

In dit onderzoek houden wij ons bezig met de vraag of een specifieke analyse van fonemen in distinctieve kenmerken op een adequate wijze in verband gebracht kan worden met het proces dat ten grondslag ligt aan de herkenning van deze fonemen, wanneer zij auditief (uitsluitend luisterend), visueel (uitsluitend liplezend) en audiovisueel (luisterend en liplezend gecombineerd) worden ontvangen. Mocht dit het geval zijn, dan zal deze analyse in kenmerken een zekere psychologische validiteit bezitten.

Hoofdstuk 1 is gewijd aan een korte karakterisering van een linguïstische analyse van fonemen in distinctieve kenmerken en aan de distinctieve kenmerken als eenheid in de verwerking van spraak. Wat de linguïstische analyse van fonemen betreft wordt de term systematisch foneem gebruikt, teneinde daarmee de beschrijving van discrete segmenten in termen van distinctieve kenmerken te karakteriseren. Bovendien wordt de mogelijkheid besproken om elk systematisch foneem te representeren als een kolom-matrix van classificatorische kenmerken, waarvan de rijen de distinctieve kenmerken aangeven die het foneemsegment optimaal specificeren. Wij geven een korte beschrijving van het door Chomsky en Halle ontwikkelde systeem van distinctieve kenmerken (het CH systeem), dat gebruikt is om aan de verschillende medeklinkers en klinkers die in dit onderzoek in beschouwing zijn genomen, een beschrijving in termen van distinctieve kenmerken te geven. Uitgaande van het distinctieve kenmerk als eenheid in de verwerking van spraak, bespreken wij een deel van de literatuur die direct of indirect evidentie verschaft voor de rol van de distinctieve kenmerken in de verwerking van spraak. Deze evidentie resulteert uit een verscheidenheid van onderzoeken met betrekking tot de productie, de perceptie en het onthouden van spraak. Vervolgens wordt een voorlopig model besproken dat de initiële perceptuele analyse van CV syllaben die auditief, visueel en audiovisueel worden ontvangen, tot uitdrukking brengt. Het begrip "relatieve graad van discrimineerbaarheid van een kenmerk" wordt geïntroduceerd, teneinde het gemak aan te geven waarmee uit een vervormd spraaksignaal (o.a. tengevolge van ruis of gehoorsstoornis in het geval van

de luisteraar), de informatie is te putten die indicatief is voor het onderbrengen van de stimulus in een bepaalde categorie van dit kenmerk. De relatieve graad van discrimineerbaarheid van een kenmerk wordt beschouwd in relatie tot de relatieve verwarringsfrequentie van CV syllaben in elk van de drie aanbiedingsmodaliteiten. Er wordt verondersteld, dat vanwege het verschil in relatieve discrimineerbaarheid van de kenmerken naar gelang van deze aanbiedingscondities, de patronen van de verwarringen tussen de CV syllaben over de condities (auditief, visueel en audiovisueel) zullen verschillen. Vooral met betrekking tot de audiovisueel ontvangen stimuli wordt er een interactieproces verondersteld, waarin de discrimineerbaarheid van een kenmerk kan worden opgevat als een functie van de discrimineerbaarheden van hetzelfde kenmerk, wanneer spraak uitsluitend auditief en uitsluitend visueel wordt ontvangen. De relatie tussen de initiële perceptuele analyse in termen van distinctieve kenmerken en het verdere herkenningsproces, is het centrale geschilpunt waarover de hoofdstukken 2, 3 en 4 handelen.

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de relatie tussen de analyse van fonemen in distinctieve kenmerken en de verwarring tussen deze fonemen in een herkenningstaak. Deze relatie is vanuit twee verschillende gezichtspunten benaderd. Ten eerste werd een clusterprocedure (Johnson, 1967) toegepast teneinde een hiërarchische representatie van de verwarringen tussen fonemen te verkrijgen. Deze hiërarchie is een naar niveau opklimmende sequentie van clusterings (elkaar niet overlappende sequenties van clusters). Elk van deze clusterings werd gekoppeld aan een bepaald distinctief kenmerk. Deze koppeling werd als succesvol beschouwd wanneer op het betreffende clusteringsniveau in elk van de clusters de daarin voorkomende fonemen gepartitioneerd konden worden in twee subclusters, de ene corresponderend met de plus (+) en de andere met de min (-) categorie van het kenmerk. In het merendeel van de uitgevoerde analyses (Experimenten 1 t/m 6) kon één van de kenmerken die de verschillen tussen de onderzochte fonemen beschrijven, overtuigend in verband worden gebracht met een bepaalde clustering in de hiërarchische representatie. Zo werd er op basis van de sequentie van de clusterings in de hiërarchische representatie een rangordening verkregen voor de distinctieve kenmerken, die met succes gekoppeld werden aan de verschillende clusterings in de hiërarchie. De representatie in hiërarchische clusterings

suggereert een hiërarchische ordening van distinctieve kenmerken, overeenkomstig hun relatieve graad van discrimineerbaarheid die kleiner is naarmate de bijdrage van het kenmerk tot de verwarring tussen de fonemen in kwestie groter is. Aangezien de hiërarchische clusteranalyses van de verwarringsmatrices structureel verschillen naar gelang zij gebaseerd zijn op auditief, visueel en audiovisueel ontvangen CV syllaben (Experimenten 1, 2, 3, 4, 5 en 6) schijnen de ordeningen van de betrokken kenmerken op grond van hun relatieve discrimineerbaarheid te verschillen als een functie van de aanbiedingsmodaliteiten. Over het geheel genomen bleek uit de clusteranalyses dat distinctieve kenmerken beschouwd kunnen worden als belangrijke eenheden in de verwerking van spraak en dat het verwarringspatroon van fonemen de relatieve discrimineerbaarheid van de betreffende distinctieve kenmerken weer spiegelt. Deze eerste benadering van de relatie tussen de analyse in distinctieve kenmerken en het verwarringspatroon van fonemen werd min of meer gebaseerd op een interpretatieparadigma, terwijl de tweede benadering van deze relatie een hypothese-toetsend paradigma hanteert. In dit geval hebben wij een sequentieel eliminatieprincipe gepostuleerd op grond waarvan de waarschijnlijkheid van een bepaalde respons in relatie gebracht kon worden met de relatieve discrimineerbaarheid van de distinctieve kenmerken. Volgens dit principe worden distinctieve kenmerken serieel en in een vaste volgorde verwerkt. Na de verwerking van een kenmerk wordt een deel van de verzameling van respons-alternatieven geëlimineerd (verworpen deel) en het andere deel wordt verder in beschouwing genomen (aanvaard deel). Het verwerken van andere kenmerken zal leiden tot verdere eliminatie van alternatieven totdat er slechts één alternatief overblijft, dat dan als respons gegeven wordt ("zelf-eindigende wijze van kenmerkenverwerking"). Nu werd de hypothese geformuleerd, volgens welke, gegeven het sequentiële eliminatieprincipe, elke verwarringsmatrix gebaseerd is op een bepaalde boomvormig georganiseerde beslissingsstructuur waarin de kenmerken worden afgewerkt in een volgorde, die overeenkomt met hun relatieve discrimineerbaarheid: kenmerken met een hogere graad van discrimineerbaarheid worden het eerst verwerkt. De boomvormige beslissingsstructuur vooronderstelt een wijze van verwerken van kenmerken die serieel en in een vaste volgorde geschiedt en waarin het mogelijk is het proces te beëindigen voordat alle kenmerken

zijn verwerkt. De hypothese van een aan het herkenningproces ten grondslag liggende, boomvormige beslissingsstructuur werd getoetst door voor dezelfde verzameling verwarringsdata verschillende verwarringsmatrices te voorspellen; elke voorspelde verwarringsmatrix was gebaseerd op een boomvormige beslissingsstructuur die correspondeert met één van de mogelijke permutaties van de kenmerken in kwestie. Deze hypothese werd door de experimentele data duidelijk ondersteund. Dit betekent dat (1) het sequentiële eliminatieprincipe dat aan de boomvormige beslissingsstructuur ten grondslag ligt kan worden geaccepteerd, (2) er evidentie is voor een wijze van verwerking van kenmerken, die serieel is, in een vaste volgorde geschiedt en zich zelf beëindigt, (3) de graad van verwarring tussen spraakklanken in verband gebracht kan worden met de relatieve graad van discrimineerbaarheid.

Tot besluit van de discussie werd het sequentiële eliminatieprincipe beschouwd als een speciaal geval van een omvangrijker model dat "Elimination by Aspects" wordt genoemd. Als gevolg hiervan stonden wij voor het probleem, om op grond van onze gegevens een duidelijke keuze te maken tussen het model van sequentiële eliminatie en alternatieve keuze-theorieën die gebaseerd zijn op het keuze-axioma van Luce. In een poging het sequentiële eliminatie-model aannemelijker te maken gingen we na of de "constant-ratio rule" kon worden verworpen. Aangezien dit niet het geval was, bleef de mogelijkheid open alternatieve modellen te gebruiken teneinde er mee verantwoording te geven van het beslissingsproces dat aan het herkennen van fonemen ten grondslag ligt. In hoofdstuk 4 wordt verder op dit probleem ingegaan.

In hoofdstuk 3 bespraken wij de interactie tussen luisteren en liplezen bij audiovisuele perceptie van spraak. Uit een overzicht van de literatuur over audiovisuele interactie blijkt dat de combinatie van luisteren en liplezen in het algemeen de verstaanbaarheid doet toenemen. Hoewel dit bevestigd is in vele onderzoeken, is de aard van het interactieproces nimmer onderzocht. In het resterende deel van dit hoofdstuk worden drie verschillende voorstellen met betrekking tot de aard van de interactie die ten grondslag ligt aan het gecombineerde effect van luisteren en liplezen, aangeboden en getoetst. De gedane voorstellen hadden slechts betrekking op een wijze van interactie waarin de discrimineerbaarheid van een kenmerk in audiovisuele spraak-

waarneming wordt uitgedrukt als een functie van de discrimineerbaarheid van hetzelfde kenmerk in de auditieve en de visuele spraakwaarneming. Gelet op de boomvormige beslissingsstructuur die ten grondslag ligt aan een verwarringsmatrix (zie hoofdstuk 2), betekent dit dat de combinatieregel de waarschijnlijkheid van de plus of min categorie van een kenmerk in de audiovisuele perceptie van spraak behoort te voorspellen. De aldus voorspelde waarschijnlijkheid van elk van de categorieën van het kenmerk (de takken van de boomvormige beslissingsstructuur) werd gebruikt bij het voorspellen van de verwarringsmatrix. Dit geschiedde voor verwarringsmatrices verkregen uit zowel meer- als twee-keuzetaken (Experimenten 1 t/m 6 respectievelijk Experimenten 6 en 7). Hoewel de voorspellingen resulterend uit elke van de drie combinatieregels niet werden geschonden door de experimentele gegevens, werd niettemin die combinatieregel welke de relatief beste resultaten gaf, als de meest redelijke interpretatie gekozen. Dit bleek de "Maximization" regel te zijn, die stelt dat in de audiovisuele aanbieding van spraak voor elk kenmerk de modaliteit wordt gekozen, waarin de kans op het juist herkennen van het kenmerk het hoogst is, terwijl de andere modaliteit niet wordt benut. Met andere woorden, op het niveau van de categorieën van de kenmerken wordt in het herkenningsproces de informatie uit slechts één modaliteit gebruikt. Bovendien kon dezelfde interpretatie binnen één en dezelfde modaliteit ook gegeven worden aan de interactie van informatie afkomstig van verschillende kenmerken, namelijk, in die gevallen waarin verschillende kenmerken kunnen leiden tot eenzelfde partitionering van een verzameling fonemen.

Hoofdstuk 4 is gewijd aan een gedetailleerde discussie over de wijze waarop kenmerken worden verwerkt. Hoewel de tot nog toe vergaarde experimentele evidentie niet in tegenspraak was met de "serial/self-terminating/fixed order"-verwerkingswijze van kenmerken, achtten wij die evidentie niet van beslissende aard. Deze verwerkingswijze is er namelijk één uit een geheel van acht verschillende wijzen van het verwerken van distinctieve kenmerken. Het eerste deel van het hoofdstuk werd daarom gewijd aan een directe toetsing van de bewering dat voorspellingen gebaseerd op de "serial/self-terminating/fixed order"-verwerkingswijze beter overeenkomen met experimentele resultaten dan voorspellingen vanuit de andere verwerkingswijzen. De predicties werden afgeleid

uit de reactietijden die verkregen waren bij oordelen over het "gelijk" dan wel "ongelijk" zijn van paarsgewijs aangeboden stimuli. In Experiment 8 waren dit paren van CV syllaben die enkel naar de klinker verschilden. Wat betreft de reactietijden voor het oordeel "ongelijk", ondersteunen de resultaten de voorspellingen die gebaseerd zijn op twee verwerkingswijzen van kenmerken waaronder de "serial/self-terminating/fixed order"-verwerkingswijze. Een beslissing ten gunste van deze laatste verwerkingswijze van kenmerken kon worden genomen op basis van de bevestiging van de voorspellingen betreffende de reactietijden waarmee de gelijkheidsoordelen werden gegeven. Bovendien konden, door deze verwerkingswijze te accepteren, de tijden, waarin de gelijk- of ongelijkheidsoordelen werden gegeven in de audiovisuele conditie, op correcte wijze op basis van de "Maximization rule" (zie hoofdstuk 3) worden voorspeld vanuit de oordeelstijden, verkregen in de uitsluitend auditiële en uitsluitend visuele aanbiedingsconditie. Het tweede deel van het hoofdstuk betreft de toetsing van een rechtstreekse implicatie van de "serial/self-terminating/fixed order"-verwerkingswijze. Reactietijden, verkregen voor CV syllaben die werden aangeboden in een herkenningstaak werden geïnterpreteerd op basis van de boomvormige beslissingsstructuur die ten grondslag ligt aan de verwarringsmatrix. De resultaten van de Experimenten 9, 10 en 11 waren niet in tegenspraak met de bewering dat de boomvormig georganiseerde beslissingsstructuur een weerspiegeling is van de "serial/self-terminating/fixed order"-wijze van de verwerking van kenmerken. Er wordt aangetoond dat, gegeven de boomvormige beslissingsstructuur, (1) de gemiddelde reactietijd voor een correcte herkenning van een CV syllabe toeneemt met het aantal te passeren knopen langs het pad van de wortel naar het terminale, uit een element bestaande, cluster; (2) de reactietijden van een bepaalde respons onafhankelijk zijn van de juistheid daarvan; (3) de waarschijnlijkheden van aan de takken van de boom gekoppelde categorieën van het kenmerk gebruikt kunnen worden voor de beschrijving van een fundamentele relatie tussen de gemiddelde reactietijd van een keuze en de relatieve discrimineerbaarheid van een kenmerk; (4) de reactietijden van de correcte herkenningen van CV syllaben die slechts naar een kenmerk verschillen gelijk zijn.

Hoofdstuk 5 is gewijd aan een discussie over de relatie tussen de lin-

guïstische structuur, i.c. de beschrijving van de fonemen door middel van distinctieve kenmerken, en taalgedrag, i.c. het herkennen van de in een van de drie condities aangeboden fonemen. In de discussie wordt gepoogd duidelijk te maken in welk opzicht de analyse van fonemen in distinctieve kenmerken relevant is voor het herkennen van die fonemen. Als model voor de wijze waarop fonemen zijn gerepresenteerd in de hersenen stellen wij de linguïstische theorie met betrekking tot de "gemarkeerdheid" van kenmerken voor, maar aan de toetsing van de psychologische validiteit daarvan gaat de bespreking van een tweetal problemen vooraf. Het eerste probleem betreft de specificaties van de plus (+) of min (-) categorie van een kenmerk die worden gehanteerd teneinde daarmee de verschillen tussen fonemen in de terminologie van een binair codeersysteem te beschrijven. Wij laten zien op welke wijze uit herkenningsgegevens een stelsel van specificaties van kenmerken kan worden opgesteld voor een bepaalde verzameling van fonemen. Dit geschiedt door toepassing van de sequentiële eliminatieprocedure uit hoofdstuk 2 op alle specificaties van de kenmerken die voor die fonemen mogelijk zijn. Elke overwogen specificatie van de kenmerken resulteert in een boomdiagram dat een adequate weerspiegeling is van een van de mogelijke ordeningen van de kenmerken. De specificatie van de kenmerken die via de op basis daarvan voorspelde verwarringsmatrix optimaal paste bij de verkregen verwarringsmatrix werd als de juiste specificatie voor de onderhavige fonemen beschouwd (Experimenten 4 en 11).

Het tweede probleem betreft de relatie die er gelegd kan worden tussen zulk een specificatie van kenmerken en een specificatie op basis van een fonologisch systeem van kenmerken. Er werd verondersteld dat een optimaal systeem van kenmerken een weerspiegeling is van de wijze waarop de spraakwaarnemer de fonemen interpreteert (de voorspellende kracht van het systeem) in een verscheidenheid van taken (de algemeenheid van het systeem). Indien het CH systeem in deze zin kan worden opgevat als een optimaal systeem van kenmerken dan kan men stellen dat fonemen volgens een binair codeersysteem in het geheugen worden gecodeerd.

Als evenwel twee verschillende classificatie-matrices worden ondersteund door gegevens uit het taalgedrag, bijvoorbeeld de ene door auditief ontvangen spraak en de andere door visueel ontvangen spraak, doet zich het probleem voor van de keuze van een strict binaire clas-

sificatiematrix die gebruikt kan worden als een optimale analyse van de onderhavige fonemen in kenmerken. Er wordt als oplossing voorgesteld een aan het herkenningproces ten grondslag liggend classificatiesysteem aan te nemen, waarin bepaalde dominantierelaties tussen kenmerken bestaan en dat gemodificeerd wordt door bepaalde acoustische en visuele gedragsfactoren. Dit leidt tenslotte tot een discussie over de theorie van "gemarkeerdheid" die wij voorstellen als een beschrijving van de gemeenschappelijke, aan het verwerkingsproces ten grondslag liggende basisrepresentatie, die, naar wij aannemen, het interne codeersysteem is voor het uitspreken van fonemen. In deze theorie worden de dominantierelaties tussen kenmerken expliciet geformuleerd. Na een overzicht van enige in de literatuur beschreven evidentie betreffende de rol van de dominantie van kenmerken bij het spreken (zoals ook in de spraakverwerving en spraakpathologie), bespreken wij discrepanties tussen onze herkenninggegevens (permutaties van kenmerken die ten grondslag liggen aan de verwarringsmatrices) enerzijds en de fonologische hiërarchie van kenmerken zoals die gebaseerd is op de theorie van "gemarkeerdheid" anderzijds. De discrepanties blijken het grootst voor de gegevens, verkregen in de visuele conditie; de acoustische resultaten daarentegen stemmen nauw overeen met de theoretische ordening der kenmerken. Hoewel men op grond hiervan ertoe zou kunnen komen de interne representatie als in wezen acoustisch te beschouwen, suggereren wij dat het verkieslijk is deze resultaten te interpreteren vanuit de gezichtshoek van een articulatorisch codeersysteem. Er hoeven dan slechts enkele simpele additionele gedragsfactoren te worden geïntroduceerd voor een nauwkeurige beschrijving van de gegevens, verkregen in de auditieve conditie, terwijl de visuele aanbiedingsmodaliteit een veel complexere uitbreiding behoeft.