

LEZEN EN SPELLEN VOLGENS HET FONOLOGISCH COHERENTIEMODEL

Anna M. T. Bosman

Afdeling Pedagogische Wetenschappen en Onderwijskunde
Sectie Orthopedagogiek: Leren en Ontwikkeling
Katholieke Universiteit Nijmegen

INLEIDING

Onderzoek naar lezen en spellen kent een lange traditie. De eerste studies op het terrein van de visuele woordherkenning vonden plaats in de 19e eeuw (Cattell, 1986). Twee decennia later publiceerde Edmund B. Huey (1908) het eerste overzichtswerk over lezen, dat nog steeds heel leesbaar is en zoals later zal blijken correcte informatie blijkt te bevatten. Het duurde echter tot de jaren 60, het begin van de cognitieve revolutie, voordat het onderzoek naar leesprocessen een grote vlucht nam. Inmiddels wordt het wetenschappelijk leesonderzoek gedomineerd door twee typen verklaringen, een cognitivistische, het "twee-routenmodel" en een dynamische, het "fonologisch coherentiemodel".

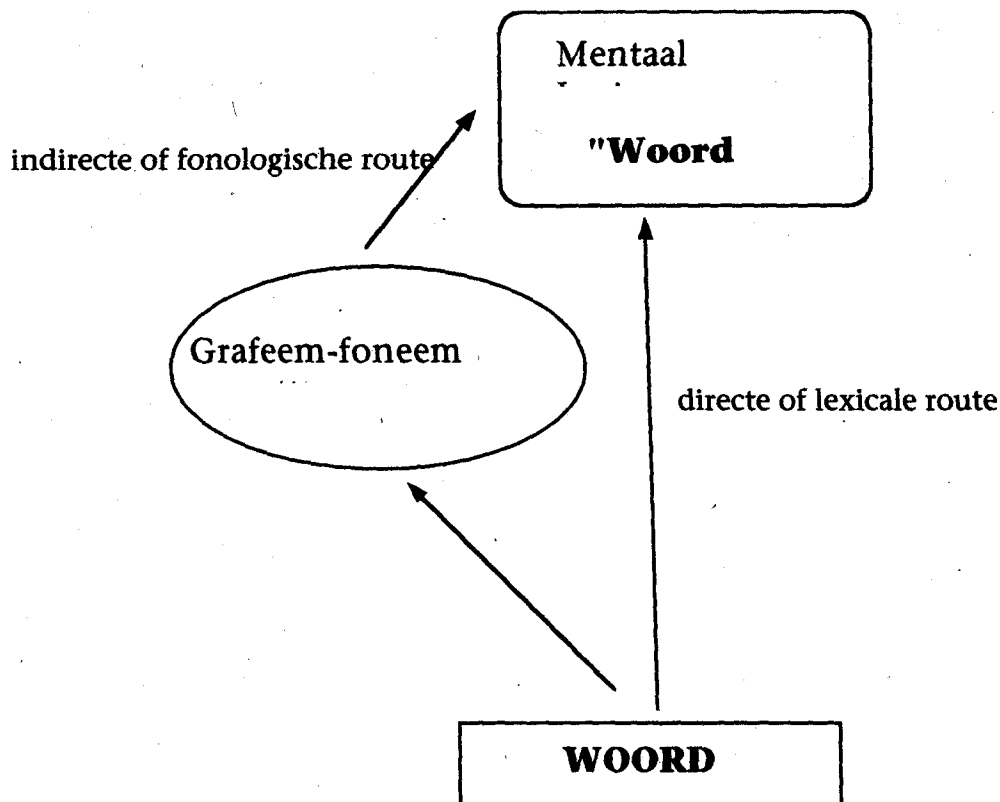
In deze bijdrage zal ik beginnen met de bespreking van het twee-routenmodel, zoals geformuleerd door Coltheart (1978). Tot voor kort was het twee-routenmodel de meest populaire verklaring voor het lezen van woorden. Ik zal laten zien welke bevindingen door het model verklaard kunnen worden, maar ook welke experimentele feiten aangeven dat het model misschien toch haar langste tijd heeft gehad. Hierbij zal ik gebruik maken van experimentele gegevens van collega onderzoekers, maar mij ook baseren op bevindingen uit mijn promotie-onderzoek. Vervolgens zal ik een beschrijving geven van het fonologisch coherentiemodel, zoals geformuleerd door Van Orden, Pennington, en Stone (1990). Dit model is een alternatieve verklaring voor lees- en spellingprocessen en kan de voorhanden zijnde feiten beter verklaren. Bovendien verschaft het model een geïntegreerde verklaring voor lezen en spellen en verklaart het model waarom spellen moeilijker is dan lezen. Deze bijdrage zal afgesloten worden met een aanwijzing hoe dyslexie volgens het fonologisch coherentiemodel begrepen zou kunnen worden.

HET TWEE-ROUTEMODEL

Cognitivistische (lees)modellen stelen op de aanname dat de menselijke geest werkt als een computer. Net als de computer krijgen de hersenen invoer aangeboden, bijvoorbeeld een stimulus in de vorm van een woord. Deze invoer wordt door het relevante zintuig opgepikt, in dit geval het oog, en voor verdere verwerking gereed gemaakt. De hersenen functioneren vervolgens als een complexe rekenmachine die de stimulus verwerken en die wanneer dat gevraagd wordt een response voorbereiden en uitvoeren, bijvoorbeeld het hardop lezen van het woord. Het twee-routemodel is stevig verankerd in deze traditie van computationele informatieverwerking.

De generieke vorm van het twee-routemodel wordt gepresenteerd in Figuur 1. In dit model wordt verondersteld dat er twee manieren zijn om een woord te lezen. De eerste is het successievelijk van links naar rechts omzetten van elke letter of grafeem van het woord in de klank of foneem. In het geval het woord KAT gelezen wordt, zal de grafeem-foneem omzetter, die als invoer de letterreeks K, A, T, krijgt, het grafeem K omzetten in het foneem /k/, daarna het grafeem A in het foneem /a/, en tenslotte het grafeem T in het foneem /t/. Na grafeem-foneemomzetting vindt een synthese plaats van de afzonderlijke fonemen, die

leidt tot de totale klank van het woord Kat. De klank van het woord Kat is de uitvoer van de grafeem-foneem omzetter die vervolgens de input is voor het mentale lexicon, een soort woordenboek waarin naast de spelling van een woord ook de betekenis en de uitspraak van het woord opgeslagen is. Gewoonlijk wordt verondersteld dat tijdens lezen de betekenis van het woord geactiveerd wordt. Dit kan in het twee-routemodel uitsluitend plaatsvinden als er lexicale toegang tot stand is gekomen, dat wil zeggen als de informatieverwerking het niveau van het mentale lexicon heeft bereikt. Anders gezegd, als de output van de grafeem-foneem omzetter de betekenisrepresentatie in het mentale lexicon activeert. Deze leeswijze wordt ook wel aangeduid met de fonologische of indirecte route.



Figuur 1. Het twee-routemodel

De tweede manier om een woord te lezen is het direct activeren van de spellingrepresentatie in het mentale lexicon die op haar beurt de betekenisrepresentatie activeert, zonder dat er eerst een fonologische omzetting plaatsvindt. Deze route in het model wordt ook wel aangeduid met de lexicale of directe weg. De termen 'direct' en 'indirect' refereren aan de veronderstelling dat de fonologische of indirecte route meer tijd kost en dus minder efficiënt is dan de lexicale of directe route.

De reden waarom er twee routes worden verondersteld, een vrij efficiënte lexicale en een minder efficiënte fonologische route, vloeit voort uit de aanname dat alleen van woorden die men relatief vaak heeft gelezen een spellingrepresentatie is opgeslagen in het mentale lexicon. Van een ervaren Nederlandse lezer wordt verondersteld dat deze spellingrepresentaties heeft in het mentale lexicon van woorden als de, het, een, van, gaat, stoel, etc., maar niet van trant, boekenlegger, en oxymoron. Alleen woorden die een spellingrepresentatie hebben in het mentale lexicon kunnen via de directe route gelezen worden. Woorden die men zelden of nooit gezien heeft en letterreeksen die niet bestaan,

de zogenaamde pseudowoorden, bijvoorbeeld gleus en klaug, moeten via de indirecte route gelezen worden.

Er zijn enkele robuuste feiten die goed door het twee-routemodel verklaard kunnen worden, maar er is ook een zeer belangrijke bevinding die het fundament van het model, namelijk de noodzaak van twee onafhankelijke routes, aantast. Eerst zullen enkele bevestigende bevindingen worden gepresenteerd.

Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat proefpersonen bestaande woorden sneller oplezen dan pseudowoorden. Dit fenomeen wordt ook wel aangeduid met het lexicaliteitseffect (Frederiksen & Kroll, 1978). Dit wordt in het twee-routemodel verklaard uit de veronderstelling dat pseudowoorden altijd via de indirecte of fonologische route gelezen dienen te worden. Er zijn immers geen mentale representaties van pseudowoorden in het mentale lexicon. Daarentegen kunnen woorden zowel door de fonologische als de lexicale route gelezen worden. Vooral door gebruik te maken van de lexicale route kan er behoorlijke tijdwinst geboekt worden; deze is immers sneller is dan de fonologische.

Hoogfrequente woorden, woorden die veel in de taal voorkomen, worden sneller opgelezen dan laagfrequente woorden, woorden die weinig in geschreven taal voorkomen. Deze zeer betrouwbare bevinding wordt aangeduid met het frequentie-effect. Het frequentie-effect werd voor het eerst werd gerapporteerd door Cattell in 1886. Ook dit effect wordt verklaard door de veronderstelling dat laagfrequente woorden alleen gelezen worden door gebruik te maken van de fonologische route, omdat er geen mentale representatie voorhanden is. De hoogfrequente woorden zijn daarentegen bevoordeeld omdat zij een spellingrepresentatie in het mentale lexicon hebben die het mogelijk maakt om deze woorden via de directe of lexicale route te lezen.

Een derde effect dat een aanwijzing verschaft voor de waarschijnlijkheid van het model is het regelmatigheidseffect. Woorden die gespeld worden volgens de grafeem-foneemomzettingsregels worden sneller opgelezen dan woorden die een uitzondering vormen op die regel, bijvoorbeeld het woord Jas wordt sneller opgelezen dan het woord Jus. Vooral voor laagfrequente woorden die geen spellingrepresentatie hebben in het mentale lexicon is het zeer nadelig wanneer deze niet volgens de grafeem-foneemomzettingsregels worden gespeld. Dit effect is zorgvuldig onderzocht in de Engelse taal, een taal waarin veel meer woorden niet conform de uitspraak gespeld worden dan bijvoorbeeld in het Nederlands of Spaans. In het Nederlands wordt de groep onregelmatige woorden voornamelijk gevormd door leenwoorden; bijvoorbeeld, Steak, Pizza, Quiche, en Cous-Cous.

Tegenover deze bevindingen die de juistheid van het twee-routemodel onderschrijven staan een groot aantal experimentele feiten die erop wijzen dat lezen zonder gebruik te maken van de klank van woorden niet mogelijk is of niet plaats vindt. Als lezen zonder fonologie niet mogelijk is dan is er geen reden om twee onafhankelijke routes te veronderstellen en blijkt een fundamentele veronderstelling ten aanzien van het leesproces dus onjuist.

Een van de eerste aanwijzingen dat lezen zonder gebruik te maken van de fonologie moeilijk was werd door Van Orden zelf verschaft in zijn inmiddels beroemde publicatie van 1987. Hij liet zeer ervaren lezers, studenten aan de universiteit, een semantische categorisatietask uitvoeren. Bij deze taak moeten proefpersonen aangeven of een woord dat zij via een computerscherm krijgen aangeboden tot een tevoren bepaalde semantische categorie behoort. Zo moesten de proefpersonen aangeven of de woorden TULIP (ja) en ROBS (nee) tot de semantische categorie 'Flowers' behoren. Hij had echter in deze taak ook een woord opgenomen, namelijk ROWS, dat weliswaar niet tot de semantische categorie 'Flowers' behoort, maar dat wanneer het uitgesproken wordt de klank heeft van het bestaande en correcte woord ROSE. Uit de resultaten bleek dat de proefpersonen in het onderzoek van Van Orden vaker ten onrechte aangaven dat ROWS tot de categorie 'Flowers' behoorden dan ROBS. Kennelijk verklankten deze zeer ervaren lezers de aan hen

gepresenteerde woorden, een proces dat hen op het verkeerde been zetten, maar waaraan ze blijkbaar toch geen weerstand konden bieden.

In een ander onderzoek liet Van Orden e.a. (1992) zien dat ervaren lezers in een woordbeslissingstaak een zelfde soort fout maakten. In een woordbeslissingstaak krijgen proefpersonen woorden (bijvoorbeeld, GOUD of GEIT) en pseudoworden (GOUN of GEIP) op een computerbeeldscherm aangeboden. Aan hen de taak om zo snel mogelijk te beslissen of de letterreeks een bestaand of niet bestaand woord is. In dit geval presenteerde Van Orden naast woorden en pseudoworden echter ook zogenaamde pseudohomofonen. Pseudohomofonen zijn letterreeksen die niet bestaan, maar die wanneer ze uitgesproken worden tot de klank van een bestaand woord leiden; voorbeelden zijn GIJT, TAUW, PEG en CHROOT. Uit zijn onderzoek bleek dat ervaren lezers vaker ten onrechte pseudohomofonen als GIJT klassificeerden als een bestaand woord dan pseudoworden als GEIP. In het geval van pseudohomofonen is de klank van een bestaand woord bewaard gebleven, terwijl dit bij de pseudoworden niet het geval is. Opnieuw toonde hij aan dat ervaren lezers moeilijk konden ontsnappen aan de neiging om het woord te verklanken, terwijl dit feitelijk de taak bemoeilijkt.

Een zelfde effect vond hij toen hij proefpersonen teksten liet lezen waarin zowel pseudohomofonen als pseudoworden zaten. Toen hij hen vroeg om de tekst te lezen en alle fout gespelde woorden aan te kruisen, misten zij meer pseudohomofonen dan pseudoworden.

In mijn eigen onderzoek (Bosman, 1994; 1996) heb ik dezelfde taken uitgevoerd met beginnende lezers uit Groep 3. Ook beginnende lezers die zeer vertrouwd zijn met de correcte spelling van woorden, op een spellingtest was de gemiddelde score 95%, maken veel meer fouten wanneer hen pseudohomofonen worden aangeboden dan pseudoworden.

Naast deze taken heb ik zelf ook een taak ontwikkeld om het effect van de klank van woorden op het lezen zichtbaar te maken. Deze taak staat nu bekend onder de naam "eerste-lettertaak". Proefpersonen wordt gevraagd om zo snel mogelijk de eerste letter van een woord dat op het computerbeeldscherm wordt gepresenteerd te zeggen. Er wordt benadrukt dat het woord niet gelezen hoeft te worden. In een van mijn experimenten werden drie typen drieletterige pseudoworden gebruikt die allemaal begonnen met een klinker. De eerste groep pseudoworden begon met een enkele klinker gevolgd door twee medeklinkers, bijvoorbeeld ARP. De tweede groep begon met een dubbele klinker gevolgd door een medeklinker, bijvoorbeeld AAB. De derde groep begon met een gemengde dubbele klinker gevolgd door een medeklinker, bijvoorbeeld AUP.

Als aan beginnende lezers en zeer ervaren lezers gevraagd werd om zo snel mogelijk de eerste letter te zeggen van elk woord, waarbij ze de letterklank gebruikte, bleek dat zij sneller de eerste letter van ARP zeiden dan van AAB en AUP. In het geval de letterklank gebruikt wordt komt de uitspraak van het pseudoword ARP overeen met de letterklank /a/, terwijl bij AAB, waarvan de uitspraak /aa/ is, en bij AUP, waarvan de uitspraak /au/ is, dit niet het geval is. Interessant in dit verband is op te merken dat wanneer aan lezers gevraagd wordt om dezelfde taak uit te voeren, maar nu de letternaam te gebruiken, de eerste letter van AAB-woorden sneller worden benoemd dan de eerste letter van ARP- en AUP-woorden, omdat dan de uitspraak van het pseudoword AAB overeenkomt met de letternaam /aa/. De enige verklaring voor dit effect is dat lezers, of ze nu beginnende dan wel zeer ervaren zijn, altijd de klank van een woord activeren, zelfs als dit overbodig of zelfs storend is.

Inmiddels bestaat er een groeiend aantal experimentele bevindingen, dat aantoont dat de indirecte route geen tijdelijk stadium is, slechts gebruikt door beginnende lezers of wanneer ervaren lezers onbekende woorden tegenkomen. In tegendeel, in alle gevallen wordt door lezers van alle niveaus gebruikt gemaakt van de fonologie tijdens het lezen. Dit feit ondergraaft de belangrijkste pijler van het twee-routemodel, namelijk het bestaan van twee onafhankelijke routes, een direct lexicale en een indirecte fonologische. In

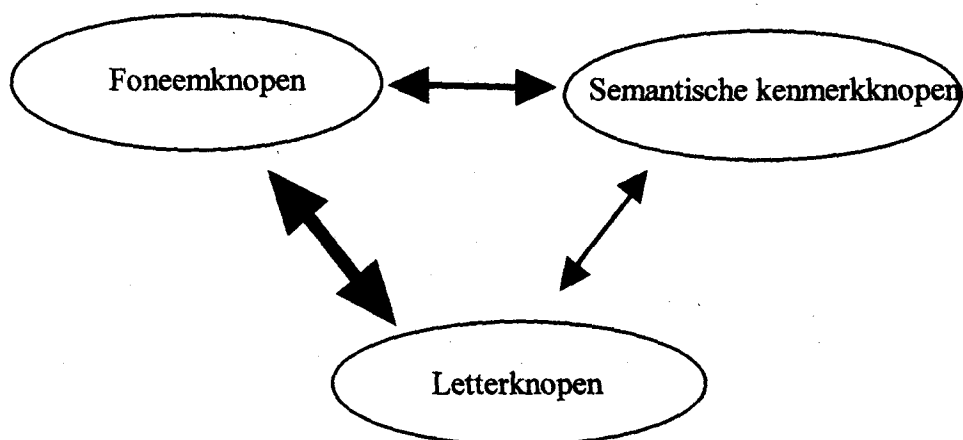
tegenstelling tot de veronderstelling dat de indirecte route slechts een tijdelijk en onvolwassen stadium in het leesproces weerspiegelt, lijken de recente fonologische bevindingen er juist op te wijzen dat de fonologische leeswijze de fundamentele leeswijze vertegenwoordigt.

Om alle bovengenoemde effecten, inclusief het fonologische, te kunnen verklaren hebben Van Orden en zijn collega's een alternatief model geformuleerd. De basis voor het fonologisch coherentiemodel werd gelegd door McCulloch en Pits in 1943 in de vorm van een nieuwe wetenschappelijke metafoor, neurale netwerktheorie ook wel connectionisme genoemd. In deze benadering wordt de menselijke geest niet opgevat als een computer, maar zijn cognitieve processen het resultaat van een groot aantal met elkaar verbonden en interacterende neuronen. Deze veronderstelling is gebaseerd op de werking van de hersenen. De hersenen bestaan uit zenuwcellen (neuronen) met ieder een basisactivatieniveau, die onderling met elkaar verbonden zijn. De verbindingen tussen de neuronen onderling vormen een netwerk

HET FONOLOGISCH COHERENTIEMODEL

Het fonologisch coherentiemodel werd voor het eerst in 1990 (Van Orden, Pennington, & Stone) gepresenteerd en werd later verder uitgewerkt door Bosman en Van Orden (1997), Farrar en Van Orden, (1994), van Leerdam, Bosman, en Van Orden, (1998), Van Orden, Bosman, Goldinger, en Farrar, (1997), Van Orden en Goldinger (1994, 1996); Van Orden, Jansen op de Haar, en Bosman (1997). In de nu volgende beschrijving van het model baseren wij ons op voornoemde bijdragen. Eerst zal een beschrijving gegeven worden van het model op zowel macro- als microniveau. Het uitgangspunt hierbij is dat het model geleerd heeft "te lezen". Bovendien wordt duidelijk waarom de fonologie een fundamentele rol heeft in de dynamiek van het model. Dan zal uiteengezet worden hoe het model leert lezen en spellen. Vervolgens zal duidelijk gemaakt worden waarom spellen moeilijker is dan lezen. Deze bijdrage zal eindigen met een verklaring voor ontwikkelingsdyslexie volgens het fonologisch coherentiemodel.

Macroniveau. Het fonologisch coherentiemodel is gebaseerd op de principes van dynamische systeemtheorie en geoperationaliseerd als een recurrent (connectionistisch) netwerk waarin drie knooppamilies worden verondersteld: letterknopen, foneemknopen en semantische kenmerkknopen (zie Figuur 2). Elke knoop binnen één familie is op wederkerige (recurrente) wijze verbonden met alle knopen van de andere families. Dat wil zeggen, als er een voorwaartse verbinding bestaat tussen knoop X uit de letterfamilie en knoop Y uit de foneemfamilie, dan bestaat er ook een terugwaartse verbinding tussen dezelfde knoop Y en deze knoop X (weergegeven met een dubbele pijlpunt). Ook de verbindingen tussen de knopen binnen een familie zijn recurrent. De knopen binnen één familie hebben inhibitoire (onderdrukkende) verbindingen met elkaar, terwijl de knopen van één familie excitatoire (activerende) verbindingen met alle knopen van de andere families hebben.



Figuur 2. Macroniveau van het fonologisch coherentiemodel voor lezen en spellen: De relatieve sterkte van de relaties tussen letters, fonemen en semantische kenmerken.

Als het netwerk een geschreven woord krijgt aangeboden (zoals in het geval van lezen) dan worden de letterknopen geactiveerd. De letterknopen sturen hun activatie door naar de foneemknopen en de semantische kenmerknopen (voorwaartse activatie). Vervolgens sturen de foneemknopen en de semantische kenmerknopen hun activatie naar elkaar (voorwaartse activatie), maar bovendien wordt activatie van de foneemknopen en de semantische kenmerknopen teruggezonden naar de letterknopen (terugwaartse activatie). De letterknopen zenden vervolgens weer activatie door naar de foneemknopen (en de semantische kenmerknopen), die dan weer elkaar en de letterknopen activeren, enzovoorts. Als voorwaartse activatie overeenkomt met terugwaartse activatie ontstaan er terugkoppelingslusen of feedback loops. Deze feedback loops zijn tijdelijk stabiel en resulteren in een coherent dynamisch geheel; ook wel aangeduid met resonantie. De theoretische interpretatie van stabiele feedback loops is dat het netwerk in het geval van het aangeboden geschreven woord een fonologische interpretatie en/of een betekenisvolle interpretatie van het woord heeft opgebouwd.

Als het netwerk in plaats van een geschreven woord een gesproken woord krijgt aangeboden (bijvoorbeeld in het geval van spellen), dan worden eerst de foneemknopen geactiveerd. Deze sturen hun activatie door naar de letterknopen en de semantische kenmerknopen, om vervolgens hun activatie weer naar elkaar en naar de letterknopen terug te sturen. Ook nu zullen er stabiele feedback loops ontstaan als voorwaartse en terugwaartse activatiepatronen overeenstemmen.

Ook de derde mogelijkheid bestaat, namelijk dat eerst de semantische kenmerknopen worden geactiveerd (bijvoorbeeld wanneer men aan een woord denkt). De voorwaartse activatie gaat naar de letter en foneemknopen, die op hun beurt hun activatie naar elkaar (voorwaarts) en naar de semantische kenmerknopen sturen (terugwaartse activatie). Ook in dit geval zullen er stabiele feedback loops ontstaan als voorwaartse en terugwaartse activatie met elkaar overeenstemmen. Uit de beschrijving van de drie mogelijkheden van beginactivatie blijkt dat voorwaarts en terugwaarts relatieve termen zijn. Immers, wat in het ene geval voorwaarts is in het andere geval terugwaarts en omgekeerd.

Terugkerend naar Figuur 2 valt op dat de verbindingen tussen de knooppunten niet allemaal even sterk zijn. Dit is aangegeven door de dikte van de pijlen; sterke verbindingen hebben dikke pijlen, en zwakkere verbindingen dunne. Dit kenmerk van het

netwerk is essentieel, het weerspiegelt de sterkte van de relaties tussen de drie verschillende knoofamilies.

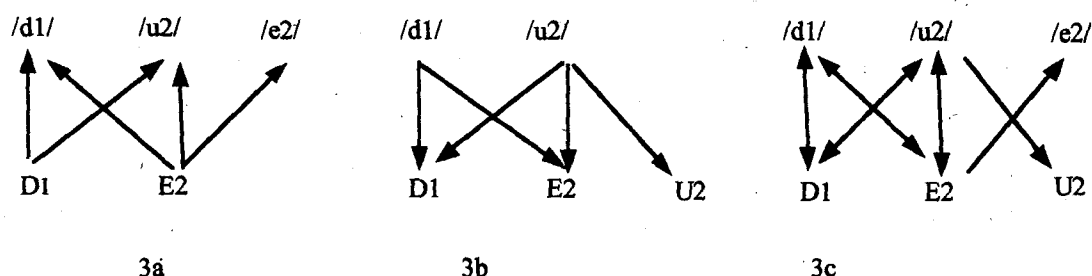
De sterkste verbindingen in het netwerk zijn de verbindingen tussen letterknopen en foneemknopen. De reden is dat er zeer consistente relaties bestaan tussen letters en fonemen. De letter T correspondeert immers in de meeste gevallen met de klank /t/, en de letter P met de klank /p/ (een uitzondering hierop vormt de P in combinatie met een H als in Philips of Phoenix). Omgekeerd correspondeert de klank /p/ vrijwel altijd met de letter P, en de klank /t/ met de letter T (een uitzondering hierop vormt de /t/-klank aan het eind van woorden als ROOD en BED).

Daarentegen is het verband tussen klanken van woorden en semantische kenmerken en tussen letters en semantische kenmerken veel geringer. Een woord dat begint met de letter P geeft betrekkelijk weinig informatie over de betekenis ervan, maar het verschaft wel een sterke aanwijzing voor de uitspraak van het begin van het woord. Dat de verbindingen tussen foneemknopen en semantische kenmerkknopen sterker zijn dan tussen letterknopen en semantische kenmerkknopen is het gevolg van het feit dat we leren spreken voor we leren lezen; fonologische en semantische informatie zijn vanaf het moment dat de taal zich ging ontwikkelen samen geactiveerd, terwijl de letterknopen pas betekenisvol werden toen leesinstructie begon.

De zeer sterke ofwel consistente relaties tussen letters en fonemen zorgen ervoor dat stabiele feedback loops (resonantie) het eerst ontstaan tussen de letterknopen en de foneemknopen. Door deze snelle activatie van foneemknopen is het niet verwonderlijk dat fonologische effecten tijdens lezen en spellen vaak moeilijk te vermijden zijn. Leesonderzoek laat zien dat proefpersonen tijdens het lezen van een tekst vaker over een fout gespeld woord als WIJFELEN heen lezen dan over een fout gespeld woord als WEIKELEN (Van Orden 1991, Bosman & de Groot, 1996). Bij deze laatste spelfout is de klank van het woord "Weifelen" niet bewaard gebleven, terwijl dat in het eerste wel het geval is. Onderzoek naar spelling toont aan dat kinderen en volwassenen overwegend fonologisch acceptabele spelfouten maken, bijvoorbeeld GIJT in plaats van GEIT (Bosman & Van Orden, 1997). Een spelfout als GEIM in plaats van GEIT, waarbij de klank van het woord "Geit" niet bewaard blijft, komt zelden voor.

De gematigd sterke verbindingen tussen foneemknopen en semantische kenmerkknopen duidt erop dat de betekenis van woorden ook een belangrijke rol speelt in het lees- en spellingproces. In het geval dat resonantie tussen letterknopen en foneemknopen langzaam op gang komt kan de foneem-semantische kenmerk dynamiek ondersteuning bieden en deze versnellen. Anders gezegd, bij een slecht functionerende letter-foneem dynamiek neemt het belang van een goed ontwikkelde foneem-semantische kenmerk dynamiek sterk toe.

Microniveau. Aan de hand van Figuur 3 zal duidelijk worden hoe ons model een geschreven woord leest en een gesproken woord spelt. Om te voorkomen dat de beschrijving van het netwerk te ingewikkeld wordt, worden alleen de relaties tussen letter- en foneemknopen beschreven en die tussen semantische kenmerkknopen en letter-respectievelijk foneemknopen buiten beschouwing gelaten.



Figuur 3. Microniveau van het fonologisch coherentiemodel voor lezen en spellen: Voorwaartse en terugwaartse activatie tussen letters en fonemen van het woord "DE" leiden tot stabiele feedback loops.

In Figuur 3a worden de letters D1 en E2 van het woord DE geactiveerd. De indices 1 en 2 verwijzen naar de positie van de letter of het foneem in het woord. Deze activeren (voorwaarts) op hun beurt de fonemen /d1/ en /u2/, maar ook de concurrerende knoop /e2/. In het woord DEK wordt de E immers uitgesproken als /e/. In Figuur 3b wordt de activatie van de foneemknopen /d1/ en /u2/ teruggezonden (terugwaarts) naar de letterknopen D1 en E2, maar ook naar de concurrerende letterknoop U2. Het foneem /u2/ in het woord DUS wordt immers gespeld met een U. In eerste instantie zal een geschreven woord niet alleen de correcte letter- en foneemknopen activeren, maar ook een aantal incorrecte. Voor het correct lezen (en spellen) van het woord DE is het dus noodzakelijk dat incorrecte foneemknopen, hier /e2/, en incorrecte letterknopen, hier U2, worden geïnhibeed. Pas wanneer de bi-directionele configuratie van verbindingen de wederzijdse activatie tussen de letterknopen D1 en E2 en de foneemknopen /d1/ en /u2/ tot gevolg geeft zal het woord DE correct gelezen (of gespeld) worden. Figuur 3c toont de ontstane stabiele feedback loops.

SPELLEN IS MOEILIJKE DAN LEZEN

Uit de beschrijving van het fonologisch coherentiemodel blijkt dat één principe zowel lezen als spellen verklaart. Desondanks is er toch een belangrijk verschil tussen beiden vaardigheden. Spellens blijkt niet alleen moeilijker te leren te zijn dan lezen, het is ook een vaardigheid die zelfs bij ervaren geletterden meer problemen oplevert dan lezen (Bosman & Van Orden, 1997). We twifelen immers allemaal wel eens over de spelling van wijfelen, maar we voelen ons zelden onzeker over hoe een woord gelezen moet worden; enkele homografen uitgezonderd, zoals kantelen, bedelen, en regent.

Dit effect is niet moeilijk te verklaren in termen van het fonologisch coherentiemodel. We keren terug naar Figuur 3. Wanneer de letterreeks DE wordt aangeboden aan het netwerk worden niet alleen de foneemknopen /d1/ en /u2/ en de letterknopen D1 en E2 geactiveerd, maar ook alle mogelijke uitspraken van D (/t/, als in Had) en E (/e/, als in Eg), en alle mogelijke spellingen van /d1/ (DD, als in Hadden) en /u2/ (U, als in Uk of IJ als in Makkelijk) geactiveerd. Om het woord DE correct te lezen moeten alle incorrecte foneemknopen onderdrukt worden, en voor het correct spellen van het woord /de/ moeten alle incorrecte foneemknopen onderdrukt worden.

Wanneer het netwerk een woord moet lezen worden letters aangeboden, waardoor de foneem-letter ambiguïteit nauwelijks kans krijgt om incorrecte letterknopen te activeren, omdat de stabiele input van letters ervoor zorgt dat er snel feedback loops worden gecreëerd tussen letter- en foneemknopen en tussen letter en semantische kenmerkknopen. Als het netwerk daarentegen een woord moet spellen dan is er geen

stabiele input van de omgeving, en moeten feedback loops opgebouwd worden door uitsluitend fonologische en semantische activatie. Om dit probleem op netwerkniveau te begrijpen kijken we naar zowel de macro- als de microdynamiek.

De oorzaak op microniveau is dat de foneem-letter inconsistentie groter is dan letter-foneem inconsistentie. Anders gezegd, in vrijwel alle alfabetische schriftsystemen zijn er meer mogelijke letters voor een foneem zijn dan dat er mogelijke fonemen zijn voor een letter (Stone, Vanhoy, & Van Orden; 1997; Ziegler, Stone, Jacobs, 1996). In het Nederlands kan het foneem [ei] kan gespeld worden met het grafeem IJ, zoals Bij en Dij, maar ook met het grafeem EI zoals in Kei. De uitspraak van de beide grafemen IJ en EI is daarentegen eenduidig. Hetzelfde geldt voor het foneem [au], dat gespeld kan worden met het grafeem AU als in Pauw, of met het grafeem OU als in Touw. Ook hier is de uitspraak van de twee grafemen eenduidig.

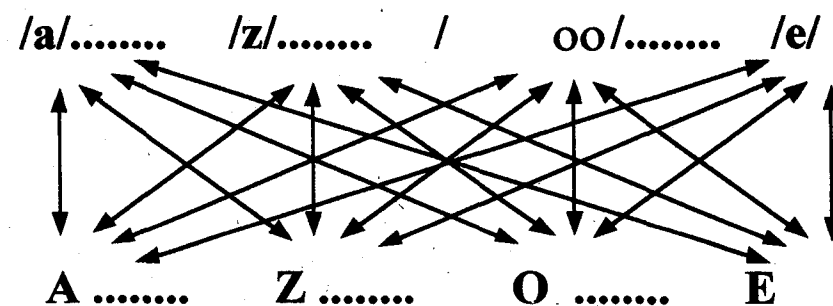
De oorzaak op macroniveau versterkt het probleem dat op microniveau reeds aanwezig is, omdat de bestaande inconsistentie door twee verschillende dynamieken worden opgelost. Wanneer het model het letter-foneem inconsistente woord Jus krijgt aangeboden zal de aanvankelijke lezing van dit woord rijmen met de consistente woorden, Bus, Dus, Kus, Lus en Zus. Door de relatief sterke foneem-semantische kenmerken dynamiek kan echter de aanvankelijk foutieve fonologische activatie van Jus gemakkelijk bijgestuurd worden.

Wanneer het netwerk het foneem-grafeem inconsistente woord /pech/ moet spellen zal de incorrecte letterknoop G sterk concurreren met de correcte CH. In de meeste gevallen wordt de finale /g/ gespeld met een G, Heg, Keg, Leg, Neg, Weg, en Zeg. Ter oplossing van deze inconsistentie kan echter alleen de letter-semantische kenmerken dynamiek te hulp schieten, maar het probleem is dat deze dynamiek relatief zwak is.

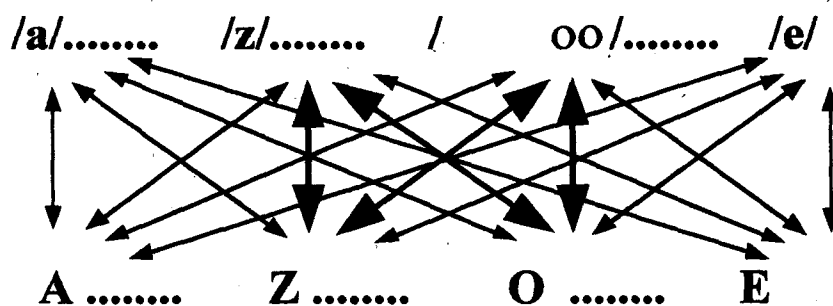
Kort samengevat komt het er dus op neer dat spellen moeilijker is dan lezen, omdat de reeds op microniveau bestaande grotere inconsistentie van de foneem-letter relaties door de zwakste macrodynamiek, die van letter-semantische kenmerken verbindingen, gesteund moet worden.

LEREN LEZEN EN SPELLEN

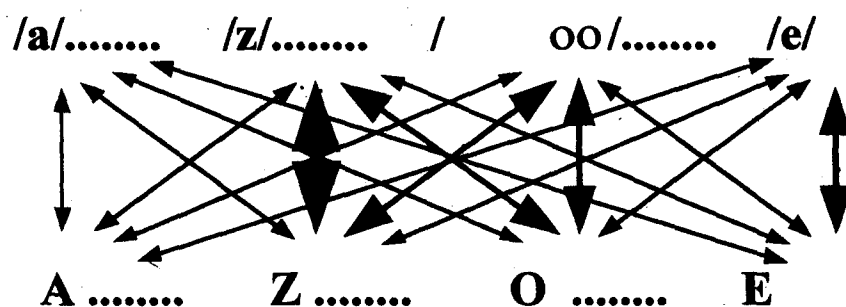
Het fonologisch coherentiemodel is feitelijk een ontwikkelingsmodel is. Dit houdt in dat er geen extra assumpties gedaan hoeven te worden om leren lezen en spellen te verklaren in termen van het netwerk. De aandacht wordt opnieuw gericht op de verbindingen tussen de letter- en de foneemknopen en de verbindingen met de semantische kenmerkknopen worden buiten beschouwing gelaten. Aan de hand van Figuur 4 zal uitgelegd worden hoe een dergelijk netwerk de relatie leert tussen de schrijfwijze van een woord en haar klank, en wordt duidelijk gemaakt hoe een netwerk de relaties leert tussen geïsoleerde letters en fonemen.



Figuur 4a



Figuur 4b



Figuur 4c

In Figuur 4a is een gedeelte van een netwerk gepresenteerd dat de relaties tussen letters en fonemen weergeeft. Hierin wordt uitgedrukt dat alle letterknopen en alle foneemknopen onderling met elkaar verbonden zijn. Vervolgens krijgt het netwerk het gedrukte woord ZO aangeboden samen met de klank /zoo/. Doordat de letterknopen Z1 en O2 en de foneemknopen /z1/ en /oo2/ tegelijkertijd geactiveerd worden zullen alle verbindingen tussen de knoopparen Z1 \Leftrightarrow /z1/, Z1 \Leftrightarrow /oo2/, O2 \Leftrightarrow /z1/, en O2 \Leftrightarrow /oo2/ versterkt worden ten gunste van alle andere bestaande verbindingen met deze knopen. Door het netwerk een aantal van deze leertrials aan te bieden zal het uiteindelijk een hechte verbinding maken tussen het spellingpatroon ZO en het fonemisch patroon /zoo/. In Figuur 4b wordt het resultaat van deze leertrials voor het woord Zo uitgebeeld. In termen van lezen kan gesteld worden dat het netwerk een woordspecifiek patroon geleerd. Deze vorm van lezen is te vergelijken met de logografische of holistische leeswijze waar een groot aantal beginnende lezers in eerste instantie gebruik van lijkt te maken.

Voor het ontwikkelen van woordonafhankelijke kennis moet het netwerk een aantal leertrials aangeboden krijgen die slechts gedeeltelijk overeenkomen met het eerder aangeboden. Veronderstel bijvoorbeeld dat het netwerk na aanbieding van het woord ZO, het woord ZE krijgt aangeboden, zoals uitgebeeld in Figuur 4c. Opnieuw worden de verbindingen tussen vier knoopparen versterkt, namelijk, die tussen Z1 \Leftrightarrow /z1/, Z1 \Leftrightarrow /e2/, E2 \Leftrightarrow /z1/, en E2 \Leftrightarrow /e2/. Nu is echter de verbinding Z1 \Leftrightarrow /z1/ vaker versterkt dan enig andere verbinding tussen letterknoop en foneemknoop. Dit leidt ertoe dat de Z1 \Leftrightarrow /z1/ zich tot een relatief onafhankelijk structuur kan ontwikkelen, onafhankelijk van de context waarin deze zich bevindt. Hierbij wordt met context bedoeld het woord waarin het letter Z en het foneem /z/ staat, zoals Zo, Ze, Zij, Zie, en Zoo. In dit voorbeeld versterken in alle gevallen de letter Z en het foneem /z/ elkaar. Deze eigenschap van het netwerk leidt ertoe dat niet eerder gepresenteerde woorden en pseudoworden (zoals, Zee respectievelijk Zoe) relatief moeiteloos gelezen kunnen worden. Het gedrag van een dergelijk netwerk is te vergelijken met een lezer die in staat is nieuwe woorden en pseudoworden te verklanken.

Er zijn echter ook woorden waarbij de relaties tussen letters en een fonemen niet altijd overeenstemmen. Neem het geschreven woord ZET. Hierin wordt de letter E uitgesproken als /e:/. Door aanbieding van de woorden HET, JET, MET, NET, PET en VET wordt de relatie tussen E2 en /e2/ versterkt. Echter als het woord ZEE wordt aangeboden dan wordt de consistente relatie tussen de letter-foneem relatie E2 \Leftrightarrow /e2/ doorbroken. Immers, door de E op positie 3 in het woord verandert de uitspraak van de letter E op positie 2. Dit voorbeeld maakt duidelijk dat de letter-foneem relaties in woorden principieel bepaald worden door de context, ofwel elke letter en elk foneem in het woord dragen bij aan de uitspraak cq. spelling van een woord.

In het kader van het twee-routemodel werd ingegaan op het lexicaliteits, frequentie- en regelmatigheidseffect. Ik zal laten zien dat het fonologisch coherentiemodel niet alleen een eenvoudige en afdoende verklaring verschaft voor de eerder besproken robuuste fonologische effecten, maar ook voor deze veelvuldig gerapporteerde verschijnselen een verklaring heeft.

Het lexicaliteitseffect houdt in dat bestaande woorden sneller worden verwerkt, gelezen dus, dan pseudowoorden. In het model wordt dit verklaard door dat het netwerk de relaties tussen de letters en fonemen van bestaande woorden heeft geleerd, maar niet die van pseudowoorden. Interessant in dit verband is de bevinding dat pseudowoorden die meer op woorden lijken, bijvoorbeeld KLIG, sneller worden verwerkt dan woorden die sterk afwijken van bestaande woorden, bijvoorbeeld KWEUL. Dit is een voorspelling die rechtstreeks uit het model voortvloeit, maar niet zo gemakkelijk door het twee-routemodel verklaard kan worden.

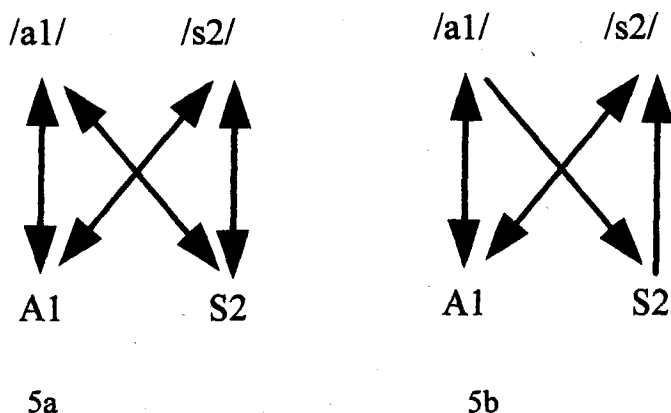
Het frequentie-effect, woorden die veel voorkomen in de (geschreven) taal worden sneller verwerkt dan woorden die weinig voorkomen, is eenvoudig te verklaren in termen van het fonologisch coherentiemodel (Farrar & Van Orden, 1994). Een woord dat vaak aan het netwerk is aangeboden zal relatief sterke relaties hebben opgebouwd voor de relevante verbindingen, en sterke verbindingen leiden tot een snelle totstandkoming van stabiele feedback loops.

Het regelmatigheidseffect, woorden die opgebouwd zijn uit relatief regelmatige letter-foneem relaties worden sneller verwerkt dan woorden die uit onregelmatige relaties bestaan, wordt als volgt verklaard. Regelmatige woorden (bijvoorbeeld, Bus, Dus, Kus, Lus, Mus, Pus, Rus, Sus en Zus) zijn opgebouwd uit sterke relaties tussen letters en fonemen, terwijl onregelmatige woorden (bijvoorbeeld, Jus) deze relaties doorbreken. Onregelmatige woorden kunnen echter ook snel worden verwerkt als ze maar frequent aangeboden worden. Een hoogfrequent onregelmatig woord kan uiteindelijk net zo snel verwerkt worden als een regelmatig hoogfrequent woord door het vaak te lezen. Met andere woorden, onregelmatige woorden worden alleen langzamer verwerkt wanneer ze bovendien ook nog eens laagfrequent zijn.

ONTWIKKELINGSDYSLEXIE

In een recente publicatie hebben wij (Van Orden, Bosman, Goldinger & Farrar, 1997) laten zien hoe ontwikkelingsdyslexie begrepen kan worden volgens het fonologisch coherentiemodel. Hier wordt ontwikkelingsdyslexie heel globaal gedefinieerd als een ernstige achterstand in de technische leesvaardigheid. Vrijwel alle onderzoekers zijn van mening dat ontwikkelingsdyslexie een fonologische oorsprong heeft (Vellutino, 1979). Het meest opvallende van het leesgedrag van dyslectische kinderen is de zeer moeizame verklanking van (pseudo)woorden. In ons model vertalen wij dit met het onvermogen of verminderd vermogen tot het ontdekken van de statistische regelmatigheid tussen letters en klanken. Dit onvermogen wordt in het model uitgedrukt door te veronderstellen dat bij een lezer met ontwikkelingsdyslexie de relaties tussen letterknopen en foneemknopen niet volledig recurrent, maar slechts partieel verbonden zijn. Figuur 5b is een voorbeeld van

een partieel verbonden netwerk (weergegeven door de aanwezigheid van twee enkele pijlpunten), terwijl Figuur 5a een voorbeeld is van een volledig recurrent model.



Figuur 5. Een volledig recurrent netwerk (5a) en een partieel verbonden netwerk (5b)

Een partieel verbonden netwerk voorkomt de opbouw van sterke verbindingen tussen letters en fonemen. Dit is het eenvoudigst te demonstreren aan de hand van het voorbeeld. In het geval van voorbeeld 5b kan er geen stabiele feedback loop gevormd worden tussen de letter S en het foneem /s/, omdat de activatie van de letter S niet direct naar het foneem /s/ teruggevoerd kan worden. Alleen doordat de activatie via de letter A en het foneem /a/ gestuurd kan worden kan er een globaal stabiel activatiepatroon ontstaan, maar geen lokaal stabiel patroon tussen de letter S en het foneem /s/.

Het gevolg van een dergelijk partieel verbonden netwerk is dat er op het meest verfijnde niveau van relaties tussen orthografie en fonologie, namelijk die tussen letters en fonemen moeilijk of misschien zelfs wel geen stabiele feedback loops kunnen ontstaan, maar op het tussenniveau (i.c., letter- en foneemgroepen, e.g., tussen EEUW en /eeuw/) en en het grofste niveau (i.c., het geschreven woord en de klank van het woord, e.g., SPREEUW en /spreeuw/) is dit nog wel mogelijk.

Het feit dat veel kinderen en volwassenen met ontwikkelingsdyslexie na veel oefening wel in staat blijken te zijn om bestaande woorden voldoende vlot en accuraat te leren lezen, maar eenzelfde vaardigheid niet bereiken in het lezen van pseudowoorden verschaft empirische evidentie voor onze theoretische verklaring van dyslexie (Rack, Snowling, & Olson, 1992). Voor het lezen van pseudowoorden is namelijk gedegen kennis van de statistische relaties op het meest verfijnde niveau van de orthografie en fonologie, dus van letters en fonemen, een vereiste. Voor het lezen van bestaande woorden is dit niet absoluut noodzakelijk.

SLOT

Terugblikkend op de geschiedenis van het onderzoek naar het leesproces kom ik tot de interessante conclusie dat Huey's opvatting over lezen meer dan 90 jaar geleden sterk overeenkomt met een van de fundamentele uitgangspunten van het fonologisch coherentiemodel, getuige het volgende citaat:

"...and always, for most readers, we can say...that "to read is, in effect, to translate writing into speech." And while this inner speech is but an abbreviated and reduced form of the speech of everyday life, a shadow copy as it were, it

nevertheless retains the essential characteristics of the original." (E. B. Huey, 1908, p. 123).

Huey's visie over lezen kwam 10 jaar geleden ouderwets over, maar lijkt nu verrassend modern. De conclusie dat we de afgelopen eeuw blijkbaar niet erg opgeschoten zijn ligt voor de hand, maar is toch te voorbarig. In Huey's standaardwerk ontbreekt namelijk een helder theoretisch kader. Sinds de cognitieve revolutie in de jaren zestig heeft theorievorming omtrent cognitieve processen in het algemeen en lezen in het bijzonder een grote vlucht genomen, met als resultaat een theoretisch model, geïnspireerd op de werking van de hersenen, dat vrijwel alle voorhanden feiten omtrent lezen kan verklaren, en bovendien inzicht verschaft in leren lezen en ontwikkelingsdyslexie.

LITERATUUR

- Bosman, A. M. T., & de Groot, A. M. B. (1995). Evidence for assembled phonology in beginning and fluent readers as assessed with the first-letter-naming task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 234-259.
- Bosman, A. M. T., & de Groot, A. M. B. (1996). Phonologic mediations is fundamental to reading: Evidence from beginning readers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 715-744.
- Bosman, A. M. T., & Van Orden, G. C. (1997). Why spelling is more difficult than reading. In C. A. Perfetti, L. Rieben & M. Fayol, (Eds.), *Learning to spell: Research, theory, and practice across languages* (pp. 173-194). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cattell, J. M. (1886). The time taken up by cerebral operations. *Mind: A quarterly review of psychology and philosophy*, XI, 524-538.
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), *Strategies of information processing* (pp. 151-216).
- Farrar, W. T., & Van Orden, G. C. (1994). Simulation of surface and deep dyslexia in a unified network. Poster presented at the Annual Meeting of the Psychonomic Society, St. Louis, MO.
- Farrar, W. T., & Van Orden, G. C. (1998). Nonlinear dynamics of naming errors. Manuscript aangeboden voor publicatie.
- Frederiksen, J. R., & Kroll, J. (1976). Spelling and sound: Approaches to the internal lexicon. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 361-379.
- Huey, E. B. (1908). *The psychology and pedagogy of reading*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Leerdam, M. van, Bosman, A. M. T., & Van Orden, G. C. (1998). The ecology of spelling instruction: Effective training in first grade. In P. Reitsma & L. Verhoeven (Eds.), *Problems and interventions in literacy development* (pp. 307-320). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Rack, J. P., Snowling, M. J., & Olson, R. K. (1992). The nonword reading deficit in developmental dyslexia: A review. *Reading Research Quarterly*, 27, 28-53.
- Stone, G. O., Vanhoy, M., & Van Orden, G. C. (1997). Perception is a two-way street: Feedforward and feedback phonology in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*, 36, 337-359.
- Van Orden, G. C. (1987). A ROWS is a ROSE: Spelling, sound, and reading. *Memory & Cognition*, 15, 181-198.
- Van Orden, G. C. (1991). Phonologic mediation is fundamental to reading. In D. Besner & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition* (pp. 77-103). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Van Orden, G. C., Bosman, A. M. T., Goldinger, S. D., & Farrar, W. T. (1997). A recurrent network account of reading, spelling, and dyslexia. In J. W. Donahoe & V. Packard

- Dorsel (Eds.), *Neural network models of cognition: A biobehavioral foundation* (pp. 522-538). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Van Orden, G. C., & Goldinger, S. D. (1994). Interdependence of form and function in cognitive systems explains perception of printed words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1269-1291.
- Van Orden, G. C., & Goldinger, S. D. (1996). Phonologic mediation in skilled and dyslexic reading. In C. H. Chase, G. D. Rosen, & G. F. Sherman (Eds.), *Developmental dyslexia: Neural, cognitive, and genetic mechanisms* (pp. 185-223). Timonium, MD: York Press.
- Van Orden, G. C., Jansen op de Haar, M. A., & Bosman, A. M. T. (1997). Complex dynamic systems also predict dissociations, but they do not reduce to autonomous components. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 131-165.
- Van Orden, G. C., Pennington, B. F., & Stone, G. O. (1990). Word identification in reading and the promise of subsymbolic psycholinguistics. *Psychological Review*, 97, 488-522.
- Van Orden, G. C., Stone, G. O., Garlington, K. L., Markson, L. R., Pinnt, G. S., Simonfy, C. M., & Brichetto, T. (1992). "Assembled" phonology and reading: a case study in how theoretical perspective shapes empirical investigation. In R. Frost and L. Katz (Eds.), *Orthography, Phonology, Morphology, and Meaning* (pp. 249-292). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Vellutino, F. R. (1979). *Dyslexia: Theory and Research*. Cambridge, Ma: MIT Press.
- Ziegler, J. C., Jacobs, A., & Stone, G. O. (1996). Statistical analysis of the bidirectional inconsistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 28, 504-515

Bosman, A. M. T. (2000). Lezen en spellen volgens het fonologisch coherentiemodel. In H. Kuster & H. Wieberdink (Red.), *'On gestoord voort'. Over omgaan met dyslexie in het onderwijs* (pp. 34-47). Ede, the Netherlands: Stichting Schoolbegeleidingsdienst De Zuid-Vallei.