

Hoofdstukken uit de psychologie

Willem J.M. Levelt*

De psychologie heeft vanouds belangrijke kerngebieden overgelaten aan andere wetenschappen, en daarin zit systeem. Wilhelm Wundt maakte een onderscheid tussen de experimentele psychologie, die zich met (elementaire) psychische processen bezighoudt en de Völkerpsychologie, die zich met de produkten van de menselijke geest bezighoudt, zoals taal, muziek, rite. De studie

van die produkten is grotendeels bij andere wetenschappen terechtgekomen. Dat wordt nader toegelicht aan taalkunde en (micro-)economie. Recente ontwikkelingen in de cognitiewetenschap gaan echter in een andere richting, namelijk naar geïntegreerd interdisciplinair onderzoek van produkt, proces en de implementatie daarvan in de menselijke hersenen.

Een interview met professor Wilhelm Wundt (1832-1920)¹

Sehr geehrter Herr Professor Wundt, wat is uw mening over de plaats van de psychologie tussen de geesteswetenschappen?

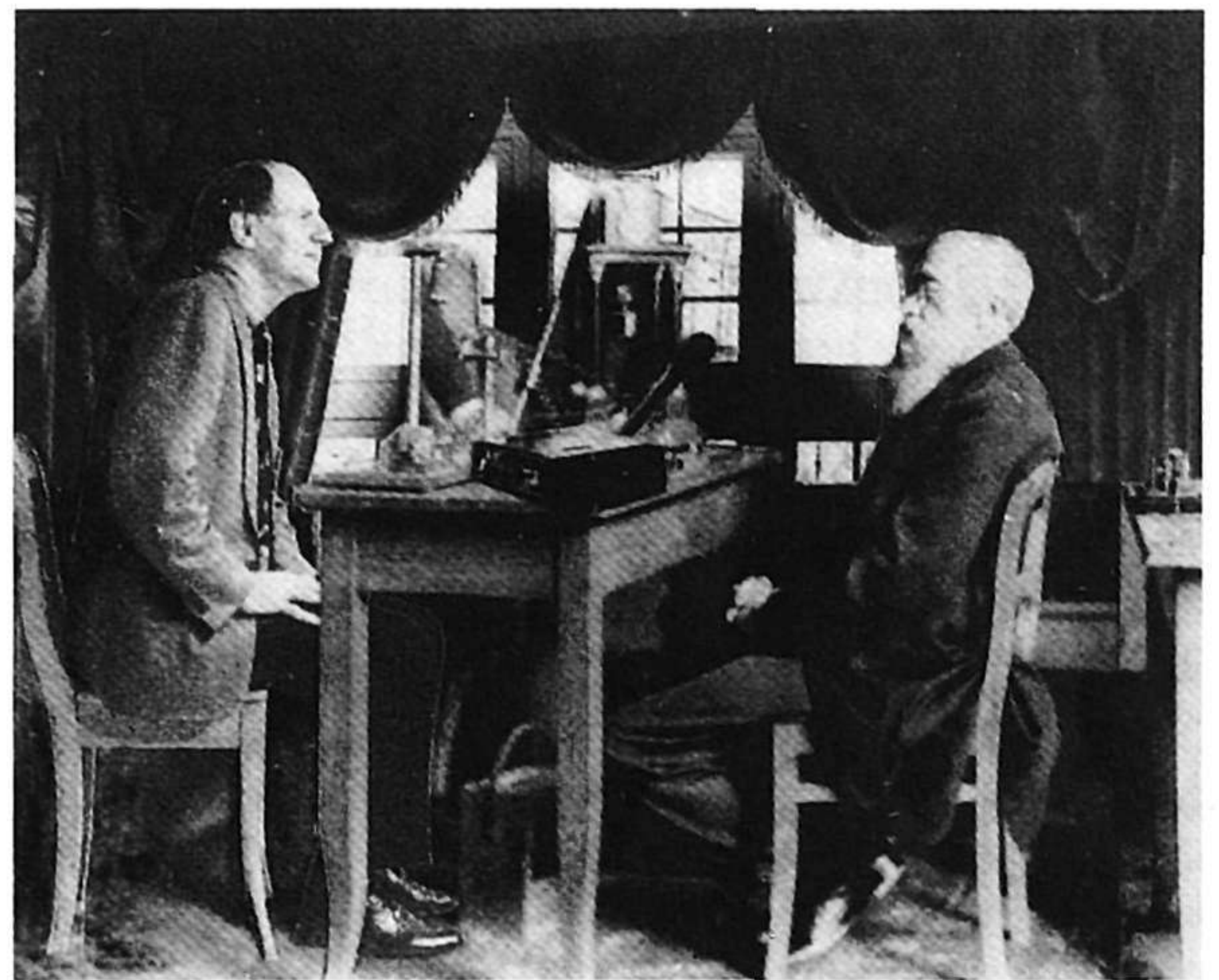
Als wetenschap van de universele vormen der onmiddellijke ervaring is zij de grondslag van de geesteswetenschappen. Psychologie is tegelijk de meest algemene geesteswetenschap en de grondslag van alle afzonderlijke, zoals van de filologie, de geschiedkunde, de staathuishoudkunde, de rechtswetenschap, enzovoort.^a

* Max-Planck-Instituut voor Psycholinguïstiek, Wundtlaan 1, 6525 XD Nijmegen.

Dit hoofdstuk is een voor dit tijdschrift bewerkte Nederlandse versie van 'Chapters of psychology', dat zal verschijnen in R.L. Solso & D.W. Massaro (red.), *The science of mind: 2001 and beyond*, Oxford University Press.

1. Wundts antwoorden zijn vrije, maar inhoudsgetrouwe vertalingen van de volgende Duitse teksten:

a. Als Wissenschaft von den allgemeingültigen Formen unmittelbarer Erfahrung ... ist sie die Grundlage der Geisteswissenschaften ... Psychologie ... ist [sie] selbst die allgemeinste Geisteswissenschaft und zugleich die Grundlage aller einzelnen, wie der Philologie, Geschichte, Nationalökonomie, Rechtswissenschaft usw. (Wundt, 1914, p. 18).



Figuur 1. De auteur (links) in gesprek met Wilhelm Wundt (rechts).

Zijn deze speciale wetenschappen van de geest dan eigenlijk 'hoofdstukken uit de psychologie', net als de ontwikkelingspsychologie of de functieleer?

De psychologische analyse van de meest algemene voortbrengselen van de geest, zoals van de taal, de mythologische voorstellingen, de morele normen, behoort

tot de psychologie, enerzijds als een noodzakelijke uitbreiding van haar gebied over de verschijnselen van het gemeenschappelijke geestesleven, en anderzijds als een hulpmiddel om complexe psychische processen überhaupt te begrijpen.^b

Maar is het realistisch te verwachten dat antropologen (die u 'Völkerpsychologen' noemt), taalkundigen of geschiedkundigen die deze produkten van de menselijke geest onderzoeken, zichzelf ooit als psychologen zullen beschouwen?

Het zou kunnen lijken dat ook de psychologie het beste zou zijn gediend, wanneer degene die zich waagt aan die antropologische problemen de hoedanigheden van taalkundige of geschiedkundige in zich zou verenigen met die van de psycholoog. Om twee redenen geloof ik echter dat deze wens, althans voorlopig, weinig kans heeft vervuld te worden. Ten eerste kun je bij de tegenwoordige verdeling van de wetenschappen moeilijk verwachten dat de taalkundige of historicus de zaak kan aanpakken op een manier die voldoet aan de huidige eisen van de wetenschap der psychologie. En misschien kun je hem dat ook moeilijk kwalijk nemen omdat de doelstellingen, en daarmee onvermijdelijk verbonden de uitgangspunten waarmee hij de problemen tegemoet treedt, wezenlijk anders zijn.^c Niettemin zal de antropologie een onderdeel van de psychologie blijven.^d

U wordt de vader genoemd van de experimentele psychologie. Kunnen deze andere hoofdstukken uit de psychologie experimenteel van aard zijn?

b. daß ... die psychologische Analyse der allgemeinsten geistigen Erzeugnisse, wie der Sprache, der mythologischen Vorstellungen, der Normen der Sitte, der Psychologie teils als eine notwendige Ausdehnung ihres Gebiets auf die Vorgänge des gemeinsamen seelischen Lebens, teils als ein Hilfsmittel für das Verständnis der verwickelteren psychischen Vorgänge überhaupt zufällt (Wundt, 1914, p. 10).

c. Nun könnte es scheinen, als wenn auch der Psychologie dann am besten gedient wäre, wenn derjenige, der sich an die völkerpsychologischen Probleme heranwagt, die Eigenschaften des Philologen und des Historikers mit denen des Psychologen verbände. Aus zwei Gründen glaube ich jedoch, daß dieser Wunsch, vorläufig wenigstens, kaum Aussicht hat, verwirklicht zu werden. Erstens wird man bei der gegenwärtigen Teilung der wissenschaftlichen Arbeit schwerlich erwarten dürfen, daß der Philologe oder Historiker die Sache in einer den heutigen Forderungen der psychologischen Wissenschaft genügenden Weise in Angriff nehmen werde; und vielleicht wird man ihm dies nicht einmal verdenken können, da die Aufgaben und, was damit unvermeidlich verbunden ist, die Gesichtspunkte, mit denen er an die Probleme herantritt, wesentlich abweichend sind (Wundt, 1904, p. v).

d. Gleichwohl wird die Völkerpsychologie als solche ein Teil der Psychologie bleiben (Wundt, 1904, p. vi).

Net als de natuurwetenschappen beschikt de psychologie over twee exacte methoden: de eerste, de experimentele methode, dient de analyse van de meer eenvoudige psychische processen; de tweede, de observatie van universele voortbrengselen van de geest, dient het onderzoek van de hogere psychische processen en ontwikkelingen.^e

Waar ziet u dan de grenzen van de experimentele methode?

Zij vindt haar grenzen pas daar, waar door het samenleven van mensen mentale verschijnselen en produkten van eigen aard ontstaan die, zoals de taal, de mythologische voorstellingen, de zeden, niet toegankelijk zijn voor experimentele manipulatie.^f Deze voortbrengselen van de geest zijn objecten van observatie.^g

Wat is, ten slotte, uw opvatting over de relatie tussen lichaam en geest?

Die relatie kan niet anders worden gezien dan als een *parallel lopen* van twee met elkaar verbonden causale ketens, die echter nooit direct in elkaar grijpen omdat hun schakels onvergelykbaar zijn. Ik heb dit principe al eens aangeduid met *psychofysisch parallelisme*.^h Zo zullen bijvoorbeeld de elementen van een ruimtelijke of temporele voorstelling ook in hun fysiologische substraten in een regelmatige relatie van coëxistentie of van opeenvolging staan.ⁱ

Dank u, professor Wundt, voor deze verhelderende opmerkingen.

e. Demnach verfügt die Psychologie, ähnlich der Naturwissenschaft, über zwei exakte Methoden: die erste, die experimentelle Methode, dient der Analyse der einfacheren psychischen Vorgänge; die zweite, die Beobachtung der allgemeingültigen Geisteserzeugnisse, dient der Untersuchung der höheren psychischen Vorgänge und Entwicklungen (Wundt, 1914, p. 30).

f. Grenzen sind ihr erst da gesetzt, wo durch das Zusammenleben der Menschen geistige Vorgänge und Erzeugnisse eigener Art entstehen, die, wie die Sprache, die mythologischen Vorstellungen, die Sitten, der experimentellen Einwirkung unzugänglich sind (Wundt, 1919, p. 11).

g. ... daß in diesem Fall geistige Erzeugnisse die Objekte der Beobachtung sind (Wundt, 1914, p. 29).

h. Eine solche Beziehung kann nicht anders denn als ein *Parallelgehen* zweier miteinander verbundener, aber vermöge der Unvergleichbarkeit ihrer Glieder niemals direkt ineinander eingreifender Kausalreihen angesehen werden. Ich habe dieses Prinzip ... bereits als das des *psychophysischen Parallelismus* bezeichnet (Wundt, 1919, p. 550).

i. So werden z.B. die Elemente, die eine räumliche oder zeitliche Vorstellung konstituieren, auch in ihren physiologischen Substraten in einem regelmäßigen Verhältnis der Koexistenz oder Sukzession stehen (Wundt, 1914, p. 396).

Van Wundt naar Marr

Waar staan we nu, ongeveer een eeuw later? In deze paragraaf zal ik beweren dat, ondanks enorme vooruitgang in het onderzoek van de menselijke geest, Wundts dubbele onderscheiding in grote lijnen nog steeds werkzaam is. Het eerste onderscheid is dat tussen (eenvoudig) proces en (complex) produkt, het tweede is dat tussen experiment en observatie; zij zijn nog steeds bepalend voor de relaties tussen de psychologie en de andere wetenschappen van de geest.

PROCES VERSUS PRODUKT; MARRS VERKLARINGSNIVEAUS

Volgens Marr (1982) is het 'hoogste' verklaringsniveau voor een informatieverwerkend systeem zijn *computationale theorie*. Dit is een formele weergave van de karakteristieke in- en uitvoer van het systeem. Of, in de termen van Wundt: het is een (formele) beschrijving van het *produkt* van het systeem en de condities waaronder het ontstaat. Een voorbeeld van zo'n theorie is een visuele grammatica die aangeeft welke 3-D-interpretaties er mogelijk zijn voor een domein van 2-D-visuele patronen. Een ander voorbeeld is een generatieve grammatica, een formele karakterisering van de feitelijke en mogelijke zinnen in een taal. Zoals we zagen is taal Wundts geliefde voorbeeld van een complex geestesprodukt. In zijn termen hebben we hier te doen met een object van de *Völkerpsychologie* of antropologie, dat een echt onderdeel is van de psychologie.

Marrs tweede verklaringniveau is dat van de *algoritmische theorie*. Die gaat over hoe het karakteristieke produkt in feite wordt berekend, gegeven de invoer. Er zijn allerlei manieren om de zinnen van een taal te genereren, of om de mogelijke 3-D-interpretaties van 2-D-patronen uit te rekenen. De psychologische doelstelling is hier natuurlijk een berekeningswijze te vinden die overeenkomt met hoe mensen feitelijk zinnen bouwen of 3-D-interpretaties afleiden. De *algoritmische theorie* is een *proces- of verwerkingstheorie*. Dit is het traditionele domein van de psychologie, sinds Wundt en eerder. Wundt benadrukt steeds weer dat de primaire psychologische verschijnselen *gebeurtenissen* zijn, *processen* ('Vorgänge'), niet objecten.

Marrs derde niveau, ten slotte, betreft de fysische implementatie van die processen. Hoe komt een mentaal proces in de hersenen tot stand? Wundt verkeerde op dat punt nog in vrijwel volledige duisternis (ofschoon zijn vermoedens over ruimtelijke en temporele voorstellin-

gen een zekere overeenstemming vertonen met wat we nu weten over retinotopische projectie in de visuele cortex en met de recente ontdekkingen van Georgeopoulos (1989) betreffende het tijdsverloop van mentale rotatie in de motorische schors).

Hoe **hangt** die produkt/proces-onderscheiding samen met de relatie tussen de psychologie en de andere wetenschappen van de menselijke geest? Naar mijn mening heeft de psychologie ook gedurende de twintigste eeuw voornamelijk haar traditionele rol gespeeld: het bestuderen van psychologische processen, het zoeken van verklaringen op algoritmisch niveau. En dat is ook haar sterke kant. Maar de keerzijde van de medaille is dat de psychologie zich weinig gelegen heeft laten liggen aan de universele *produkten* van de menselijke geest. *Computationale* theorievorming heeft ze voornamelijk overgelaten aan de 'speciale' geesteswetenschappen: taalkunde, logica, rechtswetenschappen, antropologie, sociologie, en zoals ik verderop zal beweren, economie.

De psychologie heeft niet voorop gelopen in het stellen van vragen als: 'Wat is een *mogelijke* menselijke taal?', 'Wat zijn *mogelijke* systemen van ruimtelijke oriëntatie?', 'Wat zijn *mogelijke* familieverbandssystemen?' 'Wat zijn *mogelijke* muzieksystemen?', 'Wat zijn *mogelijke* attributies van bedoelingen/intenties?', enzovoorts. Onder 'mogelijk' wordt hier verstaan 'psychologisch mogelijk', gegeven onze genetische uitrusting.² In de beste gevallen hebben psychologen een feitelijk bestaand cognitief systeem als uitgangspunt genomen en onderzocht hoe het functioneert. En op dit punt hebben ze nogal succes geboekt. Er bestaan nu gedetailleerde theorieën over hoe 3-D-interpretatie tot stand komt, over de produktie en het ontleden (verstaan) van zinnen, over de waarneming van ritme en tonaliteit, over het maken van inferenties, enzovoort.

In de slechtste gevallen hebben psychologen zich echter verre gehouden van de biologisch relevante systemen. In de traditie van Ebbinghaus (de eerste die het verbale geheugen onderzocht, maar dan met behulp van nonsens-syllaben), hebben zij veelal hun experimentele variabelen zozeer 'gezuiverd', dat het ecologisch gegeven systeem (geheugen voor talig materiaal, objectherkenning, ruimtelijke oriëntatie, enz.) vrijwel geïmmuniseerd wordt. De resulterende procestheorieën zijn

2. Opmerkelijke uitzonderingen zijn ook te vinden in de geschiedenis van de psychologie, zoals in de Gestalt-psychologie, Heiders sociale psychologie, Piagets genetische psychologie, Michotte's 'Kantiaanse' psychologie en Gibsons ecologische psychologie. In al die gevallen wordt op de een of andere manier geprobeerd te omschrijven wat er mogelijk is als produkt van de menselijke geest.

weliswaar soms van een zekere mathematische schoonheid, maar dan weer van twijfelachtige ecologische validiteit of generaliseerbaarheid.

Kortom, wat dit punt betreft hebben psychologen Wilhelm Wundt maar al te graag gevolgd als vader van de experimentele psychologie, want dat is ook bij hem de experimentele studie van mentale *processen*. Maar ze hebben zich veel minder door hem laten inspireren als de vader van de *'Völkerpsychologie'*. Ofschoon mentale *produkten* vaak studieobject zijn in de ontwikkelingspsychologie (bijvoorbeeld: wat is de structuur van het getalsysteem bij het kind, wat voor lexicon heeft het, of wat voor tijdsvoorstelling?), is dat zelden het geval in Wundts kerngebied, de algemene psychologie. Over het algemeen heeft de algemene psychologie de complexe en vaak zelfs universele produkten van de menselijke geest voor kennisgeving aangenomen en hun analyse overgelaten aan de 'speciale' geesteswetenschappen, zoals de linguïstiek, de rechtwetenschap, de musicologie. In feite is er nooit veel hoop geweest dat Wundts dierbare wens in vervulling zou gaan, namelijk dat onderzoekers op deze gebieden zelf getrainde psychologen zouden zijn. Met andere woorden, de psychologie heeft zonder veel omhaal enkele van haar meest centrale problemen uit handen gegeven.

EXPERIMENT VERSUS OBSERVATIE

Op dit methodologische punt is Wundts positie eenduidig. Eenvoudige psychologische processen dienen onderzocht te worden met de experimentele methode. Complexe psychologische processen zijn echter ontoegankelijk voor experimenten, en kunnen daarom slechts indirect worden benaderd, namelijk via de analyse van hun effecten of produkten (een taal, een normensysteem, enz.). Observatie is de enige bruikbare methode hier.

Het moet gezegd dat Wundts experimentele methode zich veel verder heeft weten te ontwikkelen dan hij had durven hopen. In zijn eigen tijd al waren er opmerkelijke pogingen om hogere-orde-processen zoals lezen, denken en zinsbegrip experimenteel te onderzoeken – dit ondanks Wundts ernstige afkeuring (Wundt, 1907, 1908). Maar het is vooral sinds de zogenaamde 'cognitieve revolutie' in de jaren vijftig en zestig dat de experimentele methode op grote schaal en met veel succes wordt toegepast op complexe psychologische processen. Hierbij is stellig een trekkersrol gespeeld door de psycholinguïstiek. Het experimentele werk van George Miller en zijn collega's op het gebied van syntactische

verwerking in het verstaan van taal staat nog steeds als een monument van experimentele vernieuwing en creativiteit. Nu, dertig jaar later, hebben we een enorm gamma van experimentele methoden tot onze beschikking voor het 'on line' traceren van lexicale toegang, syntactisch 'parseren', en semantisch interpreteren tijdens het taalverstaan. Een gelijksoortige ontwikkeling speelt zich thans af bij de analyse van het spreekproces (Levelt, 1989, 1992). Voor Wundt was het genereren van zinnen tijdens het spreken een van de kerngebieden van de taalpsychologie, maar het viel voor hem geheel binnen de *Völkerpsychologie*. Experimentatie was hier bij voorbaat uitgesloten.

Niet alleen heeft het experiment het domein van complexe psychologische processen veroverd, het wordt nu ook met succes toegepast bij de analyse van mentale *produkten*. Wij aarzelen niet onze proefpersonen systematische oordelen te ontlokken over de welgevormdheid (grammaticaliteit) van zinnen, over de aantrekkelijkheid van weddenschappen, over de esthetica van visuele patronen en wat dies meer zij.

Ofschoon deze ontwikkelingen de onhoudbaarheid van Wundts methodologie hebben aangetoond, blijft die toch de relaties tussen de psychologie en de 'speciale' geesteswetenschappen beheersen. Psychologie is de enige wetenschap van de menselijke geest waar de dominante methode het experiment is. Er worden zo nu en dan experimenten uitgevoerd in de antropologie en soms ook in de economie, maar daar blijft het dan ook bij. De dominante methode in de 'speciale' wetenschappen is de systematische observatie: vragenlijsten, statistieken, 'participant observation', introspectie, dagboekstudies, of wat dan ook de lokale kunst mag wezen. Na bijna een eeuw is Wundts toewijzing van onderzoeksmethoden hier nog steeds van kracht. Natuurlijk zijn er vaak goede redenen voor de keuze van de ene of andere methode (hoe wil je bijvoorbeeld historisch onderzoek doen met behulp van de experimentele methode?), maar veelal is er toch ook weinig intrinsieke noodzaak om de ene methode boven de andere te verkiezen. We zeggen dat gemakkelijk over andere wetenschappen ('natuurlijk zou men laboratoriumexperimenten moeten doen in de micro-economie'), maar het geldt evenzeer voor de psychologie. Het is bijvoorbeeld nogal lachwekkend dat 'algemene psychologie' en 'experimentele psychologie' zowat synoniemen zijn geworden in de geschiedenis van ons vak. Het is zoiets als de geschiedkunde definiëren als 'archiefwetenschap'.

**Taalkunde en micro-economie:
twee computationele hoofdstukken
uit de psychologie**

In deze paragraaf zal ik de geschetste relatie tussen psychologie en de andere wetenschappen van de menselijke geest wat nader uitwerken aan de hand van twee voorbeelden, de linguïstiek en de micro-economie. De stelling zal zijn dat, ondanks hun grote inhoudelijke verschillen, deze wetenschappen dezelfde formele relatie onderhouden met de psychologie. De relatie tot de psychologie is vermoedelijk soortgelijk voor andere geesteswetenschappen.

LINGUÏSTIEK

Generatieve grammatica's zijn volgens Marr (1982) computationele theorieën. Ze definiëren welke welgevormde linguïstische (syntactische, fonologische, enz.) representaties wij als taalgebruikers in principe kunnen voortbrengen. Psycholinguïstische theorieën daarentegen zijn algoritmisch van aard. Zij gaan over de mentale processen die bij het feitelijke voortbrengen of verwerken van die representaties betrokken zijn.

Marr meende dat we in de cognitiewetenschappen het beste 'van boven naar beneden' kunnen werken. Geef eerst een formele karakterisering van wat het informatieverwerkende systeem (in dit geval de menselijke geest) voor informatie verwerkt, en vraag je dan pas af hoe dat in feite gebeurt. De fysische implementatie (in 'hardware' of 'wetware') is de laatste zorg, omdat die weinig of geen beperkingen oplegt aan de algoritmische of de computationele theorie, althans volgens Marr. Chomsky dacht daar net zo over:

There seems to be little reason to question the traditional view that investigation of performance will proceed only so far as understanding of underlying competence permits (Chomsky, 1965, p. 10).

Met andere woorden, het heeft weinig zin om theorieën te bedenken over hoe de taalgebruiker zinnen analyseert (d.w.z. algoritmische theorieën, 'theories of performance') zolang we geen grondige kennis hebben van de mentale grammatica (de computationele theorie, of 'theory of competence').

Dit is een nogal ascetische positie. Het verbaast niet dat taalkundigen hun psychologische hoofdstuk nog maar steeds niet af hebben. En psycholinguïsten hebben helaas het geduld niet om dat glorieuze moment af te wachten. Verkeren ze dan intussen in de diepste duisternis?

Niet in mijn ervaring. In feite is er een wederzijdse afhankelijkheid tussen die twee benaderingen. Een van de attracties van Marrs onderscheid tussen computationele en algoritmische verklaringsniveaus is nu juist dat je je steeds moet afvragen of een bepaald verschijnsel een computationele of een algoritmische verklaring behoeft. Chomsky en Halle hebben hier een halve eeuw geleden (in een minder ascetische en meer evenwichtige stemming) al op gewezen:

It must, incidentally, be borne in mind that the specific competence-performance delimitation provided by a grammar represents a hypothesis that might prove to be in error when other factors that play a role in performance and the interrelation of these various factors come under investigation. [...] When a theory of performance ultimately emerges, we may find that some of the facts we are attempting to explain do not really belong to grammar but instead fall under theory of performance, and that certain facts that we neglect, believing them to be features of performance, should have been incorporated in the system of grammatical rules (Chomsky & Halle, 1968, p. 111).

Dit houdt de mogelijkheid in dat de algoritmische theorie de computationele theorie beïnvloedt. De twee ondernemingen moeten dus hand in hand gaan, zoals altijd bepleit door professor Wundt.

Een computationele theorie houdt altijd een zekere idealisering in, een abstractie van processen en implementaties. Chomsky's rigoureuze idealisatie voor de linguïstiek is deze:

Linguistic theory is concerned primarily with an ideal speaker-listener, in a completely homogeneous speech-community, who knows its language perfectly and is unaffected by such grammatically irrelevant conditions as memory limitations, distractions, shifts of attention and interest, and errors (random or characteristic) in applying his knowledge of the language in actual performance (Chomsky, 1965, p. 3).

Gedurende de drie decennia sinds deze afgrenzing van de computationele theorie hebben we geleerd om daarbij twee vragen te stellen. De eerste is: Zijn de computationele aannamen correct, dat wil zeggen zijn ze psychologisch valide? En de tweede is: Maken we de correcte toewijzingen aan de computationele en de algoritmische verklaringsniveaus?

Er zijn oorlogen gevoerd over die kwesties. Wat de eerste vraag betreft kunnen we slechts constateren dat er dramatische verschuivingen en diversificaties zijn opgetreden in de grammatische theorievorming. Sommigen, zoals Gazdar (et al., 1985), hebben Chomsky's oorspronkelijke generatieve programma voortgezet, dat wil zeggen het schrijven van (zo beperkt mogelijke)

grammatica's die precies de welgevormde zinnen van een taal voortbrengen. Zij beweren dat zo'n stelsel van generatieve regels een correcte representatie is (of in ieder geval behoort te zijn) van de taalkennis ('competence') van de taalgebruiker.

Anderen, zoals Chomsky zelf, zijn volledig afgestapt van de gedachte dat een taal formeel kan worden beschreven, gegenereerd met een stelsel van grammaticale regels:

further formalization is pointless (Chomsky, 1986, p. 91)

en

There are no rules at all, hence no necessity to learn rules (Chomsky, 1987, p. 68).

In plaats daarvan is ons aangeboren taalvermogen (onze 'universele grammatica') volgens Chomsky een netwerk van modulen, waarin elke module is opgebouwd volgens principes die invariant zijn over de verschillende talen. De syntactische module, bijvoorbeeld, laat slechts een eindig aantal verschillende syntactische structuren toe, die zich slechts op een klein aantal parameters onderscheiden. Het leren van een taal is het ontdekken van de juiste parameters. (Waarom dit verdere formalisatie 'pointless' maakt is niet zo duidelijk; het verhaal is in feite zo vaag dat een beetje meer formalisatie geen luxe zou zijn.)

De psychologische validiteit van deze, en allerlei andere 'competence'-theorieën is vaak thema geweest van empirisch onderzoek. Kunnen Gazdars regels bijvoorbeeld 'zichtbaar' worden in de wijze waarop we zinnen ontleden wanneer we luisteren of lezen (Fodor, 1989)? Zijn kleine kinderen inderdaad bezig parameters te kiezen die bij hun moedertaal passen (Weissenborn, Goodluck & Roeper, 1992)?, enzovoorts. Elke computationele theorie heeft zijn eigen psychologische onderzoeksagenda. Maar ofschoon die research-programma's vaak buitengewoon spannend en gedetailleerd zijn, is er in de verste verte nog geen psychologisch valide computationele theorie in het verschiet.

Ook de tweede kwestie, wat er nu precies computationeel en wat er algoritmisch moet worden verklaard (wat tot de 'competence' behoort en wat tot de 'performance'), is controversieel gebleven. Aanvankelijk, in de jaren zestig, leek die relatie buitengewoon helder te zijn. Elke (computationele) grammaticale regel zou corresponderen met een eigen (algoritmisch) proces in perceptie of produktie. Daaruit volgt: hoe complexer de syntaxis van een zin, des te complexer het verwerkingsproces. Maar experimenten lieten al gauw zien dat dat niet klopte. Een

zin als *The horse raced past the barn fell*, bijvoorbeeld, is veel moeilijker te begrijpen dan de eenvoudige syntactische structuur zou doen verwachten. En volgens Fodor et al. (1974) is dit het gevolg van zogenoemde 'waarnemingsstrategieën'. Als een zin begint met een naamwoordsgroep, gevolgd door een werkwoord, dan is onze eerste inschatting dat die twee de actor en de actie aanduiden, en dat is meestal ook zo. Maar die heuristiek werkt niet in dit Engelse voorbeeld (*the horse that was raced past the barn fell*). Deze strategieën-benadering loste allerlei algoritmische problemen op. En die benadering beperkte ook de rol van de computationele theorie. Die was er alleen nog maar om het resultaat van de verwerking (de syntactische structuur) te beschrijven. Maar hoe die structuur in het verwerkingsproces wordt opgebouwd werd een probleem apart. Het gevolg hiervan was dat de algoritmische theorie veel minder afhankelijk werd van de grammatica dan te doen gebruikelijk. In feite zijn moderne psycholinguïstische procestheorieën verenigbaar met vrijwel elke solide geformaliseerde grammatica. Het primaat van de computationele theorie over de algoritmische dat Chomsky en Marr voorstonden, is geheel verdwenen. De twee onderzoeksprogramma's lopen parallel met opvallend weinig interactie. Richten we nu onze aandacht op een heel ander vak, de micro-economie, dat niettemin eenzelfde relatie met de psychologie onderhoudt als de linguïstiek.

MICRO-ECONOMIE

Micro-economie gaat ten dele over menselijke besluitvorming, in het bijzonder over het keuzegedrag van de consument. Dat gedeelte van de micro-economie is een theorie over het kiezen tussen goederen/diensten/zaken die beperkt beschikbaar zijn. En omdat de meeste dingen in het leven (zoals voedsel, banen, onderwijs, of zelfs frisse lucht) beperkt beschikbaar zijn, is deze kant van de micro-economie noodzakelijkerwijs een heel algemene theorie over het menselijk keuzegedrag. Voor de goede orde moet hier even worden opgemerkt dat andere en heel succesrijke onderdelen van de micro-economie niet over het individuele keuzegedrag gaan. 'Operations research', bijvoorbeeld, behandelt de efficiëntie van produktie- of transportprocessen, niet het keuzegedrag van de consument. De volgende opmerkingen betreffen echter uitsluitend het laatstgenoemde aspect van de micro-economie.

Volgens Adam Smith, de achttiende-eeuwse grondlegger van de economie, moet die het *individuele* consumentengedrag als uitgangspunt nemen; het gedrag van

aggregaten komt op regelmatige wijze voort uit het individuele gedrag, hoe variabel dat laatste ook mag wèzen. Wat zou Wilhelm Wundt hiervan denken?

Professor Wundt, ik ben nog iets vergeten. Hoe komt een economisch systeem tot stand? Is de economie ook een hoofdstuk uit de psychologie?

Elke poging om de economische geschiedenis oorzakelijk te begrijpen loopt op een psychologische analyse uit. Wat kunnen de verhouding van vraag en aanbod, de concurrentieprikkel, en de andere krachten van het arbeids- en handelsverkeer anders zijn dan psychologische motieven?

Dank u wel, professor; nu zal ik u niet meer storen.

En dit komt nauwkeurig overeen met Wundts opvatting over taal. Volgens Wundt is taal, in laatste analyse, een proces dat zich in de individuele taalgebruiker afspeelt. In een aggregaat wordt het dan een min of meer stabiel produkt.

Als theorie over het keuzegedrag van de consument is ook de micro-economie een hoofdstuk uit de psychologie. Maar het is een computationeel hoofdstuk. Moderne micro-economische theorieën zijn typisch axiomatisch-deductieve formele systemen. Zij genereren verzamelingen van wel-gevormde of 'rationele' keuzen. Een rationele keuze is er een die, gegeven een verzameling schaarse middelen, deze zó aanwendt dat de verlangens van de kiezer zoveel mogelijk worden bevredigd. Ofschoon micro-economische theorieën op belangrijke punten van elkaar verschillen in hun definities van rationele keuze, is het rationele keuzeparadigma de basis van haast elke gangbare consumententheorie.

De parallellen met het paradigma van de generatieve grammatica springen al gauw in het oog. Beide zijn deductieve theorieën, met gelijksoortige idealiseringen. In de micro-economie is er een ideale beslisser, net zoals er een ideale taalgebruiker wordt gepostuleerd in de generatieve linguïstiek. Net als een ideale beslisser volledig is geïnformeerd over zijn/haar eigen behoeften en voorkeuren en over alle relevante informatie beschikt betreffende de keuze-alternatieven en hun utiliteiten, zo geldt voor de ideale spreker-luisteraar dat deze 'knows his language perfectly'. De ideale beslisser kent in de economische theorie geen beperkingen van aandacht of geheugen; alle relevante informatie is altijd beschikbaar. Dit is, opnieuw, precies dezelfde idealisatie die ook

voor de ideale taalgebruiker wordt gemaakt. Ten slotte worden de deelnemers in het marktgebeuren geïdealiseerd als een homogeen gezelschap; alle consumenten zijn gelijkelijk geïnformeerd, en hebben dezelfde utiliteitsfuncties. Dit is de economische parallel van de 'completely homogeneous speech community' van de generatieve taalkunde.

Als computationele theorie is de micro-economie een theorie over uitkomsten van het keuzegedrag. De rationele keuze in de economie is het parallel van de welgevormde zin in de taalkunde. In beide gevallen gaat het ook niet over feitelijke, geobserveerde gedragingen, maar over potentiële (of virtuele) uitkomsten van gedrag. In die zin zijn beide theorieën normatief; ze vertellen welk gedrag 'in de termen' valt, en welk niet (zie hierover ook Massaro, 1991).

En geen van beide theorieën zijn proces-theorieën. Het rationele keuze-paradigma gaat net zomin over hoe keuzen tot stand komen als de generatieve grammatica gaat over hoe een zin wordt geproduceerd.

Hierboven bespraken we een tweetal vragen over de afbakening tussen computationele en algoritmische theorie in de taalkunde. Precies dezelfde kwesties staan hoog op de agenda in de micro-economie.

De eerste was deze: Zijn de computationele aannamen psychologisch valide? Voor de micro-economie is de vraag dus: Zijn consumenten rationele beslissers? Sinds de jaren tachtig is er een soort monsterverbond ontstaan dat de validiteit van die aanname ontkent. Dit ideaalbeeld, aldus Van Veldhoven (1987), 'klopt van geen kant'. Arrow (1986) stelt dat de aannamen incoherent zijn. Als alle individuen dezelfde utiliteitsfunctie hebben en over dezelfde informatie beschikken (de homogeniteitsassumptie), en als rationeel beslissen betekent dat informatie volledig wordt geëxploiteerd, dan zou er in het geheel geen handel meer worden gedreven. Ruil ontstaat pas wanneer individuen verschillen in hun kennis of utiliteitsfuncties.³

Andere geleerden beweren dat het paradigma een lege huls is. Hogarth en Reder (1986), bijvoorbeeld, schrijven:

j. ... daß jeder Versuch, die Erscheinungen der Wirtschaftsgeschichte ursächlich zu begreifen, auf eine psychologische Analyse hinausführt. Was sind in der Tat die Verhältnisse von Angebot und Nachfrage, der Sporn der Konkurrenz und die anderen Hebel des Arbeits- und Handelsverkehrs anderes als Motive ...? (Wundt, 1908a, p. 397).

3. Voor het andere psychologische hoofdstuk, de taalkunde, is het overeenkomstige argument nooit gemaakt. Als de taalgemeenschap compleet homogeen is, alle taalgebruikers hun taal perfect beheersen, over alle relevante kennis beschikken en geen aandachtsbeperkingen hebben, zou er dan nog gesproken worden? In ieder geval zou er geen taalverwerving meer zijn, want leren veronderstelt het bestaan van een niet volledig geïnformeerde toestand; daarvoor is in de idealisatie geen plaats. Er kan hoogstens sprake zijn van een magische omschakeling van een niet-geïnformeerde naar een volledig geïnformeerde toestand.

However, to apply the rational choice paradigm, few – if any – psychological assumptions are needed. The economic implications of the paradigm are compatible with virtually any account of the decision-making process so long as this generates appropriately sloped supply and demand curves.

Simon (1986) beweert in wezen hetzelfde wanneer hij schrijft dat

(...) neoclassical economics becomes, as has been observed more than once, essentially tautological and irrefutable.

Tversky en Kahneman (1979, 1986), psychologische binnensluipers in de economie, bekijken die psychologische assumpties weer op een andere manier. Zij beschouwen de verschillende axioma's van de rationele beslistheorie en testen de psychologische validiteit ervan door middel van experimenten, een voor economen ongebruikelijke benaderingswijze. En de resultaten zijn nogal choquerend: er blijken aanzienlijke en systematische afwijkingen van de axioma's op te treden. En dit lijkt op de aanzienlijke en systematische afwijkingen van de generatieve theorie die optreden wanneer proefpersonen de welgevormdheid van zinnen beoordelen (Levelt, 1972).

De tweede vraag was: 'Wat moet worden toegewezen aan het computationele en wat aan het algoritmische verklaringsniveau?'. Ook in de micro-economie is deze kwestie een knuppel in het hoenderhok gebleken. Het is Herbert Simon die hem daarin heeft gegooid. Sinds jaar en dag benadrukt hij het belang van een algoritmische benadering in de economie. Volgens hem is de enige belangrijke vraag *hoe* consumenten tot hun beslissingen komen. Besluitvorming geschiedt altijd op grond van beperkte kennis over vraag en aanbod, binnen een bepaalde opvatting van de keuzesituatie. Ze is voorts altijd onderhevig aan beperkingen van de aandacht, en aan incidentele opvattingen en verwachtingen. Binnen al die beperkingen heeft de consument volgens Simon toch meestal goede redenen voor elke stap in het beslissingsproces. Hij spreekt dan van 'procedural rationality'. Maar er is, volgens hem, niet de geringste hoop dat er daaruit vanzelf zoiets zou voortkomen als 'substantive rationality' dat wil zeggen computationele rationaliteit. In zijn eigen woorden (Simon, 1986):

I would recommend that we stop debating whether a theory of substantive rationality and the assumptions of utility maximization provide a sufficient base for explaining and predicting economic behavior. The evidence is overwhelming that they do not.

Arrow (1986, p. 201) is al even rabiaat in het onderuit-halen van de computationele uitgangspunten van het rationele keuzeparadigma. De rationaliteitsaannamen

certainly imply an ability at information processing and calculation that is far beyond the feasible and that cannot well be justified as the result of learning and adaptation.

De onhoudbaarheid van de computationele aannamen in de subjectieve utiliteitstheorie leidde tot allerlei aanpassingen die gezien kunnen worden als 'verschuivingen in toewijzing'. Er werden factoren de computationele theorie binnengeloodst die vroeger als algoritmische factoren waren beschouwd.

Een voorbeeld daarvan is het opgeven van de assumptie dat de keuzemakende instantie volledig is geïnformeerd. Informatie kan zelf worden beschouwd als een schaars goed in de computationele theorie, die zijn eigen kosten/baten-rekening meebrengt, zoals in de 'Search theory' van Stigler (1961). Smith (1985) hangt eveneens een prijskaartje aan de computationele inspanning; denken is zelf een kostenfactor.

Een ander voorbeeld van een verschuiving tussen computationele en algoritmische theorie is te vinden in het 'Rationele verwachtingsmodel' van Lucas (1981). Daarin is het beslissingsproces weliswaar zuiver rationeel, maar wel binnen de beperkingen van de gegeven toestand van geïnformeerdeheid. Algoritmische (proces)factoren kunnen die informatietoestand echter systematisch vervormen. Managers vergissen zich bijvoorbeeld systematisch in het toeschrijven van prijsfluctuaties aan algemene of industrie-specifieke veranderingen. Met andere woorden, economische beslissers zijn onderhevig aan illusies, en dat is een algoritmisch probleem. Tversky en Kahneman waren vermoedelijk de eersten die de irrationele consequenties van zulke illusies aan het licht brachten.⁴

De laatste twee voorbeelden zijn aanpassingen binnen het rationele keuzeparadigma, waarbij de computationele theorie in wezen overeind blijft. In de 'Prospect theory' van Kahneman en Tversky (1979) verschuiven de verklaringen echter vrijwel geheel naar het algoritmische niveau. Volgens deze theorie is het maken van een keuze een twee-fasenproces. In het eerste stadium wordt het keuzeprobleem 'ingekaderd' in termen van de keuze-alternatieven, de toevallige omstandigheden en

4. Tversky en Kahnemans theorie over cognitieve illusies, en meer in het algemeen hun experimentele benadering in het testen van de rationaliteitsaxioma's, zijn niet zonder kritiek gebleven. Zie bijvoorbeeld Gigerenzer (1993).

de mogelijke uitkomsten. Dit inkaderingsproces is onderhevig aan de normen, gewoonten, verwachtingen en zovoort van de consument. Gedurende het tweede stadium worden de mogelijkheden ('prospects') die in het eerste stadium in beschouwing zijn genomen, geëvalueerd, waarna de beste wordt geselecteerd.

Het is een empirische vraag hoe inkadering en evaluatie tot stand komen in de geest van de beslisser. Volgens Kahneman en Tversky gebruikt de beslisser een verzameling krachtige heuristieken of strategieën om in het eerste stadium tot een representatie van het probleem te komen. Die strategieën zijn niet gekoppeld aan de axioma's van de rationele beslistheorie, maar ze zijn 'procedurally rational' (Simons terminologie) gegeven de beperkte informatietoestand van de consument. Ze zijn nog redelijk effectief zelfs wanneer de informatie van de consument beperkt is. Merk op dat dit formeel precies dezelfde stap is die eerder in de psycholinguïstiek werd gezet. Daar werd, zoals we zagen, de directe koppeling tussen syntactische (computationele) regel en elementair verwerkingsproces opgegeven ten gunste van een verzameling verwerkingsstrategieën of -heuristieken. En net als daar verdween daarmee het primaat van de computationele, axiomatische theorie, die uitgaat van een alwetend individu zonder computationele beperkingen.

Wat is er dan overgebleven voor die computationele theorie in de theorie van Tversky en Kahneman? Of in de termen van Marr: Wat is de beoogde uitkomst van het keuzegedrag? Volgens de prospect-theorie is dat, in de eerste plaats, het voorkomen van verlies, en in de tweede plaats iets als 'beter één vogel in de hand dan tien in de lucht'. Deze doelstellingen van de consument worden in de prospect-theorie gevangen in een niet-lineaire evaluatiefunctie. Dat is het enige stukje computationele theorie dat nog over is. Ook in de micro-economie is de tijd voorbij dat de computationele theorie de agenda bepaalde voor het algoritmische onderzoek.

In deze paragraaf heb ik aan de hand van de taalkunde en van de micro-economie toegelicht hoe de psychologie zich verhoudt tot de computationele 'speciale' wetenschappen. In beide gevallen zagen we een geleidelijke emancipatie van de algoritmische theorie. De situatie waarin de computationele theorie de structuur bepaalde van de proces-theorie werd in beide gevallen opgegeven ten gunste van een waarin de algoritmische theorie zich naar eigen criteria ontwikkelt. Is er reden om aan te nemen dat die veel evenwichtiger situatie zich ook gaat uitstrekken naar de implementatie-theorie, die in Marrs lijstje helemaal onderaan bungelde? Die vraag komt straks ter sprake, na enkele opmerkingen over de

culturele toevalligheden die de relaties tussen de geestes- en gedragswetenschappen bepalen.

Wetenschapscultuur

De wetenschappen die zich met de menselijke geest en het menselijk gedrag bezighouden hebben, zoals bekend, een gemeenschappelijke oorsprong in de filosofie. De meeste ervan zijn zelfs pas verzelfstandigd in de achttiende of negentiende eeuw. Het ligt enigszins voor de hand te denken dat die afsplitsingen een reflectie zijn van de 'geledingen der natuur'. De linguïstiek houdt zich met het ene mentale vermogen bezig, de economie met een ander, en zo verder. Maar zo eenvoudig is het niet. Met welk mentaal vermogen houdt de antropologie zich bezig? Dat zijn er alvast een heleboel, het taalvermogen, het handelsvermogen, het ethisch vermogen, enzovoort. En hoe verschilt de antropologie dan van de sociologie? In haar gerichtheid op niet-westerse volkeren? Zijn er dan westerse en niet-westerse mentale vermogens?

De huidige verdeling van de wetenschappen is in feite een nogal arbitrair resultaat van onze culturele geschiedenis. Het kapitalisme baarde de economie. Het kolonialisme baarde de antropologie, enzovoort. En iedere wetenschap cultiveerde haar eigen stijl, haar eigen voorkeursthema's, haar eigen gekoesterde methodenarsenaal.

Maar ondanks hun groeiende divergentie hebben de 'computationele' wetenschappen van de menselijke geest zekere gemeenschappelijkheden bewaard in hun wetenschapscultuur. Die zijn echter net zo arbitrair als hun verschillen. Hierboven heb ik gewezen op de door Wundt gesanctioneerde neiging van die wetenschappen om zich verre te houden van het experiment. Economen houden zich wel eens bezig met 'experimentele markten' (zie het pionierswerk van Smith, 1962), maar die methode is net zo marginaal als de systematische experimentele elicitering van zinnen door linguïsten of het gecontroleerde veldexperiment van antropologen.

Een andere culturele gemeenschappelijkheid van die computationele wetenschappen is het belang dat er wordt gehecht aan het intuïtieve oordeel. Het oordeel van de taalkundige of van de 'native speaker' dat iets wel of niet een grammaticale zin is, geldt nog steeds als kritische evidentie voor een grammatica-theorie. Dit ondanks voor de hand liggende problemen met de interpretatie van zulke oordelen (Levelt, 1974, Vol. 3). Evenzo geldt de intuïtie van de econoom dat deze of gene keuze rationeel is, nog steeds als een belangrijke

richtlijn bij het ontwerpen van keuzetheorieën, of ten minste bij het aan de man brengen ervan.

To add credibility to the story, appeal is often made to everyday intuition concerning individual behavior (Hogarth & Reder, 1986, p. 3).

Noch de werkverdeling tussen deze wetenschappen, noch hun gemeenschappelijkheden of verschillen zijn erg principieel van aard. Zij zijn in de eerste plaats historisch, niet inhoudelijk bepaald. Maar die wetenschapscultuur is geenszins onwrikbaar. Het ziet er zelfs naar uit dat er flinke verschuivingen op til zijn. De jongere generatie in de geestes-, sociale en gedragswetenschappen loopt bij voorkeur in een spijkerbroek met een 'cognitive science'-label op het achterwerk. Die term is net zo slecht gedefinieerd als de traditionele wetenschappen, maar heeft het voordeel niet te verdelen en niet dogmatisch te zijn.

Marrs drie verklaringsniveaus volgens Escher, gedemonstreerd aan de theorie van het spreken

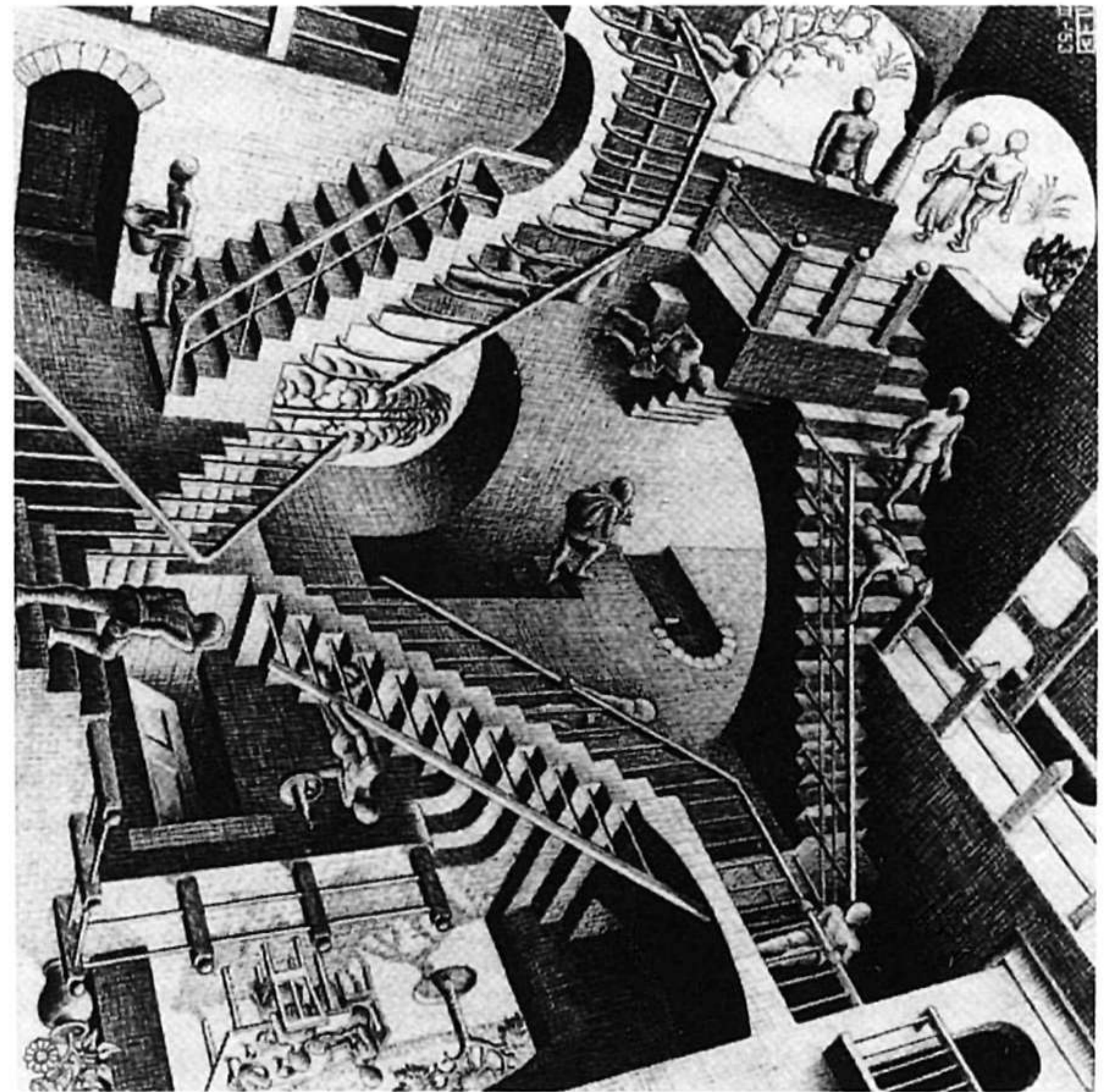
Wilhelm Wundt had gelijk: de psychologie is de basis van de geesteswetenschappen. Zij onderzoekt hoe de geestelijke vermogens van de mens functioneren. En Marr had ook gelijk: om mentale functies te onderzoeken moeten we ons afvragen waar die voor dienen, welk computationeel probleem die proberen op te lossen. Sinds de tijd van Wundt hebben we dit laatste overgelaten aan de 'speciale' wetenschappen van de geest. In de loop der jaren zijn die steeds verder uiteengegroeid, en steeds verder weg van de psychologie.

Dit heeft in het nadeel gewerkt van zowel de psychologie als van die 'speciale' wetenschappen. Het meest in het oog springende effect op de psychologie is de woeking van *processitis*, de neiging om processen te bestuderen zonder aandacht voor de functies daarvan of voor de representaties die eraan ten grondslag liggen. Het behaviorisme, gebouwd op het ultieme $S \rightarrow R$ -proces, is aan deze kwaal ten onder gegaan (en haar erfgenaam, het connectionisme, bevindt zich op dezelfde weg). Maar *processitis* woekert ook sinds de cognitieve revolutie rustig voort. Voor veel experimenteel-psychologen is het nog steeds de kunst om uit hun experimentele materiaal alles te verwijderen wat maar enigszins van ecologische validiteit zou kunnen zijn voor de proefpersoon (het Ebbinghaus-syndroom).

Ook de speciale wetenschappen van het mentale func-

tioneren lijden onder die verwijdering, bijvoorbeeld door zich te baseren op achterhaalde psychologie, zoals rationale keuzetheorie, behaviorisme, of psychoanalytische theorie.

Maar er is reden om aan te nemen dat die schijnbaar onstuitbare ontwikkelingen worden omgebogen. Zoals zojuist opgemerkt is de twintigste eeuw haar boeken aan het sluiten met het slechtgedefinieerde item 'cognitiewetenschap'. Dat is geen coherente wetenschap die netjes omschreven is naar object, methode of opleiding; het is veeleer een reusachtige smeltkroes waarbinnen disciplinaire grenzen verbleken. Het is een wetenschapscultuur waarin oneerbiedig een nageslacht wordt voortgebracht voor wie Marrs drie verklaringsniveaus lijken op Escher's litho *Relativiteit*. Er wordt daar tussen de niveaus geklommen en gedaald zonder dat er sprake is van enigerlei prioriteit of hiërarchie.



Figuur 2. Marrs drie verklaringsniveaus volgens Escher.
© 1953 M.C. Escher Stichting, Baarn, Holland. Alle rechten voorbehouden.

Die nieuwe toestand kan het best met een voorbeeld worden toegelicht. Ik kies daarvoor het onderzoek naar het menselijk vermogen tot spreken. Dat is onze meest complexe soort-specifieke vaardigheid. Zij vormt de basis van menselijke interactie, cultuur en opvoeding. De evolutie heeft haar geïmplementeerd in grote, gespecialiseerde hersenarealen en in een articulatorisch-motorisch apparaat van onvoorstelbare complexiteit. De psychologie, zou men denken, heeft zich in haar geschiedenis voornamelijk met dit vermogen beziggehouden.

Maar het tegendeel is het geval. Enkele goede uitzonderingen zoals Wundt en Bühler niet te na gesproken, hebben psychologen ons vermogen tot spreken traditioneel genegeerd of zelfs actief gekleineerd. Zo wist William James (1890) er dit over te zeggen: 'Language was originally made by men that were not psychologists', met de implicatie dat die wel wat beters zouden hebben uitgevonden.

Maar zelfs bij hen die het centrale belang van ons taalvermogen onderkennen bestaat sinds jaar en dag de overtuiging dat het spreekproces zich niet of nauwelijks direct laat onderzoeken. Terug bij zijn ascetische uitgangspunt beweerde Chomsky in 1988 nog dat de wijze waarop we dagelijks onze gedachten uitdrukken door middel van taal, niet voor wetenschappelijk onderzoek vatbaar is. Als dat al niet principieel het geval is, zegt hij, dan geldt het in ieder geval toch feitelijk. Waarom? Omdat er voorlopig geen uitzicht bestaat op het oplossen van 'het probleem van Descartes', namelijk hoe het mogelijk is dat wij tot vrij en ongedetermineerd handelen in staat zijn. Spreken is nu juist een vorm van vrij en ongedetermineerd handelen; er is dus geen hoop voor een theorie van het spreekproces.

Deze stelling is zowel logisch als feitelijk onjuist. Logisch, want zelfs als we niet zouden kunnen weten waar de gedachten vandaan komen die we in onze spraak formuleren, dan nog zouden we kunnen onderzoeken hoe een eenmaal ontstane gedachte in taal wordt uitgedrukt. De stelling is ook feitelijk onjuist omdat er sinds de jaren zestig zowel theoretisch als empirisch grote vooruitgang is geboekt in het onderzoek van het spreekproces (zie Levelt, 1989, 1993 voor een overzicht van deze ontwikkelingen). En deze vooruitgang betreft zowel de kwestie hoe sprekers hun gedachten ordenen voor het spreken, als ook het hele syntactische, fonologische en articulatorische mechanisme dat die gedachten omzet in gesproken uitingen. Met andere woorden, Chomsky's stelling laat ons zien hoe een eenzijdig computationeel perspectief een volkomen misleidend beeld schept van wat op de andere verklaringsniveaus mogelijk is.

Het is zelfs zo, dat er op het ogenblik nauwelijks een beter voorbeeld te vinden is van Escher-achtige democratische verhoudingen tussen verklaringsniveaus dan binnen de theorie van het spreekproces. Kijken we eerst naar de computationele en algoritmische verklaringsniveaus.

Eén opvallend kenmerk van het spraakproducerende mechanisme is zijn modulaire opbouw. Dat wil zeggen: het bestaat uit een aantal relatief autonome componenten die ieder hun eigen specialistische karwei uitvoeren.

Zo is er een die zich bezighoudt met grammaticaal coderen, anders gezegd het ophalen van geëigende woorden uit het mentale lexicon en het daarmee bouwen van een syntactische structuur. Een andere module is gespecialiseerd in fonologisch coderen. Hij berekent hoe woorden en woordgroepen uit klinkers en medeklinkers worden samengesteld, de syllabenstructuur, het metrum en het intonatieverloop van de uiting.

Voor elke module bestaat het wetenschappelijk onderzoek uit twee analyses, die alleen hand in hand kunnen worden uitgevoerd. De ene is de bepaling van de karakteristieke in- en uitvoerrepresentaties van de module. Dat wil zeggen, met wat voor type representatie laat de module zich aansturen en wat levert de module af aan de volgende verwerkingscomponent? De andere is de proces-analyse: hoe wordt de invoerrepresentatie overgevoerd in de uitvoerrepresentatie? Zo wordt de grammaticale codering aangestuurd met conceptuele of semantische structuren en ze produceert syntactische structuren als uitvoer. De fonologische component accepteert syntactische structuren als invoer en genereert een fonetisch programma als uitvoer.

De beschrijving van zulke in- en uitvoerrepresentaties (in de computationele theorie) gaat geenszins vooraf aan de analyse van de operaties die de representaties in elkaar overvoeren. Integendeel, de aard van die operaties beperkt het type representaties waarop ze kunnen aangrijpen. Een centrale eigenschap van het spreekproces is bijvoorbeeld dat het 'incrementeel' van aard is. Zowel syntactische als fonologische structuren worden 'van links naar rechts' opgebouwd zonder dat de spreker 'ver vooruit kan zien'. Dat legt grote beperkingen op aan de aard van de in- en uitvoerrepresentaties (semantische, syntactische, fonetische) die een rol kunnen spelen in de theorie. Er is noch een primaat voor de computationele theorie, noch een voor de algoritmische theorie.

En hoe zit het met Marrs implementationele verklaringsniveau? Sinds Broca het spraakmotorische centrum ontdekte in de linker hersenhelft, is de theorie van het spreken het speeltje geweest van neurologen. De haast complete afwezigheid van geïnteresseerde psychologen heeft de neurologen lang de vrije hand gegeven. En we moeten dankbaar zijn voor wat medici zoals Lichtheim, Hughlings Jackson en Iserlohn aan belangrijke inzichten hebben bijgedragen. Hun zorgvuldige beschrijvingen van afatische syndromen dienden er oorspronkelijk toe om *in vivo* de anatomische lokalisatie van het cerebrale defect vast te stellen. Maar al spoedig leidden deze analyses tot *functionele* modellen van taal- en spraakproductie. En die modellen waren bijna altijd modulair van opbouw. Elke module diende een bepaal-

de functie in het spreekproces (zoals het activeren van woordbetekenissen, of het activeren van de articulatoire vorm van woorden). Algemeen bestond de verwachting dat die modules ergens in de windingen van de linker hemisfeer gelokaliseerd zouden kunnen worden. Dit paradigma van alterneren tussen functionele (algoritmische) en neurologische modellering is tot de dag van vandaag springlevend gebleven.

En al even actief is op het ogenblik de uitwisseling tussen neurologische modellering en de theorie van representaties, de computationele theorie. De cognitieve neuropsychologie houdt zich speciaal bezig met de vraag welke typen representatie minder toegankelijk of zelfs onberekenbaar zijn geworden bij verschillende typen hersenletsels. De taalkundige Grodzinsky (1990, p. 17) stelt dat deze uitvalspatronen van evenveel belang zijn voor de taalkundige theorie als voor de algoritmische of functionele theorie:

The internal structure of the theoretical account of a domain, then, effectively dictates which patterns of impairments are possible, and which are impossible. An examination of deficit descriptions can be used to evaluate the theory. If the predictions it makes are correct, and if it is found to be compatible with breakdown patterns, we can conclude that it meets the neuropsychological constraint of breakdown-compatibility. This will be added to two other proposed constraints on the theory of grammar: those of *learnability* and *parsability*.

Het zoeken naar modulaire specialisaties in de hersenen voor verschillende typen linguïstische representaties is ook niet meer uitsluitend aangewezen op afasiologische evidentie. Twee andere informatiebronnen nemen snel toe aan gewicht.

De eerste betreft metingen tijdens open hersenchirurgie (met name bij epileptische patiënten) waarbij de patiënt in waaktoestand verkeert. Het is dan soms mogelijk en zelfs nodig om de elektrische activiteit te registreren in enkelvoudige neuronen of in ten minste zeer kleine groepjes van zenuwcellen in de cortex. Creutzfeld, Ojemann en Lettich (1989) vonden bijvoorbeeld neuronen in de linker gyrus temporalis superior die specifiek reageerden wanneer de patiënt samengestelde woorden hoorde (zoals *horseshoe* in tegenstelling tot *spaghetti*). Er is een begin van cellulaire en *cell assembly*-modellen voor de representatie van linguïstische eenheden (zoals fonologische kenmerken, syllaben, frasen); zie bijvoorbeeld Braitenberg en Pulvermüller (1992). Van groot belang is hier het realistisch modelleren van neuronale circuits, zoals dat wordt gedaan door Douglas en Martin (1990), onder anderen. Hun *canonical microcircuits* zijn gebaseerd op uitvoerig anatomisch en fysiologisch on-

derzoek aan hersenweefsel. De zogenaamde 'neurale netwerken' van het connectionisme hebben niets gemeen met deze realistische corticale circuits. In feite is het zogenaamde 'neurale' modelleren van het connectionisme de meest recente poging van behavioristische psychologen om het vraagstuk van de implementatie te vermijden. De anatomisch-fysiologische basis van het gedrag wordt er voor het gemak maar bijverzonnen. Maar op het gebied van echte neurale modellering wordt gelukkig grote vooruitgang geboekt.

De tweede uiterst belangrijke nieuwe informatiebron is de zogenoemde *brain imaging*-technologie, die zich de laatste jaren stormachtig heeft ontwikkeld. Het is nu mogelijk de metabolische activiteit van de hersenen te meten gedurende het uitvoeren van linguïstische taken, met name via positron emissie tomografie (PET) en op een heel andere manier via functionele magnetische resonantie-afbeelding (MRI). De eerste PET-studies op het gebied van spraakproductie zijn verschenen (Peterson et al., 1988; Wise et al., 1991). Zij laten zien dat het ophalen en het fonologisch coderen van woorden in verschillende hersenarealen worden uitgevoerd. Dit is een geheel nieuwe kijk op de relatie tussen linguïstische representatie en neurologische implementatie in zoverre die op macro-schaal is gerealiseerd.⁵ De grote belofte hier is functionele MRI. Zowel qua ruimtelijk als ook qua tijdelijk oplossend vermogen zal deze methode de PET-scanning ruimschoots verslaan. Bovendien is MRI niet invasief, anders dan PET (waarbij een radioactieve tracer wordt geïnjecteerd). Wanneer dit metabolische onderzoek wordt gecombineerd met het onderzoek naar elektrische potentialen in de intacte hersenen (waarvoor ook geheel nieuwe methoden beschikbaar zijn), kan er voor het eerst een zeker beeld gaan ontstaan van linguïstische processen *in vivo*. Deze nieuwe methoden zullen dan ook de nog bestaande onevenwichtigheid gaan redresseren tussen computationele en algoritmische theorie aan de ene kant en implementationele theorie aan de andere kant. Daarmee krijgt ook de eeuwenlange discussie over de evolutie van taal nieuw leven ingeblazen, zoals Kraak (1993) onlangs liet zien.

De succesvolle ontleding van ons vermogen tot spreken

5. We zullen ook moeten wennen aan dramatische overinterpretaties. De prachtig gekleurde, verticaal-symmetrische PET-scan-plaatjes zijn hard op weg de Rorschach-platen te worden van de populaire neurowetenschap: elke interpretatie is toegestaan. Het recente nummer 'Mind and brain' van de *Scientific American* bijvoorbeeld, lokaliseert werkwoorden in de prefrontale kwab en naamwoorden in de temporale kwab van de linker hemisfeer, even vergetend dat werkwoorden productief als naamwoorden kunnen worden gebruikt (*het lopen*) en naamwoorden als werkwoorden (*moederen*).

is een goed voorbeeld van waar het naar toe zal gaan met de analyse van onze mentale vermogens. Grote vooruitgang kan niet uitblijven wanneer representaties, processen en implementaties in nauwe interdisciplinaire samenwerking worden bestudeerd. Prioritering is hier uit den boze. Er is geen reden meer om te denken dat Eschers voorstelling onmogelijk is.

Dankbetuiging. De volgende personen verschillen met mij van mening over dit stuk: Colin Brown, Peter Hagoort, Dom Massaro, Antje Meyer en Jan Pen. Maar allemaal hebben ze me aanzienlijk geholpen met hun commentaren op een eerdere versie.

Traditionally, psychological science has systematically left some of its central research areas to other sciences. Wilhelm Wundt already made a distinction between experimental psychology, which studies (elementary) mental processes, and Völkerpsychologie, which is concerned with products of the human mind, such as language, music or rituals. The study of these products has largely been left to other sciences. This is illustrated by the case of linguistics and that of (micro)economics. Recent developments in cognitive science seem to take a different direction, that is, they are directed at integrative interdisciplinary research of product, process and the implementation thereof in the human brain.

LITERATUUR

- Arrow, K.J. (1986). Rationality of self and others in an economic system. In: R.M. Hogarth & M.W. Reder (red.) (1986). *Rational choice. The contrast between economics and psychology*, pp. 201-215. Chicago: The University of Chicago Press.
- Braitenbach, V., & Pulvermüller, F. (1992). Entwurf einer neurologischen Theorie der Sprache. *Naturwissenschaften*, 79, 103-117.
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chomsky, N. (1986). *Barriers*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chomsky, N. (1987). Language in a psychological setting. *Sophia Linguistica Working Papers in Linguistics*, 22.
- Chomsky, N. (1988). *Language and problems of knowledge. The Managua lectures*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chomsky, N. & Halle, M. (1968). *The sound pattern of English*. New York, NY: Harper and Row.
- Creutzfeldt, O., Ojemann, G. & Lettich, E. (1989). Neuronal activity in the human temporal lobe. I. Responses to speech. *Experimental Brain Research*, 77, 451-475.
- Douglas, R.J., & Martin, K.A.C. (1990). Neocortex. In: G.M. Shepherd (red.), *The synaptic organization of the brain*, 3rd edition, pp. 389-438. Oxford: Oxford University Press.
- Fodor, J.D. (1989). Empty categories in sentence processing. *Language and Cognitive Processes*, 4, 155-209.
- Fodor, J.A., Bever, T.G., & Garrett, M.F. (1974). *The psychology of language*. New York: McGraw-Hill.
- Gazdar, G., Klein, E., Pullum, G., & Sag, I. (1985). *Generalized phrase structure grammar*. Oxford: Blackwell.
- Georgopoulos, A.P., Lurito, J.T., Petrides, M., Schwartz, A.B., & Massey, J.T. (1989). Mental rotation of the neuronal population vector. *Science*, 243, 234-236.
- Gigerenzer, G. (1993). Cognitive illusions illusory? Rethinking judgement uncertainty. In: K.I. Manktelow & D.E. Over (red.), *Rationality*. Londen: Routledge.
- Grodzinsky, Y. (1990). *Theoretical perspectives on language deficits*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hogarth, R.M. & Reder, M.W. (1986) Introduction: Perspectives from economics and psychology. In: R.M. Hogarth & M.W. Reder (red.) (1986). *Rational choice. The contrast between economics and psychology*, pp. 1-23. Chicago: The University of Chicago Press.
- James, W. (1890). *Principles of psychology*. New York, NY: Henry Holt.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263-291.
- Kraak, A. (1993). *Taal en evolutie. Discussie in balans?* Nijmegen: Universitair Publikatiebureau KUN.
- Levelt, W.J.M. (1972). Some psychological aspects of linguistic data. *Linguistische Berichte*, 17, 18-30.
- Levelt, W.J.M. (1974). *Formal grammars in linguistics and psycholinguistics*. 3 vols. Den Haag: Mouton.
- Levelt, W.J.M. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Levelt, W.J.M. (1992). Timing in speech production. With special reference to word form encoding. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682, 283-295.
- Levelt, W.J.M. (red.) (1993). *Lexical access in speech production*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Lucas, R.E. (1981). *Studies in business cycle theory*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Marr, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.
- Massaro, D. (1991). Psychology as a cognitive science. *Psychological Science*, 2, 302-307.
- Peterson, S.E., Fox, P.T., Posner, M.I., Mintun, M., & Raichle, M.E. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, (Londen), 331, 585-589.
- Simon, H. (1986). Rationality in psychology and economics. In: R.M. Hogarth & M.W. Reder (red.) (1986). *Rational choice. The contrast between economics and psychology*, pp. 25-40. Chicago: The University of Chicago Press.
- Smith, V. (1962). An experimental study of competitive market behavior. *Journal of Political Economy*, 70, 111-137.
- Smith, V. (1985). Experimental economics: Reply. *American Economic Review*, 75, 265-272.
- Stigler, G.J. (1961). The economics of information. *Journal of Political Economy*, 69, 213-225.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1986). Rational choice and the framing of decisions. In: R.M. Hogarth & M.W. Reder (red.) (1986). *Rational choice. The contrast between economics and psychology*, pp. 67-94. Chicago: The University of Chicago Press.
- Veldhoven, G.M. van (1987). De integratie van economie en psychologie: mogelijkheden en onmogelijkheden. In: P.K. Keizer & J. Soeters (red.), *Economie, sociologie en psychologie: visies op integratie*. Assen: Van Gorcum.
- Weissenborn, J., Goodluck, H., & Roeper, T. (red.) (1992). *Theo-*

-
- retical issues in language acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wise, R., Chollet, F., Hader, U., Friston, K., Hoffner, E., & Frackowiak, R. (1991). Distribution of cortical neural networks involved in word comprehension and word retrieval.
 - Wundt, W. (1904). *Völkerpsychologie. I & II. Die Sprache*. Leipzig: Engelmann.
 - Wundt, W. (1907). Über Ausfrageexperimente und über Methoden zur Psychologie des Denkens. *Psychologische Studien*, 3, 301-390.
 - Wundt, W. (1908). Kritische Nachlese zur Ausfragemethode. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 11, 445-459.
 - Wundt, W. (1908a). *Allgemeine Logik und Erkenntnistheorie. Bd. 3*. Stuttgart: Fischer.
 - Wundt, W. (1914). *Grundriss der Psychologie*. Leipzig: Kröner.
 - Wundt, W. (1919). *Menschen- und Tierseele*. Leipzig: Voss.