

# Developmental electrophysiological studies of letter - speech sound processing in normal reading and dyslexia

## Citation for published version (APA):

Froyen, D. J. W. (2009). Developmental electrophysiological studies of letter - speech sound processing in normal reading and dyslexia. Maastricht: Datawyse / Universitaire Pers Maastricht.

## Document status and date:

Published: 01/01/2009

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## Developmental electrophysiological studies of letter – speech sound processing in normal reading and dyslexia

Geschreven taal laat toe om over de grenzen van de tijd heen op een exacte manier te communiceren met elkaar. Hierdoor gaat opgedane kennis minder snel verloren dan wanneer deze enkel mondeling werd doorgegeven. Dit toont zich in onze huidige kennismaatschappij die exponentieel ontwikkeld. Bijgevolg wordt lezen en schrijven steeds belangrijker om succesvol te worden in onze samenleving. Kinderen leren niet spontaan lezen en schrijven. Dat is omdat de relatie tussen letters en spraakklanken niet natuurlijk is, maar berust op een onnatuurlijke consensus. Toch ondervinden de meeste kinderen hier weinig problemen mee en kunnen zij na enkele jaren vlot lezen en schrijven. Echter, ongeveer vier procent van alle kinderen hebben het moeilijk om snel en accuraat te leren lezen en/of schrijven, zonder dat ze een lager IQ of psychologische problemen hebben of zonder dat ze minder goede scholing genieten. Hier is sprake van dyslexie.

Om meer te weten te komen over de normale en abnormale leesontwikkeling is het nuttig alle aspecten van het lezen te onderzoeken. In deze thesis heb ik me gericht op een zeer basaal aspect, namelijk hoe snel en automatisch letters aan spraakklanken gekoppeld worden in de hersenen van ervaren, minder ervaren en dyslectische lezers. Letters en spraakklanken zijn de bouwstenen van onze taal. Als het reeds misgaat in het vlot gebruik van letter – spraakklank koppelingen, heeft dat bijgevolg verstrekende gevolgen voor de verdere leesontwikkeling.

In hoofdstuk 2 wordt een methode beschreven waarmee de snelheid en het automatisme van letter – spraakklank koppelingen kan worden onderzocht. Deze methode werd succesvol getest op een groep volwassenen en dus ervaren lezers. Met behulp van event related potentials (ERP) kunnen hersensignalen gemeten worden die ontstaan na aanbieding van een bepaalde stimulus of tijdens het uitvoeren van een taak, en dit met een zeer nauwkeurige tijdsindicatie. Een welomschreven ERP component is de mismatch negativity (MMN). Deze component treedt op als er in een reeks van steeds dezelfde klanken af en toe een afwijkende klank wordt aangeboden. Het brein detecteert deze afwijking snel (binnen 250 ms) en automatisch, dus zonder dat er een taak hoeft te worden uitgevoerd door de proefpersoon. In het experiment dat gepresenteerd wordt in hoofdstuk 2, werd een reeks van spraakklanken aangeboden zonder meer, of samen met de letter “a”. De reeks spraakklanken bestond uit steeds dezelfde, standaard spraakklank /a/, sporadisch afgewisseld met de afwijkende spraakklank /o/. Als nu letter – spraakklank paren automatisch geïntegreerd worden in het brein (hetgeen we verwachtten bij een ervaren lezer), dan zou dit te zien moeten zijn in een effect op de MMN door de dubbele, crossmodale afwijking van de spraakklank /o/ ten opzichten van de spraakklank /a/ én de letter “a”. Om ook nog na te gaan hoe groot de tijdsspanne is waarbinnen letters en spraakklanken automatisch worden geïntegreerd, werd de letter ofwel gelijktijdig, of 100 of 200 ms voor de spraakklanken aangeboden. Resultaten toonden dat de MMN amplitude gemeten bij letter – spraakklank paren hoger was dan wanneer gemeten bij spraakklanken alleen, maar dit was enkel het geval als de letters gelijktijdig met de spraakklanken gepresenteerd werden. Het effect op de MMN amplitude verminderde lineair wanneer de tijdsspanne tussen de letter en spraakklank aanbieding vergrootte. Gezien het bekend is dat de MMN altijd vroeg en automatisch optreedt, kunnen we uit deze resultaten afleiden dat letters en spraakklanken vroeg en automatisch geïntegreerd worden in het brein van de ervaren lezer, zolang de tijdsspanne tussen beiden zeer beperkt is.

Vermits in de studie in hoofdstuk 2 spraakklanken slechts gepresenteerd werden of samen met letters of in isolatie, kon niet uitgesloten worden dat het gewoon de aanwezigheid was van een visuele stimulus waardoor er een effect gemeten werd op de MMN. Als het effect op de MMN veroorzaakt kan worden door eender welke visuele stimulus, zou dit niets zeggen over de letter – spraakklank koppelingen waarin we geïnteresseerd zijn. Er werd daarom een controle studie uitgevoerd om de letter specificiteit van de invloed van letters op de MMN te testen. In de studie beschreven in hoofdstuk 6 werden spraakklanken ofwel in isolatie ofwel gelijktijdig met letters of pseudoletters gepresenteerd. De pseudoletter was een onherkenbare versie van de letter, en had dus dezelfde basale visuele eigenschappen zonder de letter specifieke inhoud. De resultaten lieten zien dat er in

beide audiovisuele condities een verhoging van de MMN amplitude te zien was in vergelijking met wanneer enkel de spraakklanken aangeboden werden. Maar de MMN verhoging was groter wanneer de spraakklank samen met een letter werd aangeboden dan wanneer de spraakklank samen met de pseudoletter werd aangeboden. Verder werd er ook een correlatie gevonden tussen de letter specifieke verhoging en leesvaardigheid. Deze resultaten laten duidelijk zien dat het voorheen gevonden letter – spraakklank integratie effect echt letter specifiek is en zelfs bij ervaren lezers samenhangt met leesvaardigheid.

De validatie van deze crossmodale MMN methode, geschikt om letter – spraakklank verwerking te meten zonder de noodzakelijkheid van een taak en met een hoge tijdsresolutie, liet toe de ontwikkeling van letter – spraakklank koppelingen te onderzoeken bij schoolgaande kinderen (hoofdstuk 3). Het leren welke letters bij welke spraakklanken horen wordt verondersteld cruciaal te zijn in de leesontwikkeling. Desondanks heeft niemand ooit onderzocht hoe deze letter – spraakklank koppelingen verwerkt worden in het brein van beginnende lezers. Kinderen van acht en elf jaar oud, met respectievelijk een en vier jaar leeservaring, werden onderzocht met exact dezelfde crossmodale MMN methode als eerder beschreven in hoofdstuk 2. De resultaten lieten zien dat er in acht jaar oude beginnende lezers geen vroege integratie effecten te zien waren, ondanks het feit dat ze op die leeftijd reeds alle letters van het alfabet aan de juiste spraakklank kunnen koppelen. Nog verrassender was de bevinding dat er in elf jaar oude gevorderde lezers wel een effect van de letter op spraakklank verwerking te zien was, echter niet wanneer beiden gelijktijdig werden aangeboden zoals bij volwassenen, maar enkel wanneer de letter 200 ms eerder kwam dan de letter. Deze twee bevindingen tonen aan dat het jaren duurt voordat letter – spraakklank verwerking zo snel en automatisch plaatsvindt als bij ervaren lezers. Verder werd er, zowel bij de beginnende als de gevorderde lezers, een interessant effect van de letter op spraakklank verwerking waargenomen later in tijd, namelijk rond 650 ms na stimulus aanbieding. Gezien in een semitransparante taal zoals het Nederlands (dit wil zeggen: met weinig ambigue letter – spraakklank koppelingen), de meeste kinderen alle koppelingen tussen letters en spraakklanken binnen enkele maanden kennen, werd er verondersteld dat dit late effect een soort minder geautomatiseerde letter – spraakklank associatie representeerde. Alles samen duiden deze resultaten op een overgang van associatie in beginnende lezers naar automatische, maar nog steeds niet volledig ontwikkelde, integratie bij gevorderde lezers. In tegenstelling tot eerdere aannames, lijkt de ontwikkeling naar een volwassen letter – spraakklank verwerking jarenlang te duren.

Zoals eerder aangegeven hebben moeilijkheden met lezen en schrijven een grote impact op het functioneren in onze huidige kennismaatschappij. Bijgevolg trachten we in hoofdstuk 4 om meer inzicht te verwerven in de oorzaak van dyslexie. Er wordt verondersteld dat dyslexie veroorzaakt wordt door een afwijkende spraakklankverwerking. Hierdoor zou de koppeling van spraakklanken aan letters negatief beïnvloed worden, hetgeen tot gevolg heeft dat de leesontwikkeling verstoord wordt. Hoe deze letter – spraakklank koppeling precies gebeurt in de hersenen van kinderen met dyslexie is nog niet eerder onderzocht. In hoofdstuk 4 werd er een studie uitgevoerd met exact dezelfde MMN methode als eerder beschreven (hoofdstuk 2), maar nu met een groep van elf jaar oude dyslectische kinderen. De resultaten werden vervolgens vergeleken met die van de beginnende (zelfde leesniveau) en gevorderde (zelfde leeftijd) lezers uit de ontwikkelingsstudie beschreven in hoofdstuk 3. Zelfs na vier jaar leeservaring vertoonden de dyslectische kinderen geen enkele indicatie van vroege en automatische integratie. Hoewel ze letter – spraakklank associatie effecten vertoonden rond 650 ms na stimulus presentatie, leek dit effect op dat van de kinderen met hetzelfde leesniveau als henzelf en niet op dat van hun leeftijdsgenoten. Om na te gaan of dit latere associatie effect letter specifiek was, werden correlaties berekend met gedragsmaten van leesvaardigheid. Er werd een sterke correlatie gevonden met woord lezen, een minder sterke correlatie met pseudowoord lezen, maar geen correlatie met scores op de benoemtaken of de foneem deletie taak. Verder vertoonden dyslectische kinderen eenzelfde MMN als hun leeftijdsgenoten wanneer de spraakklanken in isolatie werden aangeboden. Dit duidt erop dat dyslectische kinderen problemen ondervinden met het verwerken van letter – spraakklank paren, terwijl het verwerken van deze spraakklanken wanneer aangeboden zonder de letters niet problematisch is. Bijgevolg kunnen de afwijkingen in letter – spraakklank

koppelingen zoals geobserveerd in deze studie niet enkel verklaard worden door spraakklankverwerkings problemen. Daarom indiceren deze resultaten dat moeilijkheden met letter – spraakklank koppelingen, en dus niet alleen moeilijkheden met spraakklankverwerking, tot de echte oorzaken van de leesproblemen bij mensen met dyslexie behoren.

De link tussen een letter en zijn bijhorende spraakklank is gebaseerd op een onnatuurlijke, maatschappelijke afspraak. Toch zien we dat letter – spraakklank paren bij ervaren lezers automatisch geïntegreerd worden tot een audiovisueel samengesteld object (hoofdstuk 2 en 6). Andere audiovisuele stimuli, zoals audiovisuele spraak (bestaande uit lip bewegingen en spraakklanken), delen echter natuurlijke eigenschappen. De bron van een spraakklank (de mond) beweegt namelijk op een manier die samenhangt met onder andere het ritme en het volume van de spraakklank. Het is daarom interessant om na te gaan of en hoe de verwerking van letter – spraakklank paren in onze hersenen verschilt van de verwerking van andere audiovisuele stimuli. Recente functional magnetic resonance (fMRI) studies hebben aangetoond dat de hersengebieden die ingeschakeld worden bij het verwerken van letter – spraakklank paren gedeeltelijk overeenkomen met de hersengebieden die actief worden bij het waarnemen van audiovisuele spraak. Er is echter nog discussie over de betrokkenheid van de visuele gebieden bij de verwerking van letter – spraakklank paren, terwijl de betrokkenheid van deze gebieden bij audiovisuele spraak verwerking algemeen aanvaard wordt. In hoofdstuk 5 werd daarom de invloed van spraakklanken op letter verwerking onderzocht met behulp van de visuele MMN. Dit is een soortgelijke ERP component als de MMN, maar dan in het visuele domein. Afwijkende letters en pseudoletters werden gepresenteerd in een stroom van standaard letters, ofwel in isolatie of gelijktijdig met spraakklanken. Hoewel de studies in alle voorgaande hoofdstukken letter specifieke effecten vonden van letters op spraakklanken, blijkt het omgekeerde niet het geval: spraakklanken beïnvloeden niet automatisch de visuele MMN veroorzaakt door letters. De asymmetrische betrokkenheid van basale hersengebieden (auditief en niet visueel) bij letter – spraakklank integratie, verschilt dus van de symmetrische betrokkenheid van basale auditieve én visuele hersengebieden zoals die terug te vinden is bij audiovisuele spraak verwerking. De vroege visuele verwerking is niet noodzakelijk betrokken bij de automatische integratie van letter – spraakklank paren, waarschijnlijk door de onnatuurlijke, maatschappelijk bepaalde relatie tussen beiden.

In deze thesis werd gebruik gemaakt van een crossmodaal MMN paradigma. Hoewel ervan uitgegaan wordt dat de MMN enkel puur auditieve verwerking representeert, werd deze component ook al eerder gebruikt om audiovisuele verwerking te onderzoeken. Maar tot nu toe werd enkel gerapporteerd dat er een MMN optrad doordat het percept van de auditieve stimulus denkbeeldig veranderde onder invloed van een afwijkende visuele stimulus. In deze thesis wordt aangetoond dat de MMN ook meer subtiele crossmodale invloeden op spraakklank verwerking kan representeren. Terwijl de afwijkende letter geen auditieve MMN veroorzaakte in een serie van standaard spraakklanken (dus geen denkbeeldige verandering in auditieve perceptie), werd er wel gevonden dat een standaard letter de MMN, veroorzaakt door een afwijkende spraakklank in een serie van standaard spraakklanken, kan beïnvloeden. Het voordeel van deze methode is dat het toelaat letter – spraakklank verwerking rechtstreeks te onderzoeken zonder dat proefpersonen een taak dienen uit te voeren. Om meer te weten te komen over deze crossmodale MMN zou het interessant zijn om de locatie na te gaan van het neurale generator mechanisme dat eraan ten grondslag ligt. Het is immers bekend dat afwijkingen in uiteenlopende auditieve eigenschappen MMNs veroorzaken met uiteenlopende neurale generator mechanismen in de auditieve cortex. Mogelijk komt de locatie van de crossmodale MMN overeen met de hersengebieden waar eerdere fMRI studies letter – spraakklank integratie effecten hebben gevonden.

Ter conclusie: de studies die in deze thesis werden gepresenteerd demonstreren een methode om letter – spraakklank koppelingen te onderzoeken in de hersenen van ervaren en beginnende lezers alsook dyslectici. Een groot voordeel van deze methode is dat er met een hoge tijdsresolutie wordt gemeten en dat het niet nodig is een taak op te leggen aan de proefpersonen. Op die manier worden taak gerelateerde effecten uitgesloten, zodat we er zeker van kunnen zijn dat we niet het ophalen van de spraakklank of het uitspreken ervan aan het meten zijn. De belangrijkste conclusies zijn dat

ervaren lezers vroeg en automatisch letter – spraakklank paren integreren wanneer ze gelijktijdig worden aangeboden. Ten tweede, de ontwikkeling tot een volwassen letter – spraakklank verwerking duurt ettelijke jaren en evolueert van associatie naar automatische integratie van letter – spraakklank paren. Ten derde, problemen met de verwerking van letter – spraakklank paren, en niet (enkel) problemen met spraakklank verwerking lijken ten grondslag te liggen aan leesproblemen van mensen met dyslexie.