

SNELHEID EN UNICITEIT BIJ LEXICALE TOEGANG

W.J.M. Levelt en G.B. Flores d'Arcais
Max Planck Institut für Psycholinguistik
Nijmegen
en
Rijksuniversiteit Leiden

LEXICALE TOEGANG: TWEE THEORETISCHE CRITERIA

Een van de meest fascinerende problemen uit de taalpsychologie is dat van de lexicale toegang. Bij normale conversatie worden er twee á drie woorden per seconde gesproken en verstaan, maar het gaat soms ook veel vlugger: zeven woorden per seconde is geen uitzondering. Sprekers kunnen snel en meestal moeiteloos op het juiste moment het juiste woord beschikbaar maken, en luisteraars kunnen met dezelfde vaart die woorden weer herkennen en interpreteren. Dat zijn verbluffende prestaties wanneer men zich realiseert dat spreker en hoorder die woorden moeten vinden in een zeer omvangrijk mentaal lexicon. Hoe groot dat lexicon is weten we niet precies - het hangt er een beetje van af hoe je een lexicaal element definieert - maar een schatting van 30.000 woorden is er niet meer dan een factor twee of drie naast voor een normale volwassen taalgebruiker. Het probleem van de lexicale toegang is, kort gezegd, dit: Hoe kan de spreker zo snel het juiste woord vinden voor het uit te drukken concept en hoe kan de hoorder dat woord zo snel correct herkennen wanneer het lexicon zo omvangrijk is?

Psycholinguïsten hebben allerlei interessante modellen over lexicale toegang ontwikkeld, maar het is niet de bedoeling van dit artikel die systematisch te bespreken. De taak die we ons stellen is eerst een tweetal criteria te formuleren waaraan elke theorie over lexicale toegang moet voldoen, ongeacht of het een theorie van de spreker of van de hoorder is. Gewapend met die criteria, die we het snelheids- en het uniciteitscriterium zullen noemen, zullen we dan kijken naar de kwaliteit van enkele gangbare modellen en theorieën. We doen dat eerst voor taalproductie en dan voor taalwaarneming. De conclusie zal zijn dat een enkele theorie op gespannen voet staat met het snelheidscriterium, en dat alle theorieën falen ten aanzien van het uniciteitscriterium. Daar laten we de lezer dan mee zitten, behalve dan dat er twee principes worden geformuleerd die althans de richting van een mogelijke oplossing aangeven.

Beginnen we met de formulering van de twee criteria.

Het snelheidscriterium. Het in de theorie of het model voorgestelde proces van lexicale toegang moet "in real time" kunnen verlopen, d.w.z. snelheden tot 7 woorden per seconde toelaten zonder strijdig te zijn met empirische gegevens over mentale reactietijden.

Dit criterium is behoorlijk rekbaar. Hoe lang neemt bijvoorbeeld een semantische beslissing zoals "X is een dier"? Stel dat de beoordelaar steeds een gesproken woord krijgt aangeboden en d.m.v. een drukknopreactie moet aangeven of het woord een dier aanduidt of niet. Dan vindt men, gemeten vanaf het woordbegin, reactietijden van rond een halve

seconde. Daarvan wordt ongeveer de helft gebruikt om het woord te herkennen, en nog eens rond de 100 milliseconde voor het prepareren en uitvoeren van de drukknopreactie. Er blijft dus 100 tot 200 milliseconde over voor het nemen van de semantische beslissing. Andere mentale processen lijken weer (wat) sneller of (veel) langzamer te verlopen. Het is wellicht mogelijk een eenvoudige semantische beslissing te nemen in 50 ms; 25 ms is al een zeer onwaarschijnlijke waarde, en bij 10 ms gaat het rode licht branden. Wegens zijn rekbaarheid zullen we het criterium alleen maar gebruiken om echt extreme gevallen uit te sluiten.

Het uniciteitscriterium. Het voorgestelde proces van lexicale toegang moet convergeren op het ene juiste element (als het bestaat).

Dit criterium behoeft enige toelichting. Wanneer een spreker een bepaald begrip wil uitdrukken, en zijn lexicon bevat een woord dat dat begrip precies weergeeft (in de gegeven context), dan moet het proces van lexicale toegang leiden tot de selectie van dat woord en geen ander. We nemen met E. Clark (1986) aan dat alle lexicale elementen in betekenis contrasteren; als woord i begrip I uitdrukt, dan drukt elk woord j dat van i verschilt een begrip uit dat van I verschilt. Met andere woorden, er bestaan geen echte synoniemen. Het komt natuurlijk veelvuldig voor dat er geen woord is in het lexicon dat een uit te drukken begrip precies weergeeft. Het uniciteitscriterium laat dan toe (vereist zelfs) dat het voorgestelde proces niet convergeert.

Het uniciteitscriterium moet evenzeer gelden voor een theorie van de hoorder. De hoorder moet het akoestische signaal uiteindelijk zo segmenteren dat elk segment als woord wordt herkend, en wel als het ene door de spreker met dat segment bedoelde woord.

Kijken we nu, met deze criteria in de hand, naar enkele van de belangrijkste theorieën over lexicale toegang bij taalproductie en taalverstaan.

LEXICALE TOEGANG BIJ HET SPREKEN

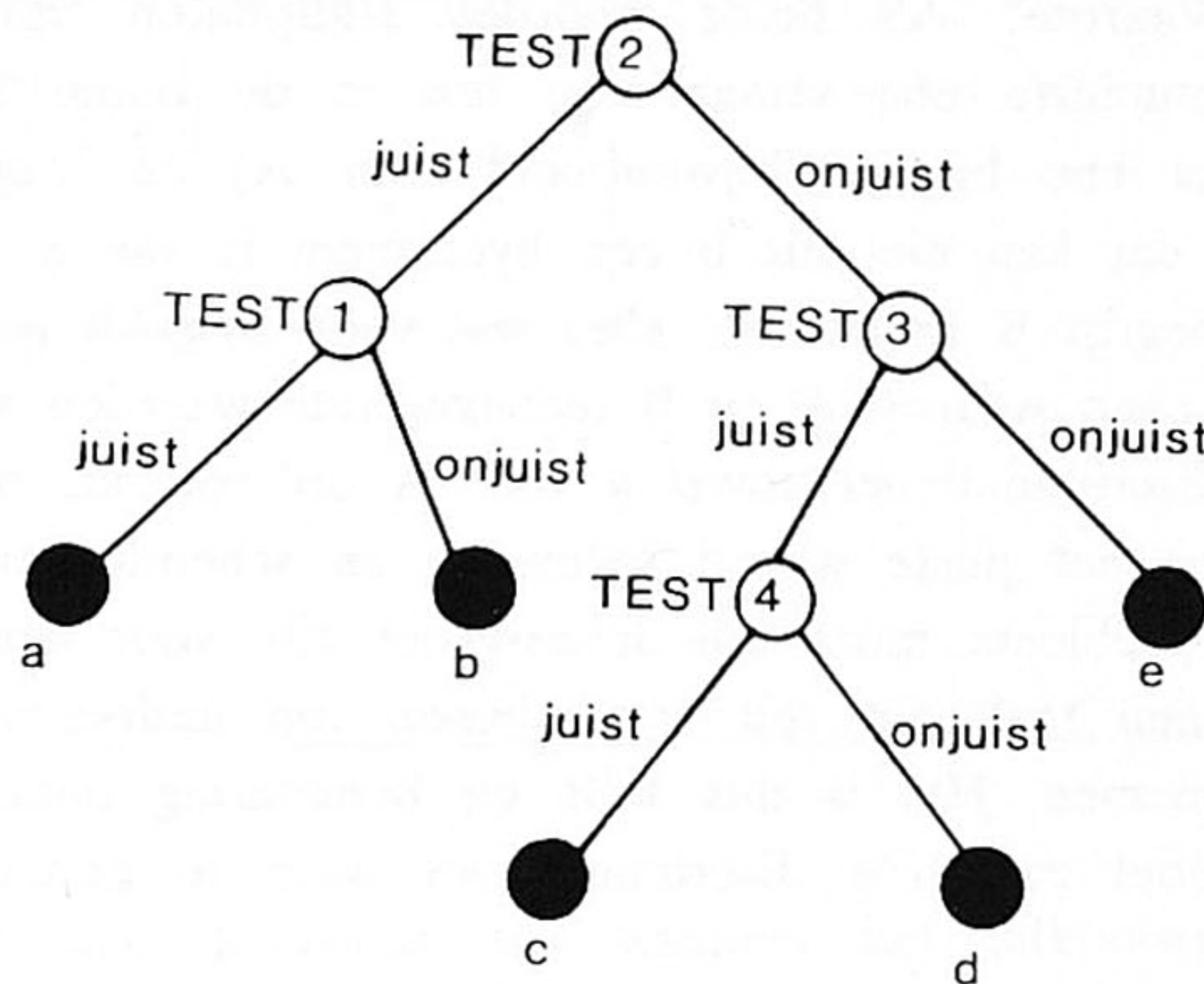
Psycholinguïsten hebben het probleem van lexicale toegang bij het spreken min of meer verwaarloosd. Met moeite zijn er een drietal benaderingen te vinden in de literatuur die het bespreken waard zijn. We zullen zien dat alle drie struikelen over het uniciteitscriterium. Het falen op dat criterium spitst zich toe op wat we het hyperniemenprobleem zullen noemen. Een woord a is een hyperniem van een woord b als het concept B dat door b wordt uitgedrukt het concept A dat door a wordt uitgedrukt impliceert. Dus beest is een hyperniem van aap, want elke aap is een beest. Oftewel: het begrip AAP impliceert het begrip BEEST. Het hyperniemenprobleem is nu het volgende: wanneer de conceptuele of semantische condities zijn vervuld voor de selectie van een specifiek woord (bijvoorbeeld aap) dan zijn ook de semantische condities vervuld voor de selectie van de hypernimen van dat woord (zoals bijvoorbeeld beest), want de semantische eigenschappen van het specifiekere woord impliceren die van het hyperniem. Een theorie van lexicale toegang moet niettemin uitsluiten dat met het woord ook een of meer hypernimen worden geselecteerd; dat zou strijdig zijn met het uniciteitscriterium. Een spreker die het begrip AAP wil uitdrukken moet niet met beest komen, of met schepsel; die woorden zijn ervoor om de begrippen BEEST en SCHEPSEL uit te drukken. De behandeling van het hyperniemenpro-

bleem blijkt de Achilles-pees te zijn van de lexicale toegangstheorieën die de moeite van het bespreken waard zijn: de discriminatie-net-theorie, de beslissingstabel-theorie, en de activatietheorieën.

De discriminatie-net-theorie.

Deze theorie is voorgesteld door Goldman (1975), maar niet als theorie van de spreker. Zijn model van lexicale selectie vormt een onderdeel van een kunstmatige taalgenerator, BABEL genaamd, die conceptuele structuren omzet in Engelstalige uitdrukkingen. Niettemin kan men zich afvragen of zo'n kunstmatige generator niet model kan staan voor een echte spreker.

FIGUUR 1 Een discriminatie-net



Figuur 1 stelt een klein discriminatienetje voor. Een discriminatienet is een binair vertakkende boom, met knooppunten en eindpunten. Elk knooppunt staat voor een semantische test, elk eindpunt voor een woord. Wanneer de spreker een bepaald concept wil uitdrukken begint hij bij het eerste knooppunt. Hij voert op het concept de semantische test uit die bij dat knooppunt hoort, en de uitkomst ervan is "juist" of "onjuist". Wanneer het concept CHIMPANSEE is, en de test DIERLIJK?, dan is de uitkomst "juist". In dat geval moet de spreker langs de linker tak verder; bij "onjuist" neemt hij de rechter tak. Bij elk knooppunt dat hij tegenkomt staat weer een nieuwe semantische test die op het concept moet worden uitgevoerd - men kan denken aan tests zoals ZOOGDIER?, ANTROPOIDE?, enz. Op grond van de uitkomst van elke test gaat de spreker steeds langs de linker of de rechter tak verder. Dat gaat zo door tot er een eindpunt wordt bereikt. Bij dat eindpunt staat het correcte woord voor het uit te drukken concept (bijvoorbeeld chimpansee). Zo'n discriminatienet is dus een soort semantische sorteermachine.

Kunnen we Goldman's binaire discriminatienet gebruiken als model voor lexicale toegang? Kijken we eerst naar het snelheids criterium. Stel dat de spreker 30.000 inhoudswoorden heeft in zijn mentale lexicon. Dan moeten er ook 30.000 eindpunten in zijn discriminatienet zitten, en de boom bevat 29.999 verschillende knooppunten. Hoeveel tests

moet een spreker achtereenvolgens uitvoeren om, gegeven een uit te drukken concept, een eindpunt te bereiken? Dat hangt van de vorm van de boom af; hoe asymmetrischer de boom, hoe "onvoordeliger". Het is gemakkelijk uit te rekenen dat voor die 30.000 eindpunten het gemiddeld aantal tests voor de voordeligste boom ongeveer $2 \log 30.000 = 14.9$ is. Voor de onvoordeligste boom ligt het gemiddelde bij 15000,5 tests. Het gemiddeld aantal successief uit te voeren tests per woord ligt dus tussen de uitersten van ongeveer 15 en 15000. Dat ziet er slecht uit voor het snelheids criterium. Wanneer specifieke woorden (met veel tests) ongeveer even vaak gebruikt worden als onspecifieke woorden (met weinig tests) dan moet een spreker bij een spreek snelheid van 4 inhoudswoorden per seconde tussen de 60 en 60.000 successieve semantische beslissingen per seconde nemen - een weinig aantrekkelijk perspectief voor een model van de spreker, maar misschien aanvaardbaar voor een artificieel genererend systeem als dat van Goldman.

Hoe zit het met het uniciteits criterium? Hieraan kan het model om principiële redenen niet voldoen; het loopt vast op het hyperniemenprobleem. Als het woord b een hyperniem is van het woord a dan is het uitgesloten dat beide woorden in hetzelfde discriminatienet gerepresenteerd zijn. Waarom? Als beide woorden eindpunten zijn van dezelfde binaire boom, dan moet er tenminste één semantische test in de boom zitten die de uitkomst "juist" oplevert voor het ene begrip (bijvoorbeeld voor A) en "onjuist" voor het andere begrip (voor B). Maar dat kan niet als b een hyperniem is van a. Dat betekent namelijk dat het begrip A het begrip B impliceert; alles wat voor B geldt geldt ook voor A. Er is geen semantische eigenschap waarop A en B tegengestelde waarden aannemen. Kortom, het is uitgesloten dat het discriminatienet zowel a voor A oplevert als ook b voor B; het kan dus niet in alle gevallen het juiste woord opleveren en schendt derhalve het uniciteits criterium. Dit principiële probleem moet ook levensgroot zijn voor een artificieel taalgenerator. Veel woorden in een taal zijn zelf hyperniemen van andere woorden, en bijna alle woorden hebben hyperniemen. Het is dus zelfs bij benadering onmogelijk om het lexicon van een taal door middel van zo'n discriminatienet weer te geven.

De beslissingstabel-theorie.

Om tegemoet te komen aan het snelheids criterium ligt het voor de hand af te stappen van successief testen, en er simultaan testen voor in de plaats te stellen. Dat hebben Miller en Johnson-Laird (1976) gedaan in hun beslissingstabel-theorie.

Figuur 2 geeft een voorbeeld van een beslissingstabel. De rijen in de bovenhelft van de tabel stellen uitkomsten van semantische tests voor; een kolommetje in de bovenhelft is een uitkomstpatroon. Voor elk concept dat de spreker wil uitdrukken worden alle tests tegelijk uitgevoerd. Dat levert een uitkomstpatroon op, een "+" wanneer de uitkomst van de test "juist" is, en een "-" wanneer die "onjuist" is. Maar het uitkomstpatroon is niet noodzakelijk helemaal relevant voor de keuze van een woord. Wanneer de uitkomst van een bepaalde test irrelevant is staat er een blanco cel in de tabel. Het relevante uitkomstpatroon kan worden opgevat als conditie voor de uitvoering van een bepaalde lexicale actie.

Welke actie dat is staat aangegeven in de benedenhelft van de tabel. De rijen staan voor lexicale acties (uit te spreken woorden). Wanneer de tests voldoen aan het relevante uitkomstpatroon boven een "x" in de tabel, moet de actie die bij die rij hoort worden uitgevoerd: het betreffende woord wordt geselecteerd. De beslissingstabel in Figuur 2 geeft bijvoorbeeld aan dat wanneer de semantische tests het uitkomstpatroon onder II opleveren, het woord b moet worden geselecteerd.

FIGUUR 2

Een beslissingstabel

semantische tests	relevante uitkomstpatronen					
	1	2	3	4	5	6
		als				
1	+	+	-		+	-
2	-	-	+	-	+	+
3	+	-		+	-	
4	+	+	-	+	-	+
<hr/>						
woorden (lexicale acties)						
a	x					
b	← dan	x	x			
c					x	
d				x		
e					x	

Dat moet volgens de tabel trouwens ook wanneer het uitkomstpatroon onder III zich voordoet. Het woord b heeft blijkbaar twee verschillende betekenissen. Het zou het woord bank kunnen zijn. Het omgekeerde doet zich voor in kolom V. Het betreffende uitkomstpatroon gaat gepaard met twee lexicale acties: het leidt tot selectie van zowel woord c als woord e. Dat is strijdig met het uniciteitscriterium; er moet dus worden afgesproken dat er geen twee of meer x-en boven elkaar verschijnen in een decisietabel. Anderzijds is er geen bezwaar tegen een situatie als in kolom VI, een uitkomst die niet met een lexicale actie, de selectie van een woord, gepaard gaat. De spreker wil blijkbaar een begrip uitdrukken waarvoor geen woord bestaat in zijn lexicon. Zulke begrippen zijn er legio. In die gevallen zal een spreker een woordgroep (zoals dode boom of tante van mijn vriendin) construeren om het begrip uit te drukken. We zouden onderaan de tabel een rij f kunnen toevoegen voor zulke syntactische acties; kolom VI zou daar dan een x in hebben.

Beschouwen we nu de twee gestelde criteria. Het snelheidscriterium levert geen problemen meer op. De semantische tests worden simultaan uitgevoerd; de langzaamste test bepaalt de decisiesnelheid. Er moeten per seconde maximaal zeven van zulke tests na elkaar uitgevoerd kunnen worden; dat klinkt realistisch.

Maar met het uniciteitscriterium blijft het tobben. De lakmoestest is weer de behandeling van het hyperniemenprobleem. Constateren we eerst dat het wel mogelijk is een term en een hyperniem samen te representeren in een beslissingstabel. In Figuur 2 is d een

hyperniem van a (het zouden de woorden dier en aap kunnen zijn). Dat is te zien aan de uitkomstpatronen in kolommen I en IV: het uitkomstpatroon van kolom I impliceert het patroon van kolom IV (het begrip AAP voldoet aan alle tests waaraan het begrip DIER voldoet). Maar daarmee beginnen de problemen. Wanneer het relevante uitkomstpatroon voor de selectie van woord a zich voordoet, zijn ook de testcondities voor de selectie van het woord d vervuld. Een spreker die het begrip AAP wil uitdrukken zal zowel het woord aap als het woord dier selecteren. Er volgen dus twee lexicale acties tegelijk, en dat is strijdig met het uniciteitscriterium. Kortom, het model van Miller en Johnson-Laird voldoet ook niet. Keren we nu naar wat wel activatietheorieen worden genoemd.

Activatietheorieen

Activatietheorieen zijn daardoor gekenmerkt dat elementen in het mentale lexicon als verwerkingseenheden worden opgevat die kunnen variëren in activatiegraad. De activatiegraad wordt verhoogd wanneer relevante invoer aan de eenheid wordt toegevoegd, en de activatiegraad daalt weer door "natuurlijk verloop" of door toevoeging van inhiberende informatie aan de eenheid. Er bestaan geen gedetailleerde activatiemodellen die beschrijven hoe de spreker, gegeven een uit te drukken concept, het juiste lexicale element in het lexicon bereikt. Het dichtste daarbij komt nog Morton's (1969) logogen-model. In dat model worden de lexicale elementen ("logogenen") geactiveerd door wat "contextinformatie" wordt genoemd, welke door het "conceptuele systeem" wordt geproduceerd. Wanneer bij de spreker een bepaald concept in geactiveerde toestand verkeert, vormen de semantische eigenschappen van dat concept contextinformatie voor de logogenen. Alle logogenen die een bepaalde affiniteit hebben tot die eigenschappen nemen toe in activatie. Stel dat het concept MEUBEL is, dan zullen de logogenen voor tafel, stoel, bank, en natuurlijk ook meubel, worden geactiveerd. Elk logogen heeft een eigen activatiedrempel. Wanneer die wordt overschreden zal het logogen "vuren", d.w.z. het maakt zijn articulatieprogramma beschikbaar. Dat wordt verzonden naar een articulatiebuffer waarin het wordt opgeslagen tot het moment dat het woord moet worden uitgesproken. Na te hebben gevuurd verliest het logogen zijn activatie (door zelfinhibitie).

Activatietheorieen gaan altijd uit van parallelle verwerking. In het logogen-model bijvoorbeeld, worden alle relevante logogenen tegelijk geactiveerd door contextinformatie. Het eerste logogen waarvan de activatie de drempelwaarde bereikt, zal vuren. Activatietheorieen staan daarom op goede voet met het snelheids criterium; er hoeft geen lange sequentie van tests te worden uitgevoerd om het juiste lexicale element te vinden.

Maar hoe varen zulke theorieën met betrekking tot het uniciteitscriterium? Vooralsnog slecht. Het hyperniemenprobleem wordt noch binnen het logogen-model, noch in andere activatietheorieën principieel opgelost. Stel dat de spreker het begrip STOEL wil uitdrukken. Het conceptuele systeem moet dan de semantische kenmerken van dat begrip als contextinformatie naar de logogenen sturen. Onder die semantische kenmerken zijn alle kenmerken van MEUBEL, want meubel is een hyperniem van stoel. Maar als zowel het logogen als ook het logogen meubel al hun activerende kenmerken krijgen aangeboden, hoe kan dan worden voorkomen dat het meubel-logogen vuurt in plaats van het stoel-logogen? Dat kan alleen maar door het logogen voor stoel een lagere drempel te geven. Algemeen gesproken: als b een hyperniem is van a, dan moet het b-logogen een hogere drempel hebben dan het a-logogen. Maar dat is strijdig met een andere en wezenlijke aanname van het logogen model, namelijk dat de drempel van een logogen een functie is van de woordfrequentie: hoe frequenter een woord gebruikt wordt, hoe lager de drempel van zijn

logogen. Er bestaat echter geen monotone relatie tussen hypernymie en woordfrequentie; als b een hyperniem is van a volgt geenszins dat $\text{freq}(b) < \text{freq}(a)$. Zo geldt wel dat $\text{freq}(\text{meubel}) < \text{freq}(\text{stoel})$, maar niet dat $\text{freq}(\text{stoel}) < \text{freq}(\text{leunstoel})$. Rosch (1975) heeft het in feite aannemelijk gemaakt dat zg. "basic level terms", zoals stoel, hond, huis, frequenter worden gebruikt dan zowel hun hyperniemen als hun hyponiemen: stoel frequenter dan zowel meubel als leunstoel, hond vaker dan zowel dier als tekkel, enzovoorts.

Samenvattend kunnen we zeggen dat theorieën over lexicale toegang bij het spreken alle falen op het uniciteitscriterium. Het struikelblok is het hyperniemen-probleem. Om dat op te lossen is het nodig om een toegangsmodel zo te construeren dat het volgende principe is geïmplementeerd:

Het specificiteitsprincipe. Van alle lexicale elementen wier semantische condities door het uit te drukken concept worden vervuld moet het meest specifieke worden geselecteerd.

Het meest specifieke woord is datgene waarvan de betekenis de betekenis van alle alternatieven impliceert. Wanneer het concept STOEL is, moet stoel worden geselecteerd en niet meubel, want stoel is in de hier gebruikte zin specifiekere dan meubel.

LEXICALE TOEGANG BIJ HET BEGRIJPEN

Het herkennen van een woord bestaat niet alleen uit het isoleren en identificeren van een akoestische of orthografische eenheid, maar ook uit het beschikbaar maken van de betekenis van die eenheid. Bij woordherkenning zijn er derhalve twee processen te onderscheiden, namelijk het proces van segmentatie en identificatie, en het proces van interpretatie. Het is niet zo dat die twee processen strikt op elkaar volgen. Vooral bij het begrijpen van gewone woorden in gesproken of geschreven taal gaan die processen hand in hand: segmenteren helpt de interpretatie, interpretatie helpt het segmenteren. Hoe die processen precies in elkaar grijpen, daarover doen allerlei theorieën de ronde. Van die lexicale toegangstheorieën zullen we er in het volgende enkele belangrijke bespreken. Daarbij zullen we ons echter weer beperken tot aspecten die direct verband houden met de centrale vraag van dit bijdrag: In welke mate voldoen die theorieën aan het snelheids- en aan het uniciteitscriterium?

Wat het snelheidscriterium betreft kan nog worden toegevoegd dat het niet alleen moet gelden voor het verstaan van gesproken taal, maar het moet ook gelden voor het lezen. Een normale volwassene kan veelal zonder moeite lezen met een snelheid van 7 tot 8 woorden per seconde. Dat is twee tot drie keer zo snel als de gemiddelde gesproken communicatie. Uit experimenten met gecomprimeerde spraak blijkt overigens dat bij die snelheden ook spraakverstaan goed mogelijk is.

Het uniciteitscriterium vereist dat er een zodanige segmentering van het aangeboden (akoestische of visuele) signaal plaats vindt dat elk segment eenduidig en correct geïdentificeerd wordt. Het is nu mogelijk om voor de theorieën die hier besproken gaan worden een probleem te formuleren dat formeel met het hyperniemenprobleem bij taalproductie overeenkomt. We zullen het het pars-pro-totoprobleem noemen. Het is een segmenteringsprobleem. Stel dat de hoorder een rij geluiden a,b,c,... krijgt aangeboden. Neen verder aan dat zowel het segment a als het segment ab als woord herkenbaar zijn (men kan denken aan de woorden last en laster). De hoorder kan nu omwille van een hoge verwerkingsnel-

heid een minimumstrategie volgen, en elk kleinste als woord interpreteerbaar segment als zodanig identificeren. Hij zal dus het woord a identificeren en interpreteren. Dat is conform het uniciteitscriterium als de spreker dat ook zo had bedoeld, maar het gaat verkeerd als de spreker niet a, maar ab (niet last, maar laster) had bedoeld te zeggen. Moet de hoorder dan een incrementele strategie volgen, d.w.z. de beslissing over een segment uitstellen tot het volgende stukje spraak is ingevoerd? In het voorbeeld zou hem dat behoeden voor de last-interpretatie, maar het behoedt hem niet voor het pars-pro-totoprobleem. De spreker kan noch a, noch ab als woord hebben bedoeld, maar abc (bijvoorbeeld lasterpraat), en het kan nog erger: abcd of abcde (lasterpraatje, lasterpraatjes). Er is in feite geen principiële bovengrens op het aantal morfemen (betekenis dragende delen) in een woord. Ofschoon er, zoals we zullen zien, wel theorieën zijn over de herkenning van polymorfeme woorden, wordt het pars-pro-totoprobleem in geen enkel model afdoende opgelost. We zullen deze paragraaf dan ook besluiten met de formulering van een principe dat geïmplementeerd zou moeten worden in theorieën van het taalverstaan, en dat formeel overeenkomt met het specificiteitsprincipe dat aan het einde van de vorige paragraaf werd geformuleerd.

Woordherkenningsmodellen kunnen ruwweg in twee klassen worden ingedeeld, zoekmodellen en activatiemodellen. In zoekmodellen wordt het juiste element opgezocht in een lijst, ongeveer zoals je een woord opzoekt in een woordenboek en er dan de betekenis bij vindt. Activatiemodellen zijn we al in de vorige paragraaf tegengekomen: lexicale elementen worden gelijktijdig geactiveerd door geeigende akoestische of visuele kenmerken. Bij voldoende activatie komt de betekenisinformatie die bij het element is opgeslagen beschikbaar. In het volgende bespreken we kort een zoekmodel, dat van Forster, en twee activatiemodellen, het logogen-model van Morton en het cohort-model van Marslen-Wilson et al.

Het zoekmodel van Forster.

Forster's (1976) "autonome zoekmodel" is een tweetrapsmodel van lexicale toegang. Wanneer een woord wordt aangeboden wordt eerst, op grond van een aantal opvallende kenmerken van dat woord (bijvoorbeeld de eerste twee letters bij gedrukte woorden, of de eerste twee of drie spraakklanken van gesproken woorden) een klaarliggend lijstje van lexicale elementen geselecteerd die die eigenschappen vertonen. Dat lijstje heet een bin. De taalgebruiker heeft een hoofd vol bins, en er is een procedure om de meest waarschijnlijke bin snel te vinden. Dat zou voor gedrukte woorden bijvoorbeeld een discriminatienet kunnen zijn waarbij elk knooppunt een alfabetische test voorstelt met 26 uitgaande takken, ongeveer als voorgesteld in Figuur 3.

In Figuur 3 komen we met drie stappen bij de BLA-bin. Die bin bevat alle woorden die met bla beginnen, maar ze zijn niet alfabetisch geordend; ze staan op volgorde van frequentie. Het meest frequente woord (blad) staat boven in de lijst, het minst frequente (blasfemie) onderin. De waarnemer vergelijkt nu het eerste woord in de lijst met de aangeboden stimulus. Wanneer die met elkaar kloppen is het woord geïdentificeerd en kan het worden geïnterpreteerd door de betekenis ervan op te zoeken in een master file. Het adres in de master file is bij elk woord in de bin aangeduid. Wanneer het item niet met de stimulus klopt wordt het volgende element op de lijst bekeken. Het zoeken gaat door tot een kloppend element is gevonden. De bin-organisatie verklaart o.a. dat hoogfrequente woorden, die boven in de lijst zitten, sneller worden herkend dan laagfrequente, die onderin zitten.

tische of fonemische tests. De gemiddelde duur van een gesproken foneem is rond 60 ms. Voor elk nieuwe spraakklank is er dus ongeveer 60 ms ter beschikking voor het uitvoeren van een test, hetgeen voldoende lijkt. Bij gesproken taal kan de waarnemer de bin dus "on line" vinden: zo gauw er twee of drie spraakklanken binnen zijn is de bin er ook. Het zoeken in de bin zal over het algemeen kort kunnen duren omdat de meest voorkomende woorden boven in de lijst staan en dus het eerst met het spraaksignaal als geheel vergeleken worden. Door de beperkte omvang van de bins zijn echt lange zoektijden uitgesloten. Kortom, Forster's model lijkt aan het snelheids criterium te kunnen voldoen (waarbij overigens opgemerkt moet worden dat het zoeken in Forster's bin-model "self-terminating" is, in tegenstelling tot zoeken in Sternberg's "exhaustive search" model).

Nu het uniciteitscriterium. Forster heeft zijn model uitsluitend getoetst aan visueel materiaal, tachistoscopisch aangeboden losse woorden (of non-woorden). Binnen die empirische beperking doet het pars-pro-totoprobleem zich om triviale redenen niet voor. De taak is namelijk om van de aangeboden stimulus te zeggen of het een woord is, dan wel om het woord uit te spreken. In die zin doet er zich geen segmenteringsprobleem voor: het te beoordelen of uit te spreken segment is als zodanig gegeven. Het model geeft bijvoorbeeld niet aan hoe een waarnemer een tekst zonder spaties zou segmenteren, noch ook hoe een gesproken tekst in woorden wordt opgedeeld.

Toch is het pars-pro-totoprobleem niet geheel onaangeroerd gebleven binnen dit theoretisch kader. Taft en Forster (1975) hebben onderzocht hoe polymorfeme woorden worden herkend. Neem een woord als herstellen. Zit dat in de bin met HER-woorden, samen met hert en hermelijn, of zit het in de bin met STE-woorden. In het laatste geval zou de waarnemer eerst het voorvoegsel her van het woord moeten afpellen, dan de bin zoeken van de stam (stel), en daarin die stam opzoeken. Het idee is dat bij elke stam ook diens morfologische afleidingen liggen opgeslagen (zoals herstellen, opstellen, instellen, enz.). Anders gezegd, het mentale lexicon is naar stammen georganiseerd. Op deze wijze wordt van de nood een deugd gemaakt. De structurering van het lexicon volgt een pars-pro-totoprincipe. De ingangen zijn stammen, en de morfologische afleidingen zijn daaromheen gegroepeerd. De waarnemer zal in eerste instantie de voor- en achtervoegsels van het aangeboden woord verwijderen, en dan de stam in het lexicon opzoeken.

Als dat snel en automatisch moet kunnen verlopen kan men problemen verwachten bij woorden als hermelijn en onzevader waar her- en on- in eerste instantie als voorvoegsels worden verwijderd, waarna er tevergeefs naar de stammen melijn en zevader wordt gezocht. Ofschoon zulke waarnemingsproblemen zich inderdaad soms blijken voor te doen, is het inmiddels voldoende aangetoond dat morfologisch complexe woorden niet alleen en uitsluitend via hun stam worden opgezocht in het lexicon (zie Cutler 1983 voor een overzicht van het betreffende onderzoek; zie ook Henderson, 1985).

Het zoekmodel, zelfs wanneer het met een morfologisch decompositiemechanisme wordt uitgebreid, biedt geen uniciteitsgarantie bij gesproken taalherkenning. Er is niets in het model dat een juiste segmentering kan garanderen voor zowel de notaris die de bank bediende als voor de notaris zag de bankbediende. In zulke gevallen is er vrijwel zeker van de stimulus (bank-bediende) onafhankelijke syntactische informatie nodig om de juiste segmentering uit te voeren.

Het logogen model

Het logogen model is in eerste instantie ontwikkeld als waarnemingsmodel. Het visuele en auditieve systeem extraheren allerlei kenmerken uit de aangeboden stimulus. Wanneer dat

een woordstimulus is, zullen alle logogens die zijn ingesteld op een of meer van die kenmerken worden geactiveerd. Het logogen dat het eerst zijn drempelwaarde bereikt zal "vuren", hetgeen nu betekent dat de woordbetekenis die in het logogen ligt opgeslagen beschikbaar komt voor verwerking door het conceptuele systeem.

Ook als waarnemingsmodel is het logogen-mechanisme een parallelle en dus snelle informatieverwerker; geen opvallende problemen dus met het snelheids criterium. Anders ligt het echter weer met het uniciteitscriterium. Het pars-pro-totoprobleem is weer levensgroot aanwezig. Wanneer akoestisch het woord laster wordt aangeboden, worden zowel alle kenmerken van last als alle kenmerken van laster geactiveerd. Waarom zou het laster-logogen dan als eerste vuren? Het enig mogelijke antwoord binnen de theorie is dat laster een hogere gebruiksfrequentie, en dus een lagere drempel heeft. Afgezien daarvan dat dit feitelijk onjuist is (zie Uit den Boogaart, 1975), zou deze redeneringswijze tot een evident onjuiste conclusie leiden ten aanzien van samengestelde woorden: De gebruiksfrequentie van een samengesteld woord zou steeds groter zijn dan die van de samenstellende delen (grondgebied frequenter dan zowel grond als gebied, samenwerken frequenter dan zowel samen als werken, enz.).

Men zou natuurlijk kunnen overwegen om weer van de nood een deugd te maken, en stellen dat er geen logogen is voor het samengestelde woord, maar dat alleen de onderdelen zijn gerepresenteerd. Het conceptuele systeem heeft dan de taak om uit de betekenis van de delen (bijvoorbeeld grond en gebied) de betekenis van het geheel (grondgebied) af te leiden. Uit experimenten van Osgood en Hoosain (1974) blijkt echter dat de meer frequente samengestelde woorden wel degelijk als lexicale eenheid zijn gerepresenteerd, en Morton (1979) neemt die conclusie over. Daarmee is het uniciteitsprobleem binnen het logogen-model onoplosbaar geworden.

Het cohort-model

Ook het cohort-model (Marslen-Wilson and Welsh 1978, Marslen-Wilson 1987) is een activatiemodel, maar het kent geen drempelbegrip. Het model is specifiek ontwikkeld voor auditieve woordherkenning. De eerste stap in het proces van woordidentificatie bestaat in de activatie van een verzameling woordkandidaten in het mentale lexicon. Zo gauw de eerste twee of drie spraakklanken van het woord geklonken hebben worden alle woorden die met die spraakklanken beginnen geactiveerd. Wanneer bijvoorbeeld het woord olifant wordt uitgesproken, dan zal in de waarnemer na detectie van de eerste twee fonemen een cohort van woordkandidaten zijn geactiveerd, waaronder olijf, olie, olijk, en natuurlijk ook olifant. Naarmate er meer stimulusinformatie binnenkomt en verwerkt wordt, kan het cohort worden gereduceerd doordat niet-compatibele kandidaten uitvallen. Wanneer olif is verwerkt door de waarnemer zitten er nog maar twee woordkandidaten in het cohort, namelijk olifant en oliefilter; er zijn geen andere Nederlandse woorden die op deze wijze beginnen. Wanneer tenslotte nog maar één kandidaat overblijft is het woord geïdentificeerd. In het voorbeeld gebeurt dat wanneer het woordinitiele stuk olifa verwerkt is. De [a] wordt het uniciteitspunt van olifant genoemd. Het zal duidelijk zijn dat dat punt geen stimuluseigenschap is, maar afhangt van de verzameling alternatieve woorden in het lexicon van de waarnemer.

Het cohort-model laat dus toe dat een woord wordt geïdentificeerd voordat het volledig gesproken is, namelijk zo gauw het uniciteitspunt is bereikt. Experimenteel onderzoek lijkt dit idee in aanzienlijke mate te ondersteunen. De goede waarnemer heeft slechts een

half woord nodig.

Het snelheids criterium is ook voor dit activatiemodel geen serieus obstakel, maar opnieuw ontstaan er problemen met het uniciteitscriterium. Wat is namelijk het geval? Het geïdentificeerde woord kan achteraf blijken onderdeel te zijn van een morfologisch complexer woord. Wanneer de spreker na olifa het woord olifant identificeert, kan achteraf blijken dat de spreker bezig was olifanten of olifantshuid te zeggen. In sommige gevallen is het eerste stukje van de woorden (zoals hier olifa) akoestisch toch enigszins verschillend voor die drie woorden, maar dat is niet helemaal systematisch het geval, en moet van geval tot geval worden aangetoond. Wanneer dat hier en in soortgelijke gevallen niet zo is, dan moet men constateren dat het uniciteitspunt meestal voorbij de woordgrens ligt. Er kan namelijk veelal nog weer een morfeem volgen (olifant - olifanten - olifantentemmer - etc.). Maar daarmee wordt de ziel uit het cohort-model geslagen. Men kan ook de oorspronkelijke notie handhaven, en aannemen dat de hoorder bij het bereiken van het uniciteitspunt een voorlopige woordidentificatie uitvoert, om die vervolgens te herzien wanneer er meer morfemen volgen die bij het woord blijken te horen.

Maar hoe kan de waarnemer weten dat een volgend morfeem nog bij het voorlopig geïdentificeerde woord hoort? Daarvoor zijn er tenminste vier bronnen van informatie. De eerste is een klankmodificatie in het voorlopig geïdentificeerde woord zelf. Daarvan bestaan weer een aantal varianten die we niet in detail zullen bespreken; we geven slechts een paar voorbeelden. Het gesproken woord zaterdag bereikt zijn uniciteitspunt bij [e]; op dat moment kan de waarnemer het identificeren. Wanneer dan verderop in het woord blijkt dat niet da maar daa gezegd wordt, kan de hoorder daaruit reeds afleiden dat er nog een morfeem gaat volgen: zaterdagen. Ander voorbeeld: de klinker in het woord stoor is langer dan die in het woord stoorzender. De hoorder kan soms aan de lengte van een klinker horen of hij bezig is met de laatste syllabe van een woord, of dat er nog meer gaat volgen. Hetzelfde geldt voor de intonatie.

De tweede bron van informatie is de aard van het morfeem dat volgt op het voorlopig geïdentificeerde woord. Wanneer de waarnemer het woord stroom heeft geïdentificeerd, en er volgt dan nog -pje, dan kan dat morfeem alleen maar bij het voorlopig geïdentificeerde woord horen; er is namelijk geen Nederlands woord dat met pje begint.

Een derde informatiebron is de syntactische context van het woord. Wanneer de spreker zegt: wat zit je nou te lumme-, dan kan de hoorder het laatste woord identificeren (lummel). Maar de syntactische context vereist hier een werkwoord; de spreker kan dus een extra werkwoordsmorfeem -en verwachten.

De vierde bron is semantisch van aard. Die zal vooral een grote rol spelen bij de identificatie van samengestelde woorden. Wanneer je hoort Jan stottert en zijn zusje heeft ook een spraak- dan is het om semantische redenen dat het door de spreker bedoelde woord niet spraak zal zijn. De hoorder kan hier een samengesteld woord verwachten, zoals spraakgebrek.

De laatstgenoemde twee informatiebronnen liggen geheel of ten dele buiten het stimuluswoord zelf; noemen we dit de context. De oplossing van het pars-pro-totoprobleem moet dus ten dele worden gezocht in eigenschappen van de woordstimulus zelf, en voor een deel in de context waarin het woord verschijnt. Er bestaat nog geen theorie van de taalwaarnemer waarin de interactie van stimulusinformatie en context zo wordt behandeld dat aan het uniciteitscriterium op zelfs maar enigszins bevredigende wijze tegemoet wordt gekomen. Theorieën over spraakwaarneming zouden, om het pars-pro-totoprobleem te omzeilen een principe moeten volgen dat ongeveer als volgt kan worden geformuleerd:

Maximaliseringsprincipe. De hoorder voert een definitieve woordidentificatie pas uit wanneer een additioneel segment hetzij een non-woord doet ontstaan, hetzij een woord oplevert dat door de context is uitgesloten.

Met andere woorden, de hoorder maakt maximaal grote woorden gegeven de vigerende context. De grote vraag is natuurlijk hoe die context structureel precies gedefinieerd moet worden, en hoe de werking daarvan in een procesmodel kan worden voorgesteld.

Wat is de moraal van dit verhaal? Op één na alle behandelde theorieën en modellen staan op goede voet met het snelheids criterium, en de ene uitzondering, de discriminatienet-theorie, was nooit expliciet bedoeld als psycholinguïstische theorie. Anderzijds blijkt het uniciteitscriterium een algemeen struikelblok te zijn. Geen enkele theorie van lexicale toegang houdt voldoende rekening met de semantische en morfologische opbouw van het lexicon. Vermoedelijk uit zich hier een neiging die bij psycholinguïsten heel algemeen te constateren is: er bestaat grote aandacht voor het verloop in de tijd van taalpsychologische processen, maar de linguïstische complexiteit van wat de taalgebruiker produceert en verstaat wordt voortdurend onderschat. Psycholinguïsten neigen meer naar de psychologie dan naar de taalkunde.

LITERATUUR

- Clark, E.V. (1987). The principle of contrast: A constraint on language acquisition. In B. MacWhinney (Ed.), *Mechanics of language acquisition: Proceedings of the 20th Annual Carnegie Symposium on Cognition*. (In press).
- Cutler, A. (1983). Lexical complexity and sentence processing. In G. B. Flores d'Arcais and R.J. Jarvella (Eds.), *The process of language understanding*. Chichester: Wiley.
- Forster, K.I. (1976). Accessing the mental lexicon. in R.J. Wales and E.C.T. Walker ((Eds.) *New approaches to language mechanisms*. Amsterdam: North Holland.
- Goldman, N. (1975). Conceptual generation. In R. Schank (Ed.), *Conceptual information processing*. Amsterdam: North Holland.
- Henderson, L. (1985). Towards a psychology of morphemes. In A.W. Ellis (Ed.), *Progress in the psychology of language*, Vol 1. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Marslen-Wilson, W.D. (1987). Parallel processing in spoken word recognition. *Cognition*, (In press).
- Marslen-Wilson, W.D. and Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10, 29-63.
- Miller, G.A. and Johnson-Laird, P.N. (1976). *Language and perception*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Morton, J. (1969) The interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76, 165-178.
- Morton, J. (1979). Word recognition. In J. Morton and J. Marshall (Eds.), *Psycholinguistic Series 2. Structures and processes*. London: Elek.
- Osgood., C.E. and Hoosain, R.
(1974). Salience of the word as a unit in the perception of language. *Perception and Psychophysics*, 15, 168-192.
- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of*

- Experimental Psychology: General*, 104, 192-233.
- Sternberg, S. (1975). Memory scanning: New findings and current controversies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27, 1-32.
- Taft, M. and Forster, K.I. (1975). Lexical storage and retrieval of prefixed words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 638-647.
- Uit den Boogaart (1975). *Woordfrequenties*. Utrecht: Oosthoek, Scheltema en Holkema.