

Normale en dysgrafische schrijfontwikkeling bij kinderen

Een overzicht van recent onderzoek

Deel 1: Onderzoek naar de voorbereiding en uitvoering van schrijfbewegingen

Lisa Hamstra-Bletz¹, Anke W. Blöte² en Ruud G.J. Meulenbroek³

¹*Zelfstandig Psycholoog NIP te Amsterdam*

²*Vakgroep Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie, Rijksuniversiteit Leiden*

³*Nijmeegs Instituut voor Cognitie en Informatie (NICI), Katholieke Universiteit Nijmegen*

Dit artikel betreft het eerste deel van een overzicht van onderzoek naar de schrijfontwikkeling van kinderen⁵. Het totale overzicht bestrijkt het gehele terrein van onderzoek waarover sinds 1982 is gepubliceerd, en behandelt zodoende zeer uiteenlopende aspecten van het schrijven. De onderzoeken zijn naar onderwerp ingedeeld in vier brede categorieën: (1) Voorbereiding van de beweging, (2) Uitvoering van de beweging, (3) Resultaat van de beweging en (4) Diagnostiek en behandeling van schrijfproblemen. Dwars door deze indeling heen is een indeling gemaakt in onderzoek naar de normale ontwikkeling en onderzoek naar de dysgrafische ontwikkeling. Dit artikel betreft onderzoeken naar de voorbereiding en de uitvoering van schrijfbewegingen. Het tweede deel van dit artikel betreft het onderzoek van schrijfproducten alsmede de diagnostiek en behandeling van schrijfproblemen.¹

In velerlei aspecten van het schrijven zijn ontwikkelingseffecten gevonden. We noemen: allograaf selectie, de uitvoering van letters in de juiste grootte, de pengreep, de zithouding, de positie van de hand en de pols, de ligging van het schrijfpapier, penpuntbewegingen en bewegingscontrole. Onderzoek naar dysgrafisch schrijven is nog beperkt van omvang. Afwijkingen van het normale schrijven zijn gevonden wat betreft penpuntbewegingen en bewegingscontrole.

Dysgrafische schrijvers blijken veel meer vertragingen in hun schrijfbewegingen te laten zien en langer durende onderbrekingen dan niet-dysgrafische schrijvers. Bovendien hebben dysgrafische schrijvers een minder goede beheersing van de krachten die zij op de penpunt uitoefenen.

Correspondentieadres: Dr. E. Hamstra-Bletz, Harmoniehof 12 HS, 1071 TC Amsterdam.
Deel 2 van dit artikel verschijnt in het volgende nummer van Stem-, Spraak- en Taalpathologie.

Inleiding

In 1982 vond aan de Universiteit van Nijmegen het eerste internationale congres over motorische aspecten van de vaardigheid schrijven plaats. Dit congres heeft een opleving van onderzoek naar de schrijfmotoriek ten gevolge gehad. Hieronder bespreken wij een selectie van de vakliteratuur die in het afgelopen decennium op dit terrein is verschenen.^{1,2} De selectie betreft artikelen die zijn gebaseerd op (a) empirisch onderzoek naar (b) de ontwikkeling van de motorische vaardigheid schrijven (c) bij kinderen. Wij maken hierbij een onderscheid tussen onderzoek naar de normale, en onderzoek naar de dysgrafische schrijfontwikkeling, ondanks het feit dat hiertussen niet altijd een duidelijk onderscheid is te maken. Vanuit een diagnostisch en behandelings-perspectief echter, achten wij deze tweedeling zinvol. We spreken hier van dysgrafie wanneer er afwijkingen zijn vast te stellen in het aanleren en uitvoeren van de *motorische* component van de schrijfvaardigheid en er geen sprake is van een intellectueel tekort, een duidelijke neurologische stoornis of een perceptuo-motorische handicap. Anders dan O'Hare en Brown (1989a) spreken wij niet van dysgrafie wanneer er alleen problemen zijn met de spelling, de syntaxis, of de semantiek.

Het onderzoek naar de ontwikkeling van het schrijven is divers van aard. Het richt zich onder andere op: (a) de relaties tussen taal en motoriek, (b) de optimale houding van het lichaam, (c) de verschillen tussen links- en rechtshandigen, (d) de sturing van penpuntbewegingen en (e) de variabiliteit in het schrijfproduct. Deze uiteenlopende onderwerpen van onderzoek illustreren dat schrijven, naast lezen en spreken, een complexe communicatieve vaardigheid is die vanuit een groot aantal invalshoeken wordt bestudeerd. Het is daarom ook niet eenvoudig dit onderzoek als een geïntegreerd geheel te bespreken. Er is ook geen algemeen geaccepteerde theorie van de schrijfmotoriek waarmee de onderzoeken aan elkaar gerelateerd kunnen worden. Hierdoor is een duidelijke leidraad voor een bespreking van de onderzoeksresultaten afwezig. We hebben daarom gekozen voor een op de praktijk gerichte indeling in termen van *voorbereiding*, *uitvoering*, en *resultaat* van schrijfbewegingen.

Wij publiceren dit researchoverzicht in twee delen. In dit eerste deel wordt onderzoek besproken naar de voorbereiding en uitvoering van schrijfbewegingen; het tweede deel is gewijd aan onderzoek van schrijfproducten en onderzoek dat de diagnostiek en behandeling van schrijfproblemen betreft.

Bij de *voorbereiding* van schrijfbewegingen staat de relatie tussen taal en motoriek centraal. Belangrijke vragen hierbij zijn bijvoorbeeld: Over welke kennis moet een schrijver of schrijfster eigenlijk beschikken wil hij/zij vaardig kunnen schrijven? Hoe snel moet die kennis kunnen worden aangesproken als we de tijdsdruk waaronder schrift vaak tot stand moet komen, in ogenschouw nemen? Ofwel, welke mentale (cognitieve) processen voltrekken zich in het brein van de schrijver/schrijfster. Het onderzoek naar deze vragen is sterk beïnvloed door het informatieverwerkingsmodel van taalvaardigheden van Ellis (1982), dat in de volgende paragraaf kort wordt weergegeven. Het onderzoek heeft veelal plaats-

gevonden in laboratoriumsituaties met volwassen proefpersonen; de voorbereiding van schrijfbewegingen is zelden onderzocht bij kinderen. Hoewel de theoretische inzichten die dit onderzoek heeft opgeleverd belangrijk zijn voor een juist begrip van de complexiteit van het schrijfproces, zijn de implicaties van het onderzoek voor de diagnostiek en behandeling van schrijfproblemen tot nu toe beperkt. Bovendien is het onderscheid tussen normale en dysgrafische schrijfontwikkeling in dit kader moeilijk aan te geven, omdat het onderzoek zich voornamelijk heeft gericht op de 'gemiddelde' schrijver/schrijfster.

Het onderzoek naar de *uitvoering* van schrijfbewegingen is veel uitgebreider dan het onderzoek naar de voorbereiding van schrijfbewegingen. Hier staan vragen centraal zoals: Hoe ontwikkelt zich de schrijfhouding als functie van de leeftijd van de schrijver/schrijfster? Welke schrijfhouding en pengreep zijn optimale uitgangscondities? Wat zijn de belangrijke verschillen tussen links- en rechtshandigen? Hoe worden penpuntbewegingen aangestuurd en hoe worden ze tijdens en na de uitvoering gecontroleerd? Diverse neurofysiologische en psychomotorische modellen hebben het onderzoek naar deze vragen beïnvloed. Helaas is ook hier geen overkoepelende, algemeen geaccepteerde theorie aanwezig waarin de vele observatiegegevens omtrent houding en beweging op een samenhangende wijze met elkaar in verband gebracht kunnen worden. Wat de aard van het onderzoek betreft, zijn er tenminste twee duidelijk te onderscheiden benaderingen. Een aantal van de studies maakt gebruik van video-opnames voor het registreren en analyseren van houdingsaspecten. Dit onderzoek betreft de observatie van houdings- en bewegingsaspecten bij (jonge) kinderen en heeft als zodanig directe relevantie voor de onderwijspraktijk. Onderzoek vanuit de experimentele benadering daarentegen is vaak zeer technisch van aard en maakt ander gebruik van XY-tabletten (digitizers) voor het met behulp van computers digitaal vastleggen en analyseren van de veelal kleine en zeer snel uitgevoerde penpuntbewegingen. Mede vanwege de complexe analysemethoden die de laatste decennia in dit type onderzoek zijn ontwikkeld, is dit onderzoek voor praktici vaak ontoegankelijk. Bovendien betreft ook dit type onderzoek veelal volwassen schrijvers, hoewel het laatste decennium steeds meer aandacht gegeven is aan de ontwikkeling van de schrijfhouding en -beweging bij kinderen. De implicaties van het onderzoek voor de praktijk van het schrijven zijn echter nog gering. Vanwege de grote variabiliteit van de kenmerken van schrijfbewegingen (zoals grootte, helling, snelheid, vloeïendheid), zowel binnen één individu (op verschillende momenten) als tussen individuen, is de grens tussen normale en dysgrafische uitvoering van schrijfbewegingen moeilijk aan te geven.

Samenvattend, we behandelen in dit literatuuroverzicht recent onderzoek naar de voorbereiding en de uitvoering van schrijfbewegingen.^{3,4} De conclusies die uit het onderzoek naar voren komen zijn, evenals het besproken onderzoek, van uiteenlopende aard. Ze kunnen mogelijk een bijdrage leveren aan het denkkader van de diagnosticus of behandelaar op het gebied van methodieken voor onderzoek en training.

1. Voorbereiding van de schrijfbeweging.

Het informatieverwerkingsmodel van taalvaardigheden van Ellis (1982) specificeert de cognitieve processen die plaatsvinden bij lezen, spreken en schrijven van afzonderlijke woorden. Wij beperken ons hier tot het gedeelte van het model dat betrekking heeft op het schrijven. Voordat een woord geschreven kan worden, zal met behulp van specifieke taalkennis het spellingspatroon van het woord moeten worden vastgesteld. Het woord zal moeten worden omgezet in een sequentie van grafemen (talige, niet-motorische lettercodes). Wanneer een schrijver zich voor de taak gesteld ziet een woord op te schrijven waarvan hem/haar de spelling onbekend is, zal hij/zij een beroep moeten doen op klankrepresentaties en op foneem-grafeem conversie-regels die het mogelijk maken klank-eenheden (fonemen) om te zetten in eenheden voor schriftelijk taalgebruik (grafemen). In dit geval vindt de informatieverwerking langs een 'fonologische' (klank) route plaats. Hoe de spelling van een woord ook bereikt wordt, het resultaat, een grafemische representatie (het spellingspatroon), wordt volgens het model van Ellis voor verdere verwerking tijdelijk paraat gehouden in een grafemisch kortdurend werkgeheugen. Voor elk grafeem moet namelijk uit een lange-termijn motorisch geheugen een motorisch programma worden opgehaald. Voor één en hetzelfde grafeem kennen we daarbij in onze taal meerdere spatiële vormen (o.a. hoofdlettervorm en kleine lettervorm). De verschillende realisatievormen waarin een letter grafisch kan worden geproduceerd, heten allografen. Allografen zijn abstracte standaardvormen, die per conventie in de schrijfcultuur van een bepaalde taalgemeenschap als potentiële vormen van taaltkens fungeren (Hamstra-Bletz, 1993).

1.1 Allograaf-selectie

De eerste stap van abstracte grafemische code naar schrijfspoor houdt in dat de grafemische representatie wordt vertaald in een (abstracte) allografische representatie. Daartoe worden allografen geselecteerd uit een allografisch langueduur geheugen, waarbij de keuze tussen hoofdletters en kleine letters moet worden gemaakt, rekening dient te worden gehouden met de positie van de letter binnen het woord en met formele eisen die aan de schrijfstijl gesteld worden, bijvoorbeeld blokschrift voor zakelijke berichten en cursieve vormen voor privé aantekeningen. De allografische representatie is een spatiële representatie. Deze representatie wordt voor verdere verwerking vastgehouden in een allografisch werkgeheugen (Ellis, 1982).

Meulenbroek en Van Galen (1990) onderzochten in een laboratoriumstudie de tijd die kinderen nodig hebben voor de vertaling van een grafemische representatie in een allografische representatie. Leerlingen uit de groepen 4 tot 8 van een Nederlandse basisschool, 14 per groep, deden aan het onderzoek mee. Er werd een aantal factoren gevonden dat de tijdsduur nodig voor het selecteren van allografen uit het allografisch langueduur geheugen bepaalt. Deze factoren zijn: spatiële ambiguïteit (zoals bij de letters ('d, b, p, q'), contextuele ambiguïteit

(bijvoorbeeld bij cijfer '1' en letter 'l'; cijfer '9' en letter 'g'), het aantal allografen dat voor een grafeem bestaat en de letterfrequentie. Volgens de auteurs bepalen deze factoren de complexiteit van een allograaf.

1.2 Ophalen van een motorisch programma

De allografische representatie van een woord wordt gebruikt om uit een motorisch langeduur geheugen bij de betreffende allografen passende motorische programma's te selecteren (Ellis, 1982). Elke allograaf wordt door een uniek motorisch programma in het motorisch lange-termijn geheugen gerepresenteerd (Van Galen en Teulings, 1983). Een motorisch programma specificiert de volgorde, de richting en de relatieve grootte van de bewegingsonderdelen van de betreffende allograaf, zonder de absolute grootte van het schrift en de spieren die bij de uitvoering ervan gebruikt gaan worden, te specificeren (Ellis, 1982). Van Galen, Smyth, Meulenbroek en Hylkema (1989) spreken van een niet-spierspecifieke opsomming van instructies, die betrekking hebben op bewegingstrajecten en hun onderlinge ruimtelijke relaties. Het motorisch programma dient als invoer voor het neuromusculaire systeem ten behoeve van de aansturing van spiercontracties (Ellis, 1982).

In een laboratoriumonderzoek van Meulenbroek en Van Galen (1989a) schreven 75 Nederlandse kinderen in de leeftijd van 8 tot 12 jaar zo snel mogelijk en zonder de pen op te tillen combinaties van twee letters, waarbinnen verschillende typen letterverbindingen voorkwamen. Motorisch werd er een verschil gevonden tussen verbindingshalen en halen binnen lettervormen. Er zijn aanwijzingen dat terwijl halen binnen letters worden opgehaald uit een abstract lange-termijn geheugen, verbindingshalen on-line worden geformeerd.

Smits-Engelsman, Van Galen en Portier (1994a) lieten 48 kinderen (8, 9 en 10-jarigen) lettersequenties schrijven waarin het aantal keren en het moment waarop een motorisch programma moest worden geselecteerd, werden gevarieerd. Het betrof lettersequenties zoals *eeee*, *eenn* of *enen*. Jonge kinderen schreven aanzienlijk langzamer en met meer aarzelingen bij toenemende moeilijkheid in het ophalen van motorische programma's, hetgeen niet werd gevonden bij de oudere kinderen. Deze bevinding wijst er op dat voor de jonge kinderen de cognitieve en aandachtsaspecten van schriftproductie belangrijke taakmoeilijkheden zijn, terwijl dit niet het geval is voor de meer ervaren schrijvers.

Zesiger, Mounoud en Hauert (1993) voerden een onderzoek uit met 60 meisjes van 8 tot 12 jaar (12 per leeftijdsgroep). De schrijftaak bestond uit vier woorden en acht pseudowoorden (d.w.z. betekenisloze lettersequenties) van zes letters, die moesten worden geschreven. Vier pseudowoorden eindigden op 3 letters, die als combinatie in de gegeven volgorde frequent voorkomt in de betreffende taal, terwijl bij de andere vier pseudowoorden het laatste trigram (drie-lettercombinatie met gegeven volgorde) niet frequent voorkomt. De gemiddelde snelheid en vloeiendheid van de bewegingen bleken niet beïnvloed te worden door het feit dat een lettersequentie al of niet een bestaand woord was noch door trigramfrequentie. Deze effecten deden zich wel voor bij volwassen controleproefpersonen.

1.3 Parametrisatie en spierselectie

1.3.1 Parametrisatie

Voordat een schrijfbeweging kan worden uitgevoerd dienen in het motorisch programma de kracht- en tijdsparameters te worden ingesteld. Het is duidelijk dat de gewenste schrijfgrootte en schrijfsnelheid tezamen met de te bereiken vorm van de penpuntbeweging zullen bepalen welke kracht- en duurspecificaties moeten worden ingesteld.

Smits-Engelsman, Van Galen en Portier (1994a) onderzochten bij de eerder genoemde 48 kinderen (8-10 jaar) de effecten van een voorgeschreven schrijfgrootte (3 mm en 6 mm) en een gegeven variatie in lineatuurbreedte op de snelheid en vloeiendheid van schrijfbewegingen. De gemiddelde snelheid en de vloeiendheid van de beweging waren groter bij de grotere letters. Dit gold voor alle leeftijdsgroepen. Bij een smallere lineatuur was de gemiddelde snelheid langzamer en de beweging minder vloeiend. Ook hierbij werd geen leeftijdseffect gevonden. De jonge kinderen bleken echter de grote letters veelal te klein uit te voeren, hetgeen wordt toegeschreven aan een onvermogen om langere lijntrajecten te plannen en uit te voeren. Daarentegen produceerden de oudere kinderen juist te grote letters, met name bij een smalle lineatuur. Dit wordt verklaard door een verandering in strategie voor de controle van de nauwkeurigheid van de beweging.

1.3.2 Spierselectie

Wanneer op het allerlaatste moment voorafgaand aan het begin van de uitvoering van een schrijfbeweging de krachten op de penpunt en de krachtduren die gebruikt zullen gaan worden, zijn gespecificeerd, is er één intrigerend aspect dat nog niet is ingevuld. De schrijver moet namelijk nog kiezen met welke spiergroepen de schrijfbeweging zal worden uitgevoerd. Dit lijkt een academische kwestie die niet interessant is voor praktische doeleinden in het kader van diagnostiek en behandeling van schrijfproblemen. Toch is dit een belangrijke laatste stap in de lange weg die ondertussen is afgelegd tussen taal en motoriek. Onderzoek toont immers aan dat op het niveau van de spierselectie, mensen een bijzondere flexibiliteit ontwikkelen die ze in staat stelt onder steeds wisselende omstandigheden zeer efficiënt en snel een zelfde schrijfbeweging met totaal verschillende spiergroepen uit te voeren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het feit dat de ene keer met grote spiergroepen in de rug en rondom de schouder schrijfbewegingen op een schoolbord gemaakt worden, terwijl de andere keer, met veel kleinere spiergroepen in de onderarm, hand en vingers, minuscule schrijfbewegingen op een blad papier gerealiseerd worden. Terwijl in beide situaties verschillende lichaamsonderdelen gecoördineerd worden, vertonen de spatiële eindresultaten vaak opvallende overeenkomsten. Recentelijk is op dit terrein onderzoek gedaan door Meulenbroek, Rosenbaum, Thomassen en Loukopoulos (1994). Voor het verklaren van de flexibiliteit waarmee mensen hun lichaam in kunnen zetten voor motorische taken moeten we volgens Meulenbroek et al. (1993) veronderstellen dat

lichaamsrepresentaties in het brein geëvalueerd worden op hun geschiktheid voor de geplande beweging. De evaluatie betreft de spatiële nauwkeurigheid en de mate van inspanning. In het neuromusculaire systeem zijn mechanismen aanwezig waarmee mensen snel en nauwkeurig hun lichaamshouding zodanig kunnen aanpassen, dat ze zo min mogelijk energie spenderen en dat ze de doelen bereiken die aan de taak gesteld zijn. Meulenbroek, Rosenbaum, Thomassen en Schillings (submitted) laten zien hoe deze recente inzichten van toepassing zijn op de ontwikkeling van de schrijfmotoriek bij kinderen.

Samenvattend, het onderzoek van de voorbereiding van schrijfbewegingen bij kinderen laat zien dat lettervormen om diverse redenen complexiteitsverschillen vertonen en dat de processen van allograafselectie en motorische programmering bij jonge kinderen nog veel van hun aandacht vergen. Bij de cognitieve controle van de grootte en de nauwkeurigheid van schrijfbewegingen is geen ontwikkelingseffect gevonden, maar wél in het uitvoeren van letters in de juiste grootte. Voorts bleek de informatieverwerking langs een lexicale weg danwel langs een fonologische weg geen invloed te hebben op de uitvoering van de schrijfbeweging en trigramfrequentie evenmin.

2. Uitvoering van de beweging

2.1 Houding

In een aantal studies wordt een beschrijving gegeven van de ontwikkeling van de schrijfhouding en -beweging in de normale populatie. Allerlei aspecten komen aan de orde, zoals de houding en stabiliteit van de romp, spanning in de schouder, positie en transportbeweging van de schrijfarm, pengreep, positie van de niet-schrijvende hand en de afstand van het hoofd tot het papier. Ook papierligging en meubilair worden in sommige studies binnen het houdings- en bewegingskader behandeld.

2.1.1 Schrijfhand

Linkshandig schrijven is een onderwerp dat in de praktijk van het onderwijs veel aandacht krijgt. Met name de vraag of linkshandigen gedwongen mogen worden rechtshandig te schrijven, is de laatste jaren weer actueel.

Muller (1985) deed onderzoek naar handvoorkeur bij 4- tot 7-jarige Nederlandse kinderen. De auteur bepaalde met behulp van een proefreeks, een serie technische en grafische proefjes, zowel de handvoorkeur als de vaardigheid van beide handen van de kinderen. De prestaties van linker en rechter hand van ieder kind werden met elkaar vergeleken in een dominantiediagram. Op grond van de diagrammen werd een criterium geformuleerd volgens welk een kind als rechts- of linkshandig, danwel ambidexter werd gediagnosticeerd. Het op deze wijze bepaalde percentage links-, rechts- danwel gemengdhandigen in het sample was respectievelijk 7.5, 86.5 en 6. Het deel van de kinderen dat linkshandig *schreef* daarentegen was 13 %. In het eerste leerjaar (de huidige groep 3) schreven niet

alleen de linkshandigen maar ook bijna alle ambidextere leerlingen met de linkerhand. Het advies om rechtshandig te gaan schrijven, leidde bij ambidextere kinderen die nog weinig of niet met schrijven geoefend hadden, tot succes. Met kinderen die al enige tijd linkshandig hadden geschreven, lukte dat niet meer. Muller concludeert verder nog dat ambidextrie geen overgangsfase in de ontwikkeling van het kind is. Ook bij de meeste jonge kinderen was er al sprake van een duidelijke voorkeurshand.

De invloed van de schrijfhand op de wijze van uitvoering en op het produkt van de schrijfhandeling zijn herhaaldelijk onderwerp van studie geweest. In een onderzoek van Eling en Vreede-Chabot (1989), verricht bij Nederlandse kinderen uit groep 2 en 6, bleek er geen verschil tussen links- en rechtshandigen te zijn in voorkeursrichting waarin letterachtige figuren gevormd werden. Ook letters werden door links- en rechtshandigen op dezelfde manier geproduceerd. In een tweede onderzoek van uitsluitend zesde-groepers bleek dat handvoorkeur noch handpositie (al dan niet boven de regel, de zogenaamde geïnverteerde handpositie) enig verband vertoonden met de schrijfsnelheid.

Ook in ander Nederlands onderzoek bij basisschoolleerlingen (Hamstra-Bletz en Blöte, 1990; Mojet 1991) met respectievelijk 19 en 14% linkshandige schrijvers, werden geen verschillen tussen links- en rechtshandigen gevonden in handschriftkwaliteit en schrijfsnelheid. Hetzelfde gold voor de Engelse onderzoeksgroep van Alston (1990) en de Australische onderzoeksgroep van Ziviani en Elkins (1986). Ziviani (1984) vond, eveneens bij Australisch schoolkinderen, uit leerjaar 3 tot 7 (10% linkshandigen), geen relatie tussen schrijfhand en snelheid van schrijven.

Meulenbroek en Van Galen (1989b) deden een laboratorium-onderzoek naar de vloeiendheid en snelheid van de schrijfbeweging van Nederlandse leerlingen uit Groep 4 tot 8. Links- en rechtshandigen verschilden niet op deze beide aspecten.

Schneck (1991) concludeerde dat onder eerste-klassers in Noord-Amerika de kinderen met een slecht handschrift vaker ambidexter waren dan de kinderen met een goed handschrift. Voor de groep als totaal was er geen relatie tussen handvoorkeur en de kwaliteit van de pengreep.

O'Hare en Brown (1989b) vonden bij eveneens Noord-Amerikaanse kinderen, aangemeld voor neurologisch onderzoek, dat degenen met een verworven schrijfstoornis vaker links- of gemengdhandig waren. Onder degenen met ontwikkelingsstoornissen was de verdeling niet verschillend van die in de normale populatie.

Er is ook onderzoek verricht naar de relatie tussen enerzijds de positie van schrijfarm en schrijfpapier en anderzijds links- dan wel rechtshandig schrijven. Sassoon, Nimmo-Smith en Wing (1986) vonden bij hun Engelse onderzoeksgroep in de leeftijd van 7 tot 16 jaar dat de rechtshandigen het schrijfpapier wat naar rechts ten opzichte van de middellijn van het lichaam legden en tegelijk ook wat naar links gedraaid. Linkshandigen legden hun papier ofwel in het midden ofwel wat naar rechts en draaiden het naar rechts. Het verschil in papierligging nam toe met leeftijd.

Athenes en Guiard (1991) deden meer gedetailleerd onderzoek naar de positie van het schrijfpapier zowel als van de relatieve positie van de onderarm ten opzichte van het papier en van de tafelrand. Zij selecteerden links- en rechtshandige kinderen uit leerjaar 1 tot 6. Bij rechtshandigen bleef de hoek tussen schrijfarm en tafelrand dezelfde voor de verschillende leerjaren. De papierligging daarentegen, veranderde van rechtop naar 10 graden naar links gedraaid. Het effect hiervan was dat bij rechtshandigen de schrijfarm meer recht ten opzichte van de regel kwam te liggen (de hoek tussen de arm en de lengteas van het papier verminderde van 30 tot 20 graden). – Dezelfde ontwikkeling werd beschreven voor Nederlandse rechtshandige kinderen van 6 tot 11 jaar; echter, de heel jonge kinderen in deze onderzoeksgroep hadden de onderarm parallel aan de tafelrand en in zijn geheel op tafel liggen (Borysowicz & Blöte, 1985). – Bij linkshandigen werden sekseverschillen in de relatieve armligging gevonden (Athenes & Guillard). De meisjes hadden in het eerste leerjaar het papier loodrecht op tafel liggen en de onderarm schuin (onder een hoek van 45 graden met de tafelrand). In het zesde leerjaar hadden sommige meisjes het papier schuin naar rechts gedraaid, zodanig dat de arm parallel lag met de lengteas van het papier. Andere meisjes hadden het papier licht naar links gedraaid en de onderarm min of meer parallel aan de schrijfregel. Een dergelijke onderarmligging wijst op een geïnverteerde handpositie. Bij linkshandige jongens lag het papier in alle leerjaren recht op tafel en lag de onderarm diagonaal, onder een hoek van ongeveer 50 graden met de tafelrand. De auteurs leidden uit deze combinatie van papier-en onderarmligging af dat deze kinderen geen geïnverteerde handpositie vertoonden (de handpositie werd niet rechtstreeks geobserveerd). Onzes inziens is deze interpretatie niet juist, omdat met de beschreven arm/papierligging de hand zowel in het verlengde van de onderarm kan liggen als geïnverteerd kan zijn.

Peters (1986) onderzocht bij uitsluitend linkshandige kinderen de relatie tussen handpositie (al dan niet geïnverteerd) en schriftkenmerken. Het onderzoek werd verricht bij Duitse kinderen uit leerjaar 1 tot 4, die allen cursief schrift hadden geleerd. De geïnverteerde handpositie werd, verwijzend naar Levy (1982) als volgt omschreven: De hand bevindt zich boven de schrijflijn en de penpunt wijst naar de onderkant van het papier. De onderzoeksresultaten laten zien dat 'geïnverteerden' vaker consistent rechtshellend schrift produceerden en niet-geïnverteerden vaker schrift met een inconsistente hellingshoek. De auteur concludeert dan ook dat voor linkshandigen een geïnverteerde handpositie zeker voordelen biedt.

Door het artikel van Levy en Reid uit 1978, werd de vraag opgeworpen of de geïnverteerde handpositie het gevolg is van een specifieke organisatie van de hersenfuncties, dan wel een door omgevingsinvloeden bepaalde keuze van het individu. Porac, Coren en Searleman (1983) deden onderzoek op dit terrein, waarbij ook kinderen betrokken waren. Ze stelden een onderzoeksgroep samen, uit een Canadees sample, van 450 drietallen van steeds vader-moeder-kind. In de groep kinderen kwam de geïnverteerde hand significant vaker bij jongens voor dan bij meisjes. Dit verschil was geheel toe te schrijven aan de *rechtshandigen*.

Vijftien procent van de rechtshandige jongens tegen 3.5% van de rechtshandige meisjes schreef met geïnverteerde hand. Van de linkshandigen waren de percentages respectievelijk 8.5 en 7.5. Als één of beide ouders met geïnverteerde hand schreven, schreven de dochters ook vaker zo. Voor de zonen gold dit niet. De auteurs stellen dat niet duidelijk is of de verbanden genetisch dan wel omgevingsbepaald zijn. Het is mogelijk dat meisjes zich gemakkelijker laten beïnvloeden door hun omgeving en op die manier de geïnverteerde handpositie van de ouder overnemen.

Op grond van bovenstaande studies kan geconcludeerd worden dat de schrijfhand wel gerelateerd is aan houdingsaspecten, namelijk papierligging en handpositie, maar niet aan schrijfprestaties. De leesbaarheid van het schrift en de schrijfsnelheid zijn voor links- en rechtshandige schrijvers gelijk. Ambidextere kinderen hebben mogelijk wel een minder goed handschrift. Wat deze laatste groep betreft, lijkt het van belang een eventuele omschakeling van links- naar rechtshandig schrijven zo snel mogelijk te laten plaatsvinden. Bij linkshandigen leidt het schrijven met een geïnverteerde handpositie mogelijk tot een meer consistente hellingshoek van het schrift.

2.1.2 Pengreep

Er is een aantal studies waarin de pengreep wordt beschreven als een functie van leeftijd. Blöte (1988, 1992) beschreef de ontwikkeling van pengreep, schrijfhouding en -beweging bij Nederlandse kinderen tot 7 jaar. Eén-jarigen kunnen vaak al een potlood hanteren. Op deze leeftijd, tot aan het derde jaar, worden veelal palm- en tanggrepen waargenomen. Vanaf het derde jaar komt het schrijfinstrument meer onder controle van duim, wijs- en middelvinger. Meestal is er nog geen sprake van de zogenaamde pincetgreep, waarbij de stift tussen de toppen van duim en wijsvinger wordt vastgehouden en ondersteund wordt door het laatste kootje van de middelvinger. Het gaat voornamelijk om variaties op de pincetgreep, waarbij bijvoorbeeld de top van de middelvinger ook op de stift ligt of de duim niet in oppositie is met de wijsvinger, maar er dwars opligt (Zie Figuur 1).

Van de 5- en 6-jarigen had 56% een pincetgreep; de overige 44% had een variatie hierop. De plaats waar het potlood aangevat werd, was aanvankelijk, bij de 1-jarigen, heel hoog bij het bovenste uiteinde. Met toenemende leeftijd kwam dat punt lager te liggen. De 5- en 6-jarigen hielden hun potlood laag tot zeer laag (op het afgeslepen gedeelte) vast. In een ander onderzoek bij derde-groepers die bijna twee maanden schrijfonderwijs hadden gehad (Blöte, Horbach en Van Wijnen, 1986) bleek eveneens dat de helft van de kinderen de zuivere pincetgreep toepaste. Bij een kwart van de kinderen lag het potlood niet op het laatste, maar het middelste kootje van de middelvinger. Bij sommige kinderen ontbrak ook de duim-wijsvinger oppositie of lag de middelvinger op het potlood. Veel kinderen schreven erg krampachtig. Bij 76% van de kinderen werd dan ook een zogenaamde geknakte wijsvinger geobserveerd (waarbij er sprake is van sterke flexie van de vinger met overstrekking van het gewricht tussen het tweede en derde kootje; Zie Figuur 2).

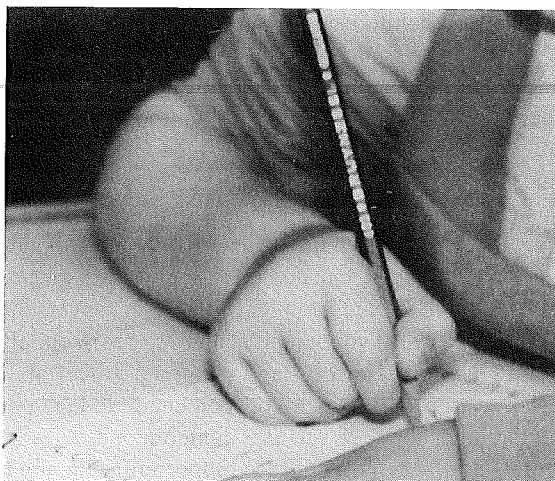


Fig. 1. Variatie op de pincetgreep. Duim ligt dwars op de wijsvinger.

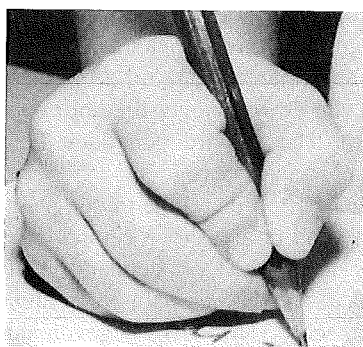


Fig. 2. Pincetgreep met geknakte wijsvinger.

Goodgold (1983) vergeleek jonge en oudere kleuters, met en zonder verdenking op toekomstige leerproblemen, en kinderen die een jaar extra 'kleuterden'. Ze tekenden figuren na, en de oudere kinderen schreven hun naam. Verschillende aspecten van pengreep, lichaamshouding en beweging werden beoordeeld. Voor wat betreft de pengreep bleek dat er alleen verschil was tussen de jonge en oudere kleuters; de oudere kleuters vertoonden een betere greep. Verder vertoonde meer dan 80% van de totale groep een 'geknakte' wijsvinger. De normale kleuters hadden een betere arm- en handhouding, een betere transportbeweging en een meer vloeiende manier van bewegen dan de risicogroep. De kinderen die een jaar extra kleuterden hadden, ondanks dat ze een jaar ouder waren, een lagere totaalscore op de houdings- en bewegingsitems.

Ziviani (1983) onderscheidt vier aspecten aan de pengreep, te weten: a. flexie van de wijsvinger; b. mate van pronatie/supinatie van de onderarm (bij een gepronede arm ligt de binnenkant van onderarm en pols naar de tafel gekeerd, bij een gesupineerde arm is deze min of meer omhoog gedraaid en is de buitenkant naar de tafel gekeerd); c. het aantal vingers dat zich op het schrijfinstrument bevindt; en d. duim-wijsvinger oppositie. Een onderzoek werd uitgevoerd bij 6- tot 14-jarige Australische kinderen. Het bleek dat de jongere kinderen en de meisjes relatief veel flexie van de wijsvinger vertoonden. De oudere kinderen en de jongens schreven relatief vaak met de onderarm in supinatiestand. Met betrekking tot de aspecten c en d werden geen leeftijds- of sekseverschillen gevonden.

Borysowicz en Blöte (1985) vonden bij een groep basisschoolleerlingen in de leeftijd van 6 tot 11 jaar dat een erg lage pengreep zowel als een 'geknakte' wijsvinger in alle leerjaren veel bleven voorkomen, de te lage pengreep bij 87% en de geknakte wijsvinger bij 47% van alle kinderen.

Sassoon, Nimmo-Smith en Wing (1986) rapporteren een nog hoger percentage kinderen met een geknakte wijsvinger, namelijk 60%. De duim lag ook meestal dicht bij de punt van het schrijfinstrument dan de wijsvinger. Slechts een derde van hun groep 7- tot 16-jarigen toonde de pincetgreep in zuivere vorm; dat werd ongeveer twee derde als variaties met betrekking tot de positie van duim en wijsvinger en middelvinger ook werden meegeteld. In deze ruime definitie kwam de greep vaker voor bij de 15-jarigen dan bij de 7- en 9-jarigen. Dit was toe te schrijven aan de positie van de wijsvinger die door de oudere kinderen minder vaak aan de zijkant van de schacht wordt gehouden. Er werden geen verschillen in greep tussen jongens en meisjes gevonden.

Een klein aantal studies betreft de relatie tussen pengreep en handschriftkenmerken. Schneck (1991) vond in zijn groep eersteklassers een relatie tussen de kwaliteit van de greep en de kwaliteit van het handschrift. De greep werd beoordeeld op een 5-puntsschaal, waarbij een palmgreep met een gepronede onderarm score 1 kreeg en een score van 5 werd gegeven aan ofwel een pincetgreep met vinger- en polsbeweging ofwel een variatie daarop waarbij de duim dwars ten opzichte van de wijsvinger ligt. Het handschrift van de kinderen werd beoordeeld als goed dan wel slecht op basis van 6 kenmerken, namelijk leesbaarheid, nauwkeurigheid van de lettervormen, uniformiteit in lettergrootte, uniformiteit in schrijfrichting, ruimte tussen letters en woorden en regelverloop. De kinderen met een slecht handschrift hadden een significant lagere greepscore.

Ziviani en Elkins (1986) vonden in hun groep van 6- tot 14-jarigen geen relatie tussen enerzijds het type greep en anderzijds de leesbaarheid van het schrift of de schrijfsnelheid. De greep werd op dezelfde 4 aspecten beoordeeld als genoemd in de studie van Ziviani (1983). De schrijfsnelheid werd gemeten als het aantal letters geschreven per minuut in een 2 minuten durende opdracht. De leesbaarheid werd met behulp van een sorteertechniek op een 7-puntsschaal bepaald.

Søvik, Arntzen en Teulings (1982) deden een onderzoek naar de relatie tussen produkt- en procesvariabelen bij 9-jarige Noorse kinderen. De procesvaria-

belen werden gemeten als afwijkingen van een 'ideaalmodel' voor houding en beweging, dat de kinderen in school werd onderwezen. Het bleek dat deze voorgeschreven houding en beweging maar door heel weinig kinderen in praktijk werd gebracht. Veel kinderen hadden de pols in extensiestand, de duim en wijsvinger te veel in flexie. Flexie van de wijsvinger correleerde .58 met de kwaliteit van het handschrift (gemeten als nauwkeurigheid). Dat wil zeggen, dat een nauwkeurig handschrift vaker gezien werd bij kinderen die met een geknakte wijsvinger schreven. Ook werd gevonden dat een verkeerde handpositie samenhang met ongecoördineerde arm- en polsbewegingen. De auteurs veronderstellen dat een onhandige handpositie compensatoire bewegingspatronen tot gevolg heeft.

Samenvattend, in de verschillende studies wordt een frequentie van voorkomen van de zuivere pincetgreep gemeld van 30 tot ruim 50 %. Zeer veel kinderen vertonen een bepaalde variatie op deze greep. De geknakte wijsvinger wordt heel algemeen waargenomen, het meest bij jongere kinderen en bij meisjes. Of het soort greep van invloed is op de kwaliteit van het handschrift is niet duidelijk. Twee studies vonden een relatie en een derde niet.

2.1.3 Zithouding

Sassoon, Nimmo-Smith en Wing (1986) melden dat in hun Engelse onderzoeksgroep van 7- tot 16-jarigen de meeste leerlingen rechtop zitten. Blöte (1988) daarentegen, beschrijft dat peuters en kleuters geheel rechtop zitten, maar dat in Groep 3 de lichaamshouding verandert. De meeste derde-groepers zitten in een sterk voorovergebogen houding. Ze leunen op de tafel, de schouders voorover gebogen en het hoofd dicht op het schrijfpapier (Blöte, Horbach en Van Wijnen, 1986). Deze houding wordt gezien als samenhangend met het rijpere, distale schrijfgedrag van de 6-jarigen in vergelijking met het minder distale gedrag van de kleuters. De beweging wordt steeds meer door de vingers en de pols in plaats van schouders, elleboog en pols geïnitieerd. De vooroverleunende houding bleef overigens in de hogere klassen nog bij de helft van de leerlingen voorkomen (Borysowicz en Blöte, 1985).

In de onderwijspraktijk wordt vaak verondersteld dat een vooroverleunende houding het gevolg is van verkeerd meubilair; met name een horizontaal werkblad wordt als ongunstig voor de schrijf- (en ook lees)houding beschouwd.

Charlton en Kavanagh (1994) onderzochten bij een groep 7- tot 10-jarige Australische kinderen het effect van een op tafel te plaatsen hellende lessenaar (met een hellingshoek van 20 graden). De eigen leerkracht beoordeelde iedere week de schrijfhouding van de kinderen. Over een periode van 10 weken verbeterde de schrijfhouding van de kinderen in de klassen met de lessenaars significant meer dan in de klassen zonder. Opmerkelijk is wel dat ook in de laatste klassen de schrijfhouding verbeterde. Het verschil tussen klassen met en zonder lessenaars bedroeg in de 10 weken van het onderzoek nooit meer dan 1 schaalpunt op een schaal van 1 tot 5.

Smeets en Molenbroek (1982) vonden dat de helling van het werkblad geen invloed had op de zithouding van kinderen. Zij legden bij 11-jarige Nederlandse

kinderen gedurende hele schooldagen iedere 2 minuten de zithouding fotografisch vast. Maten voor rechtop dan wel krom zitten werden met behulp van de computer en zogenaamde markers op kleding en meubilair berekend. De auteurs stellen dat er mogelijk wel een effect op de lees- en schrijfhouding is, maar dat dit effect te verwaarlozen is in het geheel van houdingen die kinderen op een dag aannemen.

In paragraaf 2.1.1. werden al enige studies besproken die de relatieve positie van onderarm, tafel en papier betreffen. Dit gebeurde in het kader van links- dan wel rechtshandig schrijven. Op deze plaats zullen we de overige onderzoeken met betrekking tot de positie van de onderarm behandelen.

Blöte (1988) stelde vast dat veel peuters en kleuters aanvankelijk nog met een geheven arm tekenen. Afhankelijk van de eisen van de taak, met name of fijne bewegingen al dan niet vereist worden, komt de arm op tafel te rusten en wordt de beweging meer distaal uitgevoerd (Blöte & Dijkstra, 1989). De positie van de onderarm ten opzichte van de tafelrand is min of meer loodrecht. Bij de oudste kleuters en derde-groepers verandert dat in een meer parallelle positie (Blöte, 1988), waarbij de onderarm geheel op tafel ligt, met de elleboog ver van de romp (Blöte, Horbach & Van Wijnen, 1986). In de hogere klassen treedt hierin een verdere verandering op: de onderarm komt in plaats van parallel meer loodrecht op de schrijfgregel te liggen, waarbij de elleboog van tafel af naar een positie dicht bij de romp beweegt (Borysowicz & Blöte, 1985). Het papier lag bij de derde-groepers rechtop en middenvoor het kind. In de hogere groepen ligt het iets ter rechter zijde van de middellijn van het kind en licht naar links gedraaid. In alle groepen zijn veel kinderen te vinden die het schrijfpapier onvoldoende naar boven schuiven al naar gelang er meer onder op de bladzij geschreven wordt, waardoor de onderarm niet meer op tafel steunt (Borysowicz & Blöte, 1985).

Samenvattend, uit de besproken studies komt naar voren dat veel Nederlandse kinderen sterk voorovergebogen zitten bij het schrijven. In groep 3 is dit verschijnsel heel algemeen. In de enige buitenlandse (Engelse) studie daarentegen, wordt gemeld dat de meeste leerlingen rechtop zitten. Een verklaring voor dit verschil is niet eenvoudig te geven. Zowel de Nederlandse als de Engelse kinderen schreven op een horizontaal werkvlak. Het is overigens niet duidelijk hoeveel invloed de helling van het werkvlak heeft op de houding van de schrijver. De twee studies op dit gebied suggereren dat het effect in ieder geval niet groot is. Wat de positie van schrijfarm en schrijfpapier betreft, deze vertonen een leeftijdsgerelateerde ontwikkeling.

2.2 Beweging

2.2.1 Beweging van de schrijfhand

We maken onderscheid tussen onderzoek dat zich richt op bewegingskenmerken van de schrijvende hand bij het vormen van de letters en bij het transport van de hand langs de regel enerzijds, en onderzoek dat zich richt op de beweging van de

penpunt over het schrijfvlak anderzijds. Het eerst genoemde onderzoek wordt in deze paragraaf besproken, het als tweede genoemde in de volgende paragraaf.

Blöte, Zielstra en Zoetewey (1987) onderzochten Nederlandse kleuters in de hoogste kleutergroep. De kinderen maakten verschillende schrijfpatronen en schreven hun naam. De aard van het patroon, continu versus discreet, werd weerspiegeld in de transportbeweging van de hand. De continue patronen, zaagtanden en poortjes, veroorzaakten bij een aantal kinderen toenemende extensie van de pols. Wanneer een bepaald maximum was bereikt, werden hand en arm door sommige kinderen verplaatst op een zodanige manier dat de potloodpunt en/of enkele vingertoppen op het papier bleven rusten tijdens de verplaatsing (de zogenaamde kruipende progressie). Bij de discrete taken, rondjes en naam schrijven, gebeurde het vaker dat de hand steeds werd opgetild bij verplaatsingen en soms ook gekanteld (tijdelijke supinatie van de onderarm). Bij de zaagtanden vertoonden sommige kinderen verschillende hand- en armposities voor de op- en neergaande halen. Er werd ook een verband gevonden tussen de moeilijkheidsgraad van de taak en het al dan niet voorkomen van tussentijdse aanpassingen van de greep. Bij de rondjes, de eenvoudigste taak, kwamen deze het minst en bij de moeilijkste taak, het naam-schrijven, het meest frequent voor.

Van Doorn en Keuss (1991) lieten in een laboratoriumsituatie Nederlandse slecht schrijvende 9- tot 11-jarigen twee continue patronen van halen produceren: één patroon naar rechts hellend en één patroon naar links hellend. Het rechtshellende werd proximaal, door middel van polsbeweging, uitgevoerd en het links hellende distaal, door vingerbeweging. Er waren twee condities, bij de ene konden de kinderen zien wat ze schreven en bij de andere werd de schrijfhand met penpunt verborgen gehouden. Bij het patroon dat door middel van polsbeweging werd geëffectueerd leidde de mogelijkheid tot visuele controle tot een minder vloeiende beweging. Bij dat gemaakt door vingerbeweging daarentegen leidde juist het ontbreken van visuele controle tot een minder vloeiende beweging. De auteurs schrijven dit effect toe aan onrijpheid van de distale musculatuur.

Blöte, Horbach en Van Wijnen (1986) stellen dat bij hun derde-groepers de transportbeweging nog heel proximaal, vanuit de schouder, wordt uitgevoerd. Het schrijfinstrument wordt verplaatst door het optillen van de hand, of zelfs de arm. Dit verplaatsen van de hand gebeurt bij de jonge kinderen relatief infrequent (Borysowicz & Blöte, 1985). Tijdens het schrijven komt eerst toenemende polsheffing voor. Dan pas wordt de hand verplaatst. Bij oudere kinderen neemt het aantal verplaatsingen van de hand in het verloop van een regel toe en treedt toenemende polsheffing veel minder op. Ook het meebewegen van de romp met de schrijfarm neemt met de leeftijd af.

Kort samengevat komt het erop neer dat positie en beweging van de schrijfhand en pols zowel samenhangen met de leeftijd van de schrijver als met eigenschappen van de schrijfpatronen, zoals de richting van de hellingshoek en continue versus discrete patronen.

2.2.2 Normale schrijfbewegingen

Bewegingen van de penpunt tijdens het schrijven zijn vrijwel uitsluitend onderzocht in laboratoriumsituaties met behulp van een XY-tablet en een elektronische pen met ingebouwde druksensor.

Meulenbroek en Van Galen (1986) voerden een onderzoek uit waarin schrijfpatronen van verschillende lengte en grootte als stimuli werden gebruikt: continue patronen (guirlande, arcade en golfpatroon) en discontinue patronen (guirlande, arcade en zaagtand). Dertig rechtshandige leerlingen uit de groepen 3 t/m 5 van een Nederlandse basisschool kregen de opdracht steeds het getoonde patroon na te tekenen zonder de pen van het papier te halen. Langere patronen leidden tot snellere beweging dan kortere patronen en tot hogere kwaliteit van de beweging (door profiteren van de herhaling). Van Groep 3 naar Groep 5 werd er een afname in uitvoeringsgrootte gevonden. In Groep 4 waren de grootte en de vorm van de patronen het onregelmatigst. Leerlingen uit Groep 3 presteerden beter, waarschijnlijk doordat zij recent veel training in het uitvoeren van schrijfpatronen hadden gehad. Continue patronen werden met hogere snelheid gemaakt dan discontinue, maar met mindere kwaliteit (er is meer coördinatie voor nodig). Opgaande lijnen gingen sneller dan neergaande, waarschijnlijk doordat opgaande lijnen vanuit de pols gemaakt worden en neergaande door flexie van de vingers. De pols is meer proximaal dan de vingers, en jonge kinderen hebben immers een betere beheersing van de proximale dan van de distale musculatuur. Alleen bij continue patronen werd de schrijfbeweging langzamer als de richting van het patroon veranderde van linksom naar rechtsom draaiend. Verandering van draairichting correspondeerde ook met een verslechtering van de kwaliteit van de schrijfbeweging. Vierde- en vijfdegroepers waren sneller dan derdegroepers in linksomgaande bewegingen, waarschijnlijk omdat zij meer oefening hebben in schrijven, waarbij immers veel linksomgaande bewegingen voorkomen. Lineatuur (geleidelijnen waartussen geschreven moest worden) zorgde voor snellere beweging en betere bewegingskwaliteit. Snelheidsinstructie leidde tot hogere schrijfsnelheid en hogere kwaliteit. Waarschijnlijk leidt de combinatie van lineatuur en snelheidsinstructie tot een meer ballistische strategie; kinderen moeten in die situatie van te voren ruimtelijke posities plannen.

Mojet (1989) liet 219 leerlingen uit de groepen 3 t/m 8 van een Nederlandse basisschool schrijfpatronen uitvoeren (continue en discontinue arcades en guirlandes) op een vel gelinieerd papier. De sterkste veranderingen deden zich voor gedurende de eerste vier leerjaren. De afmetingen van de patronen namen significant af. Ze werden in de loop der jaren minder hoog en minder breed. De gelijkmatigheid van de vormgeving nam toe, vooral t/m Groep 5 in de verticale dimensie en t/m Groep 6 in de horizontale dimensie. Het aantal en de duur van onderbrekingen in de beweging nam sterk af in Groep 3 en 4. De regelmaat in de timing van op- en neerhalen nam toe, met een stilstand in Groep 5. De gemiddelde schrijfdruk vertoonde een tendens tot afname t/m Groep 8, echter met een extreme verhoging in Groep 7.

Meulenbroek en Van Galen (1990) onderzochten met leerlingen uit Groep

4 t/m 8 de complexiteit van cursieve grafemen op grond van de snelheid en de vloeiendheid waarmee zij werden uitgevoerd. De letters 'r' en 'z' bleken de moeilijkste letters te zijn, waarschijnlijk door de horizontale golfbeweging. Letters met stokken en lussen waren in het algemeen minder complex dan rompleters. Zij werden doorgaans sneller geschreven dan rompleters, waarschijnlijk door de lange lettersegmenten.

Søvik en Arntzen (1991) lieten 12 Noorse kinderen uit Groep 3 na drie jaar eenzelfde schrijftest opnieuw uitvoeren. Bij beide testafnamen bleek dat woorden met linksom-draaiende bewegingen sneller werden geschreven dan woorden met alterneringen in de beweging. De schrijfsnelheid nam niet significant toe met de leeftijd. Er werd een sterke toename in het schrijfritme gevonden, met name bij de alternerende beweging. Dit laatste wordt toegeschreven aan instructie en training.

Zesiger, Mounoud en Hauert (1993) onderzochten 60 kinderen van 8 tot 12 jaar (12 per leeftijdsgroep) in een schrijftaak waarin woorden en non-woorden moesten worden geschreven waarvan de frequentie van het laatste trigram van de lettersequenties systematisch werd gevarieerd. De gemiddelde snelheid en de vloeiendheid van de bewegingen bleken systematisch toe te nemen met de leeftijd, het sterkst bij 8 tot 10-jarigen.

2.2.3 *Afwijkende schrijfbewegingen*

Søvik, Maeland en Karlsdottir (1989) lieten 16 'normale' en 16 dysgrafische Noorse kinderen van 9 jaar een woord opschrijven waarin omkeringen in de bewegingsrichting voorkomen. Het effect van verandering van draairichting in letterverbindingen op de uitvoering van afzonderlijke letters werd nagegaan. Een omkering van de richting van de beweging in een verbindingshaal vóór of ná een letter had geen invloed op de nauwkeurigheid van uitvoering van die letter, maar wel op de snelheid waarmee de letter geschreven werd en het schrijfritme. In die situatie werden letters langzamer en minder ritmisch uitgevoerd, zowel door de normale als door de dysgrafische schrijvers.

Smits-Engelsman, Van Galen en Portier (1994b) bestudeerden of slecht handschrift gerelateerd is aan stoornissen op één of meer van de specifieke niveaus in het informatieverwerkings model van Van Galen (1991). Deze niveaus zijn: (1) selectie van allografen, (2) controle van de uitvoeringsgrootte, en (3) selectie van spieren en aanpassing van de kracht op de penpunt aan de spatiële nauwkeurigheidseisen van de taak. Tevens werden drie alternatieve verklaringen voor slechte schrijfprestaties onderzocht: aandachtsstoornissen, slechte motoriek in het algemeen en ontwikkelingsachterstanden. Uit een groep van 634 leerlingen uit het Nederlandse basisonderwijs werden 24 slechte en 24 goede schrijvers geselecteerd in 3 leeftijdsgroepen (8, 9 en 10 jaar). In de schrijftaken die in het onderzoek gebruikt werden, werd in verschillende mate een beroep gedaan op voornoemde niveaus. Daarnaast werd een serie algemene psychomotorische tests afgenomen. Er werden geen aanwijzingen gevonden voor problemen bij allograafselectie of de aanpassing van de schrijfgrootte. De slechte schrijvers onder-

scheiden zich echter in sterke mate van de goede schijvers door hun onvermogen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen van de experimentele taken. Dit betekent dat hun schrijfproblemen gerelateerd zijn aan het derde niveau uit het model. Voor de onderzochte alternatieve verklaringen voor slechte schrijfprestaties (zie boven) werd geen steun gevonden.

Søvik en Arntzen (1986) vergeleken de schrijfprestaties van 24 'normale' 9-jarige Noorse kinderen met die van 24 dyslectische en 24 dysgrafische kinderen van dezelfde leeftijd. Er werden geen significante verschillen in schrijfsnelheid gevonden tussen de drie groepen proefpersonen.

Søvik, Arntzen en Thygesen (1987) lieten 24 'normale', 24 dyslectische en 24 dysgrafische negenjarige Noorse schoolkinderen schrijftaken uitvoeren. De 'normale' kinderen schreven het snelst en de dyslectische kinderen het langzaamst. Wat betreft het aantal en de duur van de onderbrekingen van de schrijfbeweging ('stops') werd er geen verschil gevonden tussen de 3 groepen, terwijl het schrijfritme van de 'normalen' het hoogst was en van de dysgrafische schrijvers het laagst. De lettervormen waren bij de dysgrafische schrijvers als groep het meest variabel en er kwamen bij hen veel uitschieters in de beweging (ataxic trends) voor. Belangrijk is dat de groepen sterk heterogeen bleken te zijn en er ook van overlap sprake was. Uit het onderzoek kwam naar voren dat kinderen met een dysgrafisch handschrift onderling sterk verschilden wat betreft procesvariabelen.

Samenvattend komt uit het besproken onderzoek naar voren dat kenmerken van penpuntbewegingen zoals snelheid en vloeiendheid sterk taak- en leeftijdsafhankelijk zijn. Uit de onderzoeken waarin dysgrafische kinderen werden onderzocht, komt naar voren dat de dysgrafische kinderen meer variabele lettervormen produceren, uitschieters in de beweging laten zien en een minder ritmisch schrift hebben, maar dat zij niet verschillen in gemiddelde schrijfsnelheid.

2.3 Bewegingscontrole

We spreken over bewegingscontrole wanneer we het hebben over de processen die betrokken zijn bij de sturing van schrijfbewegingen, de herkenning van het feit dat er bij de uitvoering iets mis gaat en eventueel opnieuw moet worden voorbereid, en de controle achteraf, de vergelijking van het schrijfprodukt met het produkt dat de schrijver/schrijfster bedoeld had te schrijven. Het gaat hier om de complexe relaties die er zijn tussen alle voorbereidings- en uitvoeringsprocessen. Vanwege het feit dat schrijfbewegingen relatief snel worden uitgevoerd, is bewegingscontrole geen eenvoudige zaak. Hierover zijn in de literatuur vele inzichten de revue gepasseerd. In de jaren '60 beschreef men bewegingscontrole als een eenvoudig cybernetisch proces waarin input en output op een of andere manier met elkaar door de schrijver/schrijfster vergeleken werden op basis van visuele en/of kinaesthetische feedback. In de 70-er jaren ontdekte men dat bewegingen veelal binnen 100 ms werden uitgevoerd en dat er dus veel te weinig tijd was voor de schrijver/schrijfster om van elke schrijfbeweging (op- of neerhaal) visuele en/of kinesthetische informatie te verwerken en te vergelijken met het

voorbereide plan van de beweging. Bewegingssequenties bestaande uit meerdere halen werden toen geacht in hun geheel te worden voorbereid op basis van motorische programma's en zonder tussenkomst van enige vorm van terugkoppeling te worden uitgevoerd. Men sprak ook wel over ballistische bewegingen alsof ze door de schrijver/schrijfster werden 'afgeschoten' als een projectiel. Hoewel deze opvatting heden ten dage nog steeds door onderzoek bevestigd wordt, is wel duidelijk geworden dat de processen die plaatsvinden tijdens de voorbereiding en uitvoering van schrijfbewegingen op een complexe manier toch door de schrijver/schrijfster in de gaten worden gehouden. Het geheel wordt a.h.w. bewaakt en wanneer er aanwijzingen zijn dat er ergens problemen zijn opgetreden, bijv. de spelling van een woord kan niet snel genoeg worden bepaald, de keuze van een hoofd- of kleine letter levert onzekerheid en dus vertraging op, er is onzekerheid over de krachts grootte en krachtsduur die voor een bepaalde beweging zullen worden gebruikt, dan zal de schrijver/schrijfster de uitvoering van de beweging enigszins vertragen om ruimte te maken om het voor de hand liggende probleem eerst op te lossen. Het interessante aan deze inzichten is dat terwijl de schrijver bezig is met het uitvoeren van de schrijfhalen van een letter, de voorbereidende processen die op toekomstige letters en woorden gericht zijn, tegelijkertijd met de uitvoering plaatsvinden (Van Galen et al, 1989). Andere onderzoekers hebben het proces van bewegingscontrole vanuit een andere invalshoek beschreven. Zij stellen dat de snelle, steeds ruimtelijk variërende vormen eigenlijk een veel eenvoudiger bewegingssturing vergen dan het zich op het eerste gezicht laat aanzien. De idee hier is dat schrijvers slechts enkele bewegingsparameters (aspecten, variabelen) behoeven aan te sturen. Een belangrijk voorstander van een dergelijke vereenvoudiging was Hollerbach (1981) die de schrijfbewegingen analyseerde in termen van gekoppelde oscillaties. Hollerbach veronderstelde dat de penpuntbewegingen uit niets anders bestonden dan heen en weer gaande horizontale bewegingen, heen en weer gaande verticale bewegingen, en een langzame beweging van links naar rechts. Hoewel Hollerbach's oscillatietheorie niet direct aan lichaamsactiviteiten gekoppeld mag worden, is zijn theorie begrijpelijker wanneer de horizontale oscillaties aan polsbewegingen worden gekoppeld, de verticale oscillaties aan vinger (en duim) bewegingen, en de langzame van links naar rechts aan een verschuiving van de onderarm. Volgens Hollerbach bestaat bewegingscontrole dan ook uit het op het juiste moment bijstellen van de amplitude-, duur-, en faseparameters van de oscillerende componenten. Bij de amplitudeparameter van de verticaal gerichte oscillator moeten we denken aan hoe groot bijv. de buiging van de duim en wijsvinger voor een bepaalde neerhaal zal zijn. Bij de duurparameter van deze verticale oscillator moeten we denken aan hoeveel tijd besteed zal worden aan de buiging van de duim en wijsvinger. Bij de faseparameter, tenslotte, moeten we denken aan de relatie van de beweging van de duim en wijsvinger en de beweging van de pols die loodrecht staat op die van de duim en wijsvinger. De beweging van de pols zou tegelijkertijd met die van de duim en wijsvinger kunnen plaatsvinden, maar ook iets eerder, of iets later. De grootte van het tijdsverschil, of faseverschil,

bepaalt welke haalvorm door de penpunt gegenereerd zal worden. Kortom, Holterbach's theorie is een voorbeeld van een vereenvoudigde beschrijving van penpuntbewegingen die aangeeft dat de bewegingscontrole eigenlijk de aansturing betreft van slechts enkele bewegingsparameters.

Zowel wat betreft de voorbereiding van schrijfbewegingen (waarbij de relatie tussen taal en motoriek centraal staan) als de uitvoering van schrijfbewegingen (waarbij lichaamshouding en penpuntbeweging in ruimte en tijd centraal staat) zijn diverse inzichten, modellen, en theorieën geformuleerd. Het onderzoek op dit terrein benadrukt o.a. de rol van visuele en kinaesthetische informatie, de mate waarin schrijfbewegingen d.m.v. feedback worden gestuurd of als projectielen ballistisch worden gerealiseerd, de gelijktijdige bewaking van talige en motorische processen, en de aansturing van een beperkt aantal bewegingsparameters (zoals amplitude, duur en faseverschil).

2.3.1 Optimale bewegingscontrole

Nihei (1983) onderzocht de volgorde waarin halen van eenvoudige geometrische figuren worden gecopieerd door 4- en 5-jarige rechtshandige kinderen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen drie principes voor de organisatie van bewegingen. 'Fixed anchoring': Bij figuren met 2 aansluitende lijnen wordt de eerste zowel als de tweede lijn vanuit het snijpunt getrokken. 'Fluid anchoring': De tweede lijn wordt getrokken vanuit het eindpunt van de eerste lijn. 'Ballistic starting': De tweede lijn wordt los van de eerste lijn gestart, waarbij er altijd van boven naar beneden en van links naar rechts wordt getrokken. Er werd een ontwikkeling in het gebruik van deze drie produktiewijzen gevonden. De 5-jarigen gebruikten meer 'fluid anchoring' dan de 4-jarigen, terwijl slechts enkele 5-jarigen een ballistische strategie volgden. Deze bevindingen zouden ook gelden voor de uitvoering van letters die rechte of scherpe hoeken bevatten, zoals de 'L' en de 'V'. Genoemde strategieën worden in verband gebracht met visuele scanning en motorische programma's.

In het eerder beschreven onderzoek van Meulenbroek en Van Galen (1986) met schrijfpatronen als stimuli, werd de volgende ontwikkelingstrend gevonden: derdegroepers volgden een ballistische strategie, dat wil zeggen dat de ophaal of neerhaal met één bewegingsimpuls werd uitgevoerd. Vierdegroepers schreven sneller, maar met veel bijsturingen (gebruikmaking van visuele feedback) en vijfdegroepers toonden weer meer controle over de beweging door het toepassen van een ballistische strategie.

Meulenbroek en Van Galen (1988) voerden een onderzoek uit met leerlingen van groep 4 t/m 8 van een Nederlandse basisschool naar de bewegingscontrole op verschillende leeftijden. De 26 letters van het alfabet werden om beurten in willekeurige volgorde geprojecteerd op een vel schrijfpapier. Elke letter moest steeds zo snel mogelijk na het verschijnen van de projectie worden opgeschreven in zijn cursieve vorm. De leerlingen van groep 5 vertoonden een terugval in snelheid van de beweging vergeleken met de vierdegroepers. Zij maakten ook minder vloeiende bewegingen en meer frequent veranderingen in de kromming

van lettersegmenten. Als verklaring zou kunnen gelden dat er meer sprake was van visuele en kinesthetische feedback. Een andere mogelijkheid is dat er met meer druk op de penpunt geschreven werd. Van groep 5 tot 8 werd het schrijven sneller, vloeiender en met meer efficiënte krommingen. Oudere kinderen schreven met minder uitgesproken rondingen en de rechte delen van de letters met een lichte kromming. De terugval in de schrijffprestatie in groep 5 wijst op een discontinue ontwikkeling van de schrijfvaardigheid.

Meulenbroek en Van Galen (1989a) vonden bij leerlingen uit Groep 4 t/m 8 dat verbindingshalen in lettercombinaties minder vloeiend geschreven werden dan halen binnen letters. Bij kinderen in de hogere leerjaren werd het verschil tussen beide soorten halen kleiner: verbindingshalen werden sneller en vloeiender geschreven door de oudere leerlingen. Deze ontwikkeling is continu in tegenstelling tot die van de halen binnen de letters, waar een discontinue ontwikkeling te zien is.

2.3.2 *Sub-optimale bewegingscontrole*

Wann en Jones (1986) onderzochten de schrijfbewegingen van 32 leerlingen uit de groepen 3 en 4, uit elke groep 8 goede en 8 slechte schrijvers. De taak bestond uit het schrijven van enkele letters en woorden van 8 mm hoogte. De bewegingen werden m.b.v. een XY-tablet geregistreerd en m.b.v. een computer geanalyseerd. Wann en Jones vonden dat de goede en slechte schrijvers voornamelijk van elkaar verschilden in de variabiliteit van de schrijfduur. Bij slechte schrijvers wisselde de schrijfduur sterker van poging tot poging. De duur van de pauzes die slechte schrijvers tijdens het schrijven maakten, was een betere indicatie voor schrijfproblemen dan de totale schrijftijd of het aantal pauzes dat werd genomen. Ritmiciteit bleek een slechte indicator voor schrijfproblemen te zijn. Tenslotte bleek bij alle proefpersonen dat de relatieve schrijftijd, d.w.z. de verhouding van de tijden die aan de verschillende halen wordt besteed, in hoge mate constant bleef van de ene naar de andere schrijfpoging. Wann (1986; 1987) analyseerde de gegevens uit dit onderzoek nog verder en kwam tot de conclusie dat goede en slechte schrijvers zich ook van elkaar onderscheidden door een verschil in het kunnen realiseren van ballistische schrijfbewegingen. Slechte schrijvers leken de schrijfbewegingen veel frequenter te vertragen en te onderbreken voor het verwerken van visuele informatie dan goede schrijvers. Bovendien was de beheersing van de krachten die op de penpunt worden uitgeoefend bij slechte schrijvers veel geringer van kwaliteit dan de mate waarin goede schrijvers deze krachten kunnen doseren.

Van Galen, Portier, Smits-Engelsman en Schomaker (1993) onderzochten de schrijfbewegingen van 24 goede en 24 slechte schrijvers uit de groepen 2, 3 en 4 van de basisschool. De schrijftaken die zij gebruikten, varieerden van guirlandes en arcades tot simpele en meer complexe betekenisloze sequenties van de letters *e*, *n* en *m*. De goede en de slechte schrijvers verschilden niet qua schrijftijd, maar zij gebruikten een verschillende bewegingsstrategie; de bewegingen van de slechte schrijvers waren groter en met een hogere snelheid geproduceerd. Ook bleek dat

de bewegingen van de slechte schrijvers meer neuromusculaire ruis vertoonden dan die van de goede schrijvers, en dat zij deze ruis niet in voldoende mate konden onderdrukken om aan de nauwkeurigheidseisen van de schrijftaken te voldoen. Volgens de auteurs wijzen deze resultaten erop dat afwijkende biomechanische strategieën voor het onderdrukken van ruis, mogelijk verantwoordelijk zijn voor de gebrekkige schrijffprestaties.

Samenvattend komt uit de besproken onderzoeken naar voren dat de ontwikkeling van de strategie waarmee kinderen hun schrijfbewegingen sturen en bewaken, geen continue of lineaire ontwikkeling is, maar dat deze met tijdelijke terugval in prestaties gepaard gaat. Voorts blijken slechte schrijvers veel meer vertragingen in hun schrijfbeweging te laten zien en langer durende onderbrekingen dan goede schrijvers, hetgeen wordt toegeschreven aan de verwerking van visuele informatie. Bovendien hebben slechte schrijvers een minder goede beheersing van de krachten die zij op de penpunt uitoefenen.

3. Tot besluit

De kwaliteit en kwantiteit van het onderzoek naar de normale en de dysgrafische schrijfontwikkeling bij kinderen zijn in het laatste decennium beduidend toegenomen. Daarbij heeft het onderzoek van nieuwe technische mogelijkheden gebruik weten te maken om gedetailleerd de schrijfhouding en schrijfbeweging te bestuderen. Een scala aan aspecten van het schrijven is onderzocht en veelvuldig zijn leeftijdseffecten vastgesteld, waarmee de diagnosticus/behandelaar rekening zou moeten houden bij het beoordelen van schrijffprestaties.

Micro-analyse van verplaatsingen van de penpunt over het schrijfvlak in de tijd laat de volgende ontwikkelingstrend zien: aanvankelijk worden de ophalen en neerhalen van letters met één bewegingsimpuls uitgevoerd, dat wil zeggen op een ballistische wijze. Dan volgt een fase waarin de beweging met veel bijsturingen wordt uitgevoerd, waarschijnlijk ten gevolge van het verwerken van visuele informatie over de beweging. Deze tijdelijke, kwalitatieve terugval in de beweging wordt gevolgd door een toenemende beheersing van een ballistische uitvoering van schrijfbewegingen.

Vergelijking van dysgrafische schrijvers met niet-dysgrafische schrijvers laat zien dat de geschetste kwalitatieve verbetering van de beweging zich bij de dysgrafische schrijvers in veel mindere mate voordoet. Bij dysgrafische schrijvers blijft men veel meer versnellingen, uitschieters en vertragingen in de bewegingen zien, en langer durende onderbrekingen, waarschijnlijk voor het verwerken van visuele informatie. Het lijkt er op dat de gebrekkige beheersing van de krachten op de penpunt de oorzaak is van het dysgrafische handschrift, dat gekenmerkt wordt door een gebrek aan constantheid en nauwkeurigheid van lettervormen, een gebrek aan vloeiendheid, onregelmatigheid in grootte en richting, een slechte ruimtverdeling tussen letters en woorden en een onregelmatig verloop van de schrijffregels.

In het tweede deel van ons researchoverzicht wordt nader ingegaan op de ontwikkeling van dysgrafisch en niet-dysgrafisch kinderhandschrift, en op de verbetering van schrijfprestaties.

Summary

This article is the first one of two reviewing the literature on handwriting development in children. Both are concerned with empirical studies that appeared after 1982. A wide range of topics is covered, classified according to four main aspects: (1) preparation of the writing movement, (2) execution of the movement, (3) results of the movement, and (4) diagnosis and treatment of writing problems. Apart from that, the dysgraphic versus the normal writing development is described.

The present article addresses the first two aspects mentioned above. Many developmental trends have been found regarding amongst others, the selection of allographs, the production of letters of the correct size, the grip posture, the posture of the body, hand, and wrist, the position of the writing paper, movement of the pen point, and movement control.

Only few studies exist that are concerned with dysgraphic handwriting. Evidence was found that dysgraphic handwriting is different with respect to movement of the pen point and movement control. Students with dysgraphic handwriting have relatively more irregularities in their writing speed: there are more decelerations in their movements and the interruptions take more time. Furthermore, dysgraphic writers show less control of the force they use to move the pen point.

Noten

1. Ten behoeve van de selectie van literatuur hebben wij een search uitgevoerd met behulp van ERIC en Psychlit. Daarnaast hebben wij artikelen gehaald uit tot nu toe verschenen congresbundels van de International Graphonomic Society en uit voor ons onderwerp relevante Nederlandse proefschriften.
2. Er zijn reeds literatuuroverzichten gepubliceerd over de periodes '60-'70 en '70-'80, door respectievelijk Askov, Otto en Askov (1970) en Peck, Askov en Fairchild (1980), maar deze gaan niet specifiek over het schrijven van kinderen. Thomassen en Teulings publiceerden een hoofdstuk in Martlew (1983), dat gewijd is aan de ontwikkeling van het schrijven.
3. In dit overzicht zijn sommige onderzoeken op meer dan één plaats besproken, wanneer de objecten van onderzoek daartoe aanleiding gaven.
4. In de besproken onderzoeken is de definiëring van dysgrafie niet steeds duidelijk en/of komt niet overeen. In sommige onderzoeken wordt afgegaan op het oordeel van de leerkracht, terwijl in andere onderzoeken gebruik wordt gemaakt van een gestandaardiseerde beoordelingsprocedure.

Literatuur

- Alston, D.J. (1990). *Aspects of handwriting in primary school children*. Unpublished doctoral dissertation, University of Manchester.
- Askov, E., Otto, W., & Askov, W. (1970). A decade of research in handwriting: Progress and prospect. *Journal of Educational Research*, 64, 100-111.

- Athenes, S., & Guiard, Y. (1991). Is the inverted handwriting posture really so bad for left-handers? In J.P. Wann, A.M. Wing, & N. Søvik (Eds.) (1991). *Development of graphic skills: Research, Perspectives and educational implications*. London: Academic Press (pp. 137-148).
- Blöte, A. W. (1988). *The development of writing behaviour*. Unpublished doctoral dissertation, Rijksuniversiteit Leiden.
- Blöte, A. (1992). Ontwikkeling van de schrijfhouding en beweging bij een- tot zevenjarigen. In C. Andries (Ed.), *Een nieuwe kijk op schrijfonderwijs*. Leuven: Acco (pp. 23-43).
- Blöte, A. W., & Dijkstra, J. F. (1989). Task effects on young children's performance in manipulating a pencil. *Human Movement Science*, 8, 515-528.
- Blöte, A., Horbach, C., & Van Wijnen, A. (1986). *Oefenprogramma voor de schrijfhouding en schrijfbeweging*. Lisse: Swets & Zeitlinger
- Blöte, A. W., Zielstra, E. M., & Zoetewij, M. W. (1987). Writing posture and writing movement of children in kindergarten. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 323-341.
- Borysowicz, B., & Blöte, A. (1985). De ontwikkeling van het schrijfgedrag: Een onderzoek met de beoordelingsschaal voor de schrijfhouding en schrijfbeweging. In A.J.W.M. Thomassen, G.P. Van Galen, & L.F.W. De Klerk, (Eds.) (1985). *Studies over de schrijfmotoriek: Theorie en toepassing in het onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger (pp. 207-216).
- Charlton, C., & Kavanagh, G. (1994). An improved sloping desk top: A controlled trial in South Australian schools. *Handwriting Review*, 8, 113-120.
- Eling, P., & Vreede-Chabot, B. (1989). Is ons schrift gemaakt voor de rechterhand? *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, XXVIII, 321-333.
- Ellis, A.W. (1982). Spelling and Writing (and Reading and Speaking). In A.W. Ellis (Ed.). *Normality and pathology in cognitive functions*. London: Academic Press (pp. 113-146).
- Faure, C., P. Keuss, G. Lorette and A. Vinter (Eds.) (1994), *Advances in handwriting and drawing: A multidisciplinary approach*. Paris: Europia.
- Goodgold, S. A. (1983). Handwriting movement quality in prekindergarten and kindergarten children. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation*, 64, 471-475.
- Hamstra-Bletz, E. (1993). *Het kinderhandschrift: Ontwikkeling en Beoordeling*. Unpublished dissertation, Leiden University.
- Hamstra-Bletz, L., & Blöte, A. W. (1990). Development of handwriting in primary school: a longitudinal study. *Perceptual and Motor Skills*, 70, 759-770.
- Hollerbach, J.A. (1981). An oscillation theory of handwriting. *Biological Cybernetics*, 39, 139-156.
- Kao, H.S.R., Van Galen, G.P., & Hoosain, R. (Eds.) (1986). *Graphonomics: Contemporary research in handwriting*. Amsterdam: North-Holland.
- Levy, J. (1982). Handwriting posture and cerebral organization: How are they related? *Psychological Bulletin*, 91, 589-608.
- Levy, J. & Reid, M. (1978). Variations in cerebral organization as a function of handedness, handposture in writing, and sex. *Journal of Experimental Psychology*, 107, 119-144.
- Meulenbroek, R.G.J. (1989). *A study of handwriting production: Educational and developmental aspects*. Unpublished dissertation, Nijmegen University.
- Meulenbroek, R.G.J., Rosenbaum, D.H., Thomassen, A.J.W.M., & Loukopoulos, L. (1994). A model of limb segment coordination in drawing behaviour. In C. Faure, P. Keuss, G. Lorette and A. Vinter (Eds.) (1994). *Advances in handwriting and drawing: A multidisciplinary approach*. Paris: Europia (pp. 349-362).
- Meulenbroek, R.G.J., Rosenbaum, D.H., Thomassen, A.J.W.M., & Schillings, J.J. (Submitted). A posture evaluation theory of handwriting.

- Meulenbroek, R.G.J., & Van Galen, G.P. (1986). Movement analysis of repetitive writing behaviour of first, second and third grade primary school children. In H.S.R. Kao, G.P. Van Galen, & R. Hoosain, (Eds.) (1986). *Graphonomics: Contemporary research in handwriting*. Amsterdam: North-Holland (pp. 71-92).
- Meulenbroek, R.G.J., & Van Galen, G.P. (1988). The acquisition of skilled handwriting: discontinuous trends in kinematic variables. In A.M. Colley & J.R. Beech (Eds.) (1988). *Cognition and action of skilled behavior*. Amsterdam: North-Holland (pp. 273-281).
- Meulenbroek, R.G.J., & Van Galen, G.P. (1989a). The production of connecting strokes in cursive writing: Developing co-articulation in 8 to 12 year-old children. In R. Plamondon, C.Y. Suen, & M.L. Simner (Eds.) (1989). *Computer recognition and human production of handwriting*. Singapore: World Scientific (pp. 273-286).
- Meulenbroek, R.G.J., & Van Galen, G.P. (1989b). Variations in cursive handwriting performance as a function of handedness, hand posture and gender. *Journal of Human Movement Studies*, 16, 239-254.
- Meulenbroek, R.G.J., & Van Galen, G.P. (1990). Perceptual motor complexity of printed and cursive letters. *Journal of Experimental Education*, 58, 95-110.
- Mojet, J.W. (1989). *Kenmerken van schrijfvaardigheid: proces- aspecten van het schrijven bij zes- tot twaalfjarigen*. De Lier: Academisch Boeken Centrum.
- Mojet, J. (1991). Characteristics of the developing handwriting skill in elementary education. In J. Wann, A.M. Wing, & N. Søvik (Eds.) (1991). *Development of graphic skills: Research, perspectives and educational implications*. London: Academic Press. (pp. 53-75).
- Muller, B.P.P. (1985). Dominantie-onderzoek met het oog op de keuze van de schrijfhand. In A.J.W.M. Thomassen, G.P. Van Galen, & L.F.W. De Klerk (Eds.) (1985). *Studies over de schrijfmotoriek: Theorie en toepassing in het onderwijs* Lisse: Swets & Zeitlinger (pp. 245-256).
- Nihei, Y. (1983). Developmental change in covert principles for the organization of strokes in drawing and handwriting. *Acta Psychologica*, 54(1-3), 221-232.
- O'Hare, A.E., & Brown, J.K. (1989a). Childhood Dysgraphia: Part I. An illustrated clinical classification. *Child Care, Health & Development*, 15(3), 79-104.
- O'Hare, A. E., & Brown, J.K. (1989b). Childhood Dysgraphia: Part II. A study of hand-funtion. *Child Care, Health & Development*, 15(3), 151-166.
- Peck, M., Askov, E.N., & Fairchild, S.H. (1980). Another decade of research in handwriting: Progress and prospect in the 1970s. *Journal of Educational Research*, 73, 283-298.
- Peters, M. (1986). Incidence of left-handed writers and the inverted writing position in a sample of 2194 German elementary school children. *Neuropsychologia*, 24(3), 429-433.
- Plamondon, R., C.Y. Suen, & M.L. Simner (Eds.) (1989). *Computer recognition and human production of handwriting*. Singapore: World Scientific.
- Porac, C., Coren, S., & Searleman, A. (1983). Inverted versus straight handwriting posture: A family study. *Behavior Genetics*, 13, 311-320.
- Sassoon, R., Nimmo-Smith, I., & Wing, A.M. (1986). An analysis of children's penholds. In H.S.R. Kao, H.S.R. G.P. Van Galen, & R. Hoosain (Eds.) (1986). *Graphonomics: Contemporary research in handwriting*. Amsterdam: North-Holland (pp. 93-106).
- Schneck, C.M. (1991). Comparison of pencil grip patterns in first graders with good and poor writing skills. *American Journal of Occupational Therapy*, 45(8), 701-706.
- Smeets, J.W., & Molenbroek, J. F. M. (1982). Verstelbaar schoolmeubilair: Het effect van de bladhellings op de lichaamshouding. *Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde*, 60, 10-15.

- Smits-Engelsman, B.C.M., Van Galen, G.P., & Portier, S.J. (1994a). Psychomotor development of handwriting: A cross-sectional and longitudinal study. In C. Faure, P. Keuss, G. Lorette, & A. Vinter (Eds.) (1994). *Advances in handwriting and drawing: A multidisciplinary approach*. Paris: Europa (pp. 187-205).
- Smits-Engelsman, B.C.M., Van Galen, G.P., & Portier, S.J. (1994b). Psychomotor aspects of poor handwriting in children. In M.L. Simner, W. Hulstijn, & P.L. Girouard (Eds.) (1994). *Contemporary Issues in the Forensic, Developmental and Neurological Aspects of Handwriting*. Monograph of the Association of Forensic Document Examiner 1994, Vol 2. (pp. 17-44).
- Søvik, N., & Arntzen, O. (1986). A comparative study of the writing/spelling performances of 'normal', dyslexic, and dysgraphic children. *European Journal of Special Needs Education, 1*(2), 85-101.
- Søvik, N., & Arntzen, O. (1991). A developmental study of the relation between movement patterns in letter combinations (words) and writing. In J.P. Wann, A.M. Wing, & N. Søvik (Eds.) (1991). *Development of graphic skills: Research, Perspectives and educational implications*. London: Academic Press (pp. 77-89).
- Søvik, N., Arntzen, O., & Teulings, A. L. (1982). Interactions among overt process parameters in handwriting motion and related graphic production. *Journal of Human Movement Studies, 8*, 103-122.
- Søvik, N., Arntzen, O., & Thygesen, R. (1987). Writing characteristics of 'normal', dyslexic and dysgraphic children. *Journal of Human Movement Studies, 13*, 171-187.
- Søvik, N., Maeland, F.A., & Karlsdottir, R. (1989). Contextual factors and writing performance of 'normal' and dysgraphic children. In R. Plamondon, C.Y. Suen, & M.L. Simner (Eds.) (1989). *Computer recognition and human production of handwriting*. Singapore: World Scientific (pp. 333-347).
- Thomassen, A.J.W.M., & Teulings, H.-L. (1983). The development of handwriting. In M. Martlew (Ed.), *The psychology of written language: Developmental and educational perspectives* (pp. 179-213). New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Thomassen, A.J.W.M., Van Galen, G.P., & De Klerk, L.F.W. (1985). *Studies over de schrijfmotoriek: Theorie en toepassing in het onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Van Doorn, R.R.A., & Keuss, P.J.G. (1991). Dysfluency in children's handwriting. In J.P. Wann, A.M. Wing, & N. Søvik (Eds.) (1991). *Development of graphic skills: Research, Perspectives and educational implications*. London: Academic Press (pp. 239-248).
- Van Galen, G.P. (1991). Handwriting issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science, 10*, 165-191.
- Van Galen, G.P., Portier, S.J., Smits-Engelsman, B.C.M., & Schomaker, L.R.B. (1993). Neuromotor noise and poor handwriting in children. *Acta Psychologica, 82*, 161-178.
- Van Galen, G.P., Smyth, M.M., Meulenbroek, R.G.J., & Hylkema, H. (1989). The role of short term memory and the motor buffer in handwriting under visual and non-visual guidance. In R. Plamondon, C.Y. Suen, & M.L. Simner (Eds.) (1989). *Computer recognition and human production of handwriting* (pp. 253-272). Singapore: World Scientific.
- Van Galen, G.P., & Teulings, H.-L. (1983). The independent monitoring of form and scale factors in handwriting. *Acta Psychologica, 54*(1-3), 9-22.
- Wann, J.P. (1986). Handwriting disturbances: Developmental trends. In H.T.H. Whiting, & M.G. Wade (Eds.). *Themes in Motor Development*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers (pp. 207-223).
- Wann, J.P. (1987). Trends in the refinement and optimization of fine-motor trajectories: Observations from an analysis of the handwriting of primary school children. *Journal of Motor Behavior, 19*(1), 13-37.

- Wann, J.P., & Jones, J.G. (1986). Space-time invariance in handwriting: contrasts between primary school children displaying advanced or retarded handwriting acquisition. *Human Movement Science*, 5, 275-296.
- Wann, J.P., A.M. Wing, & N. Sjøvik (Eds.) (1991). *Development of graphic skills: Research, perspectives and educational implications*. London: Academic Press.
- Zesiger, P., Mounoud, P., & Hauert, C.A. (1993). Effects of lexicality and trigram frequency on handwriting production in children and adults. *Acta Psychologica*, 82, 353-365.
- Ziviani, J. (1983). Qualitative changes in dynamic tripod grip between seven and 14 years of age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 25, 778-782.
- Ziviani, J. (1984). Some elaborations on handwriting speed in 7- to 14-year-olds. *Perceptual and Motor Skills*, 58, 535-539.
- Ziviani, J., & Elkins, J. (1986). Effect of pencil grip on handwriting speed and legibility. *Educational Review*, 38, 247-257.