonderen dat de reacties heftig waren (en soms zijn tot op de huidige dag).

Omdat het universalistische perspectief inmiddels zo veel opgeleverd heeft is de klok hier niet gemakkelijk meer terug te draaien. De moderne linguïstiek vormt hierdoor de belangrijkste empirisch-wetenschappelijke steun voor het universalisme van de Verlichting (in haar rationalistische variant) en een tegenwicht tegen de postmodernisten en andere nazaten van de Romantische revolutie tegen de rede en de cognitieve eenheid van de menselijke soort.

Verder is in de laatste helft van de twintigste eeuw de linguïstiek een hechte verbintenis aangegaan met de neurobiologie. Sinds de negentiende eeuw was het al bekend dat de menselijke taal universeel verbonden is met bepaalde hersengebieden, met name de gebieden van Broca en Wernicke in de linker hersenhelft. De taalwetenschap heeft niet alleen aannemelijk gemaakt dat de menselijke taal overal dezelfde complexe eigenschappen heeft, maar ook dat de taal door kinderen verworven wordt op min of meer uniforme leeftijd en volgens een min

of meer vaste opeenvolging van stadia. Dat laatste wijst op een genetische basis voor de taalontwikkeling.

Deze in wezen 19<sup>de</sup>-eeuwse erfenis aangaande taal en hersenen is reeds voldoende om aannemelijk te maken dat ook vanuit de invalshoek van de biologie de taal een universeel menselijk verschijnsel is. In het laatste kwart van de 20<sup>ste</sup> eeuw is het beeld nog aanzienlijk verfijnd door de opkomst van “neuro imaging”-technieken: o.a. ERP, PET en MRI.

Bij ERP (Event-Related Potentials) worden naar aanleiding van door proefpersonen uitgevoerde experimentele opdrachten oppervlaktestroompjes aan de schedel gemeten. Dit geeft bij goede tijdsresolutie een grove indicatie waar in de hersenen de grootste elektrische activiteit plaatsvindt bij de genoemde opdrachten.

PET (Positron Emission Tomography) en fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) zijn gebaseerd op de aanname dat bij de uitvoering van experimentele opdrachten de erbij betrokken hersengebieden van de proefpersoon de grootste hoeveelheid bloed gebruiken. Door het bloed nu licht radio-actief te maken (PET) of door de schedel in een sterk magneetveld te plaatsen (fMRI) kan men de “blood flow” in de hersenen zichtbaar maken via computerbewerkingen. Dit heeft tot spectaculaire inkijkjes in de hersenen geleid die zichtbaar gemaakt worden door mooie, computer-gegenereerde kleurenplaatjes.

Ook de wetenschappelijke resultaten mogen er zijn. Met name is komen vast te staan dat ons oude beeld van hoe de taal in de hersenen wordt gerepresenteerd en verwerkt veel te simpel is. De nieuwe technieken hebben het oude idee van lateralisatie bevestigd (d.w.z. de gedachte dat taalverwerking vooral via de linker hersenhelft verloopt, met name in de gebieden van Broca en Wernicke). Daarenboven is gebleken dat een veel groter gedeelte van de hersenen (inclusief delen van de rechter hersenhelft) bij de taal betrokken is (Stowe, Haverkort en Zwarts 2000).

Neuro-imaging heeft ongetwijfeld nog een grote toekomst voor zich en het is bij uitstek een terrein waarbij de grenzen tussen “alfa” en “beta” hun betekenis verliezen, omdat het onderzoek in kwestie gezamenlijk wordt uitgevoerd door o.a. taalkundigen, fysici en hersenspecialisten.

## **2. Over algoritmes en biologie**

Volgens Chomsky geeft de huidige taalkunde een beschrijving van een onderdeel van het brein op een bepaald niveau van abstractie, d.w.z. een beschrijving van de resultaten van de werking van het desbetreffende deel van de hersenen zonder dat men de onderliggende materiële mechanismen precies kent. Dit zou te vergelijken zijn met hoe scheikundigen in de 19<sup>de</sup> eeuw spraken over zaken als “valentie” etc., voordat men wist hoe de scheikunde tot de natuurkunde gereduceerd moest worden. In overeenstemming met deze visie spreekt Chomsky dan niet meer over twee afzonderlijke entiteiten “mind” en “brain”, maar datgene wat we eigenlijk op het oog zouden hebben, een entiteit aangeduid met het neologisme mind/brain.

Ik geloof niet dat ik het helemaal eens ben met Chomsky op dit punt. Immers, ons brein bevindt zich binnen onze schedel, inclusief ons geheugen. Bij de geest (mind) daarentegen, is het niet duidelijk hoe men de grens moet trekken tussen intern en extern geheugen. Net als bij computers is die grens arbitrair en men zou daarom kunnen betogen dat externe geheugens (bijvoorbeeld bibliotheken) deel uitmaken van de menselijke geest maar uiteraard niet van ons brein.

We komen hier dus meteen terecht in een filosofische discussie over het probleem van lichaam en geest (mind-body problem). Het is de vraag of de toenadering tussen linguïstiek en neurowetenschappen veel kan bijdragen aan dit probleem, afgezien van een klein, nader te specificeren gebied.

In de praktijk treft men bij cognitie- en neurowetenschappers meestal een soort impliciet materialisme aan, d.w.z. men gaat er van uit dat het dualisme van lichaam en geest niet houdbaar is en dat alles op het gebied van de geest uiteindelijk begrepen moet worden als voortkomend uit de materiële structuren van de hersenen.

In een diep verleden vond menigeen dit soort materialistisch monisme absurd, vandaar dat bijna alle grote religies gebaseerd zijn op het dualisme van lichaam en geest. Inderdaad staat het intuïtieve, alledaagse, pre-wetenschappelijke begrip van de materie zo ver af van ons geestelijk leven dat het dualisme als het ware wordt gesteund door het gezond verstand. Tot aan de tijd van Newton had het dualisme, zoals bijvoorbeeld te vinden bij Descartes, redelijk goede papieren.

Newton, echter, heeft dat oude, intuïtieve begrip van de materie overboord gegooid door de introductie van ideeën als de zwaartekracht (werking-op-afstand). Door de verdere ontwikkelingen in de fysica, en met name sinds het ontstaan van de kwantummechanica, is het begrip materie alleen nog maar verder van het oorspronkelijk intuïtieve begrip komen af te staan.

Volgens Chomsky is het begrip materie “open and evolving”, waardoor geen coherente formulering van het mind-body-probleem mogelijk is. Ik geloof dat deze conclusie correct is: het valt niet bij voorbaat te zeggen hoeveel aspecten van de menselijke geest binnen het bereik van de toekomstige fysica zullen vallen.

Chomsky betoogt verder dat men in de wetenschappelijke ontwikkeling onderscheid moet maken tussen reductie en unificatie. Volledige reductie, waarbij een wetenschap geheel opgaat in in een andere wetenschap (zoals bijvoorbeeld het interpreteren van de scheikunde als onderdeel van de natuurkunde), schijnt vrijwel nooit voor te komen. Unificatie is veel gebruikelijker. Bij unificatie gaan twee theorieën op in in één nieuwe theorie, en wel zodanig dat *beide* oorspronkelijke theorieën ingrijpend worden aangepast.

Ten aanzien van het mind-body-probleem is Chomsky geen reductionist maar hooguit een unificationist. Blijkens zijn uitspraken over taalbeschrijvingen als beschrijvingen van de materie-op-een-zeker-niveau-van-abstractie, verwacht hij blijkbaar dat theorieën over de materie en de geest (in casu de taal) tot op zekere hoogte zullen convergeren. Door onderscheid te maken tussen *problems* en *mysteries* sluit hij overigens niet uit dat, gegeven de biologische beperkingen van ons

brein, bepaalde vragen eeuwig buiten het bereik van ons wetenschappelijk vermogen zullen vallen.

De meest succesvolle theorieën in de cognitiewetenschappen kunnen gekarakteriseerd worden als computationeel, d.w.z. als theorieën die bepaalde algoritmen definiëren waarvan men uiteindelijk gelooft dat ze gerealiseerd worden door de materiële structuren van onze hersenen. Dit soort theorieën zijn vooral ontwikkeld op het gebied van de visuele perceptie (met name sinds Marr 1982) en op het gebied van de taal (sinds het optreden van Chomsky vanaf de jaren vijftig van de vorige eeuw).

Ondanks het vaak spectaculaire succes van cognitieve theorieën gebaseerd op computationele ideeën, zijn er vooraanstaande filosofen en biologen die zulke theorieën geheel verwerpen.

De filosoof John Searle (1992) bijvoorbeeld is van mening dat computationele theorieën geen essentiële maar een *toevallige* relatie onderhouden met de materie. Een ja/nee-schakeling kan elektronisch of neurologisch gerealiseerd worden en desgewenst zelfs door een raam dat open of gesloten is. De interpretatie is vanuit fysisch oog punt arbitrair en volgens Searle “in the eye of the beholder”. Syntactische structuren kunnen volgens Searle niet op eigen benen staan en vereisen altijd een “semantische” interpretatie.

Als cognitie computationeel (“syntactisch”) zou zijn, zou dat volgens Searle inhouden dat het brein een homunculus bevatte, een klein mannetje dat de arbitraire syntactische structuren alsnog interpreteert. Daarom verwerpt Searle computationele cognitieve theorieën en houdt hij een pleidooi voor het zoeken naar fysieke theorieën waaruit cognitieve verschijnselen noodzakelijk volgen. Als zo’n theorie ontwikkeld zou kunnen worden, zouden we ons geheel kunnen ontdoen van de vermaledijde computationele (“syntactische”) theorieën.

Searle laat zich blijkbaar niet van de wijs brengen door het feit dat er inmiddels zeer diepgaande, en wat mij betreft succesvolle, computationele theorieën bestaan, terwijl het voorgestelde alternatief het wensdenken van Searle vooralsnog niet heeft vermogen te ontstijgen.

Minstens zo kras zijn de uitspraken van de neurobioloog en meervoudig Nobelprijswinnaar Gerald Edelman (1992). Hij citeert Searle met instemming en zegt het volgende over het computationele paradigma in de cognitiewetenschappen (p. 228):

It is one of the most remarkable misunderstandings in the history of science. Indeed, not only is it not in accord with the known facts of human biology and brain science, but it constitutes a major category mistake as well.

Zulke uitspraken maken weinig indruk op beoefenaren van de cognitiewetenschappen, en wel om dezelfde reden als waarom Searle hen niet heeft kunnen vermurwen: er is geen enkel alternatief dat ook maar bij benadering de diepte en het verklarend vermogen bereikt van de computationele theorieën.

Edelmans visie is dogmatisch omdat op geen enkele wijze de reikwijdte van de huidige biologie ter discussie gesteld wordt. Chomsky (1993) heeft daarom zeer terecht opgemerkt dat je net zo goed het omgekeerde kunt beweren: het succes van de cognitiewetenschappen laat zien dat de huidige biologische theorieën over het brein tekortschieten. Hooguit is er sprake van een normaal wetenschappelijk unificatieprobleem: hoe kunnen we een theorie ontwikkelen die zowel recht doet aan wat we weten over de hersenen als aan wat de cognitiewetenschappen ontdekt hebben? Zoals altijd bij unificatie zal zo'n theorie niet alleen tot herziening leiden van de ene component (de cognitietheorie) maar ook tot herziening van de andere (de neurobiologische theorie).

Het homunculus-argument van Searle berust op een aantal misvattingen. Om te beginnen wordt algemeen aangenomen dat het brein modulair is opgebouwd. D.w.z. dat het bestaat uit deelstructuren die elk kunnen verschillen in aard en functie. Het is heel goed mogelijk en zelfs waarschijnlijk dat sommige hersenstructuren als representaties fungeren die vervolgens door andere hersendelen geïnterpreteerd worden. De interpreterende delen treden dan relatief gezien als homunculus op voor de representerende delen.

Alle zintuiglijke informatie, of die nu van het oor komt of het oog, wordt door het zenuwstelsel opgenomen en getransporteerd in de gecodeerde vorm van electro-chemische signalen. Die signalen representeren dus en moeten uiteindelijk omgezet worden in een ervaring. Hoe dat laatste gebeurt weet geen mens, maar het is ongetwijfeld een vorm van interpretatie.

Verder zijn er tal van voorbeelden van automatisering, waarin computers deel uitmaken van een keten van oorzaak en gevolg zonder tussenkomst van een menselijke interpretator. Geautomatiseerde processen verbinden een input selectief met een output op grond van programma-instructies. Vanuit Searle's standpunt zijn dat puur syntactische processen waar geen homunculus of menselijke interpretator aan te pas komt.

Het valt volstrekt niet in te zien waarom zulke processen niet in de organische natuur, zonder menselijke tussenkomst, kunnen voorkomen. Voor zover computationele cognitieve theorieën juist zijn, is het de taak van de biologie om hersenmechanismen te vinden die als realisaties van computationele processen geïnterpreteerd kunnen worden.

De uitdaging waar de biologie wat dat betreft voor staat is duidelijk en het gaat niet aan om, zoals Edelman doet, de onderneming bij voorbaat kansloos te verklaren op grond van onze *huidige*, uiteraard te beperkte biologische kennis.

Eerlijk gezegd vind ik dat Edelman zelfs de huidige stand van zaken in de biologie verkeerd voorstelt. Het soort recursieve algoritmische patronen dat we in de taalstructuur aantreffen is verwant aan de fractalen die Benoit Mandelbrot begin jaren zeventig geïntroduceerd en bestudeerd heeft. Mandelbrot (1977) begreep meteen dat hij een soort wiskunde in handen had waarmee tal van aspecten van de levende natuur gemodelleerd kunnen worden.

Inmiddels zijn voor tal van biologische fenomenen algoritmes voorgesteld, bijvoorbeeld voor de structuur van planten (Prusinkiewicz en Lindenmayer 1990) en, heel mooi en realistisch, voor de vorm van schelpen (Meinhardt 1995). Wereldberoemd zijn de verwante theorieën over biologische complexiteit van Stuart Kauffman en ook daar vinden we geen woord over bij Edelman.

Inmiddels zijn er zelfs zienswijzen ontwikkeld waarin “cellulaire automaten” alom tegenwoordig geacht worden in de natuur (Wolfram 2002). Er staat ons ongetwijfeld nog veel te wachten op dit gebied.

Een geheel andere vraag is of computationele theorieën het gehele, of zelfs het belangrijkste gedeelte van onze cognitieve vermogens kunnen beschrijven. De subjectieve ervaring van het bewustzijn of datgene wat uiteindelijk betekenis aan onze wereld verschaft valt buiten het bereik van computationele theorieën en misschien wel merendeels buiten het bereik van de wetenschap in het algemeen (Chomsky’s “mysteries”).

Behalve het bewustzijn, zijn er nog tal van andere geestelijke vermogens van de mens waar de cognitiewetenschap geen raad mee weet. Penrose (1989) heeft gewezen op redeneervormen zoals die te vinden zijn in de beroemde bewijzen van Kurt Gödel. Jerry Fodor (2000) noemt ons zeer alledaagse vermogen tot “abductie”, d.w.z. de redeneervorm die men ook in de wetenschappen aantreft, waarbij uiteenlopende verschijnselen gezien worden als gevolgen van dezelfde onderliggende oorzaak. Het gaat in al deze gevallen om vormen van probleem-oplossen waarbij op algoritmen gebaseerde computationele theorieën geen licht verschaffen.

Geen enkele andere theorie is trouwens bruikbaar op zulke gebieden en in feite kan men zelfs tegen Searle en Edelman inbrengen dat computationele theorieën de enige succesvolle zijn op cognitief gebied en dat ze vooralsnog dus afbakenen welk deelgebied van ons mentale bestaan we zinvol kunnen modelleren.

### **3. Structuur in taal en kunst**

De door de moderne taalwetenschap voortgebrachte theorieën zijn niet alleen computationeel maar ook universeel. D.w.z. dat ondanks allerlei oppervlakkige verschillen tussen talen ervan wordt uitgegaan dat de structuur van talen uiteindelijk min of meer hetzelfde is. Hooguit is er sprake van kleine variaties op een overigens gemeenschappelijk grondpatroon. Deze benadering is zeer succesvol gebleken en men kan er uit leren dat het onverstandig is om op grond van culturele verscheidenheid meteen te concluderen dat je met de menselijke geest alle kanten uit kunt.

Ook op andere gebieden dan de taal zijn er waarschijnlijk universalia en dat de alfawetenschappen daar meestal niet naarstig naar op zoek zijn heeft meer te maken met de aan het begin van dit artikel geconstateerde ideologische druk dan met de aard van de werkelijkheid. Een belangrijke vraag is daarom of de universalistische en computationele benadering van de taalwetenschap kan worden uitgebreid naar andere gebieden, met name op het gebied van de kunsten.

Mocht dit het geval zijn dan zijn er twee uitkomsten denkbaar. Het zou kunnen zijn dat bepaalde structurele eigenschappen van de taal letterlijk terug te vinden zijn in bijvoorbeeld de muziek of de beeldende kunst. Maar het zou ook zo kunnen zijn dat dergelijke gebieden andere, maar verwante structuurpatronen vertonen. In het laatste geval is er hooguit sprake van wat Wittgenstein noemde een zekere familiegelijkenis.

De meest fundamentele structurele eigenschappen van de syntaxis van de natuurlijke taal zijn hiërarchische ordening en recursie. Met hiërarchische ordening wordt bedoeld dat we geen losse woorden aan elkaar rijgen maar *groepen van woorden*. Neem de volgende zin:

- (1) a. Piet *slaapt*  
b. De ouders van Piet *slapen*

Het werkwoord *slapen* vertoont de vorm van het enkelvoud in (1a) en die van het meervoud in (1b). We zeggen in zulke gevallen dat het werkwoord overeenkomt met het onderwerp in persoon en getal (congruentie).

Welnu, die congruentie maakt gebruik van een allesbehalve triviale eigenschap van de syntaxis, namelijk de opbouw van onze zinnen in groepen. Men kan zich heel goed een taal indenken waarin het werkwoord congrueert met het onmiddellijk voorafgaande woord. In zo'n taal zou het werkwoord in zowel (1a) als (1b) overeenkomen met *Piet*:

- (2) a. [Piet] *slaapt*  
b. De ouders van [Piet] *slaapt*

Dit zou een supereenvoudige regel zijn ("breng het getal van het werkwoord in overeenstemming met het getal van een onmiddellijk voorafgaande naam"). Zo'n regel komt echter in geen enkele taal voor. In natuurlijke talen congrueert het werkwoord met grotere groepen, in dit geval *de ouders van Piet* (aangegeven door de haken):

- (3) [De ouders van Piet] *slapen*

In alle talen ter wereld bouwt men de zinnen op in zulke groepen. Voor ons is dit zo vanzelfsprekend dat het bijna triviaal lijkt, maar in werkelijkheid gaat het om een hoogst opmerkelijk kenmerk van de menselijke geest. Wij maken zulke groepen onbewust, automatisch en zonder enige moeite. Maar als we hetzelfde kunstje door een computer willen laten verrichten zien we pas wat een enorme hoeveelheid impliciete kennis gemoeid is met het verdelen van een zin in de juiste groepen.

Minstens zo opmerkelijk is dat onze naaste verwanten, de chimpansees, absoluut niet in staat gebleken zijn om een reeks woorden systematisch in groepen te verdelen, laat staan op de manier waarop wij dat doen.

Zo bouwen wij onze zinnen niet alleen op in groepen, wij kunnen die groepen ook nog eens eindeloos uitbreiden door de recursieve eigenschap van onze grammatica. Recursie houdt in dat men een woordgroep onderdeel kan maken van een



woordgroep van hetzelfde type. Toegepast op de woordgroep *de ouders van Piet* levert dat o.a. de volgende resultaten op:

- (4)
- a. de ouders van Piet
  - b. de vriend van de ouders van Piet
  - c. de vrouw van de vriend van de ouders van Piet
  - d. de moeder van de vrouw van de vriend van de ouders van Piet
  - e. etc.

Recursie geeft aan onze taal een oneindige dimensie die niet op deze wijze elders in het dierenrijk voorkomt. Er bestaan andere communicatiesystemen met oneindige dimensies, zoals bijvoorbeeld de taal der bijen. Maar daarbij gaat het altijd om continue systemen, d.w.z. er is een traploze overgang tussen de diverse boodschappen. De grammatica die onze hersenen beschikbaar stellen bezit echter de unieke eigenschap dat discrete eenheden (spraakklanken, woorddelen, woorden, woordgroepen en zinnen) gegroepeerd kunnen worden tot een oneindig aantal boodschappen.

Omdat alle andere mensapen dit vermogen om discrete elementen tot een oneindig aantal uitdrukkingen te combineren geheel missen, is er sprake van een interessante uitdaging voor de evolutiebiologie. Het is nog maar 5 of 6 miljoen jaar geleden dat de mens en de chimpansee een gemeenschappelijke voorouder hadden. Bovendien is het DNA van mens en chimpansee volgens de meeste schattingen voor minstens 98,5% hetzelfde. Er moet dus in betrekkelijk korte tijd een kleine genetische verandering plaatsgevonden hebben die ons een brein verschaft heeft met het vermogen tot discrete oneindigheid. De gevolgen zijn enorm geweest want ondanks de grote overeenkomsten, hebben wij een totaal andere bestaansvorm dan de chimpansee.

In hoeverre kan men nu hiërarchisering en recursie terugvinden in de kunst? Hiërarchische organisatie van discrete elementen is alom tegenwoordig in onze cultuur, ook buiten de taal. We zijn bijvoorbeeld vrijwel niet in staat om een enigszins lang telefoonnummer als een geheel te onthouden. Het nummer van ons instituut bijvoorbeeld wordt niet onthouden als (5a) maar als (5b):

- (5)
- a. 31503635974
  - b. 31 50 363 5974

We verdelen het telefoonnummer in kleinere groepjes, waardoor een hiërarchische structuur ontstaat (aangegeven door de haken):

- (6)            [[31] [50] [363] [5974]]

Maar ook in vrijwel elke kunstvorm wordt een hiërarchische organisatie van gehelen met hun delen aangebracht. De meeste muziekstukken in onze traditie bestaan uit delen met verschillende tempi. Die delen vallen uiteen in thematische secties. Daarin kan men muzikale zinnen aanbrengen, die op hun beurt weer uit deelzinnen en frasen bestaan, die opgebouwd zijn uit motieven.

Een gedicht kan bestaan uit strofen. Die strofen kunnen (als bij een sonnet) uiteenvallen in groepen met een verschillend aantal regels, die op hun beurt bestaan uit groepjes regels met hetzelfde rijm.

Het hiërarchische ordeningsbeginsel is zo algemeen in de kunst (en in vrijwel alles dat ons brein pleegt te ordenen) dat geven van voorbeelden al snel saai en triviaal wordt. Ik houd er dus mee op, maar niet dan nadat ik geconstateerd heb dat we niettemin te maken hebben met een biologisch verankerd kenmerk van ons brein.

Bij recursie wordt het al een stuk lastiger om voorbeelden te vinden buiten de taal. Allereerst zijn uiteraard de natuurlijke getallen (1, 2, 3, etc.) recursief gedefinieerd:

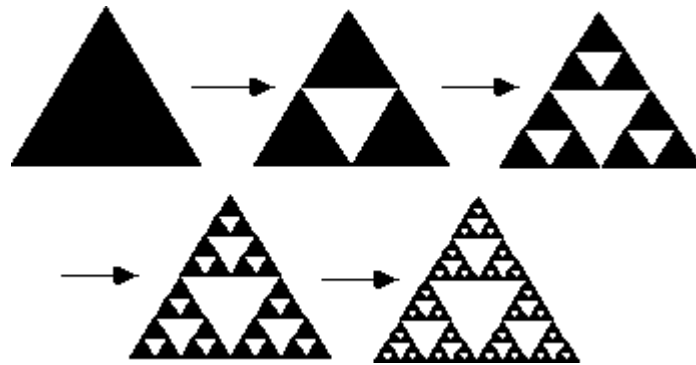
- (7) a.  $1 = [1]$   
b.  $2 = [[1] + 1]$   
c.  $3 = [[[1] + 1] + 1]$   
d. etc.

Ook dit weerspiegelt een uniek menselijk vermogen, ongetwijfeld verwant aan de recursie die we in de taal aantreffen. David Premack (1986) heeft vastgesteld dat chimpansees niet kunnen leren tellen, net zo min als zij in staat gebleken zijn om taaluitingen recursief uit te breiden.

Incidenteel kan men ook voorbeelden van recursie aanwijzen in de kunst. In recent werk hebben Gilbers en Schreuder bijvoorbeeld laten zien dat recursie voorkomt in de muziek. Ook in de architectuur is het niet al te moeilijk om voorbeelden aan te wijzen. Gotische kathedralen bevatten bijvoorbeeld vaak bogen die bogen bevatten van hetzelfde type. Zulke voorbeelden zijn allerm minst beperkt tot de Europese kunst. Ron Eglash (1999) geeft diverse voorbeelden uit andere culturen, met name uit de Afrikaanse kunst en architectuur. Kortom, het gaat om universele menselijke patronen.

De allermooiste voorbeelden van recursie treft men echter aan in de decoratiekunst. Eerder had ik het over de fractalen van Mandelbrot. Fractalen zijn structuren die deelstructuren bevatten die (min of meer) dezelfde vorm hebben als het geheel ("self-similarity"). Dat is precies wat we in de natuurlijke taal aantreffen, namelijk door het feit dat zinsdelen zinsdelen kunnen bevatten van hetzelfde type (zie (4) hierboven).

Die fractalen van Mandelbrot kwamen niet geheel uit de lucht vallen. Reeds aan het begin van de vorige eeuw had de Poolse mathematicus Waclaw Sierpinski (1882-1969) een bepaald fractaal patroon voorgesteld dat sterk verwant is aan het soort recursie dat men in de natuurlijke taal aantreft. In de driehoeken van Sierpinski verdeelt men steeds een gelijkzijdige driehoek in kleinere driehoeken door de middens van de zijden te verbinden:



Net als in de natuurlijke taal kan men de genoemde stap telkens herhalen, zodat een oneindig aantal structuren gegenereerd wordt waarbij de onderdelen dezelfde vorm hebben als de structuren die ze bevatten.

Mandelbrot zelf had al geconstateerd dat het Sierpinski-patroon soms voorkomt in Middeleeuwse kerken in Italië. Onlangs heb ik bij toeval zo'n patroon (met 3 iteraties) kunnen fotograferen in de beroemde San Clemente-basiliek in Rome, vlakbij het Colosseum:



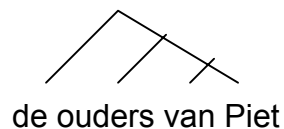
Dit vloerpatroon stamt waarschijnlijk uit het begin van de 12<sup>de</sup> eeuw. Het gaat om een zogenaamde Cosmati-vloer, genoemd naar de geniale kunstenaars uit de Cosmati-familie, die tussen 1100 en 1400 vloeren aangelegd hebben in Italiaanse kerken, vooral in Rome. Ze waren zo beroemd dat ze ook een stukje vloer in het buitenland mochten aanleggen, en wel in de Westminster Abbey in Londen (Pajares-Ayuela 2002).

De Cosmati-kunstenaars waren geïnspireerd door Griekse en Byzantijnse, en wellicht ook door Islamitische voorbeelden. Het idee van een driehoek die onderverdeeld is in andere driehoeken kan men voorts aantreffen in Plato's dialoog de *Timaeus*, wat een belangrijke bron van inzicht en wijsheid was voor architecten en andere kunstenaars in de Middeleeuwen.

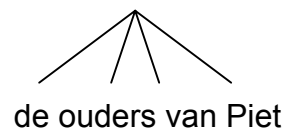
Al dit soort gevallen van structuur dragen het stempel van de menselijke geest. Als we de patronen in kwestie met die van de taal vergelijken dan zien we vaak niet meer dan een soort familiegelijkenis, hoewel de verwantschap tussen de Sierpinski-driehoeken en dat wat we in de natuurlijke taal aantreffen zonder meer suggestief is.

In andere gevallen is de overeenkomst kleiner. Neem de hiërarchische organisatie die onze mentale grammatica aan zinnen oplegt. Het begrip "hiërarchische organisatie" is nogal algemeen en weinig specifiek zoals we gezien hebben. Het soort hiërarchische organisatie dat we aantreffen in de woordgroepenstructuur van de natuurlijke taal is uitermate specifiek en niet zonder meer in cultuuruitingen buiten de taal te vinden. Woordgroepen zijn zo opgebouwd dat telkens precies twee elementen gegroepeerd worden. Dus volgens de huidige taalkundige theorie heeft een woordgroep als *de ouders van Piet* een hiërarchische structuur als in (8a) en niet als in (8b):

(8) a.



b.



Zoals in (8) kan men de hiërarchische structuur van een woordgroep uitbeelden door middel van een boomdiagram. In de natuurlijke taal komen alleen *binair vertakkende* bomen voor (als 8a) en geen vertakkingen in vieren, als in (8b). Niet alleen worden in de natuurlijke taal telkens precies twee elementen samengevoegd (als in 8a), bovendien is het zo dat het tweede element altijd op de een of andere manier afhankelijk is van het eerste. *Piet*, bijvoorbeeld, in het groepje *van Piet* is afhankelijk van het voorzetsel *van*. Soms kun je dat meteen zien aan de naamval: we zeggen *van hem* en niet *van hij*.

Natuurlijk zijn er op het eerste gezicht tal van afwijking van het hier genoemde patroon (binair vertakken met een asymmetrie ten gunste van het eerste element). Maar het leuke is dat taalkundigen vaak kunnen aantonen dat het onderliggende patroon regelmatig is maar dat er iets verplaatst is waardoor het onderliggende patroon schijnbaar verstoord is. Zo kan men het groepje *van Piet* los maken uit de oorspronkelijk groep en elders plaatsen in de zin:

(9) *Van Piet* heb ik *de ouders* gezien

Dit soort verplaatsingen is zeer kenmerkend voor de natuurlijke taal. Verplaatsingen benemen de oppervlakkige taalbeschouwer vaak het zicht op de onderliggende regelmaat en universele uniformiteit van de onderliggende syntactische patronen.

Zo kan ik nog een tijdje doorgaan, maar wat ik naar aanleiding van deze voorbeelden wil laten zien is dat begrippen als “hiërarchische organisatie van discrete elementen” weliswaar iets essentieels en algemeen uitdrukken omtrent de menselijke geest maar dat zodra we te maken hebben met een concreet domein, zoals de natuurlijke taal, we een uitwerking zien die zo specifiek is dat er misschien geen directe parallellen te vinden zijn op andere gebieden.

Als dit het geval is, dan is er, zoals gezegd, eerder sprake van een zekere familiegelekenis in de constructies van onze geest dan van strikte overeenkomst in de structuurelementen van de diverse domeinen.

Ook in de kunsten treft men kenmerkende elementen aan die in de natuurlijke taal van minder belang zijn. Zo is het fascinerend om te zien dat de decoratiekunst van alle tijden en culturen vergelijkbare elementen laat zien. Veel vaker dan de reeds besproken recursieve patronen, maken decoraties in ruime mate gebruik van symmetriepatronen, met name van translatiesymmetrie (herhaling langs een lineaire as), spiegelsymmetrie, of een combinatie van deze elementen:

(10) a. translatiesymmetrie:



b. spiegelsymmetrie:



c. translatie- plus spiegelsymmetrie :



Herhaling is een belangrijk element in vrijwel alle kunsten. Men denke aan het ritme in de muziek alsmede de herhalingen van motieven, frasen en gehele gedeeltes. Ook in de dichtkunst speelt herhaling van regels, motieven en andere elementen een grote rol. De opeenvolgende herhaling van versvoeten, zoals jamben, kan men zelfs zien als een vorm van translatiesymmetrie:

(11)     -   !   -   !   -   !   -   !   -   !

Anders dan in de decoratiekunst echter is spiegelsymmetrie in de muziek wel mogelijk maar nogal marginaal en kunstmatig. Men kan denken aan de bewerking van fugathema's in “kreeftengang”, iets dat ook in de dichtkunst wel beproefd is, met name in de kunstmatige genres beoefend door de Rederijkers.

In de syntaxis van de natuurlijke taal neemt herhaling de vorm aan van recursie en niet die van translatiesymmetrie. Spiegelsymmetrie speelt wel een duidelijke rol in de grammatica, maar in een zeer nauw omschreven gebied. Over het algemeen is het zo dat als een lexicale categorie (zoals een werkwoord) complementen en bepalingen aan beide zijden kan hebben de volgorde rechts het spiegelbeeld vormt van de volgorde links:

- (12) a. Hij heeft *tijdens de pauze* **aan zijn moeder** **gedacht**  
b. Hij heeft **gedacht** **aan zijn moeder** *tijdens de pauze*

Het werkwoord *gedacht* vormt hier als het ware het spiegelcentrum (cf. Koster 1974), terwijl de meest natuurlijke volgorde van *tijdens de pauze* en **aan zijn moeder** links het spiegelbeeld vormt van de volgorde rechts.

Al met al zijn er op tal van gebieden verwante verschijnselen te observeren die als het ware een vingerafdruk geven van de werking van onze hersenen. Ik denk hierbij met name aan wiskundig beschrijfbaar elementen als hiërarchische ordening van discrete elementen, herhaling (bijvoorbeeld als recursie of als translatiesymmetrie) en spiegelsymmetrie.

#### 4. Conclusie

Wat zijn nu de concrete vooruitzichten voor een verdere integratie van natuur- en cultuurwetenschappen? Als we het gehele gebied van de cultuur overzien dan zijn er m.i. slechts kleine deelgebieden die op termijn voor unificatie met de natuurwetenschappen in aanmerking komen. Ik denk dan met name aan de computationeel modelleerbare onderdelen van de taalkunde. Dat is op zichzelf een enorm gebied, maar het is goed om te bedenken dat het desondanks maar om een fractie van de taal gaat. Als Plato of Porphyrius de 21<sup>ste</sup> eeuw even mochten aandoen dan zouden ze weinig van het nu gangbare syntactische of fonologische onderzoek herkennen. Op het gebied van de woordbetekenis zouden ze daarentegen nog heel aardig mee kunnen komen.

Verder is het nog maar de vraag of de unificatie van computationele theorieën en natuurwetenschappen reeds aan de horizon opdoemt. Zoals we gezien hebben, zijn er zelfs neurobiologen (zoals Edelman) die helemaal niets in computationele theorieën zien. Dat soort algehele scepsis slaat echter ook niet aan omdat de computationele theorieën succesvol zijn en interessante alternatieven in geen velden of wegen te bekennen zijn.

Een interessante vraag die hierboven gesteld werd is in hoeverre aan de taalkunde verwante benaderingen mogelijk zijn op andere cultuurgebieden. Met name op het gebied van de muziektheorie zijn enige veelbelovende ontwikkelingen aan de gang. Zo wordt het pionierswerk van Lerdahl en Jackendoff (1983) op diverse manieren voortgezet (zie Gilbers en Schreuder in dit nummer).

Ook op het gebied van de decoratiekunst kan met enig succes naar universalia gezocht worden, zoals blijkt uit het interessante werk van Hardonk (1999). Ik denk dat zulke gebieden met vrucht kunnen worden opgenomen in wat Marcia Ascher (1998) "ethnomathematics" noemt.

Wat opvalt in vrijwel alle cultuurstudies met universalistische oriëntatie is dat ze vooral betrekking hebben op als wiskundige regelmatigheden beschrijfbaar uitingen van de menselijke geest. Dat geldt voor het tellen en de "naïeve" wiskunde, voor de syntaxis van de natuurlijke taal, voor de decoratiekunst, voor de muziektheorie, en voor tal van andere terreinen.

Dit schept een tweede uitdaging voor de biologie. De eerste uitdaging is hoe men computationele theorieën in de biologie kan inpassen. De tweede uitdaging is te verklaren hoe onze hersenstructuren in zulk een rijke mate voorzien in patronen met wiskundige eigenschappen als recursie en symmetrie.

Het voorkomen van patronen met wiskundige regelmaat in de natuur staat op enigszins gespannen voet met het darwinisme. Immers, wiskundige figuren zijn "essentialistisch": iets is wel of niet een driehoek of een cirkel, en wel volgens een definitie die noodzakelijke en voldoende voorwaarden verschaft. Het darwinisme is vooral een theorie van de zeer geleidelijk overgangen (gradualisme) en als zodanig anti-essentialistisch.

Het gaat wat mij betreft niet om de vraag of evolutie door natuurlijke selectie wel of niet bestaat. Zelfs als natuurlijke selectie de enige motor achter de evolutie zou zijn, dan zou er weinig mee verklaard zijn aangaande de rijke vormen die organismen kunnen aannemen. Selectietheorieën zijn alleen verklarend als ze op de een of andere manier de keuzeruimte inperken. In de levende natuur wordt de keuzeruimte uiteindelijk bepaald door de fysica. Het is de fysica die de nauwe voorwaarden definieert waarin natuurlijke selectie kan plaatsvinden.

Bij het bestuderen van de evolutie kan men daarom het accent leggen op de natuurlijke selectie of op het smalle pad dat door de wetten van de fysica wordt uitgezet. Met name als het gaat om het verklaren van wiskundige regelmatigheden in de natuur is men beter uit bij de fysica dan bij Darwin. De natuur –ook de organische– is vol wiskundige regelmatigheden: kristallen, zeshoekige honingraten, fibonacci-reeksen bij bloemblaadjes en de spiralen van zonnebloemen, de spiraal van de Nautilus-schelp, de rijke symmetrieën in de vorm van virussen, de fractale structuur van boombladeren, enz.

Door het werk van onderzoekers als Stuart Kauffman en Stephen Wolfram is deze kant van de natuur –laten we zeggen haar minder darwinistische kant– recentelijk veel meer in de belangstelling komen te staan.

Als we nu naar de structuur van de grammatica kijken, maar ook naar universele uitingen van onze geest op andere gebieden, dan sluiten die wat de vormen betreft beter aan bij deze wiskundige/fysische benaderingen van de natuur dan bij het darwinisme.

Zoals we gezien hebben is het waarschijnlijk dat de mensapen en wij in zeer korte tijd (hooguit een paar miljoen jaar) uiteengegaan zijn op grond van een slechts geringe genetische verandering. Recentelijk is zelfs gemeld dat de natuurlijke taal mogelijk geworden is door een kleine genetische verandering van minder dan 200.000 jaar geleden, toen de wegen van *homo erectus* en *homo sapiens* zich scheidde. Die kleine verandering heeft ons een heel ander brein en een heel andere levensvorm opgeleverd, mede op grond van het besproken vermogen om met discrete oneindigheden om te gaan (zoals in het tellen en in onze recursieve grammatica).

De snelheid en het dramatische karakter van deze evolutie zijn moeilijk verenigbaar met het gradualisme van Darwin. De kern van de verandering, het ontstaan van het gedeeltelijk als wiskundige vorm definieerbare taalvermogen, is moeilijk te verenigen met het anti-essentialisme van Darwin.

De mens is daarom een levend tegenvoorbeeld, niet zo zeer tegen het idee van evolutie door natuurlijke selectie, als wel tegen Darwins idee dat de evolutie langzaam, geleidelijk en zonder dramatische, revolutionaire stappen verloopt.

## Verder lezen

Edgerton (1992) bevat een zeer interessant hoofdstuk (ch. 2) over de teloorgang van het universalisme en het ontstaan van relativisme in de Amerikaanse culturele antropologie. Zie ook Brown (1991) voor culturele universalia buiten de taal. Stowe, Haverkort en Zwarts (2000) is zeer informatief over de huidige stand van zaken op het gebied van taal en neuro-imaging. Chomsky (1993) is een leesbare tekst over het probleem van lichaam en geest en de vooruitzichten voor de unificatie van taalkunde en (neuro)biologie. Behalve de in de tekst genoemde literatuur is het de moeite waard om Jenkins (2000) te lezen als algemeen en up-to-date boek over de verhouding tussen taalkunde en biologie. Stewart (1998) is een goede, populaire inleiding tot de nieuwere wiskundige ideeën in de biologie.

## Bibliografie

- Ascher, M., *Ethnomathematics: a multicultural view of mathematical ideas*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton etc., 1998.
- Brown, D., *Human Universals*. McGraw-Hill, New York, etc., 1991.
- Chomsky, N., *Language and thought*. Moyer Bell, Wakefield, 1993.
- Edelman, G., *Bright air, brilliant fire: on the matter of the mind*. Allen Lane, The Pinguin Press, London, 1992.
- Edgerton, R., *Sick societies: challenging the myth of primitive harmony*. The Free Press, New York, 1992.
- Eglash, R., *African fractals: modern computing and indigenous design*. Rutgers University Press, New Brunswick, 1977.
- Fodor, J., *The mind doesn't work that way: the scope and limits of computational psychology*. MIT Press, Cambridge, Mass., 2000.



- Gilbers, D. en M. Schreuder, Taal en muziek: ritme. In: dit nummer van *Armada*.
- Hardonk, M., Cross-cultural universals of aesthetic appreciation in decorative band patterns. Nijmegen Institute for Cognition and Information, Nijmegen, 1999.
- Jenkins, L., *Biolinguistics: exploring the biology of language*. MIT Press, Cambridge, Mass., 2000.
- Kauffman, S., *The origins of order*. Oxford University Press, Oxford, 1993.
- Kauffman, S., *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. Oxford University Press, New York, etc., 1995.
- Koster, J., Het werkwoord als spiegelcentrum. *Spektator* 3 (1974), 601-618.
- Lerdahl, F. en R. Jackendoff, *A generative theory of tonal music*. MIT Press, Cambridge, Mass., 1983.
- Mandelbrot, B., *The fractal geometry of nature*. Freeman, New York, 1977.
- Marr, D., *Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information*. Freeman, San Francisco, 1982.
- Meinhardt, M., *The algorithmic beauty of sea shells*. Springer, Berlin, etc., 1995 (uitgebreide editie: 1998).
- Pajares-Ayuela, P., *Cosmatesque ornament: flat polychrome geometric patterns in architecture*. Norton, New York, 2002.
- Penrose, R., *The emperor's new mind*. Oxford University Press, Oxford, 1989.
- Premack, D., *Gavagai! The future history of the animal language controversy*. MIT Press, Cambridge, Mass., 1986.
- Prusinkiewicz, P. en A. Lindenmayer, *The algorithmic beauty of plants*. Springer-Verlag, New York, 1990.
- Searle, J., *The rediscovery of the mind*. MIT Press, Cambridge, Mass., 1992.
- Stewart, I., *Life's other secret: the new mathematics of the living world*. John Wiley & Sons, New York, etc., 1998.
- Stowe, L.A., M. Haverkort, M. en F. Zwarts, *Rethinking the neurological basis of language*. Manuscript, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, 2000.
- Wofram, S., *A new kind of science*. Wolfram Media, Champaign, IL, 2002.

Groningen, 16 augustus 2002  
 koster@let.rug.nl